

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0001-06

## EFFECT OF THE ROTATIONAL SPEED OF ATOMIZING DISK ON PROPERTIES OF EVA REDISPERSIBLE POLYMER POWDER

XIE De-long, ZHANG Xin-ya, PEI Yong-bin, XIA Zheng-bin, CHEN Huan-qin

(School of Chemistry and Chemical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** Ethene-vinyl acetate (EVA) redispersible powder was prepared by spray drying, using polyvinyl alcohol (PVA) as protective colloid, silica sol and inorganic powders as anti-caking agents. The effect of the rotational speed of atomizing disk on the properties of EVA re-dispersible powders was investigated. The experimental results showed that the rotational speed of atomizing disk greatly influence the appearance, water content, fluidity, stacking density, redispersibility of the powders. When the rotational speed was low, tacky powders adhering to the chamber walls were observed. The water content, the bulk density of the polymer powder and the particle size of the redispersion decreased, while the fluidity and re-dispersibility was improved as the rotational speed of atomizing disk increased. The FTIR images showed that, the molecular structures of the polymer was not changed before and after spray drying.

**Key words:** EVA latex; re-dispersible polymer powder; spray drying; rotational speed of atomizing disk

**CLC Number:** TQ331.4

**Document Code:** A

### 0 Introduction

Redispersible polymer powder is a kind of dry, free-flowing polymer powders that can be easily re-dispersed in the water in the presence mechanical energy, performing similarly to the “mother” latices<sup>[1,2]</sup>. Comparing to their liquid counterparts, these redispersible powders have several distinct advantages, such as none of the shipping and storage problems those exist with the liquids, the proper dosage of the polymer can be ensured as the dry polymer can be blended with the rest of the dry components under the control of factory conditions, and a single package provides for ease of use, just add water and mix. Finally, the disposal of liquid packaging is no longer an issue.

Although the concept of redispersible polymer powder was first developed as a “one-package” alternative to latex admixtures in the 1960s, it was not used effectively until the 1980s. Redispersible polymer powder has now been introduced worldwide with increasing demands in many areas. As the confidentiality of technology, only some of the patents were reported<sup>[3-7]</sup>. Recently, CHEN's group<sup>[8-11]</sup> has done some work about preparing and application of redispersible polymer powder. Redispersible polymer powders are typically made by converting latex to dry polymer. Compared other drying methods, spray-drying is the most widespread method for the preparation of polymer powders with acceptable energy consumption. The spray-drying is an critical process for preparing redispersible polymer powders, as the

\* 收稿日期:2010-08-18

作者简介:谢德龙(1982—),男,福建省武平县人,在读博士生,研究方向:精细化学工程

基金项目:广东省重点技术创新项目(2006740023)、广东省发改委技术开发项目(粤发改资[2006]1021号)

properties of final product, such as particles size, redispersibility, depends on the process conditions, so it is important to understand the effect of process conditions, e. g. inlet/outlet temperature, feeds, pre-processing and rotational speed of atomizing disk, on the properties of redispersible polymer powders. In our previous work<sup>[9-11]</sup>, we investigated the effect of both inlet/outlet temperature and preprocessing on the properties of EVA redispersible powder. In this paper, we fixed the inlet/outlet temperature, the feeds, and focused on the effect of rotational speed of atomizing disk on properties of redispersible polymer powders, and found that when the rotational speed was low, tacky powders adhering to the chamber walls were observed. The water content, the stacking density of the polymer powder and the particle size of the redispersion was decreased, while the fluidity and redispersibility was improved when increasing the rotational speed of atomizing disk.

## 1 Experiment

### 1.1 Materials

Ethene-vinyl acetate (EVA) latex( DA-102), was supplied by Dalian Chemical (Jiangsu) Co. , Ltd. Polyvinyl alcohol (PVA) used as protective colloid, was bought from Kuraray, Japan. Silica sol with solid content of 30% was supplied by Guangzhou Renmin Chemical Plant. Ultrafine aluminum silicate (Sipernat 820A) , was from Langfang Fine Chenmical Co. , Ltd. Diatomite(1 250 mesh), was from Qingdao Tuosheng Diatomite Enterprise.

### 1.2 Preparation of polymer powders

Polymer powders were prepared by atomization of EVA latex. A laboratory spray drying apparatus equipped with a 50 mm atomizing disk, around which these are 20 rotary nozzles, was used for this purpose. The EVA latex was diluted to the solid content of about 30%, formulated with 5% of PVA as protective colloid, 10% of silica sol as anti-caking agent. Then, the above mixture was fed into the spray drying chamber by a peristaltic pump. Inlet temperature of 165 °C, outlet temperature of 80 °C and feeds of 80 g/min were chosen, the rotational speed of atomizing disk was varied form 250 rps to 400 rps to determine the size of atomized drops and the efficiency of drying. The higher speed results in smaller drop size and larger special surface of the drops, making the product faster dry. Then fine powders thus obtained was conveyed, by a fan, into the cyclone, where it was separated from the hot air. The final product was mixed with 2.5% of ultrafine aluminum silicate and 2.5% diatomite.

### 1.3 Characterisation of the powders

(1)Water content. The water content of redispersible polymer powders was determined by Mettler Toledo HB43 Halogen Water Analyzer. 1 g redispersible polymer powders was homodispersed in the dried pallet, heated by halogen heater until the mass did not change any more under the temperature of about 135 °C.

(2)Bulk density. The bulk density of redispersible polymer powders was tested by AccuPyc 1330 Hydrometer. Every sample was tested for 3 times and the values were averaged.

(3)Fluidity. The fluidity of powders was determined by the mean of angle of repose. When bulk granular materials were poured onto a horizontal surface, a conical pile would form, the internal angle between the surface of the pile and the horizontal surface is known as the angle of repose and is related to the density, surface area and shapes of the particles, and the coefficient of friction of the material. Usually, the angle of repose is measured by the fixed cone method that powders are dumped into the centre of a disc with the limited diameter( $D$ ) until the powders flow through the hypotenuse of powders accumulation horizon, then stop dumping and measure the height  $H$ , and the angle of repose  $\theta = \arctg \frac{2H}{D}$ .

(4) Cake content. 10 g polymer powders ( $m_1$ ) were filtered by 200 mesh filter, the powders with size larger than 200 mesh were considered as cake and it was weighted as  $m_2$ , so the content of cake ( $\varphi$ ) is as follow:  $\varphi = \frac{m_1}{m_2} \times 100\%$ .

(5) Redisperbility and film forming. The water redisperbility can be evaluated by the average size of redispersible particles or by using the following qualitative procedure: 10 g of dry powder was stirred for 20 min with 100 mL of deionized water and the resulting mixture was transferred into a sedimentation tube, and the amount of sediment after 24 h was used for evaluating the water redispersibility of the product. Meanwhile, 30 g of dry powder was stirred for 20 min with 100 mL of deionized water and the resulting mixture was transferred a culture dish to form film at room temperature, the morphology of film forming was observed.

(6) FTIR. The molecular conFfiguration of the original latex and polymer powders were characterized by Fourier transmission infrared ray (FTIR, Perkin-Elmer spect rum 22 000).

2 Results and Discussion

(1) Water content. The effect of rotational speed of atomizing disc on the water content of polymer powders was shown in Fig. 1, from which, we can see that the water content of the polymer powders decreased as the rotational speed of atomizing disk increased. Fraser *et al.* discussed the relationship between the average size of drops and the rotational speed of centrifugal disk, it reads as follows:

$$D_{is} = 0.241(1/n)^{0.6}(1/\rho_L)^{0.3}(\mu_L G_L / 2r \cdot \rho_L)(\sigma_L / N \cdot h)^{0.1}$$
 (1)

Where  $n$  is the rotational speed of centrifugal disk. According the equation, the diameter of the drops is proportional to  $(1/n)^{0.6}$ , which means higher speed results in smaller liquid drops and larger total liquid-air interface, leading to more effective dryness of the product, so the water content decreased as the rotational speed of atomizing disk increased.

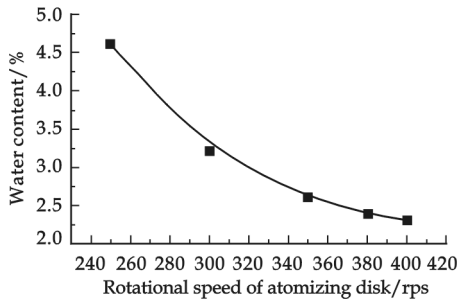


Fig. 1 Relationship between the water content of the polymer powders and the rotational speed of atomizing disk

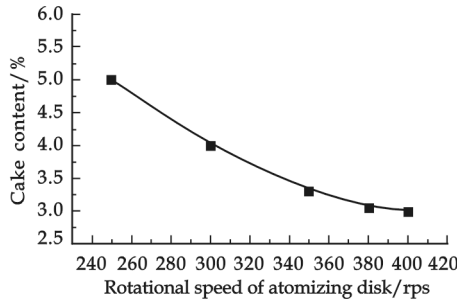
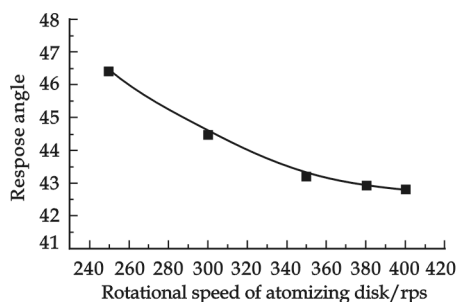


Fig. 2 Relationship between the cake content of the polymer powders and the rotational speed of atomizing disk

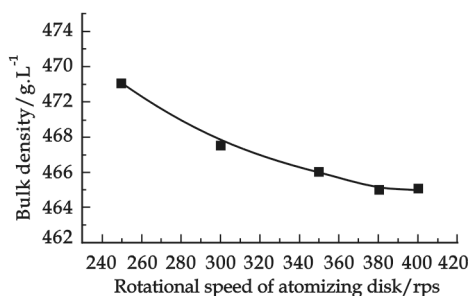
(2) Cake content. Fig. 2 showed the relationship of the cake content and the rotational speed of atomizing disk, where we can see that the cake content decreased as the rotational speed increased. Here cake means the powders with size larger than 200 mesh( about 75 micrometers). From the equation (1), we know that the size of atomized liquid drops was larger when the rotational speed of atomizing disk was lower, leading to longer time for drying these big drops. So some drops were not completely converted to dry powders and still tacky when they collided to each other, which made them easy to stick together, resulting in caking. Increasing the rotational speed of atomizing disk, the drops became smaller and faster to be dried, which reduced the chance of tacky powders to collided and stucked to each other, thus the cake content decreased.

(3) Fluidity. The relationship of the repose angle of the polymer powders and the rotational speed of

atomizing disk was shown in Fig. 3, where we can see that the repose angle of the polymer powders decreased as the rotational speed of the atomizing disk increased. This means the fluidity of the polymer powders increased as the rotational speed increased. When the rotational speed of atomizing disk was low, the atomized drops are more uneven, except for the small drops, these were a lot of large drops. It took more time for the large drops to be dried, in the limited time (usually the powders stay in the chamber only for seconds), the possibility for two powder particles to stick together increased as they were not dried completely and tacky. All these resulted in more uneven size and the higher water content of the final polymer powders, which make the fluidity of the powders be poorer. With the increase of the rotational speed of the atomizing disk, the polymer powders became more and more even and smaller, because the atomizing drops became more and more even and smaller, leading to the polymer powders became more and more easier to flow.



**Fig. 3 Relationship between the repose angle of the polymer powders and the rotational speed of atomizing disk**



**Fig. 4 Relationship between the bulk density of the polymer powders and the rotational speed of atomizing disk**

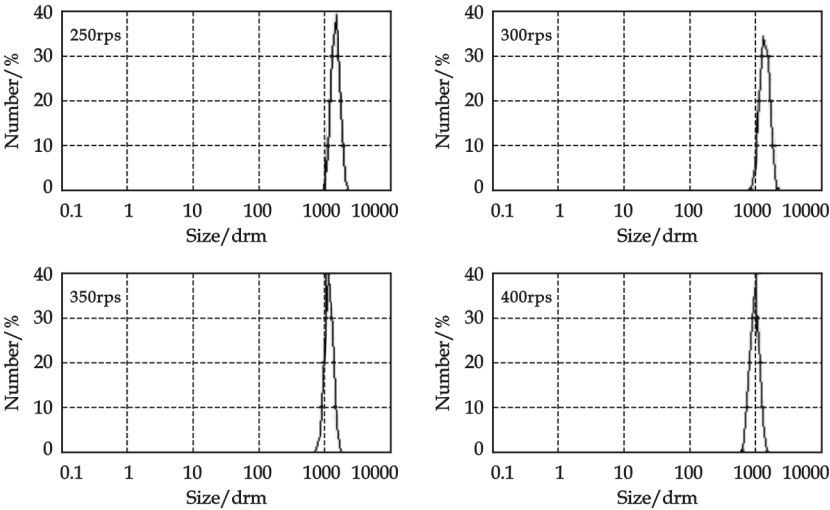
(4) Bulk density. The effect of rotational speed of atomizing disk on the bulk density of polymer powders was shown in the Fig. 4, where the bulk density of the polymer powders decreased a little as the rotational speed of atomizing disk increased. One might think the bulk density of the polymer powders should be increased as the rotational speed of atomizing disk increased because the average powder size decreased as the rotational speed of atomizing disk increased. However, water content of the polymer powders decreased as the rotational speed of atomizing disk increased, and the structure of the polymer powders was more open as the rotational speed was higher, both of these resulted in bulk density of the polymer powders decreased a little as the rotational speed of atomizing disk increased.

(5) Redispersibility and film forming. The effect of rotational speed of atomizing disk on the process of drying and the redispersibility and film forming on the room temperature was shown in Tab. 1. When the rotational speed of atomizing disk was low, the atomized drops were uneven, including a lot of big drops those ere not easy to be dried. As they were not completely converted to dry powders and still tacky when they collided to the chamber walls, so they were easy to adhere to the chamber walls, or stick to each other leading to agglomeration during storage. It was obvious that the agglomeration was difficult to redisperse in water even under intense shear that was not good for the film forming, thus there were many white points in the film. As the increase of the rotational speed, the atomized drops became more and more even and smaller, and smaller the drops, the easier for them to be converted to dry powders, thus the possibility for the tacky powders to collide and adhere to the chamber walls or stick to each other decreased. So the agglomeration becomes more and more less, the redispersibility becomes more and more better and the film forming in the room temperature becomes more and more smoother. To better understand the effect of rotational speed of atomizing disk on the redispersibility of the polymer powders, we measured the particles size of redispersion by dynamic light scattering, the results were shown in Fig. 5. The average particle size decreased as the rotational speed of atomizing disk increased, indicting the redispersibility was improved as increasing the rotational speed of atomizing disk.



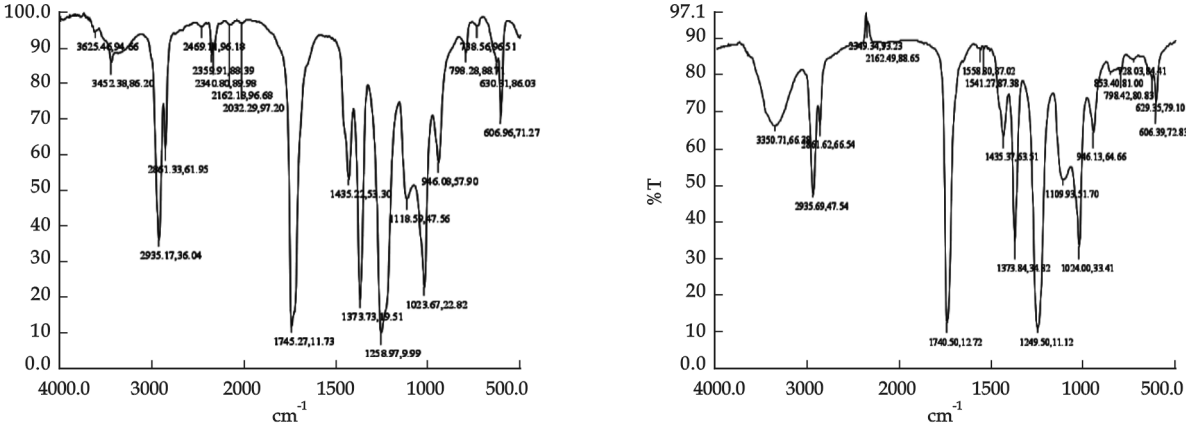
**Tab. 1    Effect of rotational speed on the process, redispersibility and film forming of the polymer powders at room temperature**

Rotational speed/rps	250		300		350		380		400	
Process	a layer of tacky powders covering chamber walls		lots of tacky powders adhering to chamber walls		few tacky powders adhering to chamber walls		no obvious tacky powders adhering to chamber walls		no obvious tacky powders adhering to chamber walls	
Redispersibility	sediment observed after 1 h		sediment observed after 1 h		sediment observed after 24 h		sediment observed after 24 h		sediment observed after 24 h	
Film forming	film with many white points		film with few white points		smooth film		smooth film		smooth film	



**Fig. 5    The particle size of redispersion at different rotational speeds**

(6)FTIR. The molecule structure of the original latex and the polymer powders obtained under the rotational speed of atomizing disk of 400 rps by Fourier transmission infrared ray was shown in Fig. 6. We can see that except for at 3 350.71  $\text{cm}^{-1}$ , there was a strong absorption peak because of the protective colloid PVA, the two images were more or less the same, indicating that the molecule structure or composition of the polymer did not change.



**Fig. 6 FTIR image of original latex and polymer powders under rotational speed of 400 rps**

### 3 Conclusion

Ethene-vinyl acetate (EVA) redispersible powder was prepared by spray drying, using polyvinyl alcohol (PVA) as protective colloid, silica sol and inorganic powders as anti-caking agents. The effect of the rotational speed of atomizing disk on the properties of EVA re-dispersible powders was investigated. The experimental results showed that the rotational speed of atomizing disk greatly influence the water content, fluidity, stacking density, redispersibility of the powders. When the rotational speed of atomizing disk was low, tacky powders adhering to chamber walls and many white points in the film forming from the redispersion were observed. The water content, the bulk density of the polymer powder and the particle size of the redispersion decreased, while the fluidity and redispersibility was improved as the rotational speed of atomizing disk increased. The FTIR images showed that, the molecular structures of the polymer was not changed before and after spray drying.

### References

- [1] Saija, L. M., Uminski, M. Water-redispersible low-T-g acrylic powders for the modification of hydraulic binder compositions[J]. Appl. Polym. Sci., 1999, (71): 1 781.
- [2] Tsai, M. C., Burch, M. J., Lavelle, J. A. Solid grade acrylic cement modifiers[J]. Polymer-Modified Hydraulic-Cement Mixtures, Amer Soc Testing and Materials: Philadelphia, 1993, (1 176): 63.
- [3] Thomas E, Randall P, Mark T. Redispersible polymer powders by redistribution of polyvinyl alcohol dispersant[P]. US5473013, 1995-12-05.
- [4] Harvey P. Redispersible acrylic polymer powder for cementitious compositions[P]. US5519084, 1996-05-21.
- [5] Randall P, Vassallo C. Redispersible polymer powder using polyvinyl pyrrolidone as a dispersing aid[P]. US5252704, 1993-10-12.
- [6] Bett, William, Castaing, *et al.* Jean-Francois surface chemistry modified latex and redispersible powders, production and use thereof[P]. US7012114, 2006-3-14.
- [7] Willmann, Hongli, Koelliker, *et al.* Redispersible powder and its aqueous dispersion, preparation process and use[P]. US 20060211805, 2006-9-12.
- [8] Lin, J. D., Chen, H. Q. Effect of protective colloid PVA-SH on properties of MMA/BA polymer dispersions and their powders[J]. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2006, 34(8): 41-45.
- [9] Xie D. L., Zhang X. Y., Yang B., *et al.* Influence of drying temperatures on performance of EVA re-dispersible polymer powders[J]. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2007, 35(7): 88-92.
- [10] Xie D. L., Zhang X. Y., Pei Y. B. Preparation of the Cement-based putty and finish two in one interior wall coating[J]. Paint & Coatings Industry, 2009, 39(2): 41-45.
- [11] Pei Y. B., Zhang X. Y., Xie D. L. Effect of predisposal for drying on performance of EVA redispersible emulsion powder[J]. Journal of Jiangsu University (Natural Science Edition), 2010, 31(1): 88.

## 雾化盘转速对 EVA 可再分散乳胶粉性能的影响

谢德龙, 张心亚, 裴永兵, 夏正斌, 陈焕钦

(华南理工大学化学与化工学院, 广东 广州 510640)

**摘 要:**以聚乙烯醇(PVA)为保护胶体, 硅溶胶及无机粉体为抗结块剂, 采用喷雾干燥法制备了乙烯-醋酸乙酯(EVA)可再分散乳胶粉, 着重讨论了雾化机旋转盘的转速对 EVA 可再分散乳胶粉及其性能的影响。实验结果表明, 雾化机旋转盘的转速对乳胶粉的外观、含水率、流动性、堆积密度、再分散及成膜性能有较大的影响。雾化机旋转盘的转速升高, 乳胶粉含水率降低, 流动性提高, 堆积密度下降, 粒径减小, 再分散性和成膜性能都有所提高。FTIR 测试显示, 制备的聚合物乳胶粉分子结构未发生明显改变。

**关键词:**EVA 乳胶; 可再分散聚合物乳胶粉; 喷雾干燥; 雾化盘转速

**中图法分类号:**TQ331.4

**文献标识码:**A

## A KINETIC EQUATION OF MICROCRYSTALLINE CELLULOSE DISSOLVING IN PHOSPHORIC ACID

ZHANG Jing-qiang<sup>1</sup>, LI Qing-chun<sup>1</sup>, LIN Lu<sup>2</sup>, LIU Shi-jie<sup>3</sup>, OUYANG Ping-kai<sup>4</sup>

(1. Department of Chemistry & Biology, Zhongshan Institute, University of Electronic Science and Technology of China, Zhongshan 528402, China; 2. State Key Laboratory of Pulp and Paper Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China; 3. Department of Paper and Bioprocess Engineering, State University of New York-College of Environmental Science and Forestry, NY 13210, USA; 4. College of Medicine and Life Science, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China)

**Abstract:** Phosphoric acid was a potential pretreatment solvent of lignocellulose in mills of bio-ethanol or biobased chemicals. Microcrystalline cellulose (MCC) was dissolved in phosphoric acid (the concentration was 83.03%) for 10 hours at temperatures of 30, 50, 70 °C, samples were prepared every 30 minutes. XRD analysis showed the crystalline diffraction peaks decreased much, and the corresponding crystalline degree also induced markedly. The high temperature accelerated the rate of cellulose dissolving in phosphoric acid. At the relative low temperature, the kinetic behaves of cellulose dissolving in phosphoric acid obeyed the kinetic equation of  $\ln \frac{1}{1-T_t}kt$  well, the constants of decrystallization reactions at the temperatures of 30, 50, 70 °C were 0.059 5, 0.165 0, 0.116 3 h<sup>-1</sup>, the activation energy was 42.40 kJ/mol.

**Key words:** kinetic equation; dissolving; phosphoric acid

**CLC Number:** O643.1

**Document Code:** A

### 0 Introduction

Due to the compact crystalline structure which is formed mainly by inter-and intra-molecular hydrogen bonds, cellulose is usually difficult to be hydrolyzed into fermentable sugars<sup>[1]</sup>. This highly ordered structure of cellulose has to be overcome in order to make the hydrolysis process viable for producing simple sugars for fermentation to produce ethanol fuel and other biobased products<sup>[2]</sup>.

The crystalline structure of celluloses can be disordered from a chemical reaction between cellulose and concentrated mineral acids (e. g. 37%~42% concentrated hydrochloric acid at 30~50 °C, 65%~75% sulfuric acid at 35~45 °C for 10 min, and a mixture of hydrochloric and sulfuric acid or phosphoric acid at <50 °C)<sup>[3]</sup>. Because phosphoric acid is non-corrosive, nontoxic, safer to use, and inexpensive, compared to other inorganic mineral acids, it has been investigated as a solvent for dissolution of crystalline cellulose for over 80 years<sup>[4]</sup>. Walseth<sup>[5]</sup> first developed a procedure for producing a high reactivity cellulose suitable for cellulase activity studies by swelling air-dried cellulose in 85% phosphoric acid. After dissolution of crystalline cellulose, the solubilized precursors can be formed, which can subsequently

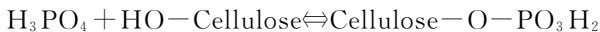
\* 收稿日期:2010-08-24

作者简介:张景强(1974—),男,四川省西昌市人,博士,研究方向:分析化学与生物质精炼

基金项目:国家自然科学基金项目(50776035,U0733001)、教育部博士点基金(20070561038)和创新团队研究计划(IRT0552)、863计划(2007AA052408)和国家科技支撑计划(2007BAD34B01)资助项目

be catalytically hydrolyzed, using either biological or synthetic catalysts.

Cellulose dissolution in phosphoric acid involves two main processes: (1) an esterification reaction between hydroxyl groups of cellulose and phosphoric acid to form cellulose phosphate:



and (2) a competition of hydrogen-bond formation between hydroxyl groups of cellulose chains and hydrogen-bond formation between one hydroxyl group of a cellulose chain and a water molecule or with a hydrogen ion<sup>[6]</sup>. Meanwhile, another by-reaction is acid hydrolysis of  $\beta$ -glucosidic bonds of cellulose, but such acid hydrolysis can be minimized by decreasing the dissolution temperature<sup>[7,8]</sup>. During the regeneration process by water, cellulose phosphate reversibly converts back to free phosphoric acid and amorphous cellulose without any significant substitution and recrystallization.

In this paper, microcrystalline cellulose (MCC) was dissolved in phosphoric acid (the concentration was 83.03%) at different temperatures for 10 hours, samples were prepared every 30 minutes. The changes of crystalline degree of cellulose were analyzed by X-ray diffraction method, and then the kinetic equations at different temperatures were obtained. This was beneficial to pretreatment of lignocellulose in mills, which producing bio-ethanol or biobased chemicals.

## 1 Materials and Methods

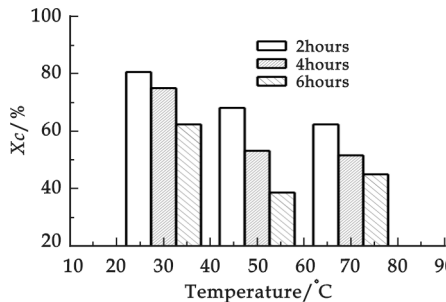
### 1.1 Materials

Microcrystalline Cellulose (MCC), was purchased from Shanghai Hengxin Chemical Reagent Co., Ltd. Phosphoric acid (85%), from Guangzhou Donghong Chemical Plant.

### 1.2 Sample preparation

First, 1.0 mL deionized water was used to soak 1.0 g MCC in a 50 mL beaker, mixed well by stirring. Second, 10 mL phosphoric acid (85%), were added into the beaker slowly with stirring (the final concentration of phosphoric acid was 83.03%). The decrystallization was reacted for 10 hours in a water bath of 30, 50, 70 °C, respectively. The beaker was taken out every 30 minutes, reaction was quenched in ice-water, then 50 mL deionized water were put into the beaker with strong stirring, precipitation was formed and collected through centrifuges. The phosphoric acid was recycled and reused by distillation method. The solid samples were washed adequately with deionized water, neutralized by sodium hydroxide, dehydrated through acetone. At last samples were dried at 50 °C overnight in vacuum with  $\text{P}_2\text{O}_5$  desiccation.

### 1.3 X-ray diffraction method (XRD)



**Fig. 1 Effect of temperature on decrystallization of MCC with phosphoric acid**

X-ray diffraction (XRD) was conducted with a D/Max-III (Rigaku Industrial Corporation, Japan) at a scan speed of 12 °/min. The diffracted intensity of Cu/K $\alpha$  radiation was under the condition of 40 kV and 30 mA with wave length of 0.154 2 nm. The scan scope was between 5° and 50°.

The degree of crystallinity ( $X_c$ ) was calculated by follow formula<sup>[9,10]</sup>:

$$X_c = F_c / (F_a + F_c) \times 100\%$$

Where  $F_c$  and  $F_a$  are the integral areas of crystal and non-crystal regions, respectively.

## 2 Results and Discussions

2.1 The  $X_c$  changes of MCC analyzed by XRD

Fig. 1 was effect of temperature on decrystallization of MCC with phosphoric acid for 6 hours at 30, 50, 70 °C, respectively. At 30 °C reacted for 2, 4, 6 hours, the  $X_c$  were 79.37%, 72.62%, 63.09%, respectively; At 50 °C reacted for 2, 4, 6 hours, the  $X_c$  were 70.59%, 57.26%, 39.09%, respectively; At 70 °C reacted for 2, 4, 6 hours, the  $X_c$  were 63.78%, 50.62%, 43.37%, respectively. At temperatures of 30 °C and 50 °C, the crystalline degrees of cellulose were at the trends of decrease with reaction time prolonged. This was accordance with the reports of Ekenstam *et al*<sup>[11]</sup> and Danilove *et al*<sup>[12]</sup>. But at higher temperature of 70 °C, with a longer reaction time, the decrystallization effect reduced. This indicated at higher temperature of dissolution, the by-reaction of acid hydrolysis was strong, the cellulose of low crystalline degree was easier to be hydrolyzed and the crystalline degree of cellulose increased relatively, comparing with 30 °C and 50 °C.

Fig. 2 was XRD patterns of MCC treated with phosphoric acid at 50 °C with different time. The XRD pattern of control had four typical peaks of cellulose I, at the  $2\theta$  of 14.7°, 16.5°, 22.8°, 34.5°, respectively. With the process of dissolution of cellulose, the crystal peaks decreased greatly, and the crystalline degree also induced from 92.23% to 39.09%. This showed the regenerated cellulose prepared with phosphoric acid had low degree of crystalline, and the reaction of phosphoric acid had destroyed the crystal regions of MCC markedly, the relative content of amorphous regions increased.

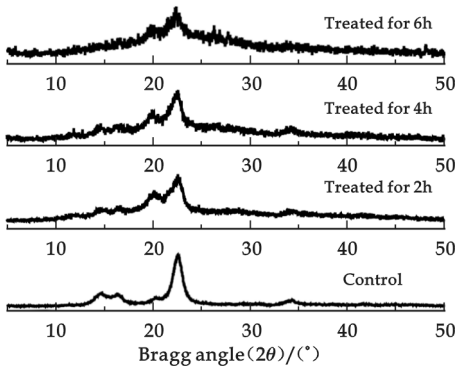
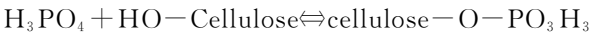


Fig. 2 XRD patterns of MCC treated with phosphoric acid at 50 °C

2.2 The kinetic analysis of cellulose dissolution in phosphoric acid

The process of cellulose dissolving in phosphoric acid was described as below:

(1)An esterification reaction between hydroxyl groups of cellulose and phosphoric acid to form cellulose phosphate:

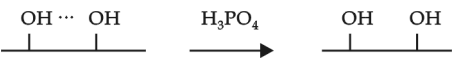


(2) During the regeneration process by water, cellulose phosphate reversibly converted back to free phosphoric acid and cellulose of different crystalline degrees without any significant substitution and recrystallization.

For studies of kinetic equation expediently, some hypotheses were need to explain first:

(1)During the process of cellulose dissolving in phosphoric acid at relative low temperature, by-reaction of acid hydrolysis ignored.

(2)After phosphoric acid broke away from cellulose chains by the action of water, the mass of phosphoric acid was supposed to be constant. Phosphoric acid played a role of catalyzer. The whole process of decrystallization was simplified as below:



(3)Fore-and-aft decrystallization, the mass of cellulose was supposed to be constant, the chemical quality of cellulose had no changes, only physical quality changed.

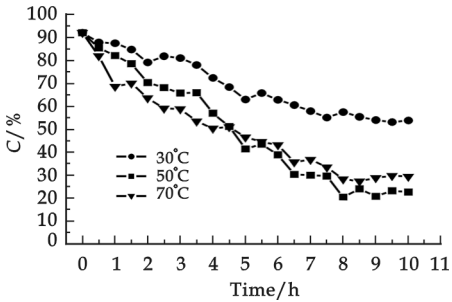


Fig. 3 The crystalline cellulose relative content curves of MCC treated with phosphoric acid

In this article, the values of crystalline degree of each sample was taken as the relative contents ( $C$ , %) of crystalline cellulose in MCC. The relative content curves of crystalline cellulose in MCC treated with phosphoric acid for 10 hours were showed in Fig. 3.

In Fig. 3, at the temperature of 30 °C, the contents of crystalline cellulose reduced slowly and kept stable at about 55% at the end of reaction. At the temperature of 50 °C, the contents of crystalline cellulose reduced at a higher rate, after reacted for 4.5 h, reducing rate was higher than that of 70 °C, the final content was stable at about 23%. At the temperature of 70 °C, the contents of crystalline cellulose reduced greatly, after reaction for 4.5 h, the reducing rate decelerated step by step.

According the above hypotheses, the cellulose decrystallization reaction in phosphoric acid was looked as a first order reaction, it's kinetic equation was:

$$-\frac{d[C_t]}{dt} = k[C_t] \quad (1)$$

$C_t$  was the content of crystalline cellulose of sample reacted for  $t$  hours.  $k$  was the constant of decrystallization reaction. After a further deducing, equation (2) and (3) were gained as below:

$$-\int_{C_0}^{C_t} \frac{d[C_t]}{[C_t]} = -k \int_0^t dt \quad (2)$$

$$\ln \frac{[C_0]}{[C_t]} = kt \quad (3)$$

$C_0$  was the original content of crystalline cellulose in MCC.  $T_t$  was defined as the transformation rate from crystalline cellulose to amorphous cellulose (showed in equation (4)).

$$T_t = \frac{[C_0] - [C_t]}{[C_0]} \quad (4)$$

Then equation (4) was put into equation (3), the final equation (5) was below:

$$\ln \frac{1}{1 - T_t} = kt \quad (5)$$

According the equation (5), figures of  $T_t$  vs.  $t$  were gained, showed in Fig. 4. From the data points in figures, linear equations were gained by the method of linear fitting, showed in equation (6)~(8). The slope of fitted line was  $k$ .

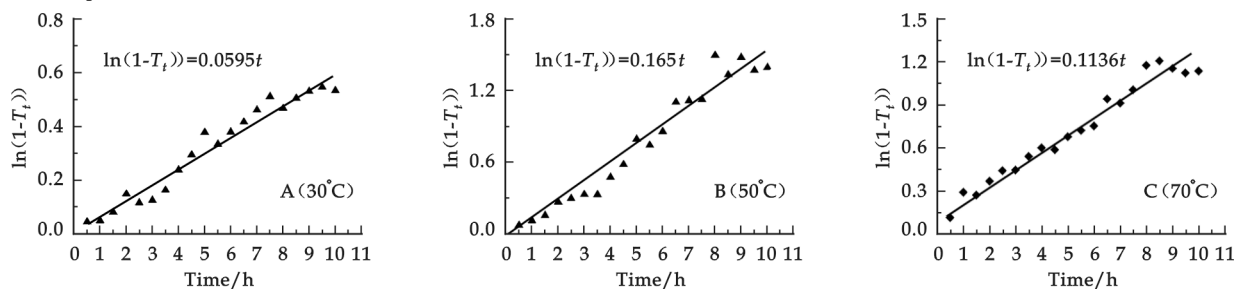


Fig. 4 Transformation rate mathematical modelings of crystalline cellulose in MCC: A(30 °C), B(50 °C), C(70 °C)

The kinetic equation at 30 °C was:

$$\ln \frac{1}{1 - T_t} = 0.0595t \quad (6)$$

The kinetic equation at 50 °C was:

$$\ln \frac{1}{1 - T_t} = 0.165t \quad (7)$$

The kinetic equation at 70 °C was:

$$\ln \frac{1}{1 - T_t} = 0.1136t \quad (8)$$

The constants of decrystallization reaction of 30, 50, 70 °C were 0.059 5, 0.165 0, 0.113 6 h<sup>-1</sup>, respectively. The constants of 50 °C and 70 °C were much higher than that of 30 °C, this showed higher temperature accelerated decrystallization reaction. But the constant of 70 °C was lower than that of 50 °C, indicated that acid hydrolysis was strong at high temperature of 70 °C. In this paper, kinetic equation was founded on the base of ignoring acid hydrolysis, therefore the kinetic equation of 70 °C was not very befitting. This phenomenon showed the temperature of 50 °C was a optimal condition of cellulose dissolving in phosphoric acid.

Fig. 5 was experimental and mathematical transformation rate of MCC at different temperature. At the temperatures of 30 °C and 50 °C, the mathematical points were well accordance with the experimental points. But at the temperature of 70 °C, the mathematical points erred from the experimental points at a certain extent. This proved again that too high temperature would cause acid hydrolysis and the mass loss of cellulose.

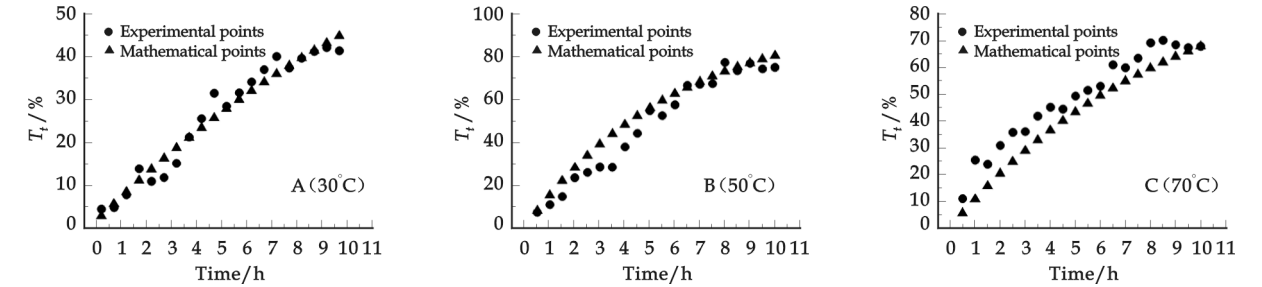


Fig. 5 Experimental and mathematical transformation rate points of MCC: A(30 °C), B(50 °C), C(70 °C)

For the chemical reaction, the relation between reaction constant and temperature obeyed Arrhenius equation<sup>[13]</sup>:

$$k=A_0e^{-E_a/RT},\text{or } \ln k=\ln A_0-E_a/RT$$

A<sub>0</sub> was preexponential factor, E<sub>a</sub> was activation energy. According the linear relation of lnk vs. 1/T, A<sub>0</sub> and E<sub>a</sub> were calculated, showed in Tab. 1.

The activation energy of microcrystalline cellulose dissolving in phosphoric acid (83.03%) was 42.40 kJ/mol. Haisong Qi *et al*<sup>[14]</sup>. reported the activation energy of cotton linters pulp dissolving in NaOH/urea system was about 101 kJ/mol, which was far bigger than E<sub>a</sub> in this paper. This showed phosphoric acid owned powerful solubility to cellulose.

Tab. 1 Kinetics and Arrhenius parameters on the decrystallization of MCC in phosphoric acid

Parameters	30 °C	50 °C	70 °C
K/h <sup>-1</sup>	0.059 5	0.165 0	0.116 3
A <sub>0</sub> /h <sup>-1</sup>	1.21×10 <sup>6</sup>		
E <sub>a</sub> /kJ·mol <sup>-1</sup>	42.40		

3 Conclusion

The crystalline degree of cellulose treated with phosphoric acid induced markedly. XRD analysis showed the crystalline diffraction peaks decreased much. The high temperature accelerated the rate of cellulose dissolving in phosphoric acid, the by-reaction of acid hydrolysis was strong and caused mass loss of cellulose at temperature over 50 °C.

At the relative low temperature, the kinetic behaves of cellulose dissolving in phosphoric acid obeyed the kinetic equation of  $\ln \frac{1}{1-T_t}=kt$  well, the constants of decrystallization reactions at the temperatures of 30, 50, 70 °C were 0.059 5, 0.165 0, 0.116 3 h<sup>-1</sup>, the activation energy was 42.40 kJ/mol.

## References

- [1] Jarvis M. Cellulose stacks up[J]. Nature, 2003,426:611-612.
- [2] Anantharam P. Dadi, Sasidhar Varanasi, Constance A. Schall. Enhancement of cellulose saccharification kinetics using an ionic liquid pretreatment step[J]. Biotechnology and Bioengineering, 2006, 95(5):904-910.
- [3] Greidinger, D. S. Bernstein, H. and Epstein, S. Degraded cellulose and its manufacture[P]. US 3397198, 1968.
- [4] Mosier N, Wyman C, Dale B, *et al.* Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass[J]. Bioresource Technology, 2005,96(6):673-686.
- [5] Walseth, C. S. Occurrence of cellulases in enzyme preparations from microorganisms[J]. Tappi, 1952, 35:228-233.
- [6] Klemm, D., Philipp, B., Heinze, T., *et al.* Comprehensive Cellulose Chemistry I: Fundamentals and Analytical Methods[M]. Wiley-VCH: Weinheim, Germany, 1998.
- [7] Fengel, D., Wegener, G. Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions[M]. Berlin:Walter de Gruyter & Co. 1984.
- [8] Zhang Y. -H. P., Lynd L. R. Determination of the number average degree of polymerization of cellodextrins and cellulose with application to enzymatic cellulose hydrolysis[J]. Biomacromolecules, 2005, 6(3):1 510-1 515.
- [9] Zhou D., Zhang L., Guo S. Mechanisms of lead biosorption on cellulose/chitin beads[J]. Water Research, 2005, 39(16):3 755-3 762.
- [10] Focher B., Palma M. Canetti T., Torri M., *et al.* Structural differences between non-wood plant celluloses: evidence from solid state NMR, vibrational spectroscopy and X-ray diffractometry[J]. Industrial Crops and Products, 2001, 13(3):193-208.
- [11] Ekenstam, A. Fractional solution of rayon pulp in phosphoric acid: a new method for studying the polymerization[J]. Chem. Abstr., 1942, 36: 6 339.
- [12] Danilove S. N., Gintse N. F.. The role of phosphoric acid in the study and treatment of cellulose. I swelling and solution of cellulose in phosphoric acid[J]. Chem. Abstr., 1956, 51: 8 428.
- [13] Eken Saraolu N., Mutlu S. F., Dilma G., *et al.* A comparative kinetic study of acidic hemicellulose hydrolysis in corn cob and sunflower seed hull[J]. Bioresource Technology, 1998, 65(2), 29-33.
- [14] Haisong Qi, Chunyu Chang, Lina Zhang. Effects of temperature and molecular weight on dissolution of cellulose in NaOH/urea aqueous solution[J]. Cellulose, 2008,15:779-787.

## 微晶纤维素溶解于磷酸的动力学方程

张景强<sup>1</sup>, 李清春<sup>1</sup>, 林 鹿<sup>2</sup>, 刘世界<sup>3</sup>, 欧阳平凯<sup>4</sup>

(1. 电子科技大学中山学院化学与生物系, 中山 528402; 2. 华南理工大学制浆造纸工程国家重点实验室, 广州 510641; 3. 纽约州立大学环境科学与林学院造纸与生物工程系, 纽约 13210; 4. 南京工业大学制药与生命科学院, 南京 210009)

**摘 要:**磷酸是潜在的预处理溶剂,可应用于以木质纤维素为原料来生产生物乙醇或生物基化学品的工厂. 实验样品按下述方法准备:分别控制温度在 30 ℃、50 ℃、70 ℃下,微晶纤维素溶解于浓度为 83.03%的磷酸中;作用 10 小时,每隔 30 分钟取一次样. 经 X-射线衍射技术检测发现样品的结晶衍射峰显著降低,相应的结晶度也呈显著下降趋势. 较高的温度可以促进纤维素在磷酸中的溶解,在较低的温度下,纤维素在磷酸中溶解的动力学行为遵循动力学方程:

$\ln \frac{1}{1-T_t} = k_r t$ . 在温度 30 ℃、50 ℃、70 ℃下,磷酸对纤维素解结晶反应的常数分别为 0.059 5 h<sup>-1</sup>、0.165 0 h<sup>-1</sup>、0.116 3 h<sup>-1</sup>,活化能为 42.40 kJ/mol.

**关键词:**动力学方程; 溶解; 磷酸

**中图法分类号:** O643.1

**文献标识码:** A



\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0013-07

# APPLICATION OF SILANE COUPLING AGENT IN COMPOSITE CEMENT MORTAR

HE Juan<sup>1,2</sup>, SU Da-gen<sup>1</sup>, ZHANG Ya-fang<sup>2</sup>, WANG Xiao-bo<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory for Special Functional Materials and Preparation of New Technology of the Education Ministry of China, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China; 2. Civil Engineering Colleges, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** This paper studies the performance influence of silane coupling agent on portland cement mortar, polymer modified cement mortar, steel fiber reinforced mortar and steel fiber polymer modified cement mortar, as well as its influence mechanism. The results show that solution of silane coupling agent with the concentration of 0.5%~1% can not only enhance obviously the flexural strength and tensile strength of various types of CMMR, but also improve the consistency of portland cement mortar and polymer modified cement mortar, however, its delamination degree shall increase a little.

**Key words:** silane coupling agent; cement mortar; polymer; steel fiber

**CLC Number:** TQ264.1; TU528

**Document Code:** A

## 0 Introduction

Mortar is widely used in construction work, and gradual development of architecture technology leads to higher performance requirement for cement mortar, thus each country across the world has developed various CMMR materials in the past years. Since polymers have good bond force and higher tensile strength, further to this, the flexural degree, tensile strength and bond force of polymer cement-based composite materials have been obviously improved comparing with portland cement-based materials, meanwhile, the introduction of polymer also improves the microstructure of original portland cement-based materials, thereby, excellent performance enables the widespread use of polymer cement mortar<sup>[1]</sup>; steel fiber reinforced cement-based composite material is also an engineering material with excellent performance. As far as current research and application over the world are concerned, though both polymer cement-based composite material and steel fiber cement-based composite material have displayed a variety of excellent performances, however, the enhancement of polymers and steel fiber toughening effect have not played their full role due to the invalidity of interfacial wettability and bond force resulting from thin interfacial<sup>[2]</sup>.

Two different reactive groups, which lie in Silane coupling agent molecule, enable to achieve chemical bonding between interface of inorganic materials and organic ones to significantly improve the strength and aging-resistant performance, thus physical and mechanical properties and durability of composite materials have been strikingly enhanced.

The paper uses silane coupling agent with different concentration in several types of CMMR to test their changes of various physical and mechanical properties to study the performance influence of silane coupling agent on various types of CMMR.

\* 收稿日期:2010-07-22

作者简介:何娟(1977—),女,湖南省郴州市人,讲师,在读博士生,研究方向:土木工程材料  
基金项目:国家自然科学基金资助项目

1 Experimental Materials and Methods

1.1 Experimental materials

Cement: PC 32.5R composite portland cement, produced by Guangzhou Yuebao Cement Co., Ltd.; Sand: standard sands; Steel fiber: length-diameter ratio: 39, equivalent diameter: 0.81 mm, density: 7.8 g/cm<sup>3</sup>, corrugated, Shangyu Huaxia Geosynthetic Material Co., Ltd.; Polymer: elastic water-resistance styrene-acrylate emulsion, solid content: 56%, produced by Guangzhou Honsea Chemistry Co., Ltd.; Silane coupling agent: KH-550.

1.2 Experimental methods

Mortar-cube was molded in accordance with standard methods and conserved for 7 days and 28 days, after that strength test was carried out. Consistency and delamination degree of mortar were examined according to specifications.

Took out cement mortar powder after being baked at 100 °C for 1 h, immediately added 20 mL silane coupling agent with the volume fraction of 1% while blending, after that dried them under the same condition; after being cooled, cement mortar powder should be repeatedly flushed with anhydrous alcohol, and then it was pressed into tablets together with KBr, and finally test would be carried out with Vector 33 Fourier transform infrared spectrometer made of Bruker Company of Germany.

The sample was dried at 50 °C and vacuum-pumping for 1 h, and then it was placed in a dryer for storage. Natural and fresh fracture sample was used with gold-plated surface, and S-550 made by Japan's Hitachi Ltd., was used to carry out scanning electron microscopy (SEM) analysis.

Tab. 1 Consistency and delamination degree values of mortar processed with different concentrations of silane coupling agent

Added silane concentration	0%	0.5%	1%	2%
Consistency /cm	2	2.3	3.4	3.3
Delamination degree/cm	1.8	1.9	1.9	2.1

results on consistency and delamination degree which are shown as Tab. 1, and the tested variation curves of 7-day, 28-day flexural force and compression strength which are shown in Fig. 1 and Fig. 2.

Observing Tab. 1, we know that with the increase of dosage in silane coupling agent, the consistency also grows, which is much more obvious when the dosage of silane coupling agent exceeds 1%. It is proved that the use of silane coupling agent has improved fluidity of mortar and increased delamination degree a little.

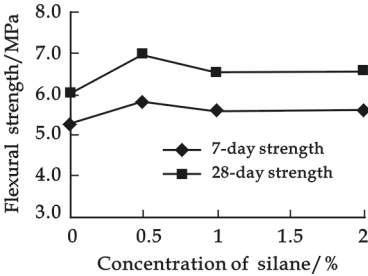


Fig. 1 7-day and 28-day flexural strength of portland cement mortar processed with Silane

2 Experimental Results and Analysis

2.1 Performance influence of silane coupling agent on portland cement mortar

Used silane coupling agent solution with the concentration of 0.5%, 1% and 2% respectively mixing with portland cement mortar to achieved the tested re-

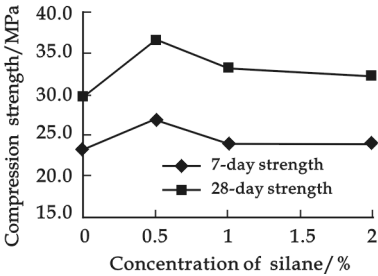


Fig. 2 7-day and 28-day compression strength of portland cement mortar processed with Silane

Observing Fig. 1 and Fig. 2, flexural strength and compression strength of the mortar-cubes with

adding silane coupling agent have increased to differ agent. With the increase of the dosage, their flexural strength and compression force have decreasing trend after being enhanced to a certain degree. When the dosage of Silane coupling agent is 0.5%, the values of flexural strength and compression strength have increased significantly. It is indicated that appropriate dosage of silane coupling agent could play a role to modify cement mortar. Based on bonding mechanism of silane coupling agent on siliceous materials surface, cement mortar paste is abundant in  $-OH$ , which could be combined with free silanol group in silane coupling agent and form hydrogen bond, thus two silanol groups respectively combined with  $-OH$  and formed hydrogen bonds, with gradual hydration and drying, hydrogen bond has transferred into chemical bond<sup>[4]</sup> by dehydration. Under the special condition of strong chemical activity of cement mortar, silane coupling agent in cement mortar could form  $Si-O-Si$  chemical bond, to enable cement mortar to bind more firmly, thus the strength is increased. If too little silane coupling agent is used, not all mortar could be coated, and if less  $Si-O-Si$  bond in uncoated mortar formed with silane coupling agent, the strength will be lowered; when silane coupling agent has reached optimal dosage, it will form monomolecular layer on cement mortar surface, with the best effect; if too much silane coupling agent is used, it will form polymolecular layers, which is not only unnecessary but also brings negative effect<sup>[3,4]</sup>. As for portland cement mortar, the optimal dosage of silane coupling agent is 0.5%.

2.2 Performance influence of silane coupling agent on styrene-acrylic latex modified cement mortar

Added styrene-acrylic latex in cement mortar for modification, then added 0.5%, 1%, 2% and 6% silane coupling agent respectively, the tested results on consistency and delamination degree were shown in Tab.2, and the tested variation curves of 7-day and 28-day flexural strength, compression strength were shown in following Fig.3 and Fig.4.

Observing Tab.2, we know that silane coupling agent significantly has improved the consistency of styrene-acrylic modified mortar, i. e. has significantly improved fluidity of mortar, compared with portland cement mortar, the improved extent is much greater; but silane coupling agent also enables delamination degree of the mortar to increase a little.

Tab.2 Consistency and consistency number of styrene-acrylic mortar processed with different concentrations of silane coupling agent

Added silane concentration	0%	0.5%	1%	2%
Consistency /cm	3.2	3.6	4.4	4.6
Delamination degree/cm	2.1	2.2	2.3	2.3

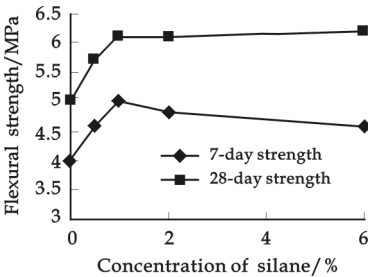


Fig.3 7-day and 28-day flexural strength of styrene-acrylic mortar processed with silane

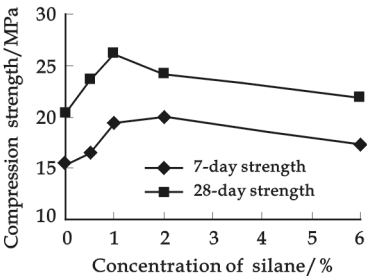


Fig.4 7-day and 28-day compression strength of styrene-acrylic mortar processed with silane

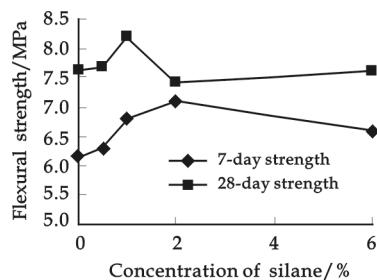
Observing Fig.3 and Fig.4, we know that silane coupling agent can enhance flexural strength and compression strength values of this kind of mortar, and when silane coupling agent is 1%, its 7-day and 28-day strength have enhanced strikingly, and strength values are approximately 20% higher than those without being processed with silane coupling agent. Compared with mortar above, the extent of

strength increase for styrene-acrylic modified mortar is obviously higher than that for portland cement mortar. When concentration of silane coupling agent exceeds 1%, its flexural strength changes little while its compression strength shows a downward trend.

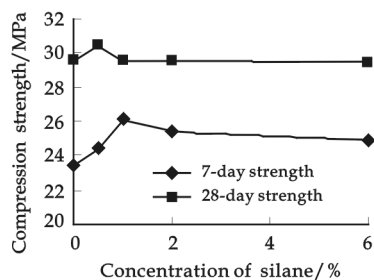
Since chemical reaction between polymer and inorganic cementing material is the assumption to form ionic bond or covalent bond (or forming ionic bond and covalent bond at the same time). Basing on analysis of inorganic cementing material polymer science, we can assert that it is impossible for organic polymer and inorganic cementing material form covalent bond under hydraulicity condition. Only when there is the presence of polyelectrolyte, chemical interaction can be formed through ionic bond<sup>[5]</sup>. Two groups in silane coupling agent molecules can respectively form firm covalent bond with inorganic cementing material and polymer, thus the two materials combined with each other closely, and plays a role of improving the structure, thus its flexural strength and compression strength have been increased.

### 2.3 Performance influence of silane coupling agent on steel fiber cement mortar

Added 0.5%, 1%, 2% and 6% silane coupling agent respectively to process steel fiber, then added in volume ratio of 1.5% into portland cement mortar, and the tested 7-day and 28-day flexural strength, compression strength were shown in following Fig. 5 and Fig. 6.



**Fig. 5 7-day and 28-day flexural strength of steel fiber mortar processed with silane**



**Fig. 6 7-day and 28-day compression strength of steel fiber mortar processed with silane**

Observing above-mentioned two figures, we know that with the increase dosage of silane coupling agent for the processing of steel fiber, flexural strength and compression strength have the increasing trend at the beginning, then decrease a little or keep unchanged, when the concentration is 1%, both strengths will be enhanced. After load-carrying of steel fiber and substrate's interface, the thinnest position would be destroyed first. After being processed with silane coupling agent, steel fiber will form a chemical reaction film<sup>[6]</sup> which closely combined with ferrous material through chemical bonding. The film can not only prevent metal surface from corroding, besides hydrogen bonding between groups of easy hydrolysis and hydration products of mortar play a role of bridging, which enables the interfacial structure to become more compact, and increase interfacial bonding force, thus mechanical properties of steel fiber enforced mortar have been increased to a certain degree.

In comparison with portland cement mortar, we know that after adding steel fiber processed with silane coupling agent, its flexural strength will be much higher than that of mortar without adding steel fiber, and its peak value will be approximately 20% higher. Compression strength has been increased unobviously.

### 2.4 Performance influence of silane coupling agent on steel fiber polymer modified cement mortar

Added steel fiber (volume ratio of 1.5%) processed with silane coupling agent solution with the concentration of 0.5%, 1%, 2% and 6% respectively, into styrene-acrylic latex modified mortar to test flexural strength, compression strength which are shown as Fig. 7 and Fig. 8.

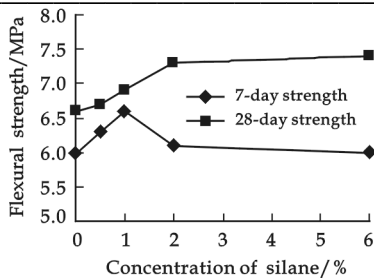


Fig. 7 7-day and 28-day flexural strength of steel fiber styrene-acrylic latex mortar processed with silane

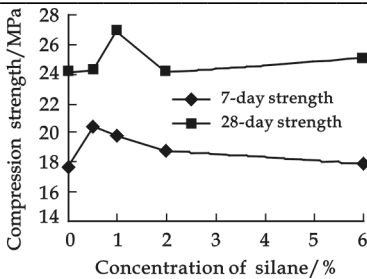


Fig. 8 7-day and 28-day compression strength of steel fiber styrene-acrylic latex mortar processed with silane

Observing above-mentioned Fig. 7 and Fig. 8, we know that as shown in previous types of mortar, flexural strength and compression strength have increased at the beginning in styrene-acrylic latex modified steel fiber mortar, then decrease, and have been significantly enhanced when the concentration of silane coupling agent is 1%.

In this type of mortar, silane coupling agent formed film on metal surface, and enhanced interfacial bonding by preventing corrosion on metal surface and forming hydrogen bonding with mortar, which is similar to previous type of steel fiber mortar. Furthermore, since polymers have modification effect on mortar and polymer molecules filled in mortar pores can combine with organic groups of silane coupling agent on metal surfaces, thus bonding force between steel fiber and mortar has been enhanced.

2.5 Infrared spectroscopic analysis

Processed cement mortar with silane coupling agent solution KH-550 to carry out analysis of infrared spectroscopic for pre-and post-processed cement mortars with the results showing in Fig. 9 and Fig. 10.

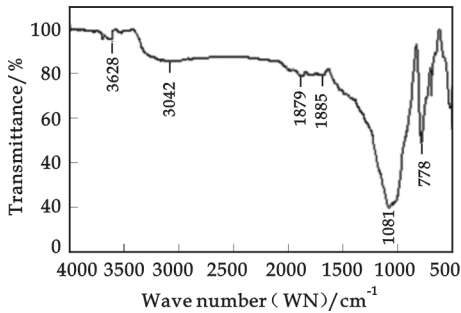


Fig. 9 Infrared spectra of pure cement mortar

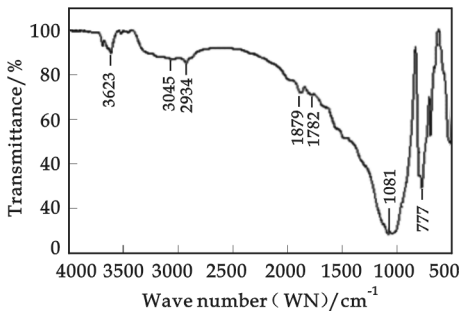
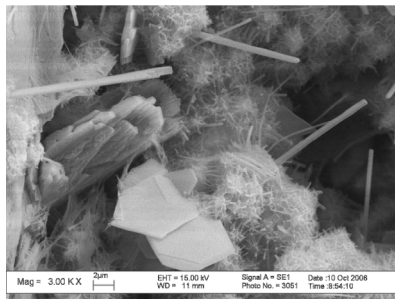


Fig. 10 Infrared spectra of cement mortar modified with silane coupling agent

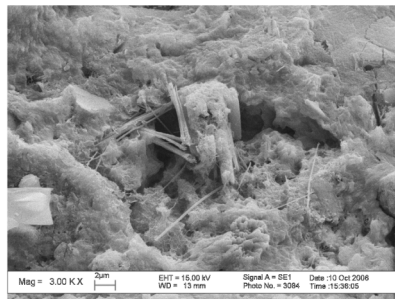
In comparison of Fig. 9 and Fig. 10, we know that mortar powder processed with silane coupling agent has significant CH<sub>2</sub> absorption band at 2 934 cm<sup>-1</sup>. It is the formed organic group after silane coupling agent reacted with -OH in mortar, which is verified that after modified process, silane coupling agent has formed a coupling layer on mortar surface.

2.6 SEM analysis

After various cementing materials are maintained up to 28 days, cut internal representative small sample to conduct electron microscope (SEM) scanning, and analyze the scanning results. It is found through observing that internal structures are diverse after hydrating different cementing materials.



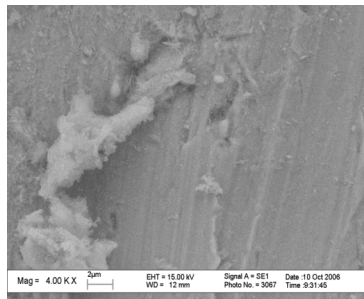
**Fig. 10 SEM photograph of pure cement mortar**



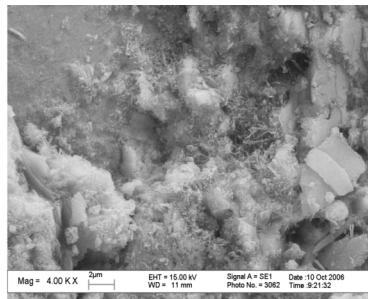
**Fig. 11 SEM photograph of cement mortar modified with styrene-acrylic latex**

Fig. 10 is SEM photograph of pure cement mortar with the magnification of 3 000 times, in which mutually interweaved netted fibrous II type C-S-H gel particle can be clearly seen, with dotted long strips of ettringite crystal. Fibrous C-S-H and needle shape ettringite crystal interlinked, and form discontinuous and larger porosity of netted skeleton system. Fig. 11 is SEM photograph of styrene-acrylic latex modified cement mortar with the magnification of 3 000 times, in which flocculation-like styrene-acrylic latex coated on cement hydration products, exposing part of long strips of ettringite crystal. Modified cement mortar is improved bonding condition of cement paste and aggregate, and polymer is wrapped and filled in aggregate particles for the addition of styrene-acrylic latex. Polymer film can better fill in pores of cement mortar to form continuous polymer film layer, after bonding hydration products and wrapping unhydrated cement particles, polymer film and cement substrate have formed interfingering and continuous three-dimensional network structure.

After being maintained up to 28 days, samples of steel fiber cement mortar and silane coupling agent modified steel fiber mortar were respectively carried out electron microscope (SEM) scanning, which is shown as the following figures.



**(a) high-magnification SEM photograph of steel fiber cement mortar before processed**



**(b) high-magnification SEM photograph of steel fiber cement mortar after processed**

**Fig. 12 SEM photograph of steel fiber cement mortar modified with silane coupling agent**

Fig. 12-a is bonding topography of steel fiber with portland cement mortar, in which we can clearly find that on steel fiber surface, there is part of cement hydration products, the remaining part is more smooth. This shows that unmodified steel fiber can not bond with cement hydration products ideally.

Fig. 12-b is bonding micro-topography of steel fiber with cement paste, after steel fiber is modified with 1% silane coupling agent. Its surface is covered with fine layered material after modifying process of silane coupling agent, but not so bright and clean state as before. The bonding is closer than that before being processed. Through analyzing, we consider that there are reactions between part of groups in silane coupling agent and steel fiber surface, and another part of groups will react with cement hydration products in cement paste to promote the close bonding of steel fiber and cement mortar.

3 Conclusions

(1) Silane coupling agent can increase flexural strength and compression strength of portland cement mortar, especially when the dosage is 0.5%, it will increase up to approximately 10%. Silane coupling agent could also increase consistency of cement mortar, but delamination degree has increased a little.

(2) Silane coupling agent can significantly enhance flexural strength and compression strength of styrene-acrylic latex modified cement mortar, especially when the dosage is 1%, its strength is higher than that styrene-acrylic latex modified cement mortar without silane coupling agent by about 20%. The increase extent is higher than that of portland cement mortar. Silane coupling agent could increase consistency of styrene-acrylic latex modified mortar, but layering degree is increased a little, which is similar to the function of portland cement mortar.

(3) Silane coupling agent can improve flexural strength and compression strength of steel fiber cement mortar and steel fiber styrene-acrylic latex modified cement mortar. When the dosage of silane coupling agent is 1%, flexural strength and compression strength have significant increased. As for the two types of mortar, flexural strength's increase extent is higher than that of compression strength.

References

[1] Hu Longquan, Wu Shaopeng, Nan Cewen, *et al.* The interfacial characteristic of steel fiber reinforced polymer cement composites[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2008,23(12):20-23.

[2] Zhan Zhenfeng, Liu Zhiyong. Experimental study of properties of polymer cement mortars[J]. Chemical Materials for Construction, 2006,6:55-58.

[3] Luo Lifeng. Research on steel fiber reinforced polymer concrete bridge deck pavement construction technology[D]. Doctor's Degree Thesis of South China University of Technology, 2003.

[4] Zeng Tao, Lu Zhiying, Tao Xinming. Analysis of mechanism on improving draw strength of concrete by polymers[J]. Shanxi Architecture, 2001,32(12):141-142.

[5] Rong Chuiqiang. Research of polymer-modified steel fiber cement-based composite materials and the application in engineering[D]. Master's Thesis of Shantou University, 2005.

[6] Xu Yi, Wang Nan, Xu Mingxi. Study of silane film for metallic surface resisting corrosion coating[J]. Journal of Chongqing University(Natural Science Edition), 2005,24(2):135-136.

硅烷偶联剂在复合水泥砂浆中的应用研究

何 娟<sup>1,2</sup>, 苏达根<sup>1</sup>, 张亚芳<sup>2</sup>, 王小波<sup>1</sup>

(1. 华南理工大学特种功能材料及其制备新技术教育部重点实验室, 广东 广州 510640; 2. 广州大学土木工程学院, 广东 广州 510006)

**摘 要:**研究了硅烷偶联剂对普通水泥砂浆、聚合物改性水泥砂浆、掺钢纤维水泥砂浆和掺钢纤维聚合物改性水泥砂浆性能的影响,并对其影响机理进行探讨. 研究表明,0.5%~1%硅烷偶联剂的水溶液能较大幅度地提高多种复合水泥砂浆的抗折强度和抗拉强度,且能提高普通水泥砂浆和聚合物改性水泥砂浆的稠度,但会使其分层度略有增大.

**关键词:**硅烷偶联剂;水泥砂浆;聚合物;钢纤维

**中图法分类号:**TQ264.1;TU528

**文献标识码:**A

# 氧化钨复合有机电致变色薄膜的制备

伍媛婷, 王秀峰

(陕西科技大学材料科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘要:**分别采用化学沉淀法和溶胶-凝胶法制备了不同形貌的  $\text{WO}_3$  粉体,再采用多种复合方式制备了氧化钨复合有机电致变色薄膜,用 XRD、FSEM 等技术进行了表征.结果表明:化学沉淀法制备的  $\text{WO}_3$  粉体为片状,溶胶-凝胶法制备的  $\text{WO}_3$  粉体为球形颗粒,两种方法所制备的粉体均包含不定相以及  $\text{WO}_3$  和  $\text{WO}_{2.83}$  两种晶相,复合薄膜中采用球状  $\text{WO}_3$  复合薄膜能较好地铺展于有机薄膜表面,球状  $\text{WO}_3$  混合薄膜的表面较平整.

**关键词:**氧化钨; 电致变色; 复合薄膜; FSEM

**中图法分类号:**TB332;TB34

**文献标识码:**A

## 0 前言

电致变色(EC)是指在外加电压或电场的作用下,材料的颜色或透明度的稳定的可逆变化<sup>[1]</sup>.电致变色薄膜具有工作电压低、能耗小、环保、视觉大、有记忆功能、工作范围宽、易于大面积制作等优点,在显示器件、调光玻璃、信息存储等领域有着广泛的应用前景<sup>[2-4]</sup>.影响电致变色在显示器件领域应用的主要障碍在于电致变色材料较差的可逆性、较长的响应时间以及在各种环境条件下应用的不稳定性.

目前研究的电致变色薄膜包括无机电致变色薄膜(如  $\text{WO}_3$ 、 $\text{NiO}_2$ 、 $\text{MoO}_3$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$  等)<sup>[5-7]</sup>和有机电致变色薄膜<sup>[8-10]</sup>两大类.无机电致变色材料的光吸收变化是因离子和电子的双注入/抽取引起,其性能优越稳定,但色彩较单一、响应时间较长.有机电致变色材料的光吸收变化来自氧化还原反应,其响应时间短(可达飞秒级)、色彩丰富、对比度高、易于进行分子设计,且断电后可保持变色效果,具有记忆效果,但其稳定性较差,寿命短.复合电致变色材料则取长补短,是目前解决电致变色材料应用障碍的主要途径之一<sup>[11,12]</sup>.

## 1 实验方法

### 1.1 $\text{WO}_3$ 粉体的制备

#### 1.1.1 化学沉淀法制备氧化钨粉末

分别称取 3.0 g 钨酸钠和 0.05 g 聚乙二醇,滴加浓盐酸直至溶液的  $\text{pH} < 1$ ,连续搅拌 0.5 h 直到完全反应,用稀硝酸洗涤沉淀,离心分离,沉淀物在 80 °C 干燥 6~7 h,之后在 300 °C 煅烧 2 h 获得粉体 A.

#### 1.1.2 溶胶-凝胶法制备氧化钨粉末

\* 收稿日期:2010-08-05

作者简介:伍媛婷(1981—),女,江西省南康市人,讲师,硕士,研究方向:显示材料与技术

基金项目:陕西省教育厅科研计划项目(09JK362),陕西省自然科学基金(2009JM6008),陕西科技大学自选科学基金(ZX08-10)



按草酸:乙醇=1:4(摩尔比)配制凝胶剂溶液,称取 3.0 g 的钨酸钠溶于 30 mL 蒸馏水中,将溶液加热到 70 ~80 ℃,连续搅拌下滴加浓盐酸直至溶液的 pH<1,静止,抽滤,用稀硝酸洗涤沉淀,再将沉淀溶于浓氨水中,把事先配置好的凝胶剂溶液倒入溶液中得到胶状沉淀,陈化 2 d 后,在 50 ℃干燥 24 h,分别在 400 ℃、500 ℃煅烧 2 h 获得粉体 B、粉体 C。

1.2 复合电致变色薄膜的制备

1.2.1 有机物苯胺的制备

将 6.3 g 柠檬酸溶于 50 mL 蒸馏水,磁力搅拌 3~5 min,加入苯胺单体,待溶液透明获得溶液 A,将 1.14 g 过硫酸铵溶于 50 mL 蒸馏水得到溶液 B,将溶液 B 加入溶液 A 中,磁力搅拌 15~20 min 获得有机溶液 C,垂直放入清洗后的载玻片,静置 24 h,用蒸馏水和无水乙醇各清洗两次,自然晾干获得有机薄膜(样品 A)。

1.2.2 复合薄膜的制备

(1)法一:将 1 g 粉体 A 或粉体 B 加入 30 mL 无水乙醇中超声分散 10 min,将样品 A 垂直放入溶液中,静置 8 h 后取出载玻片,自然晾干分别获得复合薄膜样品 B、样品 C。

(2)法二:将 1 g 粉体 B 加入有机溶液 C,超声分散 10 min,垂直放入载玻片,静置 24 h,用蒸馏水和无水乙醇各清洗两次,自然晾干获得复合薄膜(样品 D)。

1.3 性能表征

采用 D/max-2200PC 型 X 射线衍射仪对不同煅烧温度下的样品进行物相和晶型分析,Cu K $\alpha$  作为激发光源;用 JSM-6700F 型场发射扫描电子显微镜分析粉体和薄膜样品的形貌。

2 结果与讨论

2.1 粉体的 SEM 表征

图 1 为化学沉淀法制备 WO<sub>3</sub> 粉体的 FSEM 照片,由图可以看出,所得粉体为片状,分散性较好,粒子大小约为 400~500 nm,厚约 40~50 nm。图 2 为不同煅烧温度下溶胶-凝胶法制备的 WO<sub>3</sub> 粉体的 SEM 照片,由图可知当煅烧温度为 400 ℃时,所得粉体为球状,粒径约为 40~50 nm,粒径分布均匀,分散性好;当煅烧温度升高至 500 ℃时,所得粉体为类球状,出现少量片状,类球状颗粒粒径增大至 50~100 nm,片状颗粒直径约为 150 nm,粉体粒径分布差异较大,团聚更严重。

2.2 XRD 分析

不同方法制备的 WO<sub>3</sub> 粉体的 XRD 图如图 3 所示。对比图 3(a)、(b)可知,两种方法所制备的粉体均包含不定相、WO<sub>3</sub> 和 WO<sub>2.83</sub> 粉体,相对而言,粉体 B 中的结晶化程度较强。其中,图 3(a)中,衍射峰 2 $\theta$  为

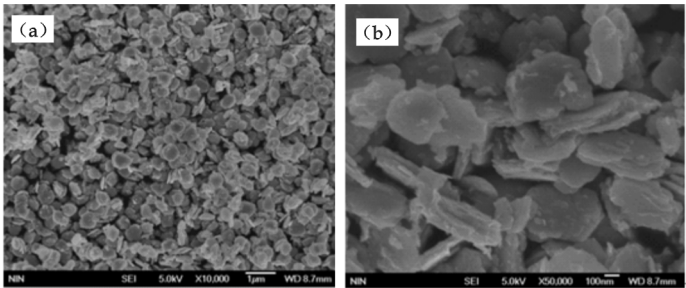


图 1 化学沉淀法制备 WO<sub>3</sub> 粉体的 FSEM 照片

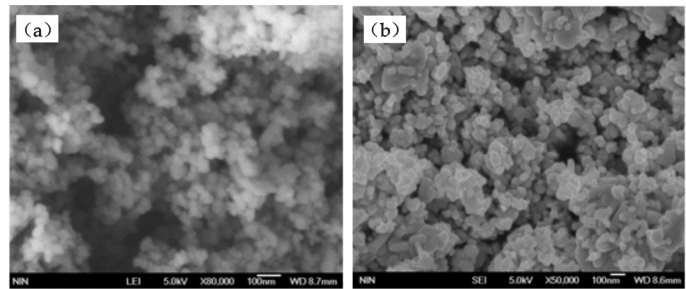


图 2 溶胶-凝胶法制备 WO<sub>3</sub> 粉体的 FSEM 照片(a) 400℃,(b)500℃

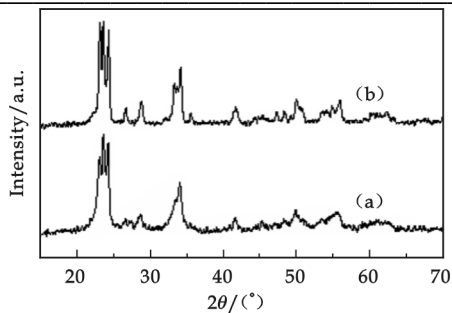


图 3 不同方法制备的  $\text{WO}_3$  粉体的 XRD(a)粉体 A, (b)粉体 B

23.060°、24.240°、34.079°、41.580°、55.300°处分别对应于  $\text{WO}_3$  ( $\text{WO}_3$  20-1324)的(001)、(200)、(220)、(221)、(420)晶面,  $2\theta$  为 23.560°、27.063°、28.660°、48.204°、49.840°特征峰分别对应于  $\text{WO}_{2.83}$  ( $\text{WO}_{2.83}$  36-0103)的(010)、(005)、(600)、(020)、(418)晶面. 另外, 在图 3(b)中, 衍射峰同样对应于  $\text{WO}_3$  ( $\text{WO}_3$  20-1324)和  $\text{WO}_{2.83}$  ( $\text{WO}_{2.83}$  36-0103), 除了出现(001)、(200)、(220)、(221)晶面的特征峰外, 其他特征峰 28.800°、49.940°分别对应于  $\text{WO}_3$  的(111)、(140)晶面, 而  $2\theta$  为 23.560°、33.260°、55.997°处出现的吸收峰对应于  $\text{WO}_{2.83}$  的(010)、(114)、(1106)晶面.

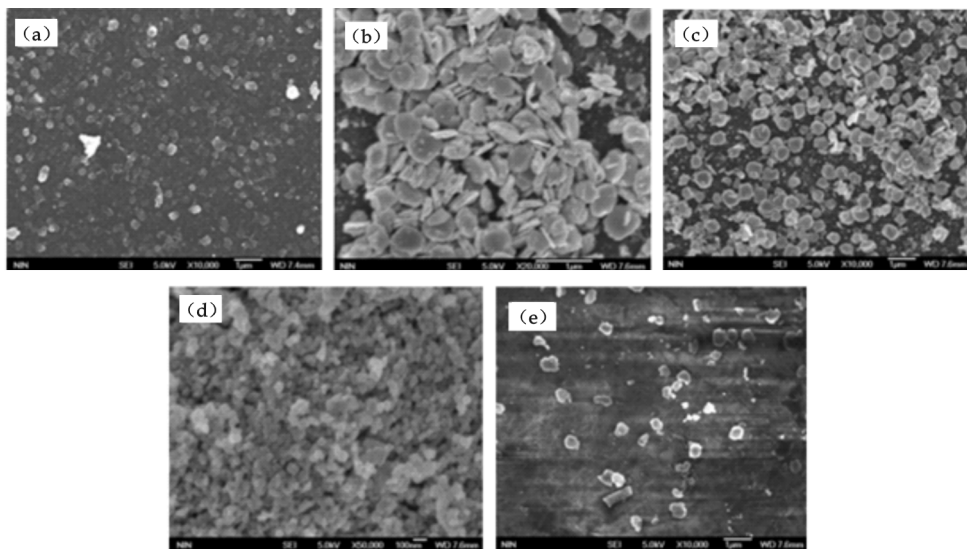


图 4 所制备电致变色薄膜的 FSEM 照片  
(a)样品 A, (b)、(c)样品 B, (d)样品 C, (e)样品 D

### 2.3 薄膜的 SEM 表征

图 4 是不同方法所制备薄膜的 FSEM 照片. 可以看出, 有机薄膜较为平整, 具有部分结晶, 采用片状  $\text{WO}_3$  复合的薄膜, 片状  $\text{WO}_3$  在有机薄膜表面并不能平铺开, 铺展并不均匀, 部分堆积过多, 而部分有机薄膜表面没有  $\text{WO}_3$ , 球状  $\text{WO}_3$  则能较好地铺展于有机薄膜表面, 对于样品 D, 可知将球状  $\text{WO}_3$  混合于有机前驱体溶液中, 其混合较均匀, 表面较为平整.

## 3 结论

(1)分别采用化学沉淀法和溶胶-凝胶法制备了  $\text{WO}_3$  粉体. 化学沉淀法所制备的  $\text{WO}_3$  粉体为片状, 分散性较好, 粒子大小约为 400~500 nm, 厚约 40~50 nm; 溶胶-凝胶法所制备的  $\text{WO}_3$  粉体为球状, 当煅烧温度为 400 °C 时, 粒径约为 40~50 nm, 分散性好, 当煅烧温度为 500 °C 时, 类球状颗粒粒径增大至 50~100 nm, 出现少量片状, 团聚更严重.

(2)采用化学沉淀法和溶胶-凝胶法所得  $\text{WO}_3$  粉体均包含不定相以及  $\text{WO}_3$  和  $\text{WO}_{2.83}$  晶体.

(3)采用片状  $\text{WO}_3$  复合薄膜的表面铺展不均匀, 球状  $\text{WO}_3$  复合薄膜表面粉体能较好地铺展于有机薄膜表面, 将球状  $\text{WO}_3$  混合于有机前驱体溶液中, 其混合较均匀, 表面较为平整.

## 参 考 文 献

- [1] David Corr. 商业化的电致变色显示技术[J]. 现代显示, 2005, (58):40-43.
- [2] Katsumi Yamada, Koji Seya, Gyosuke Kimura. Electrochromism of poly(pyrrole) film on Au nano-brush electrode [J]. Synthetic Metals, 2009, 159(3-4):188-193.
- [3] Norihisa Kobayashi, Shohei Miura, Mami Nishimura, *et al.* Organic electrochromism for a new color electronic paper[J]. Solar Energy Materials and Solar Cells, 2008, 92(2):136-139.
- [4] 冯博学, 陈 冲, 何毓阳, 等. 电致变色材料及器件的研究进展[J]. 功能材料, 2004, 35(2):145-150.
- [5] Kyung-Won Park, You-Jung Songa, Jong-Min Leea, *et al.* Influence of Pt and Au nanophases on electrochromism of  $\text{WO}_3$  in nano-structure thin-film electrodes[J]. Electrochemistry Communications, 2007, 9(8):2 111-2 115.
- [6] 黄佳木, 施萍萍, 吕 佳.  $\text{WO}_x$ : Mo 薄膜的结构及电致变色性能研究[J]. 硅酸盐学报, 2004, 32(5): 580-589.
- [7] P. S. Patila, R. K. Kwarb, S. B. Sadale. Electrochromism in spray deposited iridium oxide thin films[J]. Electrochimica Acta, 2005, 50(12): 2 527-2 532.
- [8] 陈 蔚, 傅相锴, 马丽华. 聚苯胺/聚苯乙烯磺酸-聚乙烯醇电致变色膜的制备和表征[J]. 功能材料, 2008, 39(1):60-63.
- [9] Adriana Santos Ribeiro, Alisson Urbano da Silva, Marcelo Navarro, *et al.* Electrochromism of dinitrobenzoyl-derivatised polypyrrole films deposited on ITO/glass electrodes[J]. Electrochimica Acta, 2006, 51(23):4 892-4 896.
- [10] 浦鸿汀, 黄 平. 电致变色器件用聚合物电解质材料的研究进展[J]. 功能材料与器件学报, 2005, 11(2):127-133.
- [11] X. H. Xia, J. P. Tua, J. Zhang, *et al.* Multicolor and fast electrochromism of nanoporous  $\text{NiO}$ /poly(3,4-ethylenedioxythiophene) composite thin film[J]. Electrochemistry Communications, 2009, 11(3): 702-705.
- [12] 朱泉晓, 靳艾平, 陈 文. 聚合物/过渡金属氧化物纳米复合材料在电致变色性能上的研究进展[J]. 材料导报, 2006, 20(3):48-51.

## PREPARATION OF TUNGSTEN OXIDE-ORGANIC ELECTROCHROMIC FILMS

WU Yuan-ting, WANG Xiu-feng

(School of Materials Science &amp; Engineering, Shaanxi University of Science &amp; Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** Tungsten oxide powders with different morphologies were prepared by precipitation method and sol-gel method. And the Tungsten oxide-organic electrochromic films were prepared. The powders and films were characterized by XRD and SEM. The results show that the Tungsten oxide particles prepared by precipitation method are flaky particles. The Tungsten oxide particles prepared by sol-gel method are spherical particles. The powders prepared by the two methods contain amorphous materials,  $\text{WO}_3$  and  $\text{WO}_{2.83}$  crystals. The spherical tungsten oxide powders can more equably overlay on organic films than flaky particles. The organic films mixed with spherical tungsten oxide powders have smooth surface.

**Key words:** tungsten oxide; electrochromism; composite films; FSEM

# 有机硼交联剂的制备及室内评价

赵秀波<sup>1</sup>, 李小瑞<sup>1</sup>, 薛小佳<sup>2</sup>, 吕海燕<sup>2</sup>

(1. 陕西科技大学轻工助剂化学与技术重点实验室, 陕西 西安 710021; 2. 中国石油长庆油田分公司油气工艺技术研究院, 陕西 西安 710021)

**摘要:**制备了一种针对多羟基醇压裂液体系的有机硼交联剂,考察了制备有机硼交联剂的影响因素,确定了有机硼交联剂的最佳合成工艺.有机硼交联剂的最佳原料及质量分数分别为:硼砂 20.00%,配体 13.33%,反应温度 80 ℃,反应时间 4.0 h.由该交联剂制备的多羟基醇压裂液具有良好的耐温性、延迟交联性能和剪切稳定性,并且该多羟基醇压裂液破胶彻底,残渣含量低,适用于超低渗透油气田.

**关键词:**多羟基醇压裂液;有机硼交联剂;合成;室内评价

**中图法分类号:**TE357.1<sup>+</sup>2 **文献标识码:**A

## 0 前言

目前,“三低”油藏广泛使用的植物胶体系存在破胶残渣大、压后返排困难、地层伤害大等严重问题,这也是挖潜改造的难题<sup>[1,2]</sup>.为了开发适合“三低”油藏的新型低伤害压裂液体系,以具有低相对分子质量、较高表面活性的多羟基醇作为稠化剂,开发破胶彻底、残渣含量低、返排容易的低伤害多羟基醇压裂液体系是一个重要途径.

在压裂液体系中,交联剂的性能是关键.人们对植物胶压裂液体系的交联剂已开展了大量研究,如早期有机锆(钛)交联剂,虽然具有耐高温和延迟交联性能,但难破胶、返排能力差且对支撑裂缝有较大的伤害<sup>[3]</sup>.在 20 世纪 90 年代,国外开发了有机硼交联剂,弥补了有机锆(钛)交联剂的缺陷.近年来,我国对有机硼交联剂的研究也取得了一定的进展,如高温延缓性有机硼交联剂 OB-200<sup>[4]</sup>、OBN-90<sup>[5]</sup>、CT9-6<sup>[6]</sup>及新型有机硼交联剂 SL-OBC-2<sup>[7]</sup>和 CQ-OBC<sup>[8]</sup>等.但是,现有硼类交联剂与多羟基醇形成的冻胶,其耐温性较差(约 40 ℃),无法满足施工要求;若用戊二醛、乙二醛等交联后,产生结合牢固的共价键,能够耐高温,但无法实现破胶水化.因此,研究和开发一种适用于多羟基醇的交联剂是多羟基醇压裂液技术实施和推广的关键.本文制备出适用于多羟基醇压裂液体系的有机硼交联剂,研究了各组分和条件对有机硼交联剂性能的影响,并对压裂液进行了室内评价.

## 1 实验部分

### 1.1 实验试剂

氢氧化钠,配体,硼砂,过硫酸铵,均为分析纯;多羟基醇,工业级;交联剂 JL-2,工业级,释酸破胶剂,自制.

\* 收稿日期:2010-08-27

作者简介:赵秀波(1986—),男,山东省临沂市人,在读硕士生,研究方向:油田化学品

基金项目:鄂尔多斯盆地大型岩性地层油气藏勘探开发示范工程(2008ZX05044)、陕西科技大学研究生创新基金

1.2 合成反应

在 25 mL 三口烧瓶中加入水、氢氧化钠,混合均匀,然后加入硼砂,在水浴 60 ℃左右搅拌反应约半个小时,使硼砂完全溶解,然后再加入多羟基醇配体,升温至一定温度,保温一定时间即可出料.该有机硼交联剂呈浅黄色,pH 约为 9,与水混溶.

1.3 压裂液的制备

配制 15 g/L 的多羟基醇溶液,按交联比 100:1.5 加入有机硼交联剂,搅拌均匀即可制备出可挑挂的压裂液冻胶<sup>[10]</sup>.

1.4 性能的测定

有机硼交联压裂液的耐温性与延迟交联时间的测定按石油天然气行业标准 SY/T 5107-1995 执行.

2 结果与讨论

2.1 交联剂制备研究

(1)硼砂用量.硼砂质量分数对延迟交联时间和耐温性的影响见表 1,其中配体用量 13.33%,反应温度 80 ℃,反应时间 4.0 h.从表 1 中看出,当硼砂的用量约为 20%时,不仅实现了延迟交联,并且耐温较高.当硼砂的用量较少时,有机硼交联剂与多羟基醇的发生反应的作用点少,生成的络合物延迟交联时间长,但耐温性较低;硼砂过多时,络合物中还有一些未络合硼酸盐离子,使得交联时间过快.

表 1 硼砂用量对延迟交联时间和耐温性的影响

硼砂用量/%	14.29	17.24	20.0	22.58	25.0
延迟交联时间/s	90	84	92	67	50
耐温性/℃	68	78	81	72	68

(2)配体用量.配体质量分数对延迟交联时间和耐温性的影响见表 2,其中硼砂 20.00%,反应温度 80 ℃,反应时间 4.0 h.由表 2 可知,配体较为适宜用量为 13.33%.过多的配体存在时,在一定程度阻碍了硼酸盐离子与配体的反应,使得耐温性较低,交联时间较长;当配体用量过少时,络合物中还会有未反应的硼酸盐离子,延迟交联时间短.

表 2 配体用量对延迟交联时间和耐温性的影响

配体用量/%	8.77	10.34	13.33	16.13	18.75
延迟交联时间/s	90	86	92	75	54
耐温性/℃	67	70	81	78	72

(3)反应时间.交联剂的反应时间同样对延迟交联时间和耐温性有一定的影响,表 3 反映了交联剂反应时间对延迟交联时间和耐温性的影响,其中硼砂 20.00%,配体 13.33%,反应温度 80 ℃.从表 3 可见,当反应时间在 4.0~5.0 h 时,不仅可以有效地实现延迟交联,且耐温性也较高.反应时间较短时,络合反应没有完全,生成的交联剂就不能达到预期的效果;随着反应时间的增长,络合反应进行的比较完全,提高了产物的性能.若要提高生产效率和经济效益,反应 4.0 h 即可.

表 3 反应时间对延迟交联时间和耐温性的影响

反应时间/h	2	3	4	5	6
延迟交联时间/s	40	52	92	90	84
耐温性/℃	66	70	81	79	72

(4)反应温度.反应温度过低,硼酸盐离子与有机配体络合不完全,在与有机配体络合时不仅有交联剂参与反应,硼酸盐离子也参与了络合反应,延迟交联时间短,形成的冻胶耐温性差(见表 4).当反应温度为 80 ℃时,延迟交联时间为 92 s,耐温性为 81 ℃,其中硼砂 20.00%,配体 13.33%,反应时间 4.0 h.

表 4 反应温度对延迟交联时间和耐温性的影响

反应温度/℃	60	70	80	90	100
延迟交联时间/s	45	65	92	80	70
耐温性/℃	66	72	81	70	68

2.2 压裂液体系室内评价

(1)流变性能.室内评价了多羟基醇压裂液凝胶耐温性能与在 60 ℃ 条件下的耐剪切性能,结果如图 1 所示.实验数据表明,研发的多羟基醇压裂液体系耐温能力可达到 80 ℃;在 60 ℃、170s<sup>-1</sup> 条件下,剪切 60 min,压裂液黏度仍保持在 100 mPa·s 左右,具有较好的抗剪切性能.

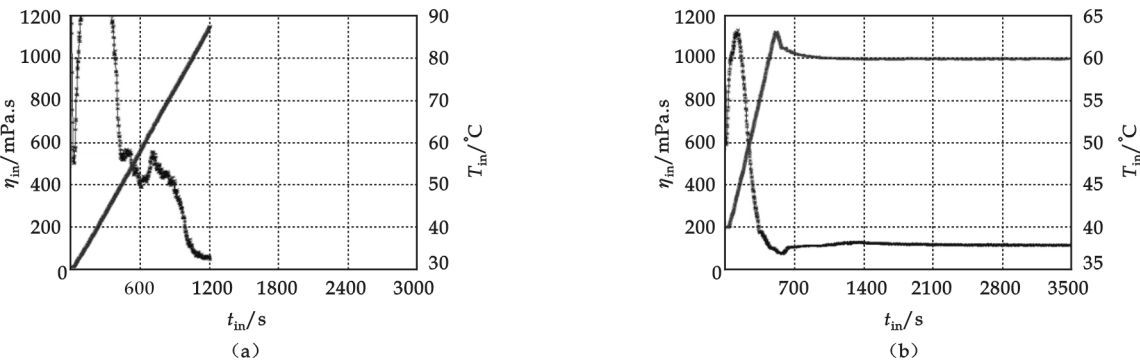


图 1 冻胶流变性能 ((a)耐温性能;(b)耐剪切性能)

(2)破胶液黏度及残渣.多羟基醇压裂液在 55 ℃ 下破胶后破胶液黏度及残渣见表 5.

表 5 多羟基醇压裂液与胍胶压裂液破胶液性能对比

稠化剂类型	浓度/%	交联剂	破胶剂	黏 度/ (mP·s)	残 渣/ (mg/L)
改性胍胶	0.35	JL-2	过硫酸铵	≤8.0	164
多羟基醇	1.5	有机硼 交联剂	释酸破 胶剂	≤5.0	0

实验表明,破胶液黏度低、无残渣、相对分子质量低.虽然多羟基醇压裂液体系稠化剂使用浓度较常规胍胶压裂液体系高,但其水溶性好,无水不溶物,故破胶后无残渣.

