

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0001-06

KEY PROBLEMS ANALYSIS ON CO₂ DISPLACEMENT AND GEOLOGICAL STORAGE IN LOW PERMEABILITY OIL RESERVOIR, CHINA

ZHAO Hong-jun, LIAO Xin-wei

(MOE Key Laboratory of Petroleum Engineering, China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: Compared with marine deposit basin, continental sediments basins of China have unique characteristics of reservoir and fluid, such as poor physical property, high viscosity, high wax & resin content, high freezing point, etc. So the CO₂ EOR and geological storage will face many technical challenges. In this article, combining the unique reservoir geologic features, the key factors effect on CO₂ oil displacement efficiency and storage efficiency technical problems were analyzed with the theory analysis and numerical simulation method aimed at low permeable reservoir in China. Analysis results show that the viscous fingering, gravity segregation, reservoir heterogeneity and miscible state make an important effect on CO₂ displacement efficiency and storage efficiency. Meanwhile, same research directions and main problems were proposed further based on above analysis, to provide a technical guidance for the implementation of CO₂ injection project in China.

Key words: CO₂; oil displacement; geological storage; oil displacement efficiency; sweep efficiency; scientific analysis

CLC Number: TE357;X37 **Document Code:** A

0 Introduction

According to the third hydrocarbon resources evaluation in 2004, the Chinese petroleum resource is $1\,086\times10^8$ t (excluding Taiwan and China south sea), including low permeable resources for 537×10^8 t, accounted for total resources of 49%, more than 80% of the low permeable oil resources distribute in Cenozoic continental sediments^[1]. The largest low permeability reservoir geological reserves is Xinjiang region, the rest in turn for Daqing, Shengli, Jilin, Liaohe, Dagang, Zhongyuan, Yanchang, Changqing, Tuha, Huabei oilfields etc in China^[2]. How to scientifically and effectively explore low permeability reservoirs, and will make a great strategic significance for China's energy supply and security.

China's low permeability reservoir mainly adopts water flooding way, as a result of "low holes, low permeability, and low pressure" features, which result in the lower water injectivity, pressure conduction slowly, water injection and the oil wells production ability difficult. The average water drive recovery ratio is only 20%, compared with water flooding, CO₂ oil displacement has absolute advantage. First, since the good liquidity, make CO₂ can well mixed with oil, inject ability greatly improved, second, because of low viscosity generally low permeability reservoirs has low minimum miscible pressure (MMP), so that it is easier to form miscible of CO₂ and crude oil, accordingly can obtain higher crude oil recovery. In addition, in the process of CO₂ oil displacement, due to CO₂ dissolution, bound and other forms of trapping in reservoir^[3-6], which make CO₂ buried in reservoir for a long time, it provides favorable conditions for energy conservation and greenhouse gas emissions reduction, and the goal of green

* 收稿日期:2010-11-28
作者简介:赵宏军(1982—),男,陕西省宝鸡市人,在读博士生,研究方向:CO₂地质埋存和油气田开发
基金项目:国家973基础研究项目“温室气体提高石油采收率的资源化利用及地下埋存”(编号:2006CB705801)

oilfield achievement. Especially for China, the economy is still underdeveloped, CO₂ oil displacement and storage technology is an important measure to realize the sustainable energy supply and climate abatement.

1 Geological Characters of Low Permeability Reservoir in China^[7]

1.1 Petrography characteristics

The most significant difference of continental low permeable reservoir is low sediments maturity. Mainly difference is manifested in the higher feldspar and lithic content of clastic constituents (Tab. 1), mostly feldspar sandstone and lithic sandstone. This is totally different from Marine reservoir characteristics of rich in quartz.

Tab. 1 The parameters of low permeability sandstone reservoir, China

oilfield	depth/m	lithology	porosity/%	permeability /10 ⁻³ μm ²	viscosity/mPa · s	initial oil saturation/%	shale content/%
Ansai	1 200	sandstone	12.4	1.29	2~2.6	55	10~11.4
Yushulin	2 000	sandstone	11.8	3.09	4	60	12.5
Shen 150 block	3 000	packsand	12.9	9.8	0.5	60	0.49
Xinmin		siltstone	15.2	5.4	0.8~1.3	57	12
Yibei	2 500			6.7	4.2		8.9
Tuoshi	3 200	packsand	11.1	9.3	0.4~1.5	54	9.3
Masi deep strata	3 900	packsand	13	6.6	0.38	—	9.9
Shanshan	3 018	sandstone	13	6.2	0.37	52.5	10.2
East zone of Xing1Daqing	—	siltstone	21	10	—	40	18.1
Laojunmiao strata M	—	sandstone	19.1	24	—	54	16~21

1.2 Pore structure characteristics

The most essential characteristic of low permeability sandstone reservoir is small pore throat, high capillary pressure, the median radius generally less than 1 μm.

1.3 Strata scaling damage

After water flooding, usually because of reservoir temperature and pressure change or incompatibility ionic water-dividing mix, then precipitation were generated, forming a dirty deposit, reduce reservoir permeability, which make some effects on the kinds of oilfield development, especially low permeability oilfield, once dirty deposit blocked its pore throat it will make more serious influence on oilfield development. At present, some relevant research about scaling mechanism and anti-scaling measures have already undertaken in Jilin and Changqing oilfield. In addition, the feldspar content in sandstone reservoir is always higher in China, it is easy for feldspar to dissolution of rocks during acidification process, which result in structural damage, and form lots of clastic particle and clay to plug throat, to causes more damage in reservoir.

1.4 The role of natural fractures

Almost all of the diagenetic sandstone reservoirs develop natural fractures, but only in low permeability reservoirs, fractures will generate obvious influence on reservoir performance. The influence of fractures should be fully considered, using its advantageous side, avoiding adverse side, the key is to slow down the gas coning speed into wells along the fractures and expand gas injection sweep volume.

2 Several Key Problems Analysis on CO₂ Displacement and Storage

Theoretically, CO₂ recovery ratio in oil reservoir can reach 90%. However, the actual recovery of-

ten is not high under the effects of geological characteristics, fluid property and injection technology conditions and so on. A number of factors affect oil displacement and CO₂ storage efficiency; several key problems are analyzed as follow through theoretical analysis and numerical simulation methods to explain these effects. A five-spat pattern model was used in numerical simulation, an injection wells is located in the central, and four production wells are located in the four corners of the model. In order to simulate low permeability reservoir, the simulations presented an oil reservoir with a horizontal permeability of 1 mD, vertical and horizontal permeability ratio for 0.1, Tab.2 summarizes the base case input parameters including reservoir parameters and injection conditions. The main substances to be taken into account when describing flow and transport during CO₂ flooding and sequestration are CO₂, irreducible water, and reservoir oil, of course, the rock matrix that forms the porous medium.

2.1 Viscous fingering

Because of the large viscosity difference between oil and gas, injected CO₂ can't completely mix with oil and cause the gas coning of displacement front, namely viscous fingering phenomenon. In order to consider the fingering effect in black-oil model, the model introduces an empirical parameter, ω , amended the viscosity calculation model. A value of $\omega=1$ results in a piston-like displacement of oil by the injected solvent. If $\omega=0$ the displacement is similar to an immiscible displacement (except for the treatment of relative permeability). An intermediate value of ω results in a continuous solvent saturation increase behind the solvent front. The different values of ω were used to illustrate the viscosity fingering and the effect on oil recovery and CO₂ storage efficiency.

Fig. 1 shows the effect of viscous fingering on the oil recovery. Simulation results show that more oil produced from reservoir as the viscous fingering effect strengthens. Mixed parameter changed from 1 to 0, means that CO₂ displacement was from miscible displacement completely to immiscible flooding. As viscous fingering effect became more serious, the poorer CO₂ mixed with crude oil, the faster gas displacement front coning, resulting in CO₂ oil displacement efficiency decrease and smaller recovery. We can also draw from the results that the immiscible displacement had the earlier gas breakthrough time, the less storage volume (Fig. 2). In the case of miscible flooding, CO₂ can well mixed with crude oil, gas driving efficiency greatly increased, breakthrough seldom happened, the output volume is less.

2.2 Anisotropy

We just considered the different vertical to horizontal permeability ratio from 0.01 to 1 to (the horizontal permeability is 1 mD) explain the anisotropy effect. It should be pointed out that the amount of oil recovery and CO₂ storage increases with low K_v/K_h value (Fig. 3, Fig. 4). The difference is significantly related with the upward migration. The lower vertical permeability (i. e. low K_v/K_h value) prevents CO₂ from migrating up to the cap rock, and CO₂ can contact with crude oil completely. Simulation

Tab.2 Summary of the reservoir properties and injection conditions

properties	value
reservoir size/m×m×m (length, width and thickness)	199.7×199.7×35.57
porosity/%	0.12
top depth/m	1 000
number of grids	21×21×1
rock compressibility/psi ⁻¹	0.55E-6
reservoir temperature/°C	85
residual water saturation	0.15
residual CO ₂ saturation	0.37
CO ₂ injection rate/(mscf/d)	435.5
boundary condition	No-flow
total injection volume/HCPV	0.8
simulation time/a	10
injection interval	(10,10,1)
initial pressure/psi	2 000

results showed that the low K_v/K_h the vertical to horizontal permeability ratio is beneficial to CO_2 flooding and geological storage.

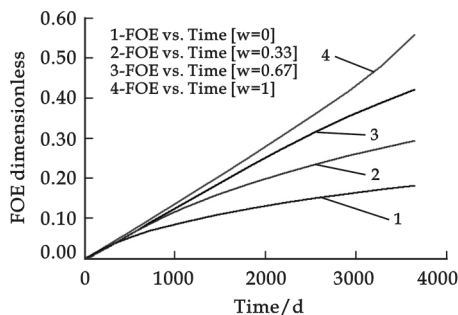


Fig. 1 Effect of the viscosity fingering on oil recovery with time

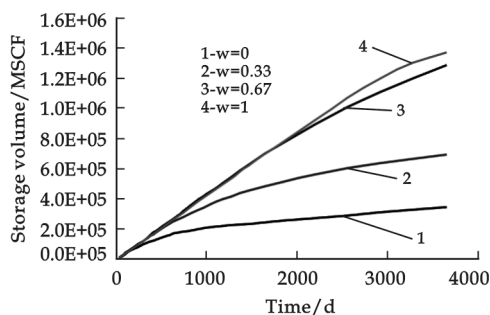


Fig. 2 Effect of the viscosity fingering on time development of storage volume

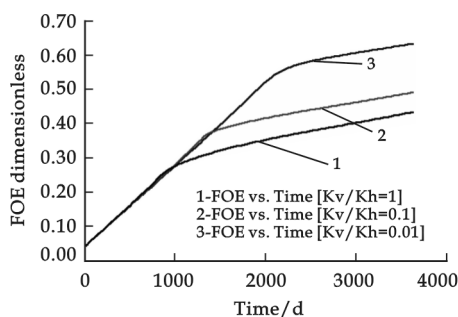


Fig. 3 Effect of K_v/K_h on oil recovery with time

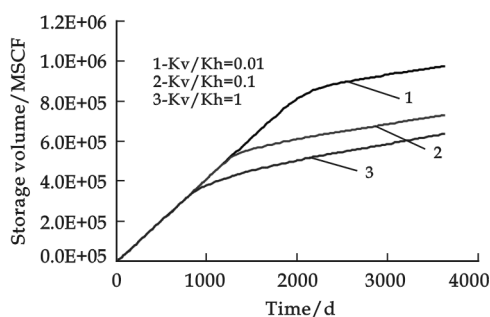


Fig. 4 Effect of K_v/K_h on time development of storage volume

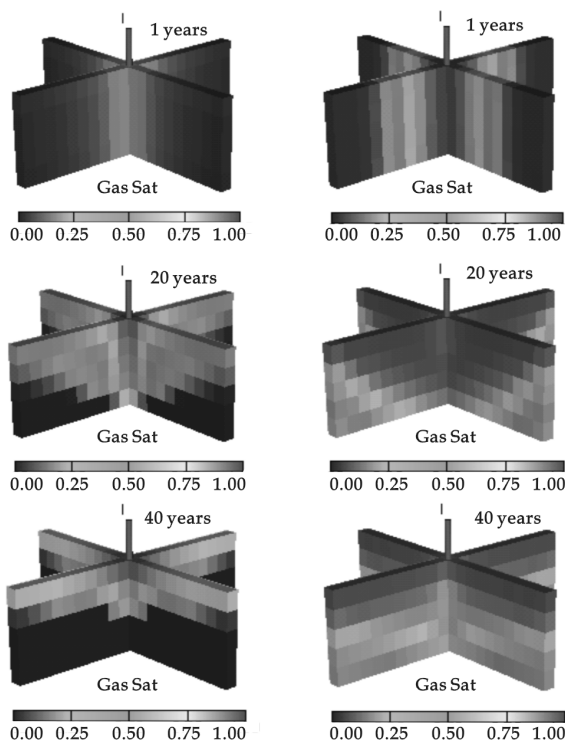


Fig. 5 Cross-section of distribution of free CO_2 plume in oil reservoir (Left: immiscible; Right: miscible) for different simulation times

2.3 Gravity segregation

In order to clearly observe gravity segregation existing in CO_2 -oil system, a three dimensional model was presented on the basis of two-dimensional model as above, grid dimension was $21 \times 21 \times 5$. Simulation injection time was 10 years, total simulation time for 40 years, other model parameters and injection parameters as mentioned above. All of the five wells adopted completely completion. Fig. 5 shows the changes of CO_2 saturation profile with time (1, 20, 40 years) for miscible and immiscible displacement respectively.

It can be seen from above saturation distribution profile that CO_2 tend to migrate upward with the extension of time under buoyancy effect. Especially, after injection termination, gravity segregation became more apparent, however, immiscible displacement is more serious than miscible flooding, and CO_2 is easier to reach the top layer. In the process of immiscible displacement, much of CO_2 cannot effectively mix with crude oil existing

as free phase in reservoir; therefore, the vertical migration happened easier. By comparing the distribution of CO₂ saturation, miscible displacement is favorable to CO₂ geological storage, reducing the risk of CO₂ leakage.

2.4 The reservoir heterogeneity^[8]

Reservoir heterogeneity is one of the most dominant factors affecting the performance of CO₂ flooding and its expected oil recovery. Most of the low permeability reservoirs in China belong to continental deposition in complicated diagenetic environment, the interlayer heterogeneity is very serious, and the difference of permeability can reach several times, even thousands of times in the same reservoir. Especially, the low permeability reservoir has a development of natural fractures; the connected fractures constitute the channeling-path of injected water and gas. Most reservoirs have formed the connected channeling-path after decades of water flooding.

2.5 The minimum miscibility pressure (MMP)

MMP depends not on the purity of CO₂ and the reservoir temperature, but depends on crude oil components; the more heavy components (eg the above C5 components) into crude oil, the higher MMP. The outstanding characteristic of China's reservoir has high viscosity, wax and high colloid content; these properties determine the most Chinese reservoirs have the high MMP. According to the preliminary evaluation results of China oilfield, characterized high proportion in western reservoir, and the low proportion in the east. In conclusion, most oil reservoirs is not suitable for CO₂ miscible flooding, immiscible displacement will play a dominant role in China.

Through the above analysis, we can conclude that many factors and problems comprehensive effect on the efficiency of oil displacement and CO₂ storage in low permeability oil, especially viscous fingering, gravity segregation and reservoir heterogeneity. Aiming at these problems, some technical ideas have been reported for improving CO₂ sweep efficiency in literature. Nestor L, Bai B *et al.*^[9,10] published a technique-water alternating gas, to improve oil-water viscosity ratio, expand sweep efficiency, Zhu T^[11] proposed CO₂-foam flooding, by adding foam agents into CO₂, increased CO₂ flow resistance, thus improving sweep efficiency; Heller, J. P, Xu Jianhang^[12,13] introduced gas thickening technology, namely CO₂ mix with high molecular weight polymer, thus increase viscosity of CO₂ to reduce mobility ratio. All of these technical ideas based primarily on the same mechanism, namely lower mobility ratio and controlling CO₂ viscous fingering. In the future, we should be aimed at low permeability reservoirs in China, and focus on suppressing gas channeling and improving sweep efficiency in related research.

3 Conclusions

Because of the particularity of the China's crude oil and reservoir conditions, CO₂ displacement and geological storage technique still has many technical challenges for implementation on a large scale. As the high MMP of CO₂-oil generally; immiscible displacement gives priority to EOR and CO₂ geological storage in China.

Through the above analysis, we can get the following understanding:

(1) China has huge low-permeability reserves, low-permeability reservoirs will become the main place for oil and gas development and CO₂ storage in future.

(2) Many factors have the effect on oil displacement and CO₂ storage efficiency, the key factors include viscous fingering, gravity segregation, reservoir heterogeneity and miscible condition; should pay more attention in the process of CO₂ injection.

(3) Water alternating gas injection, CO₂ foam or gas thickening technology should be investigated further for field application.

(4) Aimed at low permeability reservoirs in China, the related research should focus on suppressing gas channeling and improving sweep efficiency in future.

With the coming of “post-Kyoto world” in 2012, China will inevitably become the focus in the global performance for greenhouse gas emissions. So the CO₂ displacement and geological storage technique will make positive contribution for China's energy supply and emission reduction.

References

- [1] Hu Wenrui. The present and future of low permeability oil and gas in China[J]. Engineering Science, 2009, 11(8): 30.
- [2] Wu Bozhi. Theory and Application on High Efficiency Development in Low Permeability Reservoir[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2009: 1.
- [3] Ennis-King, J. Paterson, L. Role of Convective Mixing in the Long Term Storage of Carbon Dioxide in Deep Saline Formations [R]. SPE Paper 884344, 2003.
- [4] Felett, M., Gurton, R., Taggart, I. The Function of Gas-water Relative Permeability Hysteresis in the Sequestration of Carbon Dioxide in Saline Formations[R]. SPE Paper 88485, 2004.
- [5] Holtz M. H. Residual Gas Saturation to Aquifer Influx: a Calculation Method for 3d Computer Reservoir Model Construction[R]. SPE 75502, 2002.
- [6] Kumar A, Noh M, Pope G. A. *et al.* Reservoir Simulation of CO₂ Storage in Deep Saline Aquifers[R]. SPE 89343, 2004.
- [7] Zeng Daqian; Li Shuzhen. Types and characteristics of low permeability sandstone reservoirs in China[J]. Beijing: Petroleum Science, 1994, 15(1): 41.
- [8] Yue Xiang-an, Zhao Renbao, Zhao Fenglan. Technological challenges for CO₂ EOR in China[J]. Science Paper Online, 2007, 2(7): 487-488.
- [9] Bai B, Grigg R B, Liu Y, *et al.* Adsorption Kinetics of Surfactant Used in CO₂-Foam Flooding onto Berea Sandstone[R]. SPE 95920, 2005.
- [10] Nestor L. Management of Water Alternating Gas (WAG) Injection Projects[R]. SPE 53714, 1999.
- [11] Zhu T, Ogbé D O, Khataniar S. Improving the foam performance for mobility control and improved sweep efficiency in gas flooding[J]. Ind. Eng. Chem. Res., 2004, 43: 4 413-4 421.
- [12] Xu Jianhang. Carbon dioxide thickening agents for reduced CO₂ mobility[D]. Pittsburgh: University of Pittsburgh, 2003.
- [13] Heller, J. P., Dandge, D. K., Card, R. J., *et al.* Direct Thickeners for Mobility Control of CO₂ Floods[R]. SPE 11789, 1985: 679.

中国低渗透油藏 CO₂ 驱油与地质埋存关键问题分析

赵宏军, 廖新维

(中国石油大学(北京)石油工程学院教育部重点实验室, 北京 102249)

摘要: 中国特有的以陆相沉积为主的含油气盆地, 与海相沉积一个显著的不同就是储层物性差、原油粘度高、蜡和胶质含量高、凝固点高, 使得 CO₂ 驱油与地质埋存存在很多的技术挑战。作者结合中国独特的储层地质特征, 利用理论分析和数值模拟方法, 针对中国低渗透储层对影响 CO₂ 驱油效率与埋存效率的关键因素和技术问题进行了综合分析。结果表明粘度指标、重力分异、储层非均质性以及混相状态是影响 CO₂ 驱油与埋存效率的关键因素, 在此基础上进一步提出中国注 CO₂ 开发低渗透油藏的研究方向以及需要重点注意的几个问题, 为 CO₂ 注入工程在中国的实施提供了技术参考和指导。

关键词: 二氧化碳; 驱油; 地质埋存; 驱油效率; 波及效率; 科学分析

中图法分类号: TE357; X37

文献标识码: A

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0007-05

SIMULATION RESEARCH ON INCREASING INJECTIVITY FOR HEAVY OIL BY CO₂/WAC INJECTION

TAO Lei^{1,2,3}

(1. Geoscience Research Institute, Shengli Oilfield Company, Dongying 257015, China; 2. College of Petroleum Engineering, China University of Petroleum, Dongying 257061, China; 3. Institute of Petroleum Engineering Heriot-Watt University, Edinburgh EH14 4AS, UK)

Abstract: This study has attempted to evaluate and compare the effect of improving injectivity of a heavy oil reservoir under different injection strategies using water, CO₂ and Water & CO₂ Injection (WAC). A three-phase, three-dimensional, black oil simulator was constructed in terms of the data of West Sak heavy oil reservoir. On the basis of this simulation study, the conclusions are specified as follows. The injectivity of heavy oil reservoir decreases following increase of injecting flow rate. Compared to water flooding, CO₂ injection is a promising way to increase injectivity of heavy oil reservoirs. However, the injectivity reduces rapidly when water injection starts. The larger amounts of CO₂ injected the bigger injectivity improved.

Key words: injectivity; heavy oil; CO₂; WAC

CLC Number: TE357.45

Document Code: A

0 Introduction

As low recovery and high costs heavy oil was used to be ignored. The increasing costs of discovering new oil fields and the decline of conventional oil make oil industry have to pay attention to the trillions of barrels of heavy oil^[1].

Water injection for voidage replacement is the most common method of avoiding low recovery by pressure depletion. There is a big problem for water injecting into heavy oil reservoir which is low recovery and injectivity^[2]. CO₂ injection and WAC which are established techniques for recovering additional oil can alleviate this problem.

The use of CO₂ for EOR (enhance oil recovery) and for geologic storage^[3] used to achieve miscible conditions with crude oil. However the injection of CO₂ in heavy oils is quite popular these years because of high oil price and greenhouse effect problem. The main mechanisms^[4,5] of CO₂ immiscible include: (1) oil swelling, (2) oil viscosity reduction, (3) hydrocarbon extraction.

1 Model Development

In this study we investigate different injection strategies in which CO₂ and WAC can be utilised for improving injectivity. The model used in this investigation is based on a scaled down single well model of the West Sak field. Simulations are conducted using the three-phase, three-dimensional, ECLIPSE black oil reservoir simulator.

* 收稿日期:2010-11-18

作者简介:陶磊(1981—),男,山东省泰安市人,工程师,博士,研究方向:油气田开发

基金项目:国家留学基金管理委员会资助“国家建设高水平大学项目”(留金出[2007]3020号),英国赫瑞-瓦特大学石油工程学院资助项目

1.1 Reservoir description

The West Sak reservoir on the North Slope of Alaska encompasses several oil-bearing sands within a Late Cretaceous shelf sand sequence and contains an estimated 15 to 25 billion bbl of oil in place^[6]. The reservoir covers ≈ 260 sq miles and predominantly overlies the Kuparuk formation in the Kuparuk River Unit. Reservoir depth ranges from 2 000 to 4 500 ft, and because of proximity to the permafrost in the region, reservoir temperature is unusually low at these depths ($50 \sim 100$ °F). The West Sak oil quality varies vertically and laterally within the reservoir, with oil gravity ranging from 12 to 22 API and the oil viscosity varies between 50 and 3 000 cp^[7]. In general, the oil gravity increases with increasing depth.