破胶液黏度越大对储层伤害越大,在相同破胶液黏度下,破胶液中聚合物相对分子质量越大则伤害越大;普通的瓜尔胶压裂液破胶后,其相对分子质量大部分在百万以上,而多羟基醇的相对分子质量只有几万,故对底层伤害小.

多羟基醇压裂液破胶液的无残渣、黏度低、相对分子质量低等特点,赋予压裂液体系更高的支撑裂缝导流能力,改善压裂液破胶液在储层与裂缝间的流动性.

(3)破胶液表界面张力.多羟基醇分子侧基中,大部分为亲水性的羟基,一少部分为疏水基团,符合表面活性剂的分子构造,因此具有一定的降低表界面张力的作用.表 6 是多羟基醇压裂液破胶液与胍胶压裂液破胶液的表界面张力对比.

表 6 不同破胶液的表界面张力

压裂液类型	表面张力/(mN/m)	界面张力/(mN/m)
多羟基醇压裂液破胶液	26.42	1.17
改性胍胶压裂液破胶液	33.82	1.25

从表 6 可知,多羟基醇压裂液破胶液具有较低的表界面张力(分别为 26.42 mN/m 和 1.17 mN/m),远低于瓜胶压裂液破胶液的表界面张力(分别为 33.82 mN/m 和 1.25 mN/m).因为较低的表界面张力可有效降低返排时的毛细管阻力,这亦说明多羟基醇压裂液易返排,可降低储层伤害.

3 结论

- (1)有机硼交联剂的最佳合成工艺是:硼砂 20%,多羟基醇 13.33%,反应温度 80 ℃,反应时间 4.0 h.
- (2)该有机硼交联剂在交联比为 100:1.5 时,交联延时为 50~92 s,耐温达到 81 ℃,这不仅在规定时间内实现了延迟交联,而且能够很好的控制与多羟基醇基液的交联作用,并且具有较高的耐温性.
- (3)使用该交联剂交联得到的多羟基醇压裂液体系,破胶液残渣含量低,对储层伤害小,适用于超低渗透油气田应用.

## 参 考 文 献

- [1] Ainley B R, Card R J. High-temperature borate-crosslinked fracturing fluids :a comparison of delay methodology[Z]. SPE 25463, 1993.
- [2] Furlow W. New downhole fracturing fluid Worka without polymers[J]. Off-shore, 1999, 59 (6): 66-68.
- [3] 张高群,王 琴,孙良田,等. 压裂液用高温延缓交联剂 CL-9 的研制[J]. 油田化学, 2008, 25(4):324-326.
- [4] 刘洪升,王俊英,王稳桃,等. 高温延缓型有机硼交联剂 OB-200 合成研究[J]. 油田化学, 2003, 20(2): 121-124.
- [5] 史 俊,李 辉. 有机硼交联剂 OBN-90 的合成与性能[J]. 断块油气田, 2008, 15(3):124-126.
- [6] 吴 敏,唐永帆,刘友权. 压裂用有机硼交联剂 CT9-6 的研究[J]. 石油与天然气化工, 2001, 30(6): 308-312.
- [7] 李爱山,孟祥和,秦利平,等. 新型有机硼交联剂 SL-OBC-2 的[J]. 油田化学, 1999, 16(2): 125-127.
- [8] 李志航,朱建锋,管宝山,等. 压裂用有机硼交联剂 CQ-OBC[J]. 油田化学, 1999, 16(4): 323-325.
- [9] 谭明文,景泉源,张朝举,等. 有机硼交联剂 DY2-1 的改性研究与应用. 天然气工业, 2005, 25(1):106-107.
- [10] Powell R J, Smith J E. Braote-crosslinked Fluids[Z]. SPE 60307, 2000.

## PREPARATION AND LABORATORY EVALUATION OF ORGANIC BORATE CROSSLINKER FOR POLYHYDRIC ALCOHOL FRACTURING FLUID

ZHAO Xiu-bo<sup>1</sup>, LI Xiao-rui<sup>1</sup>, XUE Xiao-jia<sup>2</sup>, LV Hai-yan<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Auxiliary Chemistry & Technology for Chemical Industry, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China; 2. Oil and Gas Technology Research Institute, Changqing Oilfield Branch, PetroChina, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** An organic borate crosslinker for the polyhydric alcohol fracturing fluid system is put forward in this paper. The variables components and factors are investigated and an optimal synthetic technology of the organic borate crosslinker is established. The composition of organic borate crosslinker in quality percentage is 20% borate, 13.33% ligand, 80 °C and 4.0 h. The polyhydric alcohol fracturing fluid crosslinked by the organic borate crosslinker has suitable delayed gelation performance, good temperature resistance and shear stability. The fracturing fluid has good performance, such as broking completely, low residue content and little reservior damage, which is suitable for the ultra-low-permeability oil and gas reservior.

**Key words:** polyhydric alcohol fracturing fluid; organic borate crosslinker; preparation; laboratory evaluation



# PAN 对 HPC 的亲水性和温敏性的影响

龚国利, 贾琳, 夏明, 郭振华

(陕西科技大学生命科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘要:**由羟丙基纤维素(HPC)和聚丙烯腈(PAN)为原料制备了一系列共混膜,通过 UV-vis、DSC 以及溶胀度法分别测定了 HPC/PAN 共混膜的相转变温度,发现 PAN 的加入能够降低 HPC 在水溶液中的相转变温度.随体系含固量的增加,一定共混比组成的 HPC/PAN 共混膜的溶胀度减小,相转变温度减小.接触角和 SEM 分析表明 PAN 的加入降低了 HPC 的相转变温度,同时也降低了 HPC 的亲水性.

**关键词:**HPC; PAN; 共混膜; 温度敏感性; 亲水性

**中图分类号:**O636.1

**文献标识码:**A

## 0 前言

羟丙基纤维素(Hydroxypropylcellulose,简称 HPC)是一种具有特殊相变行为的水溶性非离子型纤维素醚化学衍生物,可以溶于水和大多数的有机溶剂,如乙醇、甲醇、二甲基亚砷、二甲基甲酰胺等<sup>[1-3]</sup>.其在水溶液中具有对温度的敏感性,且表现出最低临界溶解温度(Low Critical Solubility Temperature,简称 LCST)特性.20 世纪 90 年代,羟丙基纤维素由于其具有其它合成高分子表面活性剂无法比拟的优点,如可生物降解性、生物相容性、使用安全性等,在表面活性剂领域受到了青睐,成为近 20 年来十分重要的研究和发展方向<sup>[4]</sup>.同时 HPC 具有胶结能力、乳化能力、发泡能力以及悬浮、增稠能力,使其在食品制备、保鲜中获得了广泛的应用<sup>[5]</sup>.近 10 年来,对羟丙基纤维素的研究领域已扩展到了薄膜、智能凝胶以及与其它高分子的共混改性研究等方面.如 Nurkeeva 等<sup>[6]</sup>报道了聚甲基乙烯基醚和羟丙基纤维素在水溶液中的相容性.Bumbu 等<sup>[7]</sup>研究了 HPC 和 Mac-VA,Mac-AA 以及 Mac-S 的聚合物复合物(IPC),发现它们之间可以通过分子间的氢键作用形成非共价键 IPC,且 IPC 的浊点与马来酸复合物的亲水性与疏水性直接相关.近期,对羟丙基纤维素又开展了新的研究领域,如结合溶胶-凝胶法制备 HPC 掺杂 SiO<sub>2</sub> 和 TiO<sub>2</sub> 溶胶制备中空含硅/含钛微球<sup>[8,9]</sup>.

本文主要研究了羟丙基纤维素/聚丙烯腈共混膜所具备的温度敏感性以及羟丙基纤维素的加入对共混膜亲水性能的影响,为分离提取、渗透气化等领域开发兼具温度敏感性和良好亲水性的功能共混膜.

## 1 实验部分

### 1.1 主要药品和仪器

羟丙基纤维素 HPC: (MS=3.4~4.4, Mw=80 000 g/mol),美国 Hercules 公司;聚丙烯腈 PAN: 丙烯腈(91.7%),丙烯酸甲酯(7%)和甲基丙烯磺酸钠(1.3%)的三元共聚物, Mw=52 000 g/mol, 上海

\* 收稿日期:2010-08-10

作者简介:龚国利(1976—),男,内蒙古自治区丰镇市人,副教授,博士,研究方向:食品生物技术与发酵工程  
基金项目:陕西省教育厅自然科学专项(09JK346)、陕西省自然科学基金(2010JQ4020)



金山石化腈纶事业部提供;二甲亚砜(DMSO):分析纯,上海化学试剂公司;甘油(丙三醇):分析纯,上海化学试剂公司;聚四氟乙烯板:成都森发橡塑有限公司;UV-VIS7500 紫外分光光度计:Perkin Elmer 股份有限公司;AR1140 型电子天平,精度 0.000 1 g:美国奥豪斯分析电子天平有限公司;TA-Modulated DSC 2910 差热扫描量热仪:美国 TA 公司.

1.2 HPC/PAN 共混膜的制备

在  $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,湿度为 65%下,按照计算量将 HPC 和 PAN 分别溶解于 DMSO 中,配成不同浓度、不同共混比的铸膜液,在洁净的聚四氟乙烯刮膜板上刮制 0.5 mm 厚的液膜,然后立即将其放入由戊二醛、蒸馏水和甘油组成的凝固浴中,待膜自动从刮膜板上分离,取出,浸泡在去离子水中除去膜内的戊二醛和甘油,45  $^{\circ}\text{C}$  真空干燥至恒重,待用.将不同组分的共混膜标记为 HPn,如 HP3 代表共混膜中 PAN 组分含量为 30%.

1.3 HPC/PAN 共混膜相转变温度测定

用可见-紫外分光光度计在  $\lambda=500\text{ nm}$  的波长条件下以 0.3  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的升温速率从 20  $^{\circ}\text{C}$  升温到 55  $^{\circ}\text{C}$ ,测试处于溶胀平衡的 HPC/PAN 共混膜的紫外光吸收率.

将 10 mg 处于溶胀平衡的 HPC/PAN 共混膜密封于 TA-Modulated DSC 2910 型差热扫描量热计的样品池中,采用调制方式以 1  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的升温速率从 20  $^{\circ}\text{C}$  升温到 60  $^{\circ}\text{C}$ ,将所得的可逆热流 DSC 曲线的 onset 温度确定为该共混膜的 LCST.

1.4 HPC/PAN 共混膜表面形态表征

将从不同温度凝固浴中取出浸泡过去离子水的共混膜,用滤纸拭去表面水分放入液氮中萃冷,再转入冷冻干燥机中干燥除水,切取干燥后的小块样品表面喷金后,用 JSM-5600 LV 型高低真空扫描电子显微镜,在加速电压为 15 kV 的条件下,观察共混膜的表面形态,放大倍率为 5 000 倍.

2 结果与讨论

2.1 HPC/PAN 共混膜的 LCST

为了确定测定 HPC/PAN 共混膜时的最佳升温速率,首先在不同的升温速率条件下测定了同一浓度 HPC 膜的相转变温度即 LCST,结果如图 1 所示.从图 1 可以看出,不同升温速率条件下测试出的 HPC 水溶液的 LCST 不同,当升温速率低于 0.4  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  时, HPC 水溶液的 LCST 几乎不发生变化,且随着升温速率的增大, LCST 值逐渐增大.这主要是由于较慢的升温速率可以满足 HPC 薄膜中几乎所有的分子链同时发生变化,表现出较为一致的 LCST.因此,在采用紫外升温法测定共混膜的 LCST 时,设定 0.3  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的升温速率可以得到较为准确的测量值.

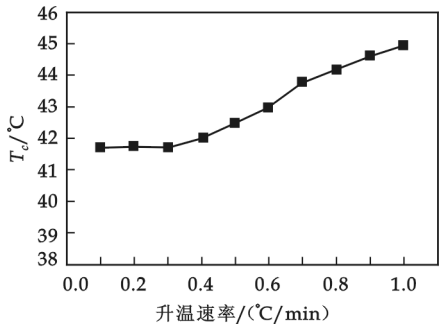


图 1 升温速率对 HPC 相转变的影响

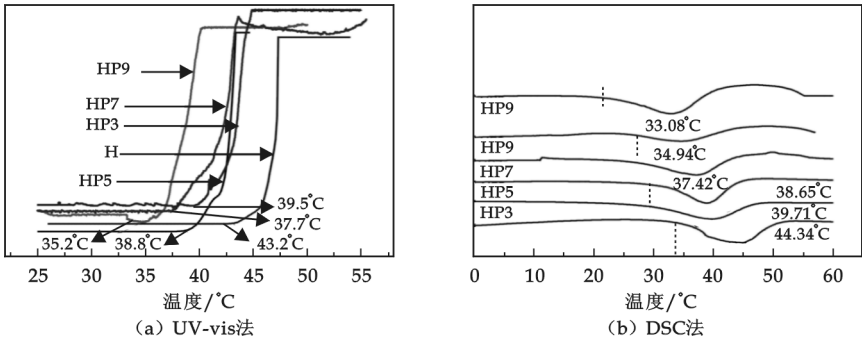


图 2 HPC/PAN 共混膜的相转变温度:(a)UV-vis 法,(b)DSC 法

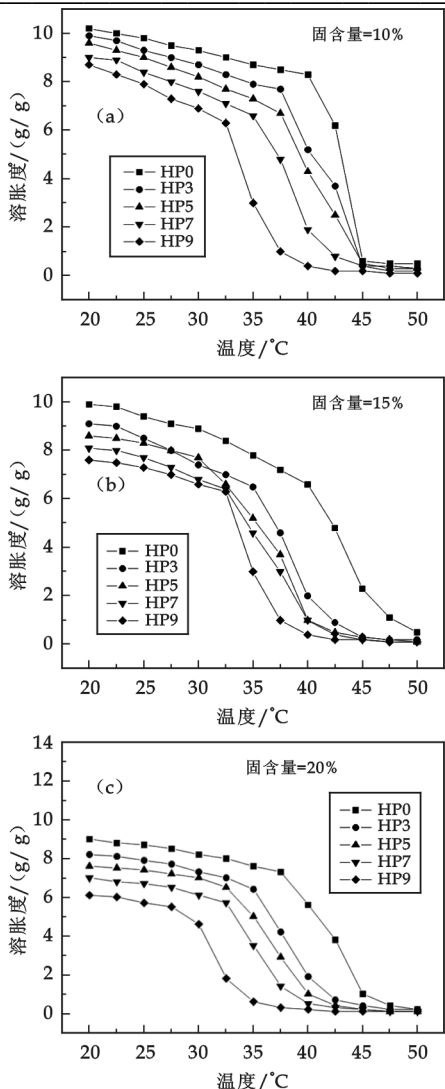


图 3 不同铸膜液浓度的 HPC/PAN 共混膜的溶胀度与温度的关系

图 2a 为通过 UV-vis 以  $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的升温速率测试得到的 HPC/PAN 共混膜的 LCST, 图 2b 为通过 DSC 测试得到的 HPC/PAN 共混膜的相转变温度. 图 1 和图 2 中出现的 HPC 膜具有不相同的 LCST, 图 1 中测试的 LCST 为  $41.75\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 而图 2a 的 LCST 为  $43.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 图 2b 的 LCST 为  $44.34\text{ }^{\circ}\text{C}$ . 图 2a、图 2b 相同组分含量的共混膜测试的 LCST 值也不完全一致, 这主要是由于非同一样品、同一时间测试所产生的差别所致. 从图 2 中可以看出, HPC/PAN 共混膜的 LCST 均低于 HPC 膜的 LCST, 且随 PAN 含量的增加 HPC/PAN 共混膜的 LCST 逐渐降低, 这是由于 HPC 和 PAN 之间形成了强烈的分子间氢键的作用, 且这种氢键作用随着组分中 PAN 含量的增加而增加, 导致 HPC 在水中的溶解性下降, 因而在比较低的温度下即可发生相转变, 表现出较低的 LCST.

不同铸膜液浓度和不同组成的铸膜液所铸薄膜的溶胀度随环境温度的变化如图 3 所示. 由图 3 可以看出随着温度逐渐升高, 各种薄膜的溶胀度均逐渐降低, 且最终达到平衡. 随着铸膜液浓度的增加, 不同组成薄膜的溶胀度发生突变的温度逐渐降低, 也就是随着温度的升高出现相转变的温度逐渐降低. 此种现象的产生主要是由于铸膜液浓度的增加, 一定组成比的铸膜液中所含有的疏水性的 PAN 含量相对增加. 相同铸膜液浓度条件下, 随组分中疏水性的 PAN 含量增加, 同样表现出逐渐降低的 LCST.

图 4 为 HPC/PAN 共混膜的红外光谱图,  $3\ 600\sim 3\ 100\text{ cm}^{-1}$  范围内  $-\text{OH}$  的伸缩振动吸收峰形状和波数的差异, 也是由于 HPC 的  $-\text{OH}$  和 PAN 的  $-\text{CN}$  之间形成分子间氢键的结果. 另外, 从图 4 还可以看出, PAN 组分含量大于  $50\%$  时, 羟基的吸收峰逐渐减弱, 说明此时形成的分子间氢键较强. 而当降低 PAN 组分含量时,  $-\text{OH}$  的吸收峰又呈现增强的趋势, 但峰形较

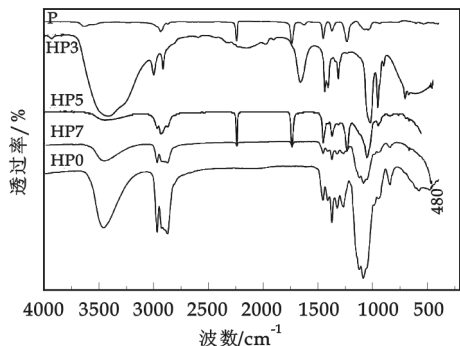


图 4 不同组分 HPC/PAN 共混膜的红外光谱图

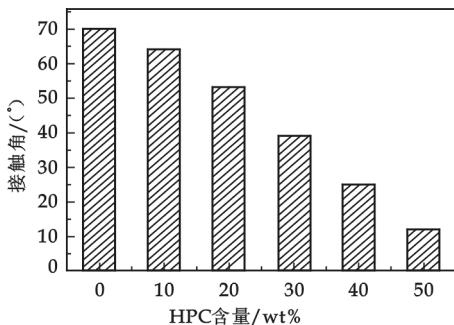


图 5 HPC 含量对 HPC/PAN 共混膜亲水性的影响

## 2.2 HPC/PAN 共混膜的亲水性

图 5 为测定的不同组分 HPC/PAN 共混膜的接触角, 从图 5 看出, HPC 的加入增大了共混膜的亲水

性,且随着体系中 HPC 含量的增加,接触角减小,亲水性增加.当 HPC 含量为 50% 时,共混膜的接触角较 PAN 膜的接触角降低了  $50^{\circ}$  左右,这主要是由于 HPC 是一种水溶解性的纤维素醚衍生物,它的加入可以改善 PAN 膜亲水性较差的缺点.通过 SEM 对 HPC/PAN 共混膜的表面形态进行观察,结果如图 6 所示,可以发现通过 HPC 与 PAN 的共混,膜表面变得粗糙不平,表明 HPC/PAN 共混膜出现了微观相分离结构.对比图 6(e) 和 (b)、(c) 和 (d) 发现当 HPC 与 PAN 共混以后, PAN 膜表面的光亮条纹消失,膜表面富集了 HPC,共混膜表面的亲水性提高.

### 3 结论

通过 UV-vis 和 DSC 两种方法测定了 HPC/PAN 共混膜的 LCST,并通过 FTIR、接触角等测试,得到如下结论:

(1) 通过升温 UV-vis 测试相转变温度,升温速率的不同会直接影响测试结果,通过分析得到  $0.3^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的升温速率为较适合的测试 HPC 体系相转变温度的升温速率.

(2) HPC 与 PAN 之间的分子间氢键作用和 PAN 的疏水性导致疏水性 PAN 的加入降低了共混膜在水溶液中的 LCST,且随着体系中 PAN 组分含量的增大, HPC/PAN 共混膜的 LCST 逐渐降低,这种氢键作用同时又使 HPC 的加入增加了 PAN 膜的亲水性,且随着体系中 HPC 组分含量的增大, HPC/PAN 共混膜的亲水性逐渐增加.

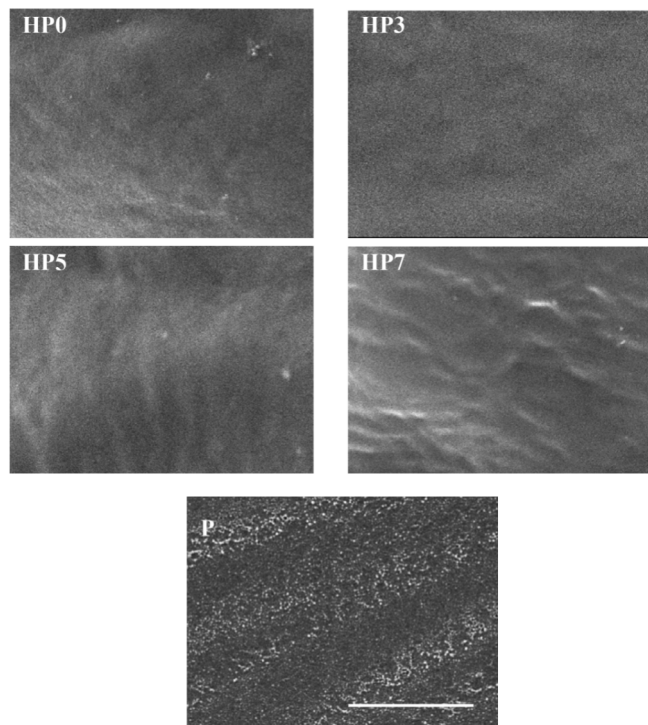


图 6 HPC/PAN 共混膜表面的 SEM 图

### 参考文献

- [1] LU X, HU Z, Schwartz J. Phase transition behavior of hydroxypropylcellulose under Interpolymer complexation with poly (acrylic acid)[J]. *Macromolecules*, 2002, 35:9 164.
- [2] Costa I, Filip D, Figueirinhas JL. New cellulose derivatives composites for electro-optical sensors[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2007, 68:159.
- [3] Mezdoura S, Cuveliera G, Cashb MJ. Surface rheological properties of hydroxypropyl cellulose at air-water interface[J]. *Food Hydrocolloids*, 2007, 21:776.
- [4] LI H. Temperature dependence and enthalpy-entropy compensation of aggregation of HPC in aqueous solutions[J]. *Journal of Fuzhou University (Natural Science Edition)*, 2006, 34: 289.
- [5] WANG C, TAN H, DONG Y, *et al.* Study on properties of amphiphilic biodegradable copolymer the hydroxypropyl cellulose-graft-polycaprolactone[J]. *Polymer Materials Science and Engineering*, 2006, 22: 123.
- [6] Nurkeeva ZS, Tyukova IS. Miscibility studies in poly(methyl vinyl ether)/hydroxypropylcellulose binary system in aqueous solutions and solid state[J]. *Carbohydrate Polymer*, 2005, 62: 80.
- [7] Bumbu GG, Vasile C, Chitam G. Tensile properties of hydrogels and of snake skin[J]. *Macromol Chem Phys.*, 2005, 20:540.
- [8] Kim JM, Chang SM, Kong SM. Control of hydroxyl group content in silica particle synthesized by the sol-precipitation process[J], *Ceram Int.*, 2009, 35: 1015.
- [9] Lee JW, Othman MR, Eom Y. The effects of sonification and  $\text{TiO}_2$  deposition on the micro-characteristics of the thermally treated  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$  spherical core-shell particles for photo-catalysis of methyl orange[J]. *Microporous Mesoporous Mate.*, 2008, 116:561.

(下转第 36 页)

# 非等温 DSC 法研究改性咪唑/环氧 E44 的固化反应动力学

童晓梅, 杨明政

(教育部轻化工助剂化学与技术重点实验室, 陕西科技大学化学与化工学院, 陕西 西安 710021)

**摘要:**采用非等温 DSC 法研究了改性咪唑/环氧 E44 的固化反应动力学, 利用 Kissinger 和 Crane 方程对体系的 DSC 数据进行处理, 获得了固化反应动力学参数, 计算出固化体系的活化能为 52 kJ/mol, 反应级数为 0.884 7, 接近 1 级反应; 确定了最佳固化工艺为 110 °C/1 h+140 °C/1 h+210 °C/2 h. 咪唑改性使环氧树脂的固化温度较未改性咪唑提升了 30 °C, 显著延长了贮存时间, 且固化产物的热稳定性略增高.

**关键词:**咪唑; 环氧树脂; DSC; 固化反应; 动力学

**中图法分类号:**TQ433.4

**文献标识码:**A

## 0 前言

环氧树脂由于其优异的性能, 被广泛应用于电气、半导体电子、特种涂料和航空航天等高科技领域<sup>[1]</sup>. 环氧树脂成型需要一定的时间, 因此研究和开发潜伏期长、低毒、低成本、快速固化、综合力学、耐热性能良好的高效固化剂是环氧复合材料中温固化剂未来的发展方向<sup>[2]</sup>. 环氧树脂体系固化反应动力学的研究是环氧复合材料技术的重要研究依据, 可为环氧复合材料的成型制备工艺的改进提供理论指导<sup>[3-5]</sup>.

示差扫描量热法(DSC)是一种基本的热分析方法, 通过对 DSC 曲线的分析, 可得到总的反应动力学的定量数据<sup>[6]</sup>. 对 DSC 曲线动力学分析, 采用  $n$  级反应模型, 化学反应通常遵循以下的速率公式:

$$d\alpha/dt = A \exp[-E_a/RT](1-\alpha)^n \quad (1)$$

式中  $\alpha$ 、 $A$ 、 $E_a$ 、 $R$ 、 $T$ 、 $t$  分别为反应程度 ( $0 < \alpha < 1$ )、频率因子、表观活化能、气体常数、绝对温度、时间.

由方程 (1) 对温度  $T$  取二阶导数, 当  $T = T_p$  时,  $d^2\alpha/dT^2 = 0$ , 进一步取对数和微分处理, 可得 Kissinger 方程<sup>[7]</sup>:

$$d\ln(\beta/T_p^2)/d(1/T_p) = -E_a/R \quad (2)$$

由  $\ln\beta/T_p^2 \sim 1/T_p$  作图, 可得表观活化能  $E_a$ .

将  $E_a$  代入 Crane 方程<sup>[8]</sup> 如式 (3), 计算体系的固化反应级数  $n$ .

$$d\ln(\beta)/d(1/T_p) = -[E_a/(nR) + 2T_p] \quad (3)$$

$$A = \beta \times E_a \exp(E_a/RT_p)/RT_p^2 \quad (4)$$

可得表观频率因子  $A$ , 最终得固化动力学方程.

本研究将改性咪唑作环氧树脂的潜伏性固化剂, 利用 DSC 对不同含量的改性咪唑/环氧 E44 进行不同升温速率的扫描, 得到固化动力学参数, 建立模型, 拟合出合适的方程, 更好地说明固化反应, 最终得到固化工艺.

\* 收稿日期:2010-08-23

作者简介:童晓梅(1979—), 女, 湖北省钟祥市人, 讲师, 在读博士生, 研究方向:环境友好型高分子材料的合成、应用及基础理论研究

1 实验部分

1.1 原材料

咪唑,分析纯,上海川浦化工有限公司;改性咪唑,工业纯,福州百盛精细化学品有限公司;环氧树脂 E44,工业纯,蓝星化工新材料股份有限公司。

1.2 实验方法

采用示差扫描量热分析仪(DSC)测试环氧 E44 和改性咪唑的固化反应, $N_2$  气氛,升温速率分别为  $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、 $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、 $15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、 $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ,室温至  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

对环氧树脂固化产物进行热失重分析(TGA), $N_2$  气氛,升温速率为  $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ,室温至  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,测试固化产物的热稳定性。

2 结果与讨论

2.1 固化剂含量的探讨

分别取改性咪唑含量为  $5\%$ 、 $10\%$ 、 $20\%$ 、 $30\%$ 、 $40\%$  对环氧 E44 进行固化,研究其固化过程,如表 1、图 1 所示。

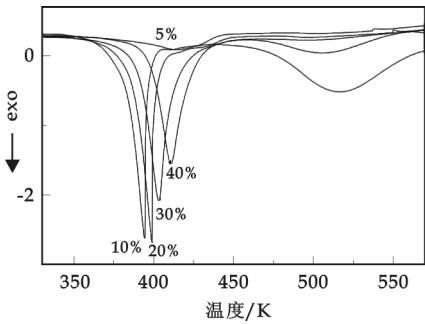


图 1 不同固化剂含量的改性咪唑/环氧 E44 的 DSC 曲线

由表 1、图 1 可见,固化剂含量增加,固化反应起始温度、峰值温度均向高温移动,固化反应迅速,固化完全.当固化剂含量达  $20\%$  时,放热峰完整,放热集中,实验确定最佳固化剂含量为  $20\%$ 。

2.2 固化工艺参数的确定

对改性咪唑/环氧 E44 固化体系分别进行升温速率  $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、 $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、 $15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$  及  $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$  的 DSC 如图 2 所示.表 2 是不同升温速率下固化峰对应的起始温度、峰值温度及终止温度值.可见随加热速率提高,放热速率亦增加,且放热峰的峰形尖锐,说明固化反应速率随升温速率的升高而加快,固化反应时间缩短同时各特征温度也向高温方向移动。

将表 1 中各特征温度  $T_i$ 、 $T_p$  和  $T_f$  分别对  $\beta$  作图,并进行线性回归,结果如图 3 所示.图 3 中 3 条直线外推到  $\beta$  等于零时的温度分别为固化工

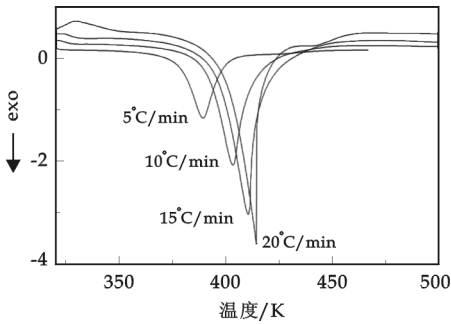


图 2 改性咪唑/环氧 E44 不同升温速率的 DSC 曲线

表 1 固化剂含量对改性咪唑/环氧 E44 固化起始温度 ( $T_i$ ),峰值温度 ( $T_p$ ) 的影响

Content/ %	$T_i/\text{K}$	$T_p/\text{K}$
5	394.3	413.1
10	398.3	410.8
20	392.0	403.2
30	387.6	399.2
40	383.5	394.4

表 2 不同升温速率对应的  $T_i$ 、 $T_p$ 、 $T_f$

$\beta(\text{K}/\text{min})$	$T_i/\text{K}$	$T_p/\text{K}$	$T_f/\text{K}$
5	378.5	389.2	398.5
10	391.9	403.2	411.8
15	397.0	410.5	414.2
20	403.0	421.2	433.2

艺的特征温度,定义为凝胶温度  $T_{\text{gel}}$  100 °C;固化温度  $T_{\text{cure}}$  107 °C;后处理温度  $T_{\text{treat}}$  115 °C.

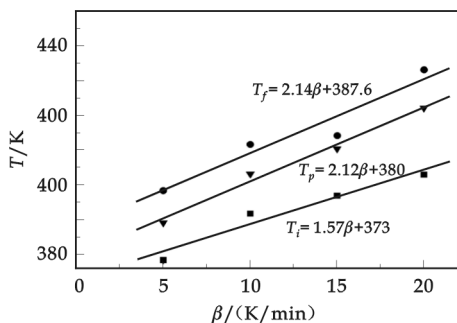


图 3 改性咪唑/环氧 E44  $T \sim \beta$  线性回归曲线

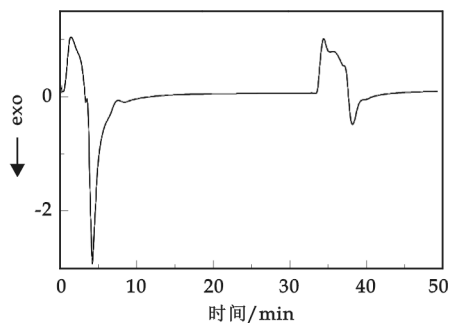


图 4 改性咪唑/环氧 E44 等温固化 DSC 曲线

### 2.3 固化工艺的确定

由以上可知改性咪唑/环氧 E44 体系的固化温度为 120 °C. 实验对 20% 改性咪唑/环氧 E44 110 °C 恒温 30 min, 210 °C 恒温 30 min 固化, 可知 110 °C 恒温 15 min 放热曲线平缓, 固化过程放热峰尖锐, 放热量大, 说明体系具有快速固化的能力. 210 °C 恒温体系吸收大量热量, 又放出热量之后趋于稳定, 这时进一步交联, 形成了互穿网络结构, 这个过程大约 10 min 结束.

结合实际确定出 20% 改性咪唑/环氧树脂的固化工艺为: 110 °C/1 h + 140 °C/1 h + 210 °C/2 h.

### 2.4 固化反应动力学参数的确定

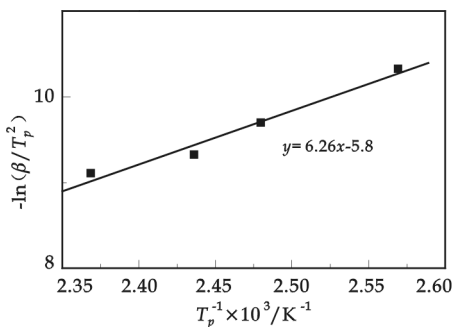


图 5  $-\ln(\beta/T_p^2) \sim 1/T_p \times 10^3$  线性回归曲线

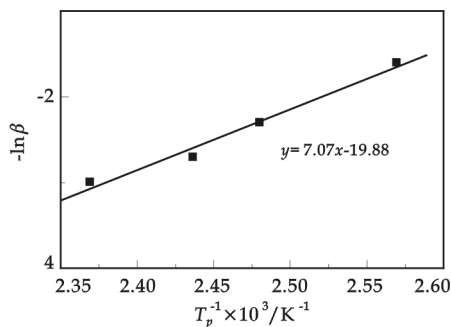


图 6  $-\ln \beta \sim 1/T_p \times 10^3$  线性回归曲线

对  $-\ln(\beta/T_p^2) \sim 1/T_p \times 10^3$  曲线进行线性回归, 结果如图 5 所示, 可得直线方程  $y = 6.26x - 5.8$ , 直线的斜率是 6.26, 线性回归系数是 0.96, 活化能  $E_a = 6.26 \times 8.314 = 52 \text{ kJ/mol}$ .

对  $-\ln \beta \sim 1/T_p \times 10^3$  曲线进行线性回归, 结果如图 6 所示, 可得方程  $y = 7.07x - 19.88$ , 直线斜率为 7.07, 线性回归系数为 0.94, 用 Crane 经验方程求出反应级数  $n = 0.8847$ .

根据 Kissinger 方程:  $A = \beta \times E_a \exp(E_a/RT_p)/RT_p^2$  可近似求出  $A = 1.28 \times 10^8 \text{ min}^{-1}$ . 根据 Arrhenius 方程  $k = A \exp(-E_a/RT)$ , 求得  $K = 1.28 \times 10^8 e^{-6254/T}$ . 反应固化动力学方程为:  $da/dt = 1.28 \times 10^8 e^{-6254/T} (1-\alpha)^{0.8847}$ .

### 2.5 改性咪唑的潜伏性及固化能力研究

为了研究改性咪唑的潜伏性, 采用同时制样不同时间进行固化, 分析固化峰值及固化放热量的变化, 结果如图 7 所示. 可知固化所放出的热量相差很小, 固化峰值温度无变化, 说明放置过程中固化剂与环氧树脂没有产生反应, 活性基团得到很好的保护, 固化能力不变, 达到很好的潜伏性.

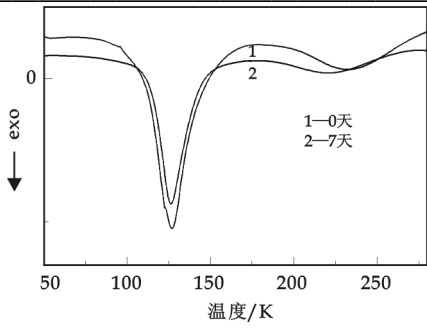


图 7 放置不同时间样品的 DSC 曲线

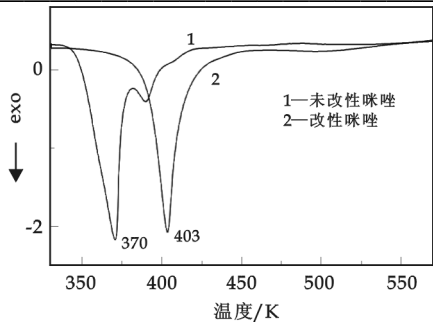


图 8 咪唑、改性咪唑与环氧 E44 固化 DSC 曲线

咪唑改性后环氧树脂固化温度提高了近 30 ℃,说明改性咪唑是很好的中温固化剂,且固化所放热量相同,放热集中,达到了很好的潜伏性.

2.6 咪唑体系固化产物的热稳定性

固化产物的热稳定性基本相同. 改性咪唑/环氧树脂的固化体系的热稳定性要略高于未改性咪唑/环氧树脂,说明经过改性咪唑能达到很高的固化度,固化后产物的热稳定性很好.

3 结束语

改性咪唑/环氧 E44 的最佳固化工艺:110 ℃/1 h+140 ℃/1 h+210 ℃/2 h. 改性咪唑用量为 20%时固化反应活化能为 52 kJ/mol,反应级数  $n$  为 0.884 7,频率因子  $A$  为  $1.28 \times 10^8 \text{ min}^{-1}$ ,  $da/dt = 1.28 \times 10^8 e^{-6254/T} (1-\alpha)^{0.8847}$ . 该改性咪唑具有良好的潜伏性,提升了环氧树脂的固化温度,固化产物的热稳定性也略有提高.

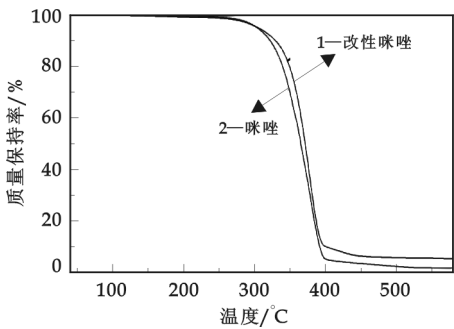


图 9 固化产物的热失重曲线

参 考 文 献

[1] 张 竞,黄 培. 环氧树脂固化动力学研究进展[J]. 材料导报, 2009,7,( 23):58-61.  
[2] 陈连喜,张惠玲,雷家珩. 环氧树脂潜伏性研究进展[J]. 化工新型材料, 2004, 32(7): 29-32.  
[3] 潘鹏举,单国荣,黄志明,等. 2-乙基-4-甲基咪唑固化环氧树脂体系动力学模型[J]. 高分子学报,2006,(1):21-25.  
[4] 代晓青,肖加余,曾竟成,等. 等温 DSC 法研究 RFI 用环氧树脂固化动力学[J]. 复合材料学报,2008,25(4):18-23.  
[5] Fraga F,SotoV H. Rodriguez-Nunez, *et al.* Cure kinetic of the epoxy network diglycidyl ether of bisphenol A(BADGE  $n=0$ )/Am-amidine[J]. J Therm Anal Calorim,2007,87(1):97-109.  
[6] 赵卫娟,张佐光,孙志杰,等. 非等温法研究 TGDDM/DDS 体系固化反应动力学[J]. 高分子学报,2006,(4):564-568.  
[7] Kissinger He. Reaction kinetics in different thermal analysis[J]. Analytical Chemistry, 1957, 29: 1 702-1 707.  
[8] LW Crane. Analysis of curing kinetics in polymer composites[J]. Journal of Polymer Science, 1973,(11): 533-540.

## STUDY ON THE CURING KINETICS OF MODIFIED IMIDAZOLE /EPOXY E44 BY NON-ISOTHERMAL DSC METHOD

TONG Xiao-mei, YANG Ming-zheng

(Key Laboratory of Auxiliary Chemistry & Technology for Chemical Industry, Ministry of Education, School of Chemistry and Chemical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** The curing reaction kinetics of modified imidazole/ epoxy E44 was studied by non-isothermal differential scanning calorimetry (DSC). DSC data were processed by Kissinger and Crane equation. The curing reaction kinetics parameters were obtained. The activation energy of curing system was 52 kJ/mol. Reaction order was 0.884 7. The best curing technique was 110 °C / 1 h+140 °C / 1 h + 210 °C / 2 h. The curing temperature of modified imidazole/epoxy resin systems have some degree of upgrading. The storage time has been increased and the stability of product has been improved.

**Key words:** Imidazole; epoxy; DSC; curing reaction; kinetics

~~~~~  
(上接第 31 页)

## EFFECT OF POLYACRYLONITRILE ON HYDROPHILICITY PROPERTIES AND THERMO-SENSITIVE OF HYDROXYPROPYLCELLULOSE

GONG Guo-li, JIA Lin, XIA Ming, GUO Zhen-hua

(School of Life Science and Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** In this paper, a series of blending films were prepared based on Polyacrylonitrile (PAN) and hydroxypropylcellulose (HPC). The phase transition temperature of these blend films was investigated by warming UV-vis spectrophotometer and Differential Thermal Scanning Calorimetry (DSC). The results showed that the phase transition temperature of HPC/PAN blend films was lower than that of HPC when adding PAN. Results that the phase transition temperature and hydrophilicity of HPC all decreased with the addition of PAN can be seen from contact angle and SEM image of HPC/APN blend films.

**Key words:** hydroxypropylcellulose; polyacrylonitrile; blending films; thermo-sensitive; hydrophilicity



# 基于石墨烯的碳糊电极对多巴胺的测定

庄贞静, 李建永

(华侨大学分子药物研究所, 福建 泉州 362021)

**摘要:** 用石墨烯制备碳糊电极, 考察了该电极在  $K_2Fe(CN)_6$  溶液中的电化学性能, 结果表明石墨烯对  $K_2Fe(CN)_6$  在 GPE 电极表面上的电子转移起到了明显的促进作用. 用差示脉冲伏安法研究了多巴胺(DA)在该电极上的电化学行为, 在磷酸盐缓冲溶液中(pH=7)多巴胺在该电极上呈现明显氧化峰, 氧化峰电位随着 pH 值的增加而负移, 在抗坏血酸存在下多巴胺氧化峰峰高与其浓度在  $3 \sim 50 \mu\text{mol/L}$  范围内呈良好的线性关系, 检出限为  $0.8 \mu\text{mol/L}$ . 此外, 实验结果还表明, 该电极具有良好的重现性和稳定性. 将该电极用于实际样品中多巴胺的检测, 结果令人满意.

**关键词:** 石墨烯; 差示脉冲伏安法; 多巴胺; 抗坏血酸

**中图法分类号:** O657.1

**文献标识码:** A

## 0 前言

多巴胺(DA)是哺乳动物中枢神经系统重要的神经递质, 它在机体内的浓度变化与神经活动有直接关系, 对其测定方法的研究具有重要意义. 由于 DA 分子内含有 2 个容易被氧化的酚羟基, 具有电化学活性, 因此可用电化学方法对其进行定量检测. 然而, DA 在金电极、铂电极或玻碳电极等裸电极上的过电位高, 电极反应缓慢、灵敏度低, 此外与 DA 共存的另一种生物物质抗坏血酸(AA)的氧化峰电位与 DA 非常接近, 对 DA 的测定产生干扰. 因此, 如何在 AA 存在下选择性的测定 DA 成为 DA 检测的研究热点和难点. 近年来, 使用化学修饰电极尤其是纳米材料修饰电极研究 DA 的电化学行为引起了人们的广泛关注, 如用金纳米颗粒<sup>[1]</sup>、铂纳米颗粒<sup>[2]</sup>、钯纳米颗粒<sup>[3]</sup>、碳纳米管<sup>[4-6]</sup>及其复合材料<sup>[7]</sup>等对电极进行修饰可有效地分离 DA 与 AA 的氧化峰.

碳纳米材料的新成员——石墨烯, 由于其结构独特、性能优异, 具有良好的导电性、较高的比表面、较好的机械稳定性、化学稳定性和热稳定性, 因此有望作为一种良好的电化学传感材料用于传感器的构建<sup>[8]</sup>. 目前基于石墨烯修饰电极的电化学生物传感平台已有报道<sup>[9-15]</sup>, 然而用不同方法制备的石墨烯其性能不尽相同, 并且用不同方法制备的修饰电极其电化学响应性能也不相同. 以廉价的天然石墨为基本原料, 通过插层、高温膨胀以及超声粉碎处理即可大量制备石墨烯<sup>[16]</sup>, 本文以该种石墨烯为传感材料, 制备了基于石墨烯的碳糊电极, 用电化学方法对该电极进行了表征, 研究了 DA 在该电极上的电化学行为, 并对 DA 进行了测定. 结果表明, 该电极可在 AA 存在下选择性测定 DA. 此外, 该电极还具有制备简单、重现性好、稳定性好等优点, 可用于实际样品分析.

## 1 实验部分

### 1.1 原料及试剂

石墨烯由华侨大学陈国华教授提供, 具体的制备与表征过程见参考文献[16]. 石墨粉购自山东青岛石墨股份有限公司; 多巴胺、抗坏血酸、液体石蜡均购自上海晶纯试剂有限公司; 磷酸盐缓冲溶液(PBS)由  $0.1 \text{ mol/L}$   $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ - $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  配制, 并用 NaOH 与  $\text{H}_3\text{PO}_4$  调节其 pH 值. 所用试剂均为市售分析纯, 实验用水为超纯水.

\* 收稿日期: 2010-08-23

作者简介: 庄贞静(1980—), 女, 福建省泉州市人, 助理研究员, 博士, 研究方向: 分析化学和药物化学

(18.2 MΩ · cm<sup>-1</sup>).

## 1.2 工作电极的制备

基于石墨烯碳糊电极的制备:将液体石蜡和石墨烯按质量比 1:3 混合,用玛瑙研钵研磨使其均匀混合,压入洁净的塑料管(内径为 2.70 mm)中,压实,另一端插入铜丝作为导线,即制得基于石墨烯的碳糊电极(GPE).为了对比,用石墨粉代替石墨烯,以同样方法制备碳糊电极(CPE).使用前将电极在称量纸上抛光.

## 1.3 分析测试

电化学实验是在 CHI660D 电化学工作站(上海辰华仪器公司)上进行;电化学实验采用三电极系统:以石墨烯或石墨粉制备的碳糊电极为工作电极,铂丝电极为对电极,Ag/AgCl(3 mol/L KCl)电极为参比电极.

## 2 结果与讨论

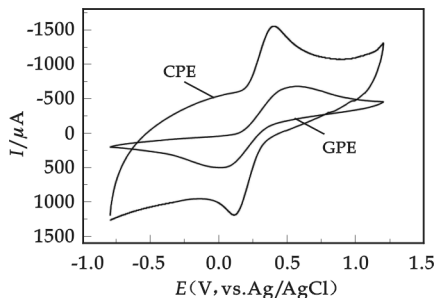


图 1 CPE 与 GPE 在 0.05 mol/L K<sub>2</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> 和 0.2 mol/L KCl 混合溶液中的循环伏安图

### 2.1 GPE 在 K<sub>2</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> 溶液中的电化学行为

将 GPE 和 CPE 置于 0.05 mol/L K<sub>2</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> 和 0.2 mol/L KCl 混合溶液中进行循环伏安(CV)扫描,结果如图 1 所示. CPE 在上述溶液中的 CV 曲线上(曲线 a)出现了 1 对氧化还原峰,峰电位差约为 480 mV,这是 [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-/4-</sup> 在 CPE 上的电化学行为.与 CPE 相比,GPE 在该溶液中的氧化还原峰电流都有明显增大,且氧化峰电位负移,还原峰电位正移,电位差减小为 280 mV (曲线 b),说明石墨烯对 K<sub>2</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> 在 GPE 电极表面上的电子转移起到了明显的促进作用.因此,本实验所用石墨烯有望作为一种良好的电化学材料用于传感器的构建.

### 2.2 多巴胺的 GPE 上的电化学行为

用差示脉冲伏安法(DPV)对比考察了 GPE 与 CPE 电极在 pH=7 的 PBS 缓冲溶液中对 DA、AA 和同时含有 DA 及 AA 的电化学响应性能,结果如图 2 所示.在 CPE 电极上(图 2A),AA 和 DA 都出现一个明显的氧化峰,两个氧化峰电位较为接近,分别位于 0.25 V 和 0.18 V 附近;当溶液中同时存在 AA 和 DA 时,AA 和 DA 在该电极上的氧化峰电位相互叠加.对于 GPE 而言(图 2B),该电极在含有 AA 及不含 AA 的 PBS(pH=7)缓冲溶液中的 DPV 曲线基本重合,而在含有 DA 的 PBS(pH=7)缓冲溶液中出现了一个明显的氧化峰,并且该氧化峰的电位及电流强度不受 AA 的影响.可见,用 DPV 方法在石墨粉制备的 CPE 电极上检测 DA 将受 AA 的干扰,而用石墨烯制备的 GPE 电极在 AA 存在下对 DA 具有很好的选择性响应,这可能是由于一方面石墨烯具有较大表面积,可促进分析物质与电极表面之间的电子转移过程,另一方面,所用石墨烯表面带有羟基、羧基等官能团而使得表面带有负电荷,对 DA 具有富集作用,可提高 DA 检测的灵敏度,而对 AA 有排斥作用,因此能减小 AA 的干扰.

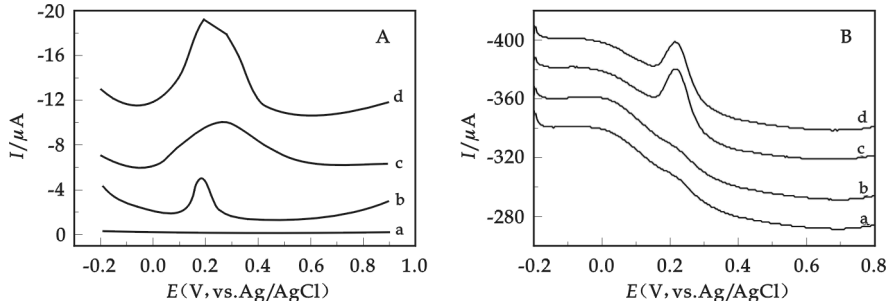


图 2 CPE(A)和 GPE(B)在各种不同介质中的 DPV 曲线(所用介质分别是:pH=7 的 PBS 缓冲溶液(曲线 a)以及在该溶液中分别含有 1 mmol/L AA(曲线 b)、50 μmol/L DA(曲线 c)和同时含有 1 mmol/L AA 与 50 μmol/L DA(曲线 d))

溶液的 pH 对 DA 在 GPE 上的电化学行为也有较大影响. 用 DPV 方法考察溶液 pH 的变化对 DA 在 GPE 上响应性能的变化, 结果如图 3 所示. 由图 3 可看出: 随着 pH 升高 (5.0~9.0), DA 在 GPE 上的氧化峰电位负移, 呈线性关系, 其线性回归方程为  $y(V) = 0.6447 - 0.0652\text{pH}$ , 相关系数为 0.9997. 方程的斜率接近理论的能斯特斜率, 说明 DA 在 GPE 电极上的氧化还原是等电子等质子过程, 与文献报道一致<sup>[17]</sup>. 为保持与人体内接近的 pH 环境, 以下实验介质均取 pH=7 的 PBS 为缓冲溶液.

### 2.3 线性范围和检出限

图 4 是在含有 1 mmol/L AA 的 PBS(pH=7) 缓冲溶液中, 不同浓度的 DA 在 GPE 上的 DPV 图. 由图 4 可看出, 随着 DA 浓度的增加, 相应的氧化峰电流明显增大, 在 3  $\mu\text{mol/L}$  到 50  $\mu\text{mol/L}$  范围内, DA 浓度与氧化峰峰高呈良好的线性关系 (见图 4 的插入图), 对应线性方程为  $y(\mu\text{A}) = -0.8057 - 0.7488c$  ( $\mu\text{mol/L}$ ),  $r = 0.9984$ , 检出限为 0.8  $\mu\text{mol/L}$  ( $S/N=3$ ).

### 2.4 重现性与稳定性

用 PEG 电极连续平行测定含有 0.05 DA 的 PBS 溶液, 测定结果的相对标准偏差为 4.23%, 该电极放置一个星期后 (每天检测一次), 对相同浓度的 DA 的响应下降 5.87%, 表明所制备的 PEG 电极对 DA 的响应具有良好的重现性和稳定性.

### 2.5 样品分析

取 10  $\mu\text{L}$  盐酸多巴胺注射液样品, 加入 20 mL PBS(pH=7) 缓冲溶液中, 用 PEG 对样品中的 DA 含量进行测定 ( $n=5$ ), 测定结果为 10.2 g/L, 与标准值 (10 g/L) 相符, 相对标准偏差为 4.87%.

## 3 结束语

用石墨烯制备了碳糊电极, 首先考察了该电极在含有 KCl 的  $\text{K}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$  溶液中的电化学性能, 结果表明石墨烯对  $\text{K}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$  在 GPE 电极表面上的电子转移起到了明显的促进作用. 其次, 考察了该电极对多巴胺的响应性能, 结果表明该电极对多巴胺的响应具有良好的选择性, 可在抗坏血酸存在下定量测定多巴胺, 并具有良好的灵敏度、稳定性和重现性. 该电极可用于实际样品分析, 结果令人满意.

## 参考文献

- [1] Li M., Gao F., Yang P., *et al.* Conveniently assembling dithiocarbamate and gold nanoparticles onto the gold electrode: a new type of electrochemical sensors for biomolecule detection[J]. *Surface Science*, 2008, 602: 151-155.
- [2] Atta N. F., El-Kady M. F.. Novel poly(3-methylthiophene)/Pd, Pt nanoparticle sensor: Synthesis, characterization and its application to the simultaneous analysis of dopamine and ascorbic acid in biological fluids[J]. *Sensors and Actuators B*, 2010, 145: 299-310.
- [3] Atta N. F., El-Kady M. F., Galal A.. Simultaneous determination of catecholamines, uric acid and ascorbic acid at physiological levels using poly(N-methylpyrrole)/Pd-nanoclusters sensor[J]. *Analytical Biochemistry*, 2010, 400: 78-88.
- [4] Zhu S., Li H., Niu W., *et al.* Simultaneous electrochemical determination of uric acid, dopamine, and ascorbic acid at single-

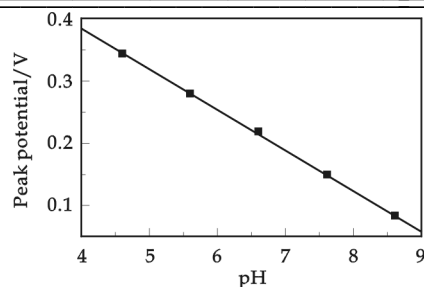


图3 在 GPE 上的 DA 氧化峰电位与 pH 关系图

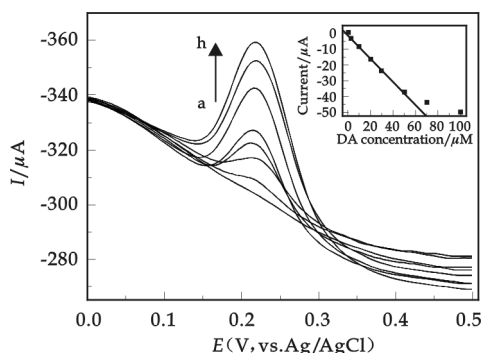


图4 含有 1 mmol/L AA 的 PBS(pH=7) 缓冲溶液中不同浓度的 DA 在 GPE 上的 DPV 图(a. 0  $\mu\text{mol/L}$  DA; b. 3  $\mu\text{mol/L}$  DA; c. 10  $\mu\text{mol/L}$  DA; d. 20  $\mu\text{mol/L}$  DA; e. 30  $\mu\text{mol/L}$  DA; f. 50  $\mu\text{mol/L}$  DA; g. 70  $\mu\text{mol/L}$  DA; h. 100  $\mu\text{mol/L}$  DA. 插入图为峰高与 DA 浓度的线性关系图)

- walled carbon nanohorn modified glassy carbon electrode[J]. *Biosensors and Bioelectronics*, 2009, 25: 940-943.
- [5] Alwarappan S., Liu G., Li C.-Z.. Simultaneous detection of dopamine, ascorbic acid, and uric acid at electrochemically pretreated carbon nanotube biosensors[J]. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 2010, 6: 52-57.
- [6] Habibia B., Pournaghi-Azarb M. H.. Simultaneous determination of ascorbic acid, dopamine and uric acid by use of a MWCNT modified carbon-ceramic electrode and differential pulse voltammetry[J]. *Electrochimica Acta*, 2010, 55: 5 492-5 498.
- [7] Adekunle A. S., Agboola B. O., Pillay J., *et al.* Electrocatalytic detection of dopamine at single-walled carbon nanotubes-iron (III) oxide nanoparticles platform[J]. *Sensors and Actuators B*, 2010, 148: 93-102.
- [8] Yang W., Ratinac K. R., Ringer S. P., *et al.* Carbon nanomaterials in biosensors: should you use nanotubes or graphene[J]. *Angewandte Chemie International Edition*, 2010, 49: 2 114-2 138.
- [9] Kim Y.-R., Bong S., Kang Y.-J., *et al.* Electrochemical detection of dopamine in the presence of ascorbic acid using graphene modified electrodes[J]. *Biosensors and Bioelectronics*, 2010, 25: 2 366-2 369.
- [10] Zhou M., Zhai Y., Dong S.. Electrochemical sensing and biosensing platform based on chemically reduced graphene oxide[J]. *Analytical Chemistry*, 2009, 81: 5 603-5 613.
- [11] Alwarappan S., Erdem A., Liu C. *et al.* Probing the electrochemical properties of graphene nanosheets for biosensing applications[J]. *The Journal of Physical Chemistry C*, 2009, 113: 8 853-8 857.
- [12] Tan L., Zhou K.-G., Zhang Y.-H., *et al.* Nanomolar detection of dopamine in the presence of ascorbic acid at b-cyclodextrin/graphene nanocomposite platform[J]. *Electrochemistry Communications*, 2010, 12: 557-560.
- [13] Li F., Chai J., Yang H., *et al.* Synthesis of Pt/ionic liquid/graphene nanocomposite and its simultaneous determination of ascorbic acid and dopamine[J]. *Talanta*, 2010, 81: 1 063-1 068.
- [14] Han D., Han T., Shan C., *et al.* Simultaneous determination of ascorbic acid, dopamine and uric acid with chitosan-graphene modified electrode[J]. *Electroanalysis*, in press.
- [15] Guo S., Wen D., Zhai Y., *et al.* Platinum nanoparticle ensemble-on-graphene hybrid nanosheet: one-pot, rapid synthesis, and used as new electrode material for electrochemical sensing[J]. *ACS Nano*, 2010, 4: 3 959-3 968.
- [16] Chen G., Wu D., Weng W., *et al.* Exfoliation of graphite flake and its nanocomposites[J]. *Carbon*, 2003, 41: 579-625.
- [17] 王春燕, 唐小凤, 田 坚, 等, 聚氨基黑 10B/Naf ion 修饰电极上多巴胺的检测[J]. *分析化学*, 2009, 37: 1 800-1 804.

## ELECTROCHEMICAL DETECTION OF DOPAMINE ON GRAPHENE PAST ELECTRODE

ZHUANG Zhen-jing, LI Jian-yong

(Institute of Molecular Medicine, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

**Abstract:** Carbon past electrode base on graphene (GPE) was fabricated. The electrochemical behavior of  $K_2Fe(CN)_6$  on GPE was investigated by cyclic voltammetry. The result indicated that graphene promoted the electron transfer between the interface of analyte and electrode. GPE showed an excellent electrocatalytic effect on the oxidation of dopamine (DA). The electrochemical behavior of dopamine was studied on GPE by differential pulse voltammetry (DPV). DPV peak potential of DA decreased linearly with the increase of pH. The capacity of GPE for selective detection of DA was confirmed in a sufficient amount of ascorbic acid (1 mmol/L). The observed linear range for the determination of dopamine was from  $3 \mu\text{mol/L}$  to  $50 \mu\text{mol/L}$ , and the detection limit was estimated to be  $0.8 \mu\text{mol/L}$ . Furthermore, GPE also exhibited good repeatability and stability. GPE was applied to injection sample analysis, and the results were in good agreement with the standard values.

**Key words:** graphene; differential pulse voltammetry; dopamine; ascorbic acid

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0041-03

# 桑黄发酵罐放大培养的初步研究

秦俊哲, 张慧洋

(陕西科技大学生命科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘要:**对比研究了桑黄摇瓶和发酵罐培养不同阶段的各项生理指标. 结果表明:摇瓶培养在10%接种量、28℃、160 r/min的条件下,菌丝量168 h达到最大,还原糖及氨基态氮分别在120 h和72 h达到最高峰,最适pH为5.5;发酵罐培养在5 L装液量、10%接种量、200 r/min搅拌速度、通气量1:1(v/v)的条件下,菌丝量120 h达到最大,还原糖及氨基态氮含量随桑黄的生长呈下降趋势,最适发酵pH为5.5.可见发酵罐培养与摇瓶培养是有显著差异的,掌握发酵罐培养的规律,可以实现桑黄的大规模生产.

**关键词:**桑黄;摇瓶;发酵罐;液体培养

**中图法分类号:**[939.93]

**文献标识码:**A

## 0 前言

桑黄,又名鲍氏层孔菌 *Phellinus igniarius*,是目前发现的生物抗癌领域有效率高的大型真菌<sup>[1]</sup>,因其特有的药用价值,已成为国内外抗癌药物研究的热点.由于生长环境的特殊性,野生桑黄在自然界中生长较困难,产量少,无法满足市场需求,故只能借助于液体培养来获得大量菌丝球,国内桑黄的液体培养大都处于实验室摇瓶培养阶段,有关发酵罐的放大培养也鲜有报道.本文通过在线检测并对比桑黄摇瓶培养和发酵罐培养各指标不同阶段的变化,旨在进一步研究桑黄菌的发酵罐放大培养,为桑黄的大规模生产提供科学依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

(1)菌种.桑黄:陕西科技大学微生物菌种室提供.

(2)培养基. PDA 综合培养基<sup>[2]</sup>;种子培养基:玉米粉4%,麸皮2.4%, $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 0.3%, $\text{MgSO}_4$ 0.15%, $\text{VB}_1$ 、 $\text{VB}_2$ 各10 mg;发酵培养基:玉米粉2.66%,麸皮2%, $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 0.3%, $\text{MgSO}_4$ 0.15%, $\text{VB}_1$ 、 $\text{VB}_2$ 各20 mg.

(3)仪器设备. HYG-IIa 迁转式恒温调速摇瓶柜、BIOF-6010S 型发酵罐、756PC 紫外可见分光光度计、LS-C50L 型立式压力蒸汽灭菌器等.

### 1.2 方法

(1)菌种的活化.将母种接种到PDA综合培养基上于28℃培养10 d.

\* 收稿日期:2010-09-01

作者简介:秦俊哲(1958—),男,陕西省泾阳县人,教授级高工,研究方向:食药两用真菌开发与利用

(2)摇瓶培养. 50 mL 种子培养基装于 250 mL 三角瓶中,接入 4 块活化好的 0.5 cm<sup>2</sup> 桑黄菌块,于 28 ℃、160 r/min 条件下培养 5 d,得种子液;将 150 mL 发酵培养基装于 500 mL 三角瓶中,接入 10% 的种子液,于 28 ℃、160 r/min 条件下培养 1 d,每隔 24 h,随机取两个摇瓶,检测各项生理指标,得摇瓶培养变化规律.

(3)发酵罐培养. 将 5 L 料液装入 10 L 发酵罐中,接入 10% 发酵液,常压下,于 28 ℃、搅拌速度 200 r/min、通气量 1:1(v/v)条件下培养,通过不断加水,使罐中水位维持在同一水平,每隔 24 h 取样,检测各项生理指标,得发酵罐培养变化规律.

(4)测定项目及方法. 菌丝干重:过滤发酵液得菌丝,冲洗至洗出液澄清无色,65 ℃ 烘至恒重,称重,3 次取平均值. pH 值:pH 计测;DO:通过安装在发酵罐上的电极在线测量;还原糖含量:DNS 法<sup>[3]</sup>;氨基态氮:甲醛滴定法(GB/T 12143.2-89).

## 2 结果与分析

### 2.1 桑黄的摇瓶培养

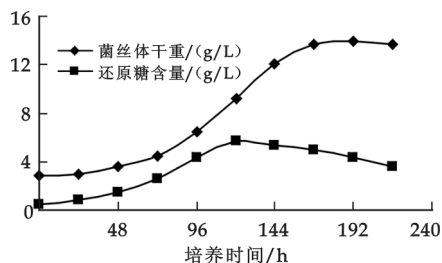


图 1 摇瓶培养中菌丝干重及发酵液中还原糖的变化

(1)摇瓶培养中菌丝体干重及发酵液中还原糖变化. 由图 1 知,桑黄在摇瓶中的生长规律为:0~72 h 为适应期;72~168 h 为对数生长期;168~216 h 为稳定期. 基质中还原糖含量变化随桑黄的生长呈“弓”形变化趋势,0~120 h 由于桑黄生长较慢,耗糖量也较少,且桑黄分泌的各种酶降解培养基中的淀粉及多糖类物质,使还原糖含量上升<sup>[4]</sup>;120 h 时还原糖含量达到最高,之后随菌体量的增加,耗糖量也在增加,故还原糖含量呈下降趋势.

(2)发酵液中氨基态氮含量及 pH 值变化. 如图 2 所示,菌体在生长过程中具有自身调节功能,将 pH 值逐渐调节向其自身生理生长适宜的范围移动. 在培养初期,氨基酸含量缓慢上升,pH 则越来越小;随着菌丝的大量生长繁殖,氨基酸被菌体利用,其含量又不断下降,pH 开始缓慢上升;末期,氨基酸的含量又会处于缓慢状态,此时 pH 值稳定在 5.5 左右. 氨基酸态氮含量变化与蒋丽等<sup>[5]</sup>对猴头菌深层发酵的研究结果有相似的情形.

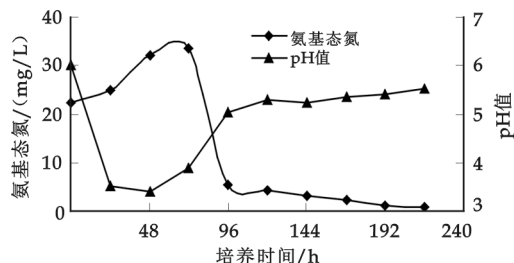


图 2 发酵液中氨基态氮含量及 pH 值的变化

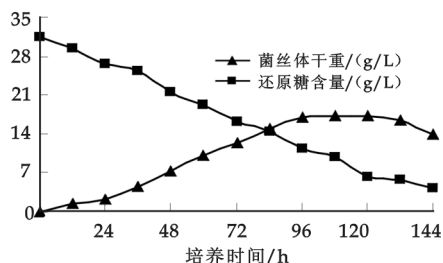


图 3 发酵罐放大培养过程中菌丝干重及还原糖的变化

### 2.2 桑黄的发酵罐放大培养

(1)发酵罐放大培养过程中菌丝干重及发酵液中还原糖的变化. 由图 1 和图 3 可以看出,两条生长曲线类似,但也存在一定的差异:首先,摇瓶培养的对数期较发酵罐培养的长,这与两者的环境不同有很大的关系;另外,从菌丝体产量来看,发酵罐培养要比摇瓶培养高得多,主要因为发酵罐采用直接通入空气供氧,加上搅拌器的充分搅拌,使发酵罐中的溶氧更加充足,菌丝体才能够更充分的生长,发酵罐培养产量可

达 19.86 g/L. 放罐时机应该选择在稳定期,此时菌丝量最大,且菌丝体尚未开始自溶,故选择 120 h 时放罐. 随着发酵罐中菌丝体的大量繁殖,发酵液中还原糖含量迅速下降.

(2)发酵罐放大培养过程中氨基态氮含量及 pH 的变化. 由图 4 知,发酵前期,氨基态氮变化不大,只是略有下降,说明此时培养基中营养物质只有少量被消耗,但在发酵中期,随着还原糖的急剧下降,氨基态氮也呈现下降趋势,只是幅度要比还原糖小,这是菌丝体不断生长消耗营养物质的缘故,120 h 后氨基态氮浓度稍有回升,可能是由于菌丝体开始老化自溶,释放出的内容物使氨基氮含量增加<sup>[6]</sup>;而 pH 在整个发酵罐培养过程中是呈稳定下降趋势的,最终稳定在 5.5 左右,表明发酵过程有酸性物质生成,结合发酵罐生长曲线,可以确定发酵最佳 pH 值为 5.5.

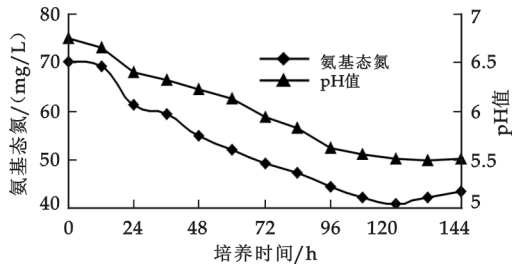


图 4 发酵罐培养过程中氨基态氮含量及 pH 的变化

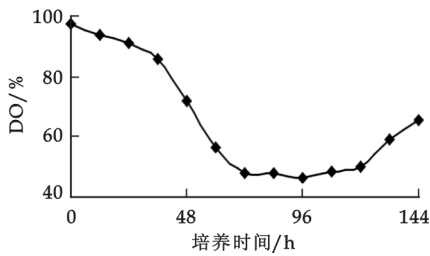


图 5 发酵罐培养过程中 DO 的变化

(3)发酵罐放大培养过程中 DO 的变化. DO 是发酵罐生产中的一个重要参数,由图 5 知,起初 DO 缓慢下降,是由于菌丝体处于适应期,生长缓慢,耗氧少,24 h 后 DO 迅速下降,此时菌丝体大量繁殖,发酵 90 h 时 DO 达到最小值,120 h 以后 DO 又有所回升,此时的菌丝体开始老化自溶,几乎不再需要氧气. 发酵过程中 DO 最小为 45%左右,说明整个过程溶解氧充足<sup>[7]</sup>.

### 3 结束语

通过在线检测并对比桑黄摇瓶和发酵罐培养的各项动态指标,可以得出以下结论:摇瓶培养在 10%接种量、28℃、160 r/min 的条件下,菌丝量在 144 h 可达到最大,还原糖含量在 120 h 最高,氨基态氮在 72 h 达到最大,最适桑黄生长的 pH 值为 5.5;发酵罐培养在 5 L 装液量、10%接种量,罐压常压,200 r/min 搅拌速度、通气量 1:1(v/v)、溶氧充足的条件下,120 h 可以达到最大菌丝体量,此时也是放罐的最佳时刻,还原糖和氨基态氮随桑黄的生长而不断减少,最适发酵 pH 值为 5.5,这个同摇瓶培养得出的结论是一样的.

### 参 考 文 献

[1] 戴玉成. 药用担子菌——鲍氏层孔菌(桑黄)的新认识[J]. 中草药,2003,34(1):94-95.  
[2] 孔祥君,王泽生. 中国蘑菇生产[M]. 北京:中国农业出版社,2000:53-60.  
[3] 蔡武城. 生物物质常用化学分析法[M]. 北京科学出版社,1998,8(2):128-129.  
[4] 乐超根,邵 伟. 我国食用菌液体发酵进展及其综合利用[J]. 湖北三峡学院学报,1997,19(3):97-101.  
[5] 蒋 丽,陈惠音,夏枫耿,等. 深层发酵猴头菌的研究[J]. 食品科学,2001,22(2):23-25.  
[6] Ajith, A; Janardhanan, K. K. Cytotoxic and antitumor activities of a polypore macrofungus, *Phellinus rimosus* (Berk) Pilat [J]. J Ethnopharmacol, 2003, 84(2):157-162.  
[7] 顾雅君,王 瑛,刘建荣,等. 与食用菌相关主要酶的研究和应用[J]. 中国食用菌,2006,25(1):40-42.

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0044-04

# 陕北甜荞麦麸皮中黄酮类化合物提取工艺的研究

杨芙莲, 何琳

(陕西科技大学生命科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘要:**为了提高荞麦麸皮的利用率,采用乙醇浸提法对甜荞麦麸皮中黄酮类化合物提取工艺进行了研究.实验以黄酮得率为指标,通过对各提取影响因素进行初步研究,并采用正交试验确定了最佳工艺参数,即:乙醇体积分数为50%,料液比为1:50,浸提时间为2.5 h,浸提温度为70℃.在此条件下浸提3次,甜荞麦麸皮中黄酮类化合物的得率可达到2.4195%.

**关键词:**甜荞麦麸皮;黄酮类化合物;提取;最佳工艺

**中图法分类号:**R284.4

**文献标识码:**A

## 0 前言

荞麦(Buckwheat)又名三角麦、乌麦,是一种在低温环境下生长的短季蓼科植物,主要包括甜荞和苦荞两种.甜荞主要分布在华北、西北、东北地区,是一种药食兼备的食品<sup>[1,2]</sup>,含有丰富的蛋白质、淀粉、脂肪、粗纤维、维生素、矿物元素等<sup>[3-5]</sup>.不仅如此,荞麦麸皮中还含有大量的黄酮类化合物<sup>[6-9]</sup>,但在加工中荞麦麸皮通常被作为饲料使用,或被丢弃,若能从中提取黄酮类化合物,不但可以开发利用新资源,改变黄酮类物质来源短缺的问题,而且可以提高荞麦麸皮的利用率.本实验采用乙醇浸提法,研究了不同因素对甜荞麦麸皮中黄酮类物质得率的影响,并在此基础上通过正交试验确定了最佳工艺条件.

## 1 材料与方法

### 1.1 主要材料与试剂

甜荞麦麸皮:采自陕北神木;芦丁,生化试剂,国药集团化学试剂有限公司;无水乙醇,亚硝酸钠,硝酸铝,氢氧化钠均为分析纯.

### 1.2 主要仪器

722型光栅分光光度计,上海精科;DK-98-1型电热恒温水浴锅,天津泰斯特仪器有限公司;BS323S型分析天平,北京赛多利斯仪器系统有限公司;RE-52A旋转蒸发器,上海亚荣生化仪器厂.

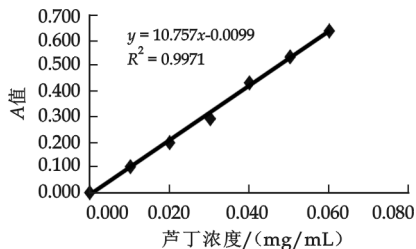


图1 芦丁标准曲线的测定结果

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 标准曲线的制作<sup>[10]</sup>

准确称取120℃干燥至恒重的芦丁标准品20 mg,加10 mL甲醇置于水浴锅中微热使之溶解,冷却,置于100 mL容量瓶中,加水至刻度,摇匀,即得浓度为0.2 mg/mL的芦丁对照品溶液.

精密吸取0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 mL上述芦丁对照品溶液,分别置于10 mL比色管中,加60%乙醇至5 mL,加5%亚硝酸钠溶液1 mL,摇匀,静置6 min,加10%硝酸铝溶液1 mL,摇匀,静置6 min,加1

\* 收稿日期:2010-07-20

作者简介:杨芙莲(1965—),女,陕西省延安市人,教授,硕士,研究方向:食品加工及功能性食品开发



mol/L 氢氧化钠溶液 2 mL,再加水至刻度,摇匀,静置 15 min,以相应的试剂为空白,在波长 500 nm 处测定吸光度值,以芦丁浓度-吸光度值作图(见图 1),得到回归方程: $Y=10.757X-0.009\ 9,R^2=0.997\ 1$ .

1.3.2 甜荞麦麸皮中黄酮类化合物的提取及测定<sup>[11,12]</sup>

准确称取 1.0 g 干燥至恒重的甜荞麦麸皮,过 60 目筛,置于锥形瓶中,按要求加入适量一定体积分数的乙醇,放入恒温水浴锅中浸提一段时间,抽滤,再浸提一次,合并滤液,旋转蒸发后将滤液定容至 50 mL,作为待测液.准确吸取 1 mL 待测液于 10 mL 比色管中,按照 1.3.1 的方法测定吸光度值,计算黄酮类化合物的得率.

黄酮类化合物的得率= $[X\times V_{\text{定}}\times \text{稀释倍数}\times 10^{-3}/W]\times 100\%$

式中: $X$ —样品中黄酮浓度,mg/mL; $V_{\text{定}}$ —一定容体积,mL;稀释倍数—10; $W$ —样品的质量,g.

1.3.3 单因素实验

(1)乙醇体积分数单因素试验:准确称取 6 份干燥至恒重的荞麦麸皮 1 g,过 60 目筛,置于锥形瓶中,分别加入 20 mL 体积分数为 40%、50%、60%、70%、80%、90%的乙醇浸泡过夜,然后置于 70 ℃ 的水浴中浸提 2 h,浸提 2 次,抽滤,合并滤液,旋转浓缩后将滤液定容至 50 mL,待测.

(2)料液比单因素试验:准确称取 6 份干燥至恒重的荞麦麸皮 1 g,过 60 目筛,置于锥形瓶中,分别加入 10 mL、20 mL、30 mL、40 mL、50 mL、60 mL 体积分数为 60%乙醇浸泡过夜,然后置于 70 ℃ 的水浴中浸提 2 h,浸提 2 次,抽滤,合并滤液,旋转浓缩后将滤液定容至 50 mL,待测.

(3)浸提温度单因素试验:准确称取 6 份干燥至恒重的荞麦麸皮 1 g,过 60 目筛,置于锥形瓶中,加入 50 mL 体积分数为 60%乙醇浸泡过夜,然后分别置于 30 ℃、40 ℃、50 ℃、60 ℃、70 ℃、80 ℃ 的水浴中浸提 2 h,浸提 2 次,抽滤,合并滤液,旋转浓缩后将滤液定容至 50 mL,待测.

(4)浸提时间单因素试验:准确称取 6 份干燥至恒重的荞麦麸皮 1 g,过 60 目筛,置于锥形瓶中,加入 50 mL 体积分数为 60%乙醇浸泡过夜,然后置于 70 ℃ 的水浴中,分别浸提 1 h、1.5 h、2 h、2.5 h、3 h、3.5 h,浸提 2 次,抽滤,合并滤液,旋转浓缩后将滤液定容至 50 mL,待测.

1.3.4 正交试验设计

以单因素试验结果为依据,选择乙醇体积分数、料液比、浸提时间、浸提温度 4 个因素,以黄酮得率为指标,采用  $L_9(3^4)$  正交试验方法对甜荞麦麸皮中黄酮类化合物最佳提取工艺条件进行试验,因素水平表见表 1.

表 1 正交试验因素水平表

| 水平 | 因 素      |      |        |        |
|----|----------|------|--------|--------|
|    | A        | B    | C      | D      |
|    | 乙醇体积分数/% | 料液比  | 浸提时间/h | 浸提温度/℃ |
| 1  | 50       | 1:40 | 2      | 60     |
| 2  | 60       | 1:50 | 2.5    | 70     |
| 3  | 70       | 1:60 | 3      | 80     |

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果及分析

2.1.1 乙醇体积分数对黄酮得率的影响

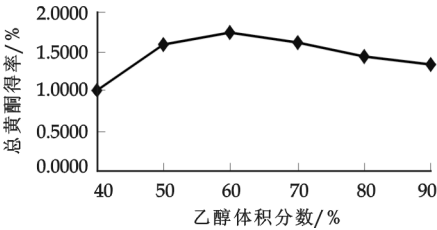


图 2 乙醇体积分数对荞麦麸皮中黄酮类化合物得率的影响

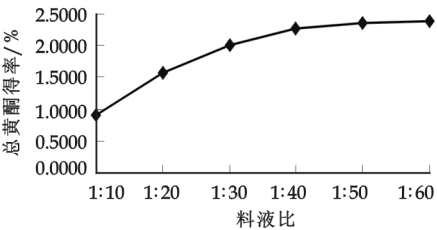


图 3 料液比对荞麦麸皮中黄酮类化合物得率的影响

从图 2 可以看出:随着乙醇体积分数的增大,黄酮类化合物得率呈上升趋势;当乙醇体积分数达到 60%时,黄酮类化合物的溶解度最大,但超过 60%后,黄酮类化合物得率有所下降.这可能是由于一些醇溶性杂质、色素、亲脂性成分的溶出量增加,与黄酮类化合物竞争乙醇,从而导致黄酮类化合物的得率下

降,因此最适宜的乙醇体积分数为 50%~70%.

2.1.2 料液比对黄酮得率的影响

从图 3 可以看出:随着料液比的增大,总黄酮得率逐渐增加,当料液比达到 1:50 后,总黄酮得率增加缓慢.溶剂量的增加提高了样品体系与提取剂体系间黄酮类化合物的浓度差,使得样品中有效成分的残留量减少,从而提高了黄酮的得率;但当达到一定比例时,溶剂将样品中有效成分基本溶出,使得黄酮得率趋于稳定.综合考虑浸提效果、溶剂用量和降低浓缩负荷等因素,乙醇的用量不宜过大,故将料液比定为 1:40~1:60.

2.1.3 浸提温度对黄酮得率的影响

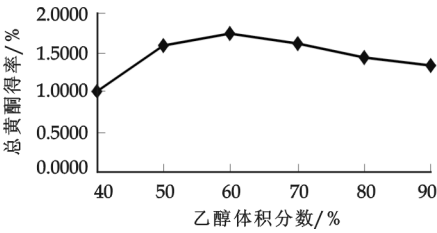


图 4 浸提温度对荞麦麸皮中黄酮类化合物得率的影响

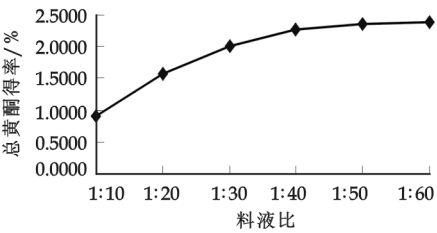


图 5 浸提时间对荞麦麸皮中黄酮类化合物得率的影响

从图 4 中可以看出,随着浸提温度的升高,黄酮类化合物得率增大,到 70 ℃时黄酮得率达到 1.760 3%,但温度进一步升高,黄酮得率却趋于平稳,这可能是由于随着温度的升高,有效成分的溶解速度加快,并且温度的提高也会引起细胞膜结构发生变化,使荞麦麸皮中黄酮类物质大量溶出,从而提高了黄酮的得率;但温度增加的同时也会提高杂质的溶出量,与黄酮类化合物竞争溶剂,因此温度不宜过高,故浸提温度为 60℃~80℃.

2.1.4 浸提时间对黄酮得率的影响

从图 5 中可以看出,随着浸提时间的延长,荞麦麸皮中黄酮类化合物的得率逐渐增加,浸提 2 h 后逐渐趋于平稳.这可能是由于随着时间的延长,一定比例的乙醇已逐渐将荞麦麸皮中的有效成分基本溶出,再延长浸提时间对黄酮得率影响不大.因此从浸提时间、浸提级数考虑,将浸提时间定为 2~3 h.

2.2 正交试验结果及分析

表 2 正交试验设计及结果

| 试验号   | A       | B       | C       | D       | A 值   | 黄酮得率/%  |
|-------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|
| 1     | 1       | 1       | 1       | 1       | 0.431 | 2.043 2 |
| 2     | 1       | 2       | 2       | 2       | 0.511 | 2.404 4 |
| 3     | 1       | 3       | 3       | 3       | 0.460 | 2.147 6 |
| 4     | 2       | 1       | 2       | 3       | 0.409 | 1.943 2 |
| 5     | 2       | 2       | 3       | 1       | 0.396 | 1.881 0 |
| 6     | 2       | 3       | 1       | 2       | 0.437 | 2.075 2 |
| 7     | 3       | 1       | 3       | 2       | 0.461 | 2.182 3 |
| 8     | 3       | 2       | 1       | 3       | 0.464 | 2.187 4 |
| 9     | 3       | 3       | 2       | 1       | 0.456 | 2.146 2 |
| $K_1$ | 6.595 2 | 6.168 7 | 6.305 8 | 6.070 4 |       |         |
| $K_2$ | 5.899 4 | 6.472 8 | 6.493 8 | 6.661 9 |       |         |
| $K_3$ | 6.515 9 | 6.369 0 | 6.210 9 | 6.278 2 |       |         |
| $k_1$ | 2.198 4 | 2.056 2 | 2.101 9 | 2.023 5 |       |         |
| $k_2$ | 1.966 5 | 2.157 6 | 2.164 6 | 2.220 6 |       |         |
| $k_3$ | 2.172 0 | 2.123 0 | 2.070 3 | 2.092 7 |       |         |
| R     | 0.231 9 | 0.101 4 | 0.094 3 | 0.197 1 |       |         |
| 优水平   | $A_1$   | $B_2$   | $C_2$   | $D_2$   |       |         |

从表 2 的试验结果可以看出,影响甜荞麦麸皮中黄酮类化合物提取得率的各因素依次是: $A>D>B>C$ ,表明乙醇体积分数对黄酮得率的影响最为显著,其余依次是浸提温度、料液比,浸提时间影响最小.最佳的因素水平组合为  $A_1D_2B_2C_2$ ,即:乙醇体积分数 50%、浸提温度 70 ℃、料液比 1:50、浸提时间 2.5 h,在此条件下黄酮类化合物得率为 2.404 4%.

2.3 浸提级数的确定

称取 3 g 干燥至恒重的甜荞麦麸皮,过 60 目筛,置于锥形瓶中,加入 150 mL 50%的乙醇,放入 70 ℃恒温水浴锅中浸提 2.5 h,抽滤,在同样条件下多次提取,按照 1.3.1 的方法测定吸光度值,计算黄酮类化合物的得率,结果见表 3.

从表 3 中可以看出:随着浸提级数的

增加,累积黄酮得率逐渐增大,但三级到四级之间黄酮得率增长不明显,从浸提效果、浸提时间和提取成本等方面考虑,浸提 3 次最佳.

3 结论

(1)通过正交试验确定了甜荞麦麸皮中黄酮类化合物的最佳提取工艺,即:乙醇体积分数 50%、料液比 1:50、浸提温度 70 ℃、浸提时间 2.5 h,在该工艺条件下黄酮类化合物得率达到 2.204 4%.

(2)在最佳工艺条件下进行浸提级数试验,结果表明:浸提三级最佳,其黄酮类化合物累计得率达到 2.419 5%,为甜荞麦麸皮的回收利用提供了科学依据.

表 3 浸提级数试验结果

| 浸提级数   | 一级      | 二级      | 三级      | 四级      |
|--------|---------|---------|---------|---------|
| 黄酮得率/% | 1.956 6 | 0.305 6 | 0.157 3 | 0.063 0 |
| 累计得率/% | 1.956 6 | 2.262 2 | 2.419 5 | 2.482 5 |

参 考 文 献

[1] 王红育,李 颖. 荞麦的研究现状及应用前景[J]. 食品科学,2004,25(10):388-391.  
[2] 罗庆林,邵继荣. 荞麦中类黄酮的研究进展[J]. 食品研究与开发,2008,29(2):160-164.  
[3] 张纪宁,欧阳艳. 黄酮类化合物的提取工艺研究进展[J]. 伊犁师范学院学报,2008,(5):62-64.  
[4] 欧阳平,张高勇,康保安. 苦荞麦黄酮类化合物提取的工艺参数优化及数据模型研究[J]. 食品科学,2005,26(1):107-111.  
[5] 甄云鹏. 苦荞麦中黄酮类化合物提取、纯化与其组分分离、测定[D]. 成都:成都理工大学,2007.  
[6] 程俊丽,田 晋,冯翠萍. 荞麦粉中黄酮类化合物提取工艺的研究[J]. 农产品加工学刊,2009,(5):33.  
[7] 曹艳萍. 苦荞麦麸皮中总黄酮的乙醇提取工艺研究[J]. 食品科学,2005,26(3):98-100.  
[8] 王 军,王 敏. 苦荞麦麸皮总黄酮提取工艺及其数学模型研究[J]. 天然产物研究与开发,2006,22(7):223-225.  
[9] 肖诗明,张 忠,李 勇,等. 苦荞麦荞麦麸皮中黄酮的提取工艺条件研究[J]. 食品科学,2006,27(1):156-158.  
[10] 毛跟年,许牡丹. 功能食品生理特性及检测技术[M]. 北京:化学工业出版社,2005.  
[11] 张 岩,曹国杰. 黄酮类化合物的提取以及检测方法的研究进展[J]. 食品研究与开发,2008,29(1):154-157.  
[12] 冯年平,郁 威. 中药提取分离技术原理与应用[M]. 北京:中国医药科技出版社,2005.

STUDY ON EXTRACTION CONDITIONS OF FLAVONOIDS IN  
BUCKWHEAT BRAN FROM NORTH SHAANXI

YANG Fu-lian, HE Lin

(School of Life Science and Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** In order to improve the utilization rate of buckwheat bran, the extraction conditions of flavonoids in buckwheat bran was studied with ethanol as extraction agent. The yield of flavonoids was as the target. The impact factors of extraction were studied preliminary, and the optimum technical parameters were determined through orthogonal experiment, which were as follows: the volume fraction of ethanol was 50%, the solid to soluble was 1:50, the extraction time was 2.5 h, and the extraction temperature was 70 ℃. The third extraction yield of flavonoids could reach up to 2.419 5% in buckwheat bran.

**Key words:** buckwheat bran; flavonoids; extraction; optimum

# 木枣病原真菌抑菌试验研究

刘 青, 许牡丹, 曾令军, 刘 艳

(陕西科技大学生命科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘 要:**从病变的鲜枣中分离出两种菌,以 4 种植物为原料,以抑菌圈直径为指标,对病原菌植物抑菌剂进行了筛选.分别以丁香、良姜、苦参和甘草为原料,用水和 70% 乙醇做浸提剂,之后分别用水、20% 乙醇、20% 甘油为溶剂定容,研究其对青霉和酵母的抑菌效果,同时考察了 4 种中草药抑菌效果好的最佳溶剂.结果显示,青霉抑菌效果好的为丁香、甘草提取液;酵母抑菌效果好的为苦参、甘草提取液;醇提抑菌效果好于水提.

**关键词:**木枣;病原真菌;中草药;抑菌

**中图法分类号:**TS201.3

**文献标识码:**A

## 0 前 言

果蔬采后因贮藏温度、湿度不适而极易腐烂变质.木枣由于其质构紧密,含水量少,采后极易酒化变质,采后病害是影响贮藏的重要因素,但由于品种多、贮藏环境不同,因此许多研究者分离鉴定的致病菌不尽相同.有研究报道鲜枣在生产和贮藏过程中引起病害的病原菌主要有链格孢菌、拟茎点霉菌、欧氏干菌、梭壳孢菌、根菌索菌、根霉菌等<sup>[1]</sup>.本试验从木枣贮藏后期分离出致病菌,用可食中草药做抑菌剂,研究了其对木枣病原菌的抑菌效果以及最佳的浸提剂和溶剂.

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料:丁香、良姜、苦参、甘草购于西安市未央区景家中西药店.菌种:青霉和酵母菌,在生命学院实验室从病变的鲜枣组织中分离纯化得到.培养基:马铃薯葡萄糖培养基.

### 1.2 仪器与设备

超净工作台(苏州净化设备有限公司),电子天平(北京赛多利斯仪器系统有限公司),电热恒温培养箱(成都红星电烘箱厂),手提式压力灭菌锅(浙江新丰医疗器械有限公司),旋转蒸发仪(上海亚荣生化仪器厂),BK5000 型奥特偏光显微镜(重庆奥特光学仪器有限公司).

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 木枣病原菌的分离<sup>[2]</sup>

将贮藏过程中发病的木枣病果表面用水清洗,然后切取与病害邻近的 4~5 mm 见方的组织小块,用体积分数 75% 的酒精浸泡 30 s,迅速用灭菌滤纸吸出酒精后移入 2% 的次氯酸钠溶液中浸泡 1 min,再用

\* 收稿日期:2010-07-16

作者简介:刘 青(1985—),女,陕西省商洛市人,在读硕士生,研究方向:果蔬加工与保鲜

基金项目:陕西省科技攻关项目(2008K03-15)

无菌水冲洗 3 次,用消毒滤纸吸干表面水分,最后将组织小块接在 PDA 培养基上于 25~28 ℃ 下培养 3~5 d,当培养出的菌落直径为 1 cm 时,用接种针挑取菌落边缘菌丝接入另一 PDA 培养皿上,并于 25~28 ℃ 培养.重复上述操作 3 次,所得菌落即可作为纯化菌种回接果实,如发病症状与前相同,便可作为采后病原菌转接入试管,4 ℃ 冰箱保存,作为供试菌种进行进一步鉴定.

1.3.2 木枣病原菌的鉴定

根据病害症状、菌落形态及菌丝、孢子等的特征来确定感染木枣的病原真菌.

1.4 植物粗提物的制备

将 4 种中草药原料粉碎后,过 40 目筛,分别称取 2.0 g 粉末,用溶剂浸提丁香、良姜、苦参和甘草,于 60 ℃ 的恒温振荡仪中振荡 24 h,滤液于旋转蒸发仪减压浓缩,再用不同溶剂定容浓缩液至 100 mL,使最后质量浓度相当于 20 mg/mL.

(1)水提水溶中草药:按粗提物制备方法,用水做溶剂,浓缩后用水定容至 100 mL.

(2)醇提水溶中草药:方法同上,用 70%乙醇做溶剂,浓缩后用水定容至 100 mL.

(3)醇提醇溶中草药:方法同上,用 70%乙醇做溶剂,浓缩后用 20%乙醇定容至 100 mL.

(4)醇提油溶中草药:方法同上,用 70%乙醇做溶剂,浓缩后用 20%丙三醇(甘油)定容至 100 mL.

1.5 菌悬液制备

将分离纯化的菌种接入平板培养基上,在 28 ℃ 培养 5 d,进行活化,然后挑 1 环菌放入 9 mL 0.9% 无菌生理盐水中,震荡摇匀,制成浓度约为 10<sup>7</sup>~10<sup>8</sup> cfu/mL 的菌悬液.

1.6 抑菌剂筛选

取直径为 6 mm 滤纸圆片,放入到抑菌剂溶液中,浸泡 30 min,取出晾干.用注射器吸取菌悬液 0.6 mL 于平板培养基上,将晾干的滤纸片贴在培养基表面,每皿 3 片,重复 3 次,在 28 ℃ 培养 28~72 h,取出测量抑菌圈直径,取平均值,筛选有效的抑菌剂.

2 结果与讨论

2.1 病原菌鉴定

从贮藏的木枣果实上分离出 A、B 两种病原真菌,挑取各菌落少许到载玻片上,用显微镜观察、测量,根据各病原菌的形态特征对其进行鉴定.

(1)病原真菌 A.培养该菌,在 PDA 培养基上菌落如图 1 所示,菌落呈圆形,青绿色,粉状霉层菌落,菌落边缘白色.显微镜观察可见分生孢子梗丛生,量大,小梗为瓶形梗,孢子大小均匀,近球形或椭圆形.细胞形态在 400 倍光学显微镜下观察如图 2 所示,根据以上特征及文献<sup>[3]</sup>,鉴定病原菌为青霉属.

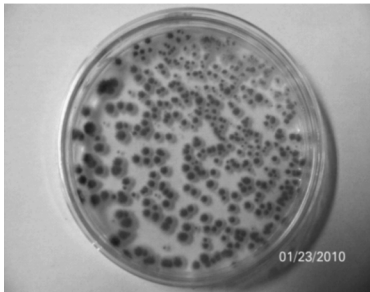


图 1 青霉菌菌落

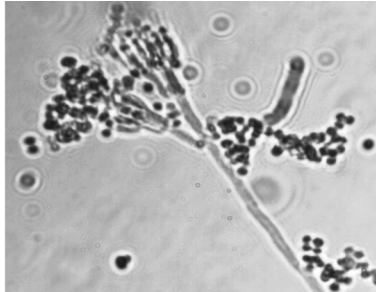


图 2 青霉菌孢子梗

(2)病原真菌 B.培养该病原菌的菌落如图 3 所示,菌落呈现乳白色,少数为红色,表面光滑湿润,质地柔软不透明,菌落直径为 1~2 mm.孢子为圆形,单生或成串,有的正以出芽生殖.细胞形态在 400 倍光学



显微镜下观察如图 4 所示,经鉴定为酵母菌类.

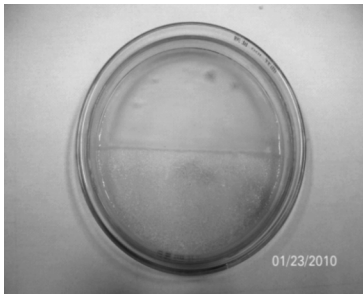


图 3 酵母菌菌落

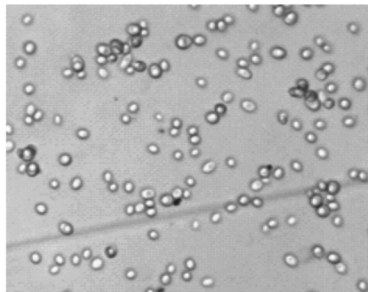


图 4 酵母菌细胞形态

## 2.2 天然植物提取液对病原菌的抑制作用

### 2.2.1 青霉抑菌圈的测定结果

对青霉有抑制效果的植物提取液及其抑菌圈直径见表 1.

表 1 不同处理方式抑菌直径 (mm)

| 处理方式 | 丁香    | 良姜   | 苦参    | 甘草    |
|------|-------|------|-------|-------|
| 水提水溶 | 8.50  | 7.50 | 8.33  | 10.25 |
| 醇提水溶 | 9.14  | 9.67 | 13.00 | 13.17 |
| 醇提醇溶 | 9.40  | 9.00 | 7.25  | 9.00  |
| 醇提油溶 | 10.67 | 9.83 | 10.20 | 9.00  |

效果最佳的为丁香,最差的为苦参;用 20%丙三醇定容的中草药提取液,抑菌圈直径最大的为丁香提取液,效果最差的为甘草提取液.

同一种中草药,用不同的溶剂提取定容,数据显示丁香抑制青霉效果最好的为 70%乙醇提取后用 20%丙三醇定容,可能是丁香的主要抑菌成分为油溶性的,丁香挥发油中主要含有丁香酚、丁香醇、茴香醚等多种成分<sup>[4]</sup>. 关文强<sup>[5]</sup>等人研究报道 600 mg/L 的丁香精油能够完全抑制葡萄灰霉菌、链格孢、冬枣青霉的生长,而良姜的成分可能有油溶的,也有水溶的,所以其醇提水溶和醇提甘油溶的抑菌圈直径相差不大,甘草和苦参的都是醇提水溶效果好. 张显忠<sup>[6]</sup>等人报道,多数中草药有效成分提取以醇提法最优,醇提法更有效的作用极可能是由于提取液中除了水溶性的成分还有水不溶的酯类等有效成分.

### 2.2.2 酵母菌抑菌圈的测定结果

表 2 不同处理方式抑菌圈直径 (mm)

| 处理方式 | 丁香    | 良姜   | 苦参   | 甘草    |
|------|-------|------|------|-------|
| 水提水溶 | 8.57  | 8.00 | 9.43 | 8.60  |
| 醇提水溶 | 7.40  | 9.17 | 9.60 | 8.80  |
| 醇提醇溶 | 10.17 | 9.67 | 7.00 | 10.67 |
| 醇提油溶 | 8.60  | 8.67 | 8.62 | 10.63 |

径最大的为甘草,为 10.63 mm,效果最差的为丁香提取液.

同一种中草药,不同的提取溶剂,丁香、良姜和甘草的醇提醇溶提取液抑菌效果最佳;苦参的醇提水溶效果略好.

## 3 结论

从表 1 可知,用水做浸提剂的 4 种中草药,青霉抑菌圈直径最大的为甘草,10.25 mm,其次为丁香水提液,良姜水提液的效果最差;用 70%乙醇做浸提剂,后用水定容的中草药提取液,抑菌效果最佳的为甘草,抑菌圈直径为 13.17 mm,其次为苦参提取液,最差的为丁香醇提水溶液;而用乙醇提取,用 20%乙醇定容的中草药提取液,抑菌圈直径最大的为丁香提取液,效果最差的为甘草提取液.

由表 2 可得,水提水溶的中草药提取液,苦参的抑菌圈直径最大,其次是甘草;70%乙醇提取,浓缩后,用水做溶剂的提取液中苦参的抑菌效果最佳,抑菌圈直径为 9.60 mm,效果最差的为丁香提取液;70%乙醇浸提,20%乙醇定容的提取液,甘草的酵母抑菌效果比较好,最差的为苦参;醇提 20%丙三醇定容的中草药提取液,抑菌圈直径最大的为甘草,为 10.63 mm,效果最差的为丁香提取液.

同一种中草药,不同的提取溶剂,丁香、良姜和甘草的醇提醇溶提取液抑菌效果最佳;苦参的醇提水溶效果略好.

3.1 青霉抑菌效果

(1)通过分离鉴定青霉菌,同种提取溶剂的不同中草药的抑菌结果为,水提水溶抑菌效果:甘草>丁香>苦参>良姜;醇提水溶的抑菌直径大小排序:甘草>苦参>良姜>丁香;醇提醇溶抑菌圈直径依次为丁香>良姜=甘草>苦参;醇提油溶效果:丁香>苦参>良姜>甘草.

(2)同一种中草药,用不同的溶剂提取定容,丁香抑制青霉效果最好的为 70%乙醇提取后用 20%丙三醇定容;良姜醇提水溶和醇提油溶的抑菌效果区别不大;甘草和苦参的都是醇提水溶效果好.

3.2 酵母抑菌效果

(1)同种提取溶剂,不同中草药抑菌效果为,水提水溶的中草药提取液抑菌圈:苦参>甘草>丁香>良姜;醇提水溶抑菌效果:苦参>良姜>甘草>丁香提取液;醇提醇溶抑菌直径:甘草>丁香>良姜>苦参;醇提油溶抑菌圈直径:甘草>良姜>苦参>丁香提取液.

(2)同一种中草药,不同的浸提剂和溶剂,丁香、良姜和甘草的醇提醇溶提取液抑菌效果最佳;苦参的醇提水溶效果略好.

参 考 文 献

[1] 刘万臣,关文强,刘兴华,等. 3 种鲜枣贮藏期治病真菌的检测及定性研究[J]. 食品科技,2007,(8):237-240.  
[2] 许 玲,李学文,腾康宁. 果蔬采后致病真菌的检测及其控制[J]. 食品科学,2003,24(7):155-158.  
[3] 魏景超. 真菌鉴定手册[M]. 上海:上海科学技术出版社,1979:358-552.  
[4] 郭松年,井泽良,孙海燕,等. 丁香提取物对三种果实致腐真菌的抑制作用研究[J]. 食品研究与开发,2006,27(3):160-161.  
[5] 关文强,李淑芬. 丁香精油对果蔬采后病原菌抑制效应研究[J]. 食品科学,2005,26(12):227-230.  
[6] 张显忠,郭爱军,王德才,等. 丁香等中草药有效成分的提取方法和抗菌活性关系的研究[J]. 泰山医学学报,2008,29(10):760-763.

ISOLATION OF PATHOGEN FUNGI OF MUZAO AND SELECTION OF NATURE ANTIBIOSIS MATERIAL

LIU Qing, XU Mu-dan, ZENG Ling-jun, LIU Yan

(School of Life Science and Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** Two kinds of fungi were separated from the fresh jujubes lesions. The plant anti-microbial agents were screened from pathogen fungi in this study, which were used four sorts of plants as raw materials, and the diameter of inhibition zone as indicators. The raw material were clove, galanga, radix sophorae flavescentis and liquorice, while extraction agents were water and 70% ethanol, then the constant volume solvents were water, 20% ethanol, 20% glycerol respectively. The antibiotic effect of yeast and penicillium was studied; meanwhile, the best solvent of four kinds of herbal was investigated. It showed that the best antibiosis material of penicillium was the extraction of clove and liquorice, nevertheless, the optimal antibiosis effect of yeast was the extraction of radix sophorae flavescentis and liquorice. At the same time, the effect of ethanol-extraction was better than extracted with water.

**Key words:** muzao; pathogen fungi; Chinese herbal medicine; antibiosis

# 农家酸菜中乳酸菌的分离与产酸性能研究

闫 肃, 吕嘉枋

(陕西科技大学生命科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘 要:**通过对农家酸菜发酵液中的乳酸菌进行富集培养、分离纯化,得到了5株生长良好的菌株 Lab. 1~Lab. 5,对其形态特征和菌落特征进行的初步判定表明其均为乳酸菌菌株,并对其产酸性能进行了研究分析,筛选出了一株产酸能力较强的菌株 Lab. 2,该研究对农家酸菜的发酵和产酸性能有了初步了解.

**关键词:**农家酸菜; 发酵液; 乳酸菌; 产酸研究

**中图法分类号:**Q939.11<sup>+</sup>7

**文献标识码:**A

## 0 前 言

农家酸菜一直以来备受人们的喜爱,以其营养丰富、味道鲜美、色泽光亮、制作简单而备受青睐. 酸菜发酵过程属于乳酸菌发酵的一种,产生了许多有益物质,降低了发酵液的 pH 值,并抑制了其他有害菌,使酸菜香味独特. 但农家酸菜常在食用泡菜后将发酵液倒掉,造成了可循环利用的有益物质浪费<sup>[1]</sup>. 由于酸菜的此种特质,所以研究发酵液中乳酸菌的产酸性能对于酸菜的口感和产酸菌菌种的筛选具有重要的意义.

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

酸菜发酵液采集于陕西户县农村.

MRS 培养基:葡萄糖 20 g,蛋白胨 10 g,牛肉膏 10 g,酵母粉 5 g,柠檬酸钠 5 g,磷酸氢二钾 2 g,乙酸钠 5 g,  $MgSO_4$  0.58 g,  $MnSO_4$  0.25 g,吐温 80 mL,蒸馏水 1 000 mL.

### 1.2 实验仪器

VS-1300~U 型洁净工作台, LZD~4 自动立式高压蒸汽灭菌锅, PHS-25 酸度计, GNP9160 恒温生化培养箱, 101-1 型电热鼓风干燥箱, BS224S 电子天平, UV-2600 紫外可见分光光度计, SMART 生物显微镜.

### 1.3 方法

#### 1.3.1 菌种的活化<sup>[2]</sup>

因乳酸菌主要集中在发酵酸菜汁中,所以分离前需要进行增值培养. 活化酸菜汁中的乳酸菌,以 1% 接种量将酸菜汁接入到 MRS 液体培养基中进行培养,并于 37 °C 隔水式恒温培养箱内进行厌氧培养 24

\* 收稿日期:2010-08-22

作者简介:闫 肃(1985—),男,陕西省西安市人,在读硕士生,研究方向:食品微生物



h. 按以上方法传代培养 3 次.

1.3.2 菌种筛选<sup>[3]</sup>

将各代活化的样品用无菌生理盐水稀释  $10^{-1} \sim 10^{-6}$  倍,分别吸取 0.1 mL 涂布于培养皿中,上面覆一层含有无水碳酸钙的 MRS 固体培养基,于 37 °C 恒温培养 36~48 h. 挑取长势优良且溶钙圈大的菌落反复进行分离纯化,直至得到纯菌落为止,并将得到的菌落编号保存备用.

1.3.3 pH 值测定

用 PHS-25 型酸度计直接测定,测定时间与酸度同步.

1.3.4 酸度测定<sup>[4]</sup>

用移液管准确量取 5 mL 发酵菌液,用去离子水定容至 100 mL,取 50 mL 摇匀后向发酵菌液中加入 2~3 滴酚酞指示剂,用 0.1 mol/L NaOH 进行滴定,至微红色 30 s 不褪色即可. 酸度计算公式:

$$\text{酸度(以乳酸计)} = c(v - V) \times 0.09 \times k \times 100 / W$$

其中, $c$ :消耗 NaOH 溶液的摩尔浓度; $v$ :标定时所消耗 NaOH 标准溶液的体积; $V$ :空白试验中所消耗的 NaOH 标准溶液体积; $k$ :稀释倍数; $W$ :样品质量或毫升数;0.09:换算为乳酸的系数,即 1 mmol NaOH 相当于乳酸的克数.

1.3.5 生长曲线测定

将活化菌种接种于 MRS 试管液体培养基中,于 37 °C 培养 48 h,按 1% 接种量接种到 MRS 液体培养基三角瓶中,于 37 °C 恒温培养. 前 24 h 每间隔 3 h 取 5 mL 发酵液,后 24 h 每隔 5 h 测其  $OD_{600}$  值,以时间为横坐标,OD 值为纵坐标作图,得到该菌株的生长曲线.

2 结果与分析

2.1 菌种初筛选

菌株的产酸高低与溶钙圈的大小呈正相关,由此挑选出 5 株产酸能力较强的菌株并编号,分别为 Lab. 1、Lab. 2、Lab. 3、Lab. 4、Lab. 5.

2.2 菌落观察

形态特征:将分离纯化的菌种分别涂到 MRS 琼脂培养基上,于 37 °C 培养 24 h,观察菌落特征,取典型菌落涂片革兰氏染色,油镜下观察菌体形态,发现菌株呈杆状、半球状突起成对或串联,数量较多,如图 1~图 5 所示. 由图中可见,在 MRS 琼脂培养基上的生长特性基本一致,菌落呈白色,圆形,中央凸起,表面光滑,质地均匀,而且在挑取菌体时都有一定的黏性,表面凹凸不平,菌落呈淡黄色.

根据菌株形态和菌落特征观察,初步确定所得到菌株为杆菌<sup>[5]</sup>.

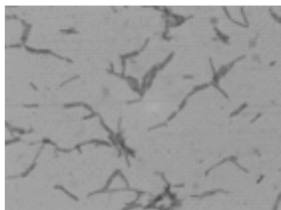
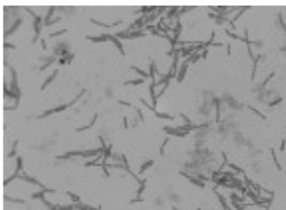
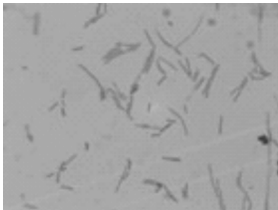


图 1 Lab. 1 菌体形态 图 2 Lab. 2 菌体形态 图 3 Lab. 3 菌体形态

2.3 菌株的生长曲线

从图 6 可知,Lab. 1~Lab. 4 的生长状况明显优于 Lab. 5. 对于菌株在 MRS 液体培养基中培养时,0~5 h 为延迟期,5~20 h 为对数生长期,20 h 以后生长基本趋于稳定.

2.4 菌株的 pH 和产酸曲线

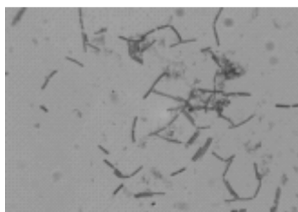


图 4 Lab. 4 菌体形态



图 5 Lab. 5 菌体形态

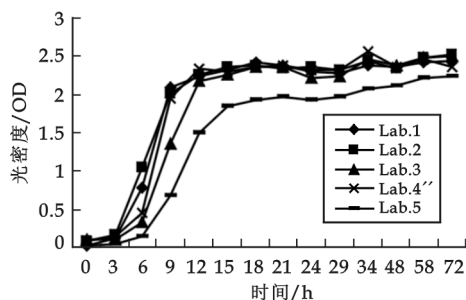


图 6 菌株的生长曲线

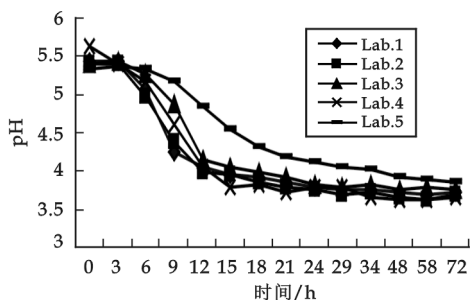


图 7 发酵过程中 pH 的变化情况

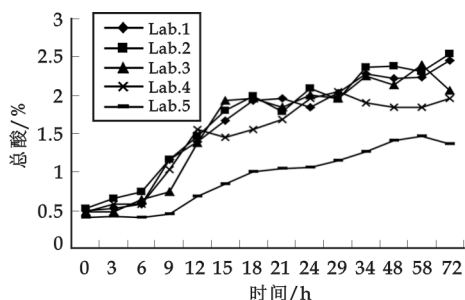


图 8 产酸实验结果

由图 7 和图 8 可以看出: Lab. 1、Lab. 2 和 Lab. 3 的产酸能力相似且产酸速度较快, pH 由 5.5 降为 4.0。Lab. 2 产酸量最高, Lab. 5 产酸最慢且最低, Lab. 4 次之。酸菜食用时间与乳酸菌的发酵时间关系密切, 若前期食用, 咸而不酸; 若后期食用, 酸而不咸, 失去酸菜风味, 酸度达到 1.2~1.4 时为酸菜的最佳食用期<sup>[4]</sup>。筛选出的 Lab. 1~Lab. 4 菌株 15 h 即可达到最佳食用期, 大大缩短了发酵时间, 提高了生产效率。

### 3 结束语

通过对传统发酵酸菜中优势乳酸菌的分离初筛, 选出 5 株溶钙圈大、长势优良的菌株, 通过形态学观察初步确定为乳酸杆菌, 并对其产酸性能进行了研究。在产酸试验中 Lab. 1、Lab. 2 和 Lab. 3 的产酸和长势差别不是很大, Lab. 4 较弱, Lab. 5 最低, 从而对于民间酸菜的发酵和产酸状况有了初步了解。筛选出的菌株 Lab. 2 由于其产酸量较高, 可以对其做进一步的发酵研究。本试验可以作为研究农家泡菜发酵液的应用效果和作用机理的一部分, 为今后进一步研究酸菜发酵液的性能奠定了基础, 同时明确了农家泡菜发酵液不应是一种废弃物, 而是一种具有很高的利用价值的微生态调节系统。

### 参考文献

- [1] 李文斌, 唐中伟, 宋敏丽, 等. 农家泡菜发酵液中乳酸菌的研究[J]. 食品工程, 2009, 3(9): 38-40.
- [2] 诸葛健. 工业微生物实验技术手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2003.
- [3] 吴元锋, 邹礼根. 泡菜中乳酸菌的分离、鉴定及其发酵性能研究[J]. 中国食品学报, 2007, 7(5): 42-46.
- [4] 黄群, 麻成金, 余 洁, 等. 龙山大头菜乳酸菌的分离与鉴定[J]. 湖南农业科学, 2009, (9): 11-13.
- [5] 东秀珠, 蔡妙英. 常见细菌系统鉴定手册[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [6] 伍时华, 黄翠姬, 石媛婧, 等. 酸乳菌种分离纯化方法[J]. 食品科学, 2004, 25(10): 162-166.
- [7] 王艳梅, 马丽珍. 泡菜汁中乳酸菌的分离与初步鉴定[J]. 天津农学院学报, 2007, 14(3): 5-8.

ISOLATION AND ACID-PRODUCING ABILITY OF *LACTOBACILLUS*  
IN FARMERHOUSE STYLE PICKLED VEGETABLE

YAN Su, LV Jia-li

(School of Life Science and Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** Five productive bacterial strains (Lab. 1, Lab. 2, Lab. 3, Lab. 4 and Lab. 5) were obtained by enrichment and preliminary isolation for the lactic acid bacteria (LAB) in zymotic fluid of farmerhouse style pickled vegetable. The five strains were ascertained as LAB strains according to the systematic identification in morphology and colony characteristics and analysed their acid-producing ability. Selected a strong acid production capacity of strains Lab. 2, it would have a preliminary understanding on the farm sauerkraut fermentation and the production of acid.

**Key words:** farmerhouse style pickled vegetable; zymotic fluid; *Lactobacillus*; research of acid

~~~~~  
(上接第 43 页)

STUDY ON *Phellinus igniarius* FERMENTOR MAGNIFICATION CULTURE

QIN Jun-zhe, ZHANG Hui-yang

(School of Life Science and Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** The paper compared *Phellinus igniarius* shake flask culture with fermenter culture at different stages of the physiological indices, it showed that: shake flask culture in conditions that the inoculum was 10%, the temperature was 28 °C and the speed was 160 r/min, make the mycelium volume in the 168 h reached maximum, reducing sugars and amino nitrogen in the 120 h and 72 h respectively, reached a peak, and the optimal pH value was 5.5; fermenter culture in conditions that the liquid volume was 5 L, the inoculum was 10%, stirring speed was 200 r/min and ventilation was 1:1 (v/v), the mycelium volume in the 120 h reached the maximum, reducing sugar and amino nitrogen content declined with the growth of *Phellinus*, and the optimum fermentation pH value was 5.5. There is significantly difference between fermenter culture and shake flask culture, and to master the law of fermenter culture can realized large-scale production of *Phellinus igniarius*.

**Key words:** *Phellinus igniarius*; flask flask; fermenter; liquid culture

# 金磁微粒介导的抗六聚组氨酸多克隆抗体的纯化

李淑娟, 牛育鸿

(延安大学西安创新学院, 陕西 西安 710100)

**摘要:**制备了抗六聚组氨酸( $6\times\text{Histidine}$ ,  $6\times\text{His}$ )多克隆抗体,以金磁微粒为载体对其进行纯化得到了高纯度的抗  $6\times\text{His}$  抗体.首先以 EDC 法制备出六聚组氨酸-血蓝蛋白( $6\times\text{His-KLH}$ )抗原并免疫家兔,得到的抗血清经初步纯化,采用 ELISA 法测定其效价;为去除多克隆抗体中抗 KLH 抗体,将表面固定有 KLH 的金磁微粒(金磁微粒-KLH)与多克隆抗体反应,抗 KLH 抗体通过抗原抗体反应被吸附在金磁微粒表面,磁性分离取上清,利用 ELISA 法对去除前后抗  $6\times\text{His}$  及抗 KLH 抗体的效价进行测定,确定出最佳去除条件.实验表明,初步纯化的多克隆抗体中抗  $6\times\text{His}$  抗体效价可达  $1:20\ 000$ ;金磁微粒表面 KLH 固定化容量可达  $700\ \mu\text{g}/\text{mg}$ ,当金磁微粒表面 KLH 与多克隆抗体质量比为  $50:3$  时,金磁微粒-KLH 可有效地去除多克隆抗体中抗 KLH 抗体,去除效果较好,说明所采用的方法成功制备出了高效价的抗  $6\times\text{His}$  多克隆抗体;金磁微粒-KLH 可特异性去除多克隆抗体中抗 KLH 抗体,得到高纯度的抗  $6\times\text{His}$  的抗体,为研究  $6\times\text{His}$  融合蛋白纯化检测奠定了基础.

**关键词:**六聚组氨酸;多克隆抗体;金磁微粒;纯化

**中图分类号:**Q51

**文献标识码:**A

## 0 前言

六聚组氨酸是一种融合蛋白纯化和检测的常用标签<sup>[1-3]</sup>, $\text{Ni}^{2+}$ 螯合树脂已被广泛用于六聚组氨酸融合蛋白纯化<sup>[4]</sup>.然而,由于免疫亲和纯化和检测的高选择性,通过抗  $6\times\text{His}$  抗体纯化和检测六聚组氨酸融合蛋白的方法受到很大关注,目前已有商品化的特异性针对  $6\times\text{His}$  的单克隆抗体,但价格都比较昂贵.

金磁微粒是一种新型磁性复合微粒<sup>[5]</sup>,具有超顺磁性的金磁微粒,含有  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的核以及金的壳层,该材料集胶体金对生物分子的快速固定化和磁性颗粒在外磁场中的可分离性能于一体,在免疫学研究领域显示了巨大的优势.目前,高分子包覆的磁性微粒表面固定蛋白质或抗体已被用于亲和层析研究<sup>[6]</sup>,但将磁性复合微粒用于小分子融合标签的多克隆抗体制备中载体蛋白抗体去除的研究未见报道.为此,本实验制备了六聚组氨酸多克隆抗体,利用表面固定有 KLH 的金磁微粒对多克隆抗体中抗载体蛋白 KLH 抗体进行去除,得到了高纯度的抗小分子  $6\times\text{His}$  的抗体,为研究  $6\times\text{His}$  融合蛋白纯化检测奠定了基础.

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

**动物:**新西兰兔,购于西安交通大学医学院,六聚组氨酸( $6\times\text{Histidine}$ ,  $6\times\text{His}$ )由西安华辰生物科技有限公司合成,匙孔血蓝蛋白(Keyhole Limpet Hemocyanin, KLH)购自德国 MERCK 公司,牛血清白蛋白(BSA)、HRP 标记的羊抗兔二抗、弗氏不完全佐剂、弗氏完全佐剂等均购自北京鼎国生物技术有限责任公司,1-(3-二甲氨基丙基)-3-亚胺盐酸盐(EDC·HCl)购自美国 PIERCE 公司,2-(N-吗啉代)乙磺酸

\* 收稿日期:2010-07-28

作者简介:李淑娟(1979—),女,陕西省西安市人,讲师,硕士,研究方向:蛋白质纯化

(MES)购自美国 Sigma 公司,金磁微粒(5 mg /mL)购自陕西北美基因股份有限公司.

1.2 方法

1.2.1 抗原的合成

采用 EDC 法<sup>[7]</sup>制备偶联物 6×His-KLH 和 6×His-BSA,分别作为免疫原和包被抗原.合成过程为:取 2 mg 的 KLH (BSA)溶于 200 μL 偶联缓冲液(含 0.9 mol/L NaCl 的 0.1 mol/L MES,pH 4.5~5)中,接着取 2 mg 的 6×His 溶于 500 μL 偶联缓冲液中,然后将两者混合,在混合液中迅速加入 10 mg/mL 的 EDC 100 μL (偶联 BSA 和 6×His 时,加入 10 mg /mL 的 EDC 50 μL),室温反应 2 h.

1.2.2 动物免疫

取 500 μg 6×His-KLH 用生理盐水稀释至 0.2 mL,与等体积完全弗氏佐剂混合,于兔颈部皮下多点注射;两周后改用不完全弗氏佐剂进行加强免疫,剂量同前;此后每隔 3 周加强免疫一次,并于加强免疫后 10~12 d 从兔耳缘静脉抽血测定其效价,达到要求后,心脏采血收集抗血清.

1.2.3 抗六聚组氨酸多克隆抗体效价测定

抗血清经饱和硫酸铵沉淀法初步纯化后,以 6×His-BSA 和 KLH 分别作为包被抗原,采用间接 ELISA 法测定效价<sup>[8]</sup>.

1.2.4 金磁微粒介导的多克隆抗体中抗载体蛋白 KLH 抗体的去除

1.2.4.1 金磁微粒表面 KLH 的固定化容量测定

取 200 μL (5 mg/mL)金磁微粒九等份,经预处理,分别与 1 mg/mL KLH 溶液 100、200、300、400、500、600、700、1 000、2 000 μL 混合,置摇床室温反应 30 min,在 280 nm 处测定 KLH 固定前后的吸光度值,则 KLH 的固定化效率可表示为: $OD_{280\text{固定前}} - OD_{280\text{固定后}} / OD_{280\text{固定前}}$ .通过上述公式计算 KLH 的固定化效率,再乘以 KLH 加入质量,得到其固定化容量.

1.2.4.2 金磁微粒-KLH 与多克隆抗体最佳结合比例的确定

取固定有 KLH 的金磁微粒,分别按 KLH 与多克隆抗体的质量比为 50:3、50:6、50:11、50:16 的比例加入初步纯化的多克隆抗体,置摇床室温反应 30 min,磁性分离,收集上清液.用间接 ELISA 法测定反应前后多克隆抗体中抗 KLH 抗体的效价,确定多克隆抗体中抗 KLH 抗体完全去除时金磁微粒-KLH 与多克隆抗体的最佳比例.

1.2.4.3 金磁微粒-KLH 去除抗 KLH 抗体效果的检测

按上述确定的最佳比例对多克隆抗体中抗 KLH 抗体进行去除,并利用间接 ELISA 法分别测定去除前后抗 KLH 抗体和抗 6×His 抗体的效价,以检测金磁微粒的去除效果.

2 结果与讨论

2.1 多克隆抗体的效价测定

选用 BSA-6×His 偶联物包被酶标板测定抗 6×His 抗体效价,KLH 包被酶标板测定抗 KLH 抗体的效价.由表 1 可见,产生的多克隆抗体是针对 KLH-6×His 偶联物的特异性抗体,抗 6×His 抗体效价大于 20 000.随着抗体稀释度的增加,以 BSA-6×His 为包被抗原的阳性值明显下降,而以 KLH 为包被抗原的阳性值无明显变化,说明抗体中含有大量的抗 KLH 抗体,上述抗血清经饱和硫酸铵沉淀法初步纯化后只能去除抗血清中的白蛋白等组分,抗 6×His 和 KLH 的抗体依然共存.

表 1 抗 6×His 多克隆抗体效价测定

包被抗原	BSA-6×His			KLH		
	空白	阴性	阳性	空白	阴性	阳性
1:5 000		0.038		1.47	0.062	1.75
1:10 000	0.026	0.028	1.08	0.023	0.030	1.56
1:20 000		0.023	0.62		0.020	1.56

2.2 金磁微粒介导的多克隆抗体中抗载体蛋白 KLH 抗体的去除

2.2.1 金磁微粒表面 KLH 的最大固定化量

取 1 mg 的金磁微粒,通过对一系列不同质量的 KLH 进行固定,计算得 1 mg 金磁微粒表面最多可固定 KLH 量为 700  $\mu\text{g}$ .

## 2.2.2 金磁微粒-KLH 和多克隆抗体最佳结合比例的确定

固定化 KLH 量与待去除抗体的量达到一定比例时,才能保证多克隆抗体中抗 KLH 抗体较完全地与金磁微粒表面的 KLH 发生免疫反应而被去除.本研究对金磁微粒-KLH 和多克隆抗体的最佳结合比例进行了探讨,结果如图 1 所示.由图 1 可知,当金磁微粒-KLH 与多克隆抗体的质量比为 50:3、50:6、50:11、50:16 时,去除前后抗 KLH 抗体效价都大幅度下降,但是比例为 50:3 时下降幅度最大,而且随着抗体稀释比例的增大,OD<sub>450</sub> 的值基本保持不变.可见,比例大于 50:3 时即可稳定地完全地去除多克隆抗体中抗 KLH 抗体,比例为 50:6、50:11、50:16 时去除后抗体中仍残留部分抗 KLH 抗体,达不到完全去除多克隆抗体中抗 KLH 抗体的目的.

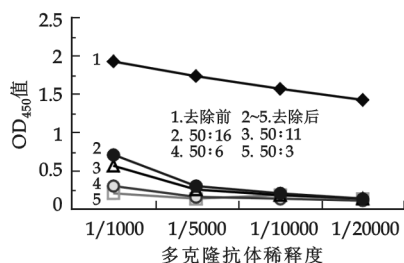


图 1 KLH-金磁微粒去除多克隆抗体中抗 KLH 抗体后抗 KLH 抗体效价测定

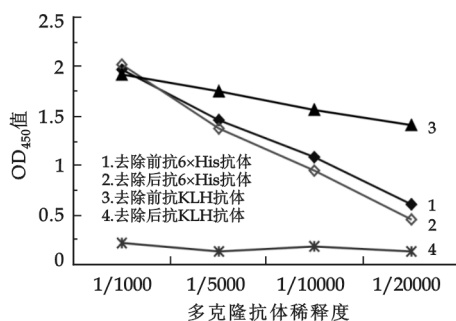


图 2 去除前后抗 6×His 抗体和抗 KLH 抗体的效价比较

## 2.2.3 金磁微粒去除抗 KLH 抗体效果的检测

在优化条件下对多克隆抗体中抗 KLH 抗体进行去除,并检测其去除效果,结果如图 2 所示.由图 2 可知,去除后,KLH 抗体效价明显下降,而 6×His 抗体效价则无大的变化,表明金磁微粒对抗 KLH 抗体的去除非常有效.

## 3 结束语

六聚组氨酸为六肽,相对分子质量较小,单独作用时不具有免疫原性或抗原性弱,必须与载体蛋白偶联后才能产生针对 6×His 的抗体.在本实验中选用 KLH 作为载体蛋白,KLH 相对分子质量非常大,为多亚基蛋白质,具有强的免疫原性.然而以 6×His 和 KLH 合成的抗原免疫动物,得到的多克隆抗体除含有针对 6×His 的抗体,还含有大量针对 KLH 的抗体,这些抗 KLH 的无关抗体会影响 6×His 多克隆抗体的应用.基于此,作者利用表面固定有 KLH 的金磁微粒对多克隆抗体中抗 KLH 抗体进行去除实验,得到了高纯度的抗小分子 6×His 的抗体,为研究 6×His 融合蛋白纯化检测奠定了基础,同时证明核壳型金磁微粒可作为抗体亲和纯化的良好载体,在其表面包被不同蛋白可方便地用于不同抗体的吸收除杂,特别是在小分子药物多克隆抗体的纯化方面具有非常重要的应用前景.

## 参 考 文 献

- [1] Mathur D, Garg L C. Functional phosphoglucose isomerase from mycobacterium tuberculosis H37Rv: Rapid purification with high yield and purity[J]. Protein Expression and Purification, 2007, 52(2): 373-378.
- [2] Terpe K. Overview of tag protein fusions: from molecular and biochemical fundamentals to commercial systems[J]. Applied microbiology and biotechnology, 2003,60(5): 523-533.
- [3] Chiang Y W, Wu J C, Wang K C, et al. Efficient expression of histidine-tagged large hepatitis delta antigen in baculovirus-transduced baby hamster kidney cells[J]. World journal of Gastroenterology, 2006, 12(10):1 551-1 557.
- [4] 潘 飞,邱雁临. 还原型谷胱甘肽的金属螯合亲和色谱纯化[J]. 中国医药工业杂志,2006,37(4):237-239.
- [5] 崔亚丽,慧文利,汪慧蓉,等. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Au 的制备条件及性质研究[J]. 中国科学:B 辑,2003,33(6):482-488.

- [6] Ozkara S, Akgol S, Canak Y, *et al.* A novel magnetic absorbent for immunoglobulin-G purification in a magnetically stabilized fluidized bed[J]. *Biotechnol Pro.*, 2004, 20(11):69-1 175.
- [7] 闵玉涛, 王云龙, 李晨阳, 等. 抗 FLAG 标签单克隆抗体的制备、鉴定及初步应用[J]. *中国生物工程杂志*, 2006, 27(1):93-97.
- [8] 朱正美. 简明免疫学技术[M]. 北京: 科学出版社, 2002:200-210.

## PURIFICATION OF POLYCLONAL ANTIBODY AGAINST 6×HISTIDINE BY GOLDMAG PARTICLES

LI Shu-juan, NIU Yu-hong

(College of Xi'an Chuangxin, Yan'an University, Xi'an 710100, China)

**Abstract:** The test was made to attained the antibody against 6×Histidine through preparing the polyclonal antibody against 6×Histidine and purifing it using GoldMag particles as a separating medium. Using EDC method, 6×His-KLH complex was prepared and used to immunize rabbit. Anti-serum was collected and preliminarily purified, then the titer of polyclonal antibodies were determined by ELISA. Mix polyclonal antibodies with GoldMag particles coated with KLH, anti-KLH antibody could be collected on the particle surface and the purified anti-6×Histidine antibody was left in the liquid phase afer magnetic separation. The titer of antiboies against 6×Histidine and KLH before and after removing was determind by ELISA to confirm optimal purification condition. The results showed that the titer of anti-6×Histidine antibody reached 1:20 000 after Anti-serum was preliminarily purified, the immobilization capacity of KLH reached 700 μg on 1 mg GoldMag particles, and the antibody against KLH can be removed effectively from the polyclonal antibody when the ratio of KLH immobilized onto the GoldMag particles and the polyclonal antibody was 50:3. In conclusion, the polyclonal antibody against 6×Histidine was was successfully prepared. Using GoldMag particles coated with KLH, the anti-KLH antibody was removed effectively from the polyclonal antibody, the anti-6×His antibody in supernatant after magnetic separation will be used in the 6×His-tagged fusion protein purification and detection in the next steps.

**Key words:** 6×histidine; polyclonal antibody; GoldMag particle; purification

### 我校获 13 项国家自然科学基金创历史新高

近日,国家自然科学基金委公布了 2010 年度集中受理的基金项目评审结果,我校 13 个项目获得国家自然科学基金资助,资助金额共计 440 万元。其中面上项目 10 项,青年科学基金项目 3 项,申报数、立项数和资助经费均取得历史性突破。

近年来,我校十分重视国家自然科学基金申报工作,加大了宣传和争取力度,调动了广大教师的科技创新积极性,资助项目的获准数有了稳步上升。尤其是今年学校在申报工作上狠下功夫,从项目申报前期的宣传动员、中期的组织申报及后期的项目评审,都做了具体详细的安排部署,使得今年共申报各类项目 130 项,国家自然科学基金委设立的 8 个科学部(今年新增医学科学部)均有申报的项目。

据评审结果显示,我校此次学部立项分布情况为化学科学部 3 项、生命科学部 2 项、地球科学部 1 项、工程与材料科学部 6 项、信息科学部 1 项。其中,地球科学部立项实现了“零”的突破。学院立项分布情况为资源与环境学院 5 项、材料科学与工程学院 4 项、造纸工程学院 1 项、生命科学与工程学院 1 项、机电工程学院 1 项、电气与信息工程学院 1 项。

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0060-04

# 甘露低聚糖磁性微球的制备及表征

毛跟年, 瞿建波, 郭 倩, 李 鑫

(陕西科技大学生命科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘 要:** 用化学共沉法制备出磁性  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  粒子, 然后用反向包埋法制备了甘露低聚糖磁性微球, 采用扫描电子显微镜和 Zetasizer 粒度分析仪测量了磁性明胶复合粒子的平均粒径, 并用 X-射线衍射仪和红外光谱进行了结构分析. 结果表明, 甘露低聚糖磁性微球中的  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  被甘露低聚糖所包覆, 平均粒径为  $1.5\ \mu\text{m}$ , 且分散性和成球性较好.

**关键词:** 磁性微球; 甘露低聚糖; 反相包埋法; 制备; 表征

**中图法分类号:** R284

**文献标识码:** A

## 0 前 言

甘露低聚糖(Mannan-oligosaccharides, MOS)又称甘露寡糖, 广泛存在于魔芋粉、瓜儿豆胶、田菁胶及多种微生物细胞壁内, 其除了具有功能性低聚糖的特点, 如不能被动物消化吸收、能够促进双歧杆菌等益生菌增殖外, 还具有防治高血脂、抗氧化、增强免疫功能等作用<sup>[1,2]</sup>.

近年来, 磁性复合微球越来越受到人们的关注, 其作为性能优异的功能高分子材料在固定化酶<sup>[3]</sup>、靶向药物<sup>[4]</sup>、细胞分离<sup>[5]</sup>和免疫分析<sup>[6]</sup>等方面显示出强大的生命力. 本文利用化学共沉法制备磁性  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  微晶作为磁性内核, 甘露低聚糖为包裹材料, 用反向包埋法制备了甘露低聚糖磁性微球, 并通过扫描电镜、红外光谱、X-衍射和粒径分析对其进行了表征测试.

## 1 实验

### 1.1 材料与仪器

甘露低聚糖(湖北东方天琪生物工程股份有限公司);  $\text{FeCl}_3$ 、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、盐酸、环氧氯丙烷(ECH)、氢氧化钠、液体石蜡、石油醚、丙酮、Span-80 等, 均为分析纯.

复利叶变换红外光谱仪: 德国贝克尔分析仪器有限公司; VEGAII xmv 扫描电子显微镜: TESCAN 公司; 日本理学 D/max-2 200PC 型 X 射线衍射仪: 日本电子株式会社; Nano-ZS 纳米粒度及 Zeta 电位分析仪: 英国马尔文公司(MALVERN); XSP-生物显微镜: 重庆光电仪器有限公司; UV-754 紫外可见分光光度计: 上海精密科学仪器有限公司等.

### 1.2 磁性 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 粒子的制备<sup>[7]</sup>

采用化学共沉淀法将  $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$  以及 PEG400 的混合液通过加热、混匀、自然静置冷却、滤掉杂质部分, 再加入过量碱液使得  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  完全生成, 然后经过熟化、清洗、真空干燥等过程制备出磁性  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  粒子, 其反应方程式为:  $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+} + 8\text{OH}^- = \text{Fe}_3\text{O}_4 \downarrow + 4\text{H}_2\text{O}$ .

\* 收稿日期: 2010-09-05

作者简介: 毛跟年(1963—), 男, 陕西省泾阳县人, 教授, 研究方向: 药物新材料的制备与应用  
基金项目: 陕西省科技厅攻关项目(2007k07-25)、陕西省教育厅科研项目(07Jk197)



将适量的 1 mol/L  $\text{FeSO}_4$  和 1 mol/L  $\text{FeCl}_3$  溶液以 2:1 混合,搅拌均匀,水浴升温至 50  $^\circ\text{C}$  后,缓慢滴加约 80 mL 1 mol/L 的氢氧化钠溶液,控制 pH 为 11,再加热至 80  $^\circ\text{C}$ ,熟化 30 min,停止加热,搅拌下冷却加入 40 mL 的 10%PEG 溶液,待降至室温后,用磁铁收集,并用蒸馏水充分洗涤,真空干燥.

1.3 甘露低聚糖磁性微球的制备<sup>[8]</sup>

称取将 0.5 g  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  粉末加入到 50 mL、0.01 g/mL 甘露低聚糖溶液中,混合均匀后进行超声分散,配成 A 液;量取 4 mL Span-80 加入到 80 mL 液体石蜡中,充分搅拌均匀,配成 B 液;再将 A 液缓慢滴加到 B 液中,在常温下剧烈搅拌 10 min,然后加入 8 mL 环氧氯丙烷,在 60  $^\circ\text{C}$  下搅拌反应 60 min,用 NaOH 溶液调 pH 至 11,再于 70  $^\circ\text{C}$  水浴中反应一定时间,得到产物,用磁铁收集.依次用石油醚、丙酮、蒸馏水反复充分洗涤,于 60  $^\circ\text{C}$  真空干燥,得到甘露低聚糖磁性微球.

2 结果与讨论

2.1 粒径分析

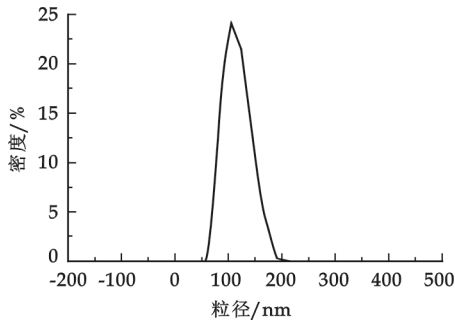


图 1  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的粒径分布图

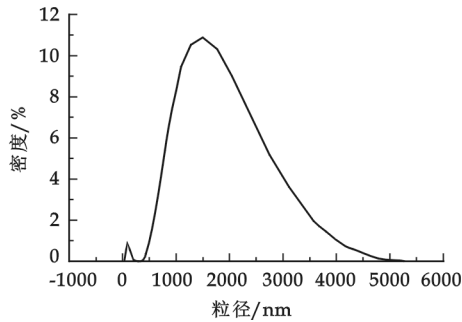


图 2 甘露低聚糖磁性微球粒径分布图

从粒径分析图谱(图 1)来看,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的粒径呈正态分布,且在 60~200 nm 之间,平均粒径在纳米范围内,为 100 nm 左右,表明在实验所确定的工艺条件下制备的  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  粒径分布较均匀.由图 2 可以看出,甘露低聚糖磁性微球的粒径分布在 50~5 000 nm 之间,且呈正态分布,平均粒径在 1 510 nm 左右.和  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的粒径分析图谱相比较,甘露低聚糖磁性微球的平均粒径比  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的大 10 倍多,说明  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  外表面包裹了一层甘露低聚糖.

2.2 红外光谱图分析

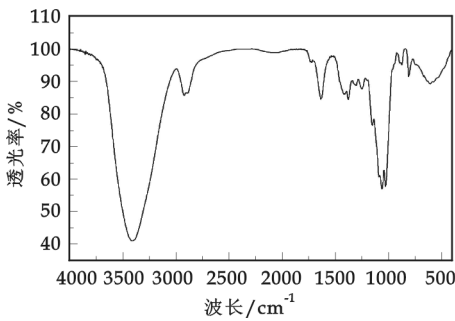


图 3 甘露低聚糖红外图谱

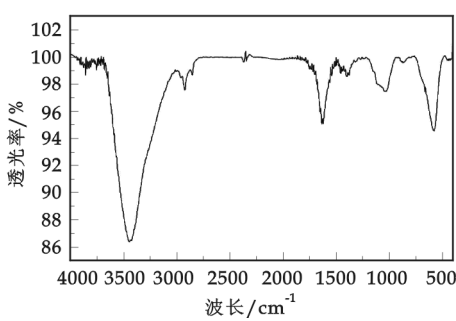


图 4 甘露低聚糖磁性微球红外图谱

由图 3 和图 4 可以看出,3 439.17  $\text{cm}^{-1}$  为甘露低聚糖的—OH 的伸缩振动, $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的特征峰为 575.33  $\text{cm}^{-1}$ ,而甘露低聚糖磁性微球中  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的特征峰在 589.12  $\text{cm}^{-1}$ ,说明甘露低聚糖与  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的结合使得  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的特征峰发生了偏移,同时 1 041.90  $\text{cm}^{-1}$  处为—C—O—C—的伸缩振动,说明产物中甘露低聚糖之间发生了交联反应,表明甘露低聚糖包裹在  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的外表面上.

## 2.3 X-衍射图谱分析

由图 5 和图 6 可以得出,甘露低聚糖磁性微球中包含了甘露低聚糖的衍射峰( $13.2^{\circ}$ ,  $20.9^{\circ}$ ,  $23.6^{\circ}$ ),但是和甘露低聚糖中的衍射峰( $12.8^{\circ}$ ,  $14^{\circ}$ ,  $22.5^{\circ}$ )相比发生了偏移; $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的衍射峰( $35^{\circ}$ ,  $41.8^{\circ}$ ,  $50.2^{\circ}$ ,  $74^{\circ}$ ) 在甘露低聚糖磁性微球中发生的偏移为  $34.2^{\circ}$ ,  $40.8^{\circ}$ ,  $49.5^{\circ}$ ,  $73.5^{\circ}$ ,说明甘露低聚糖已经包裹在  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的表面。

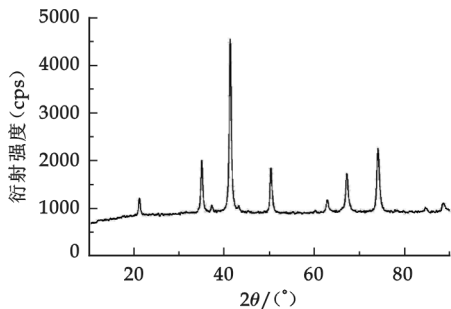


图 5  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的 X-衍射图谱

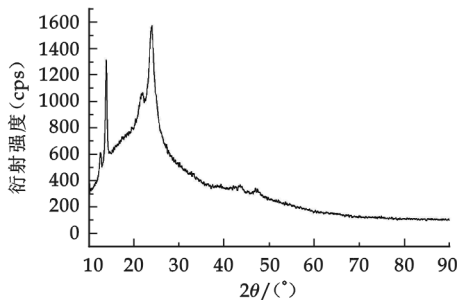


图 6 甘露低聚糖的 X-衍射图谱

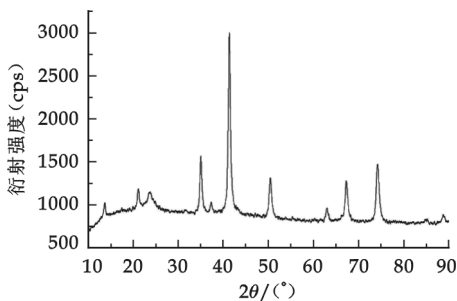


图 7 甘露低聚糖磁性微球的 X-衍射图谱

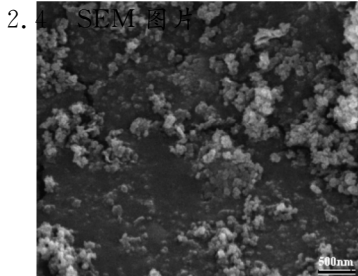


图 8  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  SEM 图片( $\times 20\text{ k}$ )

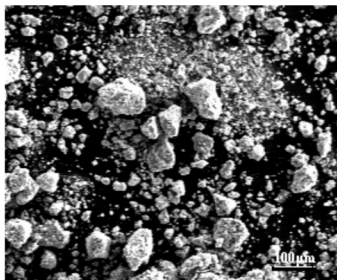


图 9 甘露低聚糖磁性微球 SEM 图片( $\times 100$ )

由图 8  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的 SEM 图片和图 9~图 11 3 个不同放大倍数的甘露低聚糖磁性微球的 SEM 照片可以看出,甘露低聚糖磁性微球呈球形较好,分散性较好,平均粒径在  $1.51\text{ }\mu\text{m}$ ,和粒径分析的粒径相一致,同时结合红外图谱、X-衍射图谱,说明甘露低聚糖已包裹在  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的外

表面上。

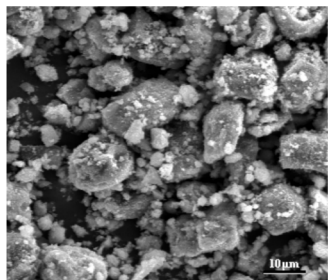


图 10 甘露低聚糖磁性微球 SEM 图片( $\times 1\text{ k}$ )

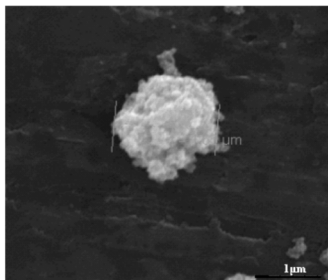


图 11 甘露低聚糖磁性微球 SEM 图片( $\times 20\text{ k}$ )

## 3 结论

(1) 利用化学共沉法制备出了  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  粒子,再利用反相包埋法制备出了甘露低聚糖磁性微球。

(2) 通过红外图谱和 X-衍射图谱可以观察到,甘露低聚糖磁性微球的结构是以  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  粒子为中心,外面是甘露低聚糖通过醚键交联形成的

膜复合结构;通过粒径分析可观察到,甘露低聚糖磁性微球的平均粒径是  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  平均粒径的 15 倍多,这表明了在  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  外层包裹了一层甘露低聚糖,且平均粒径在  $1.5\ \mu\text{m}$  左右;通过扫描电镜图可以直观的看出  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  外面包有一层甘露低聚糖,且平均粒径也在  $1.5\ \mu\text{m}$  左右,这与粒径分析得到的结果一致,且分散性和成球性较好。

## 参 考 文 献

- [1] 陈小兵,丁宏标,乔 宇. 甘露低聚糖的益生作用、免疫机制与应用技术[J]. 营养与饲料, 2005, 32(8): 6-8.
- [2] 黄 琼,陈龙全. 魔芋葡甘露聚糖的药理作用[J]. 湖北民族学院学报, 2008, 25(2): 85-86.
- [3] Guo Zheng, Bai Shu, Sun Yan. Preparation and characterization of immobilized lipase on magnetic hydrophobic microspheres[J]. Enzyme and Microbial Technology, 2003, 32: 776-782.
- [4] Sinha V. R, Singla. A. K, Wadhawan. S, *et al.* Chitosan microspheres as a potential carrier for drugs[J]. Int J. Pharm., 2004, 274(1): 1-33.
- [5] 吴 颀,王 君,景晓燕,等. 磁性高分子复合微球的制备及应用[J]. 化工新型材料, 2002, 30(8): 23-26.
- [6] S. A. vivi (Levi), I Felner, INovik. The preparation of magnetic proteinaceous microspheres using the sonochemical method[J]. Biochimica et Biophysica Acta, 2001, 1 527: 123-129.
- [7] 刘小平,王 莹,鄢烈祥,等. 苦参碱磁性壳聚糖微球制备工艺的筛选[J]. 中药材, 2007, 30(1): 82-85.
- [8] 朱玉光,李 玮. 磁性高分子微球的制备及其在生物医学上的应用[J]. 胶体与聚合物, 2006, 24(4): 43-45.

# PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF MANNAN-OLIGOSACCHARIDES MAGNETIC MICROSPHERES

MAO Gen-nian, QU Jian-bo, GUO Qian, LI Xin

(School of Life Sciences and Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** Magnetic  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles were prepared first by the co-precipitation method, and the mannan-oligosaccharides magnetic microspheres were prepared by the reverse phase embedment method. The average size of the mannan-oligosaccharides magnetic microspheres was estimated from the measurement results of scanning electron microscope (SEM) and zetasizer particle size analyzer; its structure was analyzed by X-ray powder diffraction (XRD), infrared spectroscopy (IR). The results show the magnetic  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles were embedded by mannan-oligosaccharides, and the average grain diameter of the mannan-oligosaccharides magnetic microspheres is  $1.5\ \mu\text{m}$  and which have prefect globose shape and decentrality.

**Key words:** magnetic microspheres; mannan-oligosaccharides; reverse phase embedment method; preparation; characterization

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0064-04

# 一种新型迟发性 I 型糖尿病大鼠动物模型的建立

杨 牧

(华中师范大学生命科学学院, 湖北 武汉 430071)

**摘 要:**研究了一种能够诱导动物产生迟发性糖耐量异常,并能更准确模拟 I 型糖尿病发生、发展过程中血糖变化的大鼠模型,采用尾静脉多次注射 STZ 方法观察了造模组的血糖、糖基化血红蛋白、体重、日进食量和进水量,结果表明成模率为 96%,大鼠在注射 3 d 后血糖上升至  $13.4 \pm 1.01$  mmol/L. 本方法较传统方法能更好的模拟糖尿病患者的真实空腹血糖,较准确地反映糖尿病的发病过程,更适用于糖尿病预防、治疗和发病机制的研究.

**关键词:**链脲佐菌素; SD 大鼠; 尾静脉注射; 糖尿病; 动物模型; 迟发性模型

**中图法分类号:**Q593<sup>+</sup>.9

**文献标识码:**A

## 0 前 言

糖尿病是一类由多种病因引起的代谢类疾病. 该病以高血糖为主要特征,并伴随多饮、多尿、多食以及消瘦等症状. 糖尿病发展下去,持续的高血糖会损害心脏、血管、眼睛、肾脏和神经等组织和器官,引起一系列并发症最终导致死亡. 因此,建立稳定可靠的糖尿病动物模型成为该疾病研究的前提<sup>[1]</sup>. 化学性糖尿病动物模型诱发简便、来源广,是目前应用较广泛的模型<sup>[2]</sup>. 但传统沿用的胰岛素依赖型糖尿病(IDDM)大鼠模型均为一次性大剂量注射化学药物(链脲佐菌素(STZ)或四氧嘧啶(Alloxsen)),在短时间内引起  $\beta$  细胞大量损害而诱发糖尿病<sup>[3]</sup>. 目前,国内外大多采用腹腔一次性注射  $60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  STZ,诱导 IDDM 大鼠模型. 国外研究中有应用小剂量多次注射 STZ,诱导 IDDM 小鼠模型,对大鼠尚无系统性研究<sup>[4,5]</sup>.

当患者的空腹血糖大于  $7.2 \text{ mmol/L}$ ,餐后 2 h 内血糖大于  $11.1 \text{ mmol/L}$ ,我们即定义为糖尿病患者. 大部分糖尿病患者的空腹血糖都在  $8.8 \sim 11.1 \text{ mmol/L}$  之间,只有少数严重患者的空腹血糖在  $11 \sim 18 \text{ mmol/L}$  之间. 传统高剂量 STZ 诱导方法,因 STZ 毒副作用强,给药剂量大,具有较高的死亡率和成本. 更为重要的是一次性的大量破坏胰腺  $\beta$  细胞,使模型动物在短期内达到过高的空腹血糖水平,用该方法所建立的动物模型无法较为准确地模拟糖尿病患者的真实血糖情况,不能更好地用于糖尿病发生、发展以及发病机制的研究. 本研究通过改良传统的注射剂量和注射方式,首次采用大鼠尾静脉  $15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  和  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  的两次注射方式,极大程度地降低了 STZ 的用量,减少了造模成本并提高了造模成功率,且小剂量两次注射所诱导的大鼠糖尿病模型血糖上升缓慢,能够更为准确地模拟糖尿病患者的真实血糖状况,较好地反映出糖尿病发生、发展的过程,为糖尿病治疗药物的研究以及预防提供了更为经济且适合的动物模型.

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

主要试剂:链脲佐菌素, Sigma 公司产品,批号 1000543148;大鼠血清胰岛素 ELISA 试剂盒,美国 ADL 公司产品;大鼠糖化血红蛋白 A1c(GHbA1c)酶联免疫试剂盒,美国 UCL 公司产品;其他化学试剂为分析纯,国药集团化学试剂有限公司产品.

\* 收稿日期:2010-07-23

作者简介:杨 牧(1989—),男,河南省新乡市人,研究方向:生物化学、药物合成

动物:健康成年 SD 大鼠,雄性,普通级,体重为 150~200 g,购买于上海斯莱克实验动物有限责任公司,动物质量合格证号 SCXK(沪)2007-0005.

1.2 实验方法

1.2.1 STZ 注射液的配制

首先配制 0.1 mol/L 柠檬酸缓冲液(pH 4.4). 配制方法:柠檬酸 2.1 g,柠檬酸钠 2.94 g,分别用生理盐水定容至 100 mL,使其各自的浓度均为 0.1 mol/L,取上述柠檬酸溶液 28 mL,柠檬酸钠溶液 22 mL,充分混匀,4 ℃冰箱保存备用.用 0.1 mol/L 的柠檬酸缓冲液将 STZ 配成浓度为 120 mg·mL<sup>-1</sup>的 STZ 注射液(现用现配),避光保存置于冰上,且尽可能快地给大鼠注射,否则 STZ 在数分钟之内即失效.

1.2.2 实验动物分组和模型建立

将 SD 大鼠随机分成对照组(30 只)、剂量 A 组(30 只)、剂量 B 组(30 只)和剂量 C 组(30 只),将 SD 大鼠正常饲喂 2 周后其体重达到 180~200 g 即开始试验.试验开始前,需将 SD 大鼠禁食不禁水 12 h.剂量 A 组按照 35 mg·kg<sup>-1</sup>剂量,一次性尾静脉注射 120 mg·mL<sup>-1</sup>的 STZ 注射液;剂量 B 组首次按 15 mg·kg<sup>-1</sup>剂量,尾静脉注射 120 mg·mL<sup>-1</sup>的 STZ 注射液,间隔 3 d 按 10 mg·kg<sup>-1</sup>剂量,尾静脉第二次注射 120 mg·mL<sup>-1</sup>的 STZ 注射液;剂量 C 组按照 60 mg·kg<sup>-1</sup>剂量,一次性腹腔注射 120 mg·mL<sup>-1</sup>的 STZ 注射液;对照组只注射柠檬酸-柠檬酸钠(pH 4.4)缓冲液.

1.2.3 糖尿病模型生化和体征指标检测

STZ 注射后,每隔 3 d 检测一次空腹血糖,4 周后检测糖基化血红蛋白水平.选取注射 4 周后空腹血糖浓度>16.65 mmol/L,且糖基化血红蛋白水平>6.2%的模型大鼠,将其判定为 I 型糖尿病动物模型.尾静脉采血,利用葡萄糖氧化酶法测定血糖,其余血样一部分加入抗凝剂检测糖基化血红蛋白水平,另一部分离心分离血清检测血清中胰岛素水平.在实验期间对所有实验组的体重变化、日采食量、饮水量进行检测.

1.2.4 统计分析

应用 SPSS11.1 统计分析软件对结果进行处理,数据用  $\bar{X} \pm s$  表示,两组间比较用 *t* 检验.

2 结果

2.1 糖尿病动物模型的建立

以注射 4 周后空腹血糖>16.65 mmol/L,且糖基化血红蛋白水平>6.2%为判断标准,计算成模率.剂量 A 组注射 4 周后成模 29 只,4 周内死亡 1 只,成模率为 93%

表 1 不同剂量组的造模成功率

组别	使用数量/只	成模数量/只	死亡数量/只	成模率/%
剂量 A 组	30	29	1	93
剂量 B 组	30	29	0	96
剂量 C 组	30	25	5	83

(28/30). 剂量 B 组注射 4 周后成模 29 只,4 周内无死亡,成模率为 96%(29/30). 剂量 C 组注射 4 周后成模 25 只,3 只注射后死亡,4 周内死亡 2 只,成模率为 83%(25/30),如表 1 所示.

2.2 空腹血糖、糖基化血红蛋白、血清胰岛素检测结果

大鼠空腹血糖结果表明,对照组实验前后,血糖(4.5±0.47 mmol/L)无明显差异.剂量 A 组、剂量 B 组与剂量 C 组在达到血糖最高水平时无明显差异.剂量 A 组在注射一周后一直维持较高水平的空腹血糖(24.5±2.42 mmol/L),较对照组空腹血糖(4.1±0.40 mmol/L)差异极显著(*P*<0.01);剂量 B 组在注射一次后,空腹血糖(8.1±0.65 mmol/L)与对照组(4.4±0.26 mmol/L)比较差异显著(*P*<0.05),二次注射后空腹血糖逐渐上升,第 4 周后升至最高(22.3±1.39 mmol/L);剂量 C 组注射后血糖即开始升高,注射后第 3 天后达到 24.4±1.92 mmol/L. 剂量 A 组、剂量 B 组与剂量 C 组在升至血糖最高值后并无明显差异. B 组成模后的血清胰岛素水平(15.21±1.04 U/mL)较 A 组(10.32±0.62 U/mL)和 C 组(10.07±0.83 U/mL)差异显著(*P*<0.05);B 组糖基化血红蛋白水平(12.3±0.95%)较 A 组(16.7±0.97%)和 C 组(17.3±1.12%)差异显著(*P*<0.05). 不同剂量组空腹血糖检测结果如表 2 所示. 剂量 A 组、剂量 B 组与剂量 C 组成模大鼠 4 周后的糖基化血红蛋白水平和血清胰岛素水平检测结果如表 3 所示.

表 2 不同剂量组空腹血糖测定结果 单位:mmol/L

组别	注射前	一次注射后	注射后				
			3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
对照组	4.5±0.47	4.4±0.26	4.2±0.36	4.6±0.37	5.0±0.55	4.5±0.45	4.1±0.40
剂量 A 组	4.0±0.31	/	18.6±1.62*	21.1±1.53*	25.5±2.44*	26.3±2.35*	24.5±2.42*
剂量 B 组	4.1±0.40	8.1±0.65*	13.4±1.01*	16.7±1.96*	18.2±1.22*	19.1±1.87*	22.3±1.39*
剂量 C 组	4.1±0.40	/	24.4±1.92*	27.4±1.32*	26.9±1.38*	28.2±1.67*	27.8±1.04*

注：“\*” $P<0.01$ .

2.3 大鼠体重变化

表 3 剂量 A 组、剂量 B 组及剂量 C 组成模大鼠糖基化血红蛋白水平和血清胰岛素水平

组别	糖基化血红蛋白/%	血清胰岛素/(U/mL)
对照组	4.4±0.26	21.44±1.23
剂量 A 组	16.7±0.97**	10.32±0.62**
剂量 B 组	12.3±0.95*	15.21±1.04*
剂量 C 组	17.3±1.12**	10.07±0.83**

注：“\*” $P<0.05$ ，“\*\*” $P<0.01$ .

检测了不同剂量组注射后大鼠的体重变化,发现不同剂量组在注射后 7 d 体重变化与对照组相比没有明显差异,剂量 A 组注射 14 d 后,体重(174.2±3.18 g)较对照组体重(201.1±9.53 g)下降明显( $P<0.01$ ),剂量 B 组在注射 21 d 后体重(170.3±6.66 g)较对照组体重(201.2±9.04 g)下降明显( $P<0.01$ ),剂量 C 组在注射 7 d 后,体重(170.1±2.64 g)较对照

组体重(194.7±8.76 g)下降明显( $P<0.01$ ),结果见表 4.

表 4 不同剂量组成模大鼠体重变化 单位:g

组别	注射前	注射后				
		3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
对照组	185.4±6.27	187.1±4.16	194.7±8.76	201.1±9.53	201.2±9.04	206.1±11.52
剂量 A 组	181.1±7.62	182.3±5.17	187.2±3.64	174.2±3.18*	171.3±6.42*	164.7±5.16*
剂量 B 组	183.7±5.72	186.3±3.52	190.5±4.63	191.1±4.68	170.3±6.66*	170.7±6.59*
剂量 C 组	184.6±6.28	185.7±3.48	170.1±2.64*	171.5±3.82*	161.2±5.34*	153.6±4.61*

注：“\*” $P<0.01$ .

2.4 大鼠进食量、饮水量变化

分别检测了造模成功大鼠第 3 d、7 d、14 d、21 d、28 d 的日进食量与饮水量. 剂量 A 组注射后 3 d 的进食量(8.9±1.10 g)与对照组(4.8±0.44 g)相比较差异显著( $P<0.05$ );C 组注射后 3 d 的进食量(11.9±0.85 g)与对照组(4.8±0.44 g)相比较差异极显著( $P<0.01$ );剂量 B 组注射 7 d 后的日进食量(9.3±1.13 g)与对照组(5.1±1.15 g)相比较差异显著( $P<0.05$ ),如表 5 所示. 与日进食量不同的是 3 种剂量组在注射后的第 3 天,A 组(157.3±8.43 mL)、C 组(177.5±10.28 mL)的日饮水量与对照组(54.7±3.74 mL)相比较差异极显著( $P<0.01$ ),B 组的日进水量(113.4±7.42 mL)与对照组(54.7±3.74 mL)相比较差异显著( $P<0.05$ ),如表 6 所示.

表 5 不同剂量组成模大鼠日进食量 单位:g

组别	注射后				
	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
对照组	4.8±0.44	5.1±1.15	5.5±0.49	6.1±0.38	5.7±0.21
剂量 A 组	8.9±1.10*	12.7±1.41**	11.3±0.70**	14.7±2.20**	13.1±0.95*
剂量 B 组	6.2±1.65	9.3±1.13*	10.3±1.02*	11.7±0.82*	10.6±1.25*
剂量 C 组	11.9±0.85**	12.3±1.06**	12.8±1.03**	13.1±0.72**	12.7±0.85**

注：“\*” $P<0.05$ ，“\*\*” $P<0.01$ .



表 6 不同剂量组成模大鼠日饮水量

单位:mL

组别	注射后				
	3 d	7 d	14 d	21 d	28 d
对照组	54.7±3.74	62.1±8.43	59.5±9.79	76.1±8.25	68.1±7.62
剂量 A 组	157.3±8.43**	186.2±15.72**	173.6±14.42*	154.3±14.38*	203.3±17.31**
剂量 B 组	113.4±7.42*	139.6±13.43*	153.3±15.72*	157.2±15.12*	176.4±14.23*
剂量 C 组	177.5±10.28**	187.5±12.27**	191.6±13.21**	194.3±11.82**	211.6±13.57**

注:“\*” $P<0.05$ , “\*\*” $P<0.01$ .

3 讨论

目前 STZ 诱导 IDDM 模型已经成为一种常用的方法,国内大多采用腹腔一次性注射  $60\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  STZ,数天后可产生高血糖<sup>[6-12]</sup>.据沈亚非<sup>[6]</sup>等报道, $60\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  STZ 单次尾静脉注射与  $60\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  STZ 单次腹腔注射,空腹血糖值有显著差异( $P<0.01$ ).据谢明智等<sup>[13]</sup>报道,小剂量  $25\sim30\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  STZ 尾静脉注射可造成大鼠模型胰腺  $\beta$  细胞轻度损伤,造成糖耐量异常,空腹血糖有显著差异( $P<0.01$ ).

采用传统的腹腔一次性注射  $60\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  STZ 的造模方法注射量较大,死亡率较高,且短期内诱导动物产生  $20\text{ mmol/L}$  以上的空腹血糖水平.糖尿病患者的空腹血糖水平一般都在  $8.8\sim11.1\text{ mmol/L}$  之间,只有少数严重患者空腹血糖能够达到  $11\sim18\text{ mmol/L}$  之间,因此此种造模方式无法较为准确的模拟糖尿病患者的真实空腹血糖情况.尾静脉一次性注射  $35\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  组与传统方法相比,虽然 STZ 用量减少了一半,模型死亡率也大大降低,但仍存在成模后空腹血糖水平过高的情况.本研究所采用的尾静脉低剂量( $15\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  和  $10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )少量两次注射方式,在克服了传统方法的成模率低和成本高的前提下,较小程度的破坏胰腺  $\beta$  细胞,并且相对较低的糖基化血红蛋白水平反映出低剂量组在一段时间内血糖上升的缓慢程度,诱导大鼠平缓的出现糖尿病典型的“三多一少”临床特征,产生迟发性的糖耐量异常.

糖尿病临床症状多样、病因复杂,因此选择一种合适的动物模型对于研究本身意义重大.尤其是广泛应用于药理学、药效学研究的 SD 大鼠的 I 型糖尿病模型,对于糖尿病新药物的研制更为关键.采用尾静脉小剂量多次给药,在严格控制大鼠体重和健康的情况下,能够提高造模的成功率,大幅地降低 STZ 用量,减少研究成本.更为重要的是利用小剂量多次尾静脉注射,能够诱导大鼠产生迟发性的糖耐量异常,并能够较准确的模拟糖尿病患者的真实空腹血糖,反映糖尿病从发生、发展到临床症状期的特征,这也正是传统的造模方法所无法比拟的优势所在,这种方法为糖尿病预防、治疗和发病机制的研究提供了更为适合、简便且经济的动物实验平台.

参 考 文 献

[1] 吴清洪,顾为望,袁 进.链脲佐菌素诱导建立 I 型糖尿病大鼠模型[J].动物医学进展,2006,27(8):116-117.  
[2] 张浩军,赵静波,李 平.糖尿病肾病动物模型研究进展[J].中国药理学通报,2008,24(7):845-848.  
[3] 刘 霆,张桂珍,卜丽莎,等. STZ 小剂量多次注射诱导大鼠胰岛素依赖性糖尿病动物模型探讨[J]. 白求恩医科大学学报,2001,27(6): 578-580.  
[4] Bloch TN, VezysV. Diabetes induced with low-doses of streptozotocin is mediated by V  $\beta 8.2+$  T-cells[J]. Diabetes,1995,44:354-359.  
[5] Herold KC, VezysV, Sun Q, *et al.* Regulation of cytokine production during development of auto immune diabetes[J]. J Immunol,1996,156(9):3 521-3 527.  
[6] 沈亚非,徐焱成.链脲佐菌素诱导实验性糖尿病大鼠模型建立的研究[J].实用诊断与治疗杂志,2005,19(2):79.  
[7] 梁海荣,唐焕文,罗 皓,等.链脲佐菌素诱导糖尿病大鼠肾病模型的建立[J].应用预防医学,2006,12(3):57-59.  
[8] 杨润军,李青旺,赵 蕊.四氧嘧啶与链脲佐菌素诱导小鼠糖尿病模型的效果比较[J].西北农林科技大学学报,2006,34(2):66-68.  
[9] 刘学政,萧 鸿.链脲佐菌素致大鼠糖尿病模型的研究[J].锦州医学院学报,2001,22(4):35-38.  
[10] 王 芳,朱大菊,孙明谨,等.链脲菌素在糖尿病鼠模型中的应用及其作用机理[J].邵阳医学院学报,2004,23(1):15.  
[11] 黄 波,刘学政,庞东渤.不同途径注射链脲佐菌素致大鼠糖尿病模型的研究[J].锦州医学院学报,2003,24(1):59-62.  
[12] 张 静,吴靖芳,郑慧娥,等.链脲佐菌素致大鼠糖尿病模型的实验研究[J].河北北方学院学报(医学版),2006,123(14):77-80.  
[13] 谢明智,刘海帆,张凌云,等.实验性肥胖及糖尿病大鼠模型[J].药学报,1985,20(11):801-805.

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0068-04

# 高速立式加工中心主轴箱形状优化设计

刘超峰, 张 淳, 张功学

(陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘 要:** 优化设计是一种寻找确定最优设计方案的技术, 在三维软件 Pro/e 中建立主轴箱的参数化模型, 把参数化模型导入到 ANSYS Workbench 中, 在 DesignXplorer 模块中进行多目标的基于试验技术的优化设计, 得到设计变量组合对目标函数的响应面, 从响应面中查看设计变量的变化对性能参数的影响情况, 进而选择较为理想的设计结果. 改进后的主轴箱在各方面性能都不降低的情况下, 质量有了一定的降低.

**关键字:** 优化设计; 参数化; DesignXplorer; 响应面

**中图法分类号:** TH122      **文献标识码:** A

## 0 前 言

目前, 对于某项工程或产品进行优化设计, 还很难处理方案设计、全系统和全性能的优化设计问题, 一般只能在某个已确定设计方案的前提下, 寻求使该方案达到最佳品质、性能或使其达到预定目标的结构参数(设计参数)的最优组合<sup>[2]</sup>. 如果没有形状优化设计技术, 设计人员只能通过手工方式不断地改变设计变量进行循环计算, 并以人工判断的方式来确定最优设计的方向, 这是一种非常耗费资源的工作, 而且很难获得最优结果, 尤其是当设计变量较多的时候.

本文基于 ANSYS Workbench 的 DesignXplorer 模块, 对高速立式加工中心主轴箱进行了形状优化设计, 以寻找在保持各项性能指标不降低的情况下主轴箱质量最小的设计方案.

## 1 主轴箱有限元分析

### 1.1 主轴箱参数模型的建立

形状优化的前提是建立参数化模型, 然后运用合适的优化方法进行迭代计算. 高速加工中心主轴箱由安装部、主体和头部组成, 如图 1 所示. 把模型中各壁厚、筋板的厚度和筋板间的距离参数化, 此主轴箱的优化设计变量为: 安装部的侧壁的壁厚  $A_1$ , 主体的壁厚  $A_2$ , 头部侧壁的壁厚  $A_3$ , 头部上下壁厚  $A_4$ , 箱体内部纵筋板的厚度  $T_1$ , 横筋板的厚度为  $T_2$ , 两横向筋板距箱体中平面的距离分别为  $X_1$ 、 $X_2$ .

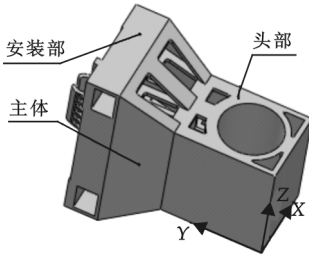


图 1 高速立式加工中心主轴箱

### 1.2 主轴箱静力学分析

在 ANSYS Workbench 中, 首先进行一次有限元分析是进入 DesignXplorer 模块进行优化设计的前提, 在有限元分析结果中提取需要的参数作为优化设计的目标变量或者约束变量. 在 ANSYS Workbench 中依据设计要求设定主轴箱的材料属性, 依据主轴箱在加工中心中的配合关系设定主轴箱的约束, 由于主轴箱较为复杂, 选择自由网格换分, 把加工中心工作时的切削受力简化为三向静态力进行静态分析, 提取主轴箱安装电主轴圆环面的三向位移. 把提取的主轴箱的三向位移和质量参数化, 为后续在

\* 收稿日期: 2010-09-04

作者简介: 刘超峰(1984—), 男, 河南省商丘市人, 在读硕士生, 研究方向: 现代机械设计理论  
基金项目: 国家“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项(2009ZX04001-014)资助



DesignXplorer 模块中优化准备变量.

2 形状优化设计

2.1 优化设计的原理

形状优化设计的基本原理是通过构建优化模型,运用各种优化方法,通过在满足设计要求条件下的迭代计算,求得目标函数的极值,得到最优化设计方案. 优化问题的数学模型可表示为:

obj:  $\min f(X)=f(x_1,x_2,\cdots,x_n)$ ; st:  $g_i(X)=g_i(x_1,x_2,\cdots,x_4), (i=1,2,\cdots,m)$ ;  $X=(x_1,x_2,\cdots,x_4)^T$ .

式中, $f(X)$ 为目标函数, $g_i(X)$ 为状态变量, $X$  为设计变量.

2.2 ANSYS DesignXplorer 模块简介

ANSYS DesignXplorer 是功能强大而方便易用的多目标优化模块,实际工程需要多个优化目标,工程中需要产品的总体性能较好,而不是某一项指标最好. 产品多项指标皆趋向于最好,而不是某项指标达到最好而无视其他需要<sup>[3]</sup>.

ANSYS DesignXplorer 模块内含两中优化算法:DOE 方法(试验设计法)和 VT 技术(变分技术).  
DOE 方法(实验设计法):根据输入参数的数目,利用蒙特卡罗抽样技术采集设计参数样点,计算每个样点的响应结果,利用二次插值函数构造设计空间的响应面或设计曲线.

VT 技术(变分技术):完全基于单个单元解,采用泰勒展开以及网格变形技术得到响应面,因此计算时间大大减少.

2.3 优化设计的实施

Ansys Workbench 提供了基于变分技术(VT 技术)和实验设计技术(DOE 技术)的优化方法. 本文选择 DOE 技术,在 ANSYS DesignXplorer 模块中利用蒙特卡罗抽样技术,采集设计参数样点,计算每个样点的响应结果,以实现高速立式加工中心的多目标优化<sup>[4]</sup>. 根据要求,加工中心主轴箱在满足外形尺寸不变、刚度不增大的条件下,以质量最小化为目标函数进行优化设计,其数学模型为:

obj:  $\min M(X)=M(A_1,A_2,A_3,A_4,T_1,T_2,X_1,X_2)$ ; st:  $g_i(X)=g_i(A_1,A_2,A_3,A_4,T_1,T_2,X_1,X_2), (I=1,2,\cdots,m)$ ;  $X=(A_1,A_2,A_3,A_4,T_1,T_2,X_1,X_2)^T$ .

式中, $M(X)$ 为目标函数, $g_i(X)$ 为状态变量, $X$  为设计变量.

根据主轴箱的设计要求,设定设计变量的变化范围  $A_1[16,30]$ 、 $A_2[16,30]$ 、 $A_3[12,18]$ 、 $A_4[12,18]$ 、 $T_1[8,15]$ 、 $T_2[8,15]$ 、 $X_1[8,15]$ 、 $X_2[8,15]$ , 然后进行基于实验设计法的优化设计.

3 优化结果分析

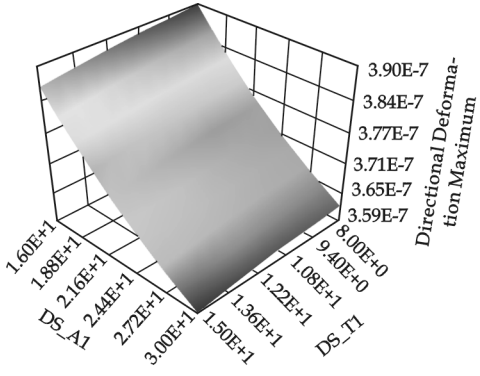
分析结束后,查看设计变量组合对目标函数的响应情况. 图 2 中 a~e 为部分设计参数组合对目标函数的响应面,从响应面图上可以看出:壁厚  $A_1$  和壁厚  $A_2$  对  $x$  向变形位移的影响相似,壁厚  $A_1$ 、 $A_2$  比壁厚  $A_3$ 、 $A_4$  对  $x$  向变形位移的影响明显,壁厚  $A_3$  和壁厚  $A_4$  对  $x$  向变形位移的影响相似;壁厚  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$  比筋厚  $T_1$ 、 $T_2$  对  $x$  向变形位移的影响明显,筋厚  $T_2$  比筋厚  $T_1$  对  $x$  向变形位移的影响明显;壁厚  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$  比距离  $X_1$ 、 $X_2$  对  $x$  向变形位移的影响明显,筋厚  $T_1$ 、 $T_2$  和距离  $X_1$ 、 $X_2$  对  $x$  向变形位移的影响明显,距离  $X_2$  比壁厚  $A_1$  对  $x$  向变形位移的影响明显. 上述仅仅描述设计变量对  $x$  向变形位移的影响,设计变量对其它性能指标的影响在响应面图上已有清楚的显示,在这里就不再描述. 从响应面上可以直观地查看设计变量的变化对性能参数的影响

表 1 主轴箱优化前后各项性能指标的对比

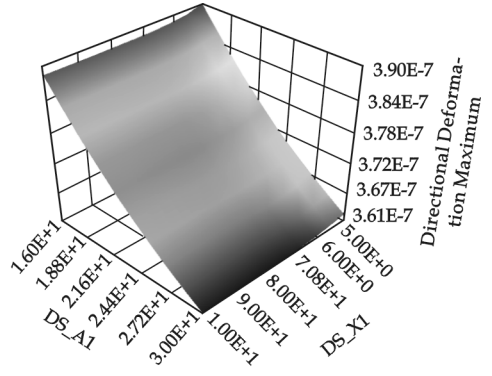
	质量/kg	$x$ 向位移 / $10^{-7}$ m	$y$ 向位移 / $10^{-7}$ m	$z$ 向位移 / $10^{-7}$ m	第一阶频 率/Hz
优化前	323.18	3.684 6	0.893 42	0.607 1	291.48
优化后	316.99	3.684 9	0.876 34	0.581 49	294.25

情况,有助于优化设计结果的选择.

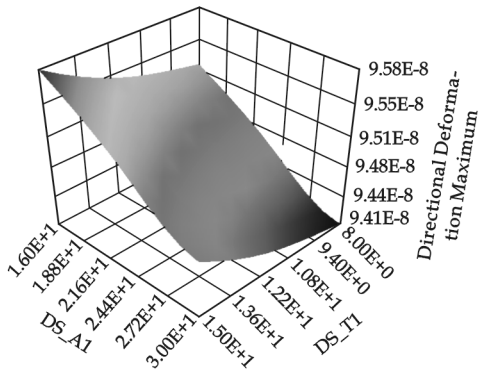
优化后的性能参数与优化前的性能参数的对比如表 1 所示.



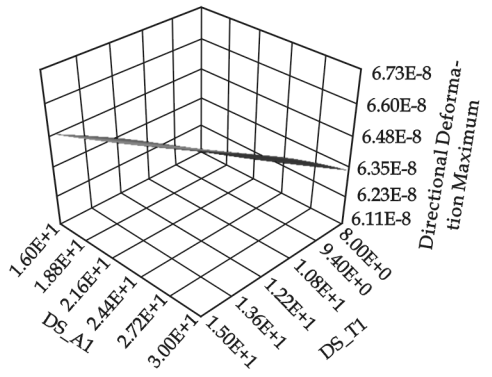
(a) 壁厚 $A_1$ 和筋厚 $T_1$ 对主轴箱x向刚度的响应面



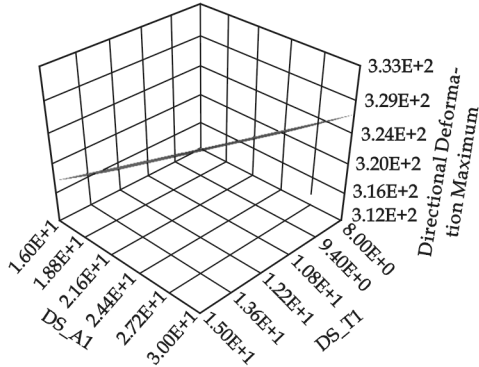
(b) 壁厚 $A_1$ 和距离 $X_1$ 对主轴箱x向刚度的响应面



(c) 壁厚 $A_1$ 和筋厚 $T_1$ 对主轴箱y向刚度的响应面



(d) 壁厚 $A_1$ 和筋厚 $T_2$ 对主轴箱z向刚度的响应面



(e) 壁厚 $A_1$ 和筋厚 $T_1$ 对主轴箱质量的响应面

图 2 部分设计变量组合对主轴箱的响应面图

4 结束语

在三维软件 Pro/e 中建立主轴箱的参数化模型,利用 ANSYS Workbench 与 Pro/e 具有的直接双向接口,把参数化模型导入到 ANSYS Workbench 中,然后在 DesignXplorer 模块中进行多目标的基于实验技术的优化设计,得到设计变量组合对目标函数的响应面,从响应面中查看设计变量的变化对性能参数的影响情况,进而选择较为理想的择优化设计结果.改进后的主轴箱在各方面性能都不降低的情况下,质量降低了 1.9%,从优化结果上也可以知道优化前的主轴箱结构设计也相当合理.基于 DesignXplorer 模块多目标的优化设计,为寻求使设计方案达到最佳品质、性能或使其达到预定目标的结构参数(设计变量)的最优组合提供了一种简便易行的方法.

参 考 文 献

[1] 李 兵,何正嘉,陈雪峰. ANSYS Workbench 设计、仿真与优化[M]. 北京:清华大学出版社,2008.  
[2] 陈立周. 机械优化设计方法[M]. 北京:冶金出版社,2007.  
[3] 小工作室. 最新经典 ANSYS 及 Workbench 教程[M]. 北京:电子工业出版社,2003.  
[4] 汪 宇,王东方. 基于 AWE 的立式加工中心床身优化设计[J]. 微计算机信息,2010,(1):130-131,178.

SHAPE OPTIMIZATION DESIGN OF HIGH-SPEED VERTICAL  
MACHINING CENTER HEADSTOCK

LIU Chao-feng, ZHANG Chun, ZHANG Gong-xue

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** Optimization design is a technology that searches for and determines the optimal design. Parametric model of headstock is established in Pro/e, and the parametric model is imported into the ANSYS Workbench. Then multi-objective optimization design is carried out in Design Xplorer module based on test technology, response surfaces of the objective function which is corresponded by combination of design variables are got. From the response surfaces, the situation that performance parameters are affected by design variables is viewed, and then the more ideal design result is selected. Under the condition that performance in all aspects of improved headstock are not diminished, some quality is reduced.

**Key words:** optimization design; parameterization; Design Xplorer; response surface



(上接第 67 页)

SLOW ONSET OF THE RAT MODEL REFLECTING PATHOGENESIS  
OF TYPE I DIABETES MELLITUS

YANG Mu

(College of Life Science of Huazhong Normal University, Wuhan 430071, China)

**Abstract:** In this article, we aim to search for an efficient methods to create animal models with slow-onset of the impaired glucose tolerance, which can simulate the blood glucose fluctuation in rats with diabetes I. Rats was administrated with STZ by tail vein injection. The blood glucose and glycosylated hemoglobin levels, body weight change, daily food as well as water intake were observed. The success rate was 96% and the blood glucose level of rats increase by  $13.4 \pm 1.01$  mmol/L 3 days after STZ injection. Compared to traditional methods, this new method can simulate the fasting plasma glucose values of diabetic patients more authentic, reflect the pathogenesis of diabetes more accurately and, thus, is more suitable for researches on disease mechanism of diabetes as well as the prevention and treatment for it.

**Key words:** streptozotocin; SD rat; intravenous injection; diabetes; animal model; slow-onset model

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0072-04

# 近足球形封闭壳体无模热塑性胀形的实验研究

李瑞虎, 史 诺, 陈海峰

(陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘 要:**无模热塑性胀形是对封闭壳体加热到热塑性状态,再用气体施加内压力使之胀形为球形容器的一种无模胀形方式. 作者对近足球型封闭壳体进行了实验研究,在加热温度 900 ℃,内压 0.45 MPa 条件下胀形,胀形后球壳圆度误差小于 0.2%. 实验证明,球形容器无模热塑性胀形是完全可行的,为大型球形容器的加工制作提供了一种全新的胀形方法.

**关键词:**球形容器; 近足球形封闭壳体; 无模热塑性胀形

**中图法分类号:**TH114      **文献标识码:** A

## 0 引 言

球形容器在石油、化工、冶金、核能以及城市建设等行业得到了广泛应用. 其传统的制造方法是先将球形容器划分为许多球瓣,球瓣毛坯下料,球瓣热模压或冷模压成形,成形后精密下料,现场组装、焊接. 制造过程需要专用的大型压力机和模具,制造工序复杂,成本高,周期长,为此出现了爆炸法成型和液胀法成型技术.

爆炸法成型是预先制造封闭的内接多面体壳体,通过爆炸使壳体变形,最终成形为球形容器,但是安全性不易控制,容易造成安全隐患. 液胀法成型也是预先制造封闭的内接多面体壳体,通过通入高压液体使壳体胀形,最终成形为球形容器. 由于成形系统的复杂性,一直还没有用于大型球形容器的制造.

大型球罐热塑性成形技术是一项国家发明<sup>[1]</sup>,它是预先制造封闭的内接多面壳体,对其加热到热塑性变形温度,再把气体通入壳体内并达到一定压力,使壳体逐渐变成球形容器. 在高温作用下,钢材的性能发生很大的改变,强度降低,塑性增大,这样我们就可以在一个较低的压力下使壳体成形为球形容器. 球形容器热塑性成形原理图如图 1 所示.

它的主要工艺过程为:下料→拼焊成封闭的内接多面壳体→加热→充气胀形.