1.2 Model description

The simulation model used in this study was based on a scaled down single well model of the West Sak field. The reservoir is located at a depth of 3 500 ft. It has dimensions of 600 ft \times 600 ft and a thickness of 10 ft. The each grid size in the model is 10 ft \times 10 ft \times 10 ft and the number of the cells is 3 600. It is assumed that the initial reservoir pressure is 1 802 psi and the reservoir temperature is 75 °F. There are just one producer in the cell (1 1 1) and one injector in the cell (60 60 1).

A three-phase three-dimensional black oil simulator was used (Eclipse 100). The keyword RSVD in eclipse was used to set the initial CO₂ solubility in oil, such that CO₂ will dissolve in reservoir oil. This has been confirmed by looking at the solubility properties of CO₂ in the reservoir.

The layer rock and fluid properties such as porosity, water saturation, hydrocarbon saturation and depth are obtained from published information on this field.

1.3 Oil PVT properties

The characteristics of two oil samples (A & B) for West Sak crude are reported in the literature^[8]. Both oils were from the same midstructure well and are considered to be reasonably representative of the reservoir oil. Characteristics of the oil sample A were used in this study.

Static equilibrium experiments had been performed on these oils to measure the solubility of CO₂ and the physical properties for live phases present after equilibration.

The amount of CO₂ required to lower the dead oil viscosity to bubble point viscosity which is 82.4 cp is around 137 scf/STB. This amount is added to the solubility, R_s values to account for the hydrocarbon gas initially present in solution. The input PVT properties for oil A including its CO₂ solubility is shown in Tab. 1.

Tab. 1 Oil A PVT properties including CO₂ solubility

solubility, R_s /(mscf/bbl)	saturation pressure/psia	oil formation volume factor, B_o /(rb/stb)	viscosity, μ_o /cp
0.137	80.1	1.025	85.9
0.176 3	99.5	1.034	61.9
0.217 5	200.2	1.049	47.7
0.277	306	1.072	35.6
0.324	394	1.090	25.7
0.399	503	1.118	19.0
0.459	585	1.140	16.0
0.526	668	1.166	14.0
0.694	797	1.231	13.0
0.722	150 0	1.234	12.7
0.722	250 0	1.201	12.7
0.722	500 0	1.100	12.7

1.4 Rock and water properties

The rock and water properties are obtained from the literature for West Sak field^[8]. The water formation volume factor, the CO₂ saturated water density and the water viscosity with dissolved CO₂ are used, and are summarized in Tab. 2.

1.5 Relative permeability and saturations

The three phases which are oil, water and gas can occur in the model at different reservoir conditions. The end-point relative permeability and residual saturations were the only available relative permeability and saturation data for West Sak field^[9]. However, oil, water and gas relative permeability curves for the nearby Sadlerochit group in the North Slope were available from the open literature^[10]. The residual saturation and permeability parameters for West Sak are presented in Tab. 3.

Corey model was used to calculate relative permeability curves for the Sadlerochit group, which were compared with the measured data to find optimized Corey exponents for water-oil and gas-oil systems. These exponents along with the end-point relative permeability and residual saturations for West Sak were used to generate three phase relative permeability curve using Corey's method. The oil-water capillary pressure data from the Sadlerochit group is used in the model. The relative permeability for water-oil and liquid-gas of West Sak calculated by the above way are presented in Fig. 1 and Fig. 2.

Tab. 2 Rock and water properties

rock compressibility	5×10^{-6}
water compressibility	4×10^{-6}
water density	1.07 gm/cc
water viscosity	1.1 cp
water formation volume factor	1.04 rb/stb

Tab. 3 West Sak residual permeability and saturation parameters

oil residual saturation to gas, S_{org}	0.20
oil residual saturation to water, S_{orw}	0.20
connate water saturation, S_{wc}	0.25
gas residual saturation, S_{gr}	0.05
end point oil relative permeability, K_{ro}^0	0.71
end point water relative permeability, K_{rw}^0	0.21
end point gas relative permeability, K_{rg}^0	1.00
corey exponent for oil-water	3.0
corey exponent for oil-gas	1.5

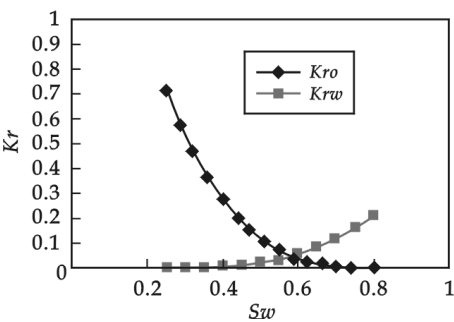


Fig. 1 Oil-water relative permeability

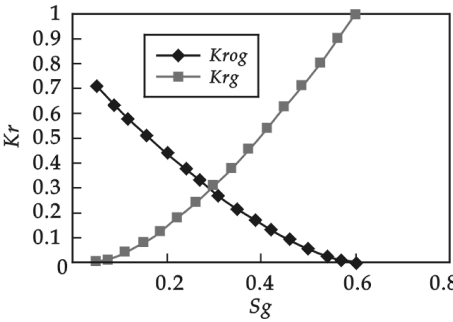


Fig. 2 Oil-gas relative permeability

3 Simulation Results and Discussion

The injectivity index is a direct measure of the injector performance. The injectivity index (I) can be defined by the following relation^[11]:

$$I = \frac{Q_i}{\Delta P}$$

Here, Q_i is the total injection rate of water and gas (measured in reservoir volumes) and ΔP is the pressure difference between the bottom hole flowing pressure and formation pressure. The injectivity index defines the flow conductance of the fluids from the injector into the formation.

From an operational point, it is important to maintain a sufficiently high injection rate for production. However, the injectivity is very small for heavy oil reservoir when water is injected alone as the flow conductance of the heavy oil is quite small.

The different runs were operated to investigate the injectivity of the heavy oil reservoir. They are: (1) waterflooding, (2) CO₂ flooding, (3) WAC.

2.1 Water flooding

In this case, we did two runs whose flow rates are 5 bbl/day and 50 bbl/day separately. The Fig. 3 shows the injectivity versus time of two cases. The upper curve (5-Water Injection(WI)) in the chart is for 5 bbl/day and the lower one (50-Water Injection(WI)) is for 50 bbl/day. The 5-Water Injection(WI) has much bigger value of injectivity than the 50-Water Injection(WI). Since the initial reservoir crude oil's high viscosity, the reservoir has low pressure transmissibility. When the flow rate of injector is much higher than that of producer the injectivity would have a small value because of high injection pressure and big ΔP .

2.2 CO₂ flooding

In this case, there are also two runs which are 5 bbl/day and 50 bbl/day of flow rate for injector. Similar to the water flooding the injectivity of big flow rate run is less than that of small flow rate. The slope of injectivity for 50-CO₂ Injection run (Fig. 3) is a little bit complicated. For the run of 50-CO₂ Injection the oil viscosity near by the injector decreases rapidly, so the injectivity has a big change versus time during 0 day to 100 days. And then the injectivity increases slowly until the CO₂ dissolves into the oil near by the producer. The injectivity of 50-CO₂ Injection run increases fast after 400 days shown in the Fig. 3 since the CO₂ has transmit to the producer and dissolves into the oil of whole reservoir. Compared to water flooding (Fig. 3), CO₂ flooding has a far bigger injectivity because of its high compressibility and ability of reducing viscosity for heavy oil.

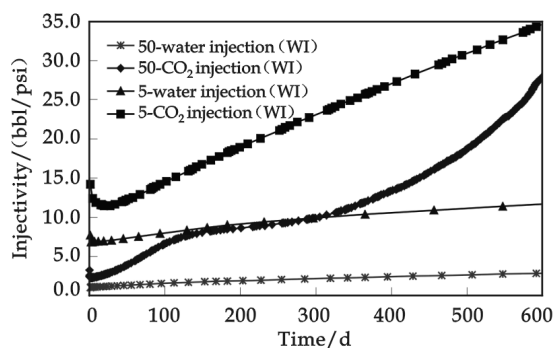


Fig. 3 The injectivity of water and CO₂ flooding

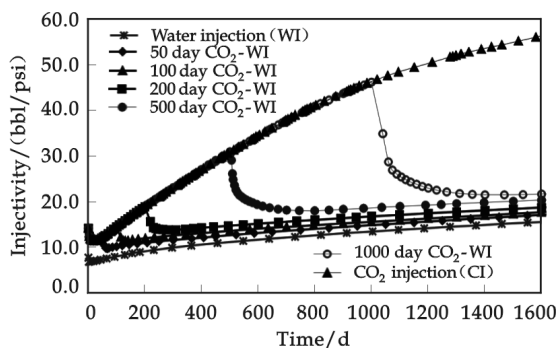


Fig. 4 The injectivity of CO₂/water flooding

2.3 WAC

In this case, the flow rate of producer and injector was kept at 5 bbl/day. Water is injected following CO₂ injection of 50 days, 100 days, 200 days, 500 days and 1 000 days separately.

The injectivity of all the runs decreases rapidly after injecting water and then doesn't change more following time. All the curves of injectivity versus time are almost parallel when they are stabile during water injection shown by Fig. 4. Compared to runs of 100 Day CO₂-WI and 200 Day CO₂-WI, the run of 50 Day CO₂-WI is efficient to improve the injectivity. There isn't much increase of injectivity for the run of 100 days and 200 days CO₂ injection from the run of 50 days injection. We can compare the effect on improving injectivity between 500 Day CO₂-WI and 1 000 Day CO₂-WI in the same way. There is little

increase for the injectivity of 1 000 Day CO₂-WI from 500 Day CO₂-WI during both value are stabile. The Fig. 4 shows that the effect of per-CO₂ injection-day improving injectivity decreased following the increasing of the days of CO₂ injection. However, the injectivity improve more when CO₂ is injected longer time, and this also can consume the extra CO₂ in the air to weaken greenhouse effect.

References

[1] A. Al-Quraini, M. Sohrabi and M. Jamiolahmady. Heavy Oil Recovery by Liquid CO₂/Water Injection[R]. SPE 107163, 2007.

[2] Tao Lei, Li Zhaomin, Zhang Na, *et al.* CO₂ capture and for improving heavy oil recovery[A]. 2009 Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference[C]. Wuhan, China; Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc. , 2009.

[3] Nguyen D. N. , Allinson W. G. . The Economics of CO₂ Capture and Geological Storage[R]. SPE 77810, 2002.

[4] A. Spivak, C. M. Chima. Mechanisms of Immiscible CO₂ Injection in Heavy Oil Reservoirs[R]. Wilmington Field, CA. SPE 12667, 1984; 31-43.

[5] V. Sankur, J. L. Creek, S. S. Dijulio, *et al.* A Laboratory Study of Wilmington Tar Zone CO₂ Injection Project[R]. SPE 12751, 1986; 95-104.

[6] Fischer, P. A. Huge heavy oil recovery potential being realized in Arctic fields[J]. World Oil, 2006, (8): 53-58.

[7] Khataniar, S. Kamath, V. A. , *et al.* CO₂ and Miscible Gas Injection for Enhanced Recovery of Schrader Bluff Heavy Oil[R]. SPE 54085, 1999.

[8] DeRuiter, R. A. , Nash, L. J. , *et al.* Solubility and Displacement Behavior of a Viscous Crude with CO₂ and Hydrocarbon Gases [R]. SPE 20523, 1990; 101-106.

[9] Mohanty, K. K. Development of Shallow Viscous Oil Reservoirs in North Slope[R]. Department of Chemical Engineering, University of Houston, U. S. Department of Energy, 2004.

[10] Sharma, G. D. Characterization of Oil and Gas Reservoir Heterogeneity[R]. Petroleum Development Laboratory, University of Alaska Fairbanks, U. S. Department of Energy, ID 83401-1562, 1993.

[11] Berge, L. I. , Stensen, *et al.* SWAG Injectivity Behavior Based on Siri Field Data[R]. SPE 75126, 2002.

CO₂ 和 WAC 驱提高稠油注入井吸入指数数值模拟研究

陶 磊^{1,2,3}

(1. 中国石化胜利油田分公司地质科学研究院, 山东 东营 257015; 2. 中国石油大学(华东)石油工程学院, 山东 东营 257061; 3. 赫瑞-瓦特大学石油工程学院, 爱丁堡 EH14 4AS, 英国)

摘 要:研究了水驱、CO₂ 驱、水和 CO₂ 混合驱替方式下稠油油藏注入井的吸水指数. 根据 West Sak 稠油油藏数据建立了三相、三维黑油模型, 并进行了数值模拟研究. 通过数值模拟研究可以得出以下结论:稠油油藏注入井的吸水指数随注入速度的增加而减小;与水驱相比, CO₂ 驱可以有效的提高稠油油舱的吸水指数;然而水和 CO₂ 混合驱替显示 CO₂ 段塞注入之后进行水驱注入井的吸水指数迅速下降, 但水和 CO₂ 混合驱替较单纯水驱吸水指数明显提高, CO₂ 注入量越大吸水指数改善越大.

关键词:吸入指数; 稠油; CO₂; 水气交替注入

中图法分类号:TE357.45 **文献标识码:** A

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0012-04

TECHNOLOGY ON IMPROVE MECHANICAL OIL EXTRACTION EFFICIENCY USED IN CHANGQING OILFIELD

LIU Chun-lin^{1,2}

(1. Faculty of Petroleum Engineering, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China)

Abstract: For the machinery oil extraction efficiency raising the Changqing Oil Field, the system efficiency having carried out the energy minimum optimization, taking the oil motor-pumped well out simulates optimization, machinery oil extraction well system efficiency three terms technology such as parameter optimization adjustment. In proper order, carry out analysis, optimize and adjust in putting process into practice in the scene, to be put into effect. The result applying indicates a scene, the three terms technology improving machinery oil extraction efficiency gets to Changqing Oil Field in the field of getting on the stick and costing down and so on to have arrived at a positive role.

Key words: optimize; efficiency; raising; system

CLC Number: TE355.5 **Document Code:** A

0 Introduction

In having the pole pump to take oil well procedure of production out, change happened because stratum pressure, water ratio, childbirth make parameters such as painting a ratio, moving liquid face angry, meeting make system harmonize a job no longer under original pumping combination parameter, appear problem of bore hole pump row amount inharmonious with stratum confession liquid ability, lead to systematic efficiency reduces, consumes can increase by. The technology paints the mechanical oil extraction efficiency applying rise therefore, be obliged to systematically to now available shrinking carrying out real time diagnose, find out the low yield low effect energies well and analyse it's low effect cause, the system optimization taking a well out provides the theory basis to machine.

1 Technology on Energy Minimum Optimizes

Energy consumption minimum machinery oil extraction system designs that the technology has built the same stuff having the pole pump to take oil system entering power reckoning out, that method with having a pole to take oil system entering power partition out being that the effective power, the floor lose power, in the pit glues stagnant loss power, well letting down moves five parts losing power, and dissolving gas swelling power, analytical every part power influencing factor, have ascertained the

* 收稿日期:2010-12-11
作者简介:柳春林(1978—),男,黑龙江省五常市人,讲师,在读博士生,研究方向:油气田开发工程
基金项目:国家自然科学基金项目“低渗透油藏有效开发模式研究”(No. 50974029)

function relational expression shrinking to paint the system input power with the thing nature parameter, well deflection parameter, equipment parameter and the room producing parameter combination. According to being an input power's turn to calculate relational expression, have suggested that system designs method with the energy consumption minimum or the machinery oil extraction taking cost minimum as target function, that method applying carries out the machinery oil extraction parameter optimization, is able to ascertain the most economical machinery oil extraction parameter combination.

H2 of 121 oil wells in the implementation of the optimal adjustment, a smooth fluid production wells, oil wells pumping an average of 6.8 min^{-1} reduced by a 4.9 min^{-1} , pump efficiency increased by 10.7% and the average system efficiency is improved by 2.2%. The average single well at saving 7.04 kW·h, energy-saving rate of 13.8%, Tab.1. 2010, on the mechanical efficiency of the system is lower than 20% of the oil wells to optimize the design, completion of optimal adjustment of mechanical wells 1 607 wells, the average system efficiency 14.99% before the adjustment increased to 17.52% after adjustment, increased by 2.53%; the average power consumption by a single well at the 79.24 kW·h before adjustment down to the adjusted 68.7 kW·h, down 10.53 kW·h. New mechanical oil production system under the premise of the same target yield than the conventional design method using the system designed can greatly improve efficiency, reduce energy consumption of mechanical oil production costs; can extend the oil pump inspection cycle and reduce the cost of oil well operations.

Tab.1 Application of the lowest energy consumption areas of China 2 Mechanical effects of oil production system design

project	liquid production /(m ³ /d)	stroke time /min ⁻¹	fluid level /m	pump efficiency /%	input power /kW	effective power /kW	system efficiency /%	on power consumption /kW·h
before adjustment	3.66	6.8	874.7	33.2	2.09	0.35	16.7	50.93
adjusted	3.47	4.9	1 021.3	43.9	1.80	0.34	18.9	43.89

2 Simulation and Optimization of System Efficiency of Pumping Wells

The mechanical efficiency of the system promote the use of simulation technology demonstration area, according to the simulation application, based on the idea of carrying out the test to adjust the application that is optimized by simulation has been improved after the potential well, on the basis of a test to optimize the contrast adjustment improve the efficiency of the system of pumping wells.

2.1 Simulation

Whether the oil blocks according to site conditions for measuring power consumption, and motor oil are working properly and so drag the selected oil blocks, 420 wells were simulated in H2. Data simulation results show that the average daily fluid production 3.95 m³, the average system efficiency 11.14%.

2.2 Optimization

To improve efficiency by focusing on underground, for mining through the well balanced and rational production pressure adjustment, improve efficiency oil pump and system efficiency. Through the simulation of wells, preferably with the potential to improve efficiency of the system to 574 wells, in accordance with the “long stroke and low times, the appropriate diameter pump” principle, the adjustment measures were proposed. H2 for simulation analysis of China's 420 wells, in the current pumping condi-

tions, which increase the potential efficiency of the system can make an adjustment parameter of 256 wells in the program, which program to adjust the parameter adjustment stroke, pumping is Lord, for the program, supplemented by the pump. Production base in the 3 m^3 for the following, and the relatively low efficiency of the system between the wells proposed the implementation of measures to open the oil wells are 48.

2.3 Site implementation

H2 China blocks for efficient governance system, 420 wells in the simulation analysis, adjustment programs, 274 wells, according to the actual site conditions, a total of 209 wells in the implementation of the measures adjusted by the average system efficiency increased to 13.62%, 9.12%.

3 Mechanical Efficiency of the System Parameters of Production Wells Optimal Adjustment

Improve the mechanical efficiency of production wells in the lowest energy system optimization, and system efficiency of simulation optimization design based on the sensitivity level by quantitative evaluation of the optimum design analysis of pumping wells to adjust the operating parameters of oil-based, supporting application of energy-saving equipment, comprehensively improve the efficiency of mechanical oil production system. Optimal adjustment of population throughout the year 3 734, after the implementation of the system efficiency is improved by 2.98%, at saving $4.21 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$.

3.1 Adjustment of stroke

The simulation optimization techniques, optimal adjustment of the parameters, the adjusted yield stable, system efficiency improved significantly. Reduce the pumping speed of 412 oil wells, the average pumping before adjustment 6.2 min^{-1} , the average daily fluid production 3.65 m^3 . Adjusted output steady, pumping down to 4.6 min^{-1} , the system efficiency from 14.81% up to 18.58%, 3.77% increase.

3.2 Stroke adjustment

Analysis of 123 small adjustment stroke oil, before adjustment for the average stroke 2.25 m, average daily fluid production 2.39 m^3 . Adjusted yield smooth, stroke is reduced to 1.86 m, the system efficiency from 11.79% up to 14.14%, 2.34% increase.

3.3 Pump diameter adjustment

Mechanical efficiency of the pump wells affected mainly by three aspects: sucker rod and tubing string stretching flexibility, gas and sufficient dissatisfaction with the impact of loss. Because the elastic rod string and tubing expansion, the piston stroke will have some losses, in order to reduce stroke damage can be fixed anchors the bottom of the tubing, eliminating tubing deformation, but can also reduce the rod and tubing wear. To reduce the impact of the gas and charge less, to the reasonable control of casing gas, liquid level and yield stability, while taking increasing submergence depth, installed at the inlet to the pump gas anchor and other measures. Pump leakage volume will increase with time, you can improve the pump's structure and improve the abrasion resistance performance of the pump, pump and other measures are reviewed regularly to maintain the normal operation of the pump.

Analysis of 212 replaced by the $\Phi 38 \text{ mm}$ 、 $\Phi 32 \text{ mm}$ oil pump, adjust the pump efficiency of 18.4% before the average, the average daily fluid production 3.25 m^3 . Adjusted production increased 14.27%

from the increased efficiency of the system to 17.35%, increased 3.07%.

4 Conclusion

By analyzing the efficiency of mechanical oil extraction technology in the successful application of Changqing Oil Field, can draw the following conclusions:

- (1)The lowest energy consumption and mechanical system design technology for mechanical oil extraction parameters optimized to determine the most cost artificial lift parameters.
- (2)The application of simulation technology, according to the simulation test based on the application of adjustments to optimize the adjustment of ideas to improve the efficiency of the system of pumping wells.
- (3)Quantitative evaluation of the sensitivity level of the pumping wells is based on the analysis of optimal design, the main operating parameters to adjust well, you can comprehensively improve the efficiency of mechanical oil production system.

References

[1] ZHANG Xi-yu, ZHAO Wen-bin. The application of ESP in Kenjiyak high gas-bearing reservoir, Kazakhstan[J]. Sino-Global Energy, 2010,15(4):64-66.

[2] S. G. Gibbs. A General Methods for Predicting Rod Pumping System Performance[R]. SPE 6850, 1977.

[3] LI Shi-hong. Measures of improving the energy efficiency of mechanical lifting in oilfield[J]. Sino-Global Energy, 2009,14(3):101-103.

[4] HUANG Shan-bo, LI Zhao-min. Analysis on lateral force of produced fluid acting on the sucker rod in polymer flooding wells[J]. Acta Petroleisnica, 2009,30(1):149-153.

[5] W. L. Foley, J. G. Svinos Exprod:Expert Advisor Program for Rod Pumpings[R]. Chevron Oil field Research Co SPE, 2002.

[6] ZHANG Guo-yin, LIU Qing-mei, LI Ling-yu, et al. Application of combined surfactant in tertiary pil recovery[J]. Sino-Global Energy, 2010,15(2):56-59.

提高机械采油效率技术在长庆油田的应用

柳春林^{1,2}

(1. 中国石油大学(北京)石油工程学院, 北京 昌平 102249; 2. 西安石油大学, 陕西 西安 710065)

摘 要:为了提高长庆油田的机械采油效率,采用了能量最低优化、抽油机井系统效率仿真优化、机械采油井系统效率参数优化调整等 3 项技术.在现场实施过程中,依次进行了分析、优化和调整实施.现场应用结果表明,提高机械采油效率的 3 项技术对于长庆油田在提高效率和降低成本等方面发挥了积极作用.