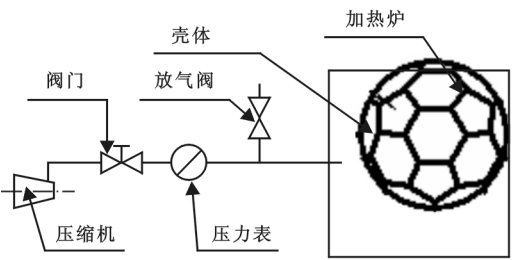


图 1 球形容器热塑性成形原理图



图 2 近足球形壳体结构

\* 收稿日期:2010-07-06  
作者简介:李瑞虎(1960—),男,陕西省蒲城县人,高级工程师,研究方向:石油化工设备设计制造

1 壳体结构及材料

1.1 壳体结构

壳体采用 32 面近足球形封闭结构,由 12 个正五边形板和 20 个正六边形板组成,实物照片如图 2 所示.其内接于 200 mm 直径的球,壳体材料为韧性、塑性及可焊性较好的 Q235 钢板,板厚为 1.5 mm,正五边形板和正六边形板边长均为 45 mm,采用氩弧焊焊接.

1.2 Q235 钢的力学性能

1.2.1 Q235 钢常温应力-应变关系曲线

Q235 钢常温力学性能如表 1 所示. Q235 钢常温下的应力-应变关系曲线<sup>[4]</sup>如图 3 中温度  $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$  的应力-应变关系曲线.

1.2.2 Q235 钢高温应力-应变关系曲线

高温下钢材的力学性能是研究热塑性成型的基础,许多学者对高温下钢材的力学性能进行了大量的实验研究和理论分析.

Lie(1994)<sup>[5]</sup>、Lie 和 Chabot(1990)<sup>[6]</sup>用应力强度( $\sigma$ )和应变强度( $\epsilon$ )给出了高温下钢材的应力-应变关系模型,并按该模型得出了 Q235 钢在高温下的应力-应变关系曲线,如图 3 中  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $900\text{ }^{\circ}\text{C}$  的应力-应变关系曲线.

由图 3 可以看出,高温下钢材屈服强度、抗拉强度不断降低,加工硬化程度很小.

2 球罐成形压力计算

由于壳体在热塑性成型过程中最终将成为球形壳体,而一般工业用大型球形容器均属于薄壁容器,实验同样用薄壁壳体,故只考虑薄膜应力.

当温度达到再结晶温度以上,在加工过程中金属材料会发生回复和再结晶,部分或全部消除加工硬化效果<sup>[7]</sup>,而在高温成型过程中,成型硬化对热塑性成型压力影响较小,可忽略不计.

热塑性成型所需压力用下列公式计算<sup>[8]</sup>:

$$p=\frac{4\times\delta\times[\sigma]_s^t}{D_n}$$

其中: $p$ ——热塑性成型所需内压力; $\delta$ ——壳体板料厚度; $[\sigma]_s^t$ —— $t$  温度下材料屈服强度; $D_n$ ——壳体成形为球形容器后的内径,约等于壳体外接圆直径.

实验温度为  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,图 3 中  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$  热塑性成型对应的屈服极限为  $14\sim16\text{ MPa}$ .

将屈服极限  $14\sim16\text{ MPa}$  等数据代入上式,得到球罐在  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$  热塑性成型时内压力范围为  $0.42\sim0.48\text{ MPa}$ .

3 实验过程及结果分析

3.1 实验仪器

SX2-20-12 箱式电阻丝加热炉、离心式空气压缩机、平台、500 高度尺、数码相机等.

3.2 实验方法及步骤

- (1)制造近足球形封闭壳体,连接接管等.
- (2)壳体放入温度 $<300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的加热炉内加热,加热的同时给壳体内充入空气,内压  $0.15\text{ MPa}$ ,并用排

表 1 材料的力学性能参数<sup>[2, 3]</sup>

$\sigma_s/\text{MPa}$	$\sigma_b/\text{MPa}$	$\delta/\%$	$K_O$
235	375~460	26	5.8

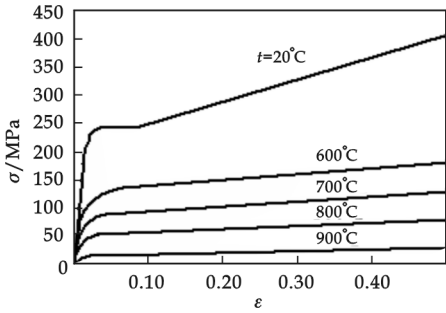


图 3 Q235 钢应力-应变关系曲线

气阀调节保持壳内压力值稳定,加热到  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$  并保持  $20\text{ min}$ .

(3)压缩机缓慢给壳体内充气加压,压力达到设定压力后充气停止,并保温保压  $10\text{ min}$ ,注意排气阀调节保持壳内压力值稳定.

(4)随炉冷却到  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,排出空气,从炉中取出,空气中冷却.

(5)测量壳体变形数据及分析.

### 3.3 实验结果及分析

实验加热温度  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,按计算的压力范围进行实验,实验一加内压  $0.35\text{ MPa}$ ;实验二加内压  $0.45\text{ MPa}$ .

#### 3.3.1 实验一结果及分析

加内压  $0.35\text{ MPa}$ ,实验后成形实物照片如图 4 所示,成形实物局部照片如图 5 所示,壳体产生了明显的变形,五边形板、正六边形板凸起.由图 5 可见焊缝产生了明显变形,3 条焊缝交汇处有较小局部变形.

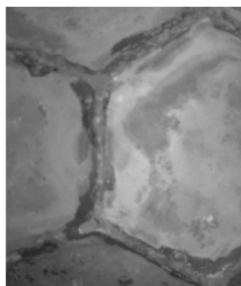
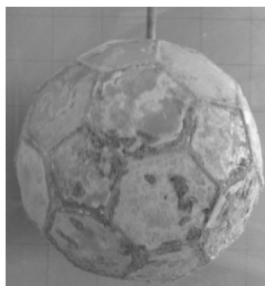


图 4 内压  $0.35\text{ MPa}$  成形实物照片      图 5 内压  $0.35\text{ MPa}$  成形实物局部照片

测量壳体五边形板和正六边形板的变形量,围绕壳体五边形板和正六边形板中心的大部分区域变形较大,如图 6、7 阴影区域,图 6 中五边形板沿  $a-a$  截面中心凸起弧形高度  $3.8\text{ mm}$ ,图 7 中正六边形板沿  $a-a$  截面中心凸起弧形高度  $6.8\text{ mm}$ .正六边形板比五边形板变形区域大,变形量大.

五边形板、正六边形板阴影区域外周区域变形量相对较小.

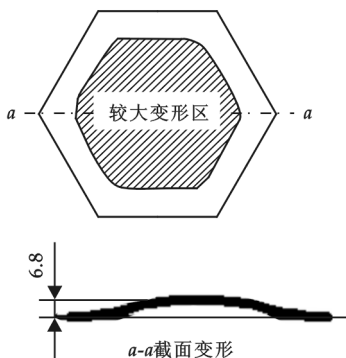
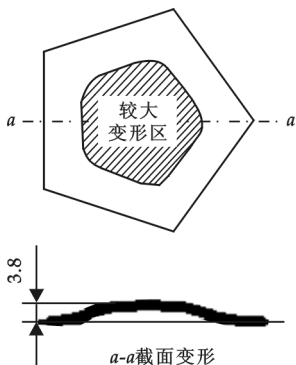


图 6 内压  $0.35\text{ MPa}$  壳体五边形板变形效果图      图 7 内压  $0.35\text{ MPa}$  壳体六边形板变形效果图

#### 3.3.2 实验二结果及分析

加内压  $0.45\text{ MPa}$  实验后,成形实物照片如图 8 所示,成形实物局部照片如图 9 所示,壳体的变形明显比第一次大,五边形板、正六边形板产生了整体变形,焊缝纵向已经形成圆弧形,壳体已经成为一个球体——成形为目标球.

从图 9 可见 3 条焊缝交汇处成圆弧过渡,在此小三角区没有呈棱角状凸起<sup>[9]</sup>,成形良好,但由于 3 条焊缝交汇处焊缝余高较高,该点焊缝突出.

测量壳体五边形板和正六边形板的变形量.五边形板、正六边形板产生了整体变形,图 10 中五边形板沿  $a-a$  截面其中心凸起弧形高度  $6.2\text{ mm}$ ,图 11 中正六边形板沿  $a-a$  截面其中心凸起弧形高度  $10.7\text{ mm}$ .

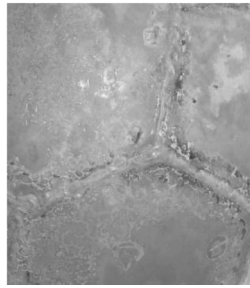


图 8 内压 0.45 MPa 成形实物照片 图 9 内压 0.45 MPa 成形实物局部照片

上极板处接管焊接处也产生了明显的变形。

图 8 是所成形的球体,质量较好,成形后测量球壳圆度误差小于 0.2%。

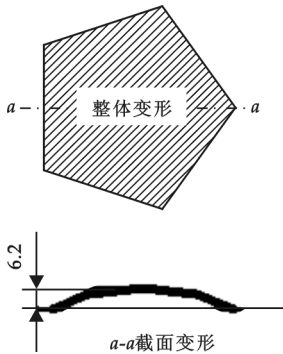


图 10 内压 0.45 壳体五边形板变形效果图

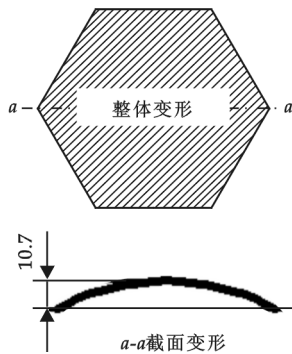


图 11 内压 0.45 壳体六边形板变形效果图

#### 4 结论

(1)实验证明,球形容器热塑性成形是完全可行的,实验壳体成形后球壳圆度误差小于 0.2%。在热塑性成形过程中,壳体板变形从中心开始,随着压力的增加,逐渐向周围发展,达到需要压力时形成整体变形;壳体板边沿棱角处变形相对滞后;在三块板的焊缝交汇处焊缝余高较高,焊缝突出,需严格控制焊缝余高或成形前修平焊缝余高。

(2)实验证明球形容器热塑性成形所需内压力计算的简化模型是可行的,实验检测结果与计算结果一致。

(3)在高温条件下成形时壳体表面容易产生氧化皮,在成形前可采用给壳体表面涂防止产生氧化的涂层等方法。

#### 参 考 文 献

[1] 陈海峰. 大型球罐热塑性成形技术[P]. 中国专利: 200510022761.8, 2005-12-30.  
[2] 戴枝荣. 工程材料机械制造基础( I )—— 工程材料[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.  
[3] 邹广华. 过程装备制造与检测[M]. 北京: 化工工业出版社, 2004.  
[4] 刘全坤. 材料成形基本原理. 北京: 机械工业出版社, 2005: 344-345  
[5] Lie, T. T. Fire resistance of circular steel columns filled with bar-reinforced concrete[J]. Journal of Structural Engineering, 1994, 120 (5): 1 489-1 509.  
[6] Lie, T. T. and Chabot, M. A Method to predict the fire resistance of circular concrete filled hollow steel columns[J]. Journal of Fire Engineering, 1990, 2(4): 111-126.  
[7] 陈全德. 材料成型工程[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2000.  
[8] 王仲仁. 弹性与塑性力学基础[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2007.  
[9] 刘 强. 近足球形封闭壳体无模液压胀形的实验研究[J]. 锻压技术, 2006, (4): 27~30.

(下转第 84 页)



\* 文章编号:1000-5811(2010)05-076-04

# 激发剂对粉煤灰活性的激发作用

陈若莉

(福建工程学院环境与设备工程系,福建 福州 350108)

**摘 要:**研究了 6 种激发剂对粉煤灰吸附活性的激发作用以及激发机理.结果表明: $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 的激发效果最好,当  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  的用量为  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  的 1.5 倍时,水合产物的活性增加了近一倍.激发剂激发粉煤灰活性的本质在于一方面增强了水合反应中对玻璃体的腐蚀作用,另一方面提高了水合作用的正向反应能力.

**关键词:**粉煤灰活性;比表面积;水合反应;激发剂

**中图法分类号:**TQ536;TQ424.2

**文献标识码:**A

## 0 引 言

粉煤灰具有火山灰活性,这是粉煤灰各种资源化利用方式的主要依据.粉煤灰的比表面积与粉煤灰的活性有线性相关关系<sup>[1-4]</sup>.粉煤灰的火山灰反应有利于提高粉煤灰的比表面积,使粉煤灰的吸附特性得到提高,从而增强粉煤灰作为吸附材料用于烟气脱硫的脱硫效率.

参加钙基吸收剂对粉煤灰进行水合活化反应是提高粉煤灰活性和烟气脱硫效率的有效方式<sup>[5]</sup>.而要增强水合作用的效果,添加适当的激发剂是必要的.水合作用对粉煤灰吸附活性的提高主要体现在两个方面:一方面粉煤灰中的活性  $\text{SiO}_2$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  具有不饱和键,能与  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  电离出来的  $\text{Ca}^{2+}$  反应生成具有空间网络结构的水合硅酸钙和水合铝酸钙等水合产物;另一方面,钙基吸收剂溶解后电离出来的  $\text{OH}^-$  会腐蚀粉煤灰玻璃体的表面,使粉煤灰的表面结构解体,增加粉煤灰中的不饱和键,促进火山灰反应<sup>[6]</sup>.另外,有研究认为  $\text{OH}^-$  的腐蚀作用在  $\text{pH} > 13.4$  时才对玻璃体起作用,而  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  饱和溶液的  $\text{pH}$  值低于 12.3<sup>[7]</sup>.因此,增加水合作用体系中的  $\text{OH}^-$  离子浓度和  $\text{Ca}^{2+}$  离子浓度,对正向促进粉煤灰的火山灰反应是必要的.

## 1 实验原料与方法

### 1.1 实验原料

实验所用粉煤灰取自福建省某坑口火力发电厂,呈黄灰色,密度为  $2.45 \text{ g/cm}^3$ ,烧失量 10.7%,含炭量较高,平均粒径为  $21.04 \mu\text{m}$ ,原始比表面积  $2.780 \text{ 36 cm}^2/\text{g}$ ,主要化学元素组成如表 1 所示.

表 1 粉煤灰主要元素组成

其余所用药品均为分析纯.

元素	Si	Al	Fe	Ca	O	C
含量/wt%	22.1	12.5	7.42	5.21	41.8	10.7

### 1.2 实验方法

将粉煤灰与  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  以 5 : 1 的质量比混合,加入一定量的激发剂,再加入固体总质量 15 倍的蒸馏水,在集热式磁力搅拌器中于  $90 \text{ }^\circ\text{C}$  恒温水浴水合反应 12 h 后过滤,在  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  干燥箱中干燥后磨碎测比表面积.

粉煤灰活性激发常用的激发剂包括硫酸盐激发剂、氯盐激发剂、碱激发剂等.本文选用了 3 种类型中的 6 种激发剂进行研究: $\text{NaOH}$ 、 $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{NaCl}$ .

\* 收稿日期:2010-07-19

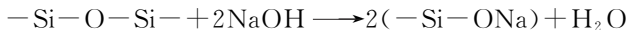
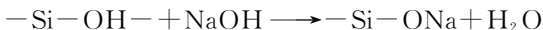
作者简介:陈若莉(1963—),女,福建省福州市人,实验师,研究方向:环境工程



## 2 实验结果与讨论

### 2.1 碱激发剂的影响作用

如图 1 所示,NaOH 对水合反应的激发作用随着其加入量的增加变化较大,当 NaOH 浓度小于 0.2 mol/L 时,产物比表面积持续增加,此时 OH<sup>-</sup> 的解聚功能得到了充分的发挥。



-Si-ONa 中的 Na<sup>+</sup> 可以被 Ca<sup>2+</sup> 置换,生成水合硅酸钙. 置换出的 Na<sup>+</sup> 继续循环反应,使反应不断进行<sup>[8]</sup>.

但随着 NaOH 浓度的增大,产物比表面积急剧下降,这是由于 OH<sup>-</sup> 与 Ca<sup>2+</sup> 的同离子效应所致,随着 OH<sup>-</sup> 浓度的增加,Ca<sup>2+</sup> 的浓度随之下降. 此时虽然由于 OH<sup>-</sup> 的解聚功能使体系中的活性物质比例增大,但是同样作为反应物的 Ca<sup>2+</sup> 则比较缺乏,决定反应的主要因素已经不再是活性物质的多少,而取决于 Ca<sup>2+</sup> 的浓度.

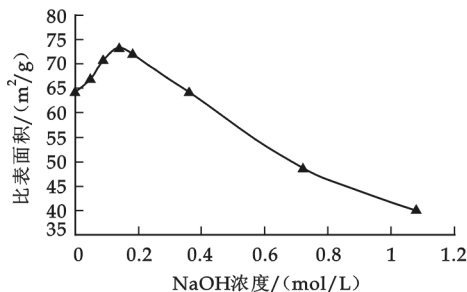


图 1 NaOH 对粉煤灰比表面积的影响

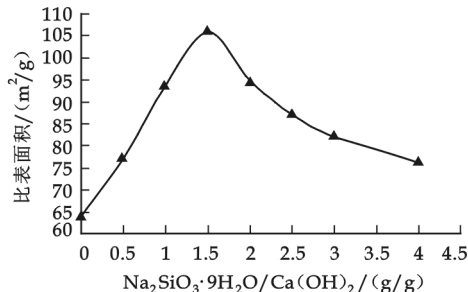


图 2 Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O 对粉煤灰比表面积的影响

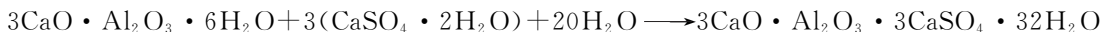
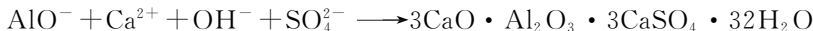
从图 2 可以看出 Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O 对水合反应的激发效果较好. 不使用激发剂的水合产物比表面积为 64.159 24 m<sup>2</sup>/g, 当 Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O 的加入量为 Ca(OH)<sub>2</sub> 质量的 1.5 倍时, 水合产物的比表面积高达 105.835 40 m<sup>2</sup>/g, 增加了近一倍. 当 Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O 的用量比大于 1.5 时, 产物比表面积虽然有所下降, 但始终保持在 64.159 24 m<sup>2</sup>/g 之上.

Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O 在水合系统中水解电离出 Na<sup>+</sup> 离子, Na<sup>+</sup> 离子与 Ca(OH)<sub>2</sub> 电离出的 OH<sup>-</sup> 结合生成强碱 NaOH, 这相当于增大了 Ca(OH)<sub>2</sub> 的溶解度: 一方面使液相中的 OH<sup>-</sup> 增多, 另一方面又使 Ca<sup>2+</sup> 的浓度增大. 因为未引入外来 OH<sup>-</sup>, 所以不会像 NaOH 那样发生同离子效应.

Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O 水解生成的硅胶也可以与 Ca<sup>2+</sup> 反应, 同样生成水合产物, 从另一个反应途径增加空间网络结构的水合产物.

### 2.2 硫酸盐激发剂的影响作用

硫酸盐的激发作用在于硫酸盐激发剂在水合系统中溶解后电离出的 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 离子不仅能吸附在玻璃体表面, 使反应活化点上的硅氧键和铝氧键断裂, 协助 OH<sup>-</sup> 的腐蚀作用, 还能与系统中已经生成的水合产物或原有活性物质反应产生钙矾石<sup>[9,10]</sup>.



钙矾石体积膨胀为水合反应提供了一些有利因素: 一方面玻璃体内部一些活性物质随着钙矾石体积膨胀、玻璃体表面裂开而暴露出来, 使火山灰反应物浓度增加; 另一方面, Ca<sup>2+</sup> 可以通过钙矾石松散的结构进入到玻璃体内部, 增强水合反应. 此外, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 能置换出水合产物中一部分的 SiO<sub>4</sub><sup>4-</sup>, 循环不断地促进水合反应的进行.

本文使用的硫酸盐激发剂有 CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. 除上述 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 的激发作用外, CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 可以电离出一部分的 Ca<sup>2+</sup>, 从而增加 Ca<sup>2+</sup> 的浓度, 但普遍认为这种作用不大. Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 加入水合系统后与 Ca(OH)<sub>2</sub> 结合, 相当于生成了 NaOH 和 CaSO<sub>4</sub>. NaOH 的溶解度远大于 Ca(OH)<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 的加入相当于增加了 OH<sup>-</sup> 的浓度.

图 3 显示,随着硫酸盐激发剂加入量的增加,产物比表面积呈现先增大再减小的趋势.在激发剂加入量较少时, $\text{Na}_2\text{SO}_4$  的激发作用优于  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;激发剂加入量较大,则  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  的激发作用较好.

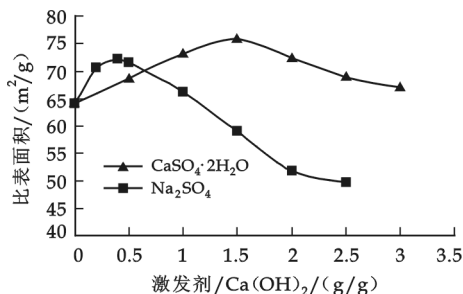


图 3 硫酸盐激发剂对粉煤灰比表面积的影响

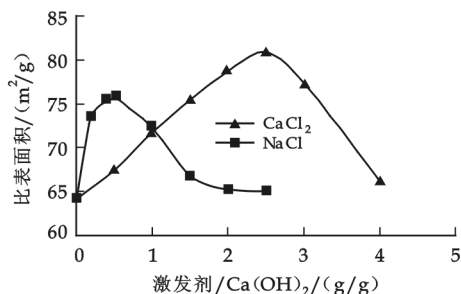
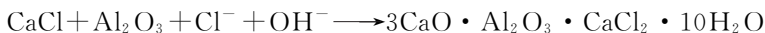


图 4 氯盐激发剂对粉煤灰比表面积的影响

### 2.3 氯盐激发剂的影响作用

氯盐激发主要是利用中性盐可以降低水化产物的电位,另外氯盐激发剂电离出的  $\text{Cl}^-$  扩散能力很强,能够穿透水合产物的表面,并与玻璃体内部的活性物质反应生成水化氯铝酸钙.水化氯铝酸钙使表面内外增大,从而破坏外层<sup>[11]</sup>.



$\text{CaCl}$  的加入增加了反应物  $\text{Ca}^{2+}$  的浓度, $\text{NaCl}$  在水中水解为  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  与  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  水解后的  $\text{OH}^-$  共存相当于少量强碱  $\text{NaOH}$  的作用<sup>[12]</sup>.

氯盐激发剂的激发效果较硫酸盐激发剂好.由图 4 可以看出,少量的  $\text{NaCl}$  对水合反应的激发效果明显, $\text{CaCl}_2$  的加入量增大,激发效果较好.这可能是因为  $\text{NaCl}$  提供的  $\text{OH}^-$  对粉煤灰玻璃体起到了腐蚀解聚作用,增加了活性物质的溶出量,这个作用在激发剂加入量较少时表现得比较明显; $\text{CaCl}_2$  的激发作用主要在于增加了火山灰反应产物的形成能力,在激发剂量较大时表现明显.

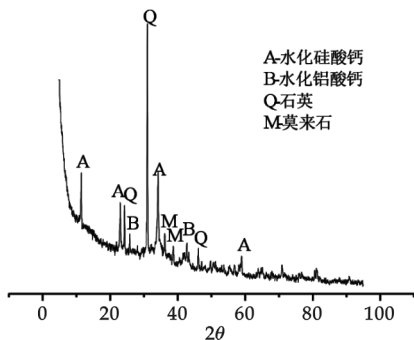


图 5 未使用激发剂的水合样品 XRD 图

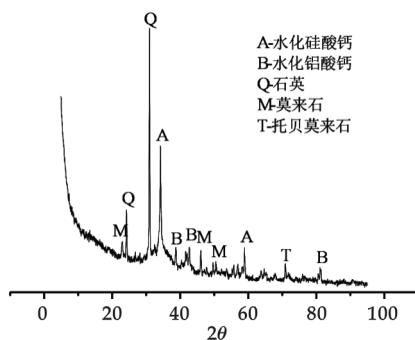


图 6 使用激发剂的水合样品 XRD 图

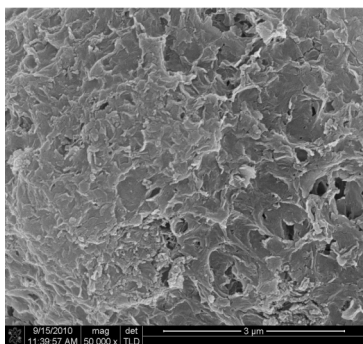


图 7 未使用激发剂的水合样品 SEM 图

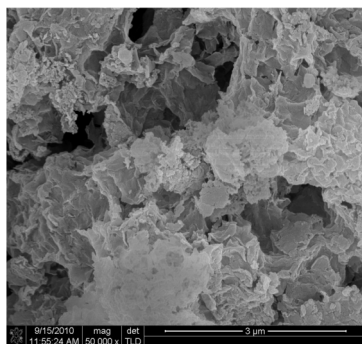


图 8 使用激发剂的水合样品 SEM 图

## 2.4 微观比较

选用相同条件下没有使用激发剂的样品和使用  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  用量比为 1.5 时的样品做矿物组成和表面形貌的对比。通过对图 5 和图 6 的比较发现:使用激发剂的产物矿物组成中水合硅酸钙和水合铝酸钙的比例明显增多,另外有少量托贝莫来石生成。图 7 和图 8 显示:使用激发剂后产物在相同比例的扫描图下呈现出更加明显的网络结构,产物孔径增大,表面更加稀疏,更多的内部物质暴露出来,空间结构更加明显。这说明玻璃体表面的腐蚀作用和火山灰反应的能力都得到了增强,并且是比表面积增大、活性提高的根本原因。

## 3 结论

在恰当的比例下,3 种类型中的 6 种激发剂均能对水合反应起到正向激发作用,提高水合产物的比表面积和活性;随着加入量的增加 6 种激发剂的激发作用均体现了先增大后减小的趋势,其中  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  的激发效果最佳。

各种激发剂表现的激发机理不同,但激发剂提高粉煤灰活性的本质在于增强了水合过程中玻璃体的腐蚀作用以及提高了水合反应的正向进行动力。

## 参 考 文 献

- [1] Tomohiro Ishizuka. Effect of calcium sulfate addition on the activity of the absorbent for dry flue gas desulfurization[J]. *Energy & Fuels*, 2001, 15: 438-443.
- [2] 王福元, 吴正严. 粉煤灰利用手册[M]. 北京: 中国电力出版社, 1997.
- [3] K. T. Lee, S. Bhatia, A. R. Mohamed, *et al.* Optimizing the specific surface area of fly ash-based sorbents for flue gas desulfurization [J]. *Chemosphere*, 2006, 62: 89-96.
- [4] K. T. Lee, A. R. Mohamed, S. Bhatia, *et al.* Removal of sulfur dioxide by fly ash/CaO/CaSO<sub>4</sub> sorbents[J]. *Chemical Engineering Journal*, 2005, 114: 171-177.
- [5] 时黎明, 徐旭常. 水合作用对钙基吸收剂脱硫特性的影响[J]. *环境工程*, 1998, 16(2): 37-40.
- [6] 曹红红, 匡建新, 颜国平. 激发剂作用下粉煤灰火山灰反应特征的研究[J]. *粉煤灰综合利用*, 1997, 2: 28-32.
- [7] 程 麟, 李东旭, 潘志华. 粉煤灰活化机制的研究[J]. *水泥技术*, 2005, (3): 22-25.
- [8] 殷素红, 樊粤明, 文梓芸, 等. 粉煤灰的活化[J]. *华南理工大学学报*, 1998, 26(12): 98-100.
- [9] Shiyuan Huang. Hydration of fly ash cement and microstructure of fly ash cement pastes[J]. *CBI Research*, 1981, 2: 81-87.
- [10] 王 智, 郑洪伟, 钱觉时. 硫酸盐对粉煤灰活性激发的比较[J]. *粉煤灰综合利用*, 1999, 3: 15-18.
- [11] 丁 益, 任启芳. 粉煤灰活化处理技术与应用进展[J]. *安徽建筑工业学院学报*, 2009, 17(3): 72-74.
- [12] 翁仁贵. 循环流化床粉煤灰胶凝材料的研究[D]. 福州: 福州大学硕士学位论文, 2009.

# EXCITATION EFFECT OF EXCITING AGENT ON THE ACTIVITY OF FLY ASH

CHEN Ruo-li

(Department of Environment and Equipment, Fujian University of Technology, Fuzhou 350108, China)

**Abstract:** We studied the excitation effect and excitation mechanism of six exciting agent on the activity of fly ash. The results showed that the  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  was the best exciting agent, and the activity of hydration products nearly doubled when the weight of  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  was 1.5 times of that of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . The excitation mechanism of exciting agent was as follows: in hydration reaction the corrosion action on vitreous mineral was enhanced, on the other hand the forward reaction energy of hydration reaction was increased.

**Key words:** activity of fly ash; specific surface area; hydration reaction; exciting agent

# 桌面应用程序嵌入 Google Map 及其交互方法研究

杨帆<sup>1</sup>, 张彩丽<sup>2</sup>

(1. 陕西科技大学电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021; 2. 陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘要:**针对定位跟踪等应用领域的实际需求,阐述了桌面应用程序嵌入 Google Map 电子地图的基本方法,研究了桌面程序与之进行交互操作实现路径,并给出了一个基于 GPS 的远程实时定位监测实验案例.实验系统由桌面定位程序集成 Google Map,并根据通信模块采集的经纬度参数动态控制 Google Map 以添加和删除当前位置的标注,结果表明,该方法简单可行,能直接应用于定位与跟踪类的应用软件开发.

**关键词:**桌面程序; 电子地图; 交互操作; Google Map API

**中图法分类号:**TP391.41

**文献标识码:**A

## 0 引言

随着定位技术的成熟和不断深入应用,绝大部分用户已经不满足仅仅获取地理位置的经纬度数据信息,往往还需要在主流的电子地图上显著地标注出来,以增强应用程序的可视化效果.交互式的地图日益流行于现代 Web 应用程序中,而且在这方面的确存在着大量的潜在用户——房地产和旅游业就是两个很明显的领域.但是在新兴的应用诸如轨迹跟踪、物流监控等传统的桌面应用系统中,嵌入免费的 Google Map 电子地图以实现相应的业务功能,大幅度降低开发成本并且提高开发效率同样具备巨大的现实意义,本文将就这一技术需求展开研究.

## 1 Google Map API 简介

自 Google 公司推出 Google Map 以来,Google Map 提供了各种地图服务,包括全球详细的卫星照片,在全球得到了广泛的应用,同时 Google 为全球 Google Map 爱好者提供开放的 API 程序接口以自行开发 Google Maps 服务,建立自己的地图网站,从而降低开发地理应用程序的门槛,把 Google 的地图信息和自己的数据整合起来以建立自己的地理信息服务.

Google Map API 是一种通过 JavaScript 将 Google 地图嵌入到网页的 API,其提供的最重要的类是 GMap,它代表页面上的地图对象,用户可以根据需要在页面上使用多个 GMap 的实例.开发包提供给用户的动态函数库让开发者可以为每个实例提供一些指定的事件,并利用静态方法 GEvent.addListener 或 GEvent.bind 监视这些事件,此外 API 还提供 GMarker、GIcon、GPolyline、GLargeMapControl 等类来分别实现标注、标记、折线、控件等功能.

应用 Google Maps 这种简单而有效的在线地图服务有两点优势:其一是免费地图资源的利用(非商业用途);其二是开放的 Google Map API 接口可以为用户提供各种地图信息和各种功能,因此目前不少

\* 收稿日期:2010-09-03

作者简介:杨帆(1973—),男,陕西省礼泉县人,讲师,硕士,研究方向:智能信息处理技术、计算机监控技术  
基金项目:陕西省农业科技创新项目(2010NKC-32)、陕西科技大学自然科学基金项目(ZX09-35)

地图应用系统的开发都开始选择基于 Google Map 技术进行开发,并在交通、气象、旅游、军事等领域开始了广泛应用。

## 2 应用程序中 Google Map 的嵌入

在 Web 应用程序中,Google 提供了在网站上显示 Google 地图的详细解决方案,首先需申请一个 Google Map 的 API Key(<http://www.google.com/apis/maps/signup.html>),在提示的网址文本框内输入服务器所在的网址,并确认 Google 的约束条款,Google 便会直接显示一个分配的 Key,然后在编辑的网页文件内加入以下代码:

```
<script src="http://maps.google.com/maps? file=api&v=1 &key=ADD_YOUR_KEY_HERE" type="text/javascript">.
```

该 URL 指向包含使用 Google 地图 API 需要的所有符号和定义的 JavaScript 文件的位置,“key= ADD\_YOUR\_KEY\_HERE”即为注册后获取 API 时收到的密钥,同时要使地图在网页上显示,必须为其留出位置.通常,通过创建名为 div 的元素,并在浏览器的文档对象模型(DOM)中获取此元素的引用执行此操作,如:

```
<div id="map" style="width:500px;height:300px"></div>
```

div 名为“map”,地图的尺寸使用样式属性设置,地图会自动使用容器尺寸调整自身的尺寸。

在编辑的网页文件中添加 JavaScript 代码创建一个 GMap 的对象(从 Google 的 JavaScript 脚本中的一个类进行实例化),使用它操纵其他的显示和控制部分:

```
var map = new GMap(document.getElementById("map"));
```

最后,显示地图中心的经度是 34.380390,纬度是 108.968796,并在中心点标注位置。

```
map.centerAndZoom(new GPoint(34.380390,108.968796),13);
```

```
map.addOverlay(new GMarker(point));//定位点绘制标记
```

以上步骤即实现了在自己网页中 Google Map 地图的加载,访问 Web 服务器上的这个 html 文件即可在浏览器中观察实际的电子地图。

但是对于桌面应用程序来说,目前尚未发现可以直接使用的电子地图显示方案,不过一般桌面应用程序开发环境比如常用的 MS Visual Studio. NET 都提供了一个 WebBrowser 控件.使用 WebBrowser 控件可以模仿 IE 的功能进行 Web 访问,但不仅仅局限于此,还可以通过禁用默认的 IE 功能将该控件用作简单的 HTML 文档查看器,甚至可以浏览 Office 各种格式文档。

因此对于桌面应用程序来讲,嵌入 Google Map 电子地图可以按照上述步骤,首先创建静态 HTML 页面,在该页面中添加 Google Map API 的应用,实现电子地图的加载,然后在桌面应用程序中通过使用 WebBrowser 控件浏览创建的静态 HTML 页面,从而达到在桌面应用程序中嵌入 Google Map 的目的.例如,按照上述步骤创建文件名为 1. html 的文件(详细代码可参阅 Google 网站有关介绍),引用 Google Map API,加载电子地图,桌面应用程序中添加对 WebBrowser 空间的引用,并调用 WebBrowser1.Navigate(Application.StartupPath + “ 1. html”),即可实现桌面程序中电子地图的嵌入.图 1 是实验环境下桌面应用程序加载电子地图的实际效果。

## 3 桌面程序和电子地图的交互

在编写的静态 html 文件中可以按照 Google Map API 的技术规范,使用 JavaScript 脚本语言调用相关对象及方法,实现电子地图的平移、缩放、地标的标注、区域绘制甚至查询数据库获取位置相关的其他信息等操作,完全等同于 Web 方式下的应用,能够满足一般意义上的地图应用。

但是对于行迹追踪、目标定位、物流监控等应用,往往监视目标所在位置通过桌面通信程序获取,而静态加载的电子地图就不能随着通信获取位置数据的变化动态地标标注监视目标当前的位置,因此桌面程序和 WebBrowser 控件浏览的静态 HTML 页面之间交互操作,实现电子地图动态标注就成为应用系统开发的关键技术。

由于 googleMap 的标注都由 JavaScript 脚本语言实现,比如设计如下脚本函数,并添加在编写的静态页面脚本代码中:



图 1 桌面程序中嵌入 Google Map 的实际效果图

```
function GotoPosition(lat,lng)
{
    map.clearOverlays();//删除 Google Map 中原有标记
    var point=new GLatLng(lat,lng); //创建新标记位置
    map.panTo(point); //地图平移至新标志位置
    map.setCenter(new GLatLng(lat,lng),14); //新标记设置为地图显示中心位置
    map.addOverlay(new GMarker(point)); //在 Google Map 中添加最新位置的标记
}
```

如果桌面程序能够调用该脚本函数,并传之以最新的未知数据即经纬度数据 lat 和 lng,即可实现桌面应用程序加载电子地图,并且可以动态添加或删除当前位置在地图镇南关的标注,从而攻克行迹追踪、目标定位、物流监控等应用的关键技术。

桌面应用程序使用 WebBrowser 控件达到嵌入电子地图的目的,而 WebBrowser 控件可以通过 ObjectForScripting 和 Document 属性在客户端应用程序代码和网页脚本代码之间实现双向通信。此外,可以对 WebBrowser 控件进行配置,使 Web 控件可以与应用程序窗体上的其他控件进行无缝整合。

本文中桌面程序开发以 C# 窗体应用程序为例在桌面程序中借助 WebBrowser 控件实现和网页脚本代码之间的双向通信,首先在窗体类(假设为 Form1 类)的上方添加

```
<PermissionSet(SecurityAction.Demand, Name:=“FullTrust”)> _
<System.Runtime.InteropServices.ComVisibleAttribute(True)> _
```

这个属性设置目的是为程序集设置请求权限,并使得 COM 组件对应用程序来讲是可见的,这样才能够使得桌面程序调用网页脚本代码。

然后通过 WebBrowser1.Document.InvokeScript(param1,param2)调用脚本代码,参数 param1 就是脚本代码中准备调用的脚本函数;参数 param2 是一个数组,可以实现多个参数的传递。例如,在桌面程序中获取确定的经纬度参数 lat 和 lng,执行如下代码,调用 JavaScript 脚本中动态标注函数,即可实现实时定位与跟踪的地图显示:

```
object[] paramArray = new object[2]; paramArray[0] = lat; paramArray[1] = lng;
WebBrowser1.Document.InvokeScript(“GotoPosition”, paramArray);
```

为了证明上述方法的可行性,构建了一个 GPS 定位与跟踪实验系统。实验系统由 GPS 定位数据采集终端、实验系统计算机和通信接口组成。GPS 终端每 1 分钟采集一次当前位置的经纬度,以 SMS 的方式发送给实验系统计算机,实验系统计算机通过通信接口 GSM Modem 获取定时传实现地理位置的标定和显示。关键代码如下:

```
using System;
using System.Windows.Forms;
using System.Security.Permissions;
[PermissionSet(SecurityAction.Demand, Name=“FullTrust”)]
```

```
[System.Runtime.InteropServices.ComVisibleAttribute(true)]
public class Form1 : Form
{
    private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)//实现地图加载
    {
        webBrowser1.ObjectForScripting = this;
        webBrowser1.Navigate(Application.StartupPath + " 1.html");
    }
    //实验计算机通过串口和 GSM Modem 连接,响应串口事件,获取短信息
    private void serialPort1_DataReceived(object sender, SerialDataReceivedEventArgs e)
    {
        byte[] data = Convert.FromBase64String(serialPort1.ReadLine());
        string str=Encoding.ASCII.GetString(data);
        string[] param=new string[2];
        Param=GetSMS(str);//从短信中提取 GPS 终端当前位置的经纬度
        object[] paramArray=new object[2]; paramArray[0] = Param[0]; paramArray[1] = Param[1];// Param
[0]经度;Param[1]纬度;
        //借助 webBrowser1 执行静态 Web 夜间的脚本函数,实现位置标注
        webBrowser1.Document.InvokeScript("GotoPosition", paramArray);
    }
    .....//其他代码略
}
```

为了说明实际跟踪效果,脚本函数在标注电子地图时并未消除原来的标注,实际应用表明,本文所提出的桌面应用程序嵌入电子地图并与之交互实现动态控制的方案是可行的.图 2 是 GPS 定位终端通过 SMS 传递所在位置经纬度,由桌面应用程序实现地图定位和标注的实际效果.



图 2 桌面程序嵌入 Google Map 在 GPS 定位中的应用效果

4 结束语

本文将 Web 应用系统中比较流行的载入电子地图的方法移植于桌面应用程序的设计与开发中,详细介绍了桌面应用程序开发模式下载入电子地图的基本方法和关键技术,并给出了一个基于 GPS 的远程实时定位监测实验案例,证明了本文提出方法的有效性.这种方法可以在物流监控、汽车防盗、学生监护、老弱病残追踪、司法电子监控、企业移动工作队伍与业务人员的有效监管等实时性要求比较高的场合发挥积极作用.

## 参 考 文 献

- [1] 张谷丰, 朱叶芹. 应用 Google Map API 建立病虫害实时发布系统[J]. 中国植保导刊, 2009; 13-14.
- [2] 夏慧军. JavaScript 典型应用与最佳实践[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [3] Andre Lewis. Google Maps 应用程序[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [4] 江 宽. Google API 开发详解[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.

## RESEARCH ON THE METHOD OF EMBEDDING GOOGLE MAP IN DESKTOP APPLICATION AND INTERACTING WITH THE APPLICATION

YANG Fan<sup>1</sup>, ZHANG Cai-li<sup>2</sup>

(1. School of Electrical and Information Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China; 2. School of Mechanical and Electrical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** According to the practical needs in locating and tracking area, the basic method of embedding Google Map into desktop application and interacting with the map is introduced, and a case of GPS based remote real time locating system is provided based on this method. The desktop application control the Google map embedded to add or remove the marker with the GPS data such as latitude and longitude. Experiment result indicates that the method provided in the paper is easy to implement, and can be applied directly in software development such as locating and tracking area.