关键词: 优化; 效率; 参数; 系统

中图法分类号: TE355.5 文献标识码: A

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0016-04

EFFECT OF RESIDUAL LIGNIN IN ALKALI PULPS ON ENZYMATIC HYDROLYSIS OF CELLULOSE

JIN Guang-fan¹, ZHANG Yi²

(1. School of Light Industry, Zhejiang University of Science & Technology, Hangzhou 310023, China; 2. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba, Japan)

Abstract: Alkaline sulfite-anthraquinone (AS-AQ) cooking was applied to the pretreatment for enzymatic hydrolysis of cellulose of Japanese larch (*Larix leptolepis*) heartwood. We changed the ratio of Na_2SO_3 in the cooking liquors, and found that the 40% ratio of Na_2SO_3 at chips cooking had the capability of acquiring a high pulp yield and the lowest lignin content compared to others. During the hydrolysis of AS-AQ pulps, the content of glucose hydrolyzed in the enzymatic hydrolysate of a pulp containing a small amount of lignin was higher than that of a pulp containing a large amount of lignin at any cellulase charges (Filter paper cellulase unit; FPU). We determined the enzyme adsorption to the pulps by pyrolysis-gas chromatography/ mass spectrometry (Py-GC/MS).

Key words : alkaline sulfite cooking; cellulose; lignin

CLC Number: TS71⁺3

Document Code: A

0 Introduction

Ethanol as one kind of bio-energy is made by the hydrolysis of cellulose to glucose and the fermentation of glucose. It has been reported that alkaline cooking^[1] and acid sulfite cooking^[2] are used for pretreatment of glucose production for ethanol from woody biomass. In this study, we focused on the AS-AQ cooking as the pretreatment for production of bio-ethanol from larch wood. The cellulase activity was determined according to the method by Natural Renewable Energy Laboratory (NREL)^[3], and then AS-AQ pulps with a large or a small amount of lignin were treated at various charges of cellulase based on the above method.

1 Materials and Methods

1.1 Materials

The 30-year-old Japanese larch (*Larix leptolepis*) grown in the Yatsugatake Research Forest, Agricultural and Forestry Research Center of the University of Tsukuba was selected. The heartwood was cut into chips (20 mm × 10 mm × 3 mm as longitudinal × radial × tangential direction) with a chisel for large scale cooking and grinded into meals (40~80 mesh) by a Willy mill for small scale cooking.

1.2 Alkaline sulfite cooking of wood chips and wood meals

The large scale cooking was performed in a 500 mL stainless steel autoclave (Taiatsu Techno Corporation) with 45 g (as oven-dried weight) of chips, and the small scale cooking was performed in a 12 mL stainless steel autoclave with 1 g of wood meals^[4]. The following conditions were applied in the cooking:

* 收稿日期:2010-11-24

作者简介:金光范(1971—),男,朝鲜族,吉林省安图县人,讲师,博士,研究方向:制浆漂白(TCF)、木素结构化学

Active alkali charge: 30%, calculated as Na₂O. NaOH/Na₂SO₃ ratio: 80/20, 70/30, 60/40, 50/50, calculated as Na₂O. Heating time to maximum cooking temperature: 45 min. Cooking time: 2 or 4 h. Maximum cooking temperature: 160 °C. AQ charge: 0.1%; AQ was SAQ provided by Kawasaki Kasei Chemicals LTD. Liquor ratio: large scale: 5.5 L/kg; small scale: 10 L/kg^[5].

1.3 Analysis of wood and pulp

The lignin contents and the carbohydrate compositions of the wood and the pulps were determined by the procedure as following:

Each 0.3 g (oven-dried weight) of the sample was primarily hydrolyzed with 72% sulfuric acid for 2.5 h, and secondarily hydrolyzed with dilution to 4% sulfuric acid at 120 °C for 1 h. Solution was filtrated into residue and filtrate with a glass filter (1GP16), and the residue was expressed as the Klason lignin (acid insoluble lignin). The acid soluble lignin and the sugars compositions were determined using the filtrate.

1.4 Enzymatic hydrolysis treatment

Pulp was treated with an enzyme solution containing a cellulase (GC220, provided by Genencor Kyowa Co. Ltd., Japan). 40 mg (as oven-dried) of pulp was made into a strip (10 mm × 60 mm). The strip sample was rolled and put into a 13 mm × 100 mm (diameter × length) test tube. 1 mL of 0.05 M acetic acid buffer (pH 4.8) and 0.5 mL of the diluted enzyme solution was added into the test tube. The pulp strips should be totally saturated by the solution, and then were treated at 45 °C for 1, 2, 4, 6 h, respectively.

On the other hand, the filter paper cellulase unit (FPU; μmol glucose/min) in the GC220 solution was determined. It contained 63.5 FPU/mL (ADVANTEC No. 1 filter paper was utilized as a substrate). The charges of GC220 to the pulps were 6.4, 12.7, 63.5 FPU/g pulp, respectively in this study.

After the enzymatic treatment, the suspension was heated in the test tube at 100 °C for deactivating the cellulase. The amount of glucose formed during the treatment in the filtrate (a resolution part of the pulp) was determined by ion chromatography using the Dionex system.

1.5 Estimation of amount of residual lignin and enzyme in enzymatic-treated pulp

The enzymatic-treated pulps were sufficiently washed with the acetic acid buffer and distilled water for 20 min and then analyzed by pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry (Py-GC/MS). Eicosane solved in ethyl acetate was utilized as an internal standard. The concentration of the eicosane in the solution was 0.1 μg/μL. Enzymatic-treated pulp (150 μg) with 2 μL of the internal standard solution was analyzed with Py-GC/MS.

2 Results and Discussion

2.1 Effects of sodium sulfite on delignification of *Larix leptolepis* heartwood chips and meals

Both wood chips and meals were cooked for 4 h under the same conditions except the liquor ratio. In the chips cooking, the lignin content of pulp also increased with the increase of Na₂SO₃ ratio by 30% Na₂SO₃ ratio. However, at 40% of the

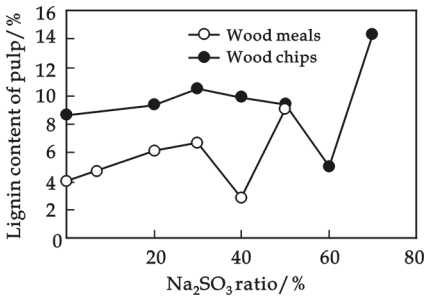


Fig.1 Relationship between Na₂SO₃ ratio of cooking liquor and lign content of pulp

Tab.1 Lignin contents of *Larix leptolepis* heardwood and its AS-AQ pulps

	Wood	AS-AQ pulps	
cooking time/h	—	2	4
pulp yield/%	—	52.5	47.3
Klason lignin/%	31.6	7	1.4
acid solble lignin	0.5	0.5	0.3

Legend: AS-AQ: NaOH/Na₂SO₃ ratio: 60/40.

Na_2SO_3 ratio, the lignin content was 3.49%, which was the lowest one compared with others (Fig. 1). At the same ratios of Na_2SO_3 , the lignin contents of meal-pulps were generally higher than chip-pulps, but at 50% of the Na_2SO_3 ratio, that of chip-pulp was little higher. The variation of pulp yields between chips and meals cooking was almost similar to each other.

As shown in Tab. 1, the Klason lignin content of wood was decreased from 31.6% to 7.0% or 1.4% by AS-AQ cooking for 2 or 4 h at 40% of the Na_2SO_3 ratio. When the cooking time was prolonged by 2 hours, the Klason lignin and acid soluble lignin contents were further reduced by 5.6% and 0.2%, respectively.

2.2 Enzymatic hydrolysis of delignified pulps by AS-AQ cooking

2.2.1 Behavior of filter paper in the hydrolysis and determination of FPU of the enzyme

In order to determine the cellulase activity, we utilized five different diluting factors to dilute the GC220 solution. The enzymatic hydrolysis treatment with a substrate of filter paper was conducted according to the method by NREL. At 63.5 FPU/g of cellulase charge, about 50% of filter paper was converted into glucose after the 6 h (Fig. 2a). During the charge of 12.7 FPU/g (at one fifth of 63.5 FPU/g), 33% of filter paper was converted into glucose. The behavior of filter paper in the hydrolysis was expressed as the function of FPU calculation at 1 h treatment (Fig. 2b).

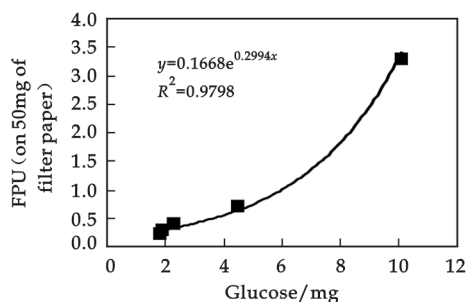


Fig. 2a Behavior of filter paper in the hydrolysis

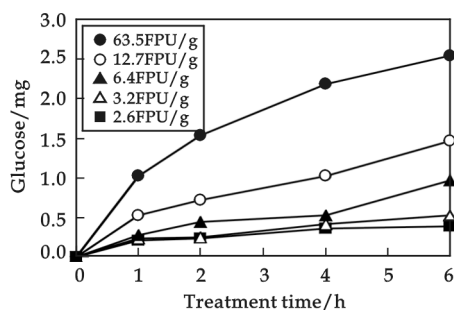


Fig. 2b Function of FPU calculation (45 °C for 1 h)

2.2.2 Enzymatic hydrolysis of delignified pulps by AS-AQ cooking

At 63.5 FPU/g of cellulase charge, AS-AQ (4 h cooking) pulp gave glucose in a 40% yield of the pulp weight after 6 h, and AS-AQ 2 h pulp gave it in only a 22% yield (Fig. 3a). During the charge of 12.7 FPU/g, AS-AQ 2 h and 4 h pulps were hydrolyzed with the conversion of 15% and 20% glucose, respectively. Finally, at 6.4 FPU/g, as half as the charge of 12.7 FPU/g, the conversion of AS-AQ 2 h and 4 h pulps were 8.6% and 10.5%, respectively (Fig. 3b).

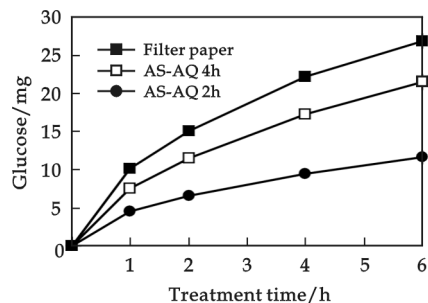


Fig. 3a Enzymatic hydrolysis of AS-AQ pulps

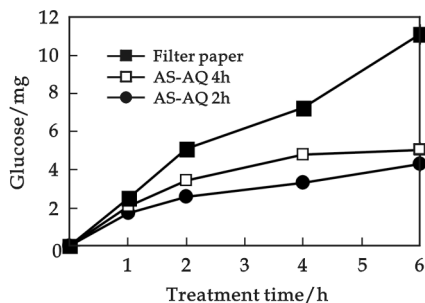


Fig. 3b Enzymatic hydrolysis of AS-AQ pulps

2.3 Determination of enzyme absorption to the pulp

As shown in Fig. 4, the peaks of pyrolysis products from the residual lignin and the enzyme were clearly observed on a pyrogram. The pulp was obtained by AS-AQ 2 h cooking and 1 h enzymatic hydrolysis treatment.

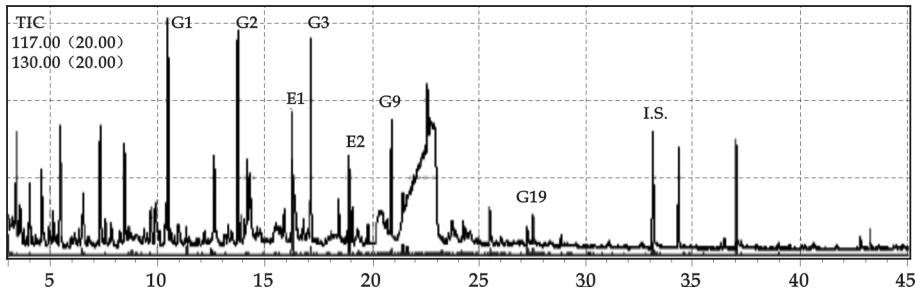


Fig. 4 Analysis of residual lignin and the adsorbed enzyme in *Larix leptolepis* wood AS-AQ pulp by Py-GC/MS
(Notes: G1: guaiacol, G2: 4-methylguaiacol, G3: 4-vinylguaiacol, G9: trans-isoeugenol, G19: trans-coniferyl alcohol, E1 and E2: compounds from the enzyme, monitored by 117 and 130, respectively, I. S. : internal standard)

References

[1] Ikeda T., Sugimoto T., Nojiri M., *et al.* Alkali pre-treatment for the bioethanol fuel production from woody biomasses——Part 1: soda cooking conditions as an alkali pre-treatment[J]. Japan Tapp J., 2007, 61(9): 102-111.
[2] Takahashi S., Tanifuji K., Nakagawa-izumi A., *et al.* Estimation of kraft and acid sulfite cooking methods as processes of bioethanol production[J]. Japan Tapp J., 2010, 64(4): 420-436.
[3] Hiroshi S., Hiroshi O. Structural analysis of residual lignin in eucalyptus kraft pulp by pyrolysis gas-chromatography[J]. J. Wood Sci., 2001, 47(1): 33-38.
[4] Guangfan J., Akiko N., Katsuyoshi S. Chemical characteristics and kraft pulping response of hibiscus cannabinus bast[J]. J. Wood Sci., 2006, 52(2): 107-112.
[5] Guangfan j., Shiho T., Hiroshi O. Chemical characteristics and kraft pulping response of Phyllostachys pubescens stems[J]. J. Wood Sci., 2008, 54(1): 33-38.

碱法浆里残留的木素对纤维素酶水解的影响

金光范¹，张 翼²

(1. 浙江科技学院轻工学院, 浙江 杭州 310023; 2. 筑波大学生命环境科学研究科, 日本 筑波)

摘 要: 日本落叶松芯材用碱性亚硫酸盐蒽醌法制浆之后, 用纤维素酶进行了水解处理. 我们调整了蒸煮液中的 Na₂SO₃ 添加率, 发现以 40% Na₂SO₃ 的添加率蒸煮时获得了高浆得率和最低的木素含量. 蒽醌纸浆水解时, 水解产物当中水解的葡萄糖量, 在所有的纤维素酶添加率上, 含有少量木素的纸浆高于含有大量木素的纸浆(滤纸纤维素酶单位: FPU).

关键词: 碱性亚硫酸盐法制浆; 纤维素酶; 木素

中图法分类号: TS71+3 文献标识码: A

STATE CORRECTION EQUIPMENT OF WORK-PIECE BASED ON MACHINE VISION

CAI Chen-yun, LI Xia

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

Abstract: This paper presents a novel work-piece state correction method and equipment. In order to correct state, this paper illustrates the method of image similarity rate which is to carry on object location and to calculate work-piece's deviate angle using machine vision. This method is proved to be useful and efficient in practice. This paper is innovative in three facts. First, using similarity rate of labelled images is more convenient for this purpose than the complex combination which is composed by sensors and machinery. Second, the algorithm of this method is easier to realize than other methods. Third, this equipment can fit a multi-purpose situation through flexible adjusting matching labelled image. This method can be widely used in other similar application.

Key words: machine vision; labelled image; similarity rate; state correction

CLC Number: TN911.73 **Document Code:** A

0 Introduction

This paper presents a novel work-piece state correction equipment which is in serial production. The work-piece has a unique property which has a screw hole off the axis neutrally; the hexagon work-piece is a kind of special parts in the line. According to the technique, before the next assemble it has to be put in the same state orderliness. This equipment offers four features. First, it works using image processing which never appeared in such type of application. Similarly, it can control the work-piece into middle of the conveyor. Third, it can put work-piece in the same state quickly. Finally, it allows a various speed of the conveyor. Current equipment which has the state correction function usually is the combination of sensors and machinery. Such type of equipments usually is developed to fit a simply situation and constantly speed of conveyor. Our equipment can fit a multi-purpose situation because not only it uses image processing but also it can adjust algorithm flexibly. Flexible algorithm applies vivid application situation.

1 Structure and Workflow of Equipment

This set of equipment (Fig. 1) is mainly consisted of industrial computer, industrial camera, machine arm, conveyor, photoelectric switch, slope, and PCI interface card and PCI image capture card. Among them, the machine arm is consisted of a horizontal pole and a disk electromagnet. The electromagnet is located above the conveyor, can only allow a work-piece pass under. This electromagnet can take the vertical axis as center to revolve under the control of computer. The camera is a black and white camera and sends video signal to video card through coax-

* 收稿日期:2010-10-18
作者简介:蔡陈赞(1980—),男,河南省沁阳县人,讲师,硕士,研究方向:信号与信息处理、模式识别

ial cable. PCI interface card connects sensors and performing structure to computer through shielded twisted-pair. PCI interface card is responsible to receive feedback signal of machine arm and the photoelectric switch signal, in the meantime, it also sends out the order signal of computer to the performance structure of machine arm. The conveyor takes a high contract material from work-piece color, in order to detecte clear shape of object. There is an important and essential element in this equipments. it is a slope. This slope has 2 functions: the first is mechanical concentration function, the second is acceleration function. Through the two functions, slpoe can take advantage of the two functions in order to make work-pieces slip into the center axis of conveyor, in the meantime it promotes the computing speed and accuracy.

Fig. 2 shows the main flowchart of equipment. The work-piece slips into conveyor one by one in order. When work-piece moves under the camera, the computer will succeed in recieving a camera video stream signal and acquire a series of images thus. The computer carries on images processing of current work-piece in order to comput deviation angle. As the work-piece continuously moves, examine continuously gose on. When work-piece moves under the camera, the photoelectric switch will be covered by the work piece and delivers an switch signal to the computer. This action means the work-piece has already arrived under the electromagnet. After receives a switch signal, the computer sends out a control signal to the machine arm, then the electromagnet powers on and adsorbs a work-piece. The electromagnet revolves to correct a work-piece state. When this action has been completed, electromagnet powers off to release work-piece. This process circularly carries on, work-pieces will be corrected one by one in the same direction alignment and be deliverered to next procedure.

2 Key Issues

As the reason of image characteristic, only when object moves under camera, the error of capturing will be the minimum. But the difficulty of capture image is how to judge the movement when the work-piece moves under the camera. This set of equipment needs to solve two key issues. The first is when the computer succeeds in capturing a suitable image; the second is how can compute deviating angle of a testing work-piece. According to current profiles, location algorithm of image is majorly making the basis of pattern recognition. These methods can meet the purpose of the object recognition and the location position, but they have a common problem, the low computing efficiency. For the low efficiency problem, static object doesn't have influence too much, but when object moves fastly on the conveyor, it brings disadvantages for realtime calculate and examination. In the mean time linear classifier, neural network algorithm, signature matching algorithm need too much data for repeatedly training. This takes a great deal of consume of operation cost. In fact, on-line products usually changes, computer can not carry on a great deal of training. So have to use a kind of simple, effective and dependable calculate way

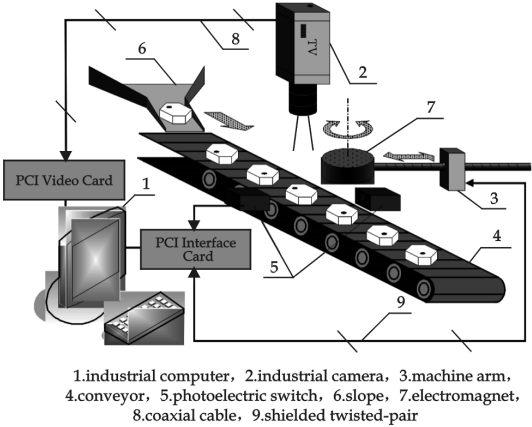


Fig. 1 Structure of equipment

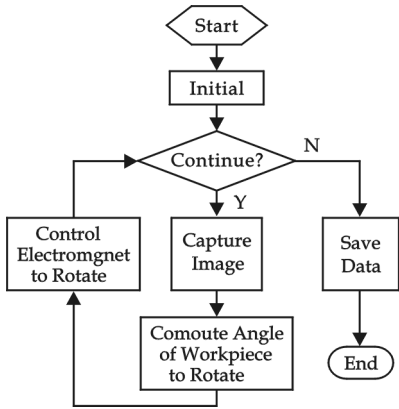


Fig. 2 Main flowchart of equipment

to meet the state correction purpose. Discrepancy measures for binary images were proposed^[1-4]. Those methods use the distance between the mis-segmented pixel and the nearest pixel that actually belongs to the mis-segmented class. Then a discrepancy measure is calculated. However, those methods cannot apply to grey-scale and colour images. Dissimilarity measures were proposed^[5,6]. Those measures evaluate dissimilarities between objects in grey-scale images. Since those methods aim at derivation of a difference between objects, they are inapplicable to labeled image evaluation by pixel-based labelling such as color clustering. Similarity measures for images were proposed^[7-10]. Those methods characterize different segmentation algorithm by simply computing some “goodness” measures based on the segmented image without the knowledge of the correct segmentation.

3 Solution of Issues

Let A and B be labelled images. Suppose that the size of the two images is the same, and let N be the total number of pixels in each image. The purpose of the similarity measure is to bring an idea of the error amount introduced by the binary relations between arbitrary pixels. So, first of all, a coincidence value of binary relation S is calculated for each pair of pixels (i, j) ; $1 \leq i, j \leq N$ by the following equation:

$$s(i, j) = \begin{cases} 1: \begin{cases} A(i) = A(j) \text{ and } B(i) = B(j) \\ \text{or } A(i) \neq A(j) \text{ and } B(i) \neq B(j) \end{cases} \\ 0: \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

Where $A(i)$ denotes a label value assigned to a pixel i on the image A . Although the order of pixels is free, the same order is required between two images. Thus, the same number of pixel i, j, \dots points out the pixel of the same state for two images. Fig. 3 shows examples in the case $s(i, j) = 1$ in Eq. (1). If both pixels i and j have the same label for both two images as shown in Fig. 3, the coincidence value of binary relations must be high. In the same concept, if both labels have the different label for both two images as shown in Fig. 4, the coincidence value must be high. Thus, in the above two cases, $s(i, j) = 1$. On the other hand, if the label of a pixel coincides with another pixel's label on an image and the labels are difference on another image, $s(i, j) = 0$ as shown in Fig. 5.

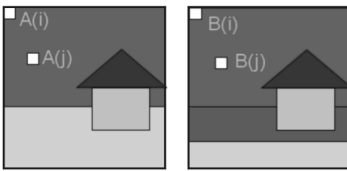


Fig. 3 Both pixels have been assigned to the same label. In the case $s(i, j) = 1$ in Eq. (1)

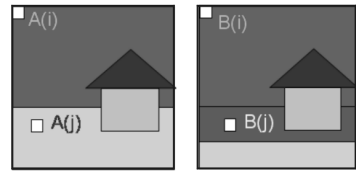


Fig. 4 Two pixels have been assigned to the different label. In the case $s(i, j) = 1$ in Eq. (1)

Then a coincidence matrix S is represented by

$$S = \begin{bmatrix} s(1,1) & s(1,2) & \cdots & s(1,N) \\ s(2,1) & s(2,2) & \cdots & s(2,N) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s(N,1) & s(N,2) & \cdots & s(N,N) \end{bmatrix}$$

The coincidence value $s(i, j)$ has a commutative relation $s(i, j) = s(j, i)$, where $s(i, i) = 1$. Thus, Eq. (2) is modified as and it becomes a symmetric matrix. Then the proposed basic similarity rate sim is defined the average of upper triangular elements of matrix S as follows:

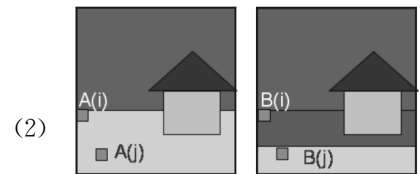


Fig. 5 Two pixels have been assigned to the different label. In the case $s(i, j) = 0$ in Eq. (1)

$$sim = \frac{\sum s(i,j)}{N \times N}, (0 \leq sim \leq 1) \tag{3}$$

Where the denominator represents the number of upper triangular elements. The similarity rate sim becomes 1 when two labelled images are the same completely. If an unique label is assigned to an image and altogether different labels are attached to another image, the similarity rate becomes 0.