**Key words:** desktop application; electronic map; interacting; google map API

~~~~~  
(上接第 75 页)

## EXPERIMENTAL RESEARCH OF DIELESS THERMOPLASTIC FORMING OF NEAR SOCCER-SHAPE CLOSED SHELL

LI Rui-hu, SHI Nuo, CHEN Hai-feng

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** Dieless thermoplastic forming is a kind of dieless forming technology, which is heating closed shell to thermoplastic state, and then forming it the spherical shape of a container by aerating gas to exert pressure. This paper does a experimental research of thermoplastic forming of spherical vessel, adapting near-soccer shape closed shell, with 900 °C being heating temperature and pressure being 0.45 MPa, and roundness error of formed spherical shell is less than 0.2%. The experiment has shown that dieless thermoplastic forming of spherical vessel is absolutely feasible, which provides a completely new method of forming for the manufacture of large spherical containers.

**Key words:** spherical vessel; near-soccer shape closed shell; thermoplastic forming



\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0085-07

# 多电平逆变电路的控制方法仿真研究

孟彦京, 周 斌  
(陕西科技大学电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘 要:**研究了各类多电平逆变器的结构和级联式逆变器的脉宽调制方法,建立了级联式逆变器的数学模型,为解决传统多电平空间矢量 PWM 方法复杂,难以应用于实际系统的问题,提出了一种新型多电平的 SVPWM 方法. 为验证新方法的正确性,进行了 Matlab7.0/simulink 系统仿真,结果初步验证了新型多电平 SVPWM 方法的可行性,为多电平空间矢量 PWM 方法的实际应用提供了一种新的思路.

**关键词:**多电平逆变器; 电压空间矢量; PWM 控制; 仿真研究

**中图法分类号:**TM13      **文献标识码:** A

## 0 前 言

在电力电子领域,随着电力电子技术的发展,高压大功率变换器已获得广泛应用,特别是在交通、冶金、石油电力等领域,对变换器容量的要求也越来越大<sup>[1]</sup>. 由于受到功率器件容量的限制,在高压大容量的应用场合,传统电路一般采用 2 种方法来实现:一种是用中低压变换器采用多重化技术实现;另一种是低压器件串联应用实现高压输出. 但是上述 2 种方法均存在较大缺点,多重化技术需要庞大的变压器,其系统造价提高、降低了系统效率,同时因变压器磁性材料的特性,变换器在低频( $<20\text{ Hz}$ )时能量传输困难,大大限制了该方法在低频变换器上的应用. 而器件串联应用则存在器件均压问题,不论静态均压还是动态均压电路,均会使系统电路复杂,可靠性降低. 为此,研究人员努力寻求一种既无需变压器,又无需均压电路的变换器拓扑结构,“多电平变换器”的出现引起了人们的注意并受到越来越多的关注. 1977 年,德国学者 Holtz 首次提出三电平变换拓扑,其主电路采用常规的两电平电路,仅在其每相桥臂带一对开关管作为辅助中点进行钳位. Nabae A 等人将辅助开关管换成一对钳位二极管,分别和上下桥臂串联开关管相连以辅助中点钳位,称为中点钳位式——Neutral Point Clamped (NPC)三电平变换器<sup>[2]</sup>,这种变换器控制较容易,主开关管关断时仅承受直流侧一半的电压,因此更适合在大功率场合使用.

## 1 三电平逆变器的工作原理

在三电平逆变器中,每一相需要 4 个主开关器件、4 个续流二极管、2 个钳位二极管,平均每个主开关管所承受的正向阻断电压为  $U_d/2$ <sup>[3]</sup>. 下面进一步分析中性点钳位逆变器主电路的稳态工作情况.

### 1.1 工作模式 1

开关器件 VI1、VI2 导通,VI3、VI4 关断分两种情况考虑:(1)电流方向为流入负载,即电流 P 点流过 VI1、VI2 到达输出端 A. 若忽略开关器件的正向导通管压降,则输出端电位等同于 P 点电位. (2)电流从负载流出,此时电流从输出端 A 流过续流二极管 VD2、VD1 注入 P 点,输出端 A 点电位仍等同于 P 点电位.

\* 收稿日期:2010-09-11  
作者简介:孟彦京(1956—),男,河北省宁晋县人,教授,硕士,研究方向:电力电子与电力传动、现场总线技术及其在电力传动中的应用

1.2 工作模式 2

开关器件 VI2、VI3 导通,VI1、VI4 关断:(1)电流流入负载,则电流从中性点 O 通过钳位二极管 VD5、主开关器件 VI2 到达输出端,输出端电位等同于 O 点电位.(2)电流从负载流出,电流从输出端流过 VI3、VD6 注入中性点,该相输出端电位让等同于 O 点电位.在这种情况下,VD5、VD6 与 VI2、VI3 一起钳制了输出端电位等于中性点电位.

1.3 工作模式 3

开关器件 VI3、VI4 导通,VI1、VI2 关断.它的工作模式与工作模式 1 相仿,输出端 A 点电位等同于 N 点电位.

表 1 3 种工作模式的开关状态与每相输出电压

| 工作模式 | VI1 | VI2 | VI3 | VI4 | 输出电压     | 状态代号 |
|------|-----|-----|-----|-----|----------|------|
| 1    | 通   | 通   | 断   | 断   | $+U_d/2$ | P    |
| 2    | 断   | 通   | 通   | 断   | 0        | O    |
| 3    | 断   | 断   | 通   | 通   | $-U_d/2$ | N    |

由以上分析可知,在中性点钳位型逆变器中,主开关管 VI1 和 VI4 不能同时导通,而 VI1 和 VI3、VI2 和 VI4 的工作状态是互反的,这是三电平逆变器的基本控制规则.3 种工作模式的开关状态与每相输出电压见表 1.

2 中性点钳位型逆变器工作状态的切换

三电平 NPC 型逆变器的稳态工作具有 P、O、N 3 种开关状态,从一种开关状态转换到另一种开关状态必然需要换相,下面首先以一相桥臂电路为例,分析 NPC 型逆变器从 P 状态切换至 O 状态的过程.

2.1 电流从逆变器流向负载端

设初始状态为主开关器件 VI1、VI2 导通,电流流经为 P 电位—VI1—VI2—A 端,如图 1(a)所示.为使逆变器从 P 状态切换至 O 状态,先给 VI1 施加关断信号,由于 VI1 关断有延时,所以电流仍可继续流通.待 VI1 完全关断后,便形成 O 电位—VD5—VI2—A 端的电流流经,使钳位二极管 VD5 流过全部负载电流,因而由 VI1 到 VD5 的换相过程结束,电流流经变成如图 1(b)所示.此时负载端呈零电位,逆变器进入 O 状态工作.应该指出,在这种状态下,器件 VI3 虽然接收到导通信号,但对电路的工作并无影响.

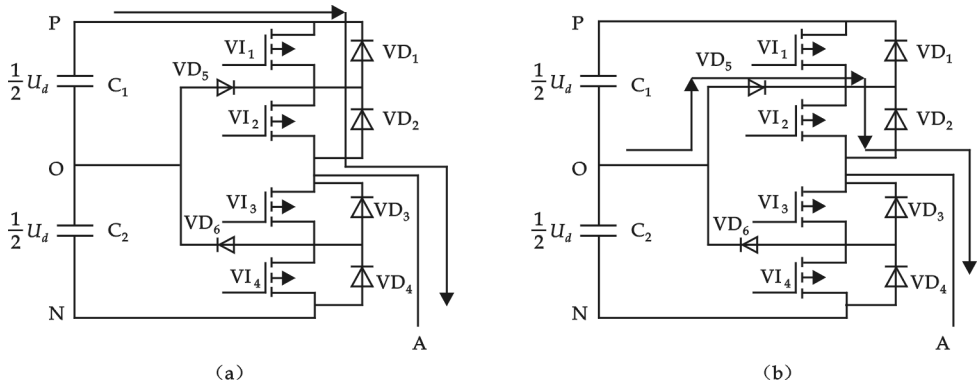


图 1 电流流入负载时三电平逆变器 P-O 状态切换:(a)从 P 流向 A,(b)从 O 流向 A

2.2 电流从负载端流向逆变器

其初始状态如图 2(a)所示,电流流经为 A 端—VD2—VD1—P 电位,此时负载端电位就是 P 电位.从表 1 可知,为了使逆变器从 P 状态切换至 O 状态,VI2、VI3 应有导通驱动信号,而 VI1、VI4 则有关断信号. VI1 的关断对电路的工作没有影响,而 VI3 的导通则提供了从 A 端—VI3—VD6—O 电位的电流路径.由于 O 比 P 的电位低,所以从负载来的电流大量流向此路径,并使流经 VD2—VD1 的电流不断减少,直至为零,如图 2(b)所示,这就完成了从 P 状态切换到 O 状态的换相过程.

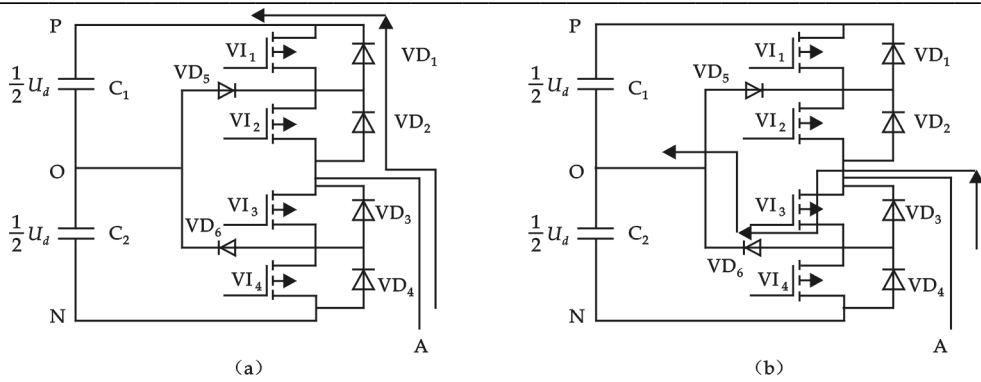


图 2 电流流入逆变器时三电平逆变器 P-O 状态的切换:(a)从 A 流向 P,(b)从 A 流向 O

3 三电平逆变器的电压相量 PWM 控制法

对于以交流电动机为负载的三相对称系统,当在电动机上加的是三相正弦电压时,如

$$u_A = U_m \sin(\omega t) \quad u_B = U_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) \quad u_C = U_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) \tag{1}$$

则对应的空间电压相量的定义为

$$U = \frac{2}{3}(u_A + au_B + a^2 u_C), (a = e^{j\frac{2\pi}{3}}) \tag{2}$$

可以用此来分析三相三电平逆变器向交流异步电动机供电时在电动机气隙中磁通向量的运行轨迹. 此时设逆变器输出的端电压为  $u_{AO}, u_{BO}, u_{CO}$ , 电动机上的相电压为  $u_{AO}', u_{BO}', u_{CO}'$ , 电动机中性点对逆变器参考电压为  $u_{CO}'$ , 亦即零序电压<sup>[3]</sup>. 这里  $O'$  为电动机中性点,  $O$  为逆变器直流电压电源电位参考点. 此时前面所说的电动机定子电压的空间相量为

$$U_s = \frac{2}{3}(u_{AO}' + au_{BO}' + a^2 u_{CO}') = \frac{2}{3}(u_{AO} + au_{BO} + a^2 u_{CO}) = u_\alpha + ju_\beta \tag{3}$$

而且有

$$u_{AO}' = u_{AO} - u_{CO} \quad u_{BO}' = u_{BO} - u_{CO} \quad u_{CO}' = u_{CO} - u_{CO} \tag{4}$$

理想的三电平逆变器电路的开关模型如图 3 所示, 每相桥臂的电路可以简化成为一个与直流电源相通的单刀三掷开关 S.

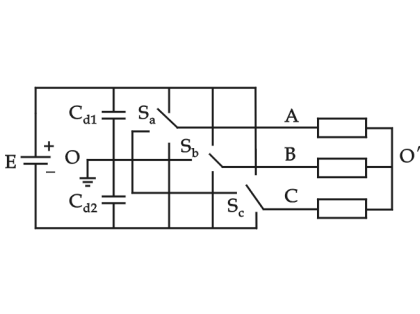


图 3 三电平逆变电路的开关模型

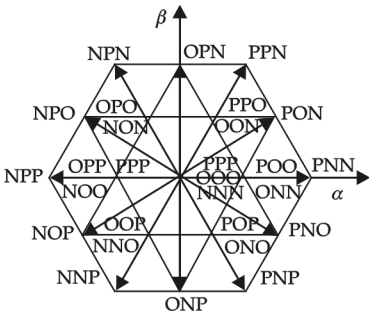


图 4 三电平逆变器空间相量分布图

在正常情况下,以图中 O 点为逆变器零电位的参考点,则三电平逆变器电路的一个桥臂有  $E/2, 0$  和  $-E/2$  3 种输出电压电平,即每相输出分别有正(P)、零(O)、负(N)3 个开关状态. 如果定义开关变量  $S_a, S_b, S_c$  为各相桥臂的输出状态,则各相电压表示为

$$u_A = \frac{E}{2} S_a \quad u_B = \frac{E}{2} S_b \quad u_C = \frac{E}{2} S_c$$

其中

$$S_x = \begin{cases} 1 \\ 0 \\ -1 \end{cases} \tag{5}$$

1:第  $x$  相输出电平  $P$ ; 0:第  $x$  相输出电平  $O$ , 这里  $x$  为  $a$ 、 $b$  或  $c$ ; -1:第  $x$  相输出电平  $N$ .

因此,三相三电平逆变器就可以输出 27 种电压状态组合,对应 27 组不同的逆变器开关状态,此时仍定义电压空间相量为

$$U_s(k) = \frac{1}{3}E(S_a + aS_b + a^2S_c) = \frac{E}{6}[(2S_a - S_b - S_c)] + j\sqrt{3}(S_a - S_c) \quad (6)$$

则在  $\alpha\beta$  平面上,三电平逆变器 27 组开关状态所对应的空间相量如图 4 所示. 图中标出了不同开关状态组合和空间相量的对应关系,如其中 PNN 表示 A、B、C 三相输出对应的开关状态为正(P)、负(N)、负(N). 另外可以看出,同一电压相量可以对应不同的开关状态,越向内层对应的冗余开关状态越多. 因此,在  $\alpha\beta$  平面的 27 组开关状态实际上只对应 19 个空间相量,简称为基本相量.

### 3.1 参考电压相量的合成

为了使三电平逆变器输出的电压相量接近于圆形、并最终得到圆形旋转磁通链,也可利用逆变器的输出电压电平和作用时间的有限组合,用多边形去接近圆形. 在采样周期内,对于一个给定的参考电压相量  $U_{ref}$ ,可以用 3 个基本电压相量来合成,根据伏秒平衡原理,满足以下方程组:

$$\begin{cases} t_1\dot{U}_1 + t_2\dot{U}_2 + t_3\dot{U}_3 = T_s\dot{U}_{ref} \\ t_1 + t_2 + t_3 = T_s \end{cases} \quad (7)$$

式中,  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  分别为  $\dot{U}_1$ 、 $\dot{U}_2$ 、 $\dot{U}_3$  相量对应的作用时间;  $T_s$  为采样周期. 根据此方程组可以得到各基本相量的作用时间. 而后根据基本相量与开关状态的对应,结合其他一些要求来确定所有的开关状态及输出形式. 为了实现三电平逆变器的空间相量 PWM 控制,根据上述原则,在每个采样周期内应分为以下 4 个步骤<sup>[5]</sup>:

(1)首先要找出合成参考电压相量的 3 个基本相量.

(2)确定 3 个基本相量的作用时间,即每个电压相量对应的占空比.

(3)确定各个基本电压相量所对应的开关状态.

(4)确定各开关状态的输出次序以及各相输出电平的作用时间,即确定输出的开关状态序列和对应的三相占空比.

### 3.2 三电平空间相量 PWM 控制算法—600 坐标系的算法

在  $\alpha\beta$  平面上,根据三电平基本空间相量之间的角度都是  $60^\circ$  倍数这一特点,可以推断,采用非正交的  $60^\circ$  坐标系可以简化参考相量的合成和作用时间的计算<sup>[6]</sup>.

#### 3.2.1 坐标变化

假设采用  $60^\circ$  坐标系为  $g$ - $h$  坐标系,取  $g$  轴和直角坐标中  $\alpha$  轴重合,逆时针转  $60^\circ$  为  $h$  轴,如图 6 所示.

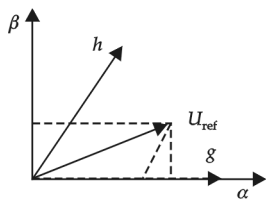


图 5 600 坐标系与  $\alpha\beta$  坐标系

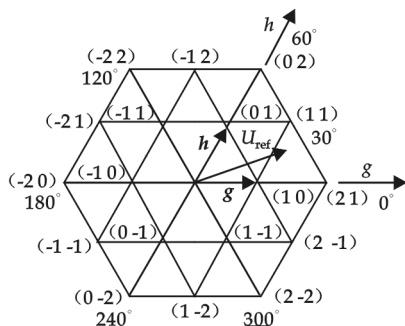


图 6 600 坐标系的三电平空间相量图

假设参考相量  $\dot{U}_{ref}$  在  $\alpha\beta$  坐标系中的坐标为  $(u_{ra}, u_{r\beta})$  变换到  $g$ - $h$  坐标系中的坐标为  $(u_{rg}, u_{rh})$ , 根据线性关系可以得到两种坐标系的变换式

$$\begin{bmatrix} u_{rg} \\ u_{rh} \end{bmatrix} = [C] \begin{bmatrix} u_{ra} \\ u_{r\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1/\sqrt{3} \\ 0 & 2/\sqrt{3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{ra} \\ u_{r\beta} \end{bmatrix} \quad (8)$$

当  $a-b-c$  坐标形式表示时,假设三相电压为  $\dot{U}(u_A, u_B, u_C)$ ,则由 clark 变换可以得到在  $g-h$  坐标系中的

$$\text{电压相量形式,其变换式为} \quad \begin{bmatrix} u_g \\ u_h \end{bmatrix} = [D] \begin{bmatrix} u_A \\ u_B \\ u_C \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_A \\ u_B \\ u_C \end{bmatrix} \quad (9)$$

对于以交流电动机为负载的三相逆变器,由于相电压是对称的,故有  $\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 0$ ,空间相量的轨迹一定位于一个平面之中,将三电平逆变器的基本相量变换到  $g-h$  坐标系中,即可得到变换到  $g-h$  坐标系中的三电平空间相量图,如图 6 所示。

### 3.2.2 基本相量选择

由图 6 可知,所有的基本相量的坐标都是整数,因此对于任意的空间参考相量  $\dot{U}_{\text{ref}}(u_{rg}, u_{rh})$ ,距离其最近的 4 个电压相量可以由空间参考相量的坐标向上和向下取整得到。对于图 6 的参考相量,对应的 4 个电压相量假设为

$$\dot{U}_{UL} = \begin{bmatrix} - \\ \dot{U}_{rg} \\ \dot{U}_{rh} \\ - \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \dot{U}_{LU} = \begin{bmatrix} \dot{U}_{rg} \\ - \\ - \\ \dot{U}_{rh} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dot{U}_{UU} = \begin{bmatrix} - \\ \dot{U}_{rg} \\ \dot{U}_{rh} \\ - \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dot{U}_{LL} = \begin{bmatrix} \dot{U}_{rg} \\ - \\ - \\ \dot{U}_{rh} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (10)$$

上式中,在坐标变量上、下画线表示向上或向下取整;相量下标  $U$  代表其中的变量向上取整; $L$  代表向下取整。这 4 个相量的终点构成一个等边平行四边形,这个等边平行四边形被  $\dot{U}_{UL}/\dot{U}_{UL}$  终点构成的对角线分成两个等边三角形。同时总是两个最近的相量,第三个相量就是剩下的两个相量中的一个,这个相量必然与参考相量在由  $\dot{U}_{UL}/\dot{U}_{UL}$  的终点所构成的对角线的同一侧,此对角线为

$$g+h=\dot{U}_{ULg}+\dot{U}_{ULh} \quad (11)$$

因此根据表示式  $\dot{U}_{rg} + \dot{U}_{rh} - (\dot{U}_{ULg} + \dot{U}_{ULh})$  的符号,便可以判断第三个相量;当表示式的值大于零时,  $\dot{U}_{UU}$  是第三个相量;当表示式的值小于或等于零时,则  $\dot{U}_{LL}$  是所要求得到的第三个最近的相量。以图 6 为例,求得的 3 个最近相量为  $\begin{bmatrix} 2 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ 。

### 3.2.3 作用时间的计算

当 3 个最近的相量被确定以后,就可以通过下面的方程式计算出各个相量的占空比

$$\dot{U}_{\text{ref}} = (d_1 \dot{U}_1 + d_2 \dot{U}_2 + d_3 \dot{U}_3) \quad (12)$$

$$d_1 + d_2 + d_3 = 1 \quad (13)$$

式中,  $\dot{U}_1 = \dot{U}_{UL}$ ;  $\dot{U}_2 = \dot{U}_{LU}$ ;  $\dot{U}_3 = \dot{U}_{LL}$  或  $\dot{U}_3 = \dot{U}_{UU}$ 。所有开关状态的坐标为整数,方程组的解可以基于参考电压的小数部分来获得。

(1) 当  $\dot{U}_3 = \dot{U}_{LL}$  时,将式(12)按  $g-h$  轴展开,并与式(13)联立:

$$\dot{U}_{rg} = \dot{U}_{ULg} d_1 + \dot{U}_{ULg} d_2 + \dot{U}_{ULg} d_3 \quad (14)$$

$$\dot{U}_{rh} = \dot{U}_{ULh} d_1 + \dot{U}_{ULh} d_2 + \dot{U}_{ULh} d_3 \quad (15)$$

$$\dot{U}_{LLh} = \dot{U}_{ULh} \quad \dot{U}_{LLg} = \dot{U}_{ULg} \quad (16)$$

$$\dot{U}_{LUh} - \dot{U}_{LLh} = 1 \quad \dot{U}_{LUg} - \dot{U}_{LLg} = 1 \quad (17)$$

$$d_1 + d_2 + d_3 = 1 \quad (18)$$

解式(14)~式(18)得

$$d_1 = d_{UL} = \dot{U}_{rg} - \dot{U}_{LLg} \quad (19)$$

$$d_2 = d_{LU} = \dot{U}_{rh} - \dot{U}_{LLh} \quad (20)$$

$$d_3 = d_{LL} = 1 - d_{UL} - d_{LU} \quad (21)$$

(2) 当  $\dot{U}_3 = \dot{U}_{UU}$  时,同样可以得到

$$d_1 = d_{UL} = -(\dot{U}_{rh} - \dot{U}_{UUh}) \quad (22)$$

$$d_2 = d_{LU} = -(\dot{U}_{rg} - \dot{U}_{UUG}) \quad (23)$$

$$d_3 = d_{UU} = 1 - d_{UL} - d_{LU} \quad (24)$$

### ① 输出开关状态的确定

利用已经得到的和参考电压相量最近的 3 个基本相量后,就可以确定 3 个输出开关的状态.对于二极管钳位三电平逆变器,假设 3 个最近相量之一是

$$\dot{U}_1 = (u_{1g}, u_{1h}) \quad u_{1g}, u_{1h} \in \{-2, -1, 0, 1, 2\} \quad (25)$$

此基本相量对应三相开关状态为

$$S_1 = (S_{1a}, S_{1b}, S_{1c})^T \quad S_{1a}, S_{1b}, S_{1c} \in \{0, 1, 2\} \quad (26)$$

则有以下的方程组

$$\begin{cases} S_{1a} = i \\ S_{1b} = i - u_{1g} \\ S_{1c} = i - u_{1g} - u_{1h} \end{cases} \quad \text{且} \quad \begin{cases} 0 \leq i \leq 2 \\ 0 \leq i - u_{1g} \leq 2 \\ 0 \leq i - u_{1g} - u_{1h} \leq 2 \end{cases} \quad (27)$$

根据式(27)选择不同的  $i$  就可以得到基本相量所对应的全部开关状态.

由式(27)可知,得到的基本相量为二维坐标,这样确定的三相开关状态就有一个可以选择的自由度.设  $i$  为对应参数,利用这一参数,对三相开关状态进行选择,就可以实现三电平逆变器的中点电压平衡的控制.三电平逆变器的仿真电路图如图 7 所示.

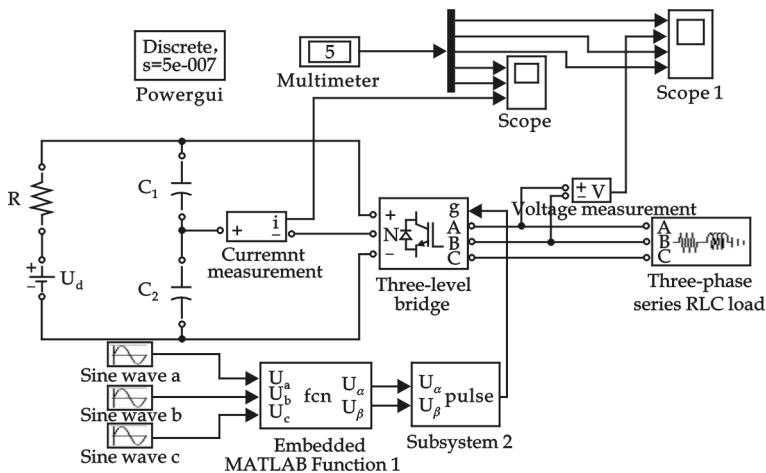


图 7 三电平逆变器的仿真电路图

## 4 仿真结果分析

直流电压为 530 V,电容  $C_{d1}$  和  $C_{d2}$  均为  $560 \mu\text{F}$ ,其四按压的初值为  $530/2 \text{ V}$ ,调制深度  $m=0.8$ ,输出基波

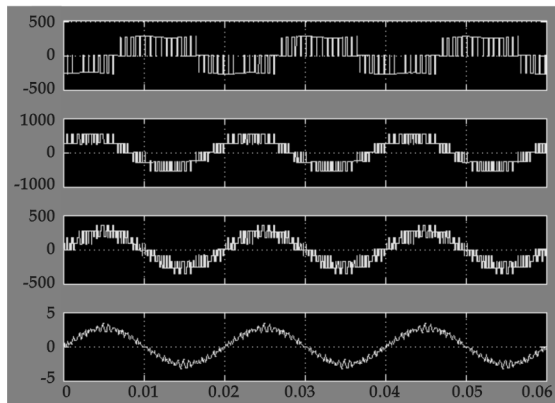


图 8 三电平逆变器电压、电流的仿真波形图

频率设为 50 Hz,载波频率设为基波的 30 倍,即 1 500 Hz.将仿真时间设为 0.06 s,采样时间为  $5 \times 10^{-7} \text{ s}$ ,运行后可得仿真结果(如图 8 所示).由于 MATLAB 仿真时不允许电压源与电容直接相连,故在直流电压源出口串联了一个  $10^{-4} \Omega$  的小电阻.三相负载中的有功为 1 kW,感性无功为 500 Var.逆变器输出端 a 点相对于中性点的电压  $U_{ao}$ 、线电压  $U_{ab}$ 、负载相电压  $U_{an}$  和负载相电流的仿真波形如图 9 所示.3 个电压分别为 3、5、9 电平,随着电平数的升高,线电压和负载相电压较两电平逆变器更接近于正弦波.线电压的谐波分析如图 10 所示,其基波幅值为 459.1 V,THD (Total harmonic distortion 总谐波失真)为 35.25%.电容  $C_{d1}$  和  $C_{d2}$  上的电压和流出中性点的电流如图 11 所示.

正是由于中点电流不为零,造成了电容电压的波动,波动频率为基波频率的 3 倍.将逆变器输出电压的波形放大后可以看到电容电压的变化情况.若电容增大,则波动幅度变小,而电容减小时,波动幅度会增大.

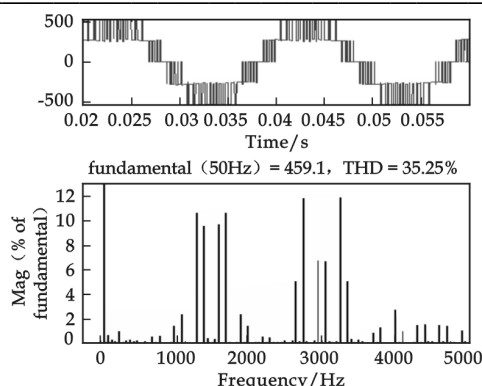


图9 三电平逆变器线电压谐波分析图

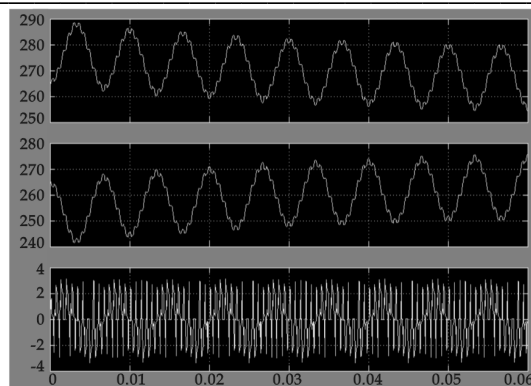


图10 三电平逆变器电容电压、中点电流仿真波形图

## 5 结论

(1)开关主管所需承受的电压值明显降低,仅为中间直流回路电压的1/2,从而解决了高电压与主开关器件低耐压值的矛盾,为变流器在高压大功率中应用开辟了一条新途径。

(2)随着对中间直流回路分析所分的电压等级数的增加,三电平逆变器输出电压等级数增加,谐波含量明显降低,电压质量提高,可以降低输出滤波要求,甚至在某些场合可以省掉输出滤波器,为抑制谐波技术提供了一条新思路。

(3)从达到相同的输出性能指标来看,三电平逆变器能有效地降低主管开关频率,使系统损耗相对降低。尤其调速进入额定频率后,采用准24脉冲工况,不仅主管开关损耗最小,而且供电质量好,THD(Total harmonic distortion 总谐波失真)也小。

(4)随着电平数增加,每个电平幅值相对降低,电压变化减少,主电路电流含有的脉动成分更小。

## 参考文献

- [1] 杨贵杰. 空间矢量脉宽调制方法的研究[J]. 中国电机工程学报, 2001, 21(5): 79-83.
- [2] 林渭勋. 现代电力电子技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [3] 陈伯时, 陈敏逊. 交流调速系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [4] 林渭勋. 现代电力电子电路[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2002.
- [5] 刘凤君. 现代逆变技术及应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [6] 徐德鸿. 电力电子系统建模及控制[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.

# STUDY ON METHOD OF THE MULTI-LEVEL INVERTER CONTROL CIRCUIT SIMULATION

MENG Yan-jing, ZHOU Bin

(School of Electrical and Information Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** Topology of multilevel converter and technique of multi-level PWM is studied in this paper. And the mathematic model of cascaded multilevel circuit is presented based on its principle analysis. Due to the large number of voltage space vectors and redundant switching states, there is a problem of computational complexity in multilevel converter, and so the utilization of multi-level inverters with the SVPWM method can not be realized. To resolve the problem, a novel SVPWM technique is proposed, and it is further analyzed in detail in this paper. In order to validate the technique, the simulation and a three-cell cascaded inverters experiment system is set up. The capabilities of the novel technique is verified by simulation and experimentation.

**Key words:** multilevel converter; voltage space vector; PWM control; simulation



\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0092-05

# 基于 z/900 大型主机的捐助服务系统的设计与实现

许 可<sup>1</sup>, 黄志炜<sup>1</sup>, 黄培颖<sup>2</sup>

(1. 华南理工大学 IBM 主机系统教育中心, 广东 广州 510006; 2. 新加坡国立大学计算机学院, 新加坡 119077)

**摘 要:**研究开发的捐助服务系统构建在 IBM z/900 大型主机之上,以 Websphere 作为开发与部署工具,主机 DB2 数据库作为数据库服务器,以当今前沿的 SSH 架构作为开发模式,实现网上捐助业务的实施与管理.在分析了 B/S 模式的捐助服务系统的业务需求和用户需求的基础上,给出了详细的参考模型,并分别介绍了 Web 端和 3270 终端开发的关键技术.采用分层结构和模块化设计方法,构建了一套安全稳定的网上捐助服务系统,提供 7 d \* 24 h 不间断服务.

**关键词:**z/900 大型主机; Web 端; 3270 终端

**中图法分类号:**TP311      **文献标识码:**A

## 0 前 言

随着互联网技术的发展,众多公益机构纷纷建立了自己的网站,独立维护着自己的服务器.由于全国慈善机构数目庞大,仅民政体系下的各市级慈善会就已达 600 多个,假设每个慈善机构均设立自己的网站,将需要大量的小型服务器.如此的运营和布局方式,不仅不利于民政部门对慈善机构进行统一监督,还会造成资源的重复建设和巨大消耗;与此同时,捐助网站也需要处理突发的大规模捐助业务,既要保证所提供服务的具备高级别的安全性和稳定性,又要保证服务的持续可提供性.

IBM 大型主机在稳定性和安全性上在所有计算机系统中首屈一指,还没有其他系统可以替代<sup>[1]</sup>,其广泛应用于金融、航空、税务等业务系统中.而大型主机中的 IBM 的 z/900 服务器更是为下一代电子商务高性能数据和应用而设计的第一款电子商务企业级服务器,善于处理关键业务应用并可在大负荷下完成安全交易的无中断电子商务,同时支持 Java、J2EE 等新标准<sup>[2]</sup>,这为开放的 Java 技术与主机技术的结合提供了技术可行性.因此,本文设计并实现的捐助服务系统(下文简称系统)构建在 z/900 大型主机系统之上,为各慈善机构提供统一、安全、稳定、专业、便捷的慈善捐助服务.

## 1 系统需求分析

系统访问采用 B/S(Browser/Server)结构,用户通过浏览器访问系统提供如下功能:为各慈善机构提供统一、专业、规范的募捐信息发布服务、项目管理服务、慈善数据统计服务;为求助用户提供便捷的求助申请服务、受赠信息查询服务;为捐赠用户提供安全可靠的在线捐款服务,方便的物资捐赠登记服务,统计报表查询服务;为业务管理员提供专题项目管理服务、全国慈善数据统计服务等.

### 1.1 业务功能分析

根据业务需求的理解,我们将整个系统按应用划分成 7 个子功能模块,如表 1 所示,包括注册登陆模

\* 收稿日期:2010-08-02

作者简介:许可(1982—),女,湖南省长沙市人,助理工程师,硕士,研究方向:大型主机操作系统、数据库技术

块,项目管理模块,求助管理模块,捐赠管理模块,信息发布模块,统计查询模块及系统管理模块.

表 1 系统业务功能模块表

| 业务模块 | 主要功能                                                      |
|------|-----------------------------------------------------------|
| 注册登陆 | 用户注册、登陆、密码管理服务                                            |
| 项目管理 | 项目的新增、修改、删除,项目评价与评分,个人评价与慈善机构评分,善款收入与支出管理,物资收入与支出,收据发送与登记 |
| 求助管理 | 求助申请与编辑,求助信息审核,受赠登记                                       |
| 捐赠管理 | 捐款管理,捐物管理,捐赠记录跟踪                                          |
| 统计查询 | 系统管理员账号管理,日志查看等功能                                         |
| 信息发布 | 慈善邀请发布,慈善机构动态信息服务                                         |
| 系统管理 | 用户管理,角色管理,权限管理,日志管理                                       |

1.2 系统用户分析

本系统的用户分为未注册用户、捐赠用户、求助用户、慈善机构用户、业务管理员、系统管理员,根据用户种类的不同提供了不同的操作,如表 2 所示.

表 2 系统用户操作表

| 用户类型   | 操作                                                                                       |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 捐助用户   | 实施捐款、捐物、管理捐赠用户信息、查看捐赠记录,查询统计报表,评价项目报告,查看专题项目等功能                                          |
| 求助用户   | 实施救助申请,查看受赠信息等功能                                                                         |
| 慈善机构用户 | 实施申请机构账号审核,管理慈善机构用户信息,审核求助申请,创建项目,发布项目报告,发布慈善邀请,发布机构动态,查询统计报表和机构统计信息,查看专题项目,登记日常收支,登记收据等 |
| 业务管理员  | 实施管理业务管理员用户信息,管理慈善机构,查询统计报表和全国统计信息,管理业务管理员账号,管理权限,建立专题项目等功能                              |
| 系统管理员  | 实施系统管理员账号管理,日志查看等功能                                                                      |

2 系统参考模型设计

本捐助服务系统将采用如下整体解决方案:以 z/900 大型机服务器作为目标服务器,在目标服务器上部署 WebSphere Application Server,提供各种 Web 服务,同时在目标服务器上安装 DB2 数据库. Web 服务通过 CICS 事务网关(CTG)来调用 CICS,完成对数据库的操作或者使用 JDBC 直接实现对数据库的操作,其参考模型设计如图 1 所示,包括个性化用户层、标准化服务层、数据访问层和数据存取层.

(1)Web 端功能展现模块:该层是系统在互联网上对外发布的统一入口,也是系统核心实体——慈善机构的各种信息、业务和功能等资源的统一展示和访问控制系统,服务对象包括捐赠用户、求助用户、慈善机构用户和业务管理员,针对不同用户,提供了不同的功能集合.

(2)3270 终端功能展现模块:该层采用了 BMS(Basic Mapping Support)技术,实现 3270 终端的访问方式,为系统管理员提供了更加安全可靠的操作环境.具体设计为:系统的系统管理员通过 3270 终端对系统进行访问,实现系统管理员账号管理、操作日志查看的功能.3270 终端以 MAP 形式实现,系统管理员通过运行 CICS 事务,调用 MAP 形式的 3270 终端,实现管理操作,这比起在互联网上通过 Web 页面进行系统管理,可以更有效地防止黑客和病毒的攻击,具有极高的安全性.

(3)标准化服务单元(Web Service):在该层将多种服务资源装换封装为标准服务,统一对外发布,方

便服务消费者通过对 Web service 的调用来实现对现有资产的重用。

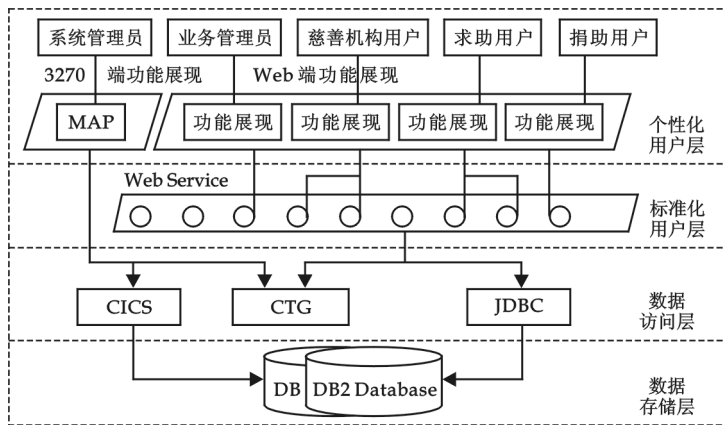


图 1 系统参考模型图

(4)数据访问层:为了实现业务逻辑与数据的分离而添加的一层,这种实现更好地降低了业务逻辑和数据之间的耦合性.系统采用两种方式来实现数据访问层:

①采用 JDBC 实现数据库的访问.由于系统提供的大部分业务对事务 ACID 特性的要求并不高,且这些业务主要是查询操作,用户经常使用,所以针对这些特点,在设计数据访问层时采用了 JDBC 来实现对数据的访问。

②采用 CICS 实现数据库的访问.对于系统提供的关键业务,如在线捐款业务,要求确保事务的 ACID 特性,采用了 CICS 来处理这些操作的业务逻辑,很好地满足了这一要求。

(5)数据存储层:系统的各类数据的存储,采用主机 DB2 数据库来进行存取。

### 3 系统技术机制分析

系统由两部分构成,一部分是通过 Websphere Application Server 发布,能够在互联网上访问的 Web 端;另一部分是在 CICS 上运行、以 Map 形式显示的 3270 终端.由于两部分所采用的技术有所不同,下文分别对两部分所采用的技术进行说明。

#### 3.1 Web 端技术机制

Web 端涉及技术或框架主要包括 SSH 框架,即 Struts+ Spring+ Hibernate 框架<sup>[3]</sup>、Web Service、CTG、CICS<sup>[4]</sup>和 JDBC 技术,这些技术或框架在各层中的应用如图 2 所示.下面我们将分别介绍各层的技术实现。

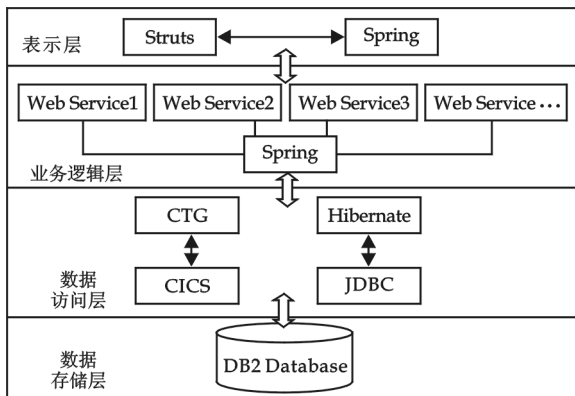


图 2 Web 端分层技术路线图

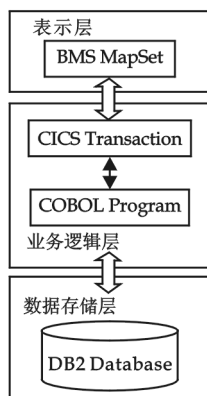


图 3 3270 终端分层技术路线图

(1)Web Service 技术:WebSphere 平台是 IBM 推出的 J2EE 实现平台,也是 IBM“in demand”实现技术的基础,提供了从开发、部署到服务一整套解决方案.其 WebSphere Application Server(WAS)套件提供一个丰富的应用程序部署环境,其中具有全套的应用程序服务,包括用于事务管理、安全性、群集、性能、可用性、连接性和可伸缩性的功能.它与 Java EE 兼容,可与数据库交互并提供动态 Web 内容的 Java 组件、XML 和 Web 服务,提供了可移植的 Web 部署系统<sup>[5]</sup>.系统采用 WAS 作为 Web 服务器,其安全策略

提高了系统的安全性<sup>[6]</sup>, WAS 提供了对 Web Service 的管理功能, 方便发布 Web Service, 是实现 Web Service 的便利途径。

(2) Spring 技术: 系统在表示层采用了 Spring 与 Struts 结合的方法, 主要使用 Spring IoC 来负责管理 Struts 2.0 的 action, 同时采用 Spring 来整合 Hibernate 数据访问层, 使用 Spring IoC 来管理 Hibernate 的对象。此外, 系统采用了两种方式来管理事务, 一种是采用 IBM 的 CICS 来管理关键业务, 实现关键业务(如捐款业务)的 ACID 特性; 另一种是使用 Spring 的事务管理功能来管理普通业务, 确保这些操作或流程的原子性。

(3) Struts 技术: 系统采用了 Struts 的拦截器功能, 实现了 AOP, 在不影响业务流程的情况下, 对用户的个别敏感操作进行记录, 产生操作日志, 同时可以使用拦截器来实现权限管理的功能, 此外使用了 Struts 丰富的标签库, 减少了编写界面代码的工作量, 简化了界面设计的难度。

(4) CTG 技术: CTG 是连接主机与 WEB 表示层的关键部件, 它与 Java EE 容器中的 JCA 紧密结合。通过 ECI 协议, JCA 可以与 CTG 通信实现 CICS 事务处理系统和 WEB 展示层的互联, 使系统具有良好的可扩展性。在互联的同时, 使用 SOAP 配置各服务接口的通信规范, 这样大大提高了系统灵活性和响应能力, 使其能做到随需应变。

系统通过将会被发布成为服务的 Java 对象调用 CTG, CTG 通过 ECI 协议实现与 CICS 通信, 由 CICS 调用 COBOL 程序, 最终实现对数据库的操作, 以这种方式将 CICS 资源封装成 SOA 的服务。系统针对捐款业务对事务 ACID 特性、并发性、安全性和稳定性要求较高的特点, 采用了通过 CTG 连接 CICS 来访问数据库, 实现对数据操作的方法。

(5) CICS 技术: 由于突发事件的发生, 捐款业务往往需要及时, 支持大规模的联机交易, 而联机交易的特点是数据处理要求高, 响应时间短, 数据量少, 交互性强<sup>[7]</sup>。为此, 在系统设计中引入 CICS 中间件, CICS 调用程序的流程如下: 用户输入事务 ID, CICS 在 PCT 中查找事务 ID, 以取得程序名称; CICS 在 PPT 中查找程序名称, 然后将程序加载到内存/开始程序, CICS 在地址空间运行程序。系统采用 CICS 来处理关键业务的业务逻辑——在线捐款, 以确保捐款业务的 ACID 特性。

(6) Hibernate 技术: 系统采用 Hibernate 作为数据访问层的一部分, 通过 O/R Mapping 技术将数据库表映射为对象, 在编码过程中, 通过对对象的赋值来完成对数据库的操作。

(7) JDBC 技术: 系统在编码过程中没有直接使用 JDBC, 而是通过 Hibernate 间接调用 JDBC, 实现与数据库的通信。

### 3.2 3270 终端技术路线

系统的 3270 终端在表示层采用了 CICS 服务中的 BMS 技术来实现 Mapset (MAP 的集合), 在业务逻辑层使用 CICS Transaction 来调用 COBOL 语言编写的程序, 通过 COBOL 程序的执行实现对数据库 (DB2) 的访问。具体实现如图 3 所示, 接下来主要对 3270 终端所用到的主机技术进行说明。

(1) PSEUDO-CONVERSATIONAL (伪会话): 系统 3270 终端的实现使用 COMMAREA 来支持伪会话程序模型。COMMAREA 是由 CICS 维护的, 在 CICS 程序间传输数据的存储单元。两个程序之间进行通信时, 通过在第一个 COBOL 程序的 WORKING STORAGE SECTION 中定义 COMMAREA 用于传送数据, 在这个程序退出时将 COMMAREA 传送到第二个 COBOL 程序 LINKAGE SECTION 中定义的 DFHCOMMAREA, 从而实现程序间通信, 以此支持伪会话的实现。

(2) BMS: 系统 3270 终端使用 CICS 提供的 BMS 服务来绘制 Mapset, 使用汇编语言的宏来定义屏幕的布局, 主要使用了 3 个宏指令: DFHMSD、DFHMDI、DFHMDF。

(3) 主机 COBOL 语言: 采用 COBOL 语言来实现批处理操作, 以此生成慈善数据统计报表; 在 3270 终端调用 COBOL 程序来实现系统管理员的帐号管理和日志查看; 在 Web 端调用 COBOL 程序来实现捐款业务。

## 4 结束语

本文以捐助基本业务为需求,分析并设计了基于 z/900 大型主机的网上捐助服务系统.主要利用先进的大型主机技术,将运行在大量服务器上的工作负载移植到一台运算能力较强的 z/900 大型主机服务器上,可以有效减少物理服务器数量,从而达到节能、环保、缩减国内互联网慈善事业成本的目的.同时, z/900 大型主机系统也是目前业界最可靠和安全的计算系统之一,保证了系统可以处理突发的应急事件,并可保证捐助业务 7 d \* 24 h 安全不间断运行.此外,系统将相对封闭的主机技术与自由开放的 Java 技术进行了有效的整合.系统总体实现了捐助业务需求中的基本功能,易于部署,具有良好的可靠性、可服务性和高安全性.

## 参 考 文 献

- [1] 骆 坤. 基于 z/OS 的大型主机安全管理研究[J]. 电脑知识与技术, 2009, 5(28): 7 901-7 903.
- [2] 汤 峰, 李继宇. 基于 z/900 的银行证券投资系统的设计研究[J]. 昆明冶金高等专科学校学报, 2008, 24(3): 62-65.
- [3] 高洪岩. 至简 SSH: 精通 JAVA WEB 实用开发技术 (STRUTS+SPRING+HIBERNATE)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [4] 刘发贵. IBM S/390 事务处理 CICS[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2000.
- [5] Bassem W. Jamaledine. IBM WebSphere 应用服务器程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [6] 刘永红, 李惠君. 基于 WebSphere 构建港口生产管理系统[J]. 微计算机信息, 2007, 23(4-3): 17-19.
- [7] 熊 齐, 张 辉. CICS 中间件技术在金融系统中的应用研究[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(9): 2 233-2 235.

# DESIGN AND IMPLEMENTATION OF DONOR SERVICES SYSTEMS BASED ON z/900 MAINFRAME

XU Ke<sup>1</sup>, HUANG Zhi-wei<sup>1</sup>, HUANG Pei-ying<sup>2</sup>

(1. IBM zSeries System Education Center, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China;

2. School of Computing, National University of Singapore, 119077, Singapore)

**Abstract:** The system of Donor services is introduced, which is based on the z/900 Mainframe. Its tool of development and deployment is Websphere and its database server is Mainframe DB2 Database. This system takes a popular method SSH structure as its development model and realizes the business and management of Donor services on the internet. Based on the analysis of the Business needs and user requirements of Donor services systems, a detailed reference model is given, and some key technologies about the Web client and 3270 terminal are given, which uses hierarchical structure and method of modular design. A network Donor services system is constructed which has security and stability, and provide uninterrupted services everyday.

**Key words:** z/900 Mainframe; Web Client; 3270 terminal

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0097-05

# 应用 SD 卡实现大容量存储测试系统设计

吉 涛<sup>1</sup>, 蔡 航<sup>2</sup>

(1. 陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021; 2. 陕西省木材总公司, 陕西 西安 710002)

**摘 要:**分析了单片机系统大容量存储的方法,提出了在存储测试系统中采用 SD 卡实现基于 51 内核单片机的大容量数据存储系统设计方案,介绍了单片机利用 CH376 实现对 SD 卡读写操作的工作原理和软硬件方法. 该系统设计具有移植性好、可靠性高、数据回收便利等特点,并能实现低功耗要求,有利于扩大存储测试系统的应用领域.

**关键词:**存储测试; 大容量存储; SD 卡; CH376; SPI

**中图法分类号:**TP274

**文献标识码:**A

## 0 前 言

存储测试技术是近年来迅速发展起来的一种测试方法,其特点是在对被测对象无影响或影响在允许范围的条件下,在被测体或测试现场放置微型数据采集与存储测试仪,进行现场实时信息的快速采集与记忆,事后由计算机获取数据,并进行数据处理分析、再现测试现场信息等的一种动态测试技术. 在自动监测领域,有两方面的问题需要关注:一方面存储测试装置往往要求安装于被测对象环境中,甚至安装于对象内部,并能长时间离线工作,这就要求系统设计紧凑,并且功耗低;另一方面,随着应用中对测试参数、测试精度和测试时间要求的增加,数据的记录信息量相应倍增,而存储内容又需要掉电保持,并能在随后方便的被上位计算机回收,因此大容量数据的安全存储与回收成为存储测试系统设计的难点和重点问题,而具有大容量存储器件的嵌入式装置是存储测试系统发展的主要形式.

## 1 大容量存储方法的分析

在数据存储方面,各类 51 内核的单片机系统,一般片上最多仅提供 8 k 的数据存储器 RAM,片外则具有最大 64 kB 的寻址能力. 在一般情况下,这样是可以满足系统设计需求的,但是在某些场合需要连续采集、处理和存储的数据量相当大,同时存储器不允许刷新,当存储信息超越 64 kB 的存储容量时就需要解决所谓大容量存储的问题. 在单片机中,通常 64 kB 以上的 RAM 并行扩展方法是利用其他空闲的并口线来增加地址线,以获得更大的地址访问空间.

在数据安全存储方面,RAM 易挥发性,属于 Volatile Memory,不适合在存储测试系统中作为安全稳定的存储介质,因此扩展方式主要是采用大容量可擦除型的 ROM. 在嵌入式数据采集器中,Flash ROM 存储器具有容量大、体积小、功耗小、成本低、掉电后数据不丢失、读写访问速度快、抗震性好等一系列的优点,已经成为广泛应用的存储器件. 目前 Flash ROM 有多种技术架构,以 NOR 技术和 NAND 技术为主流技术. NOR FLASH 是随机存取的设备,与单片机接口简单、性能可靠、读取速度快于 NAND 型,带有 SRAM 接口,可以很容易地存取其内容的每一字节,但缺点是单片存储容量小,适合 16 MB 以下的存储容

\* 收稿日期:2010-08-14

作者简介:吉 涛(1973—),男,陕西省咸阳市人,讲师,硕士,研究方向:机械电子、嵌入式系统以及电气控制

量使用, NAND FLASH 存储容量大, 是线性存取的设备, 基本存储单元是页 (Page), 每一页的有效容量是 512 字节的倍数, 擦除和写入速度快于 NOR 型, 适合大容量数据存储应用, 但缺点是与单片机的接口复杂, 尤其是器件中随机分布有存储器坏块, 并且在数据存储时可能因位反转造成存储数据错误, 这给芯片直接应用造成了较大困难.

嵌入式系统设计中, 大容量存储的另外一个选择就是电子硬盘类 Flash, 即各类常见的智能存储卡, 包括 CF 卡、SD 卡、MMC 卡等, 此类卡具有统一规格的外部接口, 可以通过并行口或 SPI 串行总线与单片机连接, 同时内部通过纠错算法保证数据存储的高可靠性, 此外还有低价格、大容量、低功耗、移动存储、抗冲击振动等诸多优点.

## 2 系统设计

### 2.1 系统结构

本文提出以低成本嵌入式 51 内核单片机为控制器, 配以 SD (Secure Digital Memory Card) 卡作为安全

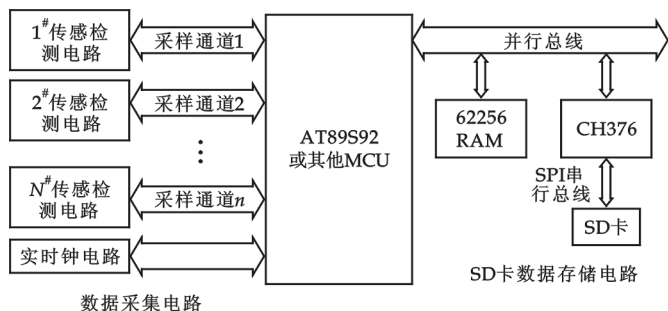


图 1 系统组成框图

存储介质的方案, 为用户提供参数可调整的低功耗、大容量数据存储系统, 并利用 USB 设备 (如 SD 卡读卡器) 方便实现参数设定和数据回收. MCU 完成数据采集、系统控制等操作; 若干传感检测电路通过各自的采样通道, 将测试数据传送到 MCU; 实时钟电路为存储测试系统提供时间基准; SD 卡数据存储电路以文件管理控制芯片 CH376 为核心, 实现对 SD 卡的 FAT 格式读写访问, 目前 SD

卡的容量已达 GB 级别, 这样的设计可以灵活的实现存储测试系统的大容量数据存储问题. 因为 SD 卡的读写速度相对于某些实时数据采集任务而言是比较慢的, 应用中无法直接进行数据存储, 所以需要为读写 SD 卡提供一定数量的高速缓存, 这里设计外扩一片 62256 RAM, 将采集的数据先保存在 RAM 中, 待数据量达到一定规模 (如 512 B 或其整数倍数, 最大 65 535 B), 或结束了一段集中高速采样后, 利用系统采样空闲时段, 再将数据块一次性写入 SD 卡中. 系统组成框图如图 1 所示.

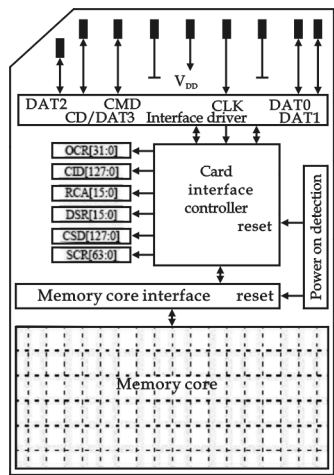


图 2 SD 卡硬件结构

### 2.2 SD 卡访问方式

一张 SD 卡包含两个基本部分: NAND 型 Flash 存储模块和内置控制器. Flash 存储模块用来以扇区 (512 B) 为单位存储数字信息, 控制器用来实现与主机的接口及控制数据在存储模块中的传输. SD 卡内部结构及引脚如图 2 所示.

SD 卡支持两种总线访问方式: SD 方式与 SPI 方式, 其中 SD 方式采用 6 线制, 使用 CLK、CMD、DAT0~DAT3 进行数据通信, 有较快的存取速度, 一般通过带 USB 接口的 SD 卡读卡器与 SD 卡通信时多采用此模式; 而 SPI 方式采用 4 线制, 使用 CS、CLK、DataIn (DI)、DataOut (DO) 进行数据通信, 由于许多 51 内核单片机已经提供了 SPI 接口, 即便没有 SPI 接口, 也可以很容易地通过软件模拟实现 SPI 协议通讯, 所以采用单片机对 SD 卡进行读写时一般都采用 SPI 模式.

### 2.3 硬件电路设计

为了使电路更具通用性, 这里简化了 MCU 的选取, 以通用的



AT89S52 为对象介绍系统设计.

存储测试系统的记录数据最终是要由计算机系统回收的,所以要求 SD 卡上存储的数据信息应该是 Windows 系统能够识别的 FAT 格式,利用单片机直接设计以 SPI 总线实现对 SD 卡的 FAT 格式数据存取,其程序比较复杂,与存储测试系统的系统程序相加将会占用过多的代码存储资源,为此本设计使用 CH376 实现对 SD 卡的 SPI 方式访问控制.CH376 是文件管理控制芯片,专用于单片机系统读写 U 盘或者 SD 卡中的文件,它内置了 SD 卡的通讯接口固件及 FAT 文件系统的管理固件,以字节为单位对文件读写,支持 8 位并口、SPI 接口或者异步串口等 3 种通讯接口,支持低功耗模式,能为存储测试系统提供稳定的存储保证.在本通用设计中,CH376 选用并口方式连接 MCU,同时并口扩展 32 kB 的 62256RAM,这样既可以为高速数据采集提供数据缓存,又可以减少写入率,避免因连续不断进行 SD 卡写入操作,造成频繁刷新 FAT 表而大大降低 SD 卡 FAT 区的使用寿命.大容量数据存储部分的硬件电路如图 3 所示,AT89S52 的 P1.7 作为报警输出,其余 P1.1~1.6 留给输入通道.

电路设计中的另一个重点是电源匹配,SD 卡是 3.3 V 供电,而通用单片机则为 5 V 供电,在设计中需要进行 CH376 输出 SPI 总线电平转换,一种简易的方法是如图 4 中所示,在所有与 SD 卡 SPI 接口连接的信号线中分别串联 1 k 左右的分压电阻.图中 J1 为 11 脚 SD 卡座,提供系统与 SD 卡的连接,卡座管脚定义与 SD 卡在 SPI 模式下的对应关系见表 1.除了 SPI 接口及电源引脚外,WP 引脚接至 AT89S52 的 P3.1,反映 SD 卡当前是否设置写保护,该引脚为高电平为禁止写入,否则为低电平;INSERT 引脚接至 AT89S52 的 P3.0,反映 SD 卡是否插入卡座,完全插入时该引脚为低电平,否则为高电平,其他引脚保留.图 4 是 SD 卡卡座电平转换电路.

表 1 SD 卡与 SPI 模式下引脚功能定义

| 引脚 | 名称   | 类型 | 描述   | 11 脚卡座管脚 |
|----|------|----|------|----------|
| 1  | CS   | I  | 片选   | 2        |
| 2  | DI   | I  | 数据输入 | 3        |
| 3  | VSS  | S  | 电源地  | 4        |
| 4  | VDD  | S  | 电源   | 5        |
| 5  | SCLK | I  | 时钟   | 6        |
| 6  | VSS2 | S  | 电源地  | 7        |

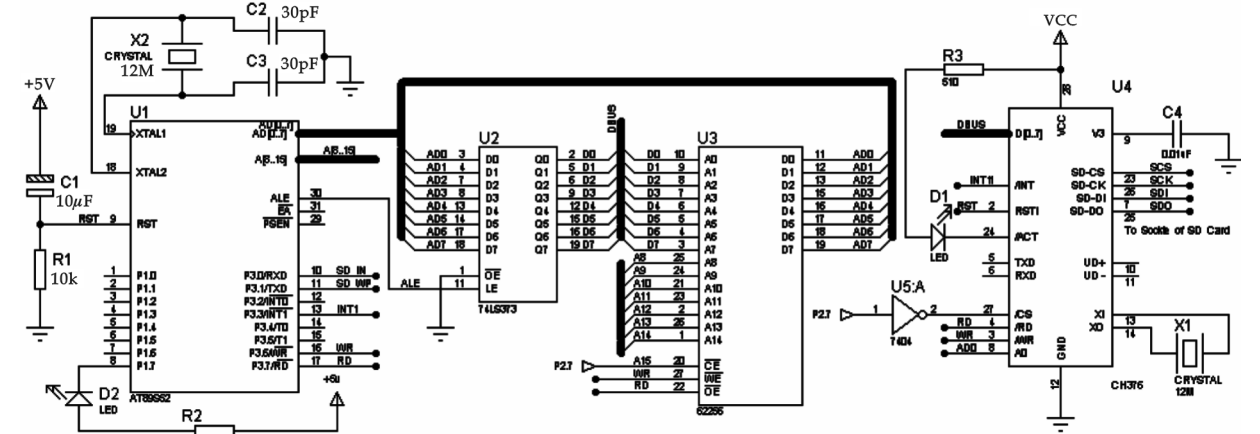


图 3 大容量数据存储部分硬件电路图

2.4 SD 卡控制软件设计

在存储测试系统中,可以将采集的数据以二进制格式存储于同一文件中,待数据文件回收后,再由上位计算机提取并分析.根据文件可能的大小,应该事先对 SD 卡格式化为 FAT16 或 FAT32,并由上位机软件对 SD 卡完成两个操作,首先创建一个数据记录空文件 DATA. txt,作为应用中数据追加记录的对象文件;其次应产生一个初始化文件,向存储测试装置提供工作的初始化参数,如校对实时钟时间、数据采样精度和通道数、采样频率、休眠及开启阈值、系统应用信息等,这样待 SD 卡插入卡座并激活存储测试装置

时,系统就可以按照给定的工作方式开始记录了。

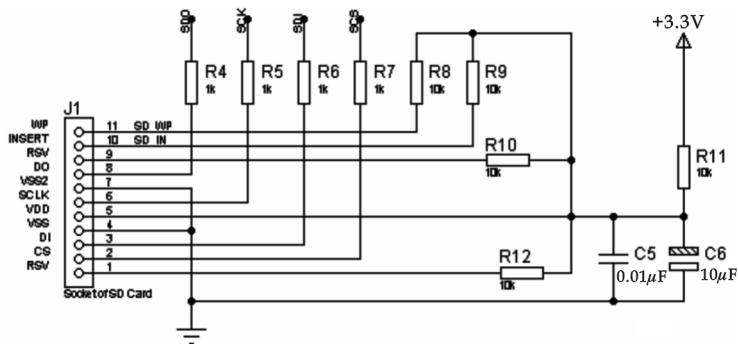


图 4 SD 卡卡座电平转换电路

对本存储测试系统分析可以发现,在众多的 SD 卡磁盘操作中,主要进行的是大量数据的记录存储,即对磁盘文件的追加写操作,其次是对初始化文件的读操作。由于 CH376 不仅是一个通用的 USB-HOST 硬件接口芯片,还内置了相关的 USB 底层传输固件程序、Bulk-Only 协议传输固件程序、FAT 文件系统管理固件程序,所以实际的单片机程序只需要发出文件管理和文件读写命令就可以方便地实现大容量数据存储的要求了。单片机控制 CH376 实现对 SD 卡以字节模式的写入操作,主要过程包括 SD 卡初始化、向已有文件追加数据、保存文件并关闭文件。读取文件的操作与之类似,主要包括 SD 卡初始化、按顺序读文件、关闭文件。CH376 为此提供了 39 条指令以实现不同的功能,每条命令有唯一的指令代码,在单片机程序设计中,控制 CH376 的 A0 引脚为高电平(本例中即对地址 0FFFFH 读写),就可以进行写命令或读状态操作。图 5 给出了向 SD 卡存储一组缓存中数据的子程序框图。

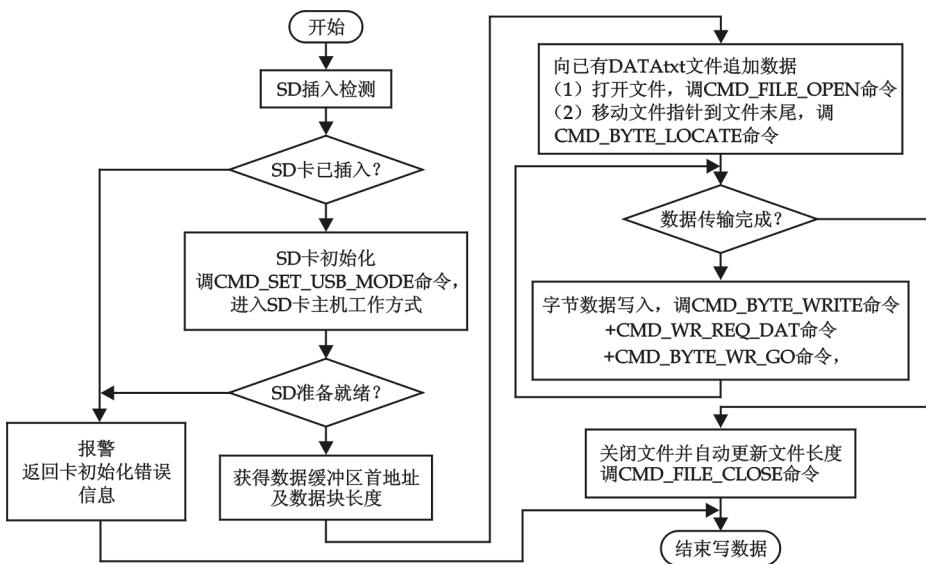


图 5 缓存数据写入 SD 卡程序流程图

### 3 结束语

本文设计的大容量 SD 卡数据存储方式很好地解决了存储测试系统在采集信息量大、需要长期离线工作时数据的安全保存问题,又具有 FAT 存储格式及易于实现 USB 接口,使得与上位计算机交换存储数据变得很方便,从而简化了采集系统的设计,提高了系统的可靠性和可操作性。本设计具有很好的移植性,根据实际测试系统的需求,可以适用各类 51 内核单片机及其他嵌入式控制系统,例如可以选用片内集成 8KRAM 的 P89C668 等单片机,省略 RAM 扩展及并行电路,而使用 SPI 串行总线方式与 CH376 通讯可节省单片机并口资源,提高系统可靠性;也可以选用 AT89LS52 等 3.3 V 低电压供电单片机,并启用 CH376 低功耗模式及以程序控制 SD 卡断续供电等手段,实现具有长久续航能力的多参数存储测试系统设计。

参 考 文 献

[1] 范寒柏. 大容量 SD 卡在海洋数据存储中的应用[J]. 计算机与嵌入式系统应用, 2010,(4):30-32.  
[2] 李长有. 基于 C8051F020 的 SD 卡主控制器设计[J]. 微计算机信息, 2007,9-2:120-122.  
[3] CH376EVT[Z]. 南京沁恒电子有限公司, 2009.  
[4] CH376DS1[Z]. 南京沁恒电子有限公司, 2010.  
[5] 孙 云. 单片机实现大容量数据存贮[J]. 辽东学院学报, 2007,14(2):92-93.  
[6] 黄建斌. I2C 总线及其在 MCS-51 单片机系统中的应用[J]. 陕西科技大学学报, 2008,(1):83-87.  
[7] SD Memory Card Specifications[Z]. SD Group(MEI,SanDisk,Toshiba), 2000.

APPLICATION OF SD CARD IN MASS-STORAGE TESTING SYSTEM DESIGN

JI Tao<sup>1</sup>, CAI Hang<sup>2</sup>

(1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China; 2. Shaanxi Lignum Head Office, Xi'an 710002, China)

**Abstract:** The high density data storage method is analyzed. Then the paper introduces a scheme that SD card is applied to the mass-storage testing system. The principle of the CH376 working as Master of SD card is described in detail. Corresponding circuit diagram and software flow of the mass-storage testing device are described. The data acquired in SD card is easy to upload to computer with USB interface. The portability and reliability are typically characteristic of the design. It will expand the usage of storage testing device.

**Key words:** storage testing; high density data storage; secure digital memory card; CH376; SPI

我校皮革工程国家级教学团队召开第一次全体会议

9月10日上午,资源与环境学院召开皮革工程国家级教学团队建设工作第一次全体会议。副校长马建中教授、资源与环境学院院长弓太生教授以及皮革工程教学团队全体成员参加会议。

我校皮革工程教学团队于2010年8月获得国家级教学团队称号,实现了我校国家级教学团队建设“零”的突破。本次会议的主要任务是应教育部高教司要求,组织专家对国家级教学团队提出的“今后建设计划”进行论证,并编制今后三年的建设任务书以及安排建设工作。

皮革工程国家级教学团队带头人马建中教授陈述了建设思路、建设内容、建设目标、保障条件、具体措施和经费预算等内容,着重介绍了团队今后三年在改革教学内容和方法、开发教学资源、推进教学工作和提高中青年教师的教学水平等方面将要开展的工作。

教学团队成员弓太生教授对国家级教学团队三年建设期内的主要任务进行了详细安排和具体分工。

与会人员在认真听取了教学团队有关工作开展情况后,针对存在的问题和不足提出了质询,并对团队的未来建设与发展给出建设性意见,希望通过国家级教学团队的建设,改革教学内容和方法,开发教学资源,促进教学研讨和经验交流,推进教学工作的传、帮、带和老中青相结合,提高中青年教师的教学水平,促进教学研究和教学改革;同时积极探索教学团队在组织架构、运行机制、监督约束机制等方面的运行模式,为兄弟院校培训教师提供可推广、借鉴的经验并在国家级层面上起到示范作用。

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0102-03

# 数字电视前端发射机中 Doherty 功放的设计

陈 俊, 苏凯雄  
(福州大学物理与信息工程学院, 福建 福州 350002)

**摘 要:**数字电视发射机采用 OFDM 调制方式,其信号具有频带宽、载波多、峰均比高等特点,因此对发射机中功率放大器的效率提出了非常高的要求.作者将 Doherty 功放引入前端功率放大器,介绍了 Doherty 功放的原理和基本结构,通过计算机仿真验证了这种功放电路在数字电视发射系统中的应用效果,并设计了具体的实际电路和进行了测试.结果表明,所设计的 Doherty 功放很好的解决了目前数字电视前端发射机存在的效率低的问题,具有很高的实用性.

**关键词:**数字电视; Doherty; 效率; 功率放大器

**中图法分类号:**TN928      **文献标识码:**A

## 0 前 言

在向 4G 发展的过程中,面临的最大挑战是如何支持现有的多种移动通信标准,包括 GSM、GPRS、WCDMA 和 HSDPA,与此同时,还要支持 100 Mb/s~1 Gb/s 的数据率以及支持 OFDMA 调制、支持 MIMO 天线技术,乃至支持 VoWLAN 的组网.因此,在射频信号链设计的过程中,如何降低射频功率放大器的功耗及提升效率成为了微波功率放大器设计需要解决的关键技术.目前在放大器器件选用上 3 条技术路线可提高放大器效率:利用超 CMOS 工艺放大器,从提高集成度来间接提升 PA 效率;利用 InGaP 工艺放大器实现功率放大器的低功耗和高效率;利用 SiGe BiCMOS 工艺技术提高放大器的效率<sup>[1,2]</sup>.从上面 3 种技术来看,都是从微观的角度来实现功放效率的提升,在实际应用中,除了考虑从放大器内核工艺角度之外,还可以从放大器设计的电路结构方面来考虑提高放大器的效率,最经典的就是 Doherty 功放,它比普通功放的效率提高了 15%~20%,因此, Doherty 功放的使用范围越来越广,本次设计就是将 Doherty 功放引入数字电视前端发射系统,从而提高前端发射系统的效率<sup>[3,4]</sup>.

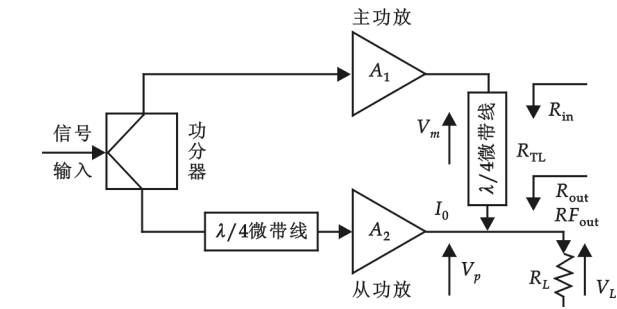


图 1 Doherty 功率放大器原理框图

\* 收稿日期:2010-07-24  
作者简介:陈 俊(1979—),男,福建省福清市人,讲师,硕士,研究方向:微波功率放大器和数字电视  
基金项目:2009 年福建省自然科学基金重点资助项目(2009H0028)

放工作在 C 类, 两个功放不是轮流工作, 而是主功放一直工作, 辅助功放到设定的峰值才工作(这个功放也叫作 peak ampli-fier). 主功放后面的  $90^{\circ}$  四分之一波长线是阻抗变换, 目的是在辅助功放工作时起到将主功放的视在阻抗减小的作用, 保证辅助功放工作时和后面的电路组成的有源负载阻抗变低, 这样主功放输出电流就变大. 由于主功放后面有了四分之一波长线, 为了使两个功放输出同相, 在辅助功放前面也需要  $90^{\circ}$  相移. 如图 1 所示<sup>[5,6]</sup>.

主功放工作在 B 类, 当输入信号比较小的时候, 只有主功放处于工作状态; 当管子的输出电压达到峰值饱和点时, 理论上的效率能达到 78.5%, 如果这时候将激励加大一倍, 那么管子在达到峰值的一半时就出现饱和了, 效率也达到最大值 78.5%, 此时辅助功放也开始与主放大器一起工作(C 类, 门限设置为激励信号电压的一半). 辅助功放的引入使得从主功放的角度看负载减小了, 因为辅助功放对负载的作用相当于串连了一个负阻抗, 所以即使主功放的输出电压饱和恒定, 但输出功率因为负载的减小却持续增大(流过负载的电流变大了). 当达到激励的峰值时, 辅助功放也达到了自己效率的最大点, 这样两个功放合在一起的效率就远远高于单个 B 类功放的效率. 单个 B 类功放的最大效率 78.5% 出现在峰值处, 现在 78.5% 的效率在峰值的一半就出现了, 所以这种系统结构能达到很高的效率(每个放大器均达到最大的输出效率)<sup>[7]</sup>.

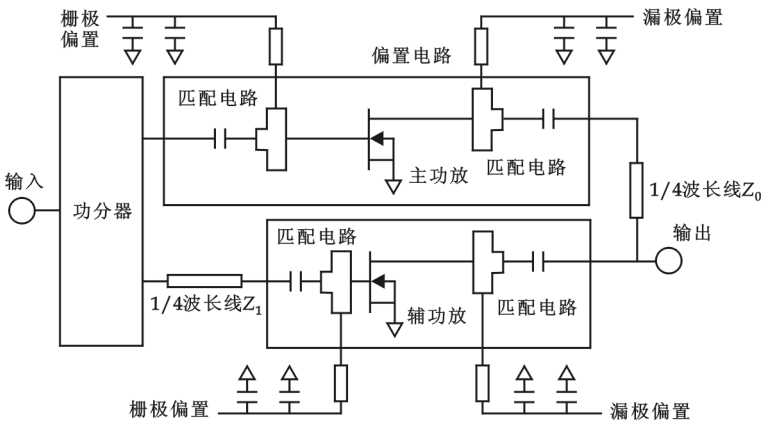


图 2 ADS 软件仿真的电路原理图

## 2 利用计算机软件仿真 Doherty 功率放大器

在微波电路仿真中, ADS 软件相对比较成熟, 使用的人也比较多, 为此采用 ADS 仿真软件来实现全匹配的 Doherty 功率放大器仿真. 图 2 是 ADS 软件仿真的电路原理图.

图 3 是 Doherty 功率放大器传输功率增益和效率的仿真结果图.

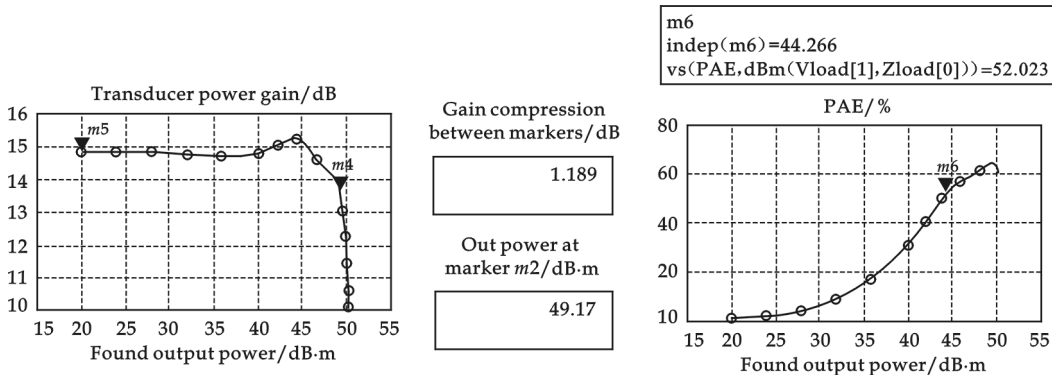


图 3 传输功率增益和效率的仿真结果图

从传输效率增益可以看出该放大器功率在 15 dB, 其 P 1dB 在 49 dbm, 3 dB 压缩点达到 50 dbm, 从效率图可以明显看出在功率回退 6 dB 的效率达到 52%, 远高于传统的 AB 类放大器, 充分体现了 Doherty 功率放大器的优点.

### 3 Doherty 功率放大器实际电路设计

根据理论分析,我们设计了 Doherty 功率放大器实际应用电路,采用的是飞思卡尔公司的功率放大器芯片,具体设计电路如图 4 所示.

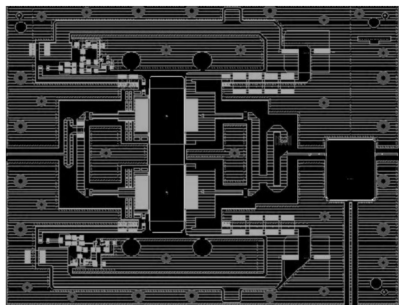


图 4 Doherty 功率放大器实际应用电路

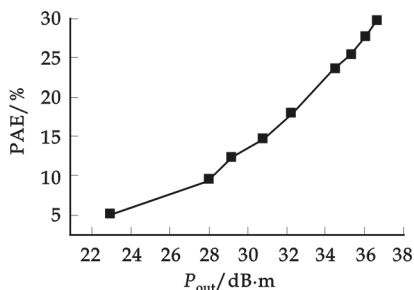


图 5 Doherty 功放的实测效率

### 4 实验验证和测试结果分析

对于一般的 RF 板材,其介电常数会随着放大器工作时发热导致的温度变化而变化,从而导致整个电路损耗也不稳定,影响电路性能<sup>[8,9]</sup>,因此采用 RF35 型号板材作 PCB 电路板,其介电常数在放大器工作时发热导致的温度变化中能比较稳定.利用频谱分析仪和频率信号发生器对功率放大器进行测试,得出的测试结果为 Doherty 功率放大器在输出功率 36 dBm 的情况下效率为 28%,如图 5 所示,实际测试结果与仿真结果有一定的差距,但总体上结果还是较为吻合的.

### 5 结束语

将 Doherty 功率放大器引入数字电视前端发射机系统,大大提高了前端发射系统的效率,通过结合相应的线性化技术,比如前馈技术,就可以使得数字电视前端发射机的整机性能在效率和线性度上得到充分的保证.通过测试结果表明,Doherty 技术能够较好的满足现代无线通信系统对功率放大器的要求,将有非常广阔的应用前景.

### 参 考 文 献

- [1] 王亚莉,傅延增,张海林,等.非线性放大器对 OFDM 信号的影响[J].西安电子科技大学学报,2002,29(4):504-509.
- [2] Mihai Albulet. RF Power Amplifiers[M]. Noble Publishing Cor2 Poration Atlanta,GA, 2001:346-360.
- [3] Guillermo Gonzalez. 微波晶体管放大器分析与设计[M].北京:清华大学出版社,2003.
- [4] Freescale Semiconductor. Wireless RF Product, Freescale Semiconductor Device Data[Z]. DL110, Arizona, 2004:508-521.
- [5] W H Doherty. A new high efficiency power amplifier for modulated waves[J]. Proc. IRE, 1936, 24(9): 1 163-1 182.
- [6] Bohge M, Gross J, Wolisz A, *et al.* Dynamic resource allocation in OFDM systems: an overview of cross layer optimization principles and techniques[J]. IEEE Network, 2007,21(1): 53-59.
- [7] Bumman K, Jangneon K, Ildu K, *et al.* The Doherty power amplifier[J]. IEEE Microwave Magazine,2006,7(5):42-50.
- [8] Rowan Gilmore, Les Besser. Practical RF Circuit Design for Modern Wireless Systems, Volume II, Active Circuits and Systems [M]. London:Artech House, 2003.
- [9] Ludwig, R Bretchko, P R F. Circuit Design: Theory and Applications[M]. Englewood:Prentice-Hall Inc, 2000.

(下转第 115 页)

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0105-05

# 基于神经网络的变速率非线性盲源 分离 ICA 算法研究

张天瑜

(无锡市广播电视大学机电工程系, 江苏 无锡 214011)

**摘要:**基于神经网络的非线性盲源分离 ICA 算法是盲源信号处理的一个重要研究方向. 传统的神经网络非线性盲源分离 ICA 算法的学习速率是固定的, 当系统的噪声和迭代误差较大时, 迭代参数需要很长时间才能收敛, 从而影响盲源分离的效果. 根据信噪比和迭代误差来调节学习速率, 提出一种基于神经网络的变速率非线性盲源分离 ICA 算法, 并将该算法应用于图像去噪中. 仿真结果表明, 与传统的神经网络非线性盲源分离 ICA 算法相比, 该算法具有更好的盲源分离效果.

**关键词:**盲源信号处理; 独立成分分析; 学习速率; 神经网络; 最大互信息准则; 图像去噪

**中图法分类号:**TN911.73

**文献标识码:**A

## 0 前 言

数字信号处理是当今信息时代的一项核心技术, 它在通信、计算机、图像处理、语音识别等众多领域得到了较为广泛的应用. 数字信号处理中的一个关键部分是信号去噪, 而盲源分离(Blind Source Separation, BSS)是近年来在信号去噪领域中的一个研究热点<sup>[1-3]</sup>. 盲源分离是指不使用训练数据, 在对信号系统没有任何先验知识的情况下, 对含有噪声的原始信号进行分离. 由于盲源分离可以在缺乏训练序列, 条件比较恶劣的通信环境中应用, 因此, 盲源分离比一般的信号去噪方法拥有更为广泛的应用场合. 当信号系统属于线性系统时, 盲源分离的效果比较理想. 但是由于实际的信号系统大多属于非线性系统, 这样由线性模型得到的盲源分离效果就会产生较大的误差, 目前非线性盲源分离已经开始逐渐取代线性盲源分离. 2001 年, Hyvarinen A 等人提出了独立成分分析(Independent Component Analysis, ICA), 独立成分分析从出现到现在虽然时间不长, 然而无论从理论上还是应用上它正受到越来越多的关注<sup>[4,5]</sup>. 近年来, 利用神经网络并通过独立成分分析来实现盲源分离已经引起了世界各国学术界以及通信业界的高度重视. 传统的神经网络非线性盲源分离 ICA 算法的学习速率是固定的, 当系统的噪声和迭代误差较大时, 迭代参数需要很长时间才能收敛, 从而影响盲源分离的效果. 根据信噪比和迭代误差来调节学习速率, 作者提出一种基于神经网络的变速率非线性盲源分离 ICA 算法, 并将该算法应用于图像去噪中. 仿真结果表明, 与传统的神经网络非线性盲源分离 ICA 算法相比, 该算法具有更好的盲源分离效果.

## 1 非线性盲源分离 ICA 算法的模型

ICA 是一种用来从多变量(多维)统计数据里找到隐含的因素或成分的方法, 被认为是主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)和因子分析(Factor Analysis, FA)的一种扩展. 对于盲源分离问题, ICA 是指在只知道混合信号, 而不知道源信号、噪声以及混合机制的情况下, 分离或近似地分离出源信

\* 收稿日期:2010-07-23

作者简介:张天瑜(1980—), 男, 江苏省无锡市人, 讲师, 技师, 硕士, 研究方向:盲源信号处理、神经网络



号的一种分析过程. 非线性盲源分离 ICA 方法主要是线性化 ICA 的扩展, 即在线性模型的基础上引入非线性运算. 盲源分离算法的过程依次为线性模型求逆以及非线性模型求逆<sup>[6-8]</sup>. 在通信系统中, 不同子信道之间的干扰以及器件等物理因素的干扰是用混合方程来描述的, 非线性盲源分离 ICA 算法中的混合方程为:

$$\begin{cases} \mathbf{x} = \mathbf{A}\mathbf{s} \\ \mathbf{t} = \mathbf{f}(\mathbf{x}) \\ \mathbf{z} = \mathbf{g}(\mathbf{t}) \\ \mathbf{y} = \mathbf{W}\mathbf{z} = \mathbf{W}\mathbf{g}(\mathbf{f}(\mathbf{A}\mathbf{s})) \approx \mathbf{s} \end{cases} \quad (1)$$

式中,  $\mathbf{s} = [s_1, s_2, \dots, s_N]^T$  为源信号;  $\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_N]^T$  为线性混合模型;  $\mathbf{t} = [t_1, t_2, \dots, t_N]^T$  为非线性混合后的观测信号;  $\mathbf{z} = [z_1, z_2, \dots, z_N]^T$  为非线性解混合后的观测信号;  $\mathbf{y} = [y_1, y_2, \dots, y_N]^T$  为经过线性解混合所得到的源信号的估计;  $\mathbf{f} = [f_1(x_1), f_2(x_2), \dots, f_N(x_N)]^T$  为非线性混合函数;  $\mathbf{g} = [g_1(t_1), g_2(t_2), \dots, g_N(t_N)]^T$  为非线性解混合函数;  $\mathbf{A}$  为混合矩阵;  $\mathbf{W}$  为分离矩阵.

非线性盲源分离 ICA 算法的结构如图 1 所示.

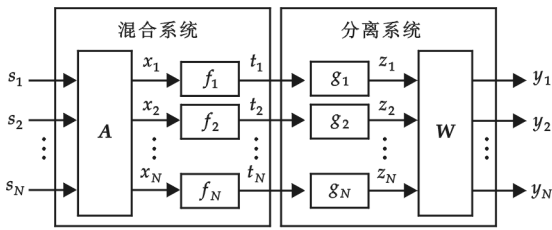


图 1 非线性盲源分离 ICA 算法的结构

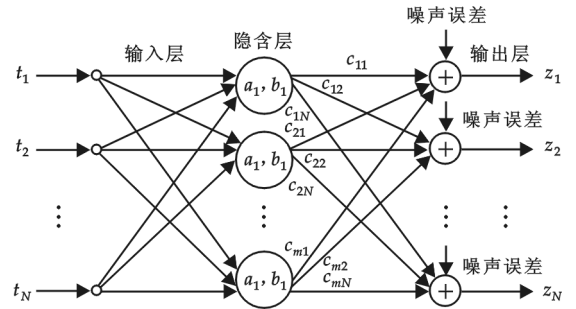


图 2 基于 RBF 函数的神经网络模型

## 2 传统的神经网络非线性盲源分离 ICA 算法

传统的神经网络非线性盲源分离 ICA 算法的主要思路是利用多层感知器网络对非线性盲源分离 ICA 算法建立模型. 研究表明, 只要神经网络中的神经元足够多, 该网络就能以任意精度近似任何非线性函数<sup>[9]</sup>. 在神经网络中, 最常用的是径向基函数(Radial Basis Function, RBF)模型, 基于 RBF 函数的神经网络模型如图 2 所示.

在图 2 中, 神经网络中的 RBF 函数可以描述为:

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{D}\mathbf{K}(t, \mathbf{p}) \quad (2)$$

式中,  $\mathbf{p}$  为隐含层参数,  $\mathbf{p} = (\mathbf{a}, \mathbf{b})$ , 其中  $\mathbf{a}$  和  $\mathbf{b}$  为隐含层神经元信息,  $\mathbf{a} = [a_1, a_2, \dots, a_N]^T$ ,  $\mathbf{b} = [b_1, b_2, \dots, b_N]^T$ ;  $\mathbf{D}$  为权重向量;  $\mathbf{K}(t, \mathbf{p})$  为神经网络的核函数, 它有多种形式, 最常见的是高斯形式, 即:

$$\mathbf{K}(t, \mathbf{p}) = \left\{ 1, \frac{1}{\sqrt{2\pi}a_1} \exp\left[-\frac{(\mathbf{x}-\mathbf{a}_1\mathbf{1})^T(\mathbf{x}-\mathbf{a}_1\mathbf{1})}{b_1^2}\right], \dots, \frac{1}{\sqrt{2\pi}a_N} \exp\left[-\frac{(\mathbf{x}-\mathbf{a}_N\mathbf{1})^T(\mathbf{x}-\mathbf{a}_N\mathbf{1})}{b_N^2}\right] \right\}^T \quad (3)$$

盲源分离的目的是恢复源信号, 所以如果非线性解混合函数  $\mathbf{g}$  是非线性混合函数  $\mathbf{f}$  的反函数, 则问题就变得相对容易. 但是由于  $\mathbf{f}$  是未知的, 所以不能直接求得  $\mathbf{g}$ . 为了能够使得  $\mathbf{g}$  近似  $\mathbf{f}^{-1}$ , 需要引入衡量两者近似的指标函数, 这可以采取最大互信息准则<sup>[10]</sup>.

设非线性解混合函数的表达式为:

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{g}(t, \boldsymbol{\omega}) \quad (4)$$

在式(4)中, 需要确定参数族  $\boldsymbol{\omega}$ , 使得  $\mathbf{g} \rightarrow \mathbf{f}^{-1}$ , 这里的  $\boldsymbol{\omega}$  对应于式(2)中的参数  $\mathbf{D}$ 、 $\mathbf{p}$ , 这可以通过最大互信息准则计算得到.

## 3 基于神经网络的变速率非线性盲源分离 ICA 算法

在图像去噪的过程中, 图像传输的信噪比是一个重要的指标. 当信噪比较大时, 由于噪声图像与原始

图像的误差较小,因此可以采用较大的学习速率使得迭代的参数尽快收敛到理想值;当信噪比较小时,由于噪声图像与原始图像的误差较大,因此可以采用较小的学习速率使得迭代的参数尽快收敛到理想值.另一方面,迭代误差也应该与学习速率有关.当迭代误差较大时,应该采用较大的学习速率,这样迭代参数可以尽快到达理想参数;当迭代误差较小时,应该采用较小的学习速率,这样迭代参数可以较为精确地收敛到理想参数.传统的神经网络非线性盲源分离 ICA 算法的学习速率是固定的,当系统的噪声和迭代误差较大时,迭代参数需要很长时间才能收敛,从而影响图像去噪的效果.为了提高图像去噪的效果,需要对传统的神经网络非线性盲源分离 ICA 算法进行改进.

基于神经网络的变速率非线性盲源分离 ICA 算法的步骤为:

第1步:基于 RBF 函数的神经网络模型,初始化参数  $D, a, b$ .

第2步:根据最大互信息准则,按照式(5)来更新参数  $D, a, b$ :

$$\begin{cases} D \leftarrow -u(\Delta, \text{SNR}) \frac{\partial C(\omega)}{\partial D} \\ a \leftarrow -u(\Delta, \text{SNR}) \frac{\partial C(\omega)}{\partial a} \\ b \leftarrow -u(\Delta, \text{SNR}) \frac{\partial C(\omega)}{\partial b} \end{cases} \quad (5)$$

式中,  $C(\omega)$  为对照函数;  $u(\Delta, \text{SNR})$  为学习速率;  $\Delta$  为迭代误差;  $\text{SNR}$  为信噪比.

在式(5)中,  $u(\Delta, \text{SNR})$  的表达式为:

$$u(\Delta, \text{SNR}) \begin{cases} \mu^+ + \lambda_1 \Delta, \text{SNR} \geq \text{SNR}^+ \\ \mu^+ \exp \left[ \frac{\text{SNR} - \text{SNR}^-}{\text{SNR}^+ - \text{SNR}^-} \ln \left( \frac{\mu^-}{\mu^+} \right) \right] + \lambda_2 \Delta, \text{SNR}^- < \text{SNR} < \text{SNR}^+ \\ \mu^- + \lambda_3 \Delta, \text{SNR} \leq \text{SNR}^- \end{cases} \quad (6)$$

式中,  $\text{SNR}^+$  和  $\text{SNR}^-$  分别为信噪比的上界和下界;  $\mu^+$  和  $\mu^-$  分别为高低信噪比对于学习速率的贡献成分;  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  分别为迭代误差相对于学习速率的贡献比率.

第3步:设定迭代误差为:

$$\Delta = \sqrt{\sum_{i_1, \dots, i_N} [M_{i_1, \dots, i_N}(\mathbf{y}) - M_{i_1, \dots, i_N}(\mathbf{s})]^2} \quad (7)$$

式中,  $w_{i_1, \dots, i_N}$  为不同的权重,满足  $\sum_{i_1, \dots, i_N} w_{i_1, \dots, i_N} = 1$ .

则互信息加权误差为:

$$\delta = \left| \frac{\Delta - \Delta_{\text{pri}}}{\Delta} \right| \quad (8)$$

式中,  $\Delta_{\text{pri}}$  为前一次迭代时的  $\Delta$ .

第4步:

如果  $\delta < \epsilon$ , 停止迭代, 否则, 重复第2步到第4步, 其中  $\epsilon$  为预先给定的较小的正数.

在图像去噪的过程中, 噪声和图像数据之间一般都是相互独立的. 传统的去噪方法是将图像数据和噪声一样对待, 这会影响图像去噪的效果. 而基于神经网络的变速率非线性盲源分离 ICA 算法可以得到相互独立的分量, 并将独立的噪声数据从图像数据中去除, 从而保证了原始图像的信息不被破坏.

#### 4 仿真实验与结果分析

在通信系统中传输的信号采用标准的 peppers( $512 \times 512$ ) 和 Lena( $512 \times 512$ ) 作为原始图像, 分别如图3和图4所示. 在 Matlab 软件中对原始图像加入均值  $\mu=0$ , 方差  $\sigma=10$  的高斯白噪声, 所得到的含噪图像如图5和图6所示. 基于 RBF 函数的神经网络模型, 分别采用基于传统的神经网络非线性盲源分离 ICA 算法和基于神经网络的变速率非线性盲源分离 ICA 算法, 对含噪图像进行去噪的仿真实验, 去噪后的图像分别如图7~图10所示.



图 3 peppers 原始图像



图 4 Lena 原始图像

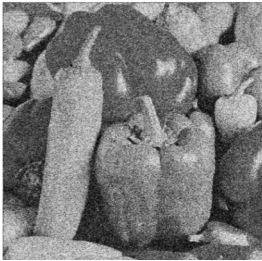


图 5 peppers 含噪图像



图 6 Lena 含噪图像

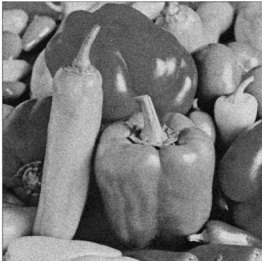


图 7 基于传统的神经网络非线性盲源分离 ICA 算法去噪后的 peppers 图像



图 8 基于传统的神经网络非线性盲源分离 ICA 算法去噪后的 Lena 图像

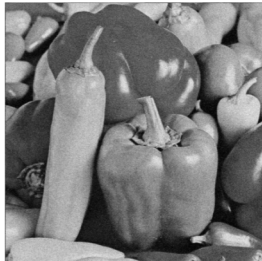


图 9 基于神经网络的变速率非线性盲源分离 ICA 算法去噪后的 peppers 图像



图 10 基于神经网络的变速率非线性盲源分离 ICA 算法去噪后的 Lena 图像

为了对盲源分离的效果进行定量描述,采用原始图像和去噪后图像的相关系数作为盲源分离效果的综合评价指标。相关系数的定义为:

$$\text{corr} = \frac{\sum_{i,j} \text{DC}(i,j) \text{DC}'(i,j)}{\sum_{i,j} [\text{DC}'(i,j)]^2}$$

(9)

式中,DC 为原始图像系数矩阵的离散余弦变换;DC'为去噪后图像系数矩阵的离散余弦变换。

改变高斯白噪声的噪声方差,采用原始图像和去噪后图像的相关系数作为去噪性能的综合评价指标,去噪后 peppers 图像和 Lena 图像的相关系数统计结果如表 1 所示。

表 1 去噪后 peppers 图像和 Lena 图像的相关系数统计结果

| 高斯白噪声 $\sigma$ | corr                    |         |                          |         |
|----------------|-------------------------|---------|--------------------------|---------|
|                | 基于传统的神经网络非线性盲源分离 ICA 算法 |         | 基于神经网络的变速率非线性盲源分离 ICA 算法 |         |
|                | peppers 图像              | Lena 图像 | peppers 图像               | Lena 图像 |
| 10             | 0.859 0                 | 0.887 1 | 0.919 2                  | 0.921 0 |
| 20             | 0.848 6                 | 0.865 8 | 0.895 8                  | 0.903 6 |
| 30             | 0.830 5                 | 0.839 6 | 0.874 5                  | 0.880 2 |

算法具有更好的盲源分离效果。

5 结束语

针对传统的神经网络非线性盲源分离 ICA 算法中学习速率固定的缺陷,作者提出一种基于神经网络的变速率非线性盲源分离 ICA 算法,该算法的创新之处在于根据信噪比和迭代误差来调节学习速率。最后将该算法应用于图像去噪中,实现了良好的盲源分离效果,这在非线性盲源分离技术的应用领域具有一

通过图 3~图 10 以及表 1 中数据的对比可以看出,由于引入了更为合理的学习速率,基于神经网络的变速率非线性盲源分离 ICA 算法去噪后的图像显得更清晰,在高斯白噪声的噪声方差不同时,所得到的相关系数比基于传统的神经网络非线性盲源分离 ICA 算法所得到的相关系数更大。由此说明,基于神经网络的变速率非线性盲源分离 ICA

定的实用价值.

## 参 考 文 献

- [1] Chan T H, Ma W K, Chi C Y, *et al.* A convex analysis framework for blind separation of non-negative sources[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2008,56(10):5 120-5 134.
- [2] Erdogan A T. A simple geometric blind source separation method for bounded magnitude sources[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2006,54(2):438-449.
- [3] Sidiropoulos N D, Davidson T N, Luo Z Q. Transmit beamforming for physical-layer multicasting[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2006,54(6):2 239-2 251.
- [4] Hyvarinen A, Karhunen J, Oja E. Independent component analysis[M]. John Wiley & Sons, New York, 2001.
- [5] Roberts S J, Everson R. Independent component analysis: principles and practice[M]. Cambridge University Press, United Kingdom, 2001.
- [6] Zarzoso V, Comon P. Robust independent component analysis by iterative maximization of the kurtosis contrast with algebraic optimal step size[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 2010,21(2):248-261.
- [7] Gao J B, Xu Z, Lin H, *et al.* Independent component analysis based semi-blind I/Q imbalance compensation for MIMO OFDM systems[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2010,9(3):914-920.
- [8] Klemm M, Haueisen J, Ivanova G. Independent component analysis: comparison of algorithms for the investigation of surface electrical brain activity[J]. Medical and Biological Engineering and Computing, 2009,47(4):413-423.
- [9] Diamantaras K I, Theodoridis S, Pitas I. Second order Hebbian neural networks and blind source separation[C]. Eusipco: European Signal Processing Conference, Rhodes, Greece, 1998;1 317-1 320.
- [10] Bell A J, Sejnowski T J. An information-maximization approach to blind separation and blind deconvolution [J]. Neural Computation, 1995,7(6):1 129-1 159.

# RESEARCH ON VARIABLE RATE NONLINEAR BLIND SOURCE SEPARATION ICA ALGORITHM BASED ON NEURAL NETWORK

ZHANG Tian-yu

(Department of Mechanical and Electrical Engineering, Wuxi Radio & Television University, Wuxi 214011, China)

**Abstract:** The important research direction of blind source signal processing is nonlinear blind source separation ICA algorithm based on neural network. The learning rate of traditional neural network nonlinear blind source separation algorithm is fixed. When the system noise and iterative error are larger, it will take a long time for iterative parameters to get convergence. So it will affect the effect of blind source separation. According to SNR and iterative error, the learning rate is adjusted. A variable rate nonlinear blind source separation ICA algorithm based on neural network is proposed, and then the proposed algorithm is applied to image denoising. The simulation results show that, compared with the traditional neural network nonlinear blind source separation ICA algorithm, the proposed algorithm has better effect of blind source separation.

**Key words:** blind source signal processing; independent component analysis; learning rate; neural network; maximum mutual information criterion; image denoising

# 基于神经模糊 PID 控制的双闭环恒压供水系统研究

谢 静

(陕西工业职业技术学院电气工程学院, 陕西 咸阳 712000)

**摘 要:**针对地区城市水厂供水管网普遍存在铺设复杂、传输距离远、控制对象具有大滞后、强耦合、非线性、参数时变等特点,综合考虑目前供水系统注重管网压力而轻视水库水位等问题,提出了采用基于智能神经网络的可调整修正因子模糊 PID 控制算法进行双闭环控制,使得供水系统不仅能按照模糊控制规则对不同供水工程进行调节,而且能够实时调节 PID 参数,使系统输出稳定. MATLAB 仿真表明该控制算法对于系统的输出控制良好,系统响应曲线几乎没有超调,系统的建立时间比较短,抗干扰能力强,是一种鲁棒性很强的控制器,从而有利于提高变频调速恒压供水系统的稳定性和可靠性.

**关键词:**神经网络;模糊控制;PID;双闭环;自适应

**中图法分类号:**TP273+.4 **文献标识码:**A

## 0 前 言

目前城市供水的恒压控制系统多采用变频调速控制,变频调速恒压供水系统是一个典型的大迟延、非线性系统,而且城市用水具有季节性、时间性强、水压扰动量大的特点. PID 控制虽然具有较多优点,但是其固定参数控制模式不适合城市恒压供水控制系统,为了确保供水的稳定性和可靠性,非常有必要加强技术变革以提供高质量的供水<sup>[1]</sup>.

模糊控制技术基于专家知识和熟练操作工的经验,用接近于自然语言的模糊语言描述被控对象,运用模糊逻辑推理来获取控制量,具有鲁棒性强、调节迅速的特点,但是普通的模糊控制器控制精度不高<sup>[2]</sup>. 将 PID 控制与模糊控制结合的模糊自适应 PID 控制把二者的优点充分结合起来,通过在线修正 PID 参数,实现了对扰动的快速平稳调节<sup>[3-5]</sup>. 神经网络具有自学习能力和大规模并行计算能力,在认知处理上比较擅长;而模糊控制则是模仿人脑的逻辑思维机理,用于处理模型未知或不精确的控制问题,在技能处理上比较擅长<sup>[8-10]</sup>;将两者有机结合,融合各自的优点,将可以得到性能更好的控制器.

综上所述,常规的 PID 控制算法已经不能满足现代供水控制的要求,为了提高恒压供水控制的性能,本文结合神经网络和模糊控制各自的优点,建立了基于神经网络的模糊 PID 恒压供水控制模型,提高了管网水压和水库水位的控制精度,取得了良好的供水控制效果.

## 1 供水系统及其特性分析

近年来,我国城市给水工程的发展特点主要有以下几个方面:建设规模越来越大;长距离引水工程越来越多;水厂净化工艺越来越复杂;特殊水处理技术的经验越来越丰富;给水增压技术设施越来越新;水厂自动化程度越来越高并趋普及;分质供水与广域供水系统越来越多;集成化水处理装置越来越多.

但是目前传统的变频调速恒压供水系统还存在着一些缺点. 传统恒压供水控制系统为了节约成本,用一台变频器依次启动多台水泵,而变频器用于循环启动水泵群必须解决同步切换问题<sup>[6]</sup>,否则将给设备带

\* 收稿日期:2010-07-09

作者简介:谢 静(1968—),女,陕西省咸阳市人,讲师,硕士,研究方向:电工电子、控制工程理论及应用



来重大危害,首先是切换电压与水泵电机反电动势相位相反时产生的冲击电流对水泵电机的危害以及停机时“水锤效应”对水泵叶轮的毁坏,其次是突然甩负载时变频器主回路电流对续流二极管造成的损害和直流母线电压“泵升”对滤波电容的损害.有学者提出了变频器的同步切换问题<sup>[7]</sup>,但对于恒压供水控制系统则要综合考虑系统成本及运行维护费用.普通的软启动器价格低,性能好,采取一拖多的方式不存在同步切换问题,运行维护更加简单,在变频器故障时可以单独供水,因此作者认为变频器与软启动器相结合实现恒压供水更为实用.

2 地区城市供水系统的分析

某市自来水公司已长期运行了多年,很多设备已趋于陈旧但是还可继续使用.本着资源不浪费的原则,确定改造方案为增加一台使用变频器实现其软启动及转速调节的大流量水泵,管网用水的需求基本上由此泵供给,其余的水泵仍由工频控制,这样改造的好处是以最少的成本投入及运行费用获得了最优的运行效果.变频泵的转速随用户用水量的变化动态调节,当变频泵转速达到额定转速后,如水压在所设定的时间内不能满足恒压值时,系统通过锁相环节将变频泵切换到工频运行状态,随即自动投入一台或若干台工频泵以补充用水需求.当用水高峰期过后,依次将工频泵退出运行,大流量水泵重新进入变频控制,这种闭环控制方法既可以解决供水高峰时水压不足问题,又可以避免深夜用水低谷时水压过高且资源浪费.

本次改造还兼顾水位的闭环控制,水库容积约为 5 000 m<sup>3</sup>,储水量较大.在正常的生产生活中应该同时满足工厂等用水大户进行及居民生活用水的需要;当水位不足时必须优先保证居民用水而对用水大户进行限制或在极度干旱的情况下实行暂停供水;设定消防水位,以应对火灾发生时必需的消防用水.据此将水库水位分成 5 个控制区段,根据不同的水位和管网的压力,自动调节各个泵的运行<sup>[4]</sup>,如图 1 所示.

由上文所述,恒压供水系统不是一个简单的水泵变频运行过程,不同的运行场合对供水系统有着不同的要求.对于用户管网应加强对供水管道的压力进行实时监测,同时还需要对所有的工作水泵做更加可靠的保护控制,而对于水库要对其水位进行监测,保证采集数据的精确性,同时还要满足泵房污水排放、消防用水等多方面的要求,如图 2 所示.

3 恒压供水系统的神经网络模糊 PID 控制算法

采用神经网络模糊 PID 控制,利用神经网络的自学习能力和模糊控制学科领域知识,以较少的规则来表达知识的能力,以求获得更好的控制效果,有效因改善系统结构和参数的变化而导致的控制效果的不稳定.

3.1 模糊控制

模糊控制是处理不确定对象的有效方法之一,对于参数变化无常的供水系统,模糊控制能很好地体现其优越性,这种控制方式不需要知道对象的精确模型,是一种语言控制器,能够实现对非线性、大滞后特性对象的控制,且对数学模型不清楚或参数时变的对象以及常规 PID 算法控制效果不理想的场合也能得到很好的应用.模糊控制突出的优点是对不同过程控制的适应性强,具有强的鲁棒性,而且结构简单、易于实现.但是常规模糊控制的稳态响应不及 PID 控制,为此有不少文献中将模糊控制与 PID 控制结合起来形

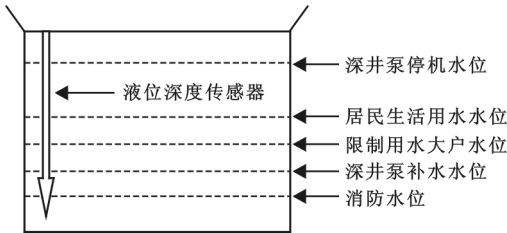


图 1 根据液位深度控制泵启停示意图

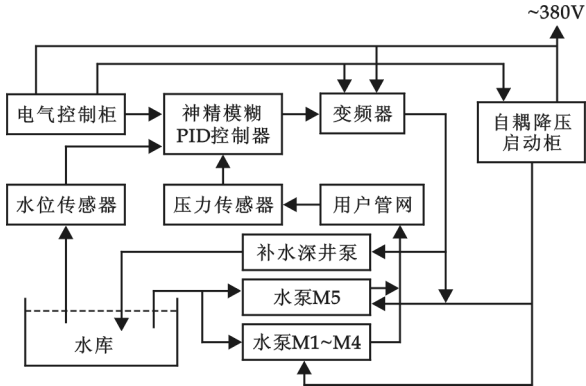


图 2 变频器恒压供水系统框图

成恒压供水的混合模糊 PID 控制,改善了供水系统的静态特性<sup>[7-9]</sup>.

表 1  $K_p$  的模糊控制规则表

| $K_p$ | EC |    |    |    |    |    |    |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|
|       | NB | NM | NS | Z  | PS | PM | PB |
| E     | NB | PB | PB | PB | PB | PS | Z  |
|       | NM | PB | PB | PM | PM | Z  | NS |
|       | NS | PB | PM | PM | PS | NS | NM |
|       | Z  | Z  | Z  | Z  | Z  | Z  | Z  |
|       | PS | NB | NM | NS | PS | PM | PM |
|       | PM | NM | NS | Z  | PM | PB | PB |
|       | PB | NS | Z  | PS | PB | PB | PB |

表 2  $K_i$  的模糊控制规则表

| $K_i$ | EC |    |    |    |    |    |    |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|
|       | NB | NM | NS | Z  | PS | PM | PB |
| E     | NB | PB | PB | PB | PB | NS | NM |
|       | NM | PB | PB | PM | PM | NM | NB |
|       | NS | PB | PM | PS | PS | NB | NB |
|       | Z  | Z  | Z  | Z  | Z  | Z  | Z  |
|       | PS | NB | NB | NB | PS | PS | PM |
|       | PM | NB | NB | NM | PM | PM | PB |
|       | PB | NB | NM | NS | PB | PB | PB |

的<sup>[8]</sup>.

根据 PID 参数自整定原则,用于 PID 参数控制的模糊控制器采用 2 输入 3 输出的模糊控制器.该模糊控制器是以 |E| 和 |EC| 为输入语言变量,以  $K_p$ 、 $K_i$  和  $K_d$  为输出语言变量.模糊控制器各语言变量的论域为<sup>[10,11]</sup>:

表 3  $K_d$  的模糊控制规则表

| $K_d$ | EC |    |    |    |    |    |      |
|-------|----|----|----|----|----|----|------|
|       | NB | NM | NS | Z  | PS | PM | PB   |
| E     | NB | PB | PB | PB | NB | NB | NM   |
|       | NM | PB | PB | PM | NM | Z  | PSPM |
|       | NS | PB | PM | PM | NS | PM | PB   |
|       | Z  | Z  | Z  | Z  | Z  | Z  | Z    |
|       | PS | PB | PB | PM | NS | PM | PM   |
|       | PM | PM | PS | Z  | NM | PM | PB   |
|       | PB | NS | NM | PB | PB | PB | PB   |

$V_{ij}(|E_i| * |EC_i| * U_{ij}).$

控制量变化 Fuzzy 集: $R=(|E_i| * |EC| \cdot R).$

本文用到的求控制量的方法是隶属度最大法.

以上误差值经过模糊控制器转换为模糊变量值时,如果采用单一的模糊隶属度表则效果可能会随着系统的变动而变差,所以需要在系统运行过程中应用神经网络的学习作用对隶属度表的生成进行干预以达到最佳.

3.5 基于神经网络的自调整修正因子模糊 PID 控制

单纯采用模糊控制的恒压供水系统的静态性能较差,主要因为通常的模糊控制器以误差和误差变化

3.2 控制规则表

PID 控制规则的离散表达式的增量式为:

$$\Delta U(n)=K_p * [e(n)-e(n-1)]+K_i * e(n)+K_d * [e(n)-2e(n-1)+e(n-2)] \tag{3}$$

式中: $K_p$ 、 $K_i$  和  $K_d$  分别为比例系数、积分系数和微分系数,其中: $K_i = K_p * T/T_i$ ,  $K_d = K_p * T_d/T$ ,  $T$  为采样周期.只要将离散 PID 控制模糊化,便相当于三维模糊 PID 控制器,模糊化后的语言变量为  $E$ 、 $EC$ 、 $K_p$ 、 $K_i$  和  $K_d$ .

一般情况下,在不同 |E|、|EC| 下,被控过程对参数  $K_p$ 、 $K_i$  与  $K_d$  的自整定要求可归结为:当 |E| 较大时,为使系统具有良好的跟踪性能,应取较大的  $K_p$  与较小的  $K_d$ ,同时,为避免系统响应出现较大的超调,应对积分作用加以限制,通常取  $K_i=0$ ;当 |E| 处于中等大小时,为使系统响应具有较小的超调, $K_p$  应取的小些;在这种情况下, $K_d$  的取值对系统响应的影响较大, $K_i$  的取值适当;当 |E| 较小时,为使系统具有较好的稳态性能, $K_p$  与  $K_i$  均应取得大些,同时,为避免系统在设定值附近出现振荡, $K_d$  值的选择是相当重要

系统误差绝对值  $E=\{-e_3,-e_2,-e_1,0,e_1,e_2,e_3\}$   
误差变化率绝对值  $EC=\{-e_{c3},-e_{c2},-e_{c1},0,e_{c1},e_{c2},e_{c3}\}$

3.3 模糊控制规则表

根据上述基于神经网络的模糊 PID 参数整定原则及专家经验,可以列出输出变量  $K_p$ 、 $K_i$  和  $K_d$  的控制规则如表 1~表 3 所示.

3.4 模糊控制语法<sup>[12]</sup>

条件语句可归结为一个 Fuzzy 关系,即:  $R=$



作为输入,具有相似于比例微分控制的作用,而缺少积分环节的控制,导致了模糊控制的静态性能较差,为此把 PID 控制引入模糊控制中组成模糊 PID 复合控制,以解决强化调节作用和暂态过程稳定性之间的矛盾. 模糊 PID 控制是在大误差范围内采用模糊控制以提高动态响应速度;在小误差范围内采用 PID 控制,引入积分控制作用以消除静态误差,提高控制精度. 虽然模糊 PID 控制改善了静态性能,但因其控制规则固定不变,很难满足系统在不同状态下的要求,从而影响了控制效果. 因此,在模糊控制中引入神经网络自修正因子以提高控制系统的自适应能力,神经网络的作用是动态改变模糊控制的隶属度函数,进而改变控制规则,构成自调整修正因子模糊 PID 控制的恒压供水系统,以期达到满意的控制效果.

在模糊控制系统中,模糊推理相当于对一种输入输出关系的映射,输入为前提(误差、误差变化率等模糊量),输出经非模糊化后即推理的结果输出. 利用神经网络的任意函数映射功能就可以实现模糊推理,这也是神经网络与模糊逻辑性结合的常用方法,下面介绍的神经网络模糊 PID 控制器就是应用这一思想来实现的 PID 控制器参数在线调整的.

神经模糊 PID 控制器中包括了 3 个主要的部分,分别是:PID 控制、模糊化模块和 BP 神经网络部分. 传统的 PID 控制器,直接对被控对象进行闭环控制,并且 3 个参数  $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$  为在线整定式. 模糊化模块对系统的状态变量进行模糊量化和归一化处理,这样做的优点是利用模糊控制的鲁棒性和非线性控制作用,对作为实现模糊规则的神经网络 NN 的输入进行预处理,避免了 NN 的活化函数采用 Sigmoid 函数时直接输入量过大而导致输出饱和,使得对输入不再敏感的缺点. 神经网络 NN 用于表示模糊规则,经过神经网络的学习,以加权系数的形式表现出来,规则的形成就转化为加权参数初值的确定和修改. 根据系统的运行状态,调节 PID 控制器的参数,以期达到某种性能指标的最优化,也即使输出层神经元的输出状态对应于 PID 控制器的 3 个可调参数  $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$ ,通过神经网络的自身学习、加权系数调节,从而使其稳定状态对应于某种最优控制规律下的 PID 控制器参数. 输入层的输入  $r(k)$  与输出  $y(k)$  比较后产生的误差  $e(k)$  经过模糊化归一化处理后作为输入量  $X$  送到 BP 网络中进行处理,经过训练后来调整 PID 控制器的 3 个参数,从而使被控对象发生相应的变化而获得较好的控制性能<sup>[13]</sup>.

上文的控制方法可以具体实现为:控制器通过监测管网水压得到实际水压与设定压力相比较,将水压的误差  $e$ 、 $e_c$  误差变化率作为模糊控制器的输入量,经模糊化后转化为用模糊语言描述的模糊集合,再经过模糊控制器的控制规则推理合成后输出一个模糊控制量增量,积分后经反模糊化处理给出控制量的确切值,送给变频器去控制水泵的转速,直到水压满足要求为止. 加入自整定 PID 的控制系统框图如图 3 所示.

图 3 中的系统预测模块的作用是对难以建立准确数学模型的对象进行复杂的预测. 由于神经网络具有通过学习逼近任意非线性映射的能力,所以将神经网络应用于非线性系统的建模、辨识和预测可以不受非线性模型的限制,便于给出工程上易于实现的学习算法<sup>[14]</sup>.

#### 4 控制算法的 MATLAB 仿真研究

供水系统的数学模型可等效为带纯滞后,死区的两个惯性环节串联,即

$$G(s) = \frac{K e^{-\tau s}}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} \quad (T_1 > T_2, \text{死区时间 } T_3) \quad (4)$$

式中:  $K$ —系统的总增益;  $T_1$ —系统的惯性时间常数;  $T_2$ —变频器和电机时间常数;  $\tau$ —系统纯滞后时间.

系统的输入信号为两个,即蓄水池水位信号和管网水压信号,针对每个输入取 3 个模糊集进行模糊化,即  $n=2$ ,  $N=3$ ,网络学习参数取  $\eta=0.20$ ,  $\alpha=0.20$ . 网络的初始权值及隶属函数参数初值可通过实验得到. 输入信号取单位阶跃信号,在 MATLAB 环境下进行仿真,得到阶跃响应曲线和参数自适应整定曲线,较之常规的 PID 控制系统,其输出较好.

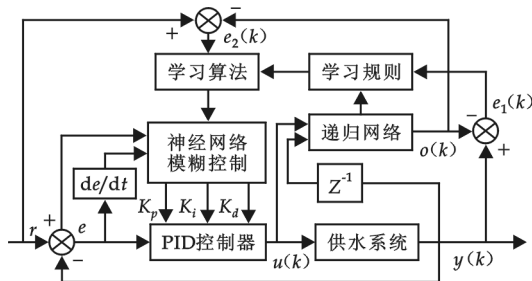


图 3 神经网络模糊 PID 控制结构框图

取 100 组现场采集到的输入输出数据作为模糊神经网络的训练样本,当误差小于 0.003 时停止学习,用训练好的模糊神经网络进行推理就得到 PID 控制参数的输出.应用此模糊神经网络可实现 PID 参数的自适应调整.利用普通 PID 算法和模糊神经网络 PID 算法分别对阶跃信号进行跟踪,仿真结果如图 4 所示,可以看出模糊神经网络对张力控制系统的控制能达到理想的控制目标值.

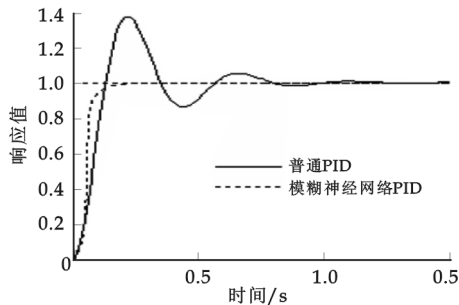


图 4 单位阶跃信号跟踪响应曲线

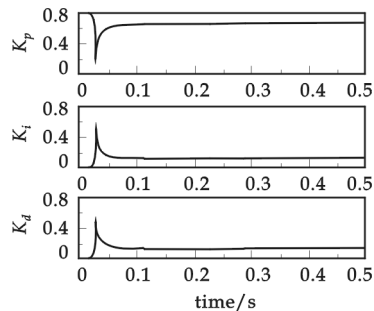


图 5 模糊神经网络  $K_p$ 、 $K_i$  及  $K_d$  参数自适应图形

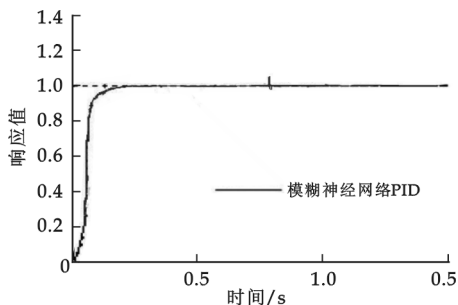


图 6 加入微小扰动后的模糊神经网络 PID 控制效果

参照以上仿真结果,图 4 说明了将神经网络、模糊控制与 PID 控制相结合时系统响应曲线几乎没有超调,系统的建立时间比较短,抗干扰能力强,是一种鲁棒性很强的控制器.图 5 展示了  $K_p$ 、 $K_i$  和  $K_d$  在系统运行初期自适应调整的过程.图 6 展示了当系统受到扰动时能够很快恢复原来运行状况,可见若将该控制应用于供水系统一定能使系统平稳运行,减少很多维修工作.

## 5 结束语

本文将模糊控制与神经网络控制有效地结合起来,所构成的模糊神经网络控制器不需要对象精确的数学模型,可根据控制中的结果进行自学习,能不断提高自身的适应性.将模糊神经网络应用于 PID 控制器的设计,能在线调整 PID 的 3 个参数  $K_p$ 、 $K_i$  和  $K_d$ ,具有一定的抗干扰性,能很好地满足系统的要求.在 MATLAB 环境下的仿真结果表明,神经网络模糊控制器比常规 PID 控制器显示出了较好的控制性能.

## 参考文献

- [1] 刘萍丽. 交流变频恒压供水控制器的设计[D]. 大连海事大学硕士学位论文, 2005.
- [2] 谢仕宏, 徐冬丽, 张兴涛. 交流电机模糊软启动控制器的设计及仿真研究[J]. 陕西科技大学学报, 2006, 24(3): 85-289.
- [3] 谢仕宏, 朱晓聪, 姜丽波. 模糊 PID 控制算法在恒压供水系统中的应用[J]. 陕西科技大学学报, 2007, 25(2): 109-122.
- [4] 范力旻. 双闭环恒压供水系统[J]. 应用能源技术, 2006, (11): 36-38.
- [5] 宁耀斌, 明正峰, 钟彦儒. 变频调速恒压供水系统的原理与实现[J]. 西安理工大学学报, 2001, 17(3): 305.
- [6] 徐甫荣. 对变频器切换控制及循环软起动的看法[J]. 电工技术杂志, 2002, (8): 56-59.
- [7] 王孟效, 孙瑜, 汤伟等. 制浆造纸过程测控系统及工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 310-312.
- [8] 王少愚. 参数自整定 PID 控制器的研究[D]. 武汉: 武汉理工大学硕士学位论文, 2002.
- [9] 金传伟, 毛宗源. 变频调速技术在水泵控制系统中的应用[J]. 电子技术应用, 2000, (9): 38-39.
- [10] 方大寿, 李纪扣. 模糊 PID 复合控制恒压供水系统[J]. 微小型计算机开发与应用, 1996, (4): 32-36.
- [11] 谭延良, 郭怡倩. 一种新型模糊 PID 控制的变频恒压供水系统[J]. 排灌机械, 2001, 19(5): 35-38.
- [12] A. j. Van der Wal. Application of fuzzy logic control in industry[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1995, 74: 33-41.
- [13] J. R. Layne, K. M. Passino. Fuzzy model reference learning control for cargo ship steering[J]. IEEE Control Systems Magazine, 1993, 13(5): 23-34.
- [14] LiXin Wang. Universal approximation by hierarchical fuzzy systems[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1998, 93: 223-230.

DOUBLE-LOOP WATER SUPPLY SYSTEM BASED ON  
NEURON-FUZZY PID CONTROL

XIE Jing

(School of Electrical Engineering, Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000, China)

**Abstract:** After some investigation to a region city waterworks, aiming at its complex water supply pipe laying, long transmission distance, control object has a large, strong coupling, nonlinear, parameters and it is difficult to establish an effective mathematical models, and other characteristics, and because the water supply systems are often focus on supply pressure but overlook the reservoir level, this paper put forward a double-loop control based on neural networks adjusted fuzzy PID algorithm, using intelligent neural networks and fuzzy control application to traditional PID control. The purpose is to educate not only water supply system can be in accordance with the rules on fuzzy control to adjust different water supply project, but also educate real-time PID parameters, making the system output stability. Though MATLAB/simulink shows that the control algorithm for system output control, system response curve performs almost no overshoot, the system time is short, strong anti-interference, strong robust. The system can increase frequency control of stability and reliability of the water supply system.

**Key words:** neural network; fuzzy control; PID; double-loop; adaptive

~~~~~  
(上接第 104 页)

DESIGN OF DOHERTY AMPLIFIER IN THE DIGITAL TV  
FRONT-END TRANSMITTER

CHEN Jun, SU Kai-xiong

(Institute of Physics and Information Engineering of Fuzhou University, Fuzhou 350002, China )

**Abstract:** OFDM modulation is used in the digital TV transmitter. This signal has some characteristics such as wide bandwidth, multi-carrier, high PAPR, etc. The efficiency of transmitter power amplifier will be made in very high demand. In this paper people will pull Doherty amplifier in the front-end power amplifier, introduced the principle and basic structure of Doherty amplifier. Through computer simulation people can verify the performance of this amplifier circuit in the digital television transmission system. Also we design the actual circuit and test and achieve real results. Through the results, we can find that the Doherty amplifier has solved the low efficiency problem in digital TV front-end transmitter. So it has great relevance.

**Key words:** digital television; Doherty; efficiency; PA

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0116-04

# 数据仓库在 SOA 架构下的数据集成的研究

冉崇善, 王马川

(陕西科技大学电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘要:**数据仓库在 SOA 架构下构建业务集成需要数据集成作为基础,服务的调用需要数据才可以被终端调用,基于 SOA 的数据集成平台中数据存储层的建设方案,作者提出了将数据和服务作为企业资产信息管理的基础财产,在数据存储层实现了数据集成规划,并实现了信息平台中数据和应用一体化设计,为异构数据和系统平台的无缝结合提供了更好的集成基础.

**关键词:**软件重用; 数据集成平台; 数据仓库; SOA 架构

**中图法分类号:**TP319      **文献标识码:**A

## 0 前言

随着 IT 技术的发展与办公电子信息化的推进,信息系统建设已经成为更多的企业和集体的必然需要. SOA 架构即将形成新的信息系统架构风暴,但是在企业与 DW 之间还没有很好的集成,为此首先了解一下 SOA 及 DW 的概念<sup>[1,2]</sup>.

## 1 SOA(Service-Oriented Architecture)

SOA(面向服务的体系结构)是一种以服务为组件的软件架构模式,将业务作为链接服务或可重复业务任务进行集成,可在需要时通过网络访问这些服务和任务. 这个网络可以存在于一个地方,也可以分散

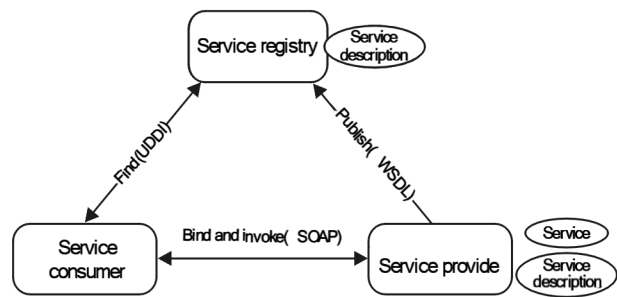


图 1 SOA 架构交互模型

于各地且采用不同的技术,通过对来自各地的服务进行组合,可让客户端在本地实现功能. 这些服务是自包含的,具有定义良好的接口,允许这些服务的用户(客户机或使用用户)了解如何与其进行交互. SOA 以其“松散耦合”的应用程序组件为开发带来了方便:在此类组件中,代码不一定绑定到某个特定的数据库. 将服务组合为各种需要的应用程序,通过约定好的“服务契约”来进行服务调用,

如图 1 所示. SOA 架构后的系统大幅度提高了代码重用率,在增加功能的同时减少了工作量.

## 2 数据仓库(Data Warehouse,DW)

数据仓库是一个面向主题、集成、时变、非易失的数据集合,是决策支持系统和联机分析应用数据源的

\* 收稿日期:2010-07-16  
作者简介:冉崇善(1956—),男,陕西省富平县人,教授,硕士,研究方向:网络安全及信息系统管理  
基金项目:陕西省科学技术研究发展计划基金资助项目(2008K05-13)

结构化数据环境<sup>[3]</sup>. 根据数据仓库所管理的数据类型和它们所解决的企业问题范围,一般可将数据仓库分为下列 3 种类型:操作型数据库(ODS)、数据仓库(DW)和数据集市(DM). 数据仓库具备以下 4 个关键特征:面向主题 (Subject Oriented) 的数据集合;集成 (Integrated) 的数据集合;时变 (Time Variant) 的数据集合;相对稳定 (Nonvolatile) 的数据集合. 数据仓库的一般体系结构如图 2 所示.

### 3 数据仓库与 SOA 结合的企业架构——将数据和

SOA 架构之所以可以高效,不仅因为其服务的调用,组件复用和代码复用更给系统开发带来了便捷. 本架构中将企业的所有数据独立出来,基于数据架构,建设数据集成平台;将企业的所有应用组件分离出来,基于服务总线,建设应用集成平台. 企业的业务基础平台由数据集成平台和应用集成平台共同组成,应用集成平台由企业服务总线(ESB)和公共的业务组件组成. ESB 将不同的组件互相衔接起来,在两个或更多的组件或系统之间实现无缝链接集成,使整个信息系统就如同一个整体一样. 通过统一开发或者封装已有的组件和系统建设公共服务组件,形成企业共享的公用服务平台,避免了重复开发、重复购买、标准不一致等问题,其中公共服务组件包括了工作流组件、业务组件、服务组件、统一认证组件、GIS 组件、BI 组件、通用报表组件等<sup>[4,5]</sup>.

### 4 数据集成方案

数据集成以 SOA 为基础架构,如图 3 所示,应用 Web service 技术来实现. 实时数据集成系统包括多个分布的异构子系统、一个实时数据捕获业务、UDDI 注册中心和其它 Web service. 将每个异构的子系统都进行 Web service 的包装,屏蔽了异构源系统的内部细节,并对外提供它的服务接口,能响应数据捕获 Web service 的请求并提供服务. UDDI 注册中心在 ntrant 上为 Web service 提供注册服务,客户可通过 UDDI 注册中心查找可用的 Web service,当数据捕获服务检测到数据变更时,可以在 UDDI 注册中心处查找与相应子系统对应的 Web service 来处理系统中的数据变更,并对变更的数据进行包装,传递给数据转换 Web service. 实时数据捕获服务的功能是通过监控数据库日志的方式检测各个源数据库端的数据变化,并根据变化的源数据库类型选择相应的 Web service 对其变更的数据进行处理,由数据转换 Web service 处理后将所包装的包含变更数据信息的信息传递给实时数据缓存,各个 Web service 间通过 SOAP/http(Simple Object Access Protocol)协议交换 XML 文档数据<sup>[6]</sup>.

### 5 设计数据集成平台

如果企业有多个数据库和应用,则需要考虑不同业务系统间的相互影响,例如:一个业务系统的性能问题会影响到其它系统,业务的新增、变更都会对其它系统产生一定的影响,争抢已有系统的 I/O、CPU 资源等,因此一个数据库是逻辑上一个基础库,可以物理上分开部署,包括采用数据库分区和数据库集群等技术. 应用可以通过集群的方式解决性能问题,应用集群运行所有的业务组件,组件之间通过数据共享

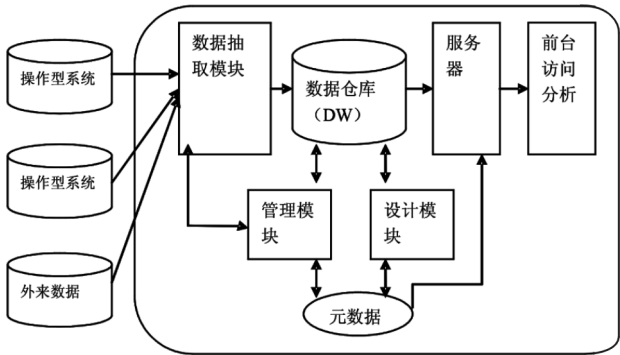


图 2 数据仓库一般体系结构

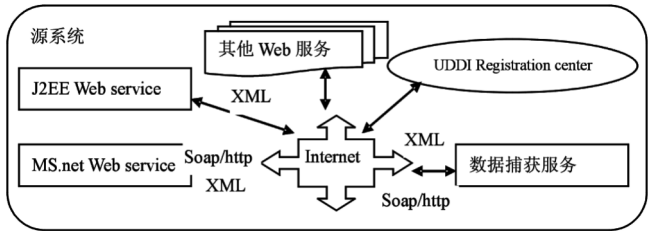


图 3 基于 Webservice 的数据集成方案

或者应用 Web 服务调用的方式实现互联. 如果是遗留系统或者是产品化的系统, 则通过主数据管理、SOA 集成以及数据仓库的 ETL 等实现集成. 数据集成平台如图 4 所示.

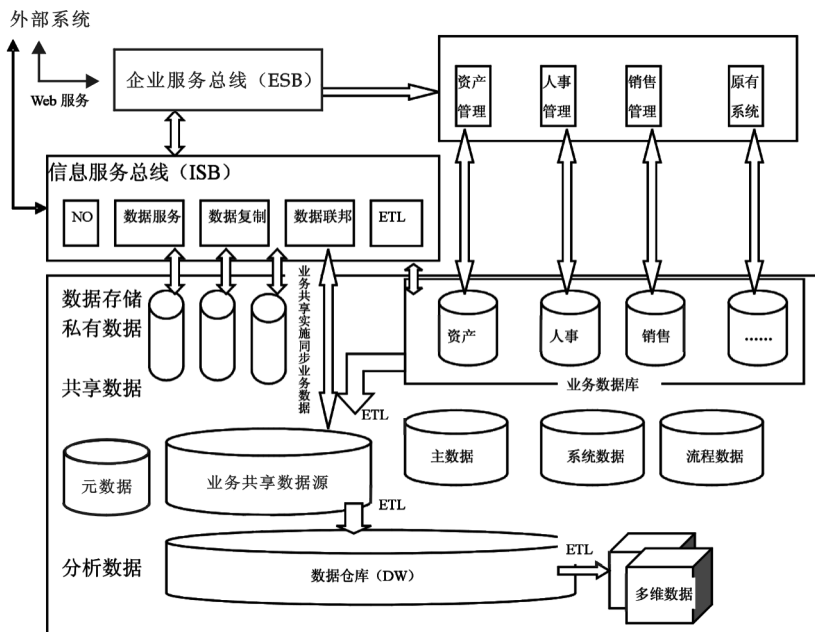


图 4 SOA 的 DW 架构

## 6 数据集成存储层安排

将数据存储层的数据分为 3 个层次: 私有数据层、共享数据层和分析数据层, 可以保证业务系统的性能, 同时实现数据的共享、数据分析<sup>[7,8]</sup>.

### 6.1 分析数据层 (Analyzed data layer)

分析数据层的数据集主要用于支撑企业的管理和决策需要, 是典型的分析型数据环境. 它从数据仓库中提取数据并整合管理决策所需要的数据集, 通过数据仓库的建设, 对现有各类分布数据源进行数据集中, 经过进一步对数据的清洗、过滤、转换后加载至数据仓库中, 为数据的集中存储管理和分析利用提供数据支撑环境.

### 6.2 共享数据层 (Sharing data layer)

共享数据层包含业务共享数据、主数据、系统数据、流程数据和元数据, 其中业务共享数据主要包括基于主题的数据模型, 是交易类的数据, 特点是数据变化快、数据量大; 主数据是基础数据, 数据变化慢、数据量小, 但是查询量大; 系统数据主要包含用户数据、功能数据、用户权限数据等, 和门户系统结合; 流程数据是跨系统的流程数据, 是未来工作流处理、流程监控和审批平台的公共流程数据. 共享数据层的功能是整合所有企业内外数据源, 基于企业完整的数据架构进行建设, 是所有已有系统和业务组件共享的数据库, 共享层对于新旧系统中的数据整合起到了内外数据统一接口的作用. 业务共享数据库采集了企业各系统的业务数据, 即审计监控源系统的数据质量, 同时按照企业统一的主题域数据模型对数据进行整合转换, 又为其它业务应用系统提供跨域与跨空间的数据共享. 由业务共享数据库统一向各业务系统提供数据共享服务, 同时业务共享数据库也可以作为新的系统开发的业务数据库. 对于目前已经存在的系统, 在升级改造时将现在的通过 ETL 抽取的方式改为由原系统直接集成的方式, 在业务共享数据库存放数据. 业务共享数据库也作为 DW 理论上的唯一数据源, 为 DW 提供高质量的数据, DW 中的挖掘和分析结果也要回写到业务共享数据库中.

6.3 私有数据层 (Private data layer)

私有数据层数据集主要用于支撑企业的运营,是典型的操作型数据环境.由一组业务专用数据库组成,包括资产管理、销售、财务、人力资源等已有系统的数据库,其主要职能在于支撑企业日常的经营和管理活动的运营需要.私有层数据的特殊性在于其他的系统或者业务组件除了通过 web 服务调用之外不能直接访问.

7 结束语

SOA 即将成为目前信息系统架构的主流思想,本文基于软件重用的思想描述了数据仓库在软件架构中需要构建数据集成平台的概念,并对数据平台的功能和数据存储做了说明,通过分层的数据管理,建立企业统一的数据集成平台可为未来更好使用数据和系统服务夯实基础.

参 考 文 献

[1] Jack Beaton, Brad A. Myers. Usability evaluation for enterprise SOA apls[J]. ACM,2008,(4):37-39.  
[2] BEA 系统(中国)有限公司. SOA 最佳实践[J]. 电力信息化,2007,5(21):34-39.  
[3] 曹晓叶. 基于 SOA 的企业应用集成研究与应用[J]. 微计算机信息,2003,23(36):16-26.  
[4] Mira Kajko-Mattsson. A framework for roles for development, evolution and maintenance of SOA-based systems[J]. Computer Society,2007,5(6):89-92.  
[5] W. HInmn 著. 王志海,林友芳等译. 数据仓库(第三版)[M]. 北京:机械工业出版社,2003:21-24.  
[6] 张丽娟,李舟军,陈火旺. 数据仓库中的元数据与 CWM 规范[J]. 计算机科学,2003,30(11):116-118.  
[7] 刘贤梅,刘 茜,徐 锋. 基于 SOA 的企业应用集成模型的研究[J]. 计算机工程与设计, 2009,30(16):3 790-3 793.  
[8] 刘双喜,王翠茹. 基于 SOA 的电力实时数据仓库技术研究[J]. 电力信息化,2008,(10):60-63.

DATA WAREHOUSE IN SOA DATA INTEGRATION OF RESEARCH

RAN Chong-shan, WANG Ma-chuan

(School of Electrical and Information Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021,China)

**Abstract:** Data warehouse constructs business under SOA frame need data integration as a foundation, serve's transfer need data which can be called by the terminal,based on the construction shceme of data storage later of data integration platform,which of SOA. Data and services as enterprises' asset management information based on the data storage property, realized the data integration planning in data storage layer,also realize the integration planning of information platform of data and application integration design. provide the integration of isomerous data and system platform with better integrated foundation.

**Key words:** software reuse; data integration platform; data warehouse; SOA



\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0120-05

# 基于 IMS 的多媒体会议系统的研究与设计

杨长虹<sup>1</sup>, 熊国红<sup>2</sup>

(1. 湖南益阳职业技术学院, 湖南 益阳 413049; 2. 湖南益阳市质量技术监督局, 湖南 益阳 413000)

**摘 要:**通过对 IMS 和 SIP 的分析,提出将 SIP 协议应用于 IMS 架构中,构建了基于 IMS 的多媒体会议系统,利用 IMS 系统的接入无关性使用户可以通过各种不同方式接入到会议系统,详细地介绍了多媒体会议系统架构和会议控制机制及具体的信令。

**关键词:**IMS; SIP; 3G; 多媒体会议

**中图法分类号:**TP302.1

**文献标识码:**A

## 0 前 言

随着人们对办公功能需要的增加、市场对办公需求的增多,多媒体会议以其可以承载多种数据(文本、语音、视频、电子白板、文件传输、应用共享等)的诸多优势而成为业界研究和开发的热点。

传统的会议系统一般是由第三方服务商提供一整套基于 H. 323 系列协议的系统,整个系统至少包括接入网络服务器、媒体服务器、会议业务应用服务器,这不但增加了企业运行成本,同时采用 H. 323 协议和 T. 120 协议组成的系列协议(需多种其他协议配合)标准十分复杂、扩展性弱。虽然在分组网上实现了多媒体通信和一般的控制,但它需要一组协议的支持,包括呼叫控制协议、媒体控制协议和音视频编码协议等,其协议间耦合内聚性高,不利于功能拓展,在灵活性和可扩展性方面存在很大的局限性。

SIP 协议(Session Initiation Protocol,简称 SIP)是由 IETF 组织提出的基于 IP 网络的“会话发起协议”,是一种用于建立、修改和终结多媒体会话的会话控制协议。SIP 基于公开的 Internet 标准相对于 H. 323 系列协议显得简单灵活、可扩展性强,在语音、数据业务结合和互通方面具有天然的优势,能跨越媒体和设备实现呼叫控制,支持丰富的媒体格式,可动态增/删媒体流,容易实现不同网络间的互联互通以及更加丰富的业务特性。

IP 多媒体子系统是由 3GPP 在其 R5 标准版本之后提出的支持 IP 多媒体业务的核心控制子系统,它可以在 3G 分组域之上实现实时和非实时的多媒体业务,并可以与电路域实现互操作。IMS 是一种基于 SIP 协议体系并独立于接入技术的核心子系统,利用 IMS 可以实现包括固定、移动网络在内的多种网络的融合。本文研究了基于 IMS 的多媒体会议系统,并将 SIP 协议应用于 IMS 架构中,利用 IMS 系统的接入无关性使用户可以通过各种不同方式接入到会议系统,实现了多媒体会议系统的固定移动融合。

## 1 IMS 原理

IMS(IP Multimedia Subsystem)由 3GPP 首先提出的支持 IP 多媒体业务的子系统,后被 3GPP2、ETSI TISPAN 和 ITU 等组织所采用,是一种由 SIP 业务支持实时的、可定制的多媒体业务解决方案,支持一个终端同时运行多个 SIPSession,为面向分组数据交换的多媒体服务及平台创造全新的数据服务,并实现多媒体会议系统奠定了良好的基础。IMS 系统结构主要分成接入互联层、会话控制层与应用和数据层 3 个层面,如图 1 所示。

\* 收稿日期:2010-07-10

作者简介:杨长虹(1972—),男,湖南省益阳市人,讲师,研究方向:组件技术和 WEB 技术等  
基金项目:湖南省 2009 年科技项目(编号:2009GK3112)

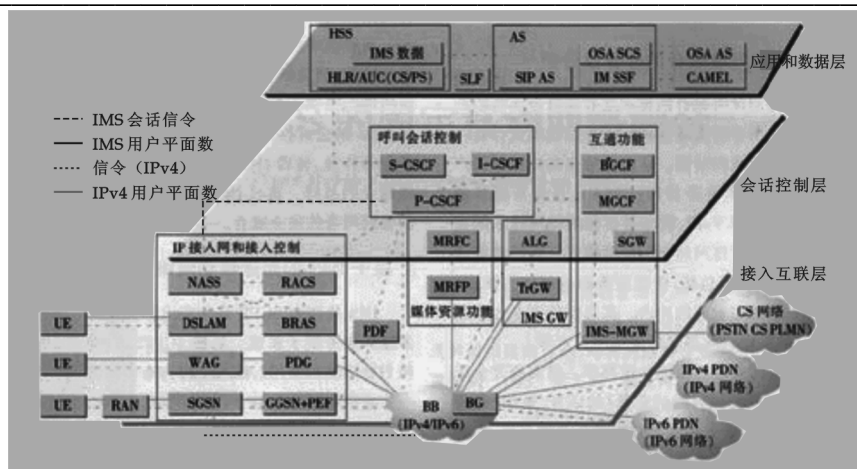


图 1 IMS 体系结构图

(1)接入互联层. IMS 不但可以为各种移动终端(包括 3G 终端)提供服务,还可以为固定电话终端、多媒体智能终端、PC 机等终端服务. 在无线接入技术方面,IMS 除了 GSM/GPRS 和 WCDMA、TD-CDMA、CDMA2000 之外,WLAN 也可以通过 SIPProxy 接入,固定网络的 LAN 和 xDSL 接入技术可以接入到 IMS, IMS 还提供了与 ISDN/PSTN 传统电路交换网络的互联机制.