The flowchart of capture image is shown in Fig. 6. The computer is responsible for processing video signal, receiving video signal from the camera, and capturing the images from which the PCI video is installed in the computer. The image will be transformed into binary image, in order to carry on similarity rate calculation. It is the key moment, when a similarity rate becomes the maximum at the same time work-piece moves under camera. Therefore computer will output current image for next processing at this moment. Grey level transformation (Fig. 7) is to convert image into a binary image. For it only uses the shape character of image, algorithm will take advantage of binary image transformation. Let original image (a) transform to binary image (c) using transformation curve (b) which is referred from grey histogram.

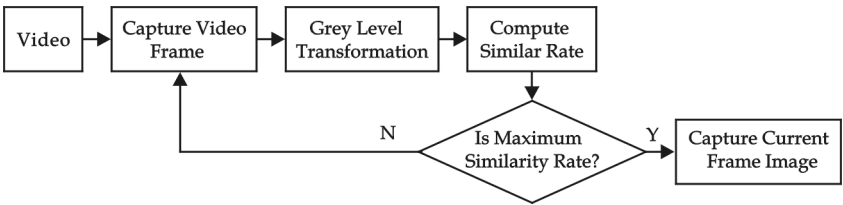


Fig. 6 Flowchart of capture image

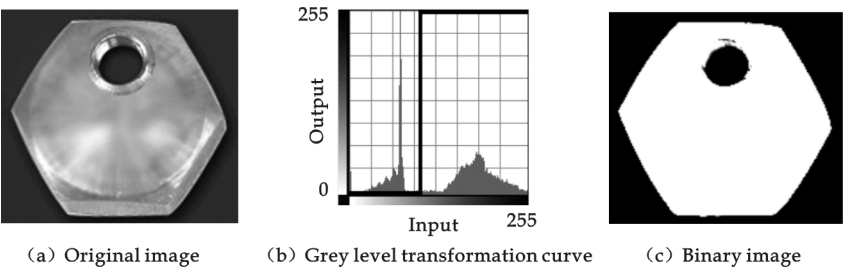


Fig. 7 Grey level transformation

In this application, let A be the input image and B be the labelled image (Fig. 8). As work-piece's shape is a hexagon , a circle is suitable for image B. The circle is located the place where is under camera. When work-piece moves under the camera, the similarity rate sim will approach to 1 and become the maximum. Computer will let transport current work-piece's image to next processing at this moment.

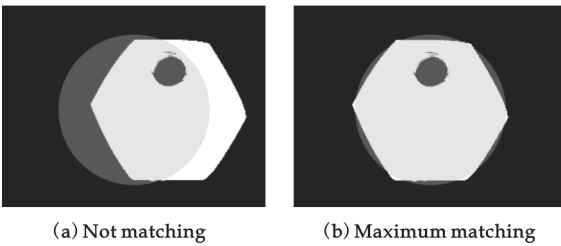


Fig. 8 Labelled image matching

The difficulty of computing deviate angle lies in how to quickly compute. Currently the calculation of object shape parameter are two-dimensional calculation and 3D calculation of shape detection, the former mainly uses the operation method of morphologic characters that appears opposite and simple, the latter uses 3D affine transformation and morphologic operation for a combining method, so the amount of calculation of the latter is bigger. But it doesn't have a kind of method for unifying to various different application situations, so we have to develop a kind of quickly effective method. For the application environment, because of object shape is relatively simple, and the character of object is mainly expressed its upper surface characteristic, so we decide to use morphologic operation and geometry operation together. Geometry shape operation is relatively simpler than others, so this method can satisfy the request.

Fig. 9 shows the method of how to calculate the deviate angles of work-piece. Note full line hexagon is a “Golden” image (a standard image of work-piece which is in corrected state), note dash line hexagon is the test image (which is waiting for correction). $A(x_1, y_1)$ is the image G-center (gravity center) of screw hole in full line hexagon. $B(x_2, y_2)$ is the image G-center (gravity center) of screw hole in dash line hexagon. $O(x_3, y_3)$ is the center of hexagon. Angle θ is deviation angle of testing work-piece. Three points include $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$ and $O(x_3, y_3)$, note R as radius. Among them, $A(x_1, y_1)$, $O(x_3, y_3)$ and R have been already known, test image hole's G-center computes $B(x_2, y_2)$. Now we can easily build a way to compute angle θ using three points.

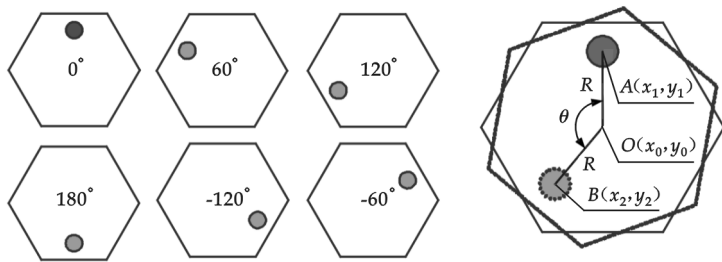


Fig. 9 Method of calculating the deviate angles

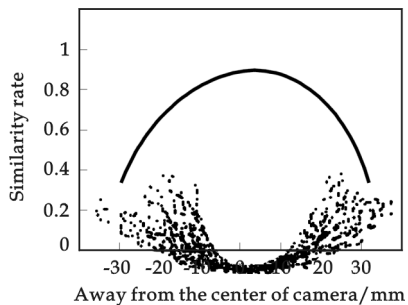


Fig. 10 Similarity rate sim

4 Location Accuracy

It is different of location error between similarity rate way and linear classifier in 1 000 work-pieces testing. Fig. 10. shows similarity rate sim will approach to 1 and become the maximum when work-piece moves under camera, dash line indicates the trend of similarity rate sim . Horizontal axis is the away from center camera crossing moving direction, vertical axis is the similarity rate sim .

For the sake of using linear classifier, we defined 8 character points and 24 character shapes. Some researches^[11-14] show the error times of linear classifier is bigger than the method of similarity rate. This is because linear classifier's accuracy is affected by the numbers of character parameters. On the other hand, linear classifier needs to be training, but it is not realistic in such application.

References

- [1] W. A. Yasnoff, J. K. Mui and J. Bacus. Error measures for scene segmentation[J]. Pattern Recognition, 1977, 9(4): 217-231.
- [2] T. Peli, D. Malah. A study of edge detection algorithms[J]. Comput. Graphics Image Process., 1982, 20: 1-21.
- [3] W. Pratt. Digital image processing[M]. New York: Wiley-Interscience, 1991.
- [4] R. -R. Ramon. A measure of quality for evaluating methods of segmentation and edge detection[J]. Pattern recognition, 2001, 34: 969-980.
- [5] Di Gesu, V. and Starovoitov, V. Distance-based functions for image comparison[J]. Pattern Recognition Letters, 1999, 20: 207-214.
- [6] D. Coquin and Ph. Bolon. Application of Baddeley's distance to dissimilarity measurement between gray scale images[J]. Pattern Recognition Letters, 2001, 22: 1 483-1 502.
- [7] M. D. Levine and A. Nazif. Dynamic measurement of computer generated image segmentations[J]. IEEE Trans. PAMI-7, 1985: 155-164.
- [8] A. M. Nazif and M. D. Levine. Low level image segmentation: an expert system[J]. IEEE Trans. PAMI-6, 1984: 555-577.
- [9] Y. J. Zhang and J. J. Gerbrands. Objective and quantitative segmentation evaluation and comparison[J]. Signal Processing, 1994, 39: 43-54.

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0025-04

新型苯丙乳液的制备及其在瓦楞纸中的应用

来水利, 袁 丹, 韩武军

(陕西科技大学教育部轻工助剂化学与技术重点实验室, 陕西 西安 710021)

摘 要: 采用种子乳液和预乳化工工艺,以苯乙烯(St)、丙烯酸丁酯(BA)、甲基丙烯酸甲酯(MMA)、丙烯酸(AA)为单体,十二烷基磺酸钠(SDS)、烷基酚聚氧乙烯醚(OP-10)为复合乳化剂,过硫酸钾(KSP)为引发剂,制备了稳定的苯丙乳液.实验结果表明:当 $m(\text{St}):m(\text{MMA}):m(\text{BA}):m(\text{AA})=4:10:24:9$,复合乳化剂的用量为单体总质量的4%,引发剂的用量为单体总质量的0.6%时合成的乳液用于纸张浆内施胶得到的纸张性能较好.

关键词: 苯丙乳液;乳液聚合;纸张增强剂

中图法分类号: TS727⁺.2

文献标识码: A

0 前 言

近年来瓦楞纸作为绿色环保包装材料在我国得到了迅速发展,其用量占到了纸包装材料的60%以上,并开始延伸到其他领域.2009~2013年,亚洲市场对瓦楞纸箱的需求将保持5.8%的年均增长率^[1].据统计,我国每年有近240亿美元的商品出口因达不到国外发达国家的包装要求而受到直接或者间接的影响.目前外包装存在的主要问题有:(1)部分纸箱的强度、耐压性等物理特性达不到相关的标准要求,经过长途运输和搬运卸载后,常出现变形和破损;(2)瓦楞纸箱黏贴强度不够,尤其是遇水后,同时很少在瓦楞纸箱外面采用相应的防水措施,造成纸箱防潮性能较差^[2].针对这些问题,很多科学家都在寻求较好的纸张增强剂,以便能够克服这些缺陷.本研究针对这些问题制备了稳定性较好,对纸张增强效果较好的乳液.

1 实验部分

1.1 主要原料及实验仪器

甲基丙烯酸甲酯(MMA)、丙烯酸丁酯(BA),分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司;丙烯酸(AA),分析纯,天津市福晨化学试剂厂;苯乙烯(St),化学纯,国药集团化学试剂有限公司;丙烯酸(AA),分析纯,天津市福晨化学试剂厂;十二烷基磺酸钠(SDS),分析纯,天津登丰化学制品有限公司;乳化剂 OP-10,化学纯,上海山浦化工有限公司;过硫酸钾(KSP),分析纯,天津市化学试剂六厂;碳酸氢钠(NaHCO_3),分析纯,上海虹光化工厂.

VECTOR-22 型傅里叶红外光谱仪,BRUKER 公司;LD4-2 型低速离心机,北京医用离心机厂,最大转速 4 000 r/min,XWW-20 型万能试验机,承德市金建检测仪器有限公司,实验速度 20 mm/min,传感器 500 N,DC-NPY1200 型电脑测控耐破仪,四川长江造纸仪器有限责任公司,DCP-MIT135A 型电脑测控耐折度仪,四川长江造纸仪器有限责任公司,最高耐折次数为 6×10^4 次.

1.2 苯丙乳液的制备

向带有调速搅拌器、温度控制仪和冷凝回流管的合成反应装置中先加入乳化剂、去离子水、十分之一

* 收稿日期:2010-11-10

作者简介:来水利(1965—),男,陕西省咸阳市人,副教授,研究方向:精细化工助剂及微波化学

混合单体和三分之一的过硫酸钾,在 50 ℃下预乳化半小时后升温至 75 ℃滴加剩余单体与过硫酸钾,2.5 h 滴完,使过硫酸钾晚于单体半小时滴完;滴完后升温至 80 ℃下保温 2 h,冷却后用碳酸氢钠调节 pH 至 7.0.

1.3 聚合物红外光谱分析

将乳液经正丁醇、去离子水、丙酮提纯,将产物在 80 ℃干燥箱中恒温 7 h 成膜,用傅里叶红外光谱仪的 HTR 测定.

1.4 应用实验

纸页抄造:将绝干浆稀释至 4%后加入组织捣碎匀浆机中打浆 2 min,转速为 2 000 r/min,以硫酸铝为助留剂,最后在陕西科技大学自制的手动抄纸机上进行抄纸,纸张定量为 130 g/m².

纸张增强性能的测试:纸页经恒温恒湿处理后,按国家标准方法测量抗张强度、耐破强度、耐折强度等性能指标.

2 结果与讨论

表 1 引发剂用量对乳液稳定性的影响

引发剂用量 /%	沉淀物质量 /20 g	粘度 /mPa·s	乳液外观	乳液气味
0.4	2.63 g	78.3	乳白带蓝光	味重
0.5	0.83 g	85.2	蓝光较强	有味
0.6	0.16 g	105.7	蓝光较强	无味
0.7	0.74 g	90.2	蓝光较强	无味
0.8	3.17 g	81.6	蓝光弱	无味

2.1 引发剂用量对乳液稳定性的影响

一般丙烯酸类单体的聚合多采用过硫酸盐作为引发剂^[3],考虑到过硫酸铵的不稳定性,本研究选用过硫酸钾为引发剂,并探讨了引发剂的用量对乳液稳定性的影响.取 20 g 制备好的乳液在离心机中以 3 000 r/min 离

心 10 min,倒出上层乳液,称量下层沉淀物质量.实验结果如表 1 所示.

由表 1 可知,当过硫酸钾用量较少,产生引发的自由基则较少,引发速率低所生成的大分子聚合度高,相对分子质量增大,从而使粘度增大.过硫酸钾用量加大,反应速率增大,反应剧烈,链转移速度加快,导致聚合物网络交联密度过小和粘度下降.但是当过硫酸钾的过量时,会引起电解质作用,聚合反应会因此失稳而出现聚凝现象,所以本实验选择的引发剂用量为 0.6%.

2.2 乳化剂用量对纸张性能的影响

在乳液聚合中,乳化剂起着重要的作用.因为乳化剂在乳液聚合中通过双电子层和吸附保护层以形成聚合物的稳定分散体系,使乳液达到稳定.单一使用非离子乳化剂,温度会影响聚合反应的稳定性.当温度升高时,水分子的布朗运动加快,使水合作用减小,聚合物乳液粒子则极易聚集成更大的粒子而沉降.当单独使用阴离子乳化剂时则能得到机械稳定性较好的乳液,但是其乳液的电解质稳定性则较差.为此,本实验选择阴离子型/非离子型复合乳化剂,通过实验发现,当 $m(\text{阴离子型}):m(\text{非离子型})=1:2$ 时,乳液的稳

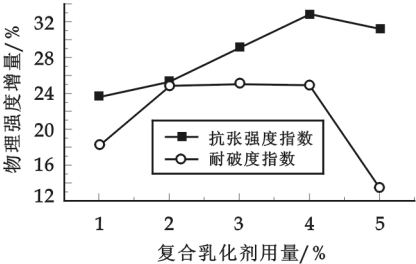


图 1 复合乳化剂用量对纸张性能的影响

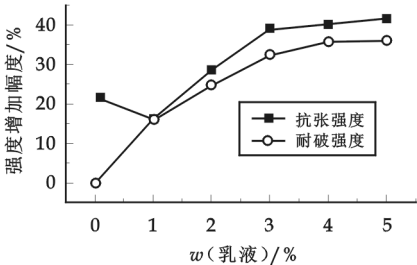


图 2 乳液用量与纸张强度的关系曲线

定性最好.

图 1 为复合乳化剂用量对纸张性能的影响,由图可知,纸张的抗张强度随着乳化剂用量的增大而增大,而耐破度则随着乳化剂用量的增加先增大,后基本不变,但当乳化剂的用量超过 3%时,纸张的耐破度和抗张强度均有所下降.综合考虑,本实验选择复合乳化剂的用量为单体质量的 3%.

2.3 软硬单体比对纸张性能的影响

MMA 作为硬单体,能够使聚合物具有较高的强度和硬度,使聚合物的内聚力提高并提高纸张表面的附着力.BA 是软单体,可以增加聚合物的粘着性,提高聚合物膜的柔韧性和延展性^[4].

由表 2 可知,当 $m(\text{BA}):m(\text{MMA})=7:3$ 时,纸张的抗张强度、耐破度均最大.因为此时聚合物中 MMA 的比例较高,对纸张表面的附着力会比较大,所以在浆内施胶过程中乳液较易吸附在纸张的表面.乳液的加入增加了纤维的强度并能使纤维成束,在有外力作用时纤维束不易分离,从而提高了纸张的张强度和耐破度.

2.4 St 用量对纸张性能的影响

St 能提高乳液的物理机械性能,降低收缩率,减少树脂的粘度.用其对聚丙烯酸酯乳液改性,可以提高乳液膜的耐水性和硬度^[5].

由表 3 可知,随着 St 含量的增加,纸张的抗张强度和耐破度也随之增大,但增加到一定程度就不再随着 St 的增加而增加,反而降低,耐折度也随着 St 含量的增加而增大.当 St 的用量为 9% 时,纸张的抗张指数比空白提高了 36%,耐破度提高了 52%,耐折度由空白时的 5 次提高到 13 次.考虑到乳液的稳定性,本实验选择 St 的用量为 9%.

2.5 乳液用量对纸张性能的影响

图 2 是乳液用量对纸张强度的影响曲线,由图可知,随着乳液用量的增加,纸张的抗张强度和耐破度也随着增大,但增加到一定程度后纸张的抗张强度和耐破度不再随着乳液用量的增加而增大.这是因为乳液的加入量已经达到饱和,再加大乳液的量不仅得不到有效的利用,而且会使浆料发生絮凝现象影响纸页成型,进而影响纸张表面的性能和强度.乳液用量过少时,纤维间的结合强度不够,达不到预期效果.综合考虑我们选乳液的用量为绝干浆的 3%.

2.6 聚合物的红外谱图

将苯丙乳液在 80 ℃ 下干燥成膜后缓慢降温,然后进行红外测试.苯丙乳液的 FT-IR 谱图见图 3.

由图 3 可知,3 504 cm^{-1} 是丙烯酸羧基中 $-\text{OH}$ 的伸缩振动吸收峰;2 957,2 873 cm^{-1} 是 $-\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2$ 中的 $\text{C}-\text{H}$ 键的伸缩振动吸收峰;1 728 cm^{-1} 是丙烯酸酯基中 $\text{C}=\text{O}$ 的伸缩振动峰;1 451 cm^{-1} 是 $-\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2$ 中 $\text{C}-\text{H}$ 键的面内弯曲振动吸收峰;1 160 cm^{-1} 是 $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ 伸缩振动吸收峰;762,701 cm^{-1} 是苯环的特征吸收峰.由此可见,所有的单体都参加了共聚反应.

3 结论

(1)以苯乙烯、丙烯酸丁酯、丙烯酸、甲基丙烯酸甲酯为原料,采用半连续种子聚合法进行乳液聚合,合

表 2 不同软硬单体比对纸张性能的影响

$m(\text{BA})/m(\text{MMA})$	干抗张强度/($\text{N} \cdot \text{m/g}$)	耐破度/ kPa
2:8	30.14	171
3:7	45.23	183
4:6	39.30	197
5:5	35.62	189
6:4	46.82	203
7:3	55.33	216
8:2	40.12	185

表 3 St 含量对纸张性能的影响

St 用量/%	抗张指数/($\text{N} \cdot \text{m/g}$)	耐破度/ kPa	耐折度/次	20 g 乳液所含固体质量/g
空白	36.31	140	5	—
3	38.63	173	8	0.87
6	42.61	189	11	0.7
9	49.54	213	13	0.23
12	49.93	207	15	0.42
15	47.38	191	23	0.65

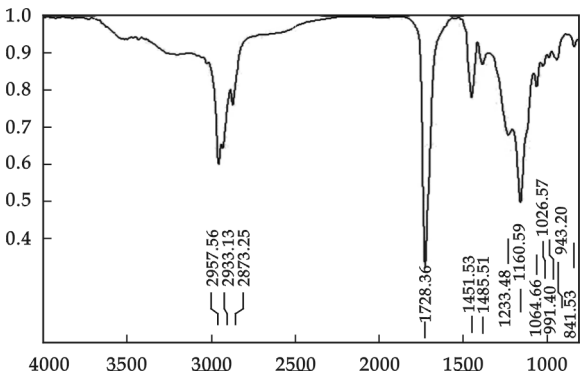


图 3 苯丙乳液的 FT-IR 谱图

成了稳定的苯丙乳液。

(2)通过乳液性能分析及应用实验,确定乳液的最佳配比为:质量比 $m(\text{St}):m(\text{MMA}):m(\text{BA}):m(\text{AA})=4:10:24:9$,引发剂用量为 0.6%,乳化剂用量为 3%。

(3)抄纸应用实验表明,添加 3%(对绝干浆)的乳液到纸浆中,采用 2%(对绝干浆)的硫酸铝为助留剂,纸张的抗张指数和耐破指数分别提高了 36%和 52%。

参 考 文 献

- [1] 顾晓燕.瓦楞纸包装将成趋势[J].印刷工业,2010,(1):36-37.
- [2] 陈希荣.瓦楞纸箱包装的发展现状及提高性价比措施[J].印刷杂志,2010,(2):1-7.
- [3] 张心亚,涂伟平,杨卓如,等.乳液聚合中乳化剂对聚合物乳液稳定性的影响[J].粘结,2002,23(3):16-23.
- [4] 王春艳,陈 涛,朱传芳,等.环氧接枝改性水性丙烯酸树脂的合成研究[J].应用化工,2006,35(1):7.
- [5] 曹志峰,苗 青,金 勇.核壳型聚丙烯酸酯乳液的合成及改性研究进展[J].中国皮革,2009,38(11):32-36.

PREPARATION OF NEW STYRENE-ACRYLIC LATEX EMULSION AND APPLICATION IN CORRUGATED PAPER

LAI Shui-li, YUAN Dan, HAN Wu-jun

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

Abstract: The stability tyrene-acrylic latex emulsion has been prepared with seed emulsion and emulsification process with styrene(St), butyl acrylate)(BA), methyl methacrylate(MMA) and acrylic acid(AA) as monomers, sodium dodecyl sulfate (SDS) and alkylphenol ethoxylates (OP-10) as anion emulsifier, KSP as initiator. And use the emulsion to intracytoplasmic glue on the paper. The results indicated that, the paper latex have good performance, when $m(\text{St}):m(\text{MMA}):m(\text{BA}):m(\text{AA})=4:10:24:9$, the amount of compound emulsifier is 3%, the amount of initiator is 0.6%.

Key words: styrene-acrylic latex; emulsion polymerization; paper strengthening agent

我校首个与企业共建的博士后科研流动站工作基地在河北揭牌

2010年12月23日,“陕西科技大学轻工技术与工程博士后科研流动站工作基地”在河北硅谷化工有限公司揭牌并举行启动仪式,这是我校首个与企业共建的博士后科研流动站工作基地。邯郸市政府副市长侯华梅、我校副校长张美云、永年县县长杨华云、河北硅谷化工有限公司董事长宋福如出席仪式并为该博士后科研流动站工作基地揭牌。我校研究生处主要负责人和造纸工程学院有关教师等参加了仪式。仪式由邯郸市科技局局长李冠军主持。

张美云代表我校致辞,介绍了博士后制度的由来、我校的办学历史及研究生教育发展状况,并表示我校将派遣优秀的博士后进入该基地进行科研工作,为企业的发展注入新活力,增添新生机。同时希望硅谷公司充分发挥博士后制度在人才工作和技术创新工作等方面的优势,积极创建和形成与高校、科研院所共同培养人才的模式,推动科技成果的转化,增强企业的核心竞争能力。

杨华云在讲话中指出,“陕西科技大学轻工技术与工程博士后科研流动站工作基地”在邯郸市的建立,是邯郸市开展市校合作的又一成功范例,对加速高校创新成果的转化,推进该市技术创新体系建设具有重要意义。以此为平台,河北硅谷化工有限公司、陕西科技大学将在人才培养、科研开发等方面开展一系列深入合作。

张美云和宋福如代表校企双方在“建立陕西科技大学轻工技术与工程博士后科研流动站工作基地协议”上签字。张美云还向宋福如颁发了我校客座教授聘书。

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0029-03

膨胀石墨的制备及结构研究

祝 叶, 夏新兴

(陕西科技大学造纸工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要: 膨胀石墨具有耐高温、耐腐蚀、抗氧化、压缩性好等优点,在众多领域有着广泛的应用.作者研究了膨胀温度和膨胀时间对膨胀容积的影响,并用扫描电镜(SEM)对膨胀石墨的结构进行了分析.研究表明:温度在 900 ℃,膨胀时间为 30~50 s 时,可膨胀石墨能发生良好的膨胀效果;膨胀石墨具有发达的孔隙结构,孔径尺寸在微米级,大小不一.