(2)会话控制层. 会话控制层的核心功能是呼叫会话控制功能(CSCF),它负责 IMS 会话控制. CSCF 包括 P-CSCF(Proxy CSCF,代理 CSCF)、I-CSCF(Interrogating CSCF,查询 CSCF)、S-CSCF(Serving CSCF,服务 CSCF)等逻辑功能. P-CSCF 是 UE 接入 IMS 网络的入口点,在 UE 和 P-CSCF 之间需要建立安全关联和 SIP 信令的压缩(固定网接入不需要信令压缩). S-CSCF 负责对 IMS 用户的鉴权、执行会话控制业务并维护每一个会话的状态. I-CSCF 在 IMS 核心网中起到关口节点的作用,提供域内 IMS 用户的 S-CSCF 分配、路由查询以及不同 IMS 域间的拓扑隐藏等功能.

会话控制层还包括突破网关控制功能(BGCF)、媒体网关控制功能(MGCF)和信令网关(SGW)等用于和 PSTN 或 PLMN CS 域互通的功能. BGCF 完成到 PSTN/ISDN 的路由功能, MGCF 完成 SIP 和 H. 248 的互通,并通过 H. 248 对媒体网关实现控制. SGW 完成 IP 和 CS 域信令传输层的互通.

多媒体资源功能(MRF)提供话音和视频会议的必要支持,包括控制部分(MRFC,多媒体资源功能控制器)和处理部分(MRFP,多媒体资源功能处理器),分别完成对媒体流的控制和承载.

(3)应用和数据层. 应用和数据层提供业务逻辑,用来支持用户的各种业务属性. 根据所支持业务类型的不同分为以下 3 种: SIP 应用服务器完成 Internet 业务,由于 ISC 采用了 SIP,故可直接于 S-CSCF 相连, CSCF 能以 SIP 服务器的方式直接调用这些业务,减少了信令转换. SIP 基于 C/S 模式,是一种多媒体会话的应用层控制信令,完成双方或多方多媒体会话的创建、修改和终止等工作,以提供 IP 电话和基于 IP 的多媒体会话业务,其业务逻辑的提供可通过脚本语言、SIP-CGI 或 API(如 Servlet 等)编程实现. SA 应用服务器完成基于 OSA API 开发的第三方业务. UMTS 定义了 OSA 来允许第三方业务提供商进行新业务的开发,由 OSA 提供的安全 API 来接入 UMTS,使用网络的性能,而不再受限于运营商提供的业务. 不同的应用提供商就可以通过开放的网络访问接口获得底层网络的承载能力,并进行应用开发. CAMELSE 则完成传统的移动智能网业务.

## 2 SIP 会议架构

多媒体会议按照组织方式可分为松散多播式会议、全分布式会议和集中式会议 3 种. 松散多播会议没有中央节点,终端间不需要信令通信,加入媒体多播组即可加入会议,这种会议方式功能简单、局限大、应用不广. 全分布式会议中,每个节点都与其他所有节点保持联系,没有中央节点,主要缺陷是效率低、浪费带宽、对终端要求高、难以控制. IETF 下属的 XCON 委员会专门制定第三种集中式会议架构及技术标准. IETF 在 RFC4353 中提出了基于 SIP 的集中式会议模式,这种模式存在中心控制点,每个参与者连接到该节点,控制点提供多样化的会议功能,同时可能执行媒体混合功能,它主要包括了以下几个逻辑功能模块: 会议中心、会议通知服务模块、会议策略服务器、会议策略模块、媒体策略服务器、媒体策略模块、媒体混合

器、资源接入控制服务器等。

### 3 多媒体会议系统功能架构整体设计

IMS 网络的灵活性为提供融合的多媒体业务提供了条件,所以基于 IMS 网络不仅可以设计融合音频、视频、数据功能的多媒体会议业务,还可以与 IMS 业务提供架构中的其他应用服务器功能组合,提供融合 IM、Presence、Group 等多种能力的业务服务器。因此,基于上述需求,根据 IETF 和 3GPP 对多媒体会议业务的功能需求和框架结构,作者设计了图 2 所示的基于 IMS 的会议应用服务器系统。

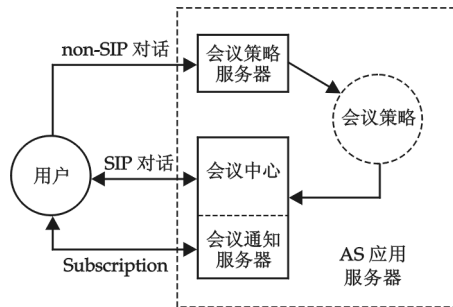


图 2 会议中的功能实体图

由图 2 可以看出,基于 SIP 的集中式会议模型中主要包含以下实体:会议参加者、会议中心、媒体混合器、会议策略服务器、会议订阅服务器和会议策略等。

会议参加者(Participant):在基于 SIP 的会议中,会议的参加者可以分为 participant(普通的会议参加者)和 moderator(会议主席),他们具有的权限不同,participant 可以申请加入会议,或者申请某种媒体资源;moderator 有更多的权限,能够在会议过程中管理主持会议,比如决定是否允许新的用户的接入,对用户申请的媒体资源的批准等等,participant 可以是自己主动要求加入会议,或者是被通知邀请加入会议的,而 moderator 可以是提前指定的,如果没有指定,则 moderator 是会议创建者。

会议中心(Focus):是一个会议的核心,也是一个 SIP 用户代理,通过一个 URI(如:conference002@hnyzy.net)标识来表示一个会议。会议中心负责维持和所有的会议参加者之间的信令关系,以确认会议参加者连接到会议中。另外,会议中心还会执行会议策略。

媒体混合器(Mixer):主要功能是将接收到的各种类型的媒体流混合处理,然后将处理后的结果媒体流分发到会议参加者,这里的媒体传输可以使用 RTP 协议。

会议策略服务器(Conference Policy Server,CPS):会议策略服务器是一个逻辑上的功能实体,主要是用来操作管理会议策略,它可以其他相关的非 SIP 协议(如 CPCP 或者其他协议)来执行对会议策略的管理。CPS 可能是实际物理上并不存的实体。

会议通知服务器(Conference Notification Server,CNS):事实上会议订阅通知服务器是由会议中心分离出来的一个逻辑功能,主要是为了提供用户订阅会议状态的业务,并且当会议状态改变时通知这些订阅用户。

会议策略(Conference Policy,CP):是控制一个会议的规则的完整的集合。会议策略可以在会议创建之前或者会议创建时被制定,用来指导会议中心主持和管理一个会议。

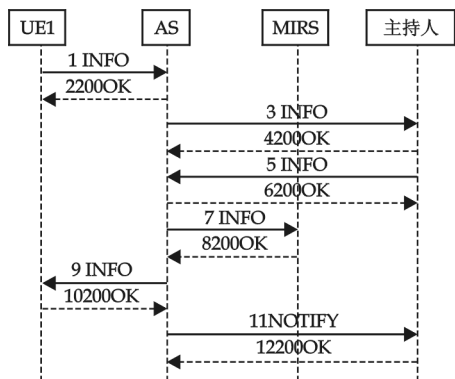


图 3 申请控制权流程图

### 4 多媒体会议系统控制机制

基于 IMS 的多媒体会议采用 SIP 作为会场控制协议,建立对会议业务的控制机制。对多媒体会议的控制可分为用户控制、媒体控制和会场控制 3 个方面。

(1)用户控制。按照多媒体会议参与者控制功能的不同,将参与者角色分为会议发起者、会议控制者、会议成员。会议发起者可以创建会议;会议控制者相当于会议主持人,其行为包括添加成员、删除成员、结束会议、转移控制权、控制成员权限、控制会议媒体等;普通会议成员行为包括加入会议、退出会议,普通会议成员需要申请才能获得对白板、应用共享、文件传输、音视频的操作控制权,也可以申请成为主持人角色。通过采用对参与

者的角色进行管理,使主持人拥有管理权限,可以对会场进行总体控制。此外,主持人具有的功能还包括锁定/解锁会场、切换会场控制模式、会场静音控制、允许/禁止综合录制、允许/禁止会场属性。普通成员只有经过申请才能获得某些控制权或者成为主持人。

我们用申请控制权简述控制过程。普通会场成员想要获得会议的控制权限时需要通过会议服务器向

会场控制者发出申请,经授权后才可执行控制操作,流程如图 3 所示.

流程描述:

1-2:普通会议成员 UE1 向 AS 会议服务器发出请求,申请控制权,其中 INFO 消息携带的 XML 内容如下:<query type='apply'xmlns='xconf:xwb:ctrl'>//type 为操作的类型:apply:申请;release:释放.

3-4:AS 通知主持人 UE1 申请控制权.

5-6:主持人返回申请的处理结果到 AS.

7-8:通知 MRS 当前会场的控制权状态.

9-10:返回申请的结果到 UE1.

11-12:通知其他参与方会场权限的状态.

(2)媒体控制.在多媒体会议中涉及的媒体种类比较多,一般可分为音频、视频、数据 3 类,而数据类型又分为电子白板、应用共享、文件传输、网页共享、议程管理等多种数据类型.

对于音频和视频会议的媒体传输,可以采用 RTP 通道且较为成熟,对于数据的媒体的控制还处于研究探索阶段.由于 XML 在互联网中的成功应用,支持文本格式,易于解析和阅读,并且已经存在大量的协议规范用于开发各类通信应用框架(如即时通信),因此结合 IMS 开放灵活的协议框架体系可以将 XML 的优点纳入数据类应用的协议框架中.IMS 采用 SIP 作为控制协议,其灵活性已经得到了广泛的认可,可以在 IMS 架构下采用 SIP+TCP(XML)的协议体系进行信令、媒体的控制和传输,增强了协议的可开放性、伸缩性和可扩展性.具体协议流程为首先采用 SIP INFO 消息建立 TCP 数据媒体通道,在 TCP 数据媒体通道上建立数据业务应用,再利用 XML 媒体层信令传输数据媒体控制信息,数据媒体控制信息是采用类似 XMPP 协议的 XML 进行描述的.IMS 数据会议场景流程中采用 SIP 作为通用会场控制协议,信令格式遵循 24.147 协议,又采用 SIP+TCP(XML)的协议架构,使会场控制与具体媒体应用和传输分离,增强了灵活性和可扩展性.基于 IMS 的数据类媒体控制流程如图 4 所示.

流程描述:

1-6:UE1 向 Conference AS 及 MRS 申请会议资源成功,同时将 UE1 加入会议中.

7-9:Conference AS 邀请 UE2 加入会议,UE2 也被加进来,此时会场的 SIP 信令通道建立起来.

10-11:UE1 向 Conference AS 申请白板共享.

12-13:Conference AS 向 MRS 转发白板共享请求.

14-15:MRS 向 Conference AS 报告申请白板共享是否成功.

16-17:Conference AS 向 UE1 报告白板共享是否申请成功.

18-19:Conference AS 向其他终端 UE2 发送白板共享邀请.

20-21:终端 UE2 向 Conference AS 返回是否支持白板共享.

22-23:Conference AS 向 MRS 通知终端是否支持白板共享,此时会场的 TCP 媒体通道已经建立.

24:UE1 在已经建立好的 TCP 通道上,通过 xmessge 消息发送具体的白板操作指令.

25:MRS 也在已经建立好的 TCP 通道上,通过 xmessge 消息通知 UE2 具体的白板操作内容,UE2 收到消息后会及时的更新状态.

(3)会场控制.在 IMS 网络下,由于融合文本、音频、视频、电子白板、文件传输、应用共享等多种业务的组合类多媒体会议统一由 SIP 协议进行会话的流程控制,因此涉及到多种媒体业务、多种媒体通道之间的会场控制成为设计多媒体会议系统的关键技术.

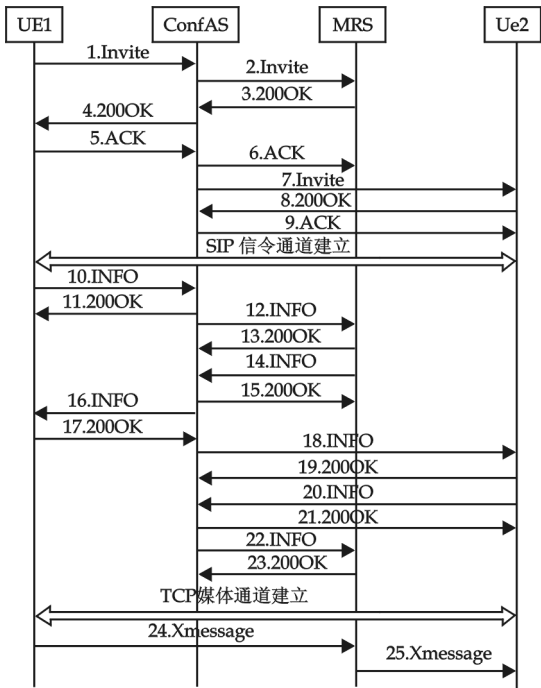


图 4 基于 IMS 的数据会议的场景流程图

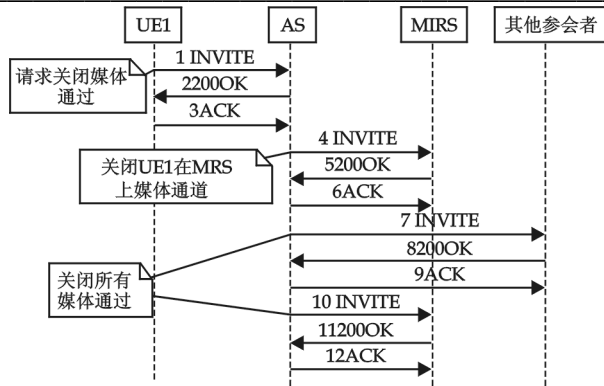


图 5 关闭多媒体会议数据通道信令流程

由于多媒体会议存在多种媒体类型、多种业务应用和多种数据通道,所以用户发起会议与退出/结束会议的控制逻辑也比较复杂,需要按照一定的逻辑层次进行判断执行.下面以退出/结束会议说明控制过程.当用户发出退出/结束组合应用的多媒体会议时,如果是关闭媒体如音频、视频、白板、应用共享等,则使用 REINVITE 关闭媒体;如果已经是最后一个媒体,则使用 BYE 结束整个会话;对于数据应用,则在使用 INFO 结束某个应用时需要判断是否仍有其它业务使用 TCP 数据通道,如果没有则使用 REINVITE 关闭媒体,如果已经是最后一个媒体,则使用 BYE 结束整个会话.如果仍有

其它业务使用 TCP 数据通道,则仅需要使用 INFO 关闭应用.关闭数据媒体通道和数据应用的信令流程如图 5 所示.

流程描述:

- 1-3:请求关闭多媒体会议的数据媒体通道.
- 4-6:关闭 UE # 1 在 MRS 上的多媒体会议的数据媒体通道.
- 7-9:关闭其他终端的多媒体会议的数据媒体通道.
- 10-12:关闭其他终端在 MRS 上对应的多媒体会议的数据媒体通道.

## 5 结束语

基于 IMS 实现的多媒体会议业务系统充分利用了 IMS 的接入无关性和 SIP 协议的灵活性,使整个系统业务的形式更加灵活、内容更加丰富、应用也更加广泛,将提供给用户实实在在的业务.多媒体会议业务的潜力需要进一步深入的挖掘,相信在未来的网络世界里多媒体会议系统将会带来更多的方便.

## 参 考 文 献

[1] 吴伟明,李福东,高 斐,等.面向 3G 发展的移动办公模式[J].办公自动化,2007,(2):57-59.  
[2] 李福东,吴伟明.移动办公平台架构及关键技术[J].办公自动化,2008,(2):38-39.  
[3] 单顺迪,雷为民.基于 IMS 的 SIP 数据会议系统的研究与实现[J].计算机工程与科学,2009,(5):20-23.  
[4] 林奕琳.基于 IMS 的多媒体会议系统研究[J].电信科学,2008,(2):18-25.  
[5] 马 武,刑燕霞,潘 卫.IMS 性能特点与需求分析[J].电信科学,2007,(12):62-64.

# RESEARCH AND DESIGN OF MULTIMEDIA CONFERENCE SYSTEM BASED ON IMS

YANG Chang-hong<sup>1</sup>, XIONG Guo-hong<sup>2</sup>

(1. Yiyang Vocational & Technical College, Yiyang 413049, China; 2. Yiyang Quality and Technique Supervision Bureau, Yiyang 413000, China)

**Abstract:** Through the analysis to IMS and SIP, SIP protocol can be applied to IMS to establish the multimedia conference sysytem based on IMS. On the benefit of the independent access technologies of IMS system, users can access to the conference system in all kinds of ways. This paper introduces the framework of multimedia conference system and conference control mechanism and its specific signaling in detail.

**Key words:** IMS; SIP; 3G; multimedia conference

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0125-06

# 基于 J2EE 的中药材库存管理系统的应用研究

张 博

(亳州职业技术学院计算机系, 安徽 亳州 236800)

**摘 要:**在 J2EE 应用中,如何开发出层次分明、结构清晰、可复用性的系统,已经成为企业级开发的主要目标. Struts 框架给我们实现这样的目标提供了很好的机会. 作者结合亳州当地中药材企业生产的特点,深入研究了 Struts 架构的应用特点,同时针对中药材作为特殊库存物品的要求,提出了基于 Struts 的 J2EE 架构解决方案,详细阐述了中药材库存管理系统的具体设计和实现过程,并对系统的开发方法、软件结构及 J2EE 技术在行业开发中的应用进行了探讨.

**关键词:**Struts; J2EE; MVC; 中药库存

**中图法分类号:**TP315

**文献标识码:**A

## 0 前言

J2EE 架构是当前主流的架构之一,企业采用 J2EE 架构作为解决方案已经成为业界的发展趋势. J2EE 体系结构提供中间层框架,可以满足高可用性、高可靠性以及可扩展性的应用需求. 通过提供统一的开发平台, J2EE 降低了开发多层应用的费用和复杂性,同时提供了对现有应用程序集成的强有力支持,具备良好的部署应用,为用户提供了统一安全模型和灵活的事务处理控制. 在 J2EE 应用中, Struts 是一种非常优秀的 MVC 应用框架. 如何开发出层次分明、结构清晰、可复用性的系统,是当前企业级开发的主要目标. Struts 框架给我们实现这样的目标提供了一个很好的机会.

## 1 研究背景与意义

亳州地处安徽北部,气候和土壤适宜中药材的生长,自古以来就有中药材种植和交易的历史,交易量居全国四大药都之首,被誉为“中华药都”. 亳州建有全国最大的中药材交易中心,年成交额 100 亿元以上,交易辐射全国 30 个省、市、自治区. 在亳州已经取得 GMP 认证的中药企业已达到 40 余家,成为了全国最大的中药饮片生产基地,取得《药品经营许可证》的企业 860 余家,其中通过 GSP 认证的 703 家,直接从业人员达 15 万之众,基本涉及中药的种植、生产、加工、销售各领域.

由于中药材的保存时间、药物效果、对环境的要求等特殊特点,同时药材的品种不同,国家对中药材、成药的管理要求不同,因此和一般的商品相比较,对中药材的库存、流通和运输提出了更高的要求,其中库存又成为中药企业在生产过程中提高企业生产效率和控制药材损耗至关重要的环节.

通过对中国(亳州)中药材交易中心、华佗国药厂、新兴饮片厂等 8 家中药材相关企业的调查后发现,虽然大部分企业都使用了计算机进行库存管理,但是采用的方案都是市场上通用的进销存系统,这些通用系统虽然可以提高企业统计人员填写报表的速度,却没有针对中药企业的生产特点和管理模式进行优化,无法完全实现对药材的分类管理、仓储状态监测、出入库管理、网络在线查询等功能.

而由 SUN 公司提出的 J2EE(Java2 Platform Enterprise Edition)架构,通过服务器组件的形式,将系统部件进行封装,提高了程序的重用性、扩展性和安全性,降低了开发过程中的成本,提高了系统的稳定性

\* 收稿日期:2010-07-16

作者简介:张 博(1975—),男,安徽省界首市人,讲师,硕士,研究方向:系统分析与集成、软件中间件

和可移植性,具有广泛的开发前景.

本文就如何利用基于 Struts 技术的 J2EE 平台,构建高效的中药库存管理系统进行了积极的尝试.

## 2 Struts 框架的实现原理

### 2.1 Struts 框架的基本原理

Struts 实际上是基于 JSP Model 2 模式下的一种 MVC 框架. Struts 的目标是希望分离 Web 程序的表示层、控制层和功能层,使程序员有更多的精力投入到后台的业务逻辑设计中去.

和其它的 Java 架构一样,Struts 也是面向对象设计,它将 MVC 模式分离为显示逻辑和业务逻辑两部分. 在 Struts 框架中,模型由 Javabeans 或者 EJB 组件担当,控制器由 Action 和 Actionservlet 实现主要功能,视图由 JSP 文件组成. 图 1 为 Struts 框架的实现原理图.

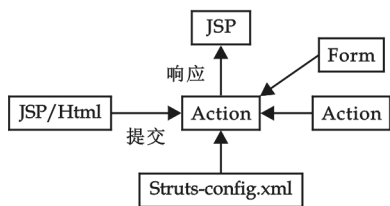


图 1 Struts 框架原理图

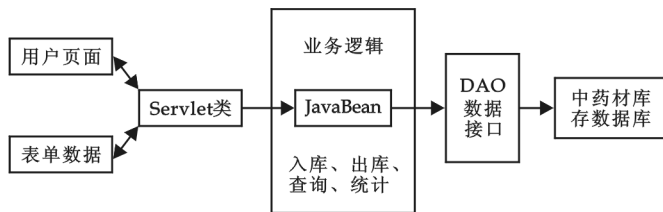


图 2 中药材库存管理系统的模型架构

### 2.2 Struts 框架的优势

Struts 框架使开发者在构建基于 Java Servlet 和 JSP 技术的 Web 应用时更加容易,为开发者提供了一个统一的标准框架. 通过使用 Struts 作为基础,开发者能够更专注于应用程序的业务逻辑实现. 具体来讲,Struts 的优点有:

(1) Struts 和 Tomcat、Turbine 等诸多 Apache 项目都属于是开源软件,这是它的一大优点,使开发者能更深入地了解其内部实现机制和联系.

(2) 有丰富的 Taglib 可以使用. Struts 的标记库 Taglib,如能灵活运用,则能大大提高开发效率.

(3) 页面导航. 页面导航将是以后的重点发展方向,通过页面导航使得系统的实现逻辑更加清晰.

## 3 中药材库存管理系统的设计

### 3.1 模型设计

在 Struts 框架中,模型包含了业务实体和业务规则,同时负责访问持久化数据,所以在系统中要保持模型的相对独立性,将模型组件集中在一起,这样可以大大提高组件的可重用性. 在中药材库存管理系统中,采用 Model 2 模型的实现原理,其模型架构如图 2 所示.

业务处理的流程如下:

(1) 用户通过 JSP 页面,将表单数据提交到 Servlet 类.

(2) Servlet 类从表单中获得数据.

(3) Servlet 类通过从 request 中获得的表单数据,调用不同的业务逻辑 JavaBean.

(4) JavaBean 处理完业务逻辑后调用 DAO 数据库接口与中药材数据库进行数据交互.

(5) DAO 通过数据传输类(DTO)把从数据库获得的数据返回给 JavaBean,再传送给 Servlet,最后由 JSP 页面将更新的数据显示给用户.

### 3.2 业务实体设计

业务实体在系统中表现为实体域的对象,在数据库中表现为关系数据. 在进行数据库开发的准备工作中需要将中药材的类别确定下来. 参考《中国药典》2005 版中药材分类方法,结合亳州药材市场的常见药材种类,在本系统中,将药材分为 3 大类:

(1) 植物类药材:主要包括根茎类、果实子仁类、全草类、菌藻类四小类,如图 3 所示.

(2) 动物类药材.



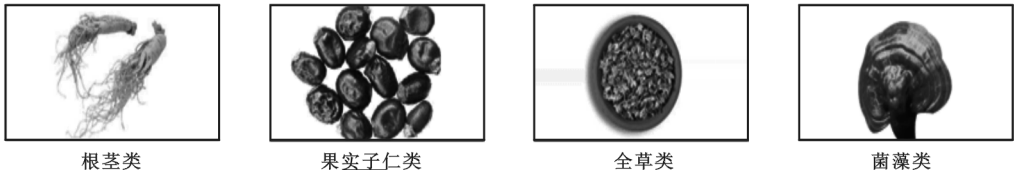


图 3 植物类药材

(3)其他(矿石)类.

根据以上的分类方法,建立中药材数据库的分类表如表 1~表 6 所示.

表 1 根茎类索引表

序号	药材名	科名	中国药典 2005 版 收载页码
0010101	当归	伞形科	89
0010102	天麻	兰科	39
0010103	白芍	毛茛科	68
0010104	黄芪	豆科	212
0010105	甘草	豆科	60
0010106	九里香	芸香科	9
0010107	人参	五加科	7
0010108	党参	桔梗科	199
0010109	玄参	玄参科	76

表 2 果实子仁类索引表

序号	药材名	科名	中国药典 2005 版 收载页码
0010201	核桃仁	胡桃科	197
0010202	莲子	睡莲科	193
0010203	八角茴香	木兰科	4
0010204	五味子	木兰科	44
0010205	桃仁	蔷薇科	196
0010206	青果	橄榄科	9
0010207	黑芝麻	脂麻科	240
0010208	土贝母	葫芦科	13
0010209	火麻仁	桑科	54

表 3 全草类索引表

序号	药材名	科名	中国药典 2005 版 收载页码
0010301	泽泻	泽泻科	158
0010302	天竺黄	禾本科	38
0010303	淡竹叶	禾本科	230
0010304	天南星	天南星科	39
0010305	半夏	天南星科	78
0010306	谷精草	谷精草科	125
0010307	鱼腥草	脂麻科	240
0010308	大青叶	十字花科	16

表 4 菌藻类索引表

序号	药材名	科名	中国药典 2005 版 收载页码
0010401	海藻	马尾藻科	208
0010402	昆布	海带科	146
0010403	冬虫夏草	麦角菌科	75
0010404	灵芝	多孔菌科	130
0010405	茯苓	多孔菌科	166
0010406	雷丸	白蘑科	248

表 5 动物类索引表

序号	药材名	科名	中国药典 2005 版 收载页码
0020101	水蛭	水蛭科	57
0020102	珍珠	珍珠贝科	159
0020103	牡蛎	牡蛎科	120
0020104	蜈蚣	蜈蚣科	248
0020105	斑蝥	芫青科	233
0020106	海马	海龙科	206
0020107	穿山甲	鲛鲤科	189
0020108	鹿茸	鹿科	226
0020109	牛黄	牛科	47

表 6 其他(矿石)类索引表

序号	药材名	中国药典 2005 版收载页码
0030101	石膏	197
0030102	白矾	70
0030103	芒硝	84
0030104	滑石粉	44
0030105	桃仁	92
0030106	朱砂	9
0030107	钟乳石	180

在中药材库存管理系统中,业务实体包括:用户账号(Account)、客户账号、药材入库单(Storage invoices)、药材出库单(OutStock invoices)、药材订单(Herbal Order)、库存药材(Stock Herbal).

### 3.3 系统功能设计

本系统主要完成药材库库存的相关功能,包括生成入(出)库单、库存药材清单、完善的数据汇总功能、药材查询功能及数据库的维护功能.在上述实体关系图的分析基础上,需要进行具体数据分析和网络数据库查询的设计.为完成这些功能,设计了如下模块:

(1)用户认证模块,完成系统安全检查维护和用户授权工作.用户输入用户名和密码,提交给后台服务器进行验证,通过与用户表中的数据进行比对,允许合法用户登录成功;否则给出出错处理.

(2)入库、出库模块,进行药材入(出)库操作.入库时,收集入库信息,包括入库的药材种类、产地、规格、数量等信息,分别导入数据库中的不同表中,同时打印入库单.出库时,用户首先进行库存药材的查询,获得当前库存情况,然后,输入准备出库药材的数据,与数据库中的相关表中数据进行比对,如满足药材出库条件则允许出库,并打印出库单.

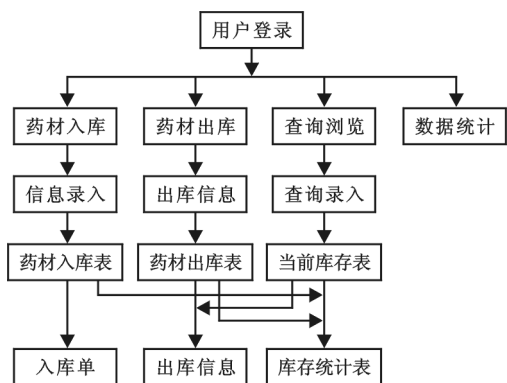


图 4 系统功能图

(3)查询模块,实现比较完善的库存药材查询功能.用户可以输入药材的种类、产地、规格、批次,了解实时的库存情况,同时输入时间段条件,能够获得相应的入出库操作明细表.

(4)统计模块,结合设计情况,进行库存数据的统计.用户输入需要统计的时间段、药材种类、产地等条件,系统可以统计出本时间段的入库表、出库表、实时库存等数据.

(5)数据维护模块,维护系统数据,进行数据备份、数据导入/导出和数据恢复功能.在用户误操作或者是其他原因导致系统崩溃的时候,能够进行数据的恢复,同时定期进行数据备份,允许用户在权限范围内进行数据的的导入/导出工作.

本系统的功能实现图如图 4 所示.

## 4 中药库存管理系统的实现

### 4.1 用户登录

在 struts-config.xml 中有代码 1:

```
<action
    path="/stock/LoginForm"
    type="org.herbstock.web.struts.action.DoNothingAction"
    validate="false"
    <forward name="success" path="/WEB-INF/jsp/struts/LoginForm.jsp">
</action>
```

这个 Action 没有 name 属性,也就是它没有与之相关联的 ActionForm.它的作用就是将请求转发到/WEB-INF/jsp/struts/LoginForm.jsp 页面上.处理登录操作的功能由 LoginAction 来完成.

### 4.2 药材入库

该模块主要实现中药材的入库操作.模块的输入项主要包括:登药材的编号、名称、类别、数量、所属公司、入库的时间等.当用户输入数据后,系统将数据读入数据库中,同时将入库信息添加到入库信息表中,并更新库存表中的数据.

### 4.3 药材出库

出库模块主要实现中药材的出库操作.当用户进行出库操作前,首先要了解当前的库存情况,因此在本系统中增加了一个当前库存状态的查询功能.在输入出库的药材名称、发送公司和规格后就可以查看所查询的药材实时库存情况.

当满足出库条件的时候,打印出库单,同时更新出库数据表;若不满足出库条件,则要求用户更改出库订单.

4.4 库存药材查询与浏览

查询模块包括出入库数据、药材库存数据统计的查询。

查询功能页面提供 4 个可选择方法:按药材分类查询、按药材产地查询、按药材属性查询、按客户类别查询。用户选择自己想要进入的页面即可。这里以按药材属性查询为例介绍一下查询过程的具体实现。

按药材属性查询的界面提供药材分类目录。目录的每个节点显示药材名称和类别,用户点击节点,将显示该类药材下的具体规格。

本模块主要是采用 SQL 查询语言进行编程,通过查询模块可以随时查到当前选中的药材在仓库内的库存情况以及相关报表,本系统使用 WebLogic Server 的 JDBC 实现数据库操作。

JDBC 对数据库的访问分为 3 个方面:一是通过 JDBC 将数据存储到数据库中,二是使用 JDBC 更新数据库中的数据;三是使用 JDBC 查询数据库中的数据。

在这里,以使用 JDBC 查询数据为例讨论 JDBC 数据库的访问。

在 WebLogic Server 中,使用 JDBC 查询数据的过程分为 5 步,如下:

(1)建立数据库连接。创建一个新的数据库连接,实现过程如代码 2 所示:

```
Connection myConn=null;
Try{
    Context ctx=new initialContext();
    Javax.sql.DataSource ds
        =(javax.sql.DataSource)
        Ctx.lookup("example-datasource-demopool");
    Java.sql.Connection myConn=ds.getConnection();
} Catch(SQL Exception sqle) {
}
```

这段代码首先查询 WebLogic Server 的 JDBC 服务,找到访问的数据源,然后创建一个 java.sql. Connection 类的实例,把 ds.getConnection()方法返回的对象赋值给它。通过使用 WebLogic Server 定义的 DataSource 对象作为参数,调用 getConnection()方法,可以获得数据库的配置信息。

(2)对数据库进行查询操作。Statement 对象用于将 SQL 语句发送到数据库中,对数据库的查询操作由 java.sql. Statement 类完成。

首先,利用 Connection 类的 createStatement()方法,创建 Statement 类的实例。代码如下:

```
Statement stmt=Con.createStatement();
```

这个代码将创建一个当前 Statement 对象实例:

```
Stmt.execute("SELECT * FROM 数据库表名");
ResultSet rs=stmt.getResultSet(); //返回查询结果
```

(3)读取查询结果。调用 ResultSet 类的方法,读取其中的数据。ResultSet 对象具有指向当前数据行的光标,光标会定位到第一个数据行的前面。Next()方法是将光标移动到下一行,当 ResultSet 对象到达整个数据表的最后一行时 Next()方法返回 false 值,因此可以实现扫描整个查询结果。

(4)处理查询结果。

(5)释放数据库。查询结束之后,释放 Statement 和 Connection 对象。

4.5 库存药材统计

在系统开发时,库存统计一般采用两种方法。一种是在数据库中建立库存表,当用户需要查询库存时,直接从数据库表中提取相应的信息,这种方法需要在每次出入库操作后立即更新库存表。另一种方法是不建立库存表,在用户需要查询时,立即在相对应的出入库记录中重新统计出结果。与第一种方法相比,这种方法不存在冗余的数据库表,虽然在统计时产生统计数据,但能够做到统计数据的准确及时。

本系统采用第二种方式进行库存药材的统计,这样可以保证库存药材的实时更新,库存统计时要涉及到库存汇总表、各种出入库表等。用户只要输入时间段、需要统计的库存药材、药材产地等系统就能统计出相应的上期库存、本期入库数据、本期出库数据、当前库存数据等。

## 5 结束语

本文讨论了基于 Struts 架构的中药库存管理系统的开发原理,深入阐述了基于 J2EE 平台的中药材库存管理系统的构建原理.对于建立在 Struts 架构下的具体实现方法进行了很好的尝试.在系统实现的过程中,将 J2EE 技术与本地的行业应用相结合,在中药材库存管理的应用中取得了很好的效果.

由于接触 J2EE 平台的应用时间不长以及自己的经验不足,本系统还存在着一些不足之处.例如对中药材的仓储细化方面的处理还不够准确,受现阶段研究条件和水平的限制,库存环境温度的自动化检测还不能很好实现等,这些都需要在今后的工作中进一步完善,同时要加强和本地的药材生产企业合作,改进系统的不足.

## 参 考 文 献

- [1]邱 哲,王俊标,马 斗. Struts Web 设计与开发大全[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
- [2]詹 森(Johnson,R),赫 鲁(Hoeller,J). Expert one-on-one J2EE Development without EJB 中文版[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- [3]阿 卢(Alur,Deepak). J2EE 核心模式[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [4]杨中科. J2EE 开发全程实录[M]. 北京:清华大学出版社,2007.
- [5]罗玉玲,封朋成,梁晓扬,等. J2EE 应用开发详解[M]. 北京:电子工业出版社,2009.
- [6]张 博. 基于 Struts 的中药材库存管理系统的应用研究[D]. 上海:华东师范大学硕士学位论文,2007.
- [7]张国梁. 基于 Struts 和 Hibernate 的 J2EE Web 应用的研究与实现[D]. 上海:华东师范大学硕士学位论文,2007.
- [8]Struts,an open-source MVC implementation[EB/OL]. <http://www.ibm.com/developer works/library/j-struts/>,Feb 2001.
- [9]Struts,MVC 的一种开放源码实现[EB/OL]. <http://www.ibm.com/developerworks/cn/java/j-struts/>,2001.

# APPLIED RESEARCH ON THE INVENTORY MANAGEMENT SYSTEM OF CHINESE HERBAL MEDICINES BASED ON J2EE

ZHANG Bo

(Computer Science Department of BoZhou Vocational and Technical College, BoZhou 236800, China)

**Abstract:** In the J2EE applications, how to develop a system of structured and reusability has become the main objective of enterprise development. Struts framework provide us a good opportunity to achieve this goal. In this paper, proposed Struts-based J2EE architecture solutions combined with the local Chinese herbal medicine enterprise of Bozhou, in-depth study of the Struts framework for the application characteristics and inventory items for the Chinese herbal medicine as special stock. This paper describes the inventory management system of Chinese herbal medicines on the specific design and implementation process. And discussed for the system development methodology, software architecture and development of J2EE technology application in the industry.

**Key words:** Struts; J2EE; MVC; Chinese stocks

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0131-03

# 基于 STK 的空间交会对接系统的可视化研究

吕庆莉

(陕西中医学院基础医学院, 陕西 咸阳 712046)

**摘要:**基于 STK 对空间交会对接系统进行了可视化研究,在对远距离导引阶段的分析和建立霍曼转移计算模型的基础上,针对在轨服务任务,利用 STK 控件的计算分析功能以及三维和二维演示的功能对空间交会对接轨道机动过程和目标航天器的识别过程进行了验证和演示.仿真结果为空间交会对接的相关空间实验提供了借鉴与参考.

**关键词:**交会对接;目标识别;仿真平台

**中图法分类号:**V448.25<sup>+</sup>3      **文献标识码:**A

## 0 引言

美国 AGI 公司的 STK 卫星工具包软件是支持航空、航天和防御的分析和可视化软件工具,它通过提供易于解释和分析的图表和文本,方便地分析复杂情况下的陆地、海洋、航空和航天任务.在研究追踪航天器和目标卫星的空间交会对接过程以及仿真演示时采用 STK,可以方便地进行仿真计算和结果演示,避免了复杂的公式计算,并且结果演示直观、逼真.

## 1 空间交会对接轨道机动数学模型

追踪航天器运行在待机轨道上,接到任务命令后开始远距离导引.当其运行至升交点处时,发动机点火,调整轨道倾角使其与目标卫星轨道倾角一致,根据当前追踪航天器与目标卫星的相位差进行调相.这里调相方式有两种:一是自然调相,即追踪航天器在当前轨道上运行,被动等待合适的相位差的到来;二是速度调相,即追踪航天器在某点机动到调相轨道.当其在调相轨道上运行一圈回到初始点时,相位差就已经调整合适.然后,追踪航天器就可以进行霍曼转移接近目标,直到距其 20~30 km.

### 1.1 待机轨道的选择

追踪航天器的待机轨道的选择主要从以下几个方面<sup>[1]</sup>来考虑:

(1)能量消耗:包括保持轨道以及接近目标时进行轨道机动所需的能量;(2)运载火箭能力的限制;(3)追踪航天器与己方天地系统之间的通信保障.

考虑到以上因素我们在选取待机轨道时要尽可能地使待机轨道与目标轨道共面的倾角近于一致,而使其轨道高度有一定差距.这样做一方面是因为追踪航天器在进行机动时改变倾角需要消耗较多能量,而改变高度相对而言消耗能量较少;另一方面是因为有一定的轨道高度差可以满足调相要求以增强追踪航天器的快速反应能力.

### 1.2 轨道异面的调整

因为追踪航天器的待机轨道与目标轨道在倾角上还有一定的差距,所以可以先进行轨道倾角的调整.

\* 收稿日期:2010-08-23

作者简介:吕庆莉(1975—),女,山东省龙口市人,副教授,硕士,研究方向:计算机应用

一个简单而且常用的方式是单脉冲转移<sup>[2]</sup>,在圆轨道的某个点产生速度脉冲  $\Delta v$ ,使速度矢量由  $v_1$  变为  $v_2$ ,而  $v_1 = v_2 = v_c$ ,达到改变轨道平面的目的:

$$(C_1) \xrightarrow{\Delta v} (C_2) \quad (1)$$

有

$$\begin{cases} \Delta v = 2v_c \sin(\delta/2) \\ v_c = \sqrt{\mu/r} \end{cases} \quad (2)$$

这里  $\mu = 398\,600.44 \text{ km}^3/\text{s}^2$ ,  $r$  为圆轨道半径.

一般情况下,轨道平面的改变角  $\delta$  不仅引起轨道倾角  $i$  的变化,而且会引起升交点赤经  $\Omega$  的变化.只有机动在赤道(在升交点或者降交点)进行,  $\delta$  才为两轨道倾角之差,且轨道升交点赤经  $\Omega$  不变.

### 1.3 共面轨道机动

当追踪航天器运行在与目标轨道共面的轨道上时,要进一步机动到目标轨道就必须考虑到能量和机动时间的问题.本文着重分析了最省能量的轨道机动方式——霍曼方式.

霍曼过渡为同一轨道平面中,两不相交轨道之间的过渡,以两圆轨道最为简单,可以证明当  $r_a$  与  $r_p$  相差不大时,两圆轨道之间能量最省的过渡轨道是同时切于两圆的椭圆.整个过程是:首先对追踪航天器进行相位调整,使其达到霍曼相位,而后再进行霍曼转移,追踪航天器在霍曼轨道上运行半个周期之后,就可进入目标航天器轨道.

在这里,霍曼相位为

$$\theta_H = \pi \left[ 1 - \left( \frac{r_a + r_p}{2r_a} \right)^{3/2} \right] \quad (3)$$

设追踪航天器在半径为  $r_p$  的轨道上运动,调整相位的方式有以下两种<sup>[4]</sup>:

(1)自然调相.当目标与追踪航天器的相位差  $\Delta\theta = \theta_H$  时,追踪航天器必须在原轨道上等待一段时间  $\Delta t$ ,当  $\Delta\theta = \theta_H$  时才开始霍曼转移.所需等待时间为:

$$\Delta t_w = \frac{\Delta\theta - \theta_H}{\sqrt{\mu}(r_p^{-3/2} - r_a^{-3/2})} \quad (4)$$

(2)速度调相.追踪航天器在调相轨道上运行 1 圈后,目标与追踪航天器的相位差  $\Delta\theta = \theta_H$ ,再开始霍曼转移.调相时间为:

$$\Delta t_w = \frac{2\pi - \Delta\theta + \theta_H}{2\pi} (r_a)^{3/2} = \left( \frac{r_p + r}{2} \right)^{3/2} \quad (5)$$

由上可解得调相轨道的长(短)半轴  $r$ ,  $r_a$  为调相轨道的短(长)半轴.

## 2 空间交会对接任务仿真

### 2.1 采用 STK 进行模型计算结果的显示

在仿真应用中,我们采用 VC6.0,OpenGL 作为开发工具,用到了 STK8.1.1 开发包<sup>[4]</sup>中的三维显示控件 CAgUiAxVOCntrl,该控件提供了一个三维显示界面,并用到了二维显示控件 CAgUiAx2DCntrl,该控件提供了一个二维显示界面,还用到了 2 个类: CAgSTKXAppljcaion 和 CAgExeccmdResult. 其中 CAg-STKXApplication 为执行 STK 所有功能的应用接口类,所有功能的执行都需要该类将命令传递给三维显示控件;CAg-STKxApplication 将执行命令的结果返回给 CAgExecCmdResult 类,根据 CAgExecCmdResult 的值可以判断命令执行成功与否.

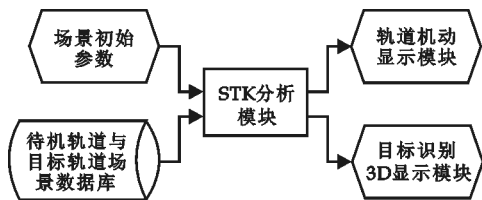


图 1 空间交会对接系统仿真模块框图

### 2.2 空间交会对接任务的仿真实现

整个系统仿真的模块框图如图 1 所示. 具体设置如图 2 所示. 最后,STK 分析模块在场景初始数据的基础上,计算分析得出异面调整、速度相位调整和霍曼转移所需的各个速度脉冲,启动了轨道的实时 3D 和 2D 显示以及目标识别 3D 显示模块. 目标识别 3D 显示模块演示了从远到近的目标卫星 3D 显示结果. 仿真结果如图 3 所示.

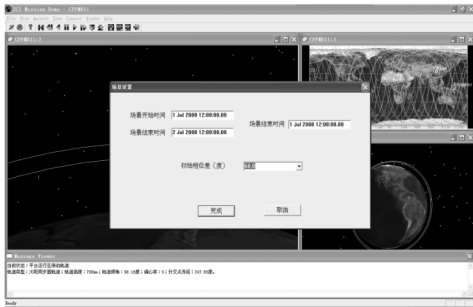


图 2 场景设置

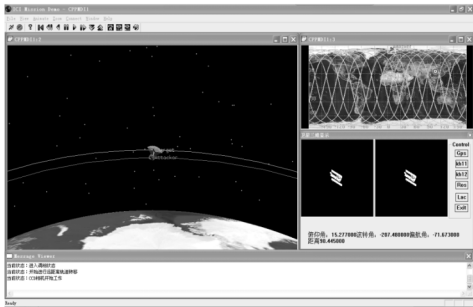


图 3 仿真结果图

3 结束语

本文在对空间交会对接进行了阶段分析,在建立计算模型的基础上,通过 STK 对空间交会对接进行了可视化仿真实现,验证和演示了轨道机动过程和目标航天器识别过程,达到了良好的仿真效果,为今后的空间交会对接的相关仿真实验提供了借鉴与参考.

参 考 文 献

[1] 王 佳,于小红. 轨道机动作战中的待机轨道研究[J]. 航天控制,2005,10(5):59-62.  
[2] 肖业伦. 航天器飞行动力学的理论基础[M]. 北京:宇航出版社,1994.  
[3] 王 佳,于小红,沈世禄. 航天器轨道机动策略研究[J]. 装备指挥技术学院学报,2007,6(18):42-47.  
[4] STK/Pro Tutorial[M]. STKManuals, 2003.

VISUALIZATION OF SPACE RENDEZVOUS  
DOCKING SYSTEM BASED ON STK

LV Qing-li

(Basic Department, Shaanxi University of Chinese Medicine,Xianyang 712046,China)

**Abstract:** This paper using STK studies the rendezvous docking system, on the basis of the analysis of the long distance navigation period and building the Hohmann transfer model, validate and demonstrate the orbital maneuver and target recognition process, using the STK's computing and 3-D,2-D display functions. Simulation results provide important reference for space rendezvous docking or other related space experiments.

**Key words:** rendezvous docking; target recognition; simulation platform



\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0134-04

# 基于 89S51 单片机的 PROFIBUS-DP 从站接口电路的设计

史永哲<sup>1</sup>, 张健<sup>2</sup>, 杨彩霖<sup>1</sup>

(1. 西安广播电视大学理工部, 陕西 西安 710002; 2. 咸阳市特种设备检验所, 陕西 咸阳 712000)

**摘 要:**针对 PROFIBUS-DP 现场总线从站通信接口的问题,给出了基于 89S51 单片机接口电路的设计,详细说明了 PROFIBUS-DP 从站设计的方法和思想,包括硬件电路和软件设计,最后以 ACS400 变频器为开发对象进行了通信组网试验,经证明该设计电路运行可靠,通信效率高,有很大的实用价值.

**关键词:**PROFIBUS-DP; 89S51 单片机; 接口电路; RS485

**中图法分类号:**TP331.2      **文献标识码:**A

## 0 前 言

随着现代科学技术的迅猛发展,自动化技术日新月异.现场总线(Fieldbus)在智能现场设备、自动化系统之间提供了一个全数字化的、双向的、多节点的通信网络,是现代计算机、通信和控制技术的集成,它以数字信号取代传统的 4~20mA 模拟信号,一条现场总线可为众多的可寻址现场设备实现多点连接,实现了现场管理和控制的统一,真正实现了系统的开放性、互操作性,所以有人预言,现场总线技术使得自动化技术正在进入第三次飞跃<sup>[1]</sup>.现场总线技术起始于 20 世纪 80 年代中期,到现在已经有多个标准,PROFIBUS-DP 总线技术则是其中的佼佼者.伴随着 PROFIBUS-DP 总线的发展,PROFIBUS-DP 通信协议得到了广泛应用<sup>[2]</sup>.因此,如何自行开发稳定、可靠的国产 PROFIBUS-DP 智能从站通信接口,实现同一生产厂家的各种设备或不同生产厂家的同种设备能够同时工作在同一个 PROFIBUS-DP 网上,解决部分生产厂家的设备不支持 PROFIBUS-DP 通讯方式的问题,显得尤为重要.为此我们设计了基于 89S51 单片

机开发的 PROFIBUS-DP 从站接口电路,该产品自开发以后,解决了主站和从站的接口问题,经应用证明通信速率较高.

## 1 PROFIBUS-DP 从站接口电路的硬件设计

### 1.1 PROFIBUS-DP 从站开发工具简介

SPC3(Siemens Profibus Controller)是 SIEMENS 公司提供的一款很具代表性的 DP 从站专用智能通信协议芯片,采用 44 管脚的 POFP 封装,支持 PROFIBUS-DP 协议,SPC3 能自动标识总线波特率(9.6kbps-

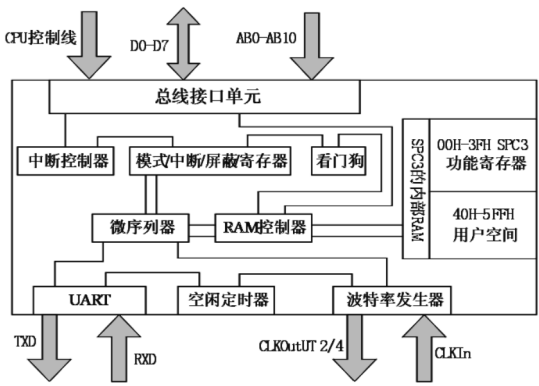


图 1 SPC3 内部结构

\* 收稿日期:2010-07-10  
作者简介:史永哲(1975—),男,陕西省武功县人,讲师,硕士,研究方向:软件理论及软件开发



### 3 组网通讯试验

要配置一个 PROFIBUS-DP 主站,需要组态软件和相应的硬件,在本试验中,使用 Siemens 公司的 COM PROFIBUS 组态软件,然后用 PC 机作为主站,组态软件根据从站的 GSD 文件得到所需的组态数据<sup>[7]</sup>.

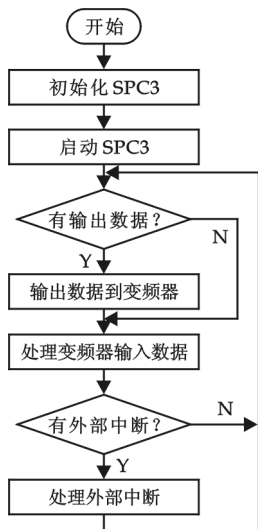


图 5 程序流程图

采用 COM PROFIBUS 的设备模块,组成如图 6 所示的网络,然后配置各种数据,生成一个包含总线系统所有相关数据的二进制文件(. bin),其中 PC-KIT4 为主站(IM180+IM181),另外两个变频器为从站,值得注意的是在生成二进制文件之前,一定要指定主站,不然不能生成配置文件的.在生成配置文件后,使用开发包提供的一个演示程序 DPMT 来实现数据的通信,该程序可对数据交换用的双口 RAM 进行操作.在启动该程序后,首先会对主站模块进行复位,如果复位失败,表示主站 ISA 卡(IM180+IM181)安装有问题,需重新使用 COM PROFIBUS 中提供的配置软件进行设置.在复位后,将 COM PROFIBUS 生成的配置文件载入,执行 IM180-Command 中的"Slave\_Info\_data",此时执行"Operate",数据交换将开始,这样就可以在"View"下的"Display Inputs"看到输入的数据,如图 7 所示.输入数据包括 8 个字节.如果输出数据到变频器,可使用如图 8 所示的界面,根据要求输出 8 个字节的数据.如果一次配置后,配置数据会一直保存在主站中,以后可直接运行.

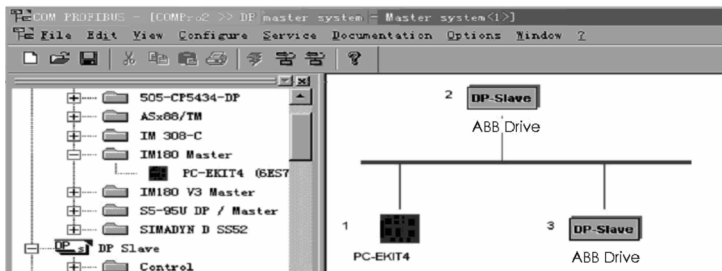


图 6 COM PROFIBUS 配置网络图

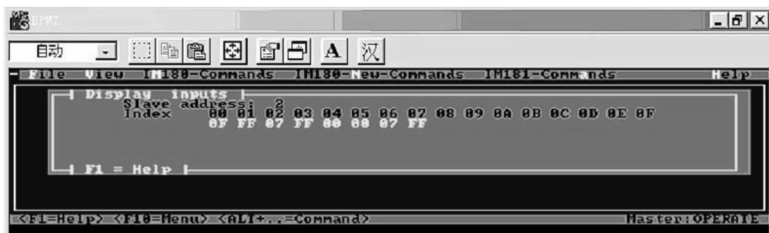


图 7 主站数据输入检测图

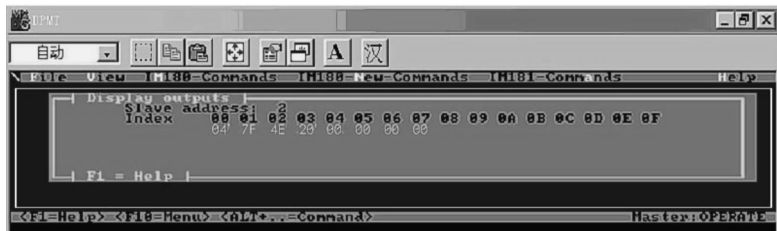


图 8 主站数据输出图

4 结束语

本文的创新之处在于设计出了基于 89S51 单片机的 PROFIBUS-DP 从站接口电路,实现了生产厂家的各种设备或不同生产厂家的同种设备能够同时工作在一个 PROFIBUS-DP 网上,解决了部分生产厂家的设备不支持 PROFIBUS-DP 通讯方式的问题,本产品自山东某造纸企业应用以来一直运行可靠,为企业创造了良好的经济效益。

参 考 文 献

[1] 潘新民,王燕芳. 微型计算机控制技术使用教程[M]. 北京:电子工业出版社,2007:186~190.  
[2] 陈庆文,田作华,刘 山. 基于 PROFIBUS 的温室控制信息管理系统[J]. 微计算机信息,2005 年第 7-3 期:109~110.  
[3] 柴 郁. PROFIBUS-DP 接口开发技术研究和应用[J]. 微计算机信息,2010,1-2:91~93.  
[4] 李 华,孙晓民,李红青,等. MCS-51 系列单片机实用接口技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1993:12-126.  
[5] 王晓红,徐立芳. 基于 PROFIBUS-DP 现场总线监控系统的设计与实现[J]. 实验室科学,2010,(2):90-92.  
[6] 周立功. LPC900 系列 Flash 单片机应用技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005:33-42.  
[7] 许以军. 基于 PROFIBUS-DP 总线的变频器控制系统[J]. 电气时代,2004,(3):66-68.

DESIGN OF SLAVE LNTERFACE CIRCUIT OF PROFIBUS-DP BASED ON 89S51

SHI Yong-zhe<sup>1</sup>, ZHANG Jian<sup>2</sup>, YANG Cai-lin<sup>1</sup>

(1. Xi'an Radio and Television University, Xi'an 710002, China; 2. Xianyang Special Equipment Test House, Xianyang 712000, China)

**Abstract:** The design of interface circuit based on 89S51 MCU is given on the question of Profibus-DP Fieldbus slave communication interface, the way and thought of Profibus-DP slave communication interface including hardware and software is given in detail, the communication network experiment is finally made by taking ACS400 series of inverter as development object. Experiments show that the design of the circuit is reliable and efficient, so there is great practical value.

**Key words:** PROFIBUS-DP; 89S51MCU; interface Circuit; RS485

我校获 2010 年省校园文化建设优秀成果一等奖

近日,由陕西省委教育工委、省教育厅组织的 2010 年全省校园文化建设优秀成果评奖活动揭晓,我校参评的《雨润枝头春意胜 情牵桃李风帆悬——陕西科技大学就业创业教育成为校园文化建设中的一朵奇葩》荣获一等奖。此次全省共有 320 项校园文化建设优秀成果参评,其中有 18 所高校获得一等奖。

近年来,我校以培养大学生创业精神和就业能力为目标,以服务就业、推动创业教育为抓手,依托校、院、系三级工作平台,进一步延伸校园文化建设的手臂,把加强创业教育、提升大学生就业创业能力作为校园建设的重点品牌,丰富校园文化活动的内涵。通过开展就业创业教育、营造舆论氛围、提升实践能力以及搭建服务载体等全方位的校园文化活动,使学生做好知识储备、实践能力和从业心理的各方面准备,树立“一颗红心,两种准备(就业、创业)”的全新理念,以校园文化建设促进就业创业工作。近年来先后在全国、省级各项大赛中,获得奖励 74 项。学生获专利授权 23 项,学生一次就业率达到 95%以上,取得了良好的社会效应。

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0138-03

# 并联等效电阻和综合曲率半径的图解分析法及其变化关系

王允地<sup>1</sup>, 王良文<sup>2</sup>

(1. 陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021; 2. 郑州轻工业学院机电工程学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:**计算两并联支路电阻的等效电阻与计算两个相互接触圆柱体的综合曲率半径在数学上有相同的表达形式, 作者给出了并联等效电阻和综合曲率半径的图解分析方法, 并对各参数之间的变化关系进行了讨论, 得出了相关的结论: 该方法简单、直观。

**关键词:**高副机构; 综合曲率半径; 并联等效电阻; 图解法; 变化关系

**中图法分类号:**TH112      **文献标识码:** A

## 0 引言

在并联电阻电路中, 等效电阻的倒数等于两支路电阻的倒数之和<sup>[1]</sup>. 在计算两圆柱体的接触应力时, 综合曲率半径的倒数等于两圆柱半径的倒数之和<sup>[2-5]</sup>. 由于这些计算不是简单的迭加关系, 因此寻找两者之间的直观联系就有一定的意义。

对于已知  $R_1$  和  $R_2$ , 利用下述公式

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \tag{1}$$

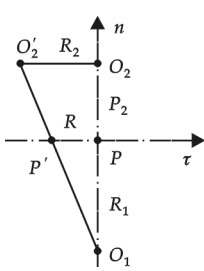


图1 并联电阻或综合曲率半径的图解法

求解  $R$  的问题, 本文经研究给出了一种图解作法. 其思想是: 在一条直线上截取两条连接在一起的线段, 使其长度分别等于  $R_1$  和  $R_2$ , 然后在长度等于  $R_2$  的线段的顶端作长度亦等于  $R_2$  的垂线, 以该垂线(长度  $R_2$ )为一边, 以  $R_1$  与  $R_2$  的和为另一边, 连接出一个直角三角形. 在该三角形上做一个辅助平行线, 便能得到长度等于  $R$  的线段。

为了反映  $R$  与  $R_1$  和  $R_2$  之间的变化关系, 本文还给出了  $R/R_2$  随  $R_1/R_2$  的变化数表, 并采用研究出的图解法绘出了两者之间的变化曲线。

另外, 文中还对圆柱体和圆柱孔内切接触情况下的综合曲率半径求解问题进行了补充讨论。

## 1 图解做法

如图1所示, 建立直角坐标系  $\tau pn$ , 取  $O_1P$  等于  $R_1$ , 取  $PO_2$  等于  $R_2$ , 并取  $PO_2$  的垂线  $O_2O_2'$  等于  $R_2$ , 连接  $O_1O_2'$  交  $\tau$  轴于  $P'$ , 则  $PP'$  的长度即为满足公式(1)中  $R$ 、 $R_1$  和  $R_2$  关系的  $R$  值。

\* 收稿日期: 2010-08-08  
作者简介: 王允地(1961—), 男, 陕西省周至县人, 副教授, 硕士, 研究方向: 机械学

2 证明

直角三角形  $O_1PP'$  与直角三角形  $O_1O_2O_3'$  相似, 因此有

$$\frac{R}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \tag{2}$$

亦即:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \tag{3}$$

7] 进一步整理有:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \tag{4}$$

3 变化线图及数表

给定  $R_2$ , 让  $R_1$  从小到大变化, 则  $R$  也随之变化, 其变化线图如图 2 所示, 变化数表如表 1 所示.

在图 2 所示的直角坐标系中,  $R_1/R_2$  为横坐标,  $R/R_2$  为纵坐标. 在坐标系上, 取定  $F(-1, 1)$  点. 根据给定的  $R_1/R_2$  值, 在横坐标上取对应点, 并连  $F$  点与该点成直线, 该直线与纵坐标轴的交点坐标值即为  $R/R_2$  值. 将一系列的  $R_1/R_2$  与  $R/R_2$  的对应点相连, 便可描出两者之间的变化线图.

表 1 中给出了  $R/R_2$  随  $R_1/R_2$  的变化数表.

表 1  $R/R_2$  随  $R_1/R_2$  的变化数表

$R_1/R_2$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1
$R/R_2$	$\frac{1}{101}$	$\frac{1}{51}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{1}{2}$
$R_1/R_2$	$\frac{3}{2}$	2	3	4	5	10	20	50	100	
$R/R_2$	$\frac{3}{5}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{10}{11}$	$\frac{20}{21}$	$\frac{50}{51}$	$\frac{100}{101}$	

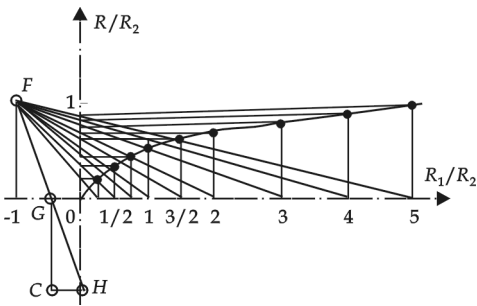


图 2  $R/R_2$  随  $R_1/R_2$  的变化线图

从该曲线及数表可以看出, 当两个电阻相差很大时, 总电阻接近于小电阻, 大电阻对总电阻的影响不大; 当两个电阻相等时, 总电阻为单个电阻的  $1/2$ ; 在  $R_1/R_2$  接近于零时, 变化曲线的斜率接近于 1; 在  $R_1/R_2$  大于 100 后,  $R/R_2$  接近于 1, 该曲线最终以  $R/R_2 = 1$  为渐近线.

以上有关电阻的规律, 同样适用于两圆柱体接触时综合曲率半径的变化规律.

此外, 对于半径为  $R_1$  的圆柱体和半径为  $R_2$  的圆柱孔内切接触的情况, 可在图 2 中沿横轴反向截  $OG$  等于  $R_1/R_2$ , 连  $F$ 、 $G$  交纵轴于  $H$ , 则  $OH$  的长度即为综合曲率半径  $R$  与圆柱孔半径  $R_2$  的比值  $R/R_2$ , 且能在坐标系中定出以  $G$  为横坐标, 而以  $H$  为纵坐标的点  $C$ . 让  $R_1/R_2$  从零到 1 变化, 点  $C$  将在坐标系中绘出一条曲线, 其形状与两圆柱体在外切接触情况下两者的变化线图关于坐标系二、四象限的平分线对称.

4 结束语

- (1) 通过作图, 可以直观的看出  $R$  与  $R_1$  及  $R_2$  之间的关系.
- (2) 当有多个电阻并联时, 可采用连续作图法在图上画出总等效电阻的长度.
- (3) 对于圆柱体和圆柱孔内切接触的情况, 当圆柱体的半径  $R_1$  从零变到圆柱孔半径  $R_2$  时, 综合曲率半径  $R$  从零变化到无穷大. 值得注意的是, 让  $R_1/R_2$  从零变到  $1/2$ ,  $R/R_2$  平缓地从零变到 1; 而让  $R_1/R_2$  从  $1/2$  变到 1,  $R/R_2$  则迅速地从 1 变到无穷大.

## 参 考 文 献

- [1] 秦曾煌主编. 电工学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [2] 濮良贵, 纪明纲主编. 机械设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 1996.
- [3] 尚久浩, 郑甲红主编. 机械设计基础[M]. 西安: 西北大学出版社, 2001.
- [4] 楼鸿棣, 邹慧君主编. 高等机械原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990.
- [5] 彭国勋, 肖正杨编著. 自动机械的凸轮机构设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 1990.

## GRAPH-ANALYTIC METHOD AND CHANGE RELATIONSHIP OF PARALLEL CONNECTION EQUIVALANT RESISTANT AND COMPOSITE CURVE RADIUS

WANG Yun-di<sup>1</sup>, WANG Liang-wen<sup>2</sup>

(1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China; 2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Zhengzhou Institute of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Computing equivalent resistant of two parallel branch resistants is the same as computing composite curve radius of two contacted cylinders in mathematically expression form. graph-analytic method is provided for computing parallel connection equivalent resistant and composite curve radius in the paper. The change relationship among the parameters is discussed, interrelated conclusion is given. The method in this paper is simple and directviewing.

**Key words:** higher pair mechanism; composite curve radius; parallel connection equivalent resistant; graph-analytic method

### 我校召开国际合作与交流工作汇报会议

9月9日下午,我校国际合作与交流工作汇报会在逸夫楼第二会议室召开。校党委书记潘中伟、副书记李虎成,副校长崔继华、曹巨江、张美云、姚书志、马建中,纪委书记温峰,党办、组织部、宣传部、学工部、团委、人事处、教务处、研究生处、财务处及各学院负责人参加了会议。会议由副校长张美云主持。

副校长马建中,学工部、外国语与传播学院、材料科学与工程学院、电气与信息工程学院有关负责人就近期出访团组成果、国际学术会议成果进行了汇报与总结,并结合实际工作情况,介绍了在国际合作交流过程中好的经验和建议。随后,国际合作与交流处处长王秀峰对一年来的工作进行了总结及展望。

党委书记潘中伟对会议作了总结,并提出三点要求:一是应以高起点进一步提高我校国际合作与交流的发展水平;二是应加强国际合作交流,促进学校科研水平的提高;三是加强人才引进工作。

最后,副校长张美云指出,我校国际交流合作面临着新的机遇与挑战,加强国际交流合作对于提高我校国内、国际地位有很大的推动力,希望大家共同努力,为陕西科技大学教学、科研水平的提升做出应有的贡献。



\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0141-05

# 复杂网络上聚集-部分消灭动力学的模拟

朱 标, 陈晓婷, 沈伟维

(温州大学物理与电子信息工程学院, 浙江 温州 325035)

**摘 要:**通过 Monte-Carlo 模拟,研究了基于复杂网络上的聚集-部分消灭动力学行为.在系统中,同种类集团相遇后聚合成一个更大的集团,异种类集团相遇后发生消灭反应形成一个更小的集团甚至完全消灭.模拟结果表明,在二维环状规则网络上,经过长时间演化后,系统中剩余的集团浓度和粒子浓度随时间的演化满足幂律形式: $c(t) \sim t^{-\alpha}$ 和 $g(t) \sim t^{-\beta}$ ,且幂指数 $\alpha$ 和 $\beta$ 满足 $\alpha=2\beta$ ;在小世界网络上,当捷径化参量 $p$ 相对较小或较大时,经过长时间演化后,集团浓度和粒子浓度随时间的演化也满足幂律形式: $c(t) \sim t^{-\alpha}$ 和 $g(t) \sim t^{-\beta}$ ,且幂指数 $\alpha$ 和 $\beta$ 满足 $\alpha=2\beta$ ;当 $p$ 为其他值时,集团密度和粒子密度随时间的演化按非严格的幂律形式.

**关键词:**复杂网络;规则网络;小世界网络;聚集消灭;Monte-Carlo 模拟

**中图法分类号:**O41

**文献标识码:**A

## 0 前 言

聚集消灭演化动力学是近年来物理学研究领域的热点,聚集消灭现象广泛存在于自然界及人类社会当中,如聚合物的形成、生物种群之间的竞争、正负电子的湮灭和星云的分布等.近几十年来,聚集消灭动力学得到了深入的研究.1993 年 Krapivsky P L 提出了两种类集团不可逆聚集-部分消灭动力学问题<sup>[1]</sup>;1994 年, Sokolov I M 等人采用 Monte-Carlo 模拟研究了基于有边界条件规则网络上的由 Krapivsky P L 提出的不可逆聚集-部分消灭反应动力学过程<sup>[2]</sup>; Ben-Naim E 和 Krapivsky P L 于 1995 年研究了两种类集团的聚集-完全消灭模型<sup>[3]</sup>;2003 年 Ke J 等人提出了含有两种类集团的系统存在聚集和单体消灭两种机制的反应模型<sup>[4]</sup>.

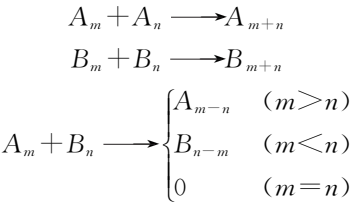
在过去的研究中,研究者大多运用平均场假设下的 Smoluchowski 速率方程进行理论研究或者基于规则网络进行计算机模拟.无论是理论研究还是计算机模拟,反应物大小在空间的涨落必须忽略,且假设各种类聚集体集团在整个反应过程中是均匀分布的,即反应物集团的空间扩散系数为无限大,认为系统中每一对集团相互反应的概率是相等的.如果将动力学演化过程用网络描述,每一个集团可以抽象成节点,若集团之间有联系,则两节点之间有边存在,这样我们就可以把聚集消灭反应动力学过程抽象为在网络上的动力学演化.但是在已有的研究中,基于动力学反应过程的背景都被认为发生在规则网络或随机网络上,然而在真实世界中,很多事件之间的联系往往表现出小世界效应和无标度特性,即系统中的集团不能看成是完全等几率反应的,不仅近邻节点间可以发生反应.两个远程节点上的集团也可以发生反应,所以真实世界里的一些反应过程不能简单的被认为是在规则或者随机空间里进行的,而应该被看成是发生在复杂网络上的动力学过程<sup>[5,6]</sup>,况且已有很多研究结果表明,基于复杂网络的一些反应系统与正规空间的相同系统有着显著不同的动力学行为<sup>[9-15]</sup>.本文采用 Monte-Carlo 模拟在复杂网络上的聚集部分消灭动力学行为.

\* 收稿日期:2010-07-02

作者简介:朱标(1984—),男,安徽省宿州市人,在读硕士生,研究方向:复杂网络

1 基于复杂网络上的聚集部分消灭动力学模型

在网络中对于每一个节点,在任何时刻都含有 3 种可能的态: $m$ 、0 和  $-n$ . 节点处于  $m$  态表示该节点被  $m$  个  $A$  种类粒子同时占据,而节点处于 0 态表示没有粒子占据该节点(即空节点),节点处于  $-n$  态表示该节点被  $n$  个  $B$  种类粒子同时占据. 为了简化反应过程,我们假定初始时刻只有若干节点被粒子占据,且只能被一个粒子占据. 该动力学演化机制在网络中的聚集消灭反应包含以下几个步骤:(1)随机选择一个有粒子存在的节点  $i$ ;(2)从节点  $i$  的相邻节点随机选择一个节点  $j$ ;(3) $i$  节点上的粒子全部移到  $j$  节点上. 如果节点  $j$  为空节点,则粒子占据  $j$  节点. 如果  $j$  节点已有粒子,则将遵循 1993 年由 Krapivsky P L 提出的聚集-部分消灭动力学机制<sup>[3]</sup>:



此时  $j$  节点的粒子数将是  $|m-n|$ ,粒子种类由  $m$  和  $n$  的大小决定. 在一些实际过程中,集团的质量影响集团扩散速率. 一般而言,较大质量的集团扩散速率相对较小,质量较小的集团扩散速率则相对较大,所以本文引入扩散系数  $D$  表征扩散速率对集团质量的依赖关系. 通常,扩散系数  $D$  与集团质量  $m$  的关系可写为  $D \sim m^{-q}$ , $q$  越大,则  $D$  越小,质量越大的集团越难发生迁移.

1.1 二维规则网络上的聚集部分消灭动力学

先研究在二维规则网络的聚集部分动力学行为. 首先构造一个二维正方规则网络,网络大小为  $N=10\ 000$ ,如图 1 所示,网络总边数为  $2N-2\sqrt{N}$ ,平均最短路径为 66.7,聚集系数为 0.

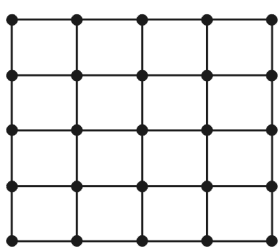


图 1 二维正方规则网络

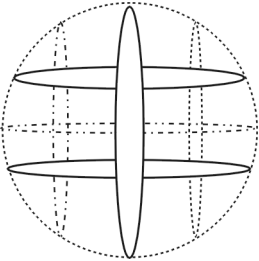


图 2 二维环状规则网络

当一个平面二维正方规则网络首尾相接时它就变为二维环状规则网络,如图 2 所示,拓扑结构高度对称,每个节点的度都是 4,网络的总边数是  $\frac{N \times 4}{2} = 2N$ ,平均最短路径为 50,聚集系数为 0. 在二维环状规则网络这 10 000 个节点上随机撒 4 000 个粒子,在初始时刻, $A$ 、 $B$  两种集团具有相同的粒子数(本文中两种粒子的初始粒子数都是 2 000),每个节点上最多只有一个粒子. 我们定义集团浓度  $c(t)$ =集团数/网络总节点数,粒子浓度  $g(t)$ =粒子数/网络总节点数. 按上述规则演化 10 000 步,系统中剩余的集团浓度和粒子浓度随时间的变化关系如图 3 所示.

表 1 不同  $q$  时幂指数  $\alpha$  和  $\beta$  的值

$q$	0	1	2	3
$\alpha$	0.859 28	0.606 68	0.462 73	0.376 71
$\beta$	0.445 54	0.304 98	0.232 03	0.188 15

研究结果表明,基于二维环状规则网络上的聚集部分消灭过程中,剩余的集团浓度  $c(t)$  和粒子浓度  $g(t)$  随时间的演化关系都满足幂律函数关系:集团浓度  $c(t) \sim t^{-\alpha}$ ,粒子浓度  $g(t) \sim t^{-\beta}$ . 由表 1 可见,幂律指数满足  $\alpha = 2\beta$  关系,且  $\alpha, \beta$  值与文献[4]中的理论结果  $\alpha = \frac{2}{2+q}, \beta = \frac{1}{2+q}$  一致. 随着  $q$  的增大, $\alpha, \beta$  逐渐减小. 由于网络大小的限制,幂律指数实验值比理论值略小.

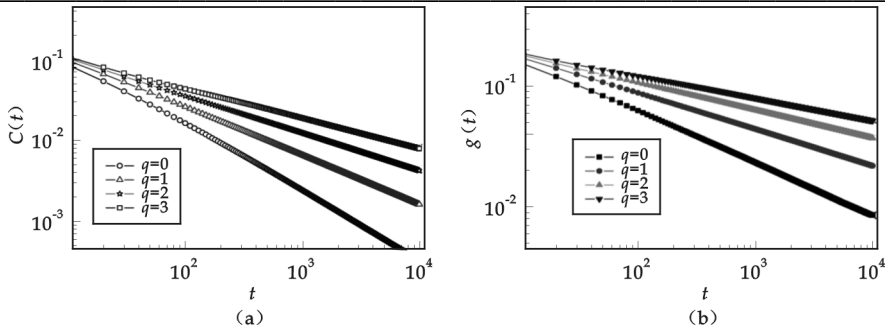


图 3 二维环状规则网络集团浓度和粒子浓度随时间的变化曲线

1.2 小世界网络上的聚集部分消灭动力学

1998 年,Watts D J 和 Strogatz S H 引入了 WS 小世界网络模型<sup>[7]</sup>,该模型在低维的规则网络的基础上通过随机化重连边而构造,但是该构造算法容易破坏网络的连通性. 在本文的研究中,我们需考虑系统中的所有粒子参与反应过程,因此本文讨论基于 NW 小世界网络的不可逆聚集-不完全消灭反应模型. NW 小世界网络是由 Newman M E J 和 Watts D J 提出(称 NW 模型)<sup>[8]</sup>,该模型在低维规则网络的基础上通过随机化加边构造,不会破坏网络的连通性.

在二维环状规则网络上随机加边后构成小世界网络,随机加边的原则是任意两个节点之间至多只能有一条边存在(不重连),每个节点都不能有边与自身相连(不自连). 我们定义  $p$  为捷径化参量, $p=\frac{E_{add}}{2N}$ ,  $N$  为节点总数, $E_{add}$  为随机化加边的条数,这样定义主要是为了和二维环状规则网络原有的总边数( $2N$ )比较. 加边后的网络每个节点的平均度为 $\langle k \rangle = 4p + 4$ . 当  $p$  相对小时,度分布并不满足泊松分布,度分布最小值和最大值之间差别不是太大,相对分散;当  $p$  相对大时,度分布满足泊松分布,度值比平均值高许多或低许多的节点都是十分罕见的,并且  $p$  越大,度分布就准确地认为是泊松分布,峰值中心近似为 $\bar{k} = 4p + 4$ . 随着  $p$  的增大,峰逐渐向右移动,峰值高度逐渐降低,所得的网络就越接近随机网络. 当  $p$  达到最大值后,网络变为全局耦合网络. 我们下面主要研究在随机化加边后的网络上聚集消灭动力学. 随着  $p$  的变化(从 0 到 1),网络的捷径条数增加,相应的网络结构将发生改变,网络的平均最短路径逐渐减小,它将对网络上的动力学演化起着关键作用.

1.2.1 集团扩散速率与大小无关的聚集-部分消灭过程( $q=0$ )

下面给出不同捷径化参量  $p$  下,网络的平均最短路径以及反应中期和中后期幂律指数  $\alpha$ 、 $\beta$  的值. 反应中期所指时间段为计算机模拟的 100~1 000 步,而反应中后期所指的时间段为 1 000~10 000 步.

表 2  $q=0$  时不同捷径化参量  $p$  下幂指数  $\alpha$ 、 $\beta$  的值

$p$	$\bar{L}$	$\alpha$		$\beta$	
		中期	中后期	中期	中后期
0	50.005 00	0.864 59	0.866 06	0.422 03	0.433 03
0.0001	45.646 94	0.866 75	0.868 77	0.433 39	0.434 39
0.000 3	41.157 64	0.866 93	0.868 82	0.433 41	0.434 41
0.000 5	37.984 07	0.867 29	0.868 86	0.433 43	0.434 43
0.000 7	35.437 68	0.868 95	0.879 03	0.434 46	0.435 46
0.001	33.139 34	0.873 28	0.881 19	0.435 59	0.440 59
0.003	25.310 91	0.879 49	0.896 96	0.437 69	0.448 45
0.005	21.960 15	0.882 84	0.904 99	0.441 36	0.452 49
0.007	19.909 31	0.895 97	0.907 94	0.442 97	0.453 97

续表 2

$p$	$\overline{L}$	$\alpha$		$\beta$	
		中期	中后期	中期	中后期
0.01	18.009 21	0.897 61	0.909 23	0.445 64	0.454 61
0.03	13.057 19	0.921 37	0.933 13	0.449 57	0.466 57
0.05	11.262 01	0.925 19	0.937 45	0.453 72	0.468 73
0.07	10.206 93	0.927 73	0.947 64	0.458 61	0.469 61
0.1	9.212 18	0.935 75	0.949 22	0.462 86	0.473 82
0.3	6.738 05	0.943 47	0.955 38	0.472 69	0.477 69
0.5	5.840 44	0.954 99	0.955 86	0.476 83	0.477 93
0.7	5.321 23	0.955 46	0.955 45	0.476 73	0.477 73
1	4.817 36	0.955 46	0.955 46	0.476 83	0.477 73

模拟结果表明,基于二维小世界网络的聚集部分消灭动力学过程剩余的集团浓度  $c(t)$  和粒子浓度  $g(t)$  随时间的演化关系同样都满足幂律关系. 由表 2 可见,随着捷径化参量  $p$  的增大,幂指数  $\alpha$  和  $\beta$  的值增大,且幂指数  $\alpha$  和  $\beta$  的值均满足  $\alpha=2\beta$  的关系,与二维环状规则网络的不可逆聚集-部分消灭动力学反应相一致. 这表明,网络结构的改变仅影响了不可逆聚集-部分消灭反应系统的演化速率,并不会影响系统的标度性质.

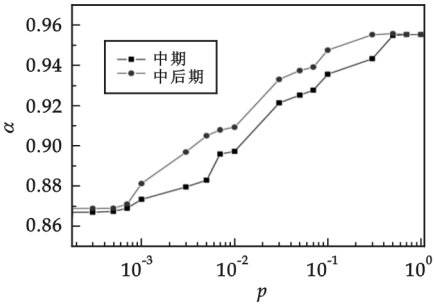


图 4 不同时间段集团浓度幂律指数  $\alpha$  随捷径化参数  $p$  变化的曲线

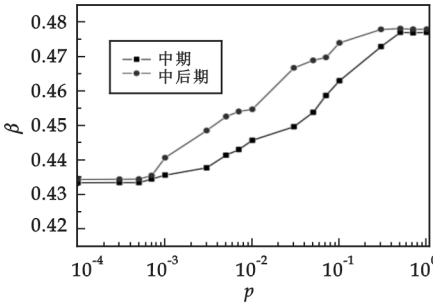


图 5 不同时间段粒子浓度幂指数  $\beta$  随捷径化参数  $p$  变化的曲线

表 3  $q=1$  时不同捷径化参量  $p$  下幂指数  $\alpha, \beta$  的值

$p$	$\overline{L}$	$\alpha$	$\beta$
0	50.005 001	0.605 11	0.304 98
0.000 1	45.646 94	0.607 82	0.313 15
0.000 3	41.157 64	0.607 87	0.305 94
0.000 5	37.984 07	0.609 57	0.305 24
0.000 7	35.437 68	0.610 14	0.305 66
0.001	33.139 34	0.616 67	0.307 97
0.003	25.310 91	0.619 37	0.309 07
0.005	21.960 15	0.620 55	0.312 18
0.007	19.909 31	0.631 13	0.316 59
0.01	18.009 21	0.635 55	0.319 16
0.03	13.057 19	0.649 93	0.324 11
0.05	11.262 01	0.653 46	0.326 68
0.07	10.206 93	0.656 68	0.331 32
0.1	9.212 18	0.663 01	0.332 36
0.3	6.738 05	0.657 81	0.328 45
0.5	5.840 44	0.660 78	0.328 64
0.7	5.321 23	0.653 62	0.321 25
1	4.817 36	0.659 83	0.326 77

比较图 4、图 5 中不同反应时期的幂指数的大小,我们发现:(1) $p$  较大或较小时,两个反应时期的幂指数  $\alpha(\beta)$  近似相同,表明反应系统经长时间反应后,系统中剩余的集团密度和粒子密度随时间的演化严格遵循按幂律函数形式;(2) $p$  为其他值时,反应中后期的幂指数  $\alpha(\beta)$  值略大于反应中期相应的  $\alpha(\beta)$  值,即集团密度和粒子密度随时间的演化近似地按幂律形式演化. 由此可见,随机加边带来的捷径在不同反应时期对不可逆聚集-部分消灭反应系统的演化有着不同的影响. 当捷径化参量  $p$  较小时,即加的边很少时,虽然平均最短路径相对于  $p=0$  (规则网络)时减小很多,但是网络中所添加的捷径(共  $2N_p$  条)相对较少,集团在反应过程中选择这些捷径作为通道的概率很小,即随机添加的少量边对聚集消灭过程的反应历程影响很小. 随着捷径化参量  $p$  的增大,即加边数的增加,幂律指数增大到一定程度后开始趋于稳定,也就是说当边数加到一定程度

后网络环境基本上已经接近平均场情况. 本身二维环状规则网络的维度为 2, 随着  $p$  的增大, 平均最短路径逐渐减小, 网络的维度逐渐增大. 文献[14]研究结果表明, 一旦系统所处的空间维度大于临界维度( $d_c = 2$ ), 则反应物浓度的空间涨落可以忽略不计. 另一方面, 基于平均场的理论计算结果表明<sup>[1]</sup>, 当  $t \gg 1$  时, 幂律指数  $\alpha=1, \beta=0.5$ . 对于二维小世界网络的维度一定大于 2, 从表 2 我们已经看到, 随着捷径化参量  $p$  的增大, 幂律指数逐渐趋近于平均场的计算结果.

### 1.2.2 集团扩散速率与大小有关的聚集部分消灭过程( $q=1$ )

图 3 给出了不同捷径化参量  $p$  下网络的平均最短路径以及反应中期和中后期幂律指数  $\alpha, \beta$  的值.

在不可逆聚集-消灭反应过程中, 集团的扩散速率与其所包含的粒子数  $m$  成反比, 而且所有集团的质量  $m \geq 1$ , 因此与上述  $q=0$  情况相比,  $q>0$  情况下系统的演化速率更加缓慢.

## 2 结束语

本文采用 Monte-Carlo 模拟研究了基于网络上的聚集部分消灭动力学行为, 首先研究了在二维环形规则网络上的动力学行为, 发现系统中剩余的集团浓度和粒子浓度随时间的演化满足幂律形式:  $c(t) \sim t^{-\alpha}$  和  $g(t) \sim t^{-\beta}$ ; 幂律指数  $\alpha(\beta)$  随着扩散指数  $q$  的增大而减小, 且满足  $\alpha=2\beta, \alpha=\frac{2}{2+q}$ , 与文献[2]的理论分析很相符. 对在二维环状规则网络上随机化加边所得到的的小世界网络的聚集消灭动力学行为的研究表明: (1) 当捷径化参量较小或较大时, 系统中剩余的集团浓度和粒子浓度随时间的演化满足幂律形式, 幂律指数同样满足  $\alpha=2\beta$  这种关系. (2) 当捷径化参量为其它值时, 集团浓度和粒子浓度随时间的演化近似满足幂律形式, 且在反应中期的幂律指数小于反应后期的幂律指数. 这表明, 网络结构的改变仅影响了不可逆聚集-部分消灭反应系统的演化速率, 并不会影响系统的标度性质. 随机加边带来的捷径在不同反应时期对不可逆聚集-部分消灭反应系统的演化有着不同的影响. 总之, 基于复杂网络上的动力学行为与正规空间的相同系统有着显著不同的动力学行为.

## 参 考 文 献

- [1] Krapivsky P. L.. Nonuniversality and breakdown of scaling in two-species aggregation with annihilation[J]. Physica A, 1993, 198:135.
- [2] Sokolov I. M., Blumen A.. Kinetics in coagulation-annihilation processes[J]. Phys. Rev. E, 1994, 50: 2 335-2 338.
- [3] Ke J., Lin Z.. Kinetic behavior of aggregation process with complete annihilation[J]. Phys. Rev. E, 2002, 65:107.
- [4] Ke J., Lin Z.. Solvable aggregation model with monomer annihilation[J]. Phys. Rev. E, 2003, 67:101.
- [5] Albert R., Barabási A. L.. Statistical mechanics of complex networks[J]. Rev. Mod. Phys., 2002, 74:47.
- [6] Dorogovtsev S. N., Mendes J. F. F.. Evolution of networks[J]. Adv. Phys., 2002, 51:1 079.
- [7] Watts D. J., Strogatz S. H.. Collective dynamics of "small-world" networks[J]. Nature, 1998, 393:440.
- [8] M. E. J. Newman, D. J. Watts. Renormalization group analysis of the small-world network model[J]. Phys. Lett. A, 1999, 263: 341-346.
- [9] Gallos L. K., Argyrakis P.. Absence of kinetics effects in reaction-diffusion processes in scale-free networks[J]. Phys. Rev. Lett., 2004, 92:138-301.
- [10] Gallos L. K., Argyrakis P.. Influence of a complex network substrate on reaction-diffusion processes[J]. J. Phys.: Condens. Matter, 2007, 19:065-123.
- [11] Tang M., Liu Z., Zhou. Condensation in a zero range process on weighted scale-free networks[J]. Phys. Rev. E, 2006, 74 :036-101.
- [12] Hua D. Y.. Dynamics of symmetric conserved mass aggregation model on complex networks[J]. Chin. Phys. Lett., 2009, 26: 901.
- [13] Ke J., Lin Z., Zheng Y., et al. Migration-driven aggregate growth on scale-free networks[J]. Phys. Rev. Lett., 2006, 97:301.
- [14] Kang K., Redner S.. Fluctuation effects in smoluchowski reaction kinetics[J], Phys. Rev. A, 1984, 30:2 833.
- [15] Krapivsky P. L.. Exact solutions for aggregation-annihilation processes in one dimension[J]. Physica A, 1993, 198:150.



\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0146-05

# 带有进出优先级的 RED 改进算法

朱国晖

(西安邮电学院通信工程系, 陕西 西安 710061)

**摘要:**随着网络技术的发展,用户对于网络的实时、多媒体应用的需求不断提高,如何发展现有的网络并满足用户的需求成为急待解决的问题.作者研究了对列的缓冲管理算法和拥塞控制机制,对现有的几种缓冲管理算法及分组调度算法作了介绍,并分析了其优缺点,在此基础上提出了一种新的处理多对列的缓冲管理算法,即具有进出优先级的 RED 改进算法,其优化了网络的进程,提高了系统的利用率,从而提高了整个系统的吞吐量与工作效率.

**关键词:**缓冲管理; RED; 算法; QoS

**中图法分类号:**TP393                      **文献标识码:** A

## 0 前言

缓冲管理是对网络传输节点中队列缓冲资源的管理.在分组传输过程中,其流经的网络传输节点通常采用队列缓存、延迟转发的服务方式提高输出链路的带宽利用率.缓冲管理机制在分组到达队列前端时依据一定的策略和信息决定是否允许该分组进入缓冲队列.从另一个角度看,也就是做出是否丢弃分组的决策,因此也成为丢弃控制.缓冲管理在网络传输控制中发挥着相当大的作用,是网络服务质量(QoS)控制的核心技术之一,也是实现网络拥塞控制的重要手段.

## 1 缓冲管理

### 1.1 缓冲管理的意义

就单个网络传输节点而言,其控制目标在于解决输出链路的带宽资源分配问题,把有限的资源公平而有效的分配给不同的服务类别(或用户流等).而在众多网络传输节点构成传输网的基础上,网络传输控制需要整合、规划所有的网络带宽资源的使用,为用户提供端到端的有服务质量保障的网络传输服务,这也就是 QoS 控制的目标.

带宽资源的分配在网络传输节点上主要是通过基于多个队列的分组调度来实现.虽然缓冲管理机制直接涉及到的是节点中的队列缓冲资源,直接影响到的也只是分组丢失率性能,然而其对系统带宽分配的性能有着不可忽视的影响:合理的系统队列缓冲容量,对于平衡系统吞吐量和分组排队延迟起着至关重要的作用;在多队列情况下,缓冲资源在不同队列之间的分配只有在与输出带宽的分配相互一致时才能获得最佳的缓冲效果.

最早的拥塞控制机制出现在 TCP 协议中,并采用慢启动和拥塞避免算法来调整自己的数据发送速率,缓解传输网络的压力.随着显示拥塞通告(ENC)和主动队列管理(AQM)的思想的提出,拥塞控制不再只是网络用户的责任,在网络的传输节点中也引入了拥塞控制的机制.如何有效配合网络用户采用的协议,尽量避免拥塞的出现;如何区分出不遵守拥塞控制范围的用户,并限制其不至于影响其它用户和整个网络的有效运行等,都成为网络传输节点中的对列缓冲管理机制需要解决的关键问题.