关键词: 膨胀石墨; 温度; 时间; 结构

中图法分类号: TQ165 **文献标识码:** A

0 前 言

膨胀石墨是近年来迅速发展的一种新型碳材料,这种材料不仅具有天然石墨耐高温、耐腐蚀、自润滑性好等优良特性,而且还具有天然石墨不具备的轻质、柔软以及可压缩等特殊性能,在石油、化工、电力、冶金、汽车制造、热工、环保和医疗保健等领域可作为密封、隔热、防火、导电、发热和吸附材料,用途十分广泛.

膨胀石墨也叫柔性石墨或“石墨蠕虫”^[1],制备过程一般为:先用氧化剂对天然石墨进行改性,使氧化剂分子进入石墨内部与碳网平面结合,生成石墨层间化合物,变成可膨胀石墨,然后在高温作用下,可膨胀石墨在短时间内发生几十到数百倍的膨胀,形成膨胀石墨.膨胀过程发生后,石墨体积发生了巨大变化,前后形态也有较大差别.本文研究了膨胀温度和膨胀时间对膨胀容积的影响,并用扫描电镜(SEM)对膨胀石墨的结构进行了分析,对其性能进行了探讨.

1 实验部分

1.1 实验原料及设备

可膨胀石墨:80 目,含碳量 99%,青岛南墅泰星石墨制品有限公司;箱式电阻炉: SX-4-10 型,长沙市华光电机厂;扫描电镜: JSM-6460 型,日本日立公司.

1.2 实验方法

1.2.1 膨胀石墨的制备

先将箱型电阻炉加热到一定温度,然后把可膨胀石墨置于其中,一段时间后取出,得到膨胀石墨.

1.2.2 膨胀容积的测定

将一定质量(m)的膨胀石墨放入 500 mL 量筒中,测出膨胀石墨的体积(V), V 与 m 的比值即为膨胀石墨的膨胀体积.

* 收稿日期:2010-12-10

作者简介:祝 叶(1983—),男,湖北省随州市人,在读硕士生,研究方向:造纸湿部化学及特种纸

1.2.3 分析检测

用扫描电镜(SEM)对膨胀石墨进行结构分析.

2 结果与讨论

2.1 膨胀温度对膨胀容积的影响

图 1 为膨胀温度对膨胀容积的影响. 由图 1 可以看出,温度低于 900 ℃时,随着温度的升高,膨胀容积不断增大,到 900 ℃时达到最大值,为 187 mL · g⁻¹;温度高于 900 ℃后,膨胀容积变化不大. 温度较低时,石墨层间化合物未充分发挥作用,膨胀效果不够理想;温度较高时,石墨层间化合物分解得较为完全,具有较大的推力,使石墨内部各碳平面层产生更大的距离,膨胀容积更大. 同时,石墨层间化合物的量决定了膨胀容积是有限度的,达到一定值后变化不大.

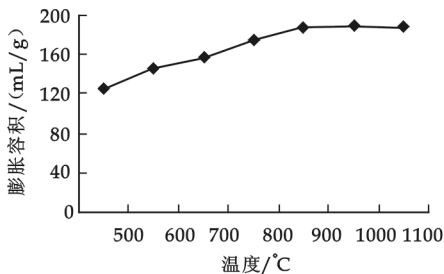


图 1 膨胀温度对膨胀容积的影响

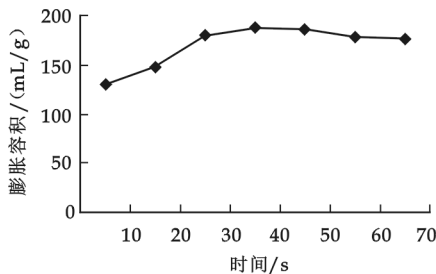


图 2 膨胀时间对膨胀容积的影响

2.2 膨胀时间对膨胀容积的影响

图 2 为膨胀时间对膨胀容积的影响. 由图 2 可以看出,30 s 内膨胀容积随膨胀时间的增加不断增大,30~50 s 内变化不大,50 秒后略有下降. 这说明,膨化作用时间较短时,部分可膨胀石墨粒子来不及发生膨胀或膨胀的不够充分,使得整体膨胀效果不好,而如果膨化作用时间过长,部分石墨蠕虫会被灼烧而断裂,导致膨胀容积略有下降,从而影响膨胀石墨的性能,故膨胀时间为 30~50 s 较为合适.

2.3 石墨粒子膨胀前后的形态变化

天然石墨是六方晶系层状结构^[2],层面内的碳原子以杂化轨道和邻近的三个碳原子形成共价键,构成稠密而坚固的网平面. 这些网平面互相重叠成层间结构,层与层之间以范德华力结合,这种分子间作用力结合力较弱. 石墨晶体的层状结构使得层间存在一定的空隙,当氧化剂分子进入石墨层间时,与碳网平面结合形成石墨层间化合物,生成可膨胀石墨(图 3). 在高温作用下,可膨胀石墨碳层之间的范德华力被破坏,层与层之间距离扩大,形成了蠕虫状柔性石墨(图 4)^[3].

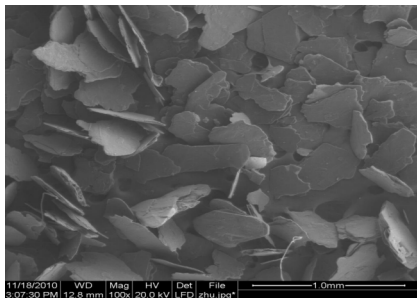


图 3 可膨胀石墨的 SEM 图

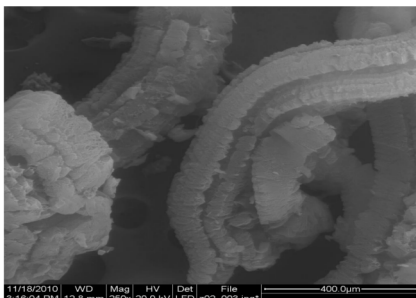


图 4 蠕虫状膨胀石墨的 SEM 图

图 3 中的可膨胀石墨粒子外形较为规则,呈片状,而图 4 为加热后生成的膨胀石墨,形态呈蠕虫状. 对比图 3 和图 4 可以发现,可膨胀石墨在加热膨胀后前后形态差异较大,膨胀过程发生后,石墨原有的晶体结构遭到破坏,结构不规则. 同时,从外观上看,膨胀石墨颜色深黑,质轻,呈疏松多孔状,与鳞片状富有光

泽性的可膨胀石墨有较大差别。

2.4 膨胀石墨的结构分析

图 5(a)~(c)为不同放大倍数下膨胀石墨的扫描电镜照片。从图可见,膨胀石墨具有较为发达的孔隙结构。天然石墨经氧化剂氧化后,形成的石墨层间化合物只是在石墨层内局部形成,加热分解时各处产生的作用不均一,有些部分撑开并胀大,有些地方变化不明显。沿 c 轴方向膨胀形成较大的空隙裂缝,这些裂缝呈开放与半开放状,并相互连接。综合图 5(a)~(c)可以发现,膨胀石墨的孔隙尺寸多为微米级别,大小不一。

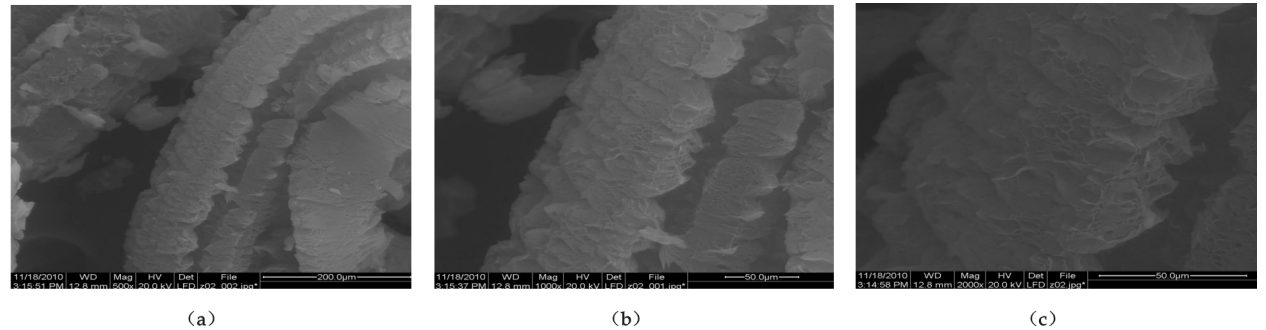


图 5 膨胀石墨的不同倍数 SEM 图

膨胀石墨的多孔特性使其具有较大的比表面积,有一定的吸附能力,故可用作吸附材料。同时,柔性石墨的轻质、疏松多孔特性,使其具有良好的可压缩性,是一种良好的密封材料。除此之外,还可用作防火、生物医学、环保材料等。

3 结束语

随着人们对膨胀石墨的进一步认识与开发,这种新型材料在制备膨胀石墨的过程中,膨胀温度在 $900\text{ }^{\circ}\text{C}$,膨胀时间为 $30\sim50\text{ s}$ 时,可膨胀石墨能发生良好的膨胀效果,膨胀容积较大。膨胀石墨具有发达的孔隙结构,孔径尺寸在微米级,大小不一。膨胀石墨的多孔特性使其具有较大的比表面积和良好的可压缩性,可广泛应用于密封、阻燃、电力、环保等领域。

参 考 文 献

[1] Sandi Miller, Demetrios Papadopoulos, Paula Heimann, *et al.* Graphite sheet coating for improved thermal oxidative stability of carbon fiber reinforced/PMR-15 composites[J]. Composites Science and Technology, 2007, 66:2 183.
[2] Klug, Jeremy H. Process for complex shape formation using flexible graphite sheets[P]. US P0167109, 2002.
[3] 田 敏,张银年,李洪潮. 膨胀石墨的发展状况[J]. 矿产保护与利用, 1999, (5): 42-43.

STUDY ON THE PRODUCTION AND STRUCTURE OF EXPANDED GRAPHITE

ZHU Ye, XIA Xin-xing

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

Abstract: Expanded graphite has been widely used as a novel material with its excellent properties. The article studied on the production and structure of expanded graphite. SEM photos showed that the surface of flexible graphite had numerous holes in size μm -level, which give expanded graphite well compressibility. The expanded temperauure of expanded graphite produced was $900\text{ }^{\circ}\text{C}$, and the expanded time was $30\sim50\text{ s}$.

Key words: expanded graphite; temperauure; time; structure

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0032-03

壳聚糖硫酸盐催化合成苯佐卡因

尹大伟, 刘玉婷

(陕西科技大学化学与化工学院, 陕西 西安 710021)

摘 要: 采用壳聚糖硫酸盐催化合成苯佐卡因(对氨基苯甲酸乙酯), 讨论了催化剂量、体系 pH、反应时间和回流温度对酯产率的影响, 确定了最佳的反应条件: 体系 pH=2, 催化剂量 0.8 g (对氨基苯甲酸 0.01 mol), 反应时间 4 h, 回流温度 65 ℃, 苯佐卡因产率为 86.8%。壳聚糖硫酸盐具有良好的催化性能, 反应条件温和, 无废酸产生, 无腐蚀, 而且可以重复使用。

关键词: 壳聚糖硫酸盐; 催化; 苯佐卡因; 合成

中图法分类号: TQ245.1⁺2; TQ203.2 **文献标识码:** A

0 前 言

苯佐卡因即对氨基苯甲酸乙酯, 为白色结晶性粉末, 熔点 88~90 ℃, 在乙醇、氯仿或乙醚中易溶, 也溶于稀酸, 难溶于水。苯佐卡因属医药中间体^[1,2], 是一种局部麻醉药, 以此为基础, 人们合成了许多优良的对氨基苯甲酸酯类局部麻醉药, 如普鲁卡因等。

硫酸是酯化反应的经典催化剂, 但对设备的腐蚀性很大, 且易发生副反应, 近年来已研究出许多新催化剂来代替硫酸, 其中之一就是以天然高分子壳聚糖作为硫酸的载体制得的固载化壳聚糖硫酸盐^[3]。壳聚糖是甲壳素的 N₂ 脱乙酰产物。壳聚糖含有氨基, 其有很好的结合硫酸的能力, 形成的壳聚糖硫酸盐不溶于水, 也不溶于一般的有机溶剂, 在丙酮、丁醇的水溶液中不显酸性。与传统催化剂相比, 壳聚糖硫酸盐具有以下优点: 反应条件温和, 催化活性强, 选择性高, 用量少, 产率高, 可重复使用多次, 后处理简便, 因此成为国内外研究的热点^[4-6]。

本文以壳聚糖硫酸盐为催化剂合成苯佐卡因, 并得到了最佳条件。考察了影响催化效果的各种因素, 同时将其催化效果与浓硫酸、对甲苯磺酸比较, 结果表明其催化效果良好; 重复使用性能好; 反应物醇酸比小, 酯产率高; 后处理简单, 无污染, 无腐蚀, 具有绿色合成的特点。

1 实验部分

1.1 仪器和试剂

X-4 型显微熔点仪(上海精密科学仪器有限公司); VECTOR-22 型傅里叶红外光谱仪(德国布鲁克公司)。所用试剂均为分析纯。壳聚糖硫酸盐按文献^[7]合成。

1.2 苯佐卡因(对氨基苯甲酸乙酯)的合成

于装有分水器、球形冷凝管、搅拌器和温度计的 250 mL 三口烧瓶中加入 1.37 g(0.01 mol) 对氨基苯甲酸, 15 mL 无水乙醇, 搅拌至固体溶解后, 滴加盐酸调体系 pH 至 2, 加入 10 mL 环己烷和壳聚糖硫酸盐 0.8 g, 然后水浴加热升温至 65 ℃, 搅拌回流 4 h。反应完毕加饱和醋酸钠溶液调 pH 值=9 后趁热过滤掉催化剂, 滤液倒入装有 100 mL 冷水的烧杯中, 冷却, 抽滤, 水洗, 干燥得浅黄色产品, 粗品用乙醚-石油醚重结晶, 产率 82.4%, m. p 90~93 ℃(文献值^[8] 90 ℃)。

* 收稿日期: 2010-10-28

作者简介: 尹大伟(1970—), 男, 陕西省富平县人, 工程师, 研究方向: 有机合成

2 结果与讨论

2.1 反应前体系 pH 值对酯产率的影响

对氨基苯甲酸用量为 0.01 mol,无水乙醇 15 mL, 环己烷 10 mL(以下实验都在此物料基础下进行). 固定催化剂磺化壳聚糖 0.8 g,回流时间 4 h 及反应温度 65 ℃ 情况下,改变反应前体系 pH 值进行实验. 实验结果见图 1.

由图 1 看出:随着 pH 值的上升,酯产率先上升后下降,原因是随着 pH 值的上升,反应体系中游离胺基量增大,壳聚糖硫酸盐作为固体 Lewis 酸催化剂会与游离胺基反应,从而降低催化效能,造成酯产率降低,因此该反应中反应前体系最佳 pH 值为 2.

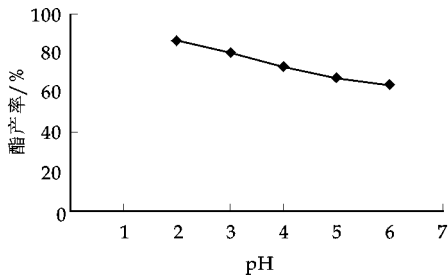


图1 反应前体系pH值对酯产率的影响

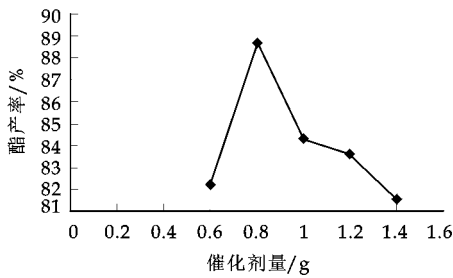


图2 催化剂用量对酯产率的影响

2.2 催化剂用量对酯产率的影响

在 pH=2,回流时间 4 h 及反应温度 65 ℃ 情况下改变催化剂用量进行实验,实验结果见图 2.

由图 2 看出:随着催化剂用量的增加,对氨基苯甲酸乙酯产率也增加,但催化剂量超过 0.8 g 后酯的产率下降,这是由于催化剂用量过多,可能导致副反应增加,因此催化剂的适宜用量为 0.8 g.

2.3 回流时间对酯产率的影响

固定催化剂 0.8 g,反应前 pH=2 及反应温度 65 ℃ 情况下,控制回流时间,研究回流时间对酯产率的影响,结果见图 3.

由图 3 看出:随着回流时间的增加,酯产率也增加,但回流时间超过 4 h 后酯产率下降,这是因为时间过长导致酯水解,从而影响产率.

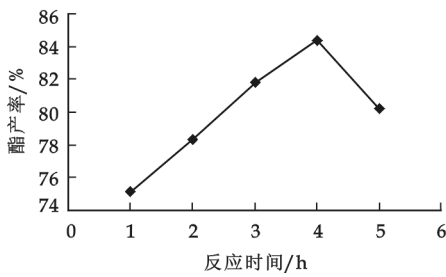


图 3 回流时间对酯产率的影响

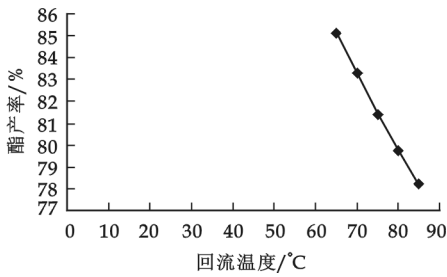


图 4 反应温度对酯产率的影响

2.4 反应温度对酯产率的影响

固定催化剂 0.8 g,反应前 pH=2 及回流时间为 4 h 情况下,控制反应温度,研究反应温度对酯产率的影响,结果见图 4.

由图 4 看出:随着反应温度升高,酯产率降低.可能原因是环己烷、水和乙醇形成了三元共沸物,其共沸温度为 62.1 ℃,温度过高,蒸出的乙醇量增加,造成酯产率降低,所以反应最佳温度为 65 ℃.

表 1 催化剂连续使用次数对酯产率的影响

次数	1	2	3	4	5	6	7	8
酯产率/%	86.8	86.2	86.1	86.0	85.8	85.5	85.3	85.8

2.5 催化剂的重复使用

在上述最佳条件下,即用 0.01 mol 对氨基苯甲酸,无水乙醇 15 mL,环己烷 10 mL,反应前用盐酸调体系 pH=2,催化剂用量 0.8 g,65 ℃下回流 4 h,考察催化剂连续使用次数对酯产率的影响,实验结果见表 1.

由表 1 可以看出,壳聚糖硫酸盐作为对氨基苯甲酸乙酯合成的催化剂不仅稳定而且连续使用性能良好.

2.6 不同催化剂对酯产率的影响

表 2 催化剂种类对酯产率的影响

催化剂种类	壳聚糖硫酸盐	浓硫酸	对甲苯磺酸
酯产率/%	86.8	82.1	80.6

注: 对甲苯磺酸用量为 1.5 g,浓硫酸用量为 3 mL.

在上述最佳条件下,即用 0.01 mol 对氨基苯甲酸,无水乙醇 15 mL,环己烷 10 mL,反应前用盐酸调体系 pH=2,壳聚糖硫酸盐催化剂 0.8 g,65 ℃下回流 4 h,对催化剂种类对酯产率的影响进行考察,结果见表 2.

从表 2 中可以看出,壳聚糖硫酸盐催化剂比浓硫酸和对甲苯磺酸催化剂要好,不仅产率高,而且用量也少.

3 结论

本文得出以壳聚糖硫酸盐为催化剂,环己烷为带水剂合成苯佐卡因(对氨基苯甲酸乙酯)的最佳反应条件为:体系 pH=2,催化剂用量 0.8 g,反应时间 4 h,回流温度 65 ℃,产率为 86.8%. 与浓硫酸及对甲苯磺酸相比,壳聚糖硫酸盐催化活性高,用量少,选择性好,能减少副反应的发生,产品收率高,后处理简单方便,连续催化性能稳定,并减少了设备腐蚀,大大减少了废液的排放,是一种具有较好开发前景的环保型催化剂.

参 考 文 献

[1] 彭彩云,方 渡,李云耀. 苯佐卡因的合成方法改进[J]. 中国医疗前沿,2007,1(2):56-57.
[2] 张 斌,许莉勇. 苯佐卡因合成方法的改进[J]. 浙江工业大学学报,2004,32(2):143-145.
[3] 陈秀宇,陈玉成. 壳聚糖硫酸盐的催化酯化反应研究进展[J]. 福建师范大学福清分校学报, 2007,(79):33-38.
[4] 苏秋芳. 壳聚糖硫酸盐催化合成环己酮缩乙二醇[J]. 化学研究与应用,2006,18(1):110-112.
[5] 王科军,薛 珺,李凤仪. 微波辐射壳聚糖硫酸盐催化合成乙酸正丁酯[J]. 石油化工,2005,34(4):364-367.
[6] P. Liu, L. Wang, X. Y. Wang. Chitosan-immobilized palladium complex: a green and highly active heterogeneous catalyst for heck reaction[J]. Chinese Chemical Letters, 2004,15(4):475-477.
[7] 尹大伟,苗东琳,刘玉婷. 壳聚糖硫酸盐催化合成尼泊金甲酯[J]. 精细石油化工,2010,27(6):56-58.
[8] 刘玉婷. 有机合成化学实验[M]. 长春:吉林大学出版社,2006.

CATALYTIC SYNTHESIS OF BENZOCAINE WITH CHITOSAN SULFATE

YIN Da-wei, LIU Yu-ting

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

Abstract: Benzocaine was synthesized using chitosan sulfate as catalyst. Simultaneously, the effect of some factors, such as the amount of catalysts, pH, time and reaction temperature on the yield of benzocaine were studied. The experiment results affirmed the best reaction conditions: pH=2,the mass of chitosan sulfate was 0.8 g, reaction tiome was 4 h, refluxing temperature was 65 ℃,the yield of benzocaine was 86.8%. Using chitosan sulfate in synthesis of benzocaine, the reaction condition was mild, nonexpendable, non-corrosive, and can be reused.

Key words: chitosan sulfate; catalyst; benzocaine; synthesis

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0035-03

杜仲胶/氯丁橡胶共混及其隔音性能研究

任庆海, 马养民, 张天福

(陕西科技大学化学与化工学院, 陕西 西安 710021)

摘要:杜仲胶作为热塑性材料具有优异的低温可塑加工性和优良的耐水、耐寒、耐酸碱、高绝缘等特性,同时还具有高阻尼性,并且利用其高阻尼性可制作隔音设备与减震材料.作者将杜仲胶与氯丁橡胶共混,加入发泡剂,制备了具有良好吸声和隔音性能的杜仲胶/氯丁橡胶复合材料,并研究了复合材料各组分最佳配比、发泡剂的最佳用量及其硫化特性.

关键词:杜仲胶;氯丁橡胶;共混;发泡;隔音材料

中图法分类号:TQ321 **文献标识码:**A

0 引言

目前,阻尼类吸声隔音材料用于汽车内饰、机械设备、发动机外壳、建筑隔音板、导弹、卫星、飞机、舰船、潜艇等行业中,既可以控制噪声污染又能够起到一定的减振作用,不但有益于人们的身心健康,还能降低对建筑物、机械结构的损坏程度,并提高设备及仪表的精度和使用寿命.橡胶类材料具有一定的阻尼性,是一种较有开发潜力的吸声隔音材料^[1,2].

杜仲胶化学组成与天然橡胶相同,但结构上互为异构体,天然橡胶是顺式-聚异戊二烯,而杜仲胶是反式-聚异戊二烯.两者结构上的差别导致了宏观性能的不同,天然橡胶是优良的高弹性体,而杜仲胶则是一种结晶的硬质材料.随着对杜仲胶硫化过程规律性认识的深入,发现了杜仲胶这一天然高分子材料具有硫化过程临界转变规律和受交联度控制的3阶段材料特性,从而开发出3大类不同用途的材料——热塑性材料、热弹性材料和橡胶型材料.此外,还发现了杜仲胶与其它橡、塑材料优良的共混加工性.本文在杜仲胶与氯丁橡胶的共混材料中加入发泡剂,使其结构发生变化进而改变其吸声性能,增加了材料对声波的衰减程度.

1 实验部分

1.1 实验材料

杜仲胶(工业品),氯丁橡胶(工业品),氧化锌(分析纯),氧化镁(分析纯),黑炭黑(工业品),钛白粉(工业品),防老剂4101(工业品),石蜡(工业品),硬脂酸(分析纯),凡士林(工业品),发泡剂AC(工业品),尿素(工业品),防震材料(工业品),促进剂NA-22(工业品).

1.2 实验仪器

SK-160 开放式塑炼机,上海齐才液压机械有限公司;XLB-D 平板硫化机,上海齐才液压机械有限公司;MM4130C₂ 无转子硫化仪,北京环峰化工机械试验厂;Model8928 数位式噪音器,台湾;XWW-20 万能试验机,承德市金建检测仪器有限公司.

1.3 橡胶材料的制备

根据初定配方(杜仲胶/氯丁橡胶,20/80;氧化锌,5;氧化镁,4;黑炭黑,15;钛白粉,10;防老剂4101,0.1;石蜡,2;

* 收稿日期:2010-12-05

作者简介:任庆海(1960—),男,河北省保定市人,高级工程师,研究方向:轻化工助剂与高分子材料开发
基金项目:陕西农产品加工技术研究院农产品特色资源深加工研发项目(NYY-090201)

硬脂酸,1.5;凡士林,10;防震材料,10;促进剂 NA-22,0.8;发泡剂 AC,1.0)制备橡胶材料,橡胶材料的制备工艺流程为:原料准备→生胶塑炼→加入配合剂混炼→混炼胶停放→硫化(模压硫化)→硫化胶停放→制样→性能测试。

称取一定量的胶料,于 150~180 °C 下在无转子硫化仪中测定硫化曲线,并按照 GB/T 528-1998 国家标准测试橡胶的拉伸性能。

2 结果与讨论

2.1 杜仲胶/氯丁橡胶共混比例的确

杜仲胶与氯丁橡胶共混比例对胶料隔音性能的影响如图 1 所示.由图 1 可知,随着杜仲胶用量的增加,共混胶的隔音性能逐渐增强,当杜仲胶/氯丁橡胶比例为 25/75 时,共混胶隔音性能最好,与杜仲胶/氯丁橡胶比例为 20/80 时相差不大.此外,在杜仲胶/氯丁橡胶共混体系中,当杜仲胶用量为 20 份时,共混胶的屈挠性能最好^[4],并且杜仲胶的价格较贵,因此确定杜仲胶用量为 20 份,氯丁橡胶用量为 80 份。

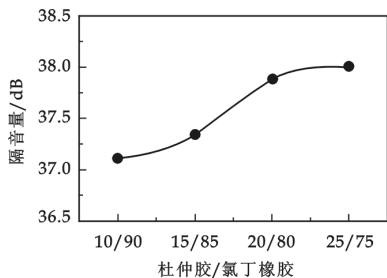


图 1 杜仲胶/氯丁橡胶共混比例与隔音量的关系曲线

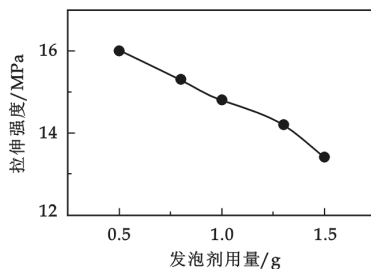


图 2 发泡剂对共混硫化胶拉伸强度的影响

2.2 发泡剂用量对共混硫化胶拉伸强度的影响

根据上述基准配方,改变发泡剂用量(发泡剂用量分别为 0.5、0.8、1.0、1.3、1.5),混炼后在 170 °C 下硫化 20 min.发泡剂用量对共混硫化胶拉伸强度的影响如图 2 所示.由图 2 可知,随着发泡剂用量的增加,共混硫化胶的拉伸强度呈下降趋势.这可能是由于加入发泡剂后,材料内部出现气泡,使材料产生缺陷,导致拉伸强度有一定的下降.因此控制发泡剂用量适当,就能达到材料正常使用的要求。

2.3 发泡剂用量对共混硫化胶隔音性能的影响

发泡后橡胶材料的结构发生变化进而会影响材料的吸声机理和吸声性能.首先,材料内部会形成大量的连通孔洞或封闭气泡进而生成两相界面,当入射声波遇到两相界面时就会发生折射及反射等现象,改变声波的传播路线,降低声波的传播速度.这样的反复传播,使能量不断转换耗散,增加了材料对声波的衰减程度^[3].其次,封闭的气泡在声波的作用下会发生绝热压缩,引起橡胶筋络的剪切变形,产生切变损耗,使部分声能转化为热能损耗掉.连通孔洞中的空气在声波的作用下会与橡胶筋络之间发生摩擦,也能够耗散部分能量.此外,大量气泡的存在会使橡胶筋络变薄,使其在声波的作用下较容易发生剪切变形,能够更加充分地发挥丁腈橡胶材料的粘弹性阻尼作用,进一步耗散声能^[4]。

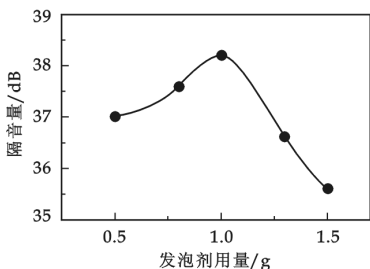


图 3 发泡剂对共混硫化胶隔音性能的影响

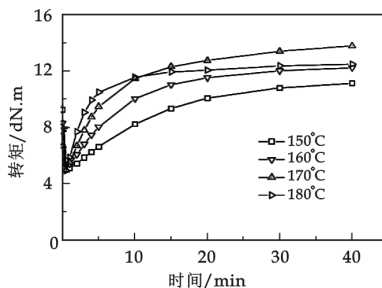


图 4 不同温度下的硫化曲线

发泡剂用量对共混硫化胶隔音性能的影响如图 3 所示. 由图 3 可知,随发泡剂含量的增加,硫化胶的隔音性能呈现先增加后减小的趋势,并且在发泡剂含量为 1 质量份时达到最大值. 这主要是由于发泡后,材料具有较好的泡孔结构,提高了材料的吸声性能且其对于声波的反射性也有所增加,所以其隔声性能也随之提高. 而当发泡剂用量大于 1 质量份后,材料内部空洞增大或增多,使声波更多地透过材料而不是被反射或吸收,因而含量超过 1 质量份后材料的隔声性能有所下降. 因此,将这种复合材料发泡剂的用量确定为 1%.

2.4 硫化特性曲线的测定

表 1 为不同温度下 20/80 的杜仲胶与氯丁橡胶的硫化特性. 图 4 为不同温度下的硫化曲线. 由以上图表可见,随着硫化温度的升高,体系的焦烧时间 T_{S1} 和正硫化时间 T_{90} 减小,最低转矩 M_L 和最高转矩 M_H 增大;而硫化速率指数 V_C 值反映出硫化速度提高, M_H-M_L 值反映出交联程度增大. 此外,硫化过程存在较长硫化平坦期,不会出现过流现象. 综合比较,选定体系的硫化温度为 170 °C,硫化时间为 20 min.

表 1 不同温度下胶料的硫化特性

硫化温度/°C	150	160	170	180
T_{S1}/min	3.73	2.50	2.42	1.05
T_{90}/min	25.20	20.43	22.77	11.30
$V_C/(1/\text{min})$	4.65	5.57	4.68	9.75
$M_L/\text{dN}\cdot\text{m}$	5.12	5.41	4.98	4.88
$M_H/\text{dN}\cdot\text{m}$	11.14	12.24	13.83	12.49
$M_H-M_L/\text{dN}\cdot\text{m}$	6.02	6.83	9.15	7.61

3 结论

- (1)在杜仲胶/氯丁橡胶共混体系中,杜仲胶用量的增加有利于改善共混胶的隔声性能,但会影响共混胶的拉伸强度,因此杜仲胶/氯丁橡胶并用比例为 20/80 时最佳.
- (2)加入发泡剂的共混胶材料具有较好的阻尼作用,提高了材料的吸声性能以及隔声性能. 但当发泡剂含量超过 1 份时会使材料的吸声及隔声性能有所下降. 因此,发泡剂用量确定为 1%.
- (3)共混体系的最佳硫化温度为 170 °C,硫化时间为 20 min.

参 考 文 献

[1] 周 洪,李 波. 高分子微粒吸声材料的声学特性[J]. 高分子材料科学与工程,2004,20(3):190-194.

[2] 王付胜,李旭东,黄宝琛,等. 反式-1,4-聚异戊二烯改性氯丁橡胶的研究[J]. 特种橡胶制品,2006,27(3):1-4.

[3] Wu Jiejun, Li Chenggong, Wang Dianbin, *et al.* Damping and sound absorption properties of particle reinforced AI matrix composite foams[J]. Composites Science and Technology, 2003, 63: 569-574.

[4] 陈月辉. 声学功能橡胶[J]. 特种橡胶制品,2004,25(1):55-58.

GUTTA-PERCHA/CHLOROPRENE RUBBER BLENDS AND
THE STUDY OF SOUNDPROOF PROPERTY

REN Qing-hai, MA Yang-min, ZHANG Tian-fu

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

Abstract: Gutta-percha as low-temperature thermoplastic materials has excellent processing of plastic, excellent water resistance, cold resistance, acid and alkali resistance, high insulation and high damping. Gutta-percha can be used for insulation and damping materials due to its high damping of the system. In this paper, gutta-percha and chloroprene rubber were blended, and foaming agent was added into composite. Meanwhile, we studied the optimum proportion of the composite, the optimum amount of foaming agent and the curing characteristics of the composite.

Key words: gutta-percha; chloroprene rubber; blend; vesicant; deadening rubber

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0038-05

L 型聚乳酸/氯化钙共混物热分解机理研究

苏秀霞, 姚宝晶

(陕西科技大学化学与化工学院, 陕西 西安 710021)

摘要:精制后的 L 型聚乳酸(PLLA)以三氯甲烷为溶剂,添加一定量的氯化钙制成溶剂膜,以调制式热重分析为聚合物热裂解研究方法,调制式热重分析的结果表明聚乳酸的热裂解过程为一步反应,同时得到了聚乳酸热分解的活化能、指前因子和速率比等热分解动力学常数.裂解后的产物经过核磁共振和傅里叶变换红外光谱分析表明,不但有高分子的聚乳酸,也有呋喃、环丙烷以及不饱和的羧酸等小分子化合物产生.

关键词:聚乳酸;热裂解;调制式热重;热分解机理

中图法分类号:TQ050.4⁺25

文献标识码:A

0 引言

聚乳酸被称为未来最有可能得到广泛应用的生物可降解高分子化合物,近年来,有大量相关的研究论文发表^[1-12].聚乳酸来自可再生资源,它具有优良的生物相容性、力学性能、加工成型性能、降解性能、生物相容性和低的生物毒性.聚乳酸为热敏性材料,当温度超过 250 ℃时会显著地降解,其降解速度与温度、分子量大小、单体、催化剂残留量等有关,其热学性能是其实用的重要参考依据.

关于聚乳酸的热裂解及其裂解机理已有不少报道^[13-17].到目前为止,在聚乳酸的热降解研究中尚未有加入氯化钙后热分解的报道.本文以调制式热重分析技术为手段,研究了聚乳酸/氯化钙共混物体系的热分解动力学及其降解机理,在惰性气氛调制式动态加热速率下,聚乳酸分子链随机切断,除了分解为低分子量聚乳酸以外,还会生成小分子不饱和羧酸、乳酸和乳酸二聚体等.

1 实验部分

1.1 试剂

L 型聚乳酸($M_n=80\ 000$, $D=1.37$),购于深圳光华伟业有限公司;三氯甲烷(分析纯,天津试剂厂);甲醇(分析纯,天津试剂厂);氯化钙(分析纯,天津试剂厂).三氯甲烷及 PLLA 在使用前经过精制,而其它试剂则直接使用.

1.2 仪器

数显恒温磁力搅拌器(78HW-1,杭州市仪表电机有限公司),热重分析仪(Q500,美国 TA 公司),核磁共振波谱仪(AVANCE-III 400 MHz,瑞士 BRUKER 公司),傅里叶变换红外光谱仪 ATR 附件(VECTOR-22,瑞士 BRUKER 公司).

1.3 试样制备

将 PLLA 1 g 溶于 24 g CHCl_3 ,将 PLLA 溶液滴入 500 mL 甲醇中,洗去小分子化合物和催化剂等杂

* 收稿日期:2010-12-12

作者简介:苏秀霞(1964—),女,陕西省礼泉县人,教授,硕士,研究方向:高分子材料改性

质,过滤干燥;然后将精制的 PLLA 0.8 g 溶于精制的 CHCl_3 ,加入一定量的氯化钙搅拌 2 h,静置 24 h 后,用移液管将溶液移入培养皿中,将溶剂挥发,成膜后低温冷冻干燥 48 h,除去残存溶剂。

1.4 测试

1.4.1 热重分析

薄膜试样约 5 mg,热裂解条件如下:保护气和吹扫气为高纯氮气 $60\text{ cm}^3/\text{min}$,升温速率为 $2\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$,频率 200 s^{-1} ,振幅 $\pm 5^\circ$,得到调制式热分解曲线。

试样约 5 mg,以 $30\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速率从室温加热至对应的裂解温度,恒温 1 min,接着以 $2\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 的升温速率分别加热至其质量分数为 15%,30%,50%,65%,80%时的温度,恒温 1 min。

1.4.2 核磁共振

将热裂解至不同温度下的残余试样分别溶解在氘代三氯甲烷中,扫描氢谱和碳谱,以四甲基硅烷做内标。

1.4.3 傅里叶变换红外光谱

核磁共振测试完毕后的样品涂在 KBr 片表面,将表面残存的有机溶剂除去后进行红外光谱测试。在室温条件下,扫描波长范围为 $4\,000\sim 400\text{ cm}^{-1}$,分辨率为 4.0。

2 结果与讨论

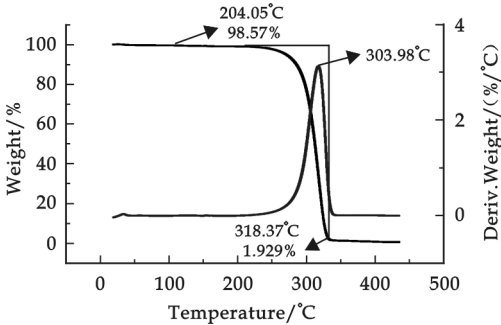


图 1 PLLA 热重及微分热重图

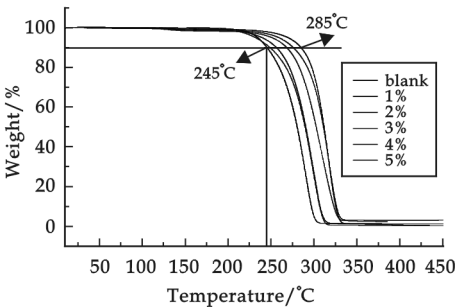


图 2 添加氯化钙 L 型聚乳酸的热分解温度比较

2.1 热重结果分析

由图 1 可以看出,PLLA 在氮气气氛下的热裂解为一步分解,分解温度为 $204\sim 318\text{ }^\circ\text{C}$ 。从图 2 可见,对于未添加氯化钙的聚乳酸,分解 10% 的温度为 $245\text{ }^\circ\text{C}$,氯化钙的含量在 1%~5% 之间时,热分解温度均有不同程度的提高,尤其是含量在 2% 时,热分解温度提高了 $40\text{ }^\circ\text{C}$,达到 $285\text{ }^\circ\text{C}$ 。与聚乳酸的分解活化能相比,添加了氯化钙的分解活化能为 $100\pm 10\text{ kJ/mol}$,指前因子为 9 min^{-1} 左右, $\ln(\text{rate ratio})$ 为 0.4。

通过以上的热重数据可以看出,L 型的聚乳酸添加了氯化钙后能够有效地提高聚乳酸的热分解温度,尤其氯化钙含量为 2% 时可使聚乳酸的分解温度提高 $40\text{ }^\circ\text{C}$,可以作为聚乳酸的热稳定剂使用。

2.2 核磁共振结果分析

将样品分别在质量分数为 15%,30%,50%,65% 和 80% 对应温度下的降解产物溶解在氘代三氯甲烷中进行测试,图 3 的 ^{13}C NMR 数据说明,降解后的产物主要以相对分子质量降低了的聚乳酸为主,因为在

表 1 添加氯化钙 L 型聚乳酸的热分解动力学参数及热分解温度

样 品	$E_a/\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	$\ln(\text{rate ratio})$	Z/min^{-1}	$T_{10\%}/^\circ\text{C}$
PLLA	92.9	0.40	7.6	245
PLLA+CaCl ₂ (1%)	111.2	0.40	9.1	256
PLLA+CaCl ₂ (2%)	107.6	0.40	8.4	285
PLLA+CaCl ₂ (3%)	125.3	0.50	9.9	276
PLLA+CaCl ₂ (4%)	103.6	0.40	8.8	268
PLLA+CaCl ₂ (5%)	108.6	0.40	8.6	249

图谱上碳谱的位移主要出现在 169 ppm、69 ppm 以及 17 ppm 处. 由于其它小分子降解产物很微量, 又 ^{13}C

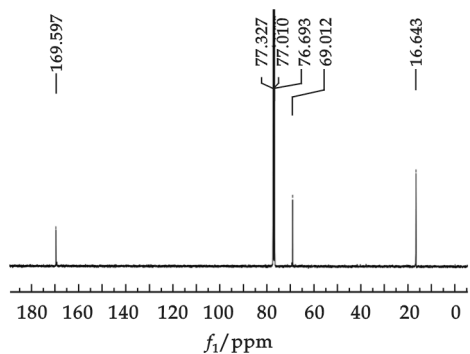


图 3 降解产物的核磁共振碳谱

的自然丰度很低, 只有 1% 左右, 所以并没有扫描出其信号. ^1H 的自然丰度可达 99.9% 以上, 扫描到的氢谱位移出现了两组, 它们分别是出现在 4.3 ppm 处的三重峰、2.1 ppm 处的三重峰, 其比例为 1 : 3. 在氢谱上的主要位移除了聚乳酸的位移以外, 在以下的地方产生了新的位移, 在 7.5 ppm、7.0 ppm 处的单峰为呋喃环上的位移, 也就是说在聚乳酸分解过程中有呋喃环生成, 在 0.1 ppm 及 -0.1 ppm 处产生了新峰, 说明在热裂解的同时又有环丙烷产生; 在 6.5 ppm (双峰), 5.9 ppm (双峰) 以及在 6.2 ppm (多重峰) 处的峰分别是乳酸二聚体成环后的 CH_3 - 及 $-\text{CH}-$ 位移, 6.5 ppm (双峰) 及 5.9 ppm (双峰) 处的峰则是由于甲基的顺反异构产生的裂分, 在 5.4 ppm 及 4.9 ppm 处的峰是不饱和双键上氢的位移, 在 2.1 ppm 和 1.6 ppm 处的新峰则说明裂解产物中有部分乳酸生成. 从实验中降解产物的各个氢谱对比图 (图 4) 来看, 小分子产物的生成与裂解温度和添加氯化钙的量没有关系. 添加氯化钙后的聚乳酸降解产物的核磁氢谱见图 5.

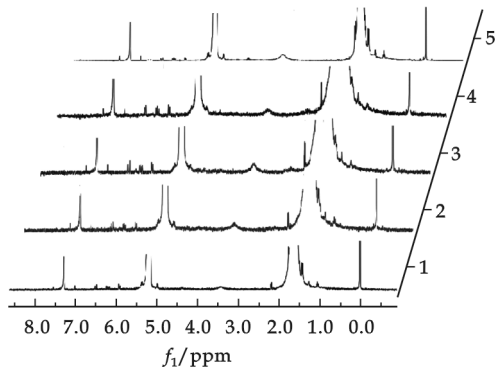


图 4 降解产物的核磁共振氢谱

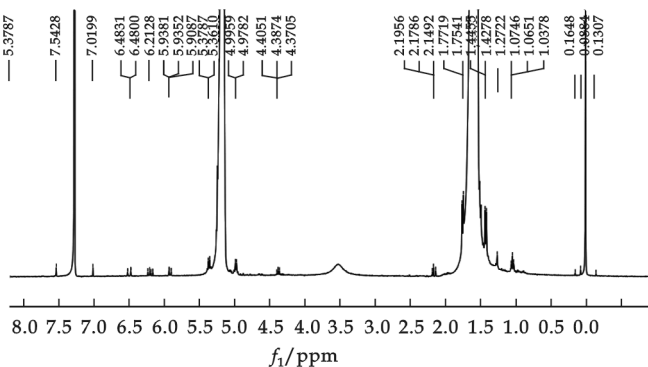


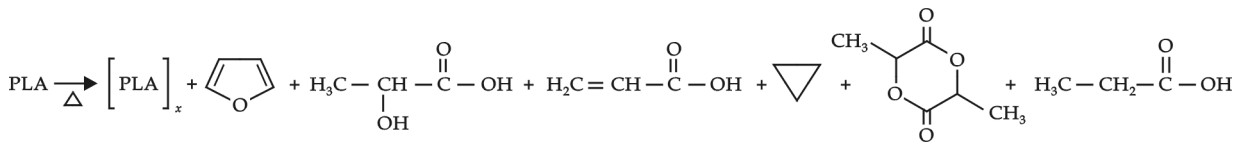
图 5 降解产物的核磁共振氢谱对比

通过以上分析, 可以认为聚乳酸的热裂解为链的末端定向切断和随机切断两种模式的复合. 通过分子链的切断, 先降解为低相对分子质量的聚乳酸, 低相对分子质量的聚乳酸再进一步裂解为小分子化合物.