\* 收稿日期:2010-08-12  
作者简介:朱国晖(1969—),男,北京市人,副教授,研究方向:网络管理及生存性技术  
基金项目:陕西省教育厅项目(07JK377)

## 1.2 缓冲管理的目标

网络传输控制中通常采用的队列结构模型是为了提高输出链路的带宽利用率而设置的. 在没有排队的情况下, 到达的分组或者被丢弃, 或者立刻获得服务, 分组排队延迟可以降到最低, 然而这是以低系统吞吐量和高分组丢失率为代价的, 当大量的分组到达时将因为服务器忙而被丢弃, 而在链路空闲时服务器又将因为没有服务对象而闲置, 造成系统资源的极大浪费.

队列缓冲的设置使链路的带宽利用率和系统的吞吐量得以改善, 然而同时也增大了分组排队的延迟, 在对列缓冲空间的容量增大时情况尤为严重. 随着网络时事应用的发展, 用户对数据的传输延迟的要求越发苛刻, 要求网络传输业务能够提供尽可能低的、稳定的传输延迟. 而分组在网络中传输遭遇的延迟的最主要部分, 也是最容易控制的部分, 就来源于网络传输节点的排队延迟. 因此, 如何设置合适地队列缓存空间容量, 如何在网络运行期间合理的控制队列长度的动态变化, 以平衡系统吞吐量和分组排队延迟之间的矛盾, 是缓冲管理乃至整个网络 QoS 控制需要解决的重要问题<sup>[1]</sup>.

## 2 缓冲管理的典型算法

### 2.1 RED 及其衍生算法

(1) RED 算法. 把拥塞控制引入到网络传输节点的控制机制中, 提高网络资源的利用率成为重点关注问题, Floyd 和 Jacobson 正是由此而提出了影响相当广泛的随机早期检测 (random early detection, RED) 算法<sup>[3]</sup>. RED 算法基于平均队列长度预测可能到来的网络拥塞, 同时由于 RED 算法随机标记到达的数据分组, 使不同的 TCP 流的拥塞相应异步化, 因而解决了 TCP 流的全局同步问题.

RED 算法存在的问题有: (a) 对控制参数过于敏感, 难以优化参数设定. 算法的性能对控制参数和网络流量负载的变化非常敏感. 在用户流增大的情况下, RED 算法的性能会急剧下降. (b) 不支持服务区分, 基于 best-effort 服务模型, 没有考虑不同等级服务之间、不同用户之间的差别, 无法提供有效的公平性保障.

(2) 自适应 RED 算法. RED 算法通过有效地控制系统的平均队列长度, 可以同时获得较高的系统吞吐量性能和较低的分组排队延迟. 然而在 RED 算法中, 平均队列长度受网络拥塞程度和控制参数的设置的影响非常大, 如果网络负载较轻, 或者最大标记概率参数  $\max_p$  设置的较大, 则平均队列长度将会趋于最小阈值  $\min_{th}$ ; 而如果网络负载较重或者  $\max_p$  值设置的较大, 则会导致平均队列长度趋于甚至超过最大阈值  $\max_{th}$ . 这就破坏了平均队列长度的稳定性, 进而使得系统派对造成的延迟无法预先估测, 同时也降低了系统的有效吞吐量.

出于提高 RED 算法性能稳定性的考虑, 文献[6, 7]提出并改进了一种自适应调整控制参数的自适应 RED (adaptive-RED) 算法. 自适应 RED 算法的思路非常简单. 为了控制平均队列长度稳定地保持在最小、最大阈值之间, 当网络拥塞程度较大时, 相应的增大标记概率  $\max_p$ , 而当网络拥塞程度较小时, 则减小标记概率的数值, 以达到保持平均队列长度稳定的目的. 文献[6]提出的改进算法如公式(1)所示:

每次分组到达时,

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{if } (\min_{th} < Q(ave) < \max_{th}) \\ \quad status = \text{Between}; \\ \text{if } Q(ave) < \min_{th} \text{ and } status \neq \text{Below} \\ \quad status = \text{Below}; \\ \quad \max_p = \max_p / \alpha, (\alpha > 1) \\ \text{if } Q(ave) > \max_{th} \text{ and } status \neq \text{Above} \\ \quad status = \text{Above}; \\ \quad \max_p = \max_p * \beta, (\beta > 1) \end{array} \right. \quad (1)$$

在此基础上, 文献[5]更严格地限定了平均队列长度的允许变化范围和标记概率参数的调整范围, 同时把标记概率参数的调整算法由乘法增大乘法减小 (MIMD) 改为加法增大乘法减小 (AIMD).

自适应 RED 算法把 RED 算法的控制参数动态化, 提高了 RED 算法的鲁棒性, 使之更能适应网络流



量的变化,获得更加稳定的性能.然而另外一方面,自适应算法也增加了处理的复杂度,同时引入的调整参数的设置也是在实现中需要考虑的问题.

### 3 带有进出优先级的 RED 改进算法

#### 3.1 新算法的描述

在 RED 算法的基础之上,当多队列需要进入路由器时,对到达的分组在进入队列与离开队列时的次序进行调度,采用优先级的方法对队列进行选择,让最新到达的分组总是进入优先级最高的分组,从而降低分组丢失率.将此算法称为进出优先级的 RED 改进算法.

#### 3.2 具体实现步骤

算法的具体流程如下:

Set1:假设路由器在其缓冲池中有 3 个队列  $q_1, q_2, q_3$ ,在分组到来之前假设:

- (1)队列的入优先级分别是  $p_{1in}, p_{2in}, p_{3in}$ ,并且假设其优先级的高低顺序为  $p_{1in} < p_{2in} < p_{3in}$ ;
- (2)队列的出优先级分别是  $p_{1out}, p_{2out}, p_{3out}$ ,并且假设其优先级的高低顺序为  $p_{1out} < p_{2out} < p_{3out}$ ;
- (3)3 个队列的平均队列长度分别为  $avg_1, avg_2, avg_3$ .

Set2:每当分组进入路由器时,平均队列越长则该队列在这一时刻包含分组数目越多,在入队列处的优先级按照公式(2)进行计算,其含义是分组入队列时的优先级与平均队列长度成反比,即平均队列越短其优先级越高,设一常数  $K$

$$P_{in} = K / avg_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

当每次有新的分组到达队列时,我们都重新对  $p_{1in}, p_{2in}, p_{3in}$  进行排序,再按照排序出来的结果,我们总是把新到来的分组放在优先级最高的队列中,这样就可保证总是把分组放入平均队长最短的队列中.

Set3:对于出队列的优先级可按照公式(3)进行计算,其含义是分组在出队列时的优先级与平均队列长度成正比,即平均队列越长则优先级越高,设一常数  $F$

$$P_{out} = F avg_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

每当有分组要出队列时,重新对  $p_{1out}, p_{2out}, p_{3out}$  进行排序,按照从高优先级到低优先级顺序读出数据,这样我们就可以保证总是让平均队列长度最长的分组优先传出去.

Set4:我们假设公式(2)所示的缓冲池为一个先到先服务的队列管理系统,且缓冲池的容量有限,假设其总容量为  $B$ ,服务的速度设为  $c$ ,容量  $B$  和服务速度  $c$  都为固定的常数.在时刻  $t$ ,  $q_i$  表示在时间  $(t-1, t)$  结束时业务源  $i$  的队列长度,  $y_i$  表示在时间  $(t, t+1)$  开始时的所到的新分组数,则缓冲池中第  $i$  类业务源的队列长度的关系式为:

$$\begin{cases} q_i(t) = 0 & \text{当 } q_i + y_i c < 0 \text{ 时} \\ q_i(t) = q_i + y_i \times c & \text{当 } 0 < q_i + y_i \times c < B \text{ 时} \\ q_i(t) = B & \text{当 } q_i + y_i \times c \geq B \text{ 时} \end{cases} \quad (4)$$

那么在每一个队列中,所有的业务源所占据的队列长度应该表示为

$$q = \sum_i q_i \quad (5)$$

即为分组的瞬时队列长度.

Set5:在 RED 算法中,现在用分组的瞬时队列长度来表示平均队列长度  $avg$ ,

$$\begin{aligned} \text{当 } q=0 \text{ 时} \quad & avg = (1 - w_q) \times avg \\ \text{当 } q \neq 0 \text{ 时} \quad & avg = (1 - w_q) \times avg + w_q \times q \end{aligned} \quad (6)$$

分组的丢弃概率  $p_b$  按照下面的式子进行计算:

$$p_b = \begin{cases} 0, & \text{当 } avg < \min_{th} \text{ 时,} \\ \max_p \times \frac{(avg - \min_{th})}{(\max_{th} - \min_{th})}, & \text{当 } \min_{th} \leq avg < \max_{th} \text{ 时} \\ 1, & \text{当 } avg \geq \max_{th} \text{ 时} \end{cases} \quad (7)$$

Set6:此时再按照自适应 RED 算法自动调整  $\max_p$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{if}(\min_{th} < Q(ave) < \max_{th}) \\ \quad status = \text{Between}; \\ \quad \text{if} Q(ave) < \min_{th} \text{ and } status \neq \text{Below} \\ \quad \quad status = \text{Below}; \\ \quad \max_p = \max_p / \alpha, (\alpha > 1) \\ \quad \text{if} Q(ave) > \max_{th} \text{ and } status \neq \text{Above} \\ \quad \quad status = \text{Above}; \\ \quad \max_p = \max_p * \beta, (\beta > 1) \end{array} \right. \quad (8)$$

根据以上的算法,每当平均队列长度  $avg$  超过  $\max_{th}$  时,则增加  $\max_p$ ;而当平均队列长度  $avg$  低于  $\min_{th}$  时则要减少  $\max_p$  的大小,这样可以保持平均对列长度在一个合理地范围内不至于有溢出或者空闲,更加合理地利用缓冲空间。

### 3.3 算法小结

与传统 RED 算法以及自适应 ARED 算法的比较:传统 RED 算法的丢包概率  $P$  不仅和平均对列  $avg$  有关,而且还和从上一次丢包开始到现在连续进入队列的包的数量  $count$  有关.随着  $count$  的增加,下一个包被丢弃的可能性也在缓慢增加.这主要是为了在到来的包之间均匀间隔地丢包,避免连续丢包,以消除对突发流的偏见和产生全局同步现象。

自适应 ARED 算法提出了一种自动配置机制,根据流量的变化来配置参数  $\max_p$ .ARED 的基本思想就是通过检查平均队长来决定 RED 是应更激进还是更保守,从而尽量保持平均队长在  $\min_{th}$  和  $\max_{th}$  之间.具体地说,如果平均队长是在  $\min_{th}$  附近振荡,说明拥塞控制太激进了,那么就减小  $\max_p$ ,  $\max_p = \max_p / \alpha$ ;如果在  $\max_{th}$  附近振荡,说明拥塞控制太保守了,那么就增大  $\max_p$ ,  $\max_p = \max_p * \beta$ ,其中  $\beta > \alpha > 1$ .ARED 是对 RED 改动很小的一种算法,它保留了 RED 的基本结构,只需调节参数  $\max_p$ ,从而保持平均队长在  $\min_{th}$  和  $\max_{th}$  之间,消除了 RED 的队列延时问题和参数敏感性问题。

## 4 结束语

本文提出的带有进出优先级的 RED 改进算法也是对传统 RED 算法的一种改进算法,其首先考虑了进出对列的分组对于平均队列长度的影响并且设定了优先级,降低了分组丢失率,能够适应网络的各种负载的变化,并适时调整各参数的变化,减少了在拥塞发生时不必要的丢失数据,优化了网络的进程,提高了系统的利用率,从而提高了整个系统的吞吐量.此算法不仅考虑分组到达时对平均队列长度的影响,还考虑分组的离去对平均队列长度的影响, $\max_p$  可以随网络负载的变化而动态的变化,因此该算法能更准确反映网络的拥塞程度。

## 参考文献

- [1] Altintas O. Uregncy-based round robin;a new scheduling discipline for packet switching networks[J]. IEEE Globecom,1997,2 (1):1 119-1 183.
- [2] Goyal P, Vin H M,Cheng H. Start-time fair queueing;a scheduling algorithm for integrated services packet switched networks[J]. IEEE Trans on Networking,1997,5:690-740.
- [3] Parekh A K,Gallager R G. A generalized processor sharing approach to flow in integrated services; the sing-node case[J]. IEEE/ ACM Trans Network,1993,1(3):344-357.
- [4] Jacobson V. Cngestion avoidance and control[J]. ACM Computer Communications Review,1998,18(4):314-329.
- [5] Armitage G, 隆克平等译. IP 网路服务质量[M]. 北京:机械工业出版社,2001.
- [6] Zhang H, Ferrari D. Rate-controlled service disciplines[J]. Journal of High Speed Networks,1995,3(4): 389-412.
- [7] Feng W, Kandlur D, Saha D, et al. A self configuring RED gateway[J]. IEEE INFOCOM,1999,(3):1 320-1 328.
- [8] Floyd S, Gummadi R, Shenker S. Adaptive RED: an algorithm for increasing the robustness of RED's active queue management [Z], 2001.

- [9] 王重钢, 隆克平. 分组交换网络中队列调度算法的研究及展望[J]. 电子学报, 2001, 29(4): 553-559.
- [10] 王宏宇, 顾冠群. 集成服务网络中的分组调度算法的研究综述[J]. 计算机学报, 1999, 22(10): 37-42.
- [11] Shreedhar M, Varghese G. Efficient fair queueing using deficit round-robin[J]. IEEE Transactions on Networking, 1996, 4(3): 375-385.
- [12] Ott T J, Lakshman T V, Wong L H. SRED: stabilized RED[J]. IEEE INFOCOM, 1999, (3): 1 346-1 355.

## A ALGORITHM WITH PRIORITY IMPROVED ON RED

ZHU Guo-hui

(Department of Communications Engineering, Xi'an Institute of Posts and Telecommunications, Xi'an 710061, China)

**Abstract:** With various multimedia applications advanced in the Internet, the frequent occurrence of congestion has led many researchers to re-examine the issue of congestion control. This article mainly studies the row cushion management algorithm and the congestion control mechanism. In the article we have made the introduction to the existing several kind of cushions management algorithm and the grouping dispatch algorithm, analyzed its merit and demerit. Analyzed one kind of new processing in this foundation to be many to the row cushion management algorithm, had the turnover priority the RED improvement algorithm, it optimized the network advancement to raise the system use factor. Thus it enhanced the overall system volume of goods handled and the working efficiency.