2.3 红外光谱结果分析

将核磁共振测试完的样品涂在溴化钾的表面, 然后除去溶剂, 进行红外光谱的测试. 不同温度条件下降解产物的 FTIR 图谱基本相似, 如图 6、图 7 所示. 分析结果如下: 在 $3\,500 \sim 3\,000\text{ cm}^{-1}$ 有一个大的峰包, 是羟基产生的吸收峰, $1\,750\text{ cm}^{-1}$ 、 $1\,240\text{ cm}^{-1}$ 则是羰基和碳氧的吸收峰, 说明在小分子化合物中有羧酸产生; 环丙烷在 $1\,460\text{ cm}^{-1}$ 为它的典型吸收, 每一个降解产物的红外光谱中均有这个吸收, 说明降解后的产物确有环丙烷生成; 在 $1\,600\text{ cm}^{-1}$ 附近有很弱的吸收, $1\,510 \sim 1\,460\text{ cm}^{-1}$ 的多个吸收峰是呋喃环上碳氢的环状骨架震动吸收所致, 显示小分子化合物中有烯烃化合物和呋喃.

结合以上核磁共振的数据表明: 裂解产物除了低相对分子质量的聚乳酸以外, 还有呋喃、环丙烷、取代不饱和羧酸以及丙交酯, 其热裂解机理我们推断如下:



3 结 论

L 型聚乳酸/氯化钙共混物在惰性气氛下的热裂解为一步分解, 其分解的动力学参数活化能、指前因

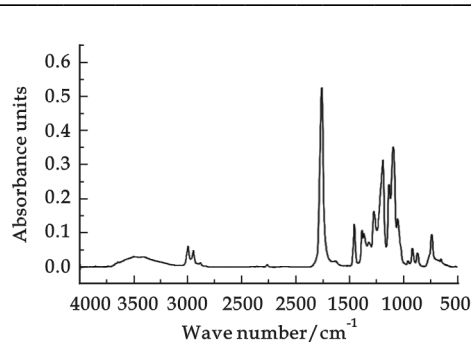


图 6 添加氯化钙的 L 型聚乳酸
降解产物红外谱图

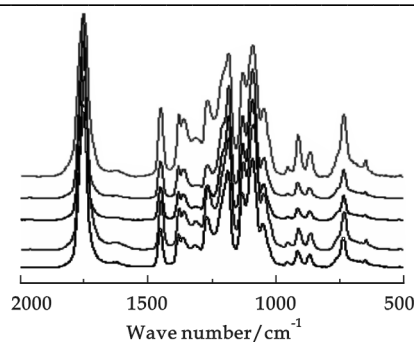


图 7 添加氯化钙的 L 型聚乳酸降
解产物局部红外对比图

子和 $\ln(\text{rate ratio})$ 分别为 100 kJ/mol 、 9 min^{-1} 和 0.4 。

采用核磁共振和红外光谱对热裂解后的产物结构进行分析表明,除了低分子链的聚乳酸生成以外,还有小分子化合物呋喃、环丙烷和不饱和的羧酸生成以及丙交酯生成。

参 考 文 献

- [1] James Lunt. Large-scale production, properties and commercial applications of polylactic acid polymers[J]. *Polymer Degradation and Stability*, 1998, 59(1-3):145-152.
- [2] John A. Cicero, John R. Dorgan, Steven F. Dec, *et al.* Phosphite stabilization effects on two-step melt-spun fibers of polylactide [J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2002, 78(1): 95-105.
- [3] Yujiang Fan, Haruo Nishida, Yoshihito Shirai, *et al.* Thermal degradation behaviour of poly(lactic acid) stereocomplex[J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2004, 86(2): 197-208.
- [4] 郭有钢. 不同纳米粒子对聚乳酸热性能的影响. *河南化工*, 2010, 27(16): 36-39.
- [5] Tomokazu Mori, Haruo Nishida, Yoshihito Shirai, *et al.* Effects of chain end structures on pyrolysis of poly(L-lactic acid) containing tin atoms[J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2004, 84(2): 243-251.
- [6] 张普玉, 彭李超, 张予东, 等. 聚乳酸/纳米 SiO_2 共混物的热性能[J]. *高分子通报*, 2010, (2): 107-111.
- [7] Yujiang Fan, Haruo Nishida, Yoshihito Shirai, *et al.* Thermal stability of poly (L-lactide): influence of end protection by acetyl group[J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2004, 84(1):143-149.
- [8] 李艳丽. 碳纳米管改性聚乳酸及其共混物的研究[D]. 成都:西南交通大学硕士学位论文, 2010:109.
- [9] 高勤卫, 李明子, 董 晓. 乙基纤维素共混改性聚乳酸的研究[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2006, 30(1): 37-40.
- [10] Giacomo Scarascia-Mugnozza, Evelia Schettini, Giuliano Vox, *et al.* Mechanical properties decay and morphological behaviour of biodegradable films for agricultural mulching in real scale experiment[J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2006, 91(11):2 801-2 808.
- [11] Takayuki Tsukegi, Toru Motoyama, Yoshihito Shirai, *et al.* Racemization behavior of L,L-lactide during heating[J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2007, 92(4):552-559.
- [12] Narendra Reddy, Digvijay Nama, Yiqi Yang. Polylactic acid/polypropylene polyblend fibers for better resistance to degradation [J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2008, 93(1):233-241.
- [13] Baljit Singh, Nisha Sharma. Mechanistic implications of plastic degradation[J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2008, 93(3): 561-584.
- [14] Qu Yuan Zhou, Marino Xanthos. Nanosize and microsize clay effects on the kinetics of the thermal degradation of polylactides[J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2009, 94(3):327-338.
- [15] Harinatharavimal Balakrishnan, Azman Hassan, Mat Uzir Wahit, *et al.* Novel toughened polylactic acid nanocomposite: Mechanical, thermal and morphological properties[J]. *Materials & Design*, 2010, 31(7):3 289-3 298.
- [16] Rahul M. Rasal, Amol V. Janorkar, Douglas E. Hirt. Poly(lactic acid) modifications[J]. *Progress in Polymer Science*, 2010, 35 (3):338-356.
- [17] Annette C. Renouf-Glauser, John Rose, David Farrar, *et al.* A degradation study of PLLA containing lauric acid[J]. *Biomaterials*, 2005, 26(15):2 415-2 422.

STUDY ON THERMAL DEGRADATION MECHANISM AND PYROLYSIS OF THE BLENDS OF L-POLY(LACTIC ACID) AND CALCIUM CHLORIDE

SU Xiu-xia, YAO Bao-jing

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

Abstract: The poly(L-lactic acid)(PLLA) cast film was made using purified PLLA and calcium chloride, the purified CHCl_3 acted as solvent. The specimen was investigated by modulated thermogravimetry analysis, the results showed the PLLA pyrolysis had one step, at the same time we got the E_a , Z and $\ln(\text{rate ratio})$. The structures low molecular compounds were determined by NMR and FTIR. The data supported that during the pyrolysis process, the furan, cyclopropanes and lactic acid were produced except low molecular PLA.