**Key words:** cushion management; RED; algorithm; QoS

~~~~~  
(上接第 145 页)

## SIMULATION OF THE KINETICS OF AGGREGATION-PARTIAL ANNIHILATION PROCESSES ON COMPLEX NETWORKS

ZHU Biao, CHEN Xiao-ting, SHEN Wei-wei

(College of Physics and Electronic Information Engineering, Wenzhou University, Wenzhou 325035, China)

**Abstract:** Kinetics of aggregation-partial annihilation processes on complex networks is investigated by Monte Carlo simulation. In the system, when two clusters of the same kinds meet at the same node, they will aggregate and form a large one; while, if two clusters of different kinds meet at the same node, they will annihilate each other even eliminate completely. Simulation results show that, (1) The concentration of clusters  $c(t)$  and the concentration of particles  $g(t)$  follow power laws on the two dimension ring regular network at large times,  $c(t) \sim t^{-\alpha}$  and  $g(t) \sim t^{-\beta}$ ; It is found that the relation between the exponents  $\alpha$  and  $\beta$  satisfy  $\alpha = 2\beta$ . (2) For the NW network, when the value of  $p$  (a parameter that quantifies the number of shortcuts) is small enough or large, the concentration of clusters  $c(t)$  and the concentration of particles  $g(t)$  approach power laws at large times,  $c(t) \sim t^{-\alpha}$  and  $g(t) \sim t^{-\beta}$ ; Also the relation between the exponents  $\alpha$  and  $\beta$  is found to satisfy  $\alpha = 2\beta$ . While, if  $p$  is of medium value, the concentration of clusters and the concentration of particles don't take the power laws exactly.

**Key words:** complex network; regular network; small-world network; aggregation-annihilation; Monte Carlo simulation

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0151-04

# 基于 VSM 的潜在语义索引

王 瑛

(闽江学院教务处, 福建 福州 350108)

**摘 要:**传统向量空间模型信息检索技术,只是统计关键词在文档中出现的频度,检索结果不能反映出文档的相关性.为了解决关键词检索时潜在语义的挖掘问题,提出了一种基于向量空间模型的潜在语义索引的改进算法.对比实验证明,该算法能够有效提高检索查准率.

**关键词:**向量空间模型;潜在语义索引;信息检索

**中图法分类号:**TP274+.2;TP391

**文献标识码:**A

## 0 前 言

现在主流搜索引擎,如 Google、百度等采用的都是存典型的搜索引擎排序技术,主要采用超链分析排序技术. Web 检索采用的是基于布尔模型(Boolean Model)的关键词的检索技术,采用“and”、“or”、“not”等布尔关系来组合各个关键词进行检索,然后对检索结果文档进行倒排序.这样很容易产生由于关键词的机械字符匹配和一词多义问题很容易造成漏检和错检,检索的查全率和查准率比较低,造成的后果是检索结果往往不是检索者的本意.

例如:在多义词检索时,输入检索内容为“苹果”,输出的检索结果可能是“苹果”牌的电脑,也可能是“苹果”这种水果的介绍,甚至可能是“苹果”这部电影的宣传资料.再例如在同义词检索时,输入内容为“微机”,输入检索内容有“微机原理”这门课程的介绍,有“微机”考试的介绍,搜索引擎是不理解检索者对“微机”、“计算机”、“个人电脑”、“个人计算机”等词汇是同一个潜在含义的不同表示方式,而检索者个人的习惯输入方式是各不相同的,这也就造成了检索结果的多样性和不确定性.同时关键词的语义蕴涵扩展性也十分机械,不能达到检索词的相关语义扩展,如查询“研究生”这个关键词时,“硕士研究生”、“博士研究生”、甚至“Graduate”这个外文词汇都应该是这个关键词的蕴涵检索内容.

由于布尔模型的不足,现在发展出向量空间模型(Vector Space Model, VSM)<sup>[1]</sup>、概率模型(Probabilistic Model)<sup>[2]</sup>、潜在语义索引(LSI) (Latent Semantic Indexing)<sup>[3]</sup>等.其中潜在语义索引(LSI)是近年来比较有效的一种智能型的信息检索模式,它可以解决基于关键词检索中遇到的同义词和多义词的问题.

## 1 信息检索方法

### 1.1 潜在语义索引

潜在语义索引最初是一种知识的自动提取和表示的方法,近年来广泛地应用到文本检索中,LSI 模型的优点是克服了 VSM 模型不考虑词间依赖关系的缺点,一定程度上解决了一词多义的问题,将原始的向量空间转化为体现特征项之间潜在语义关系的语义空间,查询内容在语义空间上进行表示和比较,使得孤立的关键词包含了一定的语义关系,从而达到自然语言层面的检索.但 LSI 模型也有不足,它需要通过奇异值分解(Singular Valued Decomposition, SVD)来模拟关键词与文献之间的关系,其算法比较耗时,特别

\* 收稿日期:2010-08-27

作者简介:王 瑛(1977—),女,黑龙江省齐齐哈尔市人,实验师,在读硕士生,研究方向:计算机应用

是当原始的文本—特征矩阵维数比较大时,计算量和存储空间更大,另外由于该方法的本质只是数据在几何空间上的变换,只是自然语句单词的汇总,和自然语言的整句语义所表达的信息还有一定的差别,并没有包含整个自然语句中更深层次的语义关联信息.针对这些问题,本文提出了一种基于向量空间模型的潜在语义索引的改进算法.

## 1.2 向量空间模型

基于向量空间模型的检索基本工作原理如下:

将 Web 页面文档所具有的各个特征项作为文档表示的坐标,以向量形式把文档表示为多维空间中的一个点,向量空间由一组线性无关的基本向量组成,并以特定的方式为每个特征项赋予不同的权重系数,向量维数与向量空间维数一致,并可以通过向量空间进行描述,这样就将 Web 页面文档用空间中的一个特征向量来进行描述.

数学模型描述如下<sup>[4,5]</sup>:

定义 1 文档  $D$  (Document) 为 Web 页面上的一个文档或一个文档的片段,或者为一个数据库中的全部字段信息.

定义 2 特征  $t$  (Term) 为文档中能够代表文档属性的信息的基本评议单位,可以是字、词等,也就是检索中的关键词,文档  $D$  可以表示成为  $D(t_1, t_2, \dots, t_n)$ , 其中  $n$  为检索关键词的数量,  $t$  为特征项. 在 Web 页面进行检索时,每一个向量对应一个 URL.

定义 3 特征项权重  $W$  (Weight) 为特征项  $t_n$  能够代表文档  $D$  能力的大小,体现了特征项  $t$  在文档  $D$  中的重要程度. 在检索查询过程中,用户输入检索的关键词表达式,对输入表达式进行特征项分析,赋予每一个特征项不同的权重  $W$ ,当检索查询内容匹配时,给予  $D$  对应的特征项  $t$  的权重  $W$  值为 1,否则给予权重  $W$  值为 0.

定义 4 相似度  $S$  (Similarity) 为文档  $D$  与其它文档内容相关程度的多少,使用特征向量来表示时,可以使用向量文档  $D$  之间的距离来衡量,用内积或夹角  $\theta$  的余弦值来衡量. 夹角  $\theta$  越小说明相似度  $S$  越高,否则相似度  $S$  越小,通过计算每个文档向量与查询向量的相似度,将排序结果与设立的阈值进行比较,取大于阈值的 Web 页面进行倒排序,即可输出最终的 Web 页面检索结果,如图 1 所示.

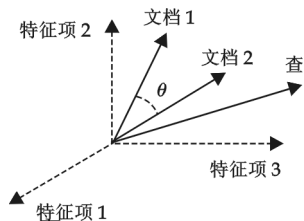


图 1 文档向量空间及相似度计算

## 2 改进的算法

### 2.1 算法描述

基于向量空间模型在潜在语义索引,其主要思想是对文档向量空间进行降维,即使用一个超平面将两类文档的数据点正确分开,且两类数据点与分类面距离最远<sup>[6]</sup>.

其算法描述如下:

任意一个的检索关键词的语句表达式集合:

$$(x_k, y_k) \quad k=1, 2, \dots, N, x_k \in R^n, y_k \in R$$

其中  $x_k$  为输入值,  $y_k$  为映射点. 利用高维特征空间中的线性函数可以将特征空间表示为:

$$y(x) = w^T \varphi(x) + b$$

其中非线性映射  $\varphi(x)$  将输入向量映射成一个高维特征空间,  $b$  为其偏离值,  $w$  为特征空间同一方向的加权向量.

函数估值时考虑最优化问题为:  $\min_{w, e} J(w, e) = \frac{1}{2} w^T w + \frac{1}{2} \gamma \sum_{k=1}^N e_k^2$ , 约束条件为:  $y_k = w^T \varphi(x) + b + e_k$ ,  $k=1, \dots, N$  (其中  $\gamma$  为正规化参数), 得到拉格朗日函数 (Lagrange) 可以描述为:

$$L(w, b, e, a) = J(w, e) - \sum_{k=1}^l a_k \{w^T \varphi(x_k) + b + e_k - y_k\}$$

( $a_k, S$  为拉格朗日函数的乘数, 顶点可以通过设偏导数为零求得)

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial w} = 0 &\rightarrow w = \sum_{k=1}^N a_k \varphi(x_k) & \frac{\partial L}{\partial b} = 0 &\rightarrow \sum_{k=1}^N a_k = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial e_k} = 0 &\rightarrow a_k = \gamma e_k & \frac{\partial L}{\partial a_k} = 0 &\rightarrow w^T \varphi(x_k) + b + e_k - y_k = 0 \end{aligned} \quad k=1, \dots, N.$$

根据 Karush-Kuhn-Tucker(KKT)必要性条件可以消除  $e_k$  和  $w$  得到以下线性方程组:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1^T \\ 1 & \Omega + \gamma^{-1} I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ y \end{bmatrix}$$

其中  $y=[y_1, \dots, y_N], a=[a_1, \dots, a_N], \Omega_{kl} = \varphi(x_k)^T \varphi(x_l) \quad k, l=1, \dots, N$ . 得到一个映射和延伸式:

$k(x, y) = \sum_i \varphi_i(x) \varphi_i(y), x, y \in R^n$ , 从而得到向量空间的函数估值, 即向量空间模型的输出为:  $y(x) =$

$\sum_{k=1}^l a_k k(x, x_k) + b$ , 其中  $a, b$  为线性方程组的结果.

在这里因为使用了核函数, 高斯核函数变换为  $K(x') = \exp(-\|x - x'\|^2 / 2\sigma^2)$ .

$\begin{bmatrix} 0 & e^1 \\ e^1 & Q + C^{-1} I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ y \end{bmatrix}$  方程组的线性特征说明, 该算法将检索问题归结为一个线性方程组的求解

问题, 一个向量空间是由一组线性无关的基本向量组成, 向量维数与向量空间维数一致, 并可以通过向量空间进行描述, 把不等式约束改成等式约束, 并把经验风险由偏差的一次方改为二次方, 从而达到降维的目的.

## 2.2 算法验证

对于检索关键词来说, 检索集  $\{(x_k, y_k)\}_{k=1}^t (t \text{ 为一个自然数})$  随着  $t$  的递进而变化, 一个关键词加入组合, 必然会改变各关键词间的权重关系.

当使用  $N$  个向量数据来建立模型时, 首先令:

$$A_N = \begin{bmatrix} 0 & 1^T \\ 1 & \Omega + \gamma^{-1} I \end{bmatrix}, a_N = \begin{bmatrix} b \\ a \end{bmatrix}, Y_N = \begin{bmatrix} 0 \\ y \end{bmatrix}$$

则根据 KKT 条件消除  $e_k$  和  $w$  后得到的线性方程组:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1^T \\ 1 & \Omega + \gamma^{-1} I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ y \end{bmatrix}$$

可以表示成:  $A_N = Y_N \Rightarrow a_N = A_N^{-1} Y_N$ , 当新的数据样本  $(x_{k+1}, y_{k+1})$  不断加入计算时则有:

$$a_{N+1} = A_{N+1}^{-1} Y_{N+1}$$

其中  $A_{N+1} = \begin{bmatrix} A_N & b_1 \\ b_2 & c \end{bmatrix}, b_1 = [K_{1,N+1} \ K_{2,N+1}, \dots, K_{N,N+1}]^T, b_2 = b_1^T, c = K_{N+1,N+1}, Y_{N+1} = \begin{bmatrix} Y_N \\ y_{N+1} \end{bmatrix}$ .

可以得到如下推论:

如果对于  $A_{N+1} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix}, A_{11}^{-1}, A_{22}^{-1}$  存在, 并且

$$A'_{11} = [A_{11} - A_{12} A_{22}^{-1} A_{21}], A'_{12} = A_{11}^{-1} A_{12} [A_{21} A_{22}^{-1} A_{12} - A_{22} 2],$$

$$A'_{21} = (A_{21} A_{11}^{-1} A_{12})^{-1}, A'_{22} = [A_{22} - A_{21} A_{11}^{-1} A_{12}]^{-1}$$

则公式  $A^{-1} = \begin{bmatrix} A'_{11} & A'_{12} \\ A'_{21} & A'_{22} \end{bmatrix}$  成立.

## 2.3 检索步骤

基于向量空间模型的潜在语义索引主要步骤如下:

步骤 1 建立文档关键词的向量矩阵, 并对其进行归一化, 利用高维特征空间中的线性函数可以将特



征空间进行表示；

步骤 2 对文档关键词向量矩阵进行奇异值分解,并将用户查询向量投影到变换后的文档向量矩阵空间中;使用低维的关键词文档向量替代原有的关键词的文档向量,以处理大规模文档集,提高信息检索的精确度和效率.

步骤 3 根据某种向量间的相似性度  $S$  量(向量距离公式或向量夹角  $\theta$  的余弦公式),查找和用户查询最相似的文档集合,即夹角  $\theta$  值最小的文档集,并按相似度取大于阈值的 Web 页面进行倒排序<sup>[7]</sup>.

步骤 4 根据用户对查询结果的关注程度,挑选出用户所关注的关键词集,并根据该关键词集的内容进行语义扩展,找出用户潜在的语义信息集,重新构造查询,查找和新查询最相似的文档,这一过程可以循环进行下去,直到用户满意为止.

3 实验结果

使用 MATLAB 进行验证计算,对一个有 10 000 篇文档的小规模网络数据库进行测试,数据库容量约为 10 MB,系统运行硬件环境为 Pentium(R)4 CPU 3.00 GHz,内存为 1 G;软件环境为 Microsoft Windows XP(Service Pack 3).经过检索实验,产生的查询文件约 2 MB,整个计算过程耗时 5 min 左右.

表 1 对比实验结果

|                 | 查全率   |        | 查准率    |        |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|
|                 | 非限定输入 | 限定输入   | 非限定输入  | 限定输入   |
| 基于传统关键词检索       | 100%  | 95.50% | 7.89%  | 43.54% |
| 基于向量空间模型的潜在语义索引 | 100%  | 90.12  | 10.55% | 54.77% |

对比传统的关键词查询,该算法查准率在不限定输入的情况下,检索结果只有 10%左右,在限定输入的情况下也只能达到目的 55%左右;查全率在两种情况下都可以达到 90%以上.该实验结果比传统的关键词查询的查准率有所提高,查全率基

本相当.

4 结束语

基于向量空间模型的潜在语义索引技术与传统的检索技术相比,在实际应用中具有一定的优越性,它反映的不再是词的简单出现频度和分布关系,而是强化的语义关系,本文提出了该技术的一种算法关键技术,但由于在查询语句的自然语言语句包括有一些虚词(不包括内容含义的词),或者在分割单词时出现的错误,部分影响了检索的查准率,还不能完全解决潜在语义的检索问题,因此今后应在如何提高查准率上进行更深入的研究,以解决潜在语义索引的实际效果问题.

参 考 文 献

[1] Salton G, Wang A, Yang C S A. Vector space model for information retrieve[J]. Journal of the American Society for Information Science, 1975,18(11):613-620.

[2] 陶 蕾. 一种智能型的信息检索方法:隐含语义索引法[J]. 情报理论与实践,2004,27(3):308-309.

[3] 盖 杰. 基于潜在语义分析的信息检索[J]. 计算机工程,2004,30(1):58-60.

[4] 朱华宇,孙正兴,孙福炎. 一个基于向量空间模型的中文文本自动分类系统[J]. 计算机工程,2001,27(2):15-17.

[5] 张元馨,赵仲孟,沈钧毅. 一种基于空间模型的个性化搜索引擎研究[J]. 微电子学与计算机,2003,(11):52-55.

[6] 戚 涌,徐永红,刘凤玉. 基于潜在语义标引的 WEB 文档自动分类[J]. 计算机工程与应用,2004,40(22):28-31.

[7] 周 文,龚礼明,蒋 岚. 隐含语义检索及中文样本分析实例[J]. 计算机应用,2004,24(1):273-276.

(下转第 158 页)



\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0155-04

# 具非局部源抛物方程组解的整体存在与爆破

王文海<sup>1</sup>, 袁 剑<sup>2</sup>

(1. 西安工业大学数理系, 陕西 西安 710032; 2. 西安音乐学院基础部, 陕西 西安 710061)

**摘 要:** 研究了一类带有齐次 Dirichlet 边界条件, 反应项为非局部源项的退化抛物方程组解的性质. 运用比较定理和构造上、下解方法, 给出了该问题解的整体存在和在有限时刻爆破的充分条件, 由此得到当反应项和扩散项的指数满足不同条件时方程组的解所具有的不同性质.

**关键词:** 抛物方程组; 非局部源项; 整体存在; 爆破

**中图法分类号:** O175.26

**文献标识码:** A

## 0 前 言

本文研究下列一类具非局部源的退化抛物方程组解的整体存在性与爆破:

$$\begin{cases} u_t = \Delta u^m + \int_{\Omega} u^{\alpha} \cdot v^{\beta} dx, & (x, t) \in \Omega \times (0, T); \\ v_t = \Delta v^n + \int_{\Omega} u^q \cdot v^{\beta} dx, & (x, t) \in \Omega \times (0, T); \\ u(x, t) = v(x, t) = 0, & (x, t) \in \partial\Omega \times (0, T); \\ u(x, 0) = u_0(x), v(x, 0) = v_0(x), x \in \Omega. \end{cases} \quad (1)$$

其中  $\Omega \subset R^N$  具有光滑边界的有界区域,  $m, n > 1$ ,  $\alpha, \beta \geq 0$ ,  $p, q > 0$ . 初值  $u_0(x), v_0(x) \in C^{2+\alpha}(\bar{\Omega})$ , ( $0 < \alpha < 1$ ) 非负, 且在边界上满足相容条件.

问题(1)可以用来描述化学反应中反应物的反应变化情况, 或两种混合固体燃烧的热传导问题, 其中  $u, v$  分别代表两种燃料的温度. 近年来, 许多学者对抛物方程组中反应项为非局部源的问题进行了大量的研究, 参见[1-5]. 文献[1]考虑如下齐次 Dirichlet 问题:

$$u_t - \Delta u = \int_{\Omega} f(u) dx \quad (2)$$

并得到: 若  $f(x)$  是凸的,  $f'(x) \geq 0$  且  $\int_0^{\infty} 1/f(x) dx < +\infty$ , 则当初值充分大时, 问题(2)的解在有限时刻爆破. 文献[4]研究了

$$u_t = \Delta u + \int_{\Omega} u^m \cdot v^n dx, v_t = \Delta v + \int_{\Omega} u^p \cdot v^q dx \quad (3)$$

的齐次 Dirichlet 问题, 讨论了整体解和 blow-up 解, 并给出解的 blow-up 模式.

另一方面, 文献[5]研究了具有齐次 Dirichlet 的反应扩散方程组:

$$u_t - \Delta u^m = u^{\alpha} v^{\beta}, v_t - \Delta v^n = u^q v^{\beta} \quad (4)$$

且证明了: (i) 当  $m > \alpha, n > \beta$  且  $p q < (m - \alpha)(n - \beta)$  时, 问题(4)的所有非负解整体存在; (ii) 如果  $m < \alpha$  或

\* 收稿日期: 2010-08-10

作者简介: 王文海(1976—), 男, 陕西省大荔县人, 助教, 硕士, 研究方向: 偏微分方程及应用

$n < \beta$  或  $pq > (m - \alpha)(n - \beta)$  成立, 则问题(4)存在整体解和爆破解.

基于以上工作, 我们考虑问题(1), 得到(1)的解的整体存在与爆破的充分条件.

## 1 预备知识

定义 如果  $(\underline{u}(x, t), \underline{v}(x, t)) \in C(\bar{\Omega} \times (0, T)) \cap C^{2,1}(\Omega \times (0, T))$ , 且满足

$$\begin{cases} \underline{u}_t \leq \Delta \underline{u}^m + \int_{\Omega} \underline{u}^a \cdot \underline{v}^b dx, & (x, t) \in \Omega \times (0, T); \\ \underline{v}_t \leq \Delta \underline{v}^n + \int_{\Omega} \underline{u}^q \cdot \underline{v}^b dx, & (x, t) \in \Omega \times (0, T); \\ \underline{u}(x, t) \leq 0, \underline{v}(x, t) \leq 0, & (x, t) \in \partial\Omega \times (0, T); \\ \underline{u}(x, 0) \leq u_0(x), \underline{v}(x, 0) \leq v_0(x), & x \in \Omega. \end{cases}$$

则称  $(\underline{u}, \underline{v})$  是问题(1)的下解. 改变不等号的方向, 类似可以定义上解.

引理 1 设  $(u, v)$  是问题(1)的一个解, 若  $(\bar{u}, \bar{v})$  和  $(\underline{u}, \underline{v})$  分别是问题(1)定义在  $\bar{\Omega} \times (0, T)$  上的一个上解和下解, 则  $(\underline{u}, \underline{v}) \leq (u, v) \leq (\bar{u}, \bar{v})$ .

证明类似于文献[5]对局部问题的处理, 此处从略.

## 2 解的整体存在

引理 2 令  $\varphi(x)$  是下面问题的解:

$$-\Delta \varphi = 1, x \in \Omega; \varphi(x) = 0, x \in \partial\Omega \quad (5)$$

则存在  $C > 0$ , 使得  $0 \leq \varphi(x) \leq C$ .

引理 3 函数  $\varphi(x)$  由(5)定义, 假设存在  $a, b$  使得对某个  $\delta > 0$ , 下面不等式成立:

$$a^{m-a} \geq b^b \int_{\Omega} (\delta + \varphi)^{\frac{a}{m} + \frac{b}{n}} dx, b^{n-\beta} \geq a^q \int_{\Omega} (\delta + \varphi)^{\frac{q}{m} + \frac{\beta}{n}} dx, a\varphi^{\frac{1}{m}} \geq u_0(x), b\varphi^{\frac{1}{n}} \geq v_0(x) \quad (6)$$

则问题(1)的解整体存在.

证明: 令  $\bar{u} = a(\delta + \varphi)^{\frac{1}{m_1}}, \bar{v} = b(\delta + \varphi)^{\frac{1}{m_2}}$ , 则有

$$\begin{aligned} \bar{u}_t - \Delta \bar{u}^m - \int_{\Omega} \bar{u}^a \cdot \bar{v}^b dx &= a^m - \int_{\Omega} a^a (\delta + \varphi)^{\frac{a}{m}} \cdot b^b (\delta + \varphi)^{\frac{b}{n}} dx \geq 0 \\ \bar{v}_t - \Delta \bar{v}^n - \int_{\Omega} \bar{u}^q \cdot \bar{v}^b dx &= b^n - \int_{\Omega} a^q (\delta + \varphi)^{\frac{q}{m}} \cdot b^b (\delta + \varphi)^{\frac{\beta}{n}} dx \geq 0 \end{aligned}$$

结合(6)的后两个式子, 可知  $(\bar{u}, \bar{v})$  是问题(1)的上解. 又  $(0, 0)$  是问题(1)的下解, 所以问题(1)的解整体存在.

定理 1 如果  $m > \alpha, n > \beta$  且  $pq < (m - \alpha)(n - \beta)$ , 则问题(1)的所有非负解整体存在.

证明: 如果能找到 2 个正数  $a, b$  使得(6)成立, 再由引理 3 即可得结论. 取  $K = \sup_{x \in \Omega} [\delta + \varphi(x)], C_1 =$

$K^{\frac{a}{m} + \frac{b}{n}} \cdot |\Omega|, C_2 = K^{\frac{q}{m} + \frac{\beta}{n}} \cdot |\Omega|$ , 只要下面不等式成立

$$a^{m-a} \geq b^b \cdot C_1, b^{n-\beta} \geq a^q \cdot C_2$$

就可以保证(6)式的前两个式子成立.

令  $b = a^{\frac{m-a}{p}} C_1^{-\frac{1}{p}}$ , 则有  $a^{m-a} = b^b C_1$ , 于是可以得到关于  $a$  的不等式

$$(a^{\frac{m-a}{p}} C_1^{-\frac{1}{p}})^{n-\beta} \geq a^q C_2, \text{ 即 } a^{\frac{(m-a)(n-\beta)}{p}} \geq C_1^{\frac{n-\beta}{p}} C_2$$

由已知  $pq < (m - \alpha)(n - \beta)$ , 故只要选取  $a$  充分大, 即可使上述不等式成立. 又  $\bar{u}(x, t) \geq 0, \bar{v}(x, t) \geq 0, (x, t) \in \partial\Omega \times (0, T)$ . 同时, 当  $a, b$  充分大时,  $\bar{u}(x, 0) \geq u_0(x), \bar{v}(x, 0) \geq v_0(x), x \in \Omega$  成立, 所以定理 1 成立.

3 解的爆破

引理 4 设  $\theta > \gamma > 1, k, l > 0, h(t)$  是问题  $h'(t) = -kh^\gamma(t) + lh^\theta(t), t > 0; h(0) = h_0 > 0$  的解, 则当  $h_0$  充分大时,  $h(t)$  在有限时刻爆破.

证明: 取  $h_0$  充分大, 使得  $l - kh_0^{\gamma-\theta} > \frac{1}{2}l$ , 则有

$$h'(t) = -kh^\gamma(t) + lh^\theta(t) = h^\theta(t)[l - kh^{\gamma-\theta}(t)] > \frac{1}{2}lh^\theta(t)$$

在  $[0, t]$  上积分可得  $h^{\theta-1}(t) > \frac{1}{h_0^{1-\theta} - \frac{1}{2}(\theta-1)lt}$ , 即  $h(t)$  在有限时刻爆破.

引理 5 如果  $\gamma_2 > \gamma_1 > 1, \theta_2 > \theta_1 > 1$ , 则存在如引理 4 中的  $h(t)$  满足

$$h'(t) \leq -kh^{\gamma_1}(t) + lh^{\gamma_2}(t), h'(t) \leq -kh^{\theta_1}(t) + lh^{\theta_2}(t). \tag{7}$$

证明: (i) 若  $\gamma_2 > \theta_2$ , 令  $h(t)$  满足  $h'(t) = -kh^{\theta_1}(t) + lh^{\theta_2}(t), h(0) = h_0 > 0$ , 则 (7) 式第二个式子成立, 要使得 (7) 式第一个式子成立, 只需

$$-kh^{\theta_1}(t) + lh^{\theta_2}(t) \leq -kh^{\gamma_1}(t) + lh^{\gamma_2}(t)$$

即 
$$k[h^{\gamma_1}(t) - h^{\theta_1}(t)] \leq l[h^{\gamma_2}(t) - h^{\theta_2}(t)]$$

由引理 4, 取  $h_0$  充分大, 上式便成立.

(ii) 若  $\gamma_2 = \theta_2$ , 令  $\lambda = \max\{\gamma_1, \theta_1\}, h(t)$  满足  $h'(t) = -kh^\lambda(t) + lh^{\gamma_2}(t), t > 0; h(0) = h_0 > 0$  即可.

(iii) 若  $\gamma_2 < \theta_2$ , 类似 (i) 可得证.

定理 2 如果  $pq > (m-\alpha)(n-\beta)$ , 则当初值  $u_0(x), v_0(x)$  充分大时, 问题 (1) 的解在有限时刻爆破.

证明: 由  $pq > (m-\alpha)(n-\beta)$ , 知存在常数  $l_1, l_2 > 1$  使得

$$\frac{m-\alpha}{p} < \frac{l_2}{l_1}, \frac{n-\beta}{q} < \frac{l_1}{l_2}, \text{ 且 } (m-1)l_1 - 1 \geq 0, (n-1)l_2 - 1 \geq 0.$$

设  $\varphi(x)$  是 (5) 的解, 令  $\underline{u}(x, t) = h^{l_1}(t)\varphi^{l_1}(x), \underline{v}(x, t) = h^{l_2}(t)\varphi^{l_2}(x), h(t)$  待定, 记

$$k = \max\{mC^{(m-1)l_1-1}, nC^{(n-1)l_2-1}\}, l = \min\{\frac{1}{l_1C^{l_1}}\int_{\Omega}\varphi^{q l_1 + p l_2}(x)dx, \frac{1}{l_2C^{l_2}}\int_{\Omega}\varphi^{q l_1 + \beta l_2}(x)dx\}$$

则有

$$\begin{aligned} \underline{u}_t - \Delta \underline{u}^m - \int_{\Omega} \underline{u}^a \cdot \underline{v}^p dx &\leq l_1 h^{l_1-1}(t) \varphi^{l_1}(x) [h'(t) + k h^{(m-1)l_1+1}(t) - l h^{(a-1)l_1 + p l_2 + 1}(t)] \\ \underline{v}_t - \Delta \underline{v}^n - \int_{\Omega} \underline{u}^q \cdot \underline{v}^{\beta} dx &\leq l_2 h^{l_2-1}(t) \varphi^{l_2}(x) [h'(t) + k h^{(n-1)l_2+1}(t) - l h^{q l_1 + (\beta-1)l_2 + 1}(t)] \end{aligned}$$

注意到  $(a-1)l_1 + p l_2 + 1 > (m-1)l_1 + 1 > 0, q l_1 + (\beta-1)l_2 + 1 > (n-1)l_2 + 1 > 0$ , 由引理 5 知存在满足引理 4 的  $h(t)$  使得

$$h'(t) \leq -k h^{(m-1)l_1+1}(t) + l h^{(a-1)l_1 + p l_2 + 1}(t), h'(t) \leq -k h^{(n-1)l_2+1}(t) + l h^{q l_1 + (\beta-1)l_2 + 1}(t)$$

所以  $\underline{u}_t \leq \Delta \underline{u}^m + \int_{\Omega} \underline{u}^a \cdot \underline{v}^p dx, \underline{v}_t \leq \Delta \underline{v}^n + \int_{\Omega} \underline{u}^q \cdot \underline{v}^{\beta} dx$ . 当初值  $u_0(x), v_0(x)$  充分大时, 有

$$\underline{u}(x, 0) = h_0^{l_1} \varphi^{l_1}(x) \leq u_0(x), \underline{v}(x, 0) = h_0^{l_2} \varphi^{l_2}(x) \leq v_0(x), x \in \Omega$$

又由  $\varphi(x) = 0, x \in \partial\Omega$ , 有  $\underline{u}(x, t) = 0, \underline{v}(x, t) = 0, (x, t) \in \partial\Omega \times (0, T)$ , 所以  $(\underline{u}, \underline{v})$  是问题 (1) 的下解, 而  $h(t)$  在有限时刻爆破, 故问题 (1) 的解在有限时刻爆破.

参 考 文 献

[1] Chadam J M, Pierce A, Yin Hong-ming. The blow-up property of the solution to some diffusion with localized nonlinear reactions

- [J]. J Math Ann Appl. ,1992,169:313-328.
- [2] Souplet P. Blow up in nonlocal reaction diffusion equations[J]. SIAM J Math Anal. ,1998,29: 1 301-1 334.
- [3] Souplet P. Uniform blow-up profiles and boundary behavior for diffusion with nonlocal nonlinear source[J]. J Diff Equation,1999, 153:374-406.
- [4] Li Fu-cai, Huang Shu-xiang, Xie Chun-hong. Global existence and blow-up of solution to a nonlocal reaction diffusion system[J]. Discrete Contin Dynam Systems,2003,9,1 519-1 532.
- [5] Deng Wei-bing. Global existence and finite time blow-up for a degenerate reaction-diffusion system[J]. Nonlinear Anal. ,2005,60: 977-991.

## GLOBAL EXISTENCE AND BLOW UP OF SOLUTION TO A PARABOLIC SYSTEM WITH NONLOCAL SOURCES

WANG Wen-hai<sup>1</sup>, YUAN Jian<sup>2</sup>

(1. Department of Mathematic and Physics, Xi'an Technological University, Xi'an 710032, China; 2. Fundamental Courses Teaching Department, Xi'an Conservatory of Music, Xi'an 710061, China)

**Abstract:** In this paper, the properties of solutions to a degenerate parabolic system with nonlocal sources were considered, subject to null Dirichlet boundary conditions. Using comparison principle and the upper-lower solution method, the conditions for the global existence and the finite blow-up of solution to the system are established. The solution of system has different properties when the exponential satisfied different conditions.

**Key words:** parabolic system; nonlocal source; global existence; blow-up



(上接第 154 页)

## LATENT SEMANTIC INDEXING BASED ON VSM

WANG Ying

(Dean'S Office of Minjiang University, Fuzhou 350108, China)

**Abstract:** The traditional vector space model of information retrieval technology, just statistical key words in the document frequency, search results do not reflect the relevance of the document. In order to solve semantic keyword search when the problem of mining potential, a vector space model based on Latent Semantic Indexing improved algorithm, comparative experiments show that the algorithm can effectively improve the retrieval precision.

**Key words:** vector space model; latent semantic indexing; information retrieval

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0159-06

# 传输问题的一种数值解法

周 率, 王连堂, 段艳婷

(西北大学数学系, 陕西 西安 710069)

**摘 要:** 研究了一类传输散射问题的数学模型, 通过单层位势及其跳跃关系的运用把传输散射问题转化为了积分方程问题. 在给出了理论证明的基础上, 并给以数值算法及例子, 数值结果证明了该方法的可行性和精确性.

**关键词:** 边界积分方程; 传输问题; 单层位势; 远场模式

**中图法分类号:** O241.83

**文献标识码:** A

## 0 前 言

声波的逆散射理论是一个典型的数学物理反问题, 由于声波散射理论在雷达、声纳、地球物理勘探等领域内的广泛应用, 反散射理论及计算方法的研究有着广泛的应用前景. 古典声波散射理论两个基本问题, 一是时间调和声波在不可穿透的障碍散射问题, 另一个是时间调和声波在非均匀介质中的散射问题. 本文主要研究了一类传输问题的模型, 为了清楚地说明传输问题, 我们假设有界散射物体  $D$  位于同种均匀媒质中, 散射体的边界  $\partial D$  是  $C^2$  类的, 当入射波从均匀媒质进入到均匀有界散射物体  $D$  时, 声波将会发生散射, 这时可以把整体场  $u$  作为入射平面波  $u^i = e^{ik \cdot x d}$  (单位向量  $d$  是入射平面波的传播方向) 和散射场  $u^s$  的叠加, 即  $u = u^i + u^s$ . 当声波进入均匀散射物体时, 这时除了散射场  $u^s$ , 还应该传输场  $v(x)$ , 于是传输问题可以归纳如下<sup>[1-5]</sup>:

$$\Delta u + k^2 u = 0 \quad \text{in } R^2 \setminus \overline{D} \quad (1.1)$$

$$\Delta v + k_0^2 v = 0 \quad x \in D \quad (1.2)$$

$$u = v \quad \text{on } \partial D \quad (1.3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial \nu} = \lambda \frac{\partial v}{\partial \nu} \quad \text{on } \partial D \quad (1.4)$$

$\frac{\partial}{\partial \nu}$  代表法向导数, 表示阻尼系数, 散射场  $u^s$  满足 Sommerfeld 辐射条件, 即:

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \sqrt{r} \left\{ \frac{\partial u^s}{\partial r} - i k u^s \right\} = 0, \quad r = |x| \quad (1.5)$$

所研究的正问题就是要找到散射场  $u^s$ , 即求解偏微分方程组 (1.1~1.5), 由格林定理和 Sommerfeld 辐射条件可得到散射场  $u^s$  的表达式:

$$u^s(x) = \int_{\partial D} \left\{ u^s(y) \frac{\partial \Phi(x, y)}{\partial \nu(y)} - \frac{\partial u^s}{\partial \nu(y)} \Phi(x, y) \right\} ds(y) \quad (1.6)$$

其中  $\Phi(x, y)$  是当  $x \neq y$  时, 二维 Helmholtz 方程的基本解.

\* 收稿日期: 2010-06-04

作者简介: 周 率 (1983—), 女, 陕西省大荔县人, 在读硕士生, 研究方向: 数学物理方程及其反问题

## 1 理论证明:传输问题的存在性和唯一性

为了研究这类问题,把(1.1~1.6)写成以下形式

$$\Delta u^s + k^2 u^s = 0 \quad \text{in } R^2 \setminus \bar{D} \quad (2.1)$$

$$\Delta v + k_0^2 v = 0 \quad x \in D \quad (2.2)$$

$$u^s - v = f, f = -e^{ikx \cdot d} \quad \text{on } \partial D \quad (2.3)$$

$$\frac{\partial u^s}{\partial \nu} - \lambda \frac{\partial v}{\partial \nu} = g, g = -\frac{\partial e^{ikx \cdot d}}{\partial \nu} \quad \text{on } \partial D \quad (2.4)$$

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \sqrt{r} \left\{ \frac{\partial u^s}{\partial r} - iku^s \right\} = 0, r = |x| \quad (2.5)$$

引理<sup>[6]</sup>:假设  $u \in C^2(R^2 \setminus \bar{D}) \cap C(R^2 \setminus D)$  是方程  $\Delta u + k^2 u = 0$  的解,  $u$  满足 Sommerfeld 辐射条件,且  $u$  的远场模式  $u_\infty = 0$ , 则  $u(x) = 0, x \in C^2(R^2 \setminus \bar{D})$ .

定理 2.1<sup>[6]</sup>:假设  $u \in C^2(R^2 \setminus \bar{D}) \cap C(R^2 \setminus D)$  是方程  $\Delta u + k^2 u = 0, k > 0$  的解,  $u$  满足 Sommerfeld 辐射条件,且  $IM(k \int_{\partial D} u \frac{\partial \bar{u}}{\partial \nu} ds) \geq 0$ , 则  $u(x) = 0, x \in C^2(R^2 \setminus \bar{D})$ .

定理 2.2<sup>[3]</sup>: (唯一性) 如果传输问题有解, 则解唯一.

为了证明传输问题的存在性, 引进以下算子:

$$(S\varphi)(X) = 2 \int_{\partial D} \varphi(y) \Phi(x, y) ds(y) \quad x \in D \text{ 是单层位势算子 } S$$

$$(K'\varphi) = 2 \int_{\partial D} \varphi(y) \frac{\partial \Phi(x, y)}{\partial \nu(x)} ds(y) \quad x \in D \text{ 是单层位势的法向算子 } k'$$

定理 2.3: (存在性) 传输问题的解存在.

证: 利用单层位势构造传输问题(2.1~2.5)如下形式的一组解

$$u(x) = \int_{\partial D} \Phi(x, y) \varphi(y) ds(y) \quad x \in R^2 \setminus D \quad (2.6)$$

$$v(x) = \int_{\partial D} \Phi_0(x, y) \Psi(y) ds(y) \quad x \in D \quad (2.7)$$

$\Phi(x, y) = \frac{i}{4} H_0^{(1)}(k|x-y|)$  是  $\Delta u + k^2 u = 0$  的基本解.  $\Phi_0(x, y) = \frac{i}{4} H_0^{(1)}(k_0|x-y|)$  是  $\Delta u + k_0^2 u = 0$  的基本解, 把  $u(x), v(x)$  代入(2.3)边界条件, 得

$$\int_{\partial D} \Phi(x, y) \varphi(y) ds(y) - \int_{\partial D} \Phi_0(x, y) \Psi(y) ds(y) = -e^{ikx \cdot d} = f$$

对其做变化, 两边同乘以 2, 则有

$$S\varphi(x) - S_0\Psi(x) = -2u^i(x), \quad x \in \partial D \quad (2.8)$$

同样, 把  $u(x), v(x)$  代入(2.4) 边界条件, 运用单层位势的跳跃关系, 得

$$\int_{\partial D} \frac{\partial \Phi(x, y)}{\partial \nu(x)} \varphi(y) ds(y) - \frac{1}{2} \varphi(x) - \lambda \int_{\partial D} \frac{\partial \Phi_0(x, y)}{\partial \nu(x)} \Psi(y) ds(y) + \frac{1}{2} \Psi(x) = -\frac{\partial e^{ikx \cdot d}}{\partial \nu(x)} = g$$

$$\text{即} \quad (K' - 1)\varphi(x) + (1 - \lambda K_0')\Psi(x) = -2 \frac{\partial u^i(x)}{\partial \nu(x)} \quad (2.9)$$

$$\text{记} \quad C = \begin{pmatrix} S & -S_0 \\ K' - 1 & 1 - \lambda K_0' \end{pmatrix} \quad E = \begin{pmatrix} -2u^i(x) \\ -2 \frac{\partial u^i(x)}{\partial \nu(x)} \end{pmatrix} \quad X = \begin{pmatrix} \varphi(x) \\ \Psi(x) \end{pmatrix}$$

$$\text{则(2.8)和(2.9)可变为} \quad CX = E \quad (2.10)$$

因为  $S, S_0, K', K_0'$  为紧算子, 由 Fredholm 选择定理可知  $CX = E$  有解, 只要  $CX = 0$  有解即可. 即  $CX$

$=E$  有解,  $X = \begin{pmatrix} \varphi(X) \\ \Psi(x) \end{pmatrix} = 0$ , 那么 (2.10) 可解.

$CX=0$  等价于:

$$\begin{aligned} \Delta u + k^2 u &= 0 & \text{in } R^2 \setminus \overline{D} \\ \Delta v + k_0^2 v &= 0 & x \in \partial D \\ u - v &= 0 & \text{on } \partial D \\ \frac{\partial u}{\partial \nu} - \lambda \frac{\partial v}{\partial \nu} &= 0 & \text{on } \partial D \end{aligned}$$

由唯一性定理可知  $u(x)=0, x \in R^2 \setminus \overline{D}; v(x)=0, x \in D$ .

## 2 数值计算

现对积分方程 (2.8) 和 (2.9) 进行数值计算.

假定区域边界  $\partial D$  是解析的, 且有参数表示式:  $x(t) = (x_1(t), x_2(t))$ ,  $0 \leq t \leq 2\pi$ .  $t$  沿逆时针方向, 且对所有的  $0 \leq t \leq 2\pi$  有  $[x_1'(t)]^2 + [x_2'(t)]^2 > 0$ , 对 (2.8) 和 (2.9) 参数化后, 则有:

$$\int_0^{2\pi} M(t, \tau) \varphi(x(\tau)) d\tau - \int_0^{2\pi} M_0(t, \tau) \Psi(x(\tau)) d\tau = f(t) \quad (2.8')$$

$$\frac{1}{|x'(t)|} \int_0^{2\pi} H(t, \tau) \varphi(x(\tau)) d\tau - \frac{\lambda}{|x'(t)|} \int_0^{2\pi} H_0(t, \tau) \Psi(x(\tau)) d\tau + \Psi(x(t)) - \varphi(x(t)) = g(t) \quad (2.9')$$

其中:  $f(t) = -2u^i(x(t))$ ,  $g(t) = -2 \frac{\partial u^i(x(t))}{\partial \nu}$ .

当  $t \neq \tau$  时以上参数化方程的核为,

$$\begin{aligned} H(t, \tau) &= |x'(\tau)| L(t, \tau) \\ L(t, \tau) &= \frac{ik}{2} \left\{ x_2'(\tau) [x_2(t) - x_2(\tau)] - x_1'(\tau) [x_1(t) - x_1(\tau)] \right\} \frac{H_1^{(1)}(kr(t, \tau))}{r(t, \tau)} \\ M(t, \tau) &= \frac{i}{2} H_0^{(1)}(kr(t, \tau)) \left\{ [x_1'(\tau)]^2 + [x_2'(\tau)]^2 \right\}^{1/2} \end{aligned}$$

其中  $r(t, \tau) = \sqrt{(x_1(t) - x_1(\tau))^2 + (x_2(t) - x_2(\tau))^2}$ ,  $H_1^{(1)}$  和  $H_0^{(1)}$  分别表示一阶和零阶第一类 Hankel 函数,  $L^0(t, \tau)$ ,  $M^0(t, \tau)$  分别是把  $L(t, \tau)$ ,  $M(t, \tau)$  的  $k$  变为  $k_0$ .

由于核  $L, M$  在  $t = \tau$  处有奇性, 因而把核作如下处理, 令

$$M(t, \tau) = M_1(t, \tau) \ln(4 \sin^2 \frac{t - \tau}{2}) + M_2(t, \tau)$$

$$L(t, \tau) = L_1(t, \tau) \ln(4 \sin^2 \frac{t - \tau}{2}) + L_2(t, \tau)$$

而

$$M_1(t, \tau) = -\frac{1}{2\pi} J_0(kr(t, \tau)) \left\{ [x_1'(\tau)]^2 + [x_2'(\tau)]^2 \right\}^{1/2}$$

$$M_2(t, \tau) = M(t, \tau) - M_1(t, \tau) \ln(4 \sin^2 \frac{t - \tau}{2})$$

$$L_1(t, \tau) = -\frac{k}{2\pi} \frac{J_1(kr(t, \tau))}{r(t, \tau)} \left\{ x_2'(\tau) [x_1(\tau) - x_1(t)] - x_1'(\tau) [x_2(\tau) - x_2(t)] \right\}$$

$$L_2(t, \tau) = L(t, \tau) - L_1(t, \tau) \ln(4 \sin^2 \frac{t - \tau}{2})$$

关于  $M_1(t, t)$ ,  $M_2(t, t)$ ,  $L_1(t, t)$  和  $L_2(t, t)$  的推导:



由于 Bessel 函数  $J_0(t) = 1 + O(t^2)$ ,  $t \rightarrow 0$  时, 显然有  $M_1(t, t) = -\frac{|x'(t)|}{2\pi}$ , 又由于  $Y_0(t) = \frac{2}{\pi}(\ln \frac{t}{2} + C)$ ,  $t \rightarrow 0$ , 则着重推导  $M_2(t, t)$ :

$$\begin{aligned} M_2(t, \tau) &= M(t, \tau) - M_1(t, \tau) \ln(4 \sin^2 \frac{t-\tau}{2}) \\ &= \frac{i}{2} H_0^{(1)}(k|x(t) - x(\tau)|) |x'(\tau)| + \frac{|x'(\tau)|}{2\pi} J_0(k|x(t) - x(\tau)|) \ln(4 \sin^2 \frac{t-\tau}{2}) \\ &= \frac{i}{2} (J_0(k|x(t) - x(\tau)|) + iY_0(k|x(t) - x(\tau)|)) |x'(\tau)| \\ &\quad + \frac{|x'(\tau)|}{2\pi} J_0(k|x(t) - x(\tau)|) \ln(4 \sin^2 \frac{t-\tau}{2}) \end{aligned}$$

则当  $\tau \rightarrow t$  时, 有

$$\begin{aligned} M_2(t, t) &= \frac{i}{2} \left\{ 1 + i \frac{2}{\pi} \left[ \ln \frac{k|x(t) - x(\tau)|}{2} + C \right] \right\} + \frac{|x'(\tau)|}{2\pi} \ln(4 \sin^2 \frac{t-\tau}{2}) \\ &= \frac{i}{2} |x'(t)| - \frac{C}{\pi} |x'(t)| - \frac{|x'(t)|}{2\pi} \ln \frac{k^2}{4} \left[ \frac{\frac{|x(t) - x(\tau)|}{2}}{\sin \frac{t-\tau}{2}} \right]^2 \\ &= \frac{i}{2} |x'(t)| - \frac{C}{\pi} |x'(t)| - \frac{|x'(t)|}{2\pi} \ln \left( \frac{k^2}{4} |x'(t)|^2 \right) \end{aligned}$$

由一阶 Bessel 函数和一阶 Neumann 函数的展开式,

$$J_1(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n! (1+n)!} \left( \frac{t}{2} \right)^{1+2n}$$

$$Y_1(t) = \frac{2}{\pi} \left( \ln \frac{t}{2} + C \right) J_1(t) - \frac{2}{\pi t} + \frac{1}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ \sum_{m=1}^{n+1} \frac{1}{m} + \sum_{m=1}^n \frac{1}{m} \right\} \frac{(-1)^{n+1}}{n! (1+n)!} \left( \frac{t}{2} \right)^{1+2n}$$

容易得到  $L_1(t, t) = 0$ . 着重推导  $L_2(t, t)$ , 而

$$\begin{aligned} L_2(t, \tau) &= L(t, \tau) - L_1(t, \tau) \ln(4 \sin^2 \frac{t-\tau}{2}) \\ &= \frac{ik}{2} \left\{ n(\tau) \cdot [x(t) - x(\tau)] \right\} \frac{H_1^{(1)}(k|x(t) - x(\tau)|)}{|x(t) - x(\tau)|} \\ &\quad + \frac{k}{2\pi} \left\{ n(\tau) \cdot [x(t) - x(\tau)] \right\} \frac{J_1^{(1)}(k|x(t) - x(\tau)|)}{|x(t) - x(\tau)|} \ln \left( 4 \sin^2 \frac{t-\tau}{2} \right) \\ &= \frac{1}{\pi} \frac{x_2'(\tau)(x_1(t) - x_1'(\tau)) - x_1'(\tau)(x_2(t) - x_2(\tau))}{[x_1(t) - x_1(\tau)]^2 + [x_2(t) - x_2(\tau)]^2} \\ \lim_{\tau \rightarrow t} L_2(t, \tau) &= \lim_{\tau \rightarrow t} \frac{1}{\pi} \frac{x_2'(\tau)(x_1(t) - x_1(\tau)) - x_1'(\tau)(x_2(t) - x_2(\tau))}{[x_1(t) - x_1(\tau)]^2 + [x_2(t) - x_2(\tau)]^2} \end{aligned}$$

对  $x_1(\tau)$  和  $x_2(\tau)$  在  $t = \tau$  处运用二阶泰勒展开, 再对分子分母同除以  $(t - \tau)^2$ , 则有

$$L(t, t) = \frac{1}{2\pi} \frac{x_2'(t)x_1'(t) - x_1'(t)x_2'(t)}{[x_1'(t)]^2 + [x_2'(t)]^2}$$

其中  $C = 0.577\ 21 \dots$  是欧拉常数, 则  $M_1(t, \tau)$ ,  $M_2(t, \tau)$ ,  $L_1(t, \tau)$ ,  $L_2(t, \tau)$  都是解析的.

令  $G_1(t, \tau) = \frac{|x'(\tau)|}{|x'(t)|} L_1(t, \tau)$ ,  $G_2(t, \tau) = \frac{|x'(\tau)|}{|x'(t)|} L_2(t, \tau)$ , 则方程 (2.8') 和 (2.9') 可以化为:

$$\int_0^{2\pi} [M_1(t, \tau) \ln(4 \sin^2 \frac{t-\tau}{2}) + M_2(t, \tau)] \varphi(x(\tau)) d\tau - \int_0^{2\pi} \left[ M_1^0(t, \tau) \ln(4 \sin^2 \frac{t-\tau}{2}) + M_2^0(t, \tau) \right] \Psi(x(\tau)) d\tau = f(t) \quad (3.0)$$

$$\int_0^{2\pi} [G_1(t, \tau) \ln(4 \sin^2 \frac{t-\tau}{2}) + G_2(t, \tau)] \varphi(x(\tau)) d\tau - \lambda \int_0^{2\pi} [G_1^0(t, \tau) \ln(4 \sin^2 \frac{t-\tau}{2}) + G_2^0(t, \tau)] \Psi(x(\tau)) d\tau + \Psi(x(t)) - \varphi(x(t)) = g(t) \tag{3.1}$$

式中  $M_1^0(t, \tau), M_2^0(t, \tau), G_1^0(t, \tau), G_2^0(t, \tau)$  分别是把  $M_1(t, \tau), M_2(t, \tau), G_1(t, \tau), G_2(t, \tau)$  中的  $k$  变为  $k_0$ .

下面对积分方程(3.0)和(3.1)进行离散化. 选取等距节点  $t_j = \frac{\pi j}{n}, j=0, 1, 2, \cdots, 2n-1$ .

对于有对数奇性的项采用积分公式:

$$\int_0^{2\pi} \ln(4 \sin^2 \frac{t-\tau}{2}) f(\tau) d\tau = \sum_{j=0}^{2n-1} R_j^{(n)}(t) f(t_j) \tag{3.2}$$

式中  $R_j^{(n)} = -\frac{2\pi}{n} \sum_{m=1}^{n-1} \frac{1}{m} \cos m(t-t_j) - \frac{\pi}{n^2} \cos n(t-t_j), j=0, 1, 2, \cdots, 2n-1$ . 没有奇性的项采用等距矩形公式, 从而积分方程(3.0)和(3.1)可以离散化为:

$$\sum_{j=0}^{2n-1} \left[ M_1(t_i, t_j) R_{|i-j|}^{(n)} + \frac{\pi}{n} M_2(t_i, t_j) \right] \varphi^{(n)}(t_j) - \sum_{j=0}^{2n-1} \left[ M_1^0(t_i, t_j) R_{|i-j|}^{(n)} + \frac{\pi}{n} M_2^0(t_i, t_j) \right] \Psi^{(n)}(t_j) = f(t_i) \tag{3.3}$$

$$\sum_{j=0}^{2n-1} \left[ G_1(t_i, t_j) R_{|i-j|}^{(n)} + \frac{\pi}{n} G_2(t_i, t_j) \right] \varphi^{(n)}(t_j) - \lambda \sum_{j=0}^{2n-1} \left[ G_1^0(t_i, t_j) R_{|i-j|}^{(n)} + \frac{\pi}{n} G_2^0(t_i, t_j) \right] \Psi^{(n)}(t_j) + \Psi_i^{(n)} - \varphi_i^{(n)} = g(t_i) \tag{3.4}$$

其中  $\varphi_i^{(n)} = \varphi(t_i), \Psi_i^{(n)} = \Psi(t_i), i=0, 1, 2, \cdots, 2n-1$ .

3 数值例子

定理 4.1 每个辐射解有以下渐进性质<sup>[7-9]</sup>

$$u^s(x) = \frac{e^{ikr}}{\sqrt{r}} u_\infty(\hat{x}) + O(r^{-3/2}) \quad |x| \rightarrow \infty$$

其中  $\hat{x} = \frac{x}{|x|}, u_\infty(\hat{x})$  称为散射波  $u^s$  在  $\hat{x}$  方向的远场模式.

由远场模式的定义、 $u^s$  的定义及 Hankel 函数的渐进性

$$H_0^{(1)}(z) = \sqrt{\frac{2}{\pi z}} e^{i(z - \frac{\pi}{4})} \left\{ 1 + O\left(\frac{1}{z}\right) \right\}, \quad z \rightarrow \infty$$

容易得到单层位势形式的散射解所对应的远场模式表达式为

$$u_\infty(\hat{x}) = \frac{e^{-i\pi/4}}{\sqrt{8\pi k}} \int_{\partial D} i e^{-ik\hat{x} \cdot y} \varphi(y) ds(y), \quad |\hat{x}| = 1$$

实例中取  $k=2.0, k_0=1.0, \lambda=1.0$ .

例 1 椭圆区域边界:  $x_1(t) = \cos t, x_2(t) = 2 \sin t$ .

椭圆区域的远场模式

| $n$ | $d$                               | $-d$                              |
|-----|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 8   | (-1.970 034 340, 0.744 885 465 4) | (2.543 125 654, -0.339 414 545 6) |
| 16  | (-1.970 046 767, 0.744 888 980 0) | (2.543 127 787, -0.339 416 566 5) |
| 32  | (-1.970 043 182, 0.744 882 522 9) | (2.543 127 959, -0.339 416 924 4) |
| 64  | (-1.970 043 565, 0.744 882 556 5) | (2.543 127 909, -0.339 416 233 4) |

例 2 区域边界  $\Gamma^{(c)} = \left\{ (2 + 0.3 \cos 3t)(\cos t, \sin t), t \in [0, 2\pi] \right\}$ .

橡实形区域的远场模式

| $n$ | $d$                            | $-d$                               |
|-----|--------------------------------|------------------------------------|
| 8   | (-2.225 478 780,2.252 356 576) | (-2.284 967 676, -1.136 734 578 9) |
| 16  | (-2.225 408 978,2.252 397 878) | (-2.284 967 444,-1.136 725 676 7)  |
| 32  | (-2.225 402 818,2.252 393 159) | (-2.284 996 890,-1.136 725 060 0)  |
| 64  | (-2.225 402 344,2.252 393 454) | (-2.284 998 990,-1.136 725 089 8)  |

例 3 蝴蝶形区域边界  $x_1(t)=\cos t+0.65\cos 2t-0.65;x_2(t)=1.5\sin t$ .

蝴蝶形区域的远场模式

| $n$ | $d$                             | $-d$                           |
|-----|---------------------------------|--------------------------------|
| 8   | (-1.570 867 892,3.004 187 656)  | (0.611 596 708, 0.311 454 672) |
| 16  | (-1.570 857 663,3.004 182 142)  | (0.611 592 375,0.311 454 492)  |
| 32  | (-1.570 857 652,3.004 182 031)  | (0.611 591 825,0.311 454 492)  |
| 64  | (-1.570 856 843 ,3.004 182 012) | (0.611 591 803,0.311 454 478)  |

注:文献[8]数据有误.

4 结束语

本文讨论了传输问题的一种数值计算方法,运用单层位势及其跳跃关系将该问题转化为求解线性方程组的问题,并采用了 Nystrom 方法对其进行离散求解,给出了数值例子并得到其远场模式,数值结果表明该方法收敛性也是比较好的.

参 考 文 献

[1] R. L. Ochs. The limited aperture problem of inverse scattering,dirichlet boundary condition[J]. SIAMJ. Appl. Math,1987,(47):1 320-1 341.

[2] David Colton,Michele Piana and Roland Potthast. A simple method using morozovs discrepancy principle for solving inverse scattering problems[J]. J. Inverse Problem,2001,(17):1 997-2 015.

[3] 邓 霞. 传输问题远场算子的性质[D]. 武汉:华中师范大学硕士学位论文,2005.

[4] Pedro Serranho. A hybrid method for inverse scattering for shape and impedance[J]. Inverse Problem,2006,(22):663-680.

[5] D. Colton and R. Kress. Integral Equation Methods in Scattering Theory[M]. New York:Wiley-Intesciece, 1983.

[6] D. Colton and R. Kress. Inverse Acoustic and Electromagnetic Scattering Theory[M]. Berlin:Spring-Verlag,1992.

[7] R. Kress. On the numerical solution of a hypersingular integral equation in scattering theory[J]. J. SIAMJ. Appl. Math,1995,(61):345-360.

[8] 杨阿莉,王连堂,王俊杰. 可穿透边界散射问题的数值方法[J]. 纺织高校基础科学学报,2008,(6):179-187.

[9] 常立晔,王连堂. 椭圆外区域各向异性问题的一种数值解法[J]. 陕西科技大学学报,2009,(3):137-140.

A NUMERICAL METHOD TRANSMISSION PROBLEMS

ZHOU Shuai, WANG Lian-tang, DUAN Yan-ting

(Department of Mathematics, Northwest University, Xi'an 710069, China)

**Abstract:** The paper studies the model of transmission scattering problem. Using single-layer potential theory and its jump relations transfers the transmission scattering into integral equations to solve. The paper gives the evidence of existence and uniqueness, and gives a numerical method and numerical example. The numerical result is obtained and the method is possible and accurate.

**Key words:** boundary integral equation; the transmission problem; single-layer potential; the far-field pattern

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0165-04

# 产品系统的超稳定控制方法

武晓雅, 许 佳

(昆明理工大学艺术与传媒学院, 云南 昆明 650093)

**摘 要:**首先指出现有的产品开发方法在整个产品系统的控制中存在一定的不足,提出了利用控制论的方法对产品开发流程进行精确控制的设想,进而运用超稳定系统理论解释了企业新产品开发中的设计行为,并运用演绎法分析了产品设计能够对产品系统进行稳定性控制的可行性,从而得出设计就是产品系统内部的自调节机制,是能够对产品系统进行有效控制的一种方法的结论.

**关键词:**产品系统; 控制论; 超稳定; 产品设计

**中图法分类号:**TB47

**文献标识码:**A

## 0 前 言

现有新产品开发的思路通常是以产品状态为主进行定义的,具体方法是:首先创造一套广泛的可替代的产品概念,然后缩小产品的可替代范围以提高产品的特殊性,直到该产品能够被生产系统可靠的、重复的生产出来为止.这种产品开发的方法虽然在流程细节上比较明确,每个具体步骤都有相应的任务规划,但是这种方法在整个产品开发流程的宏观控制上却存在一定的不足.

新产品开发的流程管理其实就是以控制论为基础的对开发流程进行控制的一种方法.要想对产品开发流程进行精确的控制,必须要找到在流程中起关键作用的环节,而设计就是新产品开发过程中最重要的环节.成功的产品设计能够帮助企业成就一个市场,而失败的设计则能使企业失去生存的意义.所以,使用控制论的方法,研究如何通过产品设计的手段对产品开发的結果加以控制具有重要的意义.

## 1 控制论的相关概念

控制论(Cybernetics)是研究生命体、机器和组织的内部或彼此之间的控制和通信的科学.1947年,控制论的奠基人——美国数学家 N. 维纳,在《控制论》一书中首次对控制论进行了解释.他认为,控制论是一门研究动态系统在变化的环境条件下如何保持平衡状态或稳定状态的科学.控制论的建立是20世纪最伟大的科学成就之一,现代社会的许多新概念和新技术往往与控制论有着密切的联系.随着电子数字技术的发展和计算机得到广泛的应用,20世纪70年代以来,控制论的应用范围逐渐扩大到了社会经济系统,其定义也因之扩展.到了今天,控制论的思想和方法已打破了学科间的界限,渗透到了自然科学和社会科学的大部分领域,成为一种普遍的方法论,能够用来解决许多特殊的问题.

### 1.1 超稳定系统理论

超稳定系统是控制论中的一部分内容,是指系统内部存在的某种自调节机制,这种调节机制能够在系统处于不稳定状态时对系统进行自动调节,从而使系统恢复稳定状态的一种系统形式.

系统不是一个客观存在的实体,它是在人们的规定之下产生的.“人们把一组相互耦合相关程度较强的变量规定为一个系统.”系统理论在定义一个系统时,对于系统内究竟应当包含哪些变量是根据客观情

\* 收稿日期:2010-07-19

作者简介:武晓雅(1984—),女,河南省平顶山市人,在读硕士生,研究方向:产品开发与设计

况和主观目的决定的. 任何的系统都有两种存在的形式: 一种是稳定的系统, 一种是不稳定的系统; 稳定的系统能够长时间的保持自身系统的性状不被改变, 而不稳定的系统则会在周期性震荡中不断偏离自身系统原本的性状.

超稳定系统具有一个重要的特点, 即通过不稳定来维持稳定. 超稳定系统比一般稳定系统多了一层自调节机制, 它自身可以通过对不稳定状态的修复来实现系统新的稳定. 当系统出现不稳定时, 超稳定系统自身可以自动开启修复机制, 重新寻找稳定的状态, 直到找到原有的稳态结构, 使系统恢复稳定状态, 并保持不变的性质. 也就是说, 超稳定系统内部会周期性的出现稳定——不稳定——稳定这两种状态相互更迭, 并能够长期保持稳定状态的现象.

超稳定系统理论是指在对系统的控制中, 利用超稳定系统的工作原理, 在系统内部设定自调节机制, 当系统性状发生偏离时, 自调节机制会立刻发挥作用, 调整系统的运行方式, 破坏系统的不稳定状态, 使之恢复到稳定状态, 以保证这个系统长期稳定的发展.

### 1.2 反馈和负反馈调节

反馈(feedback), 又称回馈, 是控制论的一个基本概念, 指的是将系统的输出返回到输入端并以某种方式改变输入, 进而影响系统功能的过程.

反馈有两种方式——负反馈和正反馈. 所谓负反馈是指能够使输出的作用与输入的作用相反, 在系统的运行中使系统输出与系统目标的误差逐渐减小, 使系统趋于稳定; 而输出作用与输入作用相似, 使系统偏差不断增大, 引起系统振荡. 在系统变量的相互作用中不断使其各自偏离目标的耦合关系叫作正反馈, 也就是说, 正反馈是指后输出的信息与原输出的信息起着相同的作用, 使总得输入增大的反馈调节; 负反馈指的是后输入的信息与原输入的信息起着相反的作用, 使总输出减小的反馈调节.

负反馈调节能够克服由于外界影响而偏离目标的作用, 其本质在于设计了一个能够使目标差不断减少的过程, 通过系统不断把自己控制的后果与目标作比较, 使目标差在一次一次控制中慢慢减少, 最后达到控制的目的.

## 2 产品系统

产品系统(如图 1 所示)就是典型的超稳定系统, 其内部结构可以分为 5 个主要的子系统: 设计、企业、产品、市场、用户, 每个子系统对其他 4 个子系统都有反馈作用. 这个模型不仅反映了产品系统的各个部分相互约束、克制和相互影响、促进的作用, 也反映了非常态状况下产品系统的转变方式和协调方式.

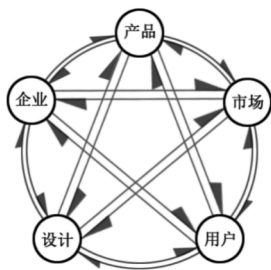


图 1 产品系统及内部调节关系示意图

系统的稳态结构有利于人们掌握事物的发展规律, 有利于人们运用规律研究事物发展变化的趋势, 预见事物发展的结果. 保持产品系统的稳态结构对于产品系统的发展和各个子系统的发展都具有重要的意义. 在产品开发中, 运用不同的产品策略开拓市场并占领相应的市场份额是现在企业常用的一种竞争手段, 这种手段并不是市场激发的单纯的营销行为, 其中蕴含着深刻的控制论原理.

### 3 产品系统的超稳定控制方法

在产品系统中, 影响企业定位策略的因素通常是用户和市场. 企业制定产品策略, 通过设计改变产品, 以均衡用户和市场的不稳定状态, 始终将系统控制在相对平衡的发展状态中. 设计就相当于产品系统中的内稳定器, 通过设计改变产品从而形成一个自调节机制, 是一种能够对产品系统进行有效控制的方法.

#### 3.1 产品系统的控制

产品系统的具体控制过程如图 2 所示, 首先, 企业需要在市场评估、技术评估以及详细的市场调查和

分析后设定预期目标;第二步,进行产品开发的关键步骤,由设计部门构思具体的设计方案;第三步,进行产品的试生产和测试以及产品发布;第四步,对用户进行调查,收集用户对产品的评价,并综合内外界干扰因素进行分析;第五步,观察产品在整个市场中的被接受程度等指标,得到系统输出的项目结果,但在这个环节中由于市场因素的复杂性,有可能会出现量测误差;最后,系统输出的结果会通过反馈路径将信息反馈到企业.在控制实施过程中,假设从企业设定目标之后,目标本身不发生任何的变化,而之后控制过程的每一个环节都能够精确执行,不出现任何的偏差,并且没有外界干扰,也不会出现量测误差,此时这种反馈会使控制的效能不断增大,并促使控制过程更迅速、准确的完成.这种能够增大总输出量的反馈调节方式就是所谓的正反馈调节.但是在通常情况下,企业对于产品系统的控制都属于负反馈调节,这是由于在新产品开发的过程中不可能不受到外界因素的影响,如同类型产品的竞争等这些外界因素的干扰等.

企业在产品系统中相当于一个信息处理器,负责处理各种信息并做出判断和决策.设计就是控制器,是产品系统中具有决定性作用的一个环节,它负责理解企业设定的目标并通过各种形式表达出来.产品则是获得用户反馈的重要途径,因为它是连接用户和企业的最主要的媒介,它的作用相当于执行器,经过设计加工的目标以产品这种用户能够理解的方式呈现出来.用户是产品系统要产生作用的对象.市场则相当于一个放大器,它的作用是将产品系统作用的结果放大.在整个产品系统中,用户和市场是引起系统发生震荡或不稳定状态的主要原因,这两个变量之所以最容易发生变化,是由于用户容易受到外界因素的干扰,而市场调查也不能精确地反映市场的真实情况,这就使系统最终输出结果与最初目标之间产生目标差.但是,通过反馈通道可以使企业明确目标差的大小,并根据现实情况对控制器发出调整的指令,也就是通过设计的方式对产品进行调整或改良,再将改良后的产品推入市场,使最终产品更贴近于目标,这种控制过程就是负反馈调节.前文中已经提到,负反馈调节并不是一次性就能够完成的,它是一个循环往复、不断减小目标差、直到实现目标的过程,所以产品系统的反馈控制过程也不是一次就能够完成的,也需要一个循环往复的过程.

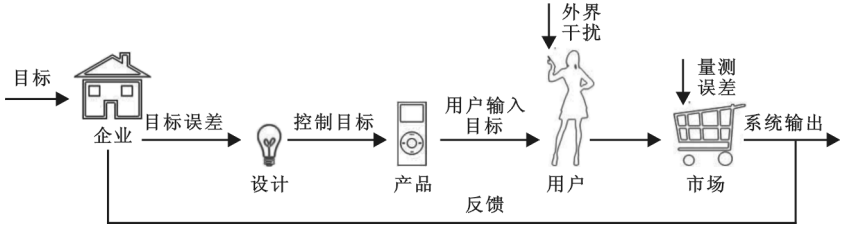


图 2 产品系统的反馈控制示意图

产品系统中 5 个子系统变量之间具有互为因果的关系,所以产品系统是稳定系统.但是,产品系统不是一般的处于仅处于稳定态的系统,而是一个超稳定系统,因为在产品系统内部会周期性的出现由于内外界干扰而产生的偏离目标的不稳定现象,并由于两种反馈调节方式的存在而使产品系统在处于不稳定状态的时候能够通过系统间的相互作用回到稳定状态.

### 3.2 超稳定控制方法促进产品系统的发展

产品系统中 5 个子系统变量之间具有互为因果的关系,所以产品系统是稳定系统.但是,产品系统不是一般的处于仅处于稳定态的系统,而是一个超稳定系统,因为在产品系统内部会周期性的出现由于内外界干扰而产生的偏离目标的不稳定现象,并由于两种反馈调节方式的存在而使产品系统在处于不稳定状态的时候能够通过系统间的相互作用回到稳定状态.

超稳定系统的控制关键是靠自调节机制调节系统的不稳定状况.设计就是产品系统中的自调节机制,所以说设计是对产品系统实现控制的一种有效的方式.假设一个企业推出新产品的用户接受度不理想,则企业可以根据对用户和市场的需求调查,通过调整设计的方式改进产品的功能或者造型,再进行产品测试、接受用户评价以及重新投放市场,经过数次往复的循环,就会达到企业既定的目标——获得用户和市场肯定.所以,通过设计对产品系统进行控制是可行的,在企业新产品开发的过程中也具有重要的意义.

## 4 结束语

超稳定系统的特点就是在系统出现震荡或不稳定的时候,能够通过自身的调节机制进行调节,使系统重归于稳定.本文以控制论中的超稳定系统理论为基础,分析了产品的开发流程,明确了设计的重要作用,指出设计是对产品系统进行有效控制的一种方法.在产品系统出现偏离目标或不稳定状况的时候,根据系统反馈信息调整设计或改变设计的方法,能够使产品系统的发展更加靠近初始目标或重新归于稳定的状态,形成“设计——发展——调整设计——再发展”这一连续不断的发展轨迹.

## 参 考 文 献

- [1] 金观涛, 华国凡. 控制论与科学方法论[M]. 北京: 科学普及出版社, 1983: 79-83.
- [2] 杨春时, 邵光远, 刘伟民. 系统论信息论控制论浅说[M]. 北京: 中国广播电视出版社, 1987.
- [3] 万百五, 韩崇昭, 蔡远利编著. 控制论——概念, 方法与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [4] [加]库珀(Cooper, R. G)著, 青铜器软件公司译. 新产品开发流程管理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.
- [5] [美]犹里齐(Ulrich, K. T.)等著, 杨德林主译. 产品设计与开发(第二版)[M]. 大连: 东北财经大学出版社, 2001.
- [6] 郭会娟. 索尼的设计管理研究[J]. 安徽工业大学学报(社会科学版), 2006, 2(3): 63-64.

## APPROACH TO SUPER-STABLE CONTROL OF PRODUCT SYSTEM

WU Xiao-ya, XU Jia

(College of Arts &amp; Media, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

**Abstract:** Firstly, this thesis believes that in the existing methods of product development there is a defect in control of whole product system. Propose a tentative idea which using the methods of cybernetics precise control of product development process. Using the theory of super-stable system explained the function of product design in the new produce development. Using the method of deduction to analyzing the feasibility of product design can control the product system stability. So as a conclusion that design is the self-adjustment mechanism within the system, is a method which able to effectively control the product system.

**Key words:** product system; cybernetics; super-stable; product design

## 省光学、量子电子与光电子学术研讨会在我校举行

10月16日,由理学院承办的陕西省光学、量子电子与光电子学专业委员会“2010年教学与学术研讨会”在我校举行.会议由陕西省光学、量子电子与光电子学专业委员会主任、西北大学田来科教授主持,我校理学院、电气与信息工程学院有关负责人等出席了会议.

我校及西安交通大学、西安电子科技大学、西北工业大学、西北大学、西安理工大学、西安科技大学、西安工业大学、西安石油大学、西安工程大学、西安邮电学院、西安武警学院、商洛学院、渭南师范学院、宝鸡文理学院、西安飞秒光电科技公司等多家高校和单位参加了此次会议.

会议伊始,由我校理学院副院长(主持工作)刘建科教授致欢迎词.他首先对各位与会专家、学者的到来表示了热烈的欢迎,并对大会的召开表示祝贺.并就我校的办学历史、办学特色、学科建设,尤其是理学院的师资力量、专业建设、教学科研等情况逐一进行了详细介绍.

大会讨论阶段,西安交通大学张景文教授、西北大学王雪文教授、西北工业大学侯建平教授、西北大学冯晓强博士、陕西科技大学宁铎教授、西安科技大学李文峰教授等依次作了大会发言.他们的报告涉及光电探测及成像、纳米材料及应用、气体传感、大功率激光器、聚光技术、安保通信系统等热点和重要领域.

本次会议的召开,加强了与会专家学者在科学研究、技术创新方面的交流与沟通,进一步促进了陕西省光学、量子电子与光电子学领域的发展.与此同时,也将使得我校物理、电子等相关学科专业加强了与省内同行的联系,推动发展水平更上层楼.

会后,全体与会人员参观了我校相关专业的实验室和校园,并在图书馆前合影留念.



\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0169-04

# 基于 ISM 的陕西省煤炭物流体系影响因素分析与对策

邓明明, 刘利军

(陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘 要:**运用解释结构模型化(ISM)方法,对陕西省煤炭物流体系的影响因素进行模型分析,选取主要的 11 个要素建立了可达矩阵与缩减矩阵,最后建立了四级的递阶结构模型,得到影响陕西煤炭物流体系的重要因素、次重要因素和第三重要因素;针对建模分析得到的两个重要影响因素(陕西煤炭企业的物流意识、陕西煤炭物流发展的政策支持),提出了相关对策建议,具有一定的参考价值.

**关键词:**煤炭物流体系; 影响因素; ISM

**中图法分类号:**               **文献标识码:** A

## 0 前 言

陕西省是我国重要的煤炭工业基地之一,累计探明资源量 1700 亿吨,位居全国第三位. 2009 年陕西省生产原煤 2.83 亿吨,产量仅次山西、内蒙,居全国第三. 按照国家煤炭工业《“十一五”发展规划》,为尽快把陕西建成我国 21 世纪能源战略接替基地,必须加快构建大集团、大市场、大流通的全省煤炭物流体系,促进陕西由煤炭资源大省建成煤炭经济强省. 煤炭物流有其自身的特点,越来越引起社会的重视,也引起了学术界的广泛关注,例如武云亮和黄少鹏的“我国煤炭物流网络体系优化及其政策建议”,宋晓玲和申利的“关于构建陕西煤炭物流体系的探索与思考”,曹卫东和阎伍玖的“淮北市煤炭物流发展与空间布局研究”等.

陕西省煤炭物流体系的影响因素很多. 本文运用 ISM 法,对陕西省煤炭物流体系的主要影响因素进行解释结构模型的建立与分析,并针对建模得到的重要影响因素,提出相关对策建议.

## 1 陕西省煤炭物流体系的影响因素的 ISM 分析

### 1.1 ISM 分析程序

ISM 技术,即解释结构模型化技术,是美国 J. N. 沃菲尔德教授于 1973 年作为分析复杂的社会经济问题的一种方法而开发的,是建立系统结构模型的一种有效方法,在处理许多社会经济问题中有广泛的应用. ISM 分析的主要程序如图 1 所示:

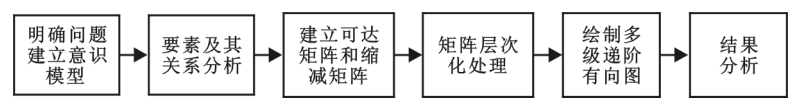


图 1 ISM 分析程序

实施解释结构模型化(ISM)分析,首先要明确所研究的问题,对问题进行概括,建立意识模型;然后对

\* 收稿日期:2010-08-10

作者简介:邓明明(1977—),男,陕西省紫阳市人,讲师,博士,研究方向:工业工程,物流工程

基金项目:陕西省教育厅科研计划项目(09JK049),陕西科技大学自然科学基金项目(ZX09-27)



1.2.5 绘制多极递阶有向图,建立解释结构模型.

建立解释结构模型如图 2 所示.

1.3 结果分析

从建立的解释结构模型(ISM)可以得出,陕西煤炭物流体系的影响因素可分为四个级:第一级由一个要素组成,为  $S_2$  陕西煤炭年外运量;第二级由五个要素组成,分别为  $S_1$  陕西煤炭年开采量, $S_4$  陕西铁路运煤能力, $S_5$  陕西公路运煤能力, $S_7$  陕西煤炭物流配送中心分布, $S_8$  陕西煤炭销售市场分布;第三级由三个要素组成,分别为  $S_3$  =陕西煤炭运输基础设施, $S_6$  =陕西煤炭企业分布, $S_9$  =陕西与周边省市煤炭企业的合作;第四级由两个要素组成,分别为  $S_{10}$  =陕西煤炭企业的物流意识, $S_{11}$  =陕西煤炭物流发展的政策支持.

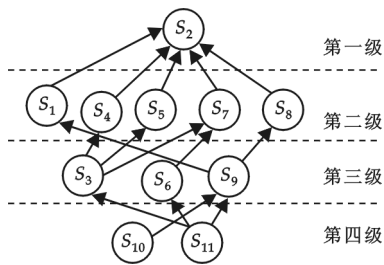


图 2 解释结构模型

依据自下而上的原则,得到影响陕西煤炭物流体系的重要因素为第四级的要素,即陕西煤炭企业的物流意识,陕西煤炭物流发展的政策支持;次重要因素为第三级的要素,即陕西煤炭运输基础设施,陕西煤炭企业分布,陕西与周边省市煤炭企业的合作;第三重要因素为第二级的要素,即陕西煤炭年开采量,陕西铁路运煤能力,陕西公路运煤能力,陕西煤炭物流配送中心分布,陕西煤炭销售市场分布.

2 对策建议

针对以上分析得到的影响陕西煤炭物流体系的重要因素、次重要因素和第三重要因素,提出如下的对策建议:

2.1 相关政府部门应加大煤炭产业的扶持与改革力度,发展基础设施建设,鼓励煤炭物流的大力发展

2.1.1 构建以铁路运输为主,公路运输为辅的陕西煤炭物流运输系统

一是提高国铁的煤炭发运量.西安铁路局要充分提高运煤效率,提高铁路运输计划兑现率,最大限度地发挥国铁运输的主渠道作用;二应加强地方铁路和矿区铁路专用线建设与运营;三要充分发挥公路运输的辅助功能,向周边地区配送供应煤炭,实现公路运输分流.

2.1.2 加快对陕西煤炭企业的兼并重组,实现集团化运作

加快对榆林、延安、铜川、渭南等主要产煤市的资源整合,加强政策引导,结合各地实际,尊重企业的自主权,鼓励煤炭企业以多种形式参与资源整合与产权重组,增强竞争力,实现规模化、集团化运作,并加强与周边省市的大型煤炭企业的合作,实现双赢.

2.2 煤炭企业应增强物流意识,逐步建立煤炭物流体系,并积极开发煤炭销售物流市场

2.2.1 加强培训,提高认识

煤炭企业要提高思想认识,树立煤炭物流意识,开展相关培训,形成物流系统化观念,积极开展工作.

2.2.2 加强对煤炭销售市场的开发和资源配置

加快煤炭销售市场的开发,建立一大批稳定和长期的战略用户,巩固华中市场、扩大华东市场、开发西南市场.

2.2.3 逐步实现煤炭物流信息化

建立煤炭物流信息平台,开展煤炭物流与电子商务交易,如利用陕西煤炭交易网,陕西煤炭资源网等,拓宽信息渠道.

2.2.4 建立区域性煤炭物流配送中心

合理规划与建立区域性煤炭物流配送中心,按照用户需求及时组织煤炭运输与供应,降低煤炭物流成本,提高服务水平.

3 结束语

本文运用 ISM 法,对陕西省煤炭物流体系的影响因素进行解释结构模型的建立与分析,得到影响陕西煤炭

物流体系的重要因素为 ISM 模型中第四级的要素,即陕西煤炭企业的物流意识和陕西煤炭物流发展的政策支持,并针对重要影响因素提出了相关对策建议,具有一定的参考价值。陕西省煤炭物流体系的影响因素很多,本文只是选取了一些主要因素进行了分析,今后可考虑一些其他影响因素,作进一步的分析。

### 参 考 文 献

- [1] 陕西煤炭工业局信息网 <http://www.sxmt.gov.cn/>.
- [2] 汪应洛. 系统工程(第四版)[M]. 北京:机械工业出版社,2009:52-53.
- [3] Ronald, Ballou H. Business Logistics Management [M]. 4 th edition. Upper Saddle River, N. J. : Prentice Hall,1999:511-2 513.
- [4] 张英. 汽车逆向物流障碍因素的 ISM 分析[J]. 东南大学学报(自然科学版),2007(11):445-449.
- [5] 宋晓玲,申利. 关于构建陕西煤炭物流体系的探索与思考[J]. 陕西煤炭,2008(6):102-103.
- [6] 左忠义,邵春福,金晓琼. 基于 ISM 的交通运输系统结构优化分析[J]. 大连交通大学学报,2009(4):34-38.
- [7] 武云亮,黄少鹏. 我国煤炭物流网络体系优化及其政策建议[J]. 中国煤炭,2008(10):27-28.
- [8] 苏菊宁,石传芳. 基于 ISM 的制造企业物流模式选择影响因素分析[J]. 工业工程,2009(8):6-10.
- [9] 曹卫东,阎伍玖. 淮北市煤炭物流发展与空间布局研究[J]. 中国煤炭,2009(1):28-31.

## ANALYSIS AND STRATEGY OF EFFECTIVE FACTORS OF THE COAL LOGISTICS SYSTEM IN SHAANXI PROVINCE BASED ON ISM

DENG Ming-ming, LIU Li-jun

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi' an 710021, China)

**Abstract:** This paper analyzed effective factors of the coal logistics system in Shaanxi province by ISM. It chose eleven effective factors, built reachable matrix, at last got four-class structural model. Focused on the main effective factors (logistics consciousness of logistics enterprises and policy support on coal logistics), it proposed some suggestions aiming at building the coal logistics system in Shaanxi province.

**Key words:** the coal logistics system; Effective factors; ISM

### 日本高知大学藤原拓教授一行到资环学院进行学术交流

9月21日上午,日本高知大学藤原拓教授、佐藤周之副教授一行到资源与环境学院进行学术交流。陕西省外国专家局交流与合作处处长左长存、专家张海鸥,资环学院院长弓太生、副院长马宏瑞、环境工程系主任丁绍兰共同出席了交流活动。

学术交流会上,弓太生首先致欢迎辞,对藤原拓教授一行来访表示欢迎,并简要回顾了学院52年的办学历史、部分成果以及相关行业领军带头作用,希望学院和高知大学的学术合作能够继续坚持下去并越办越好。

藤原拓教授做了题为“致力于健康水环境的先进污水处理技术”的学术交流报告,主要从日本废水治理的历史、废水治理系统和当前废水治理的工作方向和任务三个方面进行阐述,并重点介绍了目前正在进行的市政污水处理系统先进工艺研究——改进后的氧化沟项目。报告之后,师生们就关心的问题与藤原拓教授进行了热烈的互动交流,进一步加深了对新工艺的了解。

最后,马宏瑞教授介绍了我校在国际合作、人才培养上所做的努力,认为开展广泛的交流与合作,积极吸纳先进的思想与技术,才能使学院的科研实力更加强大。

同日下午,佐藤周之副教授还做了题为“利用无机功能材料去除回收和利用废水中的磷”的交流报告。

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0173-05

# 陕西省农村土地权利流转的现状和难点透析 ——基于陕西省农村土地权利流转的调查研究

刘晓平, 宁立功

(西安工程大学人文学院, 陕西 西安 710048)

**摘要:**采用实证的研究方法对陕西省土地权利流转现象进行了调查,并对调查结果进行了深入分析.研究表明:我省土地承包经营权流转方式存在多样性,需要采取法律规制入股、抵押等流转方式,以实现农村经济的规模化经营;农村土地所有权流转需要从农村集体土地出资人制度、村民代表会议制度、司法救济制度等方面进行完善,以实现农村经济和城市化的稳步发展.

**关键词:**抵押;土地承包经营权;土地征收

**中图法分类号:**F301

**文献标识码:**A

## 0 前言

近几年来,随着社会经济转型和城市化的发展,土地问题日益成为人们关注的焦点,基于土地征收产生的社会纠纷出现愈演愈烈之势.毫无疑问,土地是人类生存、社会发展最基本的基础和条件,如果土地问题解决不好,不仅会影响到社会的平稳发展,甚至会诱发较大的社会动荡.很多学者对完善土地征收、土地承包经营权流转等法律制度给予了很高的关注度,并阐述了仁者见仁、智者见智的观点,对促进土地相关法律制度的完善起到了良性促进作用.“没有调查就没有发言权”,2009年暑假笔者所在课题组对陕西省土地权利流转情况进行了一次社会调查,以为农村土地法律制度的建立健全添一份绵力.本次的调查范围覆盖临潼、咸阳、延安等农村地区,问卷涉及农民法律意识、土地承包经营权流转、土地征用等内容,共发放调查问卷168份,收回136份,确认真实有效的问卷82份.在对问卷进行整理分析的基础上,本文主要针对土地承包经营权流转、土地征收、农民法律意识3个问题进行阐述,并提出笔者浅显的完善建议,以资共享.

## 1 陕西省土地承包经营权的流转现状和难点

土地权利的流转是指土地产权在主体之间的变更,它包括土地所有权在不同所有权主体之间的变更和土地使用权的流转,前者主要体现为土地征收,后者主要体现为土地承包经营权的流转.课题组在对陕西农村土地流转的形式和相关内容进行调查和分析的基础上,认为完善土地承包经营权流转制度是提高农村生产效益的重要举措.

### 1.1 陕西省农村土地承包经营权流转的必要性分析

据调查显示,陕西省农民的土地承包经营收入很低(如表1所示),每年每亩收益不足1000元的农户占被调查对象的比例很大.显然,每亩不足千元的年收入

表1 陕西省农民土地承包经营收入表

| 序号 | 调查内容(每亩每年的产量) | 比例    |
|----|---------------|-------|
| A  | 1 000元以下      | 57.3% |
| B  | 1 000~2 000元  | 26.8% |
| C  | 2 000~3 000元  | 7.3%  |
| D  | 3 000~4 000元  | 1.2%  |
| E  | 其他金额          | 2.4%  |

\* 收稿日期:2010-08-24

作者简介:刘晓平(1976—),女,山东省潍坊市人,讲师,硕士,研究方向:经济法和民商法  
基金项目:陕西省社会科学界2010年重大理论和现实问题研究项目(2010C043)

让一般家庭维持基本的家庭生活开支非常困难,如果再供养老人和孩子,会让很多家庭捉襟见肘.如果农户种植经济作物,收入会高一些,年收入可达 10 000 多元,但要维持 4-2-1 结构家庭的正常运转仍很艰难.穷则思变,土地承包经营权的流转可在一定程度上搞活农村经济,缓解农村压力.

(1)实现农民收入多样化和农村人力资源的优化配置.我国人均占有耕地少,农村富余劳动力多,在经营土地入不敷出的情况下,允许土地承包经营权在自愿协商的前提下流转可使拥有一定劳动技术的农村劳动力从农业生产中解脱出来,从事其他产业或进城务工,同时还可使土地向种田能手和经营者转移,从而使农村劳动力按市场规律优化配置.鉴于土地承包经营权的特殊性,我们称这种权利的流转为离土不离权的物权流转方式.所谓离土是指富余农村劳动力脱离土地从事其他产业,形成农民工、个体工商户或其他产业经营者阶层;所谓不离权是指这部分脱离农业生产的农民仍拥有最终的土地承包经营权.离土不离权的土地承包经营权流转方式是现阶段实现农村稳定发展的重要举措.一方面,它为农民返回土地提供了可能.结合我国国情,现阶段土地仍是农民唯一可靠的生存保障资源,脱离土地成为农民工或其他经营者的“农民”身份的双重性,使他们无法在就业、福利、生活上享有与城市居民同样的权利,所以当他们的不被城市接受或者无法找到自己的社会位置时可以重新回到农村,土地成为他们生活的最后保障.另一方面,脱离土地的农民进入城市后从事其他生产经营,势必无法按期回乡从事农业生产,土地可能会被抛荒弃耕,这种状况是他们所不愿意看到的,土地承包经营权的流转必然成为这部分“农民”的选择.综上,土地承包经营权的流转是在现有土地所有权制度不变的情况下提高农村农民收入,实现劳动力优化配置,进而实现农村经济稳定发展的科学选择.

(2)实现农业生产规模效益的需要.在改革开放初期,由于生产力水平低下,商品经济几乎不存在,农民对土地有着高度的依赖性,土地在相当程度上承担着养育、就业、保险和生活福利等的社会保障功能,远远高于土地作为生产要素的生产功能;农地产权制度的设计在于保证“耕者有其田”,不存在把土地作为产权加以利用的现象,更不存在土地承包经营权的流转.在该阶段,农村土地承包经营制度无疑是成功的,它不仅实现了社会主义的土地集体所有制度,而且它通过家庭承包的方式使农民扮演了劳动者和生产经营决策者的双重角色,获得了剩余产品的所有权和支配权,从而提高了农民的劳动积极性,推动了农业生产和国民经济的发展.但随着商品经济意识的深入人心和科学技术的发展,这种“一人一亩三分地”的小规模分散经营的种田模式日益显露出其弊端,不仅阻碍了农业生产结构的调整和优化,还阻碍了现代化的耕作机械和技术应用,导致农业生产效益低下.农民的增收欲望使家庭小规模分散经营的模式已经很难适应形势的需要,因而在我国部分地区出现了农民弃耕抛荒的现象.在维持农村土地承包经营制度不变的情况下,我们要扭转现状,改革和调整的主要方式就是实现土地承包经营权流转.通过土地承包经营权流转,使土地向种田能手和经营者集中,从而提高农业生产规模,实

表 2 陕西省农村土地承包经营权流转方式调查表

| 序号 | 调查内容               | 比例     |
|----|--------------------|--------|
| A  | 村集体出租给其他组织或者个人     | 25.6%  |
| B  | 自己不想经营,转包给集体组织的其他人 | 40.2%  |
| C  | 自己不想经营,出租给集体组织的其他人 | 28.04% |
| D  | 其他的流转方式            | 7.3%   |

现规模化经营.规模化经营不仅实现了现代农  
耕技术和机械在农村的推广,节约了农业生产  
的开支,加快了农业生产向产业化推进的步伐,  
在提高农业生产规模效益的同时,还实现了农业  
生产的市场效益.

28.04%的农户将土地承包经营权出租(如表 2 所示).与法律制度的目的——最终为社会经济发展服务相适应,法律只能努力规范这种现象,而不能对它做出禁止性规定.

1.2 土地承包经营权流转制度的完善

土地承包经营权流转制度的完善需要从制度化、科学化、多样化等多维度系统进行,本文笔者仅针对流转形式的多样化进行讨论.

根据现行土地承包经营法律制度的相关规定,土地承包经营权的流转方式有转包、互换、转让、出租 4 种.所谓转包是指承包方在土地承包经营权有效存在的前提下,在承包期内依法将部分或者全部农村承包地的使用权转移给同一集体经济组织内其他农户从事生产经营的行为.所谓互换是指农村土地承包方之间在土地承包经营



权有效存在的前提下,为方便耕作或者各自需要,对属于同一集体经济组织的承包地块进行交换,同时交换相应的土地承包经营权.以互换形式进行土地承包经营权流转的,互换双方丧失其对最初土地的土地承包经营权,而同时取得互换对方的土地承包经营权<sup>[1]</sup>.所谓转让是指在土地承包经营权有效存在的前提下,经发包方同意,在承包期内承包方依法将土地承包经营权让渡给其他从事农业生产经营的农户的行为.所谓出租是指在土地承包经营权有效存在的前提下,在承包期内承包方依法将部分或全部土地承包经营权以一定期限租赁给他人从事农业生产经营的行为.土地承包经营权出租后,原土地承包关系不变,原承包方继续履行原土地承包经营合同规定的权利和义务,承租方按出租时约定的条件对承包方负责<sup>[2]</sup>.这 4 种流转方式对搞活农村经济、拓宽农民收入渠道已经和正在发挥着重要的积极作用,但发挥重要融资功能的抵押和促进规模经营的入股原则上却被排斥在土地承包经营流转之外.

(1)抵押.依据《担保法》、《物权法》、《农村土地承包经营法》的相关规定,土地承包经营权的抵押仅适用于不宜采取家庭承包方式,通过招标、拍卖、公开协商等方式取得的荒山、荒沟、荒丘、荒滩等的土地承包经营权.对土地承包经营权能否普遍适用抵押的问题,理论上有不同的看法.有人认为,基于农村土地生存的保障功能,不得用于设立抵押.笔者认为,在不改变土地用途的前提下,实现土地承包经营权的抵押不仅可行而且具有重要意义:一方面,增加农民的融资渠道.抵押是一种不转移占有的融资方式,抵押人在抵押期间仍享有土地的占有、使用、收益权.如果土地承包经营权可以成为抵押权的客体,实现抵押,农民不仅可以继续从事农业生产获得收益,同时还可以通过抵押获得更多的资金,为农业生产和非农生产的投入获取资金来源,因此土地承包权的抵押不仅可以提高农民收入,还可在一定程度上解决农村剩余劳动力的问题.另一方面,有助于提高土地利用率.农地抵押的实现,意味着农地资源的地土地承包经营权由缺乏资力的主体转向拥有充足资力的主体,通俗的说就是如果抵押人无力还债,只得交出土地,土地承包经营权转移到有资金和能力的开发者手中,这种情况有利于提高土地的利用效率.

(2)入股.所谓入股是指土地承包经营权人可以将土地承包经营权作价入股,并按照股份取得一定收益的行为<sup>[3]</sup>.类同抵押,入股作为土地承包经营权的流转方式被现行法律严格限制,同样仅适用于不宜采取家庭承包方式,通过招标、拍卖、公开协商等方式取得的荒山、荒沟、荒丘、荒滩的土地承包经营权.土地承包经营权的作价入股是否具有普适性,理论上看法不一.反对者认为将土地承包经营权作价入股,设立有限公司,公司如果经营不善导致破产,可能引发农民的失地风险.鉴于我国农村土地“与生具有”的社会保障功能以及承包的土地权利不同于一般单纯财产权利的特性<sup>[4]</sup>,公司破产导致入股农民丧失土地的现象是农民难以接受与承受的,也是政府不希望出现的,它甚至可能会诱发更尖锐和深层次的社会矛盾.很明显,在现有的法律制度框架内嵌入土地承包经营权入股有一定难度,但并非不可行,实践中土地作价入股已有了可资借鉴的鲜活案例,如农民创业园经营模式.农民创业园经营模式是指在不改变土地用途的前提下,在土地承包经营合同的有效期内以农民剩余的土地承包经营权入股成立有限公司的经营模式.以该方式成立的有限公司主要以高产量、高科技农产品的经营为主,在相对大的范围内实现产、购、销网络,不仅可提高农地的产量和收益,提高农民的收入,还可促进农村经济的产业化和多样化发展,促进农村的规模化经营,实现农业生产的规模效益,进而促进农村城镇化发展,最终实现农村和城镇的无缝化衔接.该模式自从在南方一些地区实行试点以来,已经取得了一定程度的成功,并逐渐成为沿海地区农民普遍认可的一种土地承包经营权流转方式.作为为社会可持续发展提供服务的法律制度,只能对其进行规范.当然土地承包经营权入股的法律确认还需要相关配套制度的完善(如基于公共利益的土地征收制度),以减少公司发展中的不稳定因素所带来的风险.

2 陕西省土地征收的现状和难点

随着社会和城市化的发展,土地征收以及由其引发的一些社会矛盾和纠纷呈现愈演愈烈之势,陕西省自不能“置身度外”.据课题组的调查统计显示,有 56.09%的被调查对象经历过土地征收(如表 3 所示),征地农民占了被调查对象的多数.在笔者走访临潼的调查对象时还了解到,土地征收

表 3 陕西省土地征收情况调查表

| 序号 | 调查内容      | 比例     |
|----|-----------|--------|
| A  | 经历过土地征收   | 56.09% |
| B  | 没有经历过土地征收 | 36.5%  |
| C  | 不知道       | 9.7%   |



程序违法、补偿不到位、征地农民救济权利得不到保障的现象严重;在获得既得利益的情况下,农村集体的代表——村民委员会甚至“协助”建设单位征地.因此完善我省土地征收制度,切实保障农民权益需要从以下几方面入手.

2.1 完善农村集体土地出资人制度

在农村集体土地征收的过程中,内部所有权主体缺位、外部监管缺失是农民土地权益保护可望而不可及的主要原因.要在土地征收中保障农民权益,首先需要解决集体土地所有权主体、监管主体缺位问题.

(1)建立集体土地资源经营管理委员会.借鉴国家资产管理委员会的构建和运营模式建立集体土地资源经营管理委员会,将其作为农村集体土地的出资人或产权代表人,以事业单位和市场主体的身份在国土资源部门制定的规划框架内,在国土资源部门的监管下,参与土地市场.集体土地资源经营管理委员会以对农民集体负责为己任,主要职责是负责农村集体土地流转政策或制度的制定、理顺农民和农民集体的利益关系、保障农民集体在土地产权流转中的权益等.集体土地资源经营管理委员会制度可以有效解决在土地权利流转中农村集体土地所有权主体缺位问题.

(2)成立村民代表会议.村民委员会是村民自我管理、自我教育、自我服务的基层群众性自治组织,农村集体土地由村民委员会经营管理,但村民委员的受教育水平和综合素质普遍较低,更缺乏对土地市场的准确把握能力,将农村集体土地的运营管理交付给村民委员会是其难以承受之重,所以实践中出现村民委员会“协助”土地征收的现象也不为奇怪.为应对村民委员会的“先天”缺陷,我们可选择重置村民委员会,剥离其土地经营管理的职能,将其作为单纯的管理公共事务的机构、代表民意的机构,并代之成立村民代表会议.村民代表会议是农民集体意志形成机构,依民主程序产生,受农民集体监督,受制于农民集体意志,不称职代表可按程序随时撤换.土地是农民赖以生存的最宝贵资源,故还应赋予村民代表会议集体土地流转的最终决定权,以制衡集体土地资源经营管理委员会.

(3)重新定位国土资源部门职责.重新定位国土资源部门的职责,使其回归监管角色,而不是扮演土地所有者及土地审批的角色.土地监管是政府的职责,作为监管主体,国土资源主管部门的主要职责包括:对土地使用年限的监管;对国有、集体土地经营、管理的监管,如在土地流转中有无权钱交易和国有、集体土地流失等现象的监管;维护土地市场秩序;打击土地交易的欺诈行为等.

2.2 完善司法救济制度

现行法律为保障农村集体土地成员权已有相应规定,如《物权法》63 条.该条规定不仅宣布集体土地所有权受法律保护,而且明令禁止任何单位和个人的侵占、哄抢、私分和破坏等行为,显然这里的任何单位和个人包括农村委员会、政府机关及建设单位等.同时该条第 2 款还规定了农民的诉权,在集体经济组织或者农村委员会或其负责人作出的决定侵害集体成员合法权益时,权益受侵害的集体成员可以请求人民法院予以撤销.

表 4 土地征收中农民维权途径调查表

| 序号 | 调查内容                 | 比例    |
|----|----------------------|-------|
| A  | 各家各户自己解决             | 24.4% |
| B  | 由集体组织派代表与建设单位协商解决    | 26.8% |
| C  | 由集体组织派代表与政府相关部门解决    | 21.9% |
| D  | 没有想到要解决,政府怎么决定,就怎么处理 | 20.7% |

但关于土地征收的诸多案例表明在现有的法律制度框架下,受侵害的农民权益要得到有效的法律救济仍很艰难.主要原因有二:第一,农民的法律维权意识欠缺.调查显示,有 20.7%(如表 4 所示)的被调查对象选择政府怎么决定,就怎么处理,完全处于被动地位,法律维权意识欠缺.社会制度的设置与社会意识的提升是相辅相成的,完美的制度设置如果没有相匹配的社会意识,则其实施效果会适得其反;要进行制度设计,需要意识先行,而要完善法律救济制度,需要农民

法律意识的提高.第二,司法救济制度不完善.调查显示(见表 4),在被调查对象中,有 24%的农户在土地被征收且没有得到适当补偿的情况下选择单门独户维权,有 26.8%的农户选择由集体派代表与建设单位协商解决,还有 21.9%的农户选择由集体组织派代表与政府协商解决,可见在陕西省征地农民中有相当部分的农民有一定的维权意识,但基于诉讼成本的考虑或者农民的忌诉心理作祟,使他们的维权仍处于一种感性状态,这可以从近期

发生的一些土地征收维权实例得以佐证,所以要减少土地征收中的纠纷和矛盾,我们不仅需要进一步完善便于农民诉讼的司法救济制度,更重要的是还要加强农民法律意识的培养。

(1)建立专司保护农民土地权益的土地法庭。鉴于农民受教育水平低,缺乏基本法律素养,以及农村交通不便和农民地位弱势等因素,可以考虑建立便于农民提起诉讼、适合农民特点的土地法庭。该法庭专门受理侵害农民土地权益的案件,该类案件包括农村委员会、农村委员会负责人或其他任何单位侵害农民土地权益的案件,土地征收中程序不合法案件,土地补偿不足案件等。

(2)加强农民法律意识的培养。培养农民的法律意识,普及法律教育,使其善于在其权益受到侵害时用法律武器来保护权益,也是当务之急。

(3)降低诉讼成本。农民的收入很低,调查显示,每年每亩的收入在1 000元以下的农户占调查对象的57.3%,按一家三口占地3.3亩计算,农户每年的农地收入不足3 300元。如果诉讼成本过高,农民可能会基于成本考虑选择放弃维权。

### 3 结束语

我国农民人口多,负担重,全国13亿人口需要农民提供基本口粮,所以切实保障农民权益,提高农民劳动的积极性,是我国社会变迁和经济制度转型中的重点。陕西省作为农业大省,要在社会急速变迁和经济转型的过程中稳步前行,妥善解决农民问题亦是重中之重。完善农村土地征收和土地承包经营权流转制度只是完善农村土地权利制度的一部分,要实现农业经济的稳步发展,还需要其他配套制度的改革和完善。虽然此过程漫长而艰难,但在以经济发展为中心这一社会发展总方针的指导下,完善土地权利流转制度,使其实现与现有法律制度的无缝接入,也并非遥不可及。

### 参 考 文 献

[1] 丁关良.农村土地承包经营权流转的法律思考—以《农村土地承包经营法》为主要分析依据[J].中国农村经济,2003,(10):17-23.  
[2] 石 峰.试论农村土地承包经营权流转制度完善[J].上海大学学报(社会科学版),2007,(5):121-125.  
[3] 王利明.我国民法典重大疑难问题之研究[M].北京:法律出版社,2006:398-399.  
[4] 刘 俊.土地承包经营权性质探讨[J].现代法学,2007,(2):170-178.  
[5] 李曙光.建立成立土地国资委[N].南方周末,2009-10-15.

## ON ANALYSIS OF SITUATION AND DIFFICULTIES ABOUT TRANSFER OF RURAL LAND RIGHTS' IN SHAANXI PROVINCE

——on the Basis of Investigation About Transfer of Rural Land Rights in Shaanxi Province

LIU Xiao-ping, NING Li-gong

(School of Humanities, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** By use of the empirical research methods, an investigation about the phenomenon of transfer of rural land rights was made and studied carefully. Research showed that the transfer of rural land contract-management rights of Shaanxi province was varied and mortgage and share needed rule of law in order to realize large scale operation of rural economy. At the same time, research also showed that the system of transfer of rural land ownership needed improvement of the systems about investor, rural representative meeting and judicial relief in order to realize the development of rural economy and urbanization.

**Key words:** mortgage; rural land contract-management rights; land expropriation

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0178-04

# 农民职业教育的问题及对策探析 ——以宝鸡陇县为例

张彤璞

(陕西科技大学管理学院, 陕西 西安 710021)

**摘 要:**发展农民职业教育、开发农村人力资源意义重大。“关中-天水经济区”次核心的陕西省宝鸡市的陇县是典型的农业大县,农村劳动力丰富,作者通过对陇县农民职业教育现状进行调查,探讨了农民职业教育的现状与存在的问题,进而提出提升我国农民职业教育培训水平的解决对策。

**关键词:**农村劳动力; 职业教育; 人力资源

**中图法分类号:**G725

**文献标识码:**A

## 0 前 言

农村剩余劳动力的转移即指农村劳动力从土地上分离出来之后,向非农产业转化的劳动力资源再配置过程。发展经济学家刘易斯认为,存在大量的剩余劳动力是发展中国家传统农业部门的特征。目前,作为发展中国的我国,劳动力供给尽管丰富,农村劳动力自身素质不高和职业技术的缺乏却严重制约着农村剩余劳动力转移。毋庸置疑,通过发展农民职业教育、开发农村人力资源是促进农村剩余劳动力转移的重要途径。本文以“关中-天水经济区”次核心地位的陕西省宝鸡市的陇县农民职业教育作为研究样本对上述问题进行了探讨。

## 1 陇县农民职业教育的现状

陇县地处关中西陲,毗邻甘肃省,行政区划属于宝鸡地区,农村劳动力总量 13 万人,富余劳动力 4 万人,占劳动力总数的 30.8%,居较高比例。陇县经济基础薄弱,是一个典型的农业县和劳务输出大县,属国家扶贫开发工作重点县。

(1)发挥职教中心的统筹作用。2003 年成立的陇县职教中心是陇县农民职业教育资源的主体,在校学生基本稳定在 1 000 人左右,建有自己的实训基地。陇县相关政府部门根据本部门特点也进行了农民职业教育培训。2009 年 9 月,成立了由陇县县长牵头、有关部门领导参加的职教中心办学委员会,由县长主持,定期召开会议,对职业教育发展与改革的重大问题进行决策,协调解决职教中心办学过程中存在的主要问题。

(2)完善教育局的职能。完善职教中心是陇县教育局职能强化的重心。首先,负责职教招生工作,加大招生宣传力度,转变招生模式,加大招生奖励力度。其次,建设学校基础能力,制定了《陇县职教中心实训基地建设规划》,优化专业结构,配置骨干专业,完成教学工程。再次,实施人人技能工程培训及加大农民技术培训。最后,创建省级示范成人技校,学校制定了教学制度,领导机构健全,岗位职责明确,教师有教案,学

\* 收稿日期:2010-09-02

作者简介:张彤璞(1978—),女,陕西省宝鸡市人,讲师,硕士,研究方向:经济理论与运行

基金项目:陕西省科技厅项目《陕西农村人力资源五位一体“就业式开发”模式研究》(项目编号:2009KRM053)

员有教材,活动有记录,档案建设规范,教学活动达到了序列化。

(3)强化人事劳动局的职能。相对来说,人事劳动局由于其行政职能优势,在劳动就业转移培训的体系上比较完善,培训工作比较突出。一是进城务工技能培训,专业设置根据农民工用工、实际工作需求情况而定,配套有技能鉴定工作站。二是创业培训,针对返乡农民工、退伍军人、下岗工人及残疾人,陕西省有专门的政策支持和贷款担保。三是农村劳务输出引导型培训,由乡镇劳动保障事务所进行。人事劳动局负责的这3类培训基本都是面对初中以上文化程度的农村劳动力。另外,还采取送教进村、下乡宣传、报名动员、由以农民联合会名义的汇报、交流等方式进行对象不定、时间不定的不定期培训。

(4)其他部门农民教育培训工作。基于相关专业技术优势的原因,林果局、农业局这些部门也有自己的相关培训,如“阳光工程”、“雨露工程”的专业技术培训,因此也承担着相当部分的培训及教育工作。但是相对而言,师资力量比较缺乏,培训范围、规模也较小。

## 2 陇县农民职业教育培训的效果

陇县教育局、人事劳动局及其它相关部门进行农民培训教育的特色较为明显,具有良好的总体效果。

(1)短期培训受青睐,且效果好。由于农民的观念问题,在招生上存在和高中教育争夺生源的矛盾、培训时间和农忙季节性的矛盾以及相关费用的问题,因此使得农民比较重视短期效益,而忽视长期培训效果。以人事劳动局为主组织的短期培训比较受欢迎,且效果良好。

(2)长期培训或者成人职业教育在一些领域取得了成效。如陇县职教中心具有较强竞争优势的建筑专业,为陕西乃至全国输送了一批建筑类高级工人及人才,很多建筑公司的骨干人员中有相当一部分来源于本校,但目前由于师资力量缺乏等原因呈现优势不保的趋势。此外,由于前些年畜牧专业的努力和积累,该县的畜牧专业很有优势,且能很好的和当地的畜牧资源结合,从而为陇县的县域经济做出了很大贡献。

(3)劳务输出、实用技术类培训由于所体现的直接效益,培训工作卓有成效。陇县2009年全县劳务输出6.5万人次,经济收入6.2亿,人均净手收入3万余元,主要行业为建筑、木工、电子类。统计数据显示,陇县平均务工收入占农民总收入的60%~65%,而根据有关部门测定,经济发达地区这一比例在80%~85%及以上,所以陇县劳务输出平均务工收入比例仍然偏低。

## 3 陇县农民职业教育存在的问题

虽然陇县各个相关的行政部门一直在进行一系列的农民职业教育,并且也取得了比较显著的效果,但是陇县的农民职业教育仍存在诸多问题:

(1)培训主体多元化的缺陷。陇县农民职业培训教育的工作主体存在着不同归口单位,比如目前从事农民培训的各部门有教育局、人劳局、农业局、农机站、林果局等,这是由于上级归口部门各自的工作分工与安排形成的,因此也导致了不同培训教育资金的分配渠道。这种现状的缺陷在于资源分配与利用不均,效率不高,削弱了资金的集中使用效果,职教中心统筹全县职业教育的功能作用不能充分发挥,优质教育资源无法合理使用,形成行业、公办、民办职业教育培训各自为阵、相互消耗、夹缝中挣扎的恶性循环局面。可以说,这是贫困县区的一个共性,因为县区财政紧张,资源本身有限,各个部门的竞争使用就是一种必然,从而出现了对农民的重复培训或者培训流于形式,不能很好的利用教育系统的师资、教室、设备、专业积累等资源的弊端。

(2)培训针对性不强,实用性与市场需求不够一致,培训专业与个人发展、市场需求之间也存在矛盾。一是由于先期资金投入不足导致基础较差,在很大程度上制约着发展速度、规模、和质量,也就不能够满足市场需求。二是专业建设滞后,专业教学设施不足,没有形成骨干专业和优势专业,专业教师数量不足、质量不高,没有形成骨干专业教师群体,导致教学质量与效果不高。尽管近年来该县职业教育有较大发展,但在同地区县市中仍处劣势,发展面临更大压力。三是在职业教育的个人专业选择上对农村劳动力的引导不足,不能很好的结合劳动力本身年龄、体质、性格及个人意愿来进行。

(3)职业教育的社会环境尚需进一步优化。干部与群众重升学教育、轻职业教育的思想观念需进一步

解放和转化。社会对职业教育在认识上的偏见在相当一段时间还将继续存在,这就使得职业教育招生工作仍未摆脱困境,群众对接受职业教育,特别是对县域内职业培训机构存在偏见,致使初中毕业生中考落榜学生大量外流。此外,学生招生的积极性未调动起来。学校招生多年来主要是依靠教职工全面招生,而在校学生参与招生的人数量少,主动性不强。

(4)经济环境亟待发展。陇县有很多自然资源,如土特产、老字号、旅游、畜牧等资源,但没有形成特色的和强有力的区域经济支持,也没有配套工业支持。在我们调研中看到,同属宝鸡市,职教工作做得出色的眉县,工业企业相对较多,且很注重进行工业园区的建设。由于陇县这方面的滞后,在吸纳和安置劳动力上力量很薄弱,甚至导致农民对养殖、种植等实用技术的忽视,影响了农村劳动力从简单型劳动转向技能型劳动积极性的提高。

(5)专业发展与师资、经费的限制。市场劳动力的需求是经常变化的,为此专业和技术培养应该随时适应市场需求,而陇县在专业建设与设置上由于专业教师缺乏,引进人才、实训设备等经费不足,专业发展与市场需求脱节。以陇县职教中心为例,现有68名编制,实际还有14个外聘教师,这些人员来源于企业或其他相关单位,具有丰富的经验和实用的技术,但这14人的经费解决全部依赖于职教中心,每年的费用20多万,对职教中心产生了较大的经济压力。可以说,资金是很大的制约瓶颈。

#### 4 农民职业教育的思考与对策

农民培训与教育问题看似单一,实则牵扯的部门多、面广,需要政府、企业、学校与农民个人几方面的配合与协作,需要政府与社会、个人微观与宏观层面的共建。

(1)资源整合,加强农民职业教育的机制建设。尽快结束部门之间既竞争资源又重复浪费资源的局面,消除培训主体多元化的弊端。要改变这种现状就必须采取一些措施,一是从源头上进行整合,加强全县职业教育的统筹管理工作,建立科学有效的组织模式,即从上级各归口管理单位形成统一协调的政策与联合配合。二是继续加大经费投入。由于职业教育教育的外部性及公共物品特点,在县区农民职业教育发展阶段依然应遵循政府主导与扶持,市场为辅的原则。

(2)发展县域经济,提供劳动力教育培训的就业保障。利用现有自然资源、人口资源,发展特色农业、旅游业、工业、既可吸纳农民就业,又可促进农民参加培训与教育的积极性,创立自身的品牌与竞争力,提高经济发展水平与县域收入,从某种程度上还可以改变培训主体多元化、资金分散的现状。经济环境一旦得到极大的改善,就将为本地劳动力教育培训提供较多的就业岗位,也会进一步激励农村劳动力进行职业教育的积极性。

(3)继续深化改变观念,建设良好的农民职业教育软环境。百年大计,教育为本,对于现阶段大量的劳动力供给,应尽快提高其素质与技术,密切劳动力与资本的结合。使劳动力从简单的自然资源转变为高级资源,转变为人力资本,是很多发达国家复兴崛起的必经之路。在我国现阶段,大力提高农民劳动力整体素质,提高农民就业技能是当务之急。转变经济发展方式,实现产业升级、经济结构调整,依然离不开人的因素以及资本与劳动力的结合。因此,不论政府还是个体部门都需强化对农民的引导宣传,让农村劳动力认识到职业教育培训的重要性,形成全社会引导、认同、鼓励的良好环境。

(4)发展专业、建设师资,形成教育资源的有效保障。首先,专业设置需要顺应市场需求,使农民学有所用、用有所长,才能够更大程度上激发其积极性。但是,专业建设并非一朝一夕,需要不断积累与吸收经验和各种硬件设施的配套。其次,在师资力量上进行动态发展、设置,在方式上可进行联合与引进,如与其他学校、培训机构联合,与其他地区联合,与高校和工厂联合,同时引进相关人才。最后,利用信息网络,建立远程化教育,解决师资引进与调配方面存在的困难。

(5)完善企业用工制度,与农民职业教育相配合。现有很多企业用人机制简单,约束极少,准入门槛低,对人员素质要求不高,这使农民技能培训观念淡薄,对于自身素质、技能提高很不重视,他们认为工作好找,不行就重新换单位换岗位,致使人员流动性大。这一现象给企业用人造成了难题,劳动力资源长期处于低下水平。因此,有必要完善企业用工制度,提高人员准入门槛,提高对农民工的技术、素质要求,这样既可

约束农村劳动力,又使得他们必须进行相关的职业教育培训、取得相关资质资格证书,这对于农民个人和用人企业是双赢的举措。

(6)尽快实现产业升级,转变经济发展方式,从宏观上引导、促进农民职业教育。政府政策上的调整与引导对于农民职业教育的影响意义重大。由于现阶段我国经济的粗放式增长,使得产品附加值极低,对于劳动力技能素质要求不高,劳动回报率偏低,在很大程度上也制约了农民职业教育培训的进行,影响了劳动力培训的积极性。这就需要对于西部地区应从政策导向上尽快实现由初级产品的生产加工到工业制成品的生产。在发展经济的同时,还注意环境保护与生态平衡,且将此教育内容纳入农民职业教育。对于沿海可吸纳众多劳动力的地区尽快发展创意产业、高科技高附加值产业,提高第三产业的数量、水平与质量,这对于培养高级技能、实现高利润的产业工人以及提高农村劳动力的整体素质才具有极大的激励和促进作用。

## 5 结束语

农民职业教育培训的意义重大,进行农民工教育培训在总体思路不能片面追求数量与速度,不能急功近利和试图一蹴而就,在解决思路上需要长效的、互动的多环节、多部门的努力与共建,需要用人企业及其他相关单位的积极配合。进行农民工教育培训,国家经济结构调整是基础,理顺自上而下的统筹管理关系是保障,改变社会与个人的认识观念是氛围,建设师资与专业是核心,发展区域经济是动力。

## 参 考 文 献

- [1] 刘春生,郑锁平.从经济学角度透析职业教育在农村剩余劳动力转移中的作用[J].职业技术教育(教科版),2005,(22):23-25.
- [2] 梁秀梅.对当前我国农村剩余劳动力转移的特征分析[J].山东省农业管理干部学院学报,2005,(2):14-15.
- [3] 秦元芳,吴 昊.试论农村富余劳动力有序转移的制度改革与创新[J].经济问题探索,2008,(9):30-31.
- [4] 舒尔茨.改造传统农业[M].北京:商务印书馆,1987:146.
- [5] 林 红.对职业教育与区域经济协调发展的探究[J].职业教育研究,2009,(7):11-12.

# PEASANT VOCATIONAL EDUCATION PROBLEM AND COUNTERMEASURE EXPLORE

——Taking Bao Ji City Long County as Example

ZHANG Tong-pu

(School of Management, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** Developing peasant vocational education and rural area human resources are significant. As the inferior core position of "Guanzhong-Tianshui & Economic Zone", Shaanxi province Baoji city Long county is the representative big counties of agriculture, it's rural labor are rich in the central Shaanxi plain. The thesis has based on the investigation of Long county peasant vocational education current situation, and discussed peasant vocational education current situation with having problem. Lastly, the thesis suggested countermeasures to promote our country peasant vocational education.

**Key words:** rural area human resources; vocational education; human resources



# 论企业在经济活动中的社会责任

张宇翔<sup>1</sup>, 侯 曼<sup>2</sup>

(1. 陕西科技大学基建处, 陕西 西安 710021; 2. 陕西科技大学管理学院, 陕西 西安 710021)

**摘 要:**企业是社会经济发展的基础,企业在追求利益最大化的管理活动中必然与员工、消费者、出资者与债权人、政府及社会公众之间不同程度地存在某种直接关系,从而不可避免地涉及到社会责任管理问题.作者在对企业承担社会责任的必要性、重要意义以及企业履行社会责任中存在的主要问题等进行分析论述的基础上,为强化我国企业的社会责任管理提出了相应的对策.

**关键词:**企业; 社会责任; 经济绩效

**中图法分类号:**F270.7

**文献标识码:**A

## 0 引 言

近年来,三鹿奶粉事件、河南跨省特大砷污染事件、中石油特大井喷事故等相继曝光,在追究地方政府相关部门失职的同时,企业的社会责任问题也引起了社会各方面极大的关注.企业追求效益本无可厚非,但在追求效益的同时,不能忘了还有一件比效益更重要的东西,就是社会责任.一个有良知的企业,在追求自身的商业利益时,更应该考虑消费者的利益、公共影响和社会责任.诚如温家宝总理反复强调的:“一个企业家身上应该流着道德的血液.只有把看得见的企业技术、产品和管理,以及背后引导他们并受他们影响的理念、道德和责任,两者加在一起才能构成经济和企业的DNA”.现在,成熟的企业都非常重视社会责任形象的建立和推广.从全球视角来看,企业承担社会责任已经成为必然的趋势<sup>[1]</sup>.

## 1 企业承担社会责任的必要性和意义

企业社会责任(Corporate Social Responsibility,简称CSR),是指企业在经营过程中应考虑其决策和企业行为对社会公共利益影响所具有的责任.目前,得到国际上普遍认同的企业社会责任理念是:企业在创造利润、对股东利益负责的同时,还要承担对员工、社会和环境的责任,其中包括遵守商业道德、生产安全、职业健康、保护劳动者合法权益及资源等<sup>[2]</sup>.

企业的社会责任已受到了国际社会空前的重视与关注,而企业履行社会责任已是大势所趋.社会各界要求企业增强社会责任的呼声越来越高,如道琼斯可持续发展指数、多米尼道德指数、《商业道德》、《财富》及《福布斯》等著名商业杂志都将企业社会责任纳入了评价体系,并在对企业进行排名时加上了“社会责任”的标准.我国在遭受SA8000冲击后,社会各界也对企业社会责任有了一定的认识.中国国务院发展研究中心企业研究所等机构于2006年对企业社会责任进行了公众评价调查,其结果显示有六成被访者认为在中国倡导企业承担社会责任、树立良好的企业公众形象“非常有必要”<sup>[3,4]</sup>.

企业的社会责任与经济绩效之间存在着正相关的关系.首先,企业承担对内部员工的责任,使员工和社会受益,会促进员工努力工作,并可吸引高素质人才为企业创造更多的价值.其次,企业对外部社会责任的承担,不仅有助于整个社会整体责任感的提高,而且为企业自身长远发展奠定了基础,更好地体现了自己的文化取向和价值观念,取得无与伦比的广告效应,既可提升企业的形象和消费者的认可程度,又给企

\* 收稿日期:2010-06-17

作者简介:张宇翔(1972—),男,陕西省乾县人,工程师,研究方向:管理工程



业带来了一种品牌的延伸,并可提高市场占有率,使企业获得长期可持续的发展。

## 2 企业履行社会责任中存在的主要问题

### 2.1 企业与顾客的关系方面

目前,许多企业为了达到销售自己产品或服务的目的,采用欺骗或蒙蔽消费者的手段对商品的性能夸大其辞,却对商品本身潜在的危險性避而不谈,使得消费者无法做出明确的选择。可以说,消费者不能理智地选择商品或服务,其中一个重要原因就是企业提供的信息不充分或信息失真。例如2009年7月21日中国消协发出的消费警示:学生“近视回归镜”在黑龙江、内蒙古、河南等多个省区大量销售,供宣传使用的《视力健康报》中,有大量不科学表示功效的断言和保证,严重欺骗和误导了消费者。而企业在创造需求方面同样值得深思。人的需求有的是合理的,有些则是不合理的甚至是有害的,如吸烟有害健康已是人所皆知的常识,但仍有很多烟草企业为了扩大市场,在宣传上引诱人们吸烟,特别是引诱青少年和妇女。据报道,1999年美国曾因吸烟受害的消费者向法院起诉烟草商,使得烟草商向消费者赔偿约达4000亿美元的损失。

### 2.2 企业与竞争者的关系方面

在一个激烈竞争的环境中,企业为了自己的生存和发展绞尽脑汁,有的甚至采取非法或合法不合理的手段,例如制售假冒他人商标、字号、包装的商品和伪劣产品,损害竞争对手的商业信誉、商业声誉,侵犯他人的商业秘密。经济信用关系失常,带来市场交易秩序混乱以及信用危机频繁出现的严重后果。从短期看,有时采取一些不公平的竞争手段或许会给企业带来一时的盈利,但随着法制的健全和社会对公平竞争的重视,这些手段会失去用武之地。即使在目前,采用不公平手段也未必凑效。如果大家都参与了不公平竞争,到头来只会两败俱伤。因此,从长远的角度看,企业应加强自身的竞争实力,在为社会提供服务的水平 and 能力上下功夫,为建立一个公正公平的竞争环境作出自己的贡献。只有各个企业都这样做了,才能真正的使社会处于一种良性的竞争状态。

### 2.3 企业与员工的关系方面

一些企业对员工不愿承担最基本的社会责任,并利用在劳动力市场的优势地位和资本的权利安排工作超时、超量,恶意克扣、拖欠员工工资,消极对待员工的投诉;一些企业管理者缺乏安全生产意识,不重视安全和劳动保护,安全设施投入严重不足,导致生产事故频发、人员伤亡惨重;有些企业招聘欺诈,在试用期间给予很低的工资甚至不给工资,试用期结束后便找理由将其辞掉重新招聘以降低成本;有些企业为了逃避员工职业病所造成的法律责任,定期换一批员工,把犯职业病的员工推向社会;有些民营企业社会保险覆盖率较低,把本该由企业自身承担的责任转嫁给社会,给社会带来极大的负面影响和沉重的经济负担。

### 2.4 企业与政府的关系方面

很多地方政府评价企业常以利润指标、税收指标为依据,这样一来GDP成了唯一衡量标准,加之一些地方干部对企业社会责任问题不关心,从而对企业制造假冒伪劣商品、污染社区环境、侵害员工利益等不法行为不闻不问,有些地方甚至加以袒护,导致企业财务欺诈、官商结合、偷税漏费、权钱交易、权利腐败、商业贿赂、地方保护主义等现象层出不穷。

### 2.5 企业与自然环境的关系方面

许多企业认为治理污染会增大成本,不愿在环保上投入,将利润建立在污染和破坏环境的基础之上,以邻为壑,牺牲公众及社会利益。有些企业为了追求高利润,对企业排放废水、废气、废渣等造成的污染不但不实施治理还继续偷偷地排放。另外,一些企业用于噪声治理的费用不足,企业的噪声监测管理体系不完善等使噪声污染源得不到有效治理,影响到员工和周围居民的正常生活。

## 3 强化企业社会责任管理的对策建议

### 3.1 提高企业的社会责任意识

企业是企业的企业,社会是企业发展的空间和利润来源。企业唯有树立正确的企业责任观,增强社会

责任使命感,履行了自己的社会责任,才能够赢得社会的广泛关注和好评,进而获得市场,稳定顾客。

首先,企业应该承担并履行好经济责任,为丰富人民的物质生活和国民经济的快速稳定发展发挥自己应有的作用。加速产业技术升级和产业结构的优化,大力发展绿色企业,增大企业吸纳就业的能力,为环境保护和社会安定尽职尽责。其次,企业应在遵纪守法方面作出表率,遵守相关法律、法规,诚信、合法、健康经营,承兑保修允诺。第三,是企业的慈善责任。企业应充分发挥资本优势,发展社会公益事业,为成为一个好的企业公民而对外捐助。最后,支持国家正常运转的经济来源。企业所缴纳的税收是国民收入的主要组成部分,盈利的企业是社会的财富,企业的合法纳税是支持整个社会良好运转的主要力量。同时,整个社会环境的稳定和繁荣,又会为企业发展提供了一个广阔的舞台。

### 3.2 发挥政府在推进企业社会责任中的主导作用

我国目前还处于市场经济的初级阶段,缺乏推进企业社会责任的社会基础和各种社会力量,所以政府的引导和推进作用显得非常重要。首先政府要吸收 SA8000 等国外社会责任标准合理的条款,制定和完善有关强化企业社会责任的法规,组织有关部门对企业社会责任定期评估,使企业履行社会责任从自律开始逐步过渡到第三方认证,形成制度化和规范化的管理体系,加强对企业社会责任的监督。其次,加大对严重违反相关法律法规企业的惩罚力度和对模范履行社会责任的企业的表彰力度,引导企业转变经营理念,积极履行社会责任。第三,政府在采购、投资和科技项目立项以及企业的资助等方面实行企业社会责任标准认证制度,未通过认证的企业不得申请政府科技项目立项等资助,不得参与政府采购和投资项目的投标,逐步把履行社会责任作为企业进入市场的准入条件。最后,地方政府要加快推动基层工会的组织建设,为工会维权做到保驾护航,促使企业劳资双方能平等协商,创建和谐的劳资关系。

### 3.3 发挥社会各界对企业履行社会责任的监督作用

新闻媒体应加大对违反《劳动法》、《环境保护法》、《安全生产法》等法律法规、虐待员工、非法生产经营、坑害消费者利益、制售假冒伪劣产品、拒不承担社会责任企业的曝光力度;消费者协会要鼓励和倡导消费者抵制缺乏社会责任企业产品,使用优秀“企业公民”的产品;企业的竞争者、合作者、公众等社会各界应对企业承担社会责任进行约束和监督。通过法律监督、职能监督、舆论监督和公众监督,形成全社会的良好监督氛围,促使企业成为履行社会责任的优秀社会组织。

## 参 考 文 献

- [1] 黎友焕, 龚成威. 国内企业社会责任理论研究新进展[J]. 西安电子科技大学学报(社会科学版), 2009, (1): 1-15.
- [2] 钟 声. 企业的社会责任再思考[J]. 法治研究, 2009, (2): 97-100.
- [3] 周荣敏. 从经济学角度分析企业的社会责任[J]. 河北企业, 2008, (12): 35.
- [4] 韩 颖, 马增林. 企业社会责任缺失的原因及对策分析[J]. 哈尔滨市委党校学报, 2008, (1): 41.

## ON SOCIAL ACCOUNTABILITIES OF ENTERPRISE IN ECONOMIC ACTIVITIES

ZHANG Yu-xiang<sup>1</sup>, HOU Man<sup>2</sup>

(1. Infrastructure Department, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China; 2. School of Management, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** Enterprises in China form a huge social organization on which socio-economic development is based. In their managerial activities of benefit maximization, enterprises necessarily establish some direct relations on varying degrees with their employees, consumers, donors and creditors, government and the public, and inevitably involve management of social accountabilities. Based on analysis of the necessity, significance of social accountabilities enterprise should undertake, and main problems in fulfilling these social accountabilities, this paper proposes corresponding countermeasures to strengthen management of enterprise social accountabilities.

**Key words:** enterprise; social accountabilities; economic performance

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0185-05

# 高校辅导员队伍专业化建设的探索与实践

杨 欣, 陈源梅, 王慧芳

(陕西科技大学学工部, 陕西 西安 710021)

**摘 要:**探析了辅导员队伍专业化建设的内涵,在此基础上,从制度保障、培训提高、课程带动、研究促进等4方面对辅导员队伍专业化建设进行了理论与实践探索,在辅导员队伍专业化方面取得了初步成果。

**关键词:**辅导员队伍;专业化;建设;探索

**中图法分类号:**G40-058

**文献标识码:**A

## 0 前言

辅导员是高校教师队伍的重要组成部分,是高校从事德育工作,开展大学生思想政治教育的骨干力量。随着国家对大学生思想政治教育和辅导员队伍建设的日益重视,高校辅导员队伍建设已基本在数量上达到了国家要求。根据2008年底教育部统计数字,我国高校专职辅导员与学生之比已达到1:207<sup>[1]</sup>。因此,着重在质量上建设一支职业化、专业化的高素质辅导员队伍,对于全面贯彻党的教育方针,深入做好大学生思想政治教育的各项工作显得日益迫切。辅导员队伍专业化不仅是教育界和学术界的热门话题,而且已成为辅导员队伍长远发展的趋势。

## 1 对高校辅导员队伍“专业化”的思考

从职业社会学来看,20世纪社会变革的一个显著特征就是许多职业进入了专业(profession)的行列。专业是职业分化的结果,是职业发展的高级阶段,一种职业是否专业要看其是否符合专业的标准以及专业(professionalization)的程度如何。那么,辅导员队伍究竟怎样才算达到了专业化的水平,其专业化的内涵是什么?

较早系统地对“专业”问题进行分析研究的是社会学家卡尔·桑德斯。他认为“所谓专业是指一群人在从事一种需要专门技术的职业,专业是一种需要特殊智力来培养和完成的职业,其目的在于提供专门性服务”<sup>[2]</sup>。刘捷在其博士论文中对专业的界定是指一群人经过专门教育或训练,具有较高深的和独特的专门知识和技术,按照一定标准进行职业活动,从而解决人生和社会问题,促进社会进步并获得相应报酬待遇和社会地位的专门职业<sup>[3]</sup>。汪麟对辅导员“专业化”界定是依托专门的机构及终身专业训练体系,对辅导员进行科学的管理和培养,使辅导员掌握高校德育工作的知识和技能,实施专业自主,表现专业道德,提高自身的学术地位和社会地位,全面有效地履行辅导员职责的过程,这个过程包括辅导员个体的专业化和群体(即辅导员队伍)的专业化两个层面。群体意义上辅导员的专业化与个体意义上辅导员的专业化是密切联

\* 收稿日期:2010-07-16

作者简介:杨欣(1968—),女,山西省运城市人,副教授,硕士,研究方向:大学生思想政治教育

系、相互制约的<sup>[4]</sup>. 蔡红建认为, 辅导员专业化指一个普通的职业群体在一定时期内逐渐获得鲜明的专业标准和相应的专业地位, 成为专门职业的过程<sup>[5]</sup>.

通过以上分析, 结合工作实际, 笔者认为辅导员队伍专业化的内涵应包含以下 4 方面: 辅导员队伍数量适当、相对稳定, 部分成员终身从事; 辅导员个体受过一定的专业培养, 具备思想政治教育、学生事务、心理咨询、就业指导等一方面或一系列专业技能, 辅导员队伍整体的专业技能适应工作需求; 辅导员工作在业内、社会上享有相应的专业声誉; 辅导员队伍成员有机会和能力从事专业领域研究.

## 2 辅导员队伍专业化建设的探索与实践

辅导员队伍专业化建设既是一个目标, 又是一个过程<sup>[5]</sup>. 高校辅导员队伍专业化发展问题之所以成为学术界讨论的热点, 主要是高校辅导员专业化程度不高、缺乏作为一种学术职业所必需的职业身份和专业标准<sup>[6]</sup>. 辅导员队伍专业化建设主要是针对辅导员应该具备的职业素养和职业技能, 不仅指辅导员要成为以大学生思想政治作为职业的专业型人才这个一般意义上的专业化, 更是指广义上的专业化, 即辅导员队伍要向专家学者型方向发展<sup>[7]</sup>. 郑永廷认为, 辅导员专业化从何入手, 这既是高等学校需要面对和解决的现实问题, 也是广大辅导员正在探询的问题, 而明确学科依托是辅导员工作专业化的前提. 其次, 进行工作领域划分并形成专门化理论与方法体系是辅导员工作专业化关键. 但如何科学、合理划分辅导员工作领域, 形成专业化覆盖; 如何在现有工作体制下进行辅导员专业化分工; 如何从高校层面和辅导员个体层面推进专业化进程, 这是高校培养人才急需解决的重大课题<sup>[8]</sup>.

近年来, 笔者以陕西科技大学为例, 着重从高校层面和辅导员个体层面入手, 从制度保障、培训提高、课程带动、研究促进等方面对推动辅导员队伍专业化建设进行了探索与实践.

### 2.1 政策保障, 搭建平台

“工作有条件, 干事有平台, 发展有空间”是国家对辅导员成长创造条件的要求. 高校辅导员队伍专业化建设的主要障碍是职责不清, 忙于日常管理之类的事务性工作, 忽视了思想政治教育本职业务. 政策怎样制定才能有利于辅导员队伍整体专业化的发展, 主要是要解决“有人干、有条件干、心甘情愿干”3 个问题. 一段时期以来, 辅导员在高校中扮演着边缘化的身份, 工作特点是繁杂琐碎, “上面千条线, 地上一根针”, 存在着地位低下、职责不清、出路不畅等问题. 要改变这种现状, 政策保障着重要解决以下 4 点:

(1) 保证数量, 创造条件. 自中央 16 号文件下发以来, 全国各高校对于辅导员的队伍建设有了长足的发展, 这首先表现在辅导员数量上的保证. 以陕西科技大学为例, 陕西科技大学的辅导员数量由 2006 年的 1:380 增长到目前的 1:194, 这就为辅导员队伍专业化发展创造了最基本的条件.

(2) 落实待遇, 双线发展. 中央 16 号文件明确规定了辅导员既是管理干部, 又是教师身份. 陕西科技大学对辅导员的双重身份做了明确规定, 自 2006 年以来校党委连续下发了《关于加强我校专职大学生思想政治教育队伍建设的实施意见》和《陕西科技大学辅导员工作条例》, 从政治待遇、经济待遇、培养培训提高等方面提出了确切要求. 2009 年, 学校下发的《陕西科技大学专职学生思想政治教育工作系列职称评审暂行办法》, 实现了辅导员职称评审的序列单列、指标单列、评审单列, 为辅导员队伍的专业化发展提供了政策保障.

(3) 搭建平台, 贴近学生. 自 2006 年以来, 陕西科技大学实施了辅导员轮休、入住学生公寓、辅导员听课、辅导员与学生谈心等制度, 以方便辅导员与学生相互沟通, 促进辅导员深入学生, 更好的了解学生、服务学生、引导学生, 做到一线的工作与一线的研究相结合.

政策提供保障, 措施搭建平台, 促使辅导员队伍数量适当、相对稳定, 双线发展的辅导员积极快乐地将

辅导员工作视为了终身可从事的事业.

2.2  培训提高,循序渐进

培训是提升辅导员职业素养和职业能力的重要举措.为打造一支信念坚定、理论扎实、视野开阔、综合素质高的职业化、专业化的辅导员队伍,陕西科大尝试建立了分阶段、多层次、多形式和重实效的辅导员队伍培训体系,构建了“重视岗前适应培训,落实日常交流培训,做好专题提高培训,精选职业前瞻培训,创造机会开展社会拓展培训”的体系,如表 1 所示.

表 1  高校辅导员培训体系的构建

| 序号 | 培训类别          | 解决问题         | 培训目的                   | 培训对象            | 培训内容                                                                                                                                         | 组织方式                                              |
|----|---------------|--------------|------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1  | 岗前培训          | 干什么          | 明确工作岗位职责,尽快进入工作角色.     | 新  进<br>辅  导  员 | 有关国家、校内文件学习;初步了解思想政治教育理论与方法、大学生思想变化特点规律、校园安全稳定工作、家庭经济困难学生资助、大学生心理健康教育、校园文化活动、网络管理与舆论引导、大学生就业问题、研究生辅导员注意事项等.                                  | 校级培训<br>为主                                        |
| 2  | 日常培训          | 怎么干          | 掌握辅导员工作的基本方法,正确完成各项工作. | 全  体<br>辅  导  员 | 以工作促学习,以学习、交流、提高促工作.                                                                                                                         | 学院培训<br>为主                                        |
| 3  | 专题培训          | 如何干好         | 提高工作技能、素质和获取经验.        | 全  体<br>辅  导  员 | 技能培训:管理人员和教师二者兼须具备的工作技能.<br>素质提高:思想政治工作人员需要掌握的多学科基本知识,包括高等教育理论前沿、领导科学、组织行为学、心理学、教育学、管理学、社会学、教育统计学、法律等.<br>经验获取:建设先进工作平台,借鉴专家、国内高校工作经验、经验分享等. | 校级培训与<br>学院培训相<br>结合,参加相<br>关会议、研讨<br>会、国内交流<br>等 |
| 4  | 职业培训          | 怎样成为<br>专业人士 | 辅导员职业化、专业化.            | 部  分<br>辅  导  员 | 就业指导专业培训、国家心理咨询师专业培训、就读相关专业硕博学位及其它专业化培训内容等.                                                                                                  | 外出培训为<br>主,自费与学<br>校出资相结<br>合                     |
| 5  | 社会培训及<br>国际培训 | 怎样成为<br>专家   | 拓展思维,把握趋势.             | 少部分<br>辅导员      | 企业人力资源培训;社会实践、学习考察;了解国外学生发展的管理、教育方式,学生事务课程体系及管理模式等.                                                                                          | 外出培训自<br>费与学校出<br>资相结合                            |

分阶段、多层次的培训,缓解了辅导员个体需求多样与整体培训内容有限的矛盾,多形式、重实效的培训解决了辅导员工作中即时出现的各种问题;不仅辅导员个体经过了专业培养,而且辅导员队伍整体的专业技能不断适应了工作需求。

### 2.3 课程带动,系统深入

辅导员承担的课程建设水平是其专业化、职业化的支撑,也是能否在业内、社会上享有一定专业声誉的基础。课程建设如何促进辅导员队伍建设,主要是要解决辅导员“能不能开课、开什么课程、有什么优势”等问题。思想政治教育是一门实践性、应用性很强的教育,辅导员进行课程讲授,主要是坚持问题导向、应用已有理论对学生中存在的问题做出通俗性的、深入浅出的、为学生喜闻乐见的解答,使学生在解决问题的过程中提高思想道德素质。进行案例教学,也是辅导员的拿手好戏,由于他们了解学生的生活实际,掌握学生的思想动态,熟悉学生的思想情绪,因此可以在讲课的过程中信手拈来身边学生的鲜活案例,使学生在例子中得到启迪,在事实中受到教育。

通过课程建设,促进辅导员自觉学习研究,提高了育人水平。陕西科技大学经过对辅导员个人兴趣、发展方向等的调研,在辅导员队伍中形成了由 40 余人组成的《大学生生活心理学》、《就业指导》、《艺术欣赏》、《社会实践》等 4 个教学团队,常集体备课,分享经验,共商难题,受到学生欢迎,在育人时也自育。

课程讲授不仅促使辅导员对教师这一身份有了进一步的认识,还促使辅导员对学生中存在的一些实际问题进行了系统深入研究,促使辅导员充分挖掘自身发展潜力,增强了辅导员的自信心和职业认同感,为树立良好的专业声誉奠定了基础。

### 2.4 研究促进,观念领先

辅导员是大学生的人生导师,在学生大学阶段的迷茫时刻,辅导员之所以能领住学生,是因其理念、观念领先,引导学生,而不是管住学生。如何创造条件利于辅导员开展研究,主要是倡导研究,形成氛围,解决“申报项目渠道少、集中钻研时间少、个人精力有限”等问题。

设立专款,倡导开展研究。学生工作系统可根据学校工作实际,针对工作中存在的各种教育、管理、学生事务等问题设立研究课题。如奖、助学金怎样才能在学生成才中发挥更大的作用;入学教育采用什么模式效果会更好等等,将平常工作中的每一项工作做深做细。为解决辅导员申报项目渠道少的问题,学生工作系统单独设立专款,面向全体辅导员开展学生工作研究项目立项工作,为辅导员开展研究、做好工作创造了条件。

整合力量,成立研究团队。学校根据学生工作的需要和学科特点,打破院系界限,根据个人兴趣和研究方向自由组合成研究团队。各团队针对学生工作面临的现实课题,有计划、有组织地在学生工作的某一方面做深入调查研究,探索行之有效的方法和措施。以陕西科技大学为例,近两年形成校级研究团队 6 个。通过团队运作,形成了老中青结合的队伍梯队培养模式,形成了围绕工作、主动学习、深入研究的浓厚氛围,形成了理论和实践、继承与创新相辅相成的工作格局,有力推动辅导员队伍整体素质的提高和工作的进展。

重点扶持,推动研究进展。对于一些大学生中出现的新问题,比如在网络中大学生在社区网络中注册人数众多,坚持“哪里有学生,哪里就有辅导员”、“哪里学生多,哪里的关注就多”的原则。类似这些新出现的情况,均作为重点扶持的研究内容,推动研究进展,以利于学生的教育和发展。

辅导员结合工作实际,开展工作研究,不仅给辅导员提供了研究机会,而且在研究的过程中提升了职业技能,利于向专家学者型发展。

## 3 辅导员队伍专业化建设的效果

经过近年来的积极探索和建设,在上级有关部门和校领导的高度重视下,陕西科技大学培养了一支

“数量适当、结构合理、相对稳定、专兼职相结合”的辅导员队伍,在安全稳定、人才培养中发挥着积极的作用,多次受到了陕西省教育厅的表扬。

2009年10月,受陕西省教育厅指派代表省属高校参加了第二届全国高校辅导员工作创新论坛,学校代表在大会论坛的发言是辅导员团队的阶段性成果之一,引起了与会专家的高度关注,这意味着辅导员的部分研究成果已得到了社会认可。近两年,学生系统独立成功申报与学生思想政治教育和学生管理工作有关的省级重点教改项目2项,校级教改、科研项目7项,学工系统项目23项,获省级教学成果奖2项,发表思政工作相关论文80余篇,其中有5篇论文获陕西省高校思政教育研究奖。2010年5月,学校荣获全国大学生心理健康教育工作先进集体。学生一次就业率多年来保持在93%以上,毕业生受到了用人单位的欢迎。

通过承担《大学生生活心理学》、《就业指导》、《社会实践》、《艺术欣赏》等4门课程,辅导员系统学习、掌握了相关课程的理论知识,并将其运用到日常大学生思想政治教育工作中,现有就业指导师和心理咨询师10余名,为点拨学生的困惑与迷茫奠定了良好的基础,充分体现了辅导员作为大学生健康成长指导者的不可替代作用。

### 参 考 文 献

- [1] 本刊记者. 总结经验, 抓好落实, 加快辅导员队伍建设步伐[J]. 思想教育研究, 2009, (4): 9-13.
- [2] Carr-saunders, A. M. The profession[M]. Oxford: Clarendon Press, 1933: 3-4.
- [3] 刘 捷. 教师专业化研究导论[D]. 北京: 北京师范大学博士学位论文, 2001.
- [4] 汪 麟. 高校辅导员队伍专业化探析. 高教研究, 2006, (4): 23.
- [5] 蔡红建. 加强辅导员队伍专业化建设的思考[J]. 思想教育研究, 2007, (8): 46-49.
- [6] 朱孔军. 从两难选择到整合协调[J]. 思想教育研究, 2008, (7): 23-35.
- [7] 程样国. 高校辅导员队伍建设对策研究[J]. 学校党建与思想教育, 2008, (4): 33-37.
- [8] 郑永廷. 高校辅导员工作专业化理论与方法探讨[J]. 思想教育研究, 2009, (3): 51-53.

## EXPLORATION AND PRACTICE ON ESTABLISHMENT OF PROFESSIONAL COLLEGE COUNSELOR TEAM

YANG Xin, CHEN Yuan-mei, WANG Hui-fang

(Department of Student Affairs, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** The essence and contents of professional college counselor team has been analyzed firstly, and then the exploration on establishment of professional college counselor team has been carried out around its system guarantee, training, curriculum driving, and study, while the primary achievements have also been presented.

**Key words:** college counselor team; professionalism; establishment; exploration



# 新课程理念指导下构建新的 体育教学模式的探索

唐开荣

(陕西科技大学体育部, 陕西 西安 710021)

**摘要:**随着体育课《新课程标准》在高校的实施,要求高校体育教师必须树立和构建新型的体育教学观;体育教学要面向全体学生,尊重学生个性,确立学生的主体地位,发挥学生的主观能动性,重视学生身心素质的提高;新的体育课堂应是情感的课堂、能动的课堂、激励评价的课堂以及不断创新的课堂,这样才能更快地提高教学质量,获得更佳的教学效果。

**关键词:**高校体育课; 体育教学观; 体育教学模式

**中图法分类号:**G807.4

**文献标识码:**A

## 0 前言

高校体育课程是以增进学生健康为主要目的,以身体练习为主要手段的一门必修课程,其教学目的已由原来的“身体的教育”转变为“通过身体而教育”,不仅要向学生传授知识、技能,增强学生体质,促进身体全面发展,提高学生心理素质水平,养成良好的锻炼习惯,而且还要将体育作为增进健康的思维方式、行为方式和生活方式传授给学生,帮助学生学会做人、学会求知、学会健体、学会审美、学会生活、学会创造,从而促进学生综合素质的提高,促进学生个体的社会化。然而,目前高校体育教学仍存在许多不适应时代发展的问題,还没有摆脱旧的思想理念的约束,无法提高其教学的有效性,如缺乏对新课程的正确理解;“以人为本”的教学观念淡薄;以书本内容为主,缺乏创造性;教学方法呆板,缺乏灵活性等,因此在新课程改革的要求下,高校体育教师必须从自我做起,不断更新理念,积极探索有效的教学途径,创建新型的体育课堂,推进体育教育的顺利开展,促进高校体育教学目标的实现。

## 1 树立“健康第一,快乐体育,教学创新”的教育思想,创建新型的高校体育课堂

在教学领域中,积极有效的创新思维方式是推动体育教学改革的关键,特别是在体育教学不断趋向于健康教学、快乐体育的形势下,其重要性越来越引起体育教育工作者的重视。因此,在体育教学中,教师应当把新型的教学方法应用于教学中,才能更快地提高教学质量,获得更佳的教学效果。体育教学要面向全体学生,尊重学生个性,确立学生的主体地位,发挥学生的主观能动性,重视学生身心素质的提高。现行的体育观念、教育内容、方法手段、教学评估和管理等都要在体育课堂当中体现新的教育思想。

### 1.1 新型的高校体育课堂应是开放的课堂

新时期新型体育课堂应冲破传统观念的束缚,打破教学内容和形式上的封闭,教师的思想要开放,树立新的教育观、质量观、人才观,要以学生发展为本,以发展创新能力和实践能力为主,立足于培养适应 21 世纪社会发展的人才。要有开放性的备课、开放式的教学,形成开放的系统,为学生的全面发展提供丰富的信息土壤。新课程标准特别强调增加学生和教师对教材的选择权,这就改变了过去那种学生喜欢的内容不能上课堂,而学生不喜欢的内容又不得不学的局面。在教学形式上将不再强调过多的模式化的东西,而更多地注重体育教学的实效。在教师指导下,应建立起自主探究的创新型学习方式和合作快乐的互动型学习方式;在教学过程中要开放思维的空间,激发创新的灵感,使学生真正成为学习的主人;在

\* 收稿日期:2010-05-19

作者简介:唐开荣(1974—),男,甘肃省张掖市人,讲师,研究方向:体育教学与训练

教学方法的选择上要有利于学生的全面发展,留给学生自主发展的时间和空间,启发学生的开放性思维,变被动为主动,在娱乐中掌握技术从而使身体得到锻炼。

### 1.2 新型的高校体育课堂应是情感的课堂

体育教学要突破传统的单纯注重知识、智力、体能的局限,要把培养学生积极的学习情感放到重要的位置上。课堂教学要由只提要求、下命令向重情感过渡,由强调苦学苦练向创造条件使学生乐学过渡,由单向知识传授向多向情感互动过渡,千方百计让学生品尝成功。课堂教学中要营造出愉悦气氛,给学生以积极的情感体验。教师要努力建立平等、友好、互相尊重、互相信任的良好师生关系,要树立为学生服务的思想,一切从学生实际出发。课堂上要把学习体育知识、技能和身体锻炼建立在自身的愿望、需求和社会的责任感上,在整个教学过程中,使学生保持良好的注意力及充满欢乐、愉快的情绪,使学生的个性受到尊重,并得到充分发展,这样才能缩短师生间的心理距离,有助于教师当好“引导者”,并能充分发挥学生的创新潜能。情感不仅具有动力价值,而且具有精神价值、美育价值和信息价值。因此,教师在教学中应注重情感的价值特性,培养学生的品格情感。只有这样,才能激发起他们对体育学习的向往、知识的追求和能力的提高。

### 1.3 新型的高校体育课堂应是能动的课堂

新型课堂要改“一言堂”为“群言堂”,突出“以师为导”、“以生为本”的思想,充分调动学生参与教学活动的热情,最大限度地激发学生的主观能动性。要打破教师直接给结论,学生进行单纯的“听——看——记——练”的教学模式,形成在教师的启发引导下,学生自己去探索知识,做到用耳听、用眼看、用口说、用脑想、身体力行、亲身体验,从而发现总结出教学中的重点内容,同时提倡联系实际、联系已有的知识结构,质疑发问、探究性的学习,对难点开展讨论和争鸣,创设教学情景,让学生能动地把握知识的内在联系。此外,对学生的奇思异想应加以引导,因为灵感和创造常常孕育在“异想天开”之中。体育课中应重视学生的“参与心理”,激发学生积极主动地参与体育教学过程。总之,体育教师在课堂上要扮演好组织者、引导者、帮助者、促进者的角色,让学生通过自主学习、合作学习、能动学习,真正成为课堂的主人,享受体育的乐趣。

### 1.4 新型的高校体育课堂应是激励评价的课堂

新的体育教学观提倡一种“场合驱动评价”,它避免了目标教学模式刻板、僵硬的形成性评价,使教学一直在气氛浓厚的情境中进行。在体育课教学中,教师应经常运用评语的方式,即时评价学生掌握技术技能的程度。例如在学生练习中或结束时用“好”、“很好”、“不错”、“好棒”、“真聪明”、“真不容易”、“相信自己”、“再试一试”、“坚持一下”等词语进行激励性评价。以准确量化的方式,即时评价学生掌握技术技能的程度。例如,给学生即时反馈其跑的时间、投掷的远度、跳过的某一高度或远度、力量性练习的次数等,这样让学生随时掌握自己的学习情况,提供超越自我的激励评价。经常把定量评价和定性评价结合起来,既有客观指标的反映,又有教师对学生技巧掌握程度的评语,如支撑跳跃、跨栏跑、跳高、跳远等;经常运用暗示评价给学生带来某些心理上的亢奋,例如在练习中指定某一学生做示范表演,将学生重新编组,对一些学生增加练习内容或难度,而对另一些学生降低练习要求。教师以某种动作(如鼓掌、点头、拍拍学生肩膀等)或用表情(凝视、皱眉、沉默、不理等)表示赞赏或不赞赏。在新型体育教学过程中,应改变过去单一评价、终身评价为学生互评、自评、师生的共同评价,注重过程评价。

### 1.5 新型的高校体育课堂应是创新的课堂

由于个体差异及兴趣爱好不同、教育环境与教育方式不同,使得学生的身体素质和运动能力也有较大的区别,使得学生在一起学习很难,也使得教师在教学过程中很难把握这个尺度。分层教学模式的实施,使得这一难题得到了解决。在教学过程中,可以让水平相对高一点的同学做技术水平高一点的练习,要求也要相对高一点,使得他们有更多的提高空间,而不是让他们去学最基本的练习。而水平相对低一点的同学则要学习基本的练习,这样他们也不会有跟不上的感觉,老师可以给他们布置有针对性的练习,使他们真正掌握所学的技术,尽快赶上好的同学,好的同学则有一种被老师认同的感觉而变得自信,更加激发了学习的兴趣。

## 2 加强师德建设,提高高校体育教师的综合能力

大力加强师德建设,是充分挖掘高校体育课功能的重要环节之一.首先,体育教师不仅要传授体育知识技能,而且要加强人格修养,在授课中教会学生如何做人;其次,现代师德意识还包括体育教师应以发展学生潜能为己任,使体育课的视野从智力领域扩展到非智力领域,从表层的泛化教育过渡到重视学生个体多方面潜能的挖掘,重视学生的主体地位,激发学生的主体意识,促使学生在体育成绩提高的同时养成体育锻炼的自觉行为.

随着高校体育教学改革进一步深化,体育教师更需要提高其综合素质能力,一是应具有创新的思维能力,要把对学生的创新能力和创新意识的培养渗透到体育教学的环节之中;二是应具有合理的知识结构和较强的自学能力,既有扎实的专业基础理论及广博的相关学科知识,又有熟练的基本技能与获取运用知识探索未来的能力;三是应具有运用现代科教技术的能力.科学技术的快速发展为现代教育带来了更多更新的教学手段和技术,以信息传播技术和计算机技术为代表的多媒体技术已经在体育教学中得到了广泛运用,通过运用信息传播技术进行学生健康状况的监测、反馈和评价,既能够有针对性的指导学生锻炼身体,还可以获得最新的体育教学资料,不断地更新教育知识,指导教学工作,提高教学水平.

## 3 结束语

终身体育已越来越被人们认同,为了更好地实现这个目标,在课程目标的确定、教学内容选择和教学方法的更新上都要遵循这一目标.实践证明,学生本身对体育学习内容还是非常有兴趣的,从而可以激发他们对体育学习的积极性,推动他们在体育与健康课程学习中取得好成绩.作为教师,要在教学中激发和培养学生的学习兴趣,增强学生的自信心,促进学生在不断学习过程中不断进步,并认识到体育带来的好处,从而树立终身体育的思想.美国教育家费雷塔科有一句话:“只有教师拥有教学过程中以自己独特方式寻找自己的道路的时候,教育才有可能成为艺术,才会有高质量”.新课程要求教师改变传统的教学观念和教学方法,更多地从生活实际出发,从培养和提高学生的综合能力入手,不断汲取新的知识,探索新的方法,以适应新形势的要求,只有这样,体育教学才能更加有声有色,充满活力.

## 参 考 文 献

- [1] 王章明,潘慧炬.如何建构有特色的体育教育专业课程体系[J].北京体育大学学报,2005,(10):1 395-1 397.
- [2] 曾世华.1997~2002 年中华武术套路研究的动态及展望[J].体育学刊,2004,(1):24-26.
- [3] 胡美兰.高师武术教学中学生教学能力的培养[J].北京体育大学学报,2003,(6):820-821.
- [4] 杨 牧.高校体育教师在新形势下教学观念的转变[J].贵州体育科技,2009,(3):61-62.
- [5] 李成业.新体育课程教师角色的重新定位[J].中国校外教育,2010,(2):155-57.

# THE EXPLORATION OF CONSTRUCTING NEW PE TEACHING MODE UNDER THE GUIDANCE OF NEW CURRICULUM CONCEPT

TANG Kai-rong

(P. E. Department, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** With the practice of “New Curriculum Standard” in institutions of higher learning, college teachers are requested to set up and construct new PE teaching idea. PE teaching must face all the students, respect the individual characteristic development, set students' predominant status, display students' subjective initiative and attach importance to the improvement of students' qualities of the body and mind. The new PE class should be class of emotion, interaction, encouragement and constant innovation so as to improve teaching quality quickly and obtain teaching effect greatly.

**Key words:** PE in college; PE teaching idea; PE teaching mode

\* 文章编号:1000-5811(2010)05-0193-04

# 关于高校专业资料室建设与管理思考

陆琦, 许伟

(陕西科技大学资源与环境学院, 陕西 西安 710021)

**摘要:**高校专业资料室的设立为高级科技人才的培养起到了积极的作用,但随着时代的发展也存在许多亟待解决的问题.为了更好地使专业资料室服务于现代专业人才培养,作者就高校专业资料室的建设与管理现状以及存在问题进行了论述,提出了一些解决办法和发展建议.

**关键词:**高校;专业资料室;现状与发展

**中图法分类号:**G251.5      **文献标识码:**A

## 0 引言

现在各高校基本上都设立了专业资料室.由于各学校的历史沿革、实力及规模不同,各专业资料室的建设、发展、作用也是千差万别.为便捷、高效、优质地服务于学校的教学、科研、学科建设及大学生的素质教育等各项工作,发挥了很好的作用.但是随着经济社会的发展,高等教育人才培养模式的转变,专业资料室的功能与定位将发生很大的改变.原有专业资料室已无法满足现代人才的培养.所以,本文分析了高校专业资料室的现状、特点及存在问题,提出了一些解决办法和发展建议.

## 1 高校专业资料室目前的现状及特点

### 1.1 高校专业资料室的现状

专业资料室工作业务性强,同时也是一项带有“铺路架桥”性质的服务工作.专业资料室应该说是以图书馆为中枢的全校文献信息系统的“末梢”,是专为各院系教学、科研服务的文献信息资源供应机构,它收集保管的文献信息资源与本学科结合紧,内容专深.因此,在为本院系的教学科研服务中发挥了很好的作用.但是,高校图书馆与高校各学院专业资料室之间基本各自为政、条块管理,缺乏必要的联系和沟通.这主要体现在专业资料室行政上是隶属于二级学院,地点设在各学院的办公地点附近,管理员则是二级学院领导委任.而图书馆是单独的核算单位,对各专业资料室的图书和期刊等资料的征订、目录的编排、文献的采集等没有权利进行统筹规划.

### 1.2 专业资料室的主要特点

专业资料室的工作是指以科技资料、科技文献、期刊杂志、学生毕业论文(设计)、科研技术资料以及各类教学科研技术档案为管理对象的具体业务工作.所以,高校的专业资料室的管理包括:专业杂志期刊的订阅,数字化技术资料的购置等.专业资料形成的管理,主要指科研文件材料转化为科研档案和资料,包括协助科研人员积累、收集、整理、立卷和归档;科研资料实体的管理,及接收、分类、鉴定、保管、统计等;科研档案信息资源的开发与利用,如挖掘档案潜在价值、提供档案信息服务等等.它的主要特点如下:

\* 收稿日期:2010-05-12

作者简介:陆琦(1956—),女,上海市人,工程师,研究方向:图书资料管理

(1) 专业技术性. 与其它资料档案相比, 材料的技术性更强;

(2) 成套性. 指一个独立的科研项目所形成的一套科研档案是一个密切联系的整体, 它主要体现在科研资料的形成与内容两个方面;

(3) 现实性. 这是指专业资料同科研活动密切相关, 具有现实实用性. 大多数科研资料在短期内不会过时, 对现阶段科研工作仍有借鉴和参考作用;

(4) 复用性. 即科研档案资料可以反复使用, 重复多次, 而且其潜在的使用价值随着使用次数的增加而增加. 复用性还体现了科研资源的共享性;

(5) 多样性. 这是指科研档案的物质形态多样化. 如随着科技的不断发展, 非纸介质的档案材料已被大量应用;

(6) 立卷单位多而且分散. 一所高校开展科研的单位很多, 科研工作课题组很多, 因此, 取得的科研成果也很多, 由此将产生同样多的资料档案.

## 2 专业资料室的作用和存在的主要问题

从各专业资料室所起的作用来看, 既有其积极有益的一面, 同时又存有一定的问题. 在实际的工作过程中, 可能由于认识或管理方面的原因, 各专业资料室仍存在一些问題.

### 2.1 积极有益的作用

#### 2.1.1 在大学生科技创新活动中的作用

科技创新是时代对人才培养的要求<sup>[1]</sup>. 大学生参加科技创新的过程可以充分地调动其学习积极性和涉猎其它学科知识的主动性, 锻炼和提高他们的科学思维能力, 帮助他们扎实地掌握和创造性地运用所学的知识, 在解决问题的过程中将不同领域的专业知识融会贯通. 高校各专业资料室作为教学辅助机构, 作为大学生的第二课堂, 更贴近各专业学生的学习和生活, 为他们的科技创新活动提供了充分的保障, 成为学生脑海中创新点的“生命之源”.

#### 2.1.2 为大学生的毕业实践环节提供保障

大学生的毕业论文(设计)工作是其在校学习的最后一个环节, 通过毕业论文(设计), 可以提高学生的实践能力, 培养其发现问题、解决问题的能力. 但由于学生们对专业综合知识的掌握程度、熟练运用的能力有限, 必须借助于前人在相关领域内所做的类似工作中的方法、手段及结果, 才能对导师所给的课题有一个清晰的认识. 而上述内容一般均可在各专业科技期刊上找到相应内容. 相对于图书馆来说, 学生在专业资料室可以更方便、快捷地找到自己所需的内容, 从而为其提供了帮助.

#### 2.1.3 为教师、科研人员查阅相关文献提供便捷

专业资料室的服务对象是具有特定专业知识技能的教学、科研人员以及相关专业的研究生和高年级本科学士生, 是本学科教师从事科研、教学活动的第—资源场所. 它作为图书馆的延伸和补充, 在提供文献信息资源方面有着图书馆不可替代的作用, 甚至可毫不夸张地说, 专业资料室从侧面也反映出教学科研水平和发展前景, 其专业优势、高效、优质的服务, 在当前高校教学、科研工作中起着举足轻重的作用. 专业教师、科研人员在教学、科研过程中无论何时遇到问题, 都可以及时、方便地到专业资料室获取信息. 也就是说, 专业资料室地理位置的优越性、文献资源的专业性、学术性、时效性是校图书馆所无法取代的.

#### 2.1.4 其它方面的作用

在二级学院的其它工作方面, 如学科建设、教育教学改革以及学生专业兴趣的培养等方面也都发挥着重要的、不可忽视的作用.

### 2.2 存在的主要问题

#### 2.2.1 资源共享存在障碍

专业资料室开放时间较短,很多资料室周末不开放,资料外借手续又比较繁琐,严重影响了资料室的使用效率。这些做法与图书馆的工作宗旨与服务目标相背离,不利于院校内部的资源共享<sup>[2]</sup>。

### 2.2.2 专业资料室管理人员和部分科研人员知识产权观念薄弱

专业资料室管理人员和部分科研人员知识产权观念薄弱,未进行鉴定的科研资料不存档,属于技术秘诀的材料不注意存档等。上述现象的发生,说明了仍有不少科研人员和管理人员没有意识到依法存档是他们的义务,知识产权观念淡薄。不了解科技成果档案既是“全民财富”,同时又要“有偿使用”。这些现象,一方面损害了学校的知识产权,导致学校技术权益的流失,另一方面,对学校科研工作以及科技资料工作的健康发展产生了负面的影响。

### 2.2.3 对专业资料室的地位和作用认识不够

许多人认为专业资料室仅是一个摆设,应付检查的一种形式,有些教师甚至一年都没有到过资料室借阅/查阅相关文献。因而利用率不高,效益不大。其次,资金短缺,专业资料室面积相对狭小,设备简陋,藏书和学术期刊有限,难以满足教学和科研的需求。再者,相互之间的资源不能共享,专业资料室仅对相关专业的学生和教师服务,严格地说,主要是为本学院的教师服务。另外,还存在一些制度不严、方法落后等其它一些问题。

## 3 解决办法及发展建议

### 3.1 加强宣传,提高对资料室重要性的认识

根据高等院校图书馆工作条例规定:“院系资料室的工作应着重进行专业资料的收集整理和研究,并开展情报服务,使之成为本专业的教学后盾、科研基地和情报服务中心<sup>[3]</sup>。”专业资料室隶属各院系,资料室人员对本学院情况比较熟悉,能够直接为教师备课、教学和科研提供专业资料,具有明显的专业性、针对性和灵活性,这是学校图书馆所无法比拟的。只有大家的认识提高了,认识到专业资料室在学院的教学科研中的必要性和重要性,才愿意为资料室的发展出谋划策,从而提高其利用率,增加其功效。

### 3.2 改善专业资料室的基本条件

可通过适量增加经费,改善专业资料室的基本条件。专业资料室应安排在相对宽敞、明亮,比较显眼的地方,方便大家的查找。同时,资料室应有安静、舒适的阅读环境。通过配备专业的资料室人员,增加计算机、扫描仪等设备,加强资料室的藏书建设。以本院系重点学科和专业为中心,分清轻重,掌握专业科研方向,筛选和采集急需的、利用率高的文献资料;通过开挖内部资源以获取专业对口、学术价值较高的非正式出版物,如科研报告、会议论文集及文献、其它内部专业资料等,这样既可以节约经费,又可扩大馆藏文献的收集范围。如能做到这些,就可为学院的教学和科研提供极大的帮助。

### 3.3 提高专业资料室管理人员的素质和服务意识<sup>[4]</sup>

随着高等教育的飞速发展,专业资料管理工作的领域不断拓宽,服务的范围不断扩大,管理工作的手段更加现代化,对资料工作者的政治素养、文化知识、专业水平和操作技能等方面都提出了挑战。为适应新的形势,资料管理人员应自觉加强学习,不断提高素质。特别要加强专业知识的训练,为专业建设、学科发展服务。加强专业资料室管理人员的队伍建设及服务意识,专职人员既能做到热爱本职工作,又能适时地提高自己的专业技术服务水平。院系领导应有针对性地加强资料室工作人员的培训工作,使他们既具有“敬业”的思想素质,又具有“专业”的业务素质。只有这样,才能更好地推动教师搞好科研和教学。

### 3.4 加强专业资料室的数字化建设

随着社会信息化程度的不断提高,网络信息技术在高校中得到了广泛的应用,尤其体现在图书馆和资料室的信息资源数字化建设方面。因此必须制定出切实可行的发展目标,依托图书馆的数字化信息资源,

建设好适合本学院具有自己特色的馆藏资料及现代化查询系统.

### 3.5 加强馆、室协调,促进资源共享<sup>[5]</sup>

在我国普通高校,学校有图书馆,院系有资料室.如何发挥各自的作用,目前有两种说法:一是合并说,有人主张将学校各资料室并入图书馆,减少重复建设,充分利用有限的资源.二是分馆说,有的学者认为将资料室并入图书馆并不能满足各单位的信息需求,一味的合并不是明智之举,而应根据需要加强资料室建设,把资料室建成在院系等二级单位的图书馆分馆,进一步延伸图书馆服务.不管怎样,加强馆、室协调,促进资源共享是大趋势.

## 4 结束语

在当前科技不断进步、高等教育飞速发展的大环境下,人们具有迫切地提高自身技能、科学文化素养的需要.而作为服务于高校教学、科研,提高大学生素质教育的基层专业资料室,需要认清形势,充分发挥现有的作用与职能,最大限度的提高其利用率,扬长避短,努力转变传统观念,制订切实可行的制度,不断加大对专业资料室的投入,更好地建设高水平、有特色专业资料室,使之高效、便捷、优质地为教学、科研、学科建设以及大学生的素质教育服务.

## 参 考 文 献

- [1] 张建华,李慧敏. 浅谈高校图书馆在大学生科技创新活动中的作用[J]. 图书馆工作与研究, 2009,165(11):89-90.
- [2] 林春媚. 电力档案资料管理探析管理科学[J]. 管理科学,2009,(30):62-62.
- [3] 彭志琼. 高校院系专业资料室建设问题初探[J]. 继续教育研究,2009,(5):58-59.
- [4] 郝秋香. 围绕学科建设加强系级资料室工作[J]. 唐山师范学院学报, 2009,31(5):154-155.
- [5] 颜 磊,崔艮艮. 军队院校图书馆与专业资料室协调发展刍议[J]. 上海高校图书情报工作研究, 2009,(3):58-60.

# THINKING ABOUT CONSTRUCTION AND MANAGEMENT OF UNIVERSITIES' PROFESSIONAL LIBRARY

LU Qi, ZHAO Wei

(School of Resources and Environment, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** The establishment of professional library for the cultivation of high-technology has played a good role. But with the development of the times, there are many problems to be solved. In order to make professional library to better serve the professional training of modern professionals, this article discussed the construction of specialized library, management of the professional status and existing problems to put forward some solutions and development suggestions.

**Key words:** universities; professional library; present situation and development