Key words: poly(lactide acid); heat degradation; modulated thermogravimetry; pyrolysis mechanical mechanism

~~~~~  
(上接第 24 页)

- [10] W. A. Yasnoff and J. W. Bacus. Scene segmentation algorithm development using error measures[J]. AIOH, 1984,6:45-58.
- [11] S. Subbarayan, K. Kim, M. T. Manry, *et al.* Modular neural network architecture using piecewise linear mapping[J]. 30th Asilomar Conference on Signals, Systems & Computers, 1996, 2(11):1 171-1 175.
- [12] W. Li, J.-N. Lin, R. Unbehauen. Canonical representation of piecewise polynomial functions with nondegenerate linear domain partitions[J]. IEEE Trans. Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications, 1998, 45(8):838-848.
- [13] D. R. Hush and B. Horne. Efficient algorithms for function approximation with piecewise linear sigmoidal networks[J]. IEEE Trans. Neural Networks, 1998,9(6):1 129-1 141.
- [14] E. F. Gad, A. F. Atiya, S. Shaheen, *et al.* A new algorithm for learning in pieceswise-linear neural networks[J]. IEEE Trans. Neural Networks, 2000, 11(8): 485-505.

## 基于机器视觉的工件状态校正装置

蔡陈赞, 李 霞

(陕西科技大学电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘 要:**针对一种特种工件的生产环节,提出了一种采集工件状态的视频信号,利用数字图像相似率算法校正工件状态的完整方法和装置.研究了该工件生产环节的特殊性,通过对图像相似率算法的分析,设计了一种利用数字图像相似率算法进行工件定位和偏移角度计算的实用化方法,并结合该方法设计了校正装置的结构和 workflows.实验表明该装置可以有效完成工件状态校正的功能,比以往使用纯机械方式在结构和原理上简单,算法运算更加灵活,整套装置更容易实现,而且通过简单改造就可以适应多种生产环境的需要,有比较好的应用前景.

**关键词:**机器视觉;标志图像;相似率;状态校正

中图法分类号:TN911.73

文献标识码:A



\* 文章编号:1000-5811(2011)01-0043-04

# ZrSiO<sub>4</sub> 纳米粉体的微波水热法合成及其合成机理

刘大为, 王 芬, 朱建峰, 李 栋, 李 强

(陕西科技大学材料科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘 要:**以氧氯化锆和硅酸乙酯为原料, NaF 为矿化剂, 采用微波水热法(Microwave-Hydrothermal, M-H)在 160~200 ℃下制备出了高纯的硅酸锆纳米粉体, 并利用 X 射线衍射(XRD)和扫描电镜(SEM)对所合成的硅酸锆粉体进行了研究. 结果表明:微波水热可使 ZrSiO<sub>4</sub> 的结晶温度降低到 160 ℃, 合成时间可缩短到 30 min, 大大地降低了硅酸锆粉体的合成能耗. 微波水热法合成的硅酸锆粉体颗粒呈圆片状, 外形规则, 粒度分布均匀(约为 400 nm), ZrSiO<sub>4</sub> 晶体尺寸小(约为 20 nm). 此外, 结合测试分析, 对纳米硅酸锆粉体的微波水热合成反应机理进行了初步探讨.

**关键词:** ZrSiO<sub>4</sub>; 微波水热法; 纳米粉体; 反应机理

**中图法分类号:** O782<sup>+</sup>.2; TQ174.75<sup>+</sup>8.1 **文献标识码:** A

## 0 引 言

硅酸锆因具有高熔点、低热导率、低膨胀系数、优良的化学稳定性及良好的离子掺杂性等特点, 广泛用于耐火材料和锆基颜料, 同时烧结的硅酸锆具有极好的抗热震性, 所以也是高温结构陶瓷的重要候选材料<sup>[1-5]</sup>. 近年来发展起来的微米级硅酸锆涂层具有化学稳定性好, 耐高温、酸碱和有机溶剂的腐蚀, 机械强度大, 抗微生物能力强等特点, 广泛应用于腐蚀环境中金属材料并其它材料的表面保护<sup>[6]</sup>. 同时, 硅酸锆已经应用于核工业、发动机热障碍涂层并作为潜在的固态激光材料<sup>[7]</sup>.

天然硅酸锆通常含有 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 TiO<sub>2</sub> 等杂质, 纯度较低, 难以满足高科技产品的要求. 因此, 合成高纯、超细、低团聚的硅酸锆粉体具有重要的意义. 高纯度硅酸锆的合成温度高达 1 400 ℃以上, 严重地制约了其生产应用. 因此, 降低硅酸锆的合成温度和缩短反应时间具有重要的工业意义.

近年来, 各种湿化学方法广泛应用于陶瓷粉体的合成与制备, 尤其在制备高纯、均一、超细的多组分粉体方面显示了令人振奋的优点. 目前制备硅酸锆粉体的湿化学方法主要有共沉淀法<sup>[1]</sup>、微乳液法<sup>[4]</sup>、溶胶-凝胶法<sup>[8]</sup>、非水解溶胶-凝胶法<sup>[9]</sup>、水热法<sup>[10]</sup>以及另外一些基于其气溶胶的化学方法. 如周艳华等<sup>[8]</sup>通过非水解溶胶-凝胶法在 700 ℃下低温合成了硅酸锆粉体; 卢彩飞等<sup>[9]</sup>以氧氯化锆和硅酸钠为前驱体, 利用水热法制备出结晶性良好, 分散性好, 粒度小的纳米硅酸锆粉体, 粉体呈四方柱状或四方双锥; 方培育<sup>[10]</sup>等以氧氯化锆和硅酸乙酯为前驱体, 氟化钠为矿化剂, 在 160~240 ℃下反应 4 h 合成了片状硅酸锆.

自微波引入化学领域以来, 人们在利用微波诱导或加速某些类型的化学反应的同时, 也在探索将微波与物质相互作用时表现出的热效应和非热效应应用于超细粉体材料的制备<sup>[11]</sup>. 而微波水热法是将微波引入水热反应体系中, 基于微波体加热的特性, 有可能使得反应体系在较短的时间内被均匀加热, 促进晶核

\* 收稿日期:2010-11-06

作者简介:刘大为(1986—),女,湖南省娄底市人,在读硕士生,研究方向:微波水热法制备硅酸锆纳米粉体  
基金项目:国家自然科学基金资助项目(50802057),陕西科技大学研究生创新基金项目

的萌发,加速进化速率,降低晶化温度,减少晶化时间<sup>[12,13]</sup>. 基于此,本文拟通过微波水热法来实现硅酸锆纳米粉体的合成,并探讨其合成机理.

## 1 实验部分

### 1.1 样品的制备

实验所用原料主要为市售的氧氯化锆( $\text{ZrOC}_{12} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , AR)、硅酸乙酯(TEOS, AR)、氨水( $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , AR)、醋酸( $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$ , AR)和氟化钠( $\text{NaF}$ , AR)等.

配制 0.05 mol/L 氧氯化锆溶液 50 mL,按 F : Zr=0.8(摩尔比)将氟化钠加入氧氯化锆溶液中,并进行搅拌使其混合均匀. 将正硅酸乙酯(TEOS)按 Si : Zr=1 : 1(摩尔比)滴加至氧氯化锆混合溶液中,滴加氨水使氧氯化锆和硅酸乙酯完全水解形成溶胶,调其 pH=9,继续搅拌 2 h 使其水解完全,然后对该溶胶陈化 20 h 形成前驱体.

取前驱体 40 mL 加入 XP1500 型微波消解罐(罐体材料为聚四氟乙烯并有高强度罐套,最高使用温度为 240 °C,最高耐受压力为 5.5 MPa),放入 MDS-6 微波消解仪,按温度控制方式升温到 160~200 °C,并在高温下保温 30 min. 反应结束后自然冷却,倒出产物,并用乙醇洗涤产物数次,随后在 80 °C 恒温干燥 2 h. 将微波水热所制备的部分粉体在 950 °C 下热处理 1.5 h,研究其结构变化规律.

### 1.2 样品煅烧处理及表征

采用 D/max2200PC 型 X 射线衍射仪(X-ray diffraction, XRD)测定微波水热及热处理粉体的物相组成,并以 Scherrer 公式计算产品的晶粒尺寸. 采用场发射 JSM-6700F 型扫描电子显微镜(scanning electron microscope, SEM)对所合成的样品进行形貌分析.

## 2 结果与讨论

### 2.1 产物的 XRD 分析

图 1 为 180 °C 微波水热法合成的硅酸锆粉体的 XRD 图谱,从图 1a 可以看出,利用微波水热法能直接合成硅酸锆粉体,但衍射峰弱,强度不高,说明其结晶性能较差. 在 180 °C 下硅酸锆粉体为单一  $\text{ZrSiO}_4$  晶相,只在 26.9°附近出现单一的尖锐峰,说明在微波水热条件下,硅酸锆晶体沿(200)面择优生长. 相对硅酸锆(JCPD, No. 80-1807)的特征峰,硅酸锆的特征峰在  $2\theta=26.9^\circ$  的峰低且宽化,说明所合成的硅酸锆晶体较小,同时在其附近存在明显的非晶态峰,这说明该粉体中存在大量的非晶态物质. 因此,需要后期的煅烧才能形成结晶完整的  $\text{ZrSiO}_4$  粉体. 从图 1b 可以看出,经过煅烧,该粉体的 XRD 衍射峰明显增强,并且其衍射峰变得尖锐,说明微波水热处理的  $\text{ZrSiO}_4$  粉体经较低的煅烧温度就能得到结晶完整的  $\text{ZrSiO}_4$  粉体,但在  $2\theta=26.9^\circ$  附近出现了一个杂质峰,说明经过煅烧粉体中出现少量的  $\text{ZrO}_2$  相,需要进一步优化微波水热处理温度,提高该粉体的纯度.

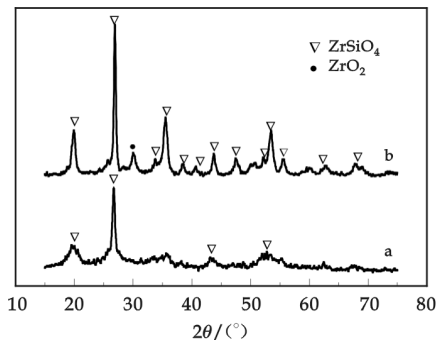


图 1 180 °C 下微波水热法合成的硅酸锆粉体 XRD 表征(a 为未煅烧, b 为 950 °C 下煅烧 1.5 h)

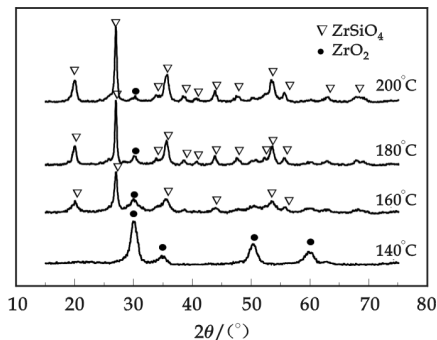


图 2 微波水热法不同温度下合成的硅酸锆粉体的 XRD 表征(950 °C 下煅烧 1.5 h)



图 2 是在不同温度下合成硅酸锆粉体的 XRD 图谱,由图中可以看出,当微波水热处理温度为 140 ℃ 时,所合成的粉体主要是 ZrO<sub>2</sub> 相,无 ZrSiO<sub>4</sub> 生成.当温度升至 160 ℃ 时,合成粉体中的主要物相变成 Zr-SiO<sub>4</sub>,但也存在少量 ZrO<sub>2</sub> 相.而水热法<sup>[10]</sup>在 160 ℃ (4 h) 合成的粉体在 1 000 ℃ 下煅烧后全为 ZrO<sub>2</sub> 晶体.随着微波水热处理温度的继续升高,ZrSiO<sub>4</sub> 相的衍射峰逐渐变窄,强度增加,而 ZrO<sub>2</sub> 峰逐渐减弱,说明 ZrSiO<sub>4</sub> 含量不断增加,而 ZrO<sub>2</sub> 相逐渐减少.当微波水热温度为 200 ℃ 时,所得粉体几乎全为单一的 Zr-SiO<sub>4</sub> 晶相,充分说明提高微波水热的温度有利于合成高纯度的 ZrSiO<sub>4</sub> 粉体.

表 1 是以立方相 ZrSO<sub>4</sub> 的(200)面利用 Scherrer 公式计算出的合成 ZrSiO<sub>4</sub> 粉体的晶粒尺寸,从表中可以看出,尽管 180 ℃ 下微波水热处理所得粉体经 950 ℃ 下煅烧 1.5 h 后其晶粒尺寸从煅烧前的 18 nm 增长至 22 nm,但生长速度不高,还属于超细纳米粉体.同时,不同微波水热处理的粉体经煅烧后其晶粒尺寸并不是随着微波水热处理温度升高而逐渐增大,而呈现峰值变化,当微波水热处理温度为 180 ℃ 时,所合成的 ZrSiO<sub>4</sub> 粉体晶粒尺寸最大,而温度再提高时,其晶粒不但没有增加,反而从 22 nm 减小至 19 nm,相关理论正在进一步研究之中.

2.2 SEM 形貌表征

ZrSiO<sub>4</sub> 粉体样品的 SEM 结果如图 3 所示,其中(a)和(b)分别为微波水热 180 ℃ 处理后未焙烧和 950 ℃ 焙烧 1.5 h 样品的显微形貌.由图可见,所合成的硅酸锆粉体形貌为圆片状,外形规则,粒度为纳米级,直径约为 400 nm,厚度约为 10 nm,且其分布均匀,这与水热法<sup>[10]</sup>合成的 ZrSiO<sub>4</sub> 粉体的形貌近似,但形状更为规则,粒度更小.样品在 950 ℃ 下煅烧后,粉体颗粒形状均未发生明显变化,进一步说明了微波水热方法对合成 ZrSiO<sub>4</sub> 的粉体显微形貌并没有太大的影响,只是其合成温度较低,合成时间短(约 30 min),所合成的粉体纯度较高,并具有良好的分散性.

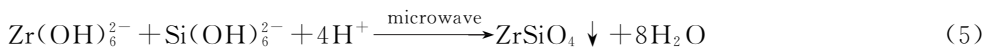
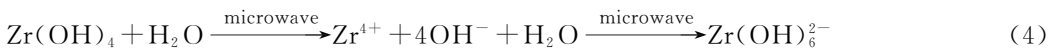
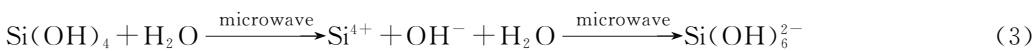
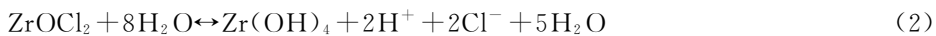
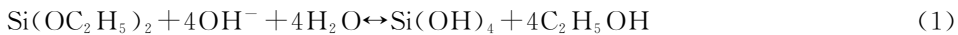
表 1 不同微波水热温度下硅酸锆晶体的尺寸

| 微波水热处理温度/℃ | 晶粒尺寸/nm |
|------------|---------|
| 160        | 18      |
| 180        | 22      |
| 200        | 19      |

2.3 反应机理分析

实验以 TEOS 作为硅源,氧氯化锆作为锆源,在反应开始时,整个反应体系处于微波场中,反应体系吸收的微波能一部分转化为热能使得体系升温,另一部分则用于使得前驱体粒子活化.可以从溶解-结晶的角度来分析硅酸锆反应机理,首先在微波水热反应的条件下,由于硅前驱物完全溶解或溶解速度较快,高浓度的 OH<sup>-</sup> 首先使 Si<sup>4+</sup> 或 Si 离子团羟基化形成八配位体,随之 Zr<sup>4+</sup> 在强碱性的条件下形成八配位体.在反应后期,微波能的热效应使两种配位体相互以顶角相连,并伴随脱水反应结晶,形成两种配位多面体(ZrO<sub>6</sub> 八面体和 SiO<sub>4</sub> 四面体),相互连接转化为八面体硅酸锆晶体.

其主要反应有:



在微波场中,能量在体系内部直接转化,使得水介质产生过热现象.在过热区域内,反应体系局部温度很高,微波场的非热效应使硅酸锆前驱体粒子的扩散速率得到增强,而微波对羟基产生特殊极化,使得羟基的反应活性大大增加,从而微波水热法极大地提高了 ZrSiO<sub>4</sub> 的反应和结晶速度,容易得到颗粒较小(约为 400 nm)、分布范围较均匀的硅酸锆粉体.黄剑锋等<sup>[14]</sup>对微波反应机理研究发现,微波合成的扩散机制与常规水热法合成不同.在 ZrSiO<sub>4</sub> 的微波水热合成中,它不完全依赖 Si<sup>4+</sup> 离子的扩散,产物层对扩散作用的阻碍受到消弱,Zr<sup>4+</sup> 的扩散也是不可忽略的因素.

同时由于矿化剂 NaF 的引入,F<sup>-</sup> 离子能取代 O<sup>2-</sup> 离子形成 Zr—F 键和 Si—F 键,降低了硅酸锆晶体

的结晶势垒,促进了硅酸锆的结晶,且溶胶粒子小,总表面积大,活性比沉淀物高,有利于实现晶体生长并可适当降低微波水热反应温度和缩短反应时间。

### 3 结束语

采用微波水热法在低温(160 ℃)下成功合成了硅酸锆纳米粉体,所得粉体粒径小且分散性好。当微波水热合成温度为 180 ℃时,所合成的硅酸锆晶体尺寸达到最大,但其仅为 22 nm,同时微波水热法将硅酸锆粉体的合成时间缩短到 30 min,与传统水热法相比大大地提高了反应效率,降低了反应能耗。硅酸锆粉体的微波水热合成主要反应机理为溶解-结晶机制。

### 参 考 文 献

- [1] ShiY, Huang XX, Yan DS. Preparation and characterization of highly pure fine zircon powder[J]. J. Eur. Ceram. Soc, 1994, 13(2):113.
- [2] COSTA AL. Heterocoagulation-spray drying process for the inclusion of ceramic pigments[J]. J Eur Ceram Soc, 2008, 28(1):169-176.
- [3] 徐建华. 溶胶-凝胶法制备硅酸锆基稀土颜料的研究[J]. 陶瓷, 2009, 35(9):39-41.
- [4] 朱振峰, 余唯杰. 微乳液法制备包裹性锆铁红的陶瓷颜料[J]. 硅酸盐学报, 2006, 34(6):1 331-1 334.
- [5] Kubota Y, Yamamoo S, Mori T. Changes of microstructural and high temperature strength of ceramic composite in the mullite-ZrO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> system using an insitu reaction between synthetic zircon and AlO[J]. J. Ceram. Soc. Jpn, 1994, 102(1):94.
- [6] 王 娟, 周健儿. 耐酸 ZrO<sub>2</sub> · SiO<sub>2</sub> 涂层材料的低温合成研究[J]. 中国陶瓷, 2006, 42(11):3-5.
- [7] R. Terki, G. Bertrand, H. Aourag. Full potential investigations of structural and electronic properties of ZrSiO<sub>4</sub>[J]. Microelectronic Engineering, 2005, 81:514-523.
- [8] 王坚青, 卢建树, 冯 艳. 低温溶胶凝胶法制备硅酸锆粉体的工艺因素的研究[J]. 材料导报, 2009, (23):191-195.
- [9] 江伟辉, 周艳华, 魏恒勇, 等. 非水解溶胶-凝胶法低温合成硅酸锆粉体[J]. 中国陶瓷, 2009, 44(7):20-22.
- [10] 卢彩飞, 王秀峰. 纳米硅酸锆的水热合成[J]. 硅酸盐学报, 2000, 28(7):87-90.
- [11] 方培育, 吴建清. 低温水热法合成高纯的硅酸锆粉体[J]. 硅酸盐学报, 2009, 37(4):305-319.
- [12] 金钦汉. 微波化学[M]. 北京:科学出版社, 2002.
- [13] Laécio Santos Cavalcante, Júlio César Szancoski. Growth mechanism of octahedron-like BaMoO<sub>4</sub> microcrystals processed in microwave-hydrothermal: Experimental observations and computational modeling[J]. J Particuology, 2009, (7):353-362.
- [14] 夏昌奎, 黄剑锋, 曹丽云. 微波水热法制备 ZnO 纳米晶体[J]. 人工晶体学报, 2008, 37(4):833-838.

## PREPARATION OF NANO-ZrSiO<sub>4</sub> POWDERS BY MICROWAVE-HYDROTHERMAL METHOD

LIU Da-wei, WANG Feng, ZHU Jian-feng, LI Dong, LI Qiang

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

**Abstract:** High-pure zircon powders were prepared using zirconium oxychloride and tetraethoxysilane as starting materials by the microwave-hydrothermal method at 160~200 ℃ for 30 min. NaF was added to gel as mineralizer to promote crystallization of zircon. The phase composition and microstructure of zircon powders are identified by X-ray diffraction and SEM. The results showed that: microwave-hydrothermal method could greatly reduce the synthesis of zirconium silicate powder consumption by reducing the crystallization temperature of ZrSiO<sub>4</sub> to 160 ℃ and the crystallization time to 30 min. Zircon powders by microwave hydrothermal synthesis are ellipsoids, the size and shape of Particle did not change much after the powders calcined at 950 ℃, the zircon crystal size reached the maximum (20 nm). And the reaction mechanism of microwave hydrothermal synthesis of zirconium silicate was discussed.

**Key words:** microwave-hydrothermal method; ZrSiO<sub>4</sub>; nano-powders; reaction mechanism

\* 文章编号:1000-5811(2011)01-0047-03

# 单分散二氧化硅微球合成中时间控制方法研究

严小琴

(西安高科技研究所, 陕西 西安 710025)

**摘要:** 采用正硅酸乙酯、氨水和丙醇为原料,合成了单分散二氧化硅微球,用扫描电子显微镜(SEM)对其结构和形貌进行了分析,结果表明样品粒子粒径可控,单分散性良好,表面非常平整光滑;此外着重研究了在实验温度、氨水浓度、正硅酸乙酯的用量以及加水量一定的条件下反应时间对样品粒径的影响,结合对所合成产物的扫描电镜表征,确定了制备不同粒径、均匀的单分散二氧化硅微球适宜的时间条件.

**关键词:** 正硅酸乙酯; 二氧化硅微球; 单分散

**中图法分类号:** TQ127.2      **文献标识码:** A

## 0 前言

单分散二氧化硅微球是指粒子形状和大小都相同的微球,可用于生产陶瓷、橡胶、涂料、纤维、塑料、电子显微镜标样等<sup>[1]</sup>. 1956年Kolbe等人在乙醇溶液中使用正硅酸酯水解缩合生成了单分散SiO<sub>2</sub>微球,此后Stöber等人对此反应进行了较为系统的研究<sup>[2,3]</sup>,新的研究探索一直在继续<sup>[4]</sup>. 现在国内外研究最多的是在乙醇体系中制备单分散二氧化硅微球. 虽然在乙醇体系中得到的单分散二氧化硅微球形貌完整、粒径分布范围窄、单分散性好,但是微球的粒径偏小(小于500 nm),通常难以制得粒径超过1 μm的微球. 国内对以丙醇为介质的体系的系统研究较少,并且在一些文献中得出无法在丙醇体系中也制得单分散二氧化硅微球的结论. 经过反复实验,本人认为只要选择适当的反应条件,在丙醇体系也可制得单分散二氧化硅微球,并且微球粒径大大超过乙醇体系中制备的微球. 本工作以正硅酸乙酯、氨水和丙醇为原料合成了单分散SiO<sub>2</sub>微球,着重研究了在实验温度、氨水浓度、正硅酸乙酯的用量以及加水量一定的条件下反应时间对样品粒径的影响,结合对所合成产物的扫描电镜表征,确定了制备不同粒径、均匀的单分散二氧化硅微球适宜的时间控制条件.

## 1 实验

### 1.1 实验原理

本文制备的单分散二氧化硅微球是用氨水作催化剂,把硅酸酯加入乙醇溶液中通过水解-缩合反应合成得到. 总的化学反应方程式如下:



### 1.2 制备方法

#### 1.2.1 主要试剂

实验中使用的试剂主要有正硅酸乙酯(TEOS),浓氨水,去离子水,丙醇. 使用的试剂均为分析纯.

#### 1.2.2 实验过程

\* 收稿日期:2010-10-27

作者简介:严小琴(1974—),女,陕西省西安市人,讲师,硕士,研究方向:纳米材料

(1)首先,TEOS 的减压蒸馏:纯化 TEOS 以除去其中的杂质.

(2)微球合成的具体过程如下:按一定的配比,将配制好的 TEOS 和丙醇混合溶液(TEOS 经蒸馏处理)放入烧杯中,在设定恒温条件下不断搅拌,然后在烧杯中加入一定浓度的氨水和去离子水,体系置于恒温水浴中搅拌反应数小时.为考察反应时间对反应体系中所形成的二氧化硅胶体粒子的影响,在实验过程中按照不同时间间隔从同一反应体系中提取一些样品,样品经过洗涤、干燥处理后再采用扫描电镜观察.

### 1.3 微球表征

用扫描电镜观察 SiO<sub>2</sub> 微球的微观形貌和粒径.

## 2 结果与讨论

表 1 反应时间对 SiO<sub>2</sub> 微球平均粒径及分布的影响

| 反应时间/h  | 0.5 | 1   | 3     | 7     | 9     | 11    | 15    | 24    |
|---------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均粒径/nm | 695 | 913 | 1 040 | 1 040 | 1 130 | 1 130 | 1 210 | 1 210 |
| 单分散性    | 差   | 较差  | 一般    | 一般    | 好     | 好     | 好     | 好     |

微球的合成反应条件为:TEOS 50 mL,丙醇 100 mL,氨水用量 5 mL,水 2 mL,反应温度 20 ℃.不同反应时间合成的微球的粒径以及单分散性如表 1 所示.

从 SEM 观察发现,随反应进行,微球的形状、大小和分布也不断发生着不同程度的变化.微球粒径随时间的变化趋势如图 1 所示.从开始反应到反应进行 15 h 这一阶段,微球粒径一直处于增长状态,且微球粒径开始时增长速度较快,随着时间推移,微球粒径增长速度越来越慢.反应进行了 15 h 后,微球粒径趋于稳定,这表明微球粒径不会随反应时间无限制地增长.在微球粒径趋于稳定的同时,随着反应时间的延长,微球的粒径分布也逐渐变窄,即球的大小越来越均匀:在反应进行 0.5 h 后,微球已长大到 695 nm,这段时间是微球生长速度最快的,成核阶段已经基本完成,但微球形貌不很规整,大小也不均匀;反应进行 3 h 后微球粒径已超过 1 μm,且粒径、形状均匀一致,此时的胶体体系已基本具备了单分散性;接下来的数小时内,微球粒径的增长速度明显减慢,但均匀性进一步提高,保持了良好的单分散状态.根据以上反应时间对微球质量的影响规律,可确定获取单分散二氧化硅微球的反应时间控制在 3~15 h 内为宜.

反应时间对合成微球的影响规律的研究还表明,在以丙醇为介质的微球合成反应体系中,二氧化硅微球的生长过程符合扩散控制生长理论.

溶质在颗粒上的沉积过程可分为两步:其一是溶质向界面的扩散,其二是溶质在界面上的反应,从而沉积在界面上.速度慢的一步就是晶粒生长的控制步骤.由理论推导得出,在不同条件下晶粒的生长速度可表示如下:

$$\frac{dr}{dt} = DV_m \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{\delta} \right) (c - c_e) \quad (2)$$

界面反应控制生长:

$$\frac{dr}{dt} = k \bar{V}_m (c - c_e) \quad (3)$$

式中, $r$  为晶粒的半径; $\bar{V}_m$  为晶粒的摩尔体积; $D$  为扩散系数; $k$  为一级界面反应的速率常数; $\delta$  为扩散层厚度; $c$  为本体溶液的浓度, $c_e$  为半径为  $r$  的晶粒的溶解度; $t$  为时间.由以上两式可以看出,假设  $(c - c_e)$  不变的情况下,扩散控制生长时,生长速度随颗粒的增大而变慢,即颗粒大的生长慢,颗粒小的生长快,这样颗粒大小分布将随颗粒的生长而变窄;界面反应控制生长时生长速度与颗粒大小无关,即靠生长过程无法使大小分布变窄.在上面的讨论中,我们假设颗粒溶解度( $c_e$ )与颗粒大小无关,实际上它们是有联系的,可用 Gibbs-Thomson 公式表示:

$$\ln \frac{c_e}{c_\infty} = \frac{2v \bar{V}_m}{RT r} \quad (4)$$

式中, $c_\infty$  为无限大颗粒的溶解度, $v$  为比表面自由能, $R$  为气体常数, $T$  为绝对温度.考虑 Gibbs-Thomson 效应后,经过理论分析发现,在扩散控制生长的情况下,过饱和度低时,生长过程中会使大小分

布变宽;而过饱和度高时,大小分布会变窄.当然,溶质浓度不能超过  $C_{\min}^*$ ,否则晶核的形成和生长将同时进行.而对界面反应控制生长的分布的过程,无论过饱和度高还是低,Gibbs-Thomson 效应总是使大小分布变宽.所以,单分散体系的制备应尽量选择晶粒的生长由扩散控制的体系.溶质的过饱和程度要尽量高,但浓度不能超过晶核形成的最低浓度  $C_{\min}$  [3].

在以丙醇为介质的微球合成反应体系中,微球的生长可分为 3 个阶段:反应初期、反应中期和后期.在反应初期,水解出的硅酸单体先形成可溶性的小分子缩合物,而后这些可溶性的小分子缩合物再次缩合成不稳定的微晶核,微晶核在体系中相互碰撞、团聚,形成稳定的新核,颗粒主要由可溶性缩合物向颗粒表面的扩散控制生长,由于扩散控制生长情况下生长速度与颗粒粒径相关,即生长速度随颗粒的增大而变慢,颗粒大的生长慢,颗粒小的生长快,这样颗粒大小分布将随颗粒生长而变窄.到了反应的中期,体系中保持一定浓度的微晶核,克服新核对其的静电排斥力在新核表面生长.后期,体系中的微晶核浓度减小,颗粒的生长方式也以可溶性小分子缩合物在颗粒表面上反应控制生长为主,最后形成球形二氧化硅颗粒,而且,微球大小均匀,形状规则,表面非常光滑.这与我们观察到反应初期(0.5 h)形成的球参差不齐的球在反应至 3 h 时已基本达到了大小一致的变化规律基本吻合.事实上,只要条件控制适宜,以丙醇为介质采用 Stöber 法所获得的二氧化硅微球具有良好的单分散性,粒径分布可控制在 5% 以内.  $\text{SiO}_2$  微球的形貌如图 2 所示.

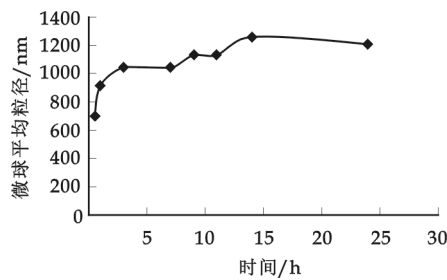


图 1 反应体系中不同反应时间对微球平均粒径的影响

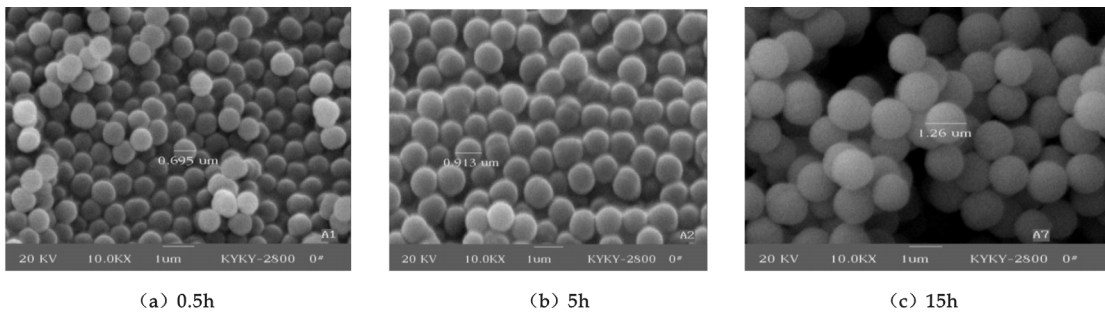


图 2 不同反应时间合成的  $\text{SiO}_2$  微球的 SEM 照片

### 3 结论

本文使用丙醇作为介质,以正硅酸乙酯、氨水为原料合成了单分散  $\text{SiO}_2$  微球,着重研究了在实验温度、氨水浓度、正硅酸乙酯的用量以及加水量一定的条件下反应时间对样品粒径的影响,结合对所合成产物的扫描电镜表征,确定了制备不同粒径、均匀的单分散二氧化硅微球适宜的时间条件.微球粒径一直处于增长状态,且微球粒径开始时增长速度较快,随着时间推移,微球粒径增长速度越来越慢.反应进行了 15 h 后,微球粒径趋于稳定.这表明微球粒径不会随反应时间无限制地增长.在微球粒径趋于稳定的同时,随着反应时间的延长,微球的粒径分布也逐渐变窄,即球的大小越来越均匀;在反应进行 0.5 h 后,微球已长大到 695 nm,这段时间是微球生长速度最快的,成核阶段已经基本完成,但微球形貌不很规整,大小也不均匀;反应 3 h 后微球粒径已超过  $1\ \mu\text{m}$ ,且粒径、形状均匀一致,此时的胶体体系已基本具备了单分散性;接下来的数小时内,微球粒径的增长速度明显减慢,但均匀性进一步提高,保持了良好的单分散状态.根据以上反应时间对微球质量的影响规律,可确定获取单分散二氧化硅微球的反应时间以 3~15 h 为宜.总之,通过控制时间条件,可实现在一定范围内获得尺寸均一、不同粒径、分散性好的球形  $\text{SiO}_2$ .制备出的单分散球形  $\text{SiO}_2$  颗粒形态完整,粒径分布窄、单分散性好.

(下转第 53 页)



# 甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物对尿素的吸附研究

毛跟年, 瞿建波, 李 鑫, 郭 倩

(陕西科技大学生命科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘 要:** 研究了甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物对尿素的吸附性能, 探讨了 pH 值、甘露低聚糖铜(Ⅱ)结合率、作用时间、尿素初始浓度 4 个因素对尿素吸附的影响, 通过正交试验确定了甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物对尿素吸附的最佳条件: pH 值为 7.0, 甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物的结合率为 70%, 反应时间为 2.2 h, 尿素初始浓度为 95 mg/dL. 在此条件下尿素的吸附量最高可达 70.3 mg/g, 表明该配合物对尿素有很好的吸附作用.

**关键词:** 甘露低聚糖; 铜; 配合物; 尿素; 吸附

**中图法分类号:** R284

**文献标识码:** A

## 0 前 言

尿素是肾功能衰竭和尿毒症患者血液中积蓄的主要毒性成分, 高效率的清除尿素一直是生物医学工程领域中人工肾和口服尿素吸附剂研究的重要课题. 由于常规的吸附剂存在吸附容量低、选择吸附性差、生物和血液相容性不好等缺点, 因此研制出一种高吸附性、无毒副作用、生物相容性好、选择性高的新型尿素吸附剂成为人们关注的热点.

甘露低聚糖(Mannose-oligosaccharides, MOS)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<sup>[1]</sup>, 其除了具有功能性低聚糖的特点外, 还具有防治高血脂、抗氧化、增强免疫功能等作用<sup>[2]</sup>. 甘露低聚糖分子链中含有乙酰基团和大量的羟基<sup>[3]</sup>, 且其分子中 C2、C3、C6 位上的一OH 均具有较强的反应活性<sup>[4]</sup>, 因此以甘露低聚糖为基质络合金属离子, 可以制备出许多性能优良的材料. 甘露低聚糖与过渡金属反应形成的配合物也可用于尿素的吸附, 这是由于尿素分子的一CO—和一NH<sub>2</sub>可在过渡金属的 d 轨道上配位, 比甘露低聚糖自身大大提高了吸附尿素的容量和选择性, 因此本文探讨了甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物对尿素的吸附作用, 为进一步开发新型尿素吸附剂提供了重要的科学依据.

## 1 实验

### 1.1 主要仪器与试剂

UV-754 紫外分光光度计, DKZ-2 型电热恒温振荡水槽(上海精宏实验设备有限公司), 分析天平(上海精科天平有限公司), PHS-3C 型 pH 计(上海精科有限公司), 甘露低聚糖(湖北东方天琪生物工程股份有限公司)、氯化铜、尿素、对二甲氨基苯等均为分析纯.

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物的制备<sup>[5]</sup>

称取甘露低聚糖 2.50 g 溶于 50 mL 的去离子水中, 配制成 5% 的甘露低聚糖溶液; 滴入一定量(0.1 mol/L)

\* 收稿日期: 2010-11-19

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)

的氯化铜溶液,在一定温度下磁力搅拌一定时间,然后加入与反应液等量的无水乙醇醇沉,冷冻干燥,得粗品.再次溶解,醇析,冷冻干燥得甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物纯品.

1.2.2 配合物对尿素的吸附

称取一定量的甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物于 10 mL 一定浓度的尿素溶液中,调节溶液的 pH,于 37 ℃ 下搅拌一段时间,按照文献[6]法测定溶液中尿素的残余量,根据吸附前后溶液中尿素浓度的变化计算出甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物对尿素的吸附量.计算公式:

$$\text{吸附量} = V(C_0 - C) / M$$

式中  $C_0$  为吸附前尿素的浓度,  $C$  为吸附后尿素的浓度,  $M$  为吸附剂的质量,  $V$  为尿素溶液的体积.

2 结果与讨论

2.1 单因素实验

2.1.1 不同 pH 值对甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物吸附尿素的影响

调节 pH 为 4.0、5.0、6.0、7.0、8.0,在 37 ℃ 下震荡反应 2.0 h.反应结束后,用 UV-754 紫外分光光度计测定不同 pH 条件下的尿素吸附量,结果见图 1.

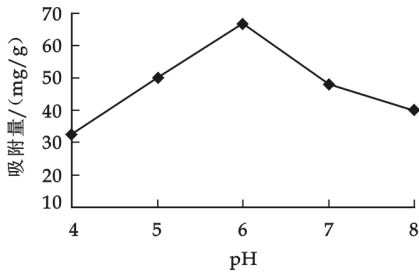


图 1 不同 pH 值对尿素吸附量的影响

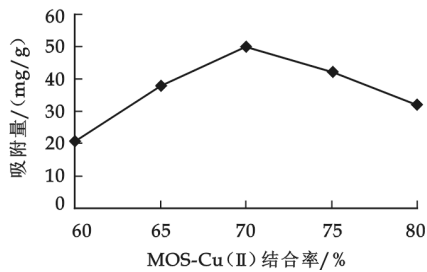


图 2 不同结合率的甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物对尿素吸附量的影响

由图 1 可见,甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物对尿素的吸附量随着溶液 pH 值增大而增大;当 pH=6.0 时,吸附量达到最大;pH 继续增大,吸附量反而下降.可见 pH=6.0 为最大吸附量条件,吸附量可达 66.7 mg/g.

2.1.2 不同结合率的甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物对吸附尿素的影响

在铜离子的结合率为 60%、65%、70%、75%、80%的条件下于 37 ℃ 震荡反应 2.0 h.反应结束后,用 UV-754 紫外分光光度计测定不同结合率下的尿素吸附量,结果见图 2.

由图 2 可见,甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物对尿素的吸附量随着甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物结合率的增大,先增大后减小;当甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物结合率为 70%时,吸附量达到最大,为 50.1 mg/g.当甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物结合率进一步增大,吸附量反而下降.

2.1.3 作用时间对甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物吸附尿素的影响

在 37 ℃ 震荡条件下分别作用 0.5 h、1.0 h、1.5 h、2.0 h、2.5 h、3.0 h 后,用 UV-754 紫外分光光度计测定不同作用时间下的尿素吸附量,结果见图 3.

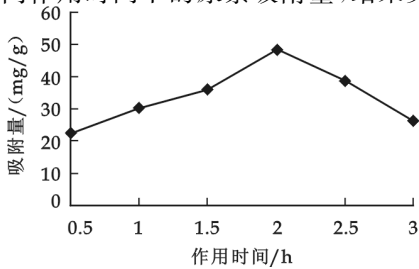


图 3 不同作用时间对尿素吸附量的影响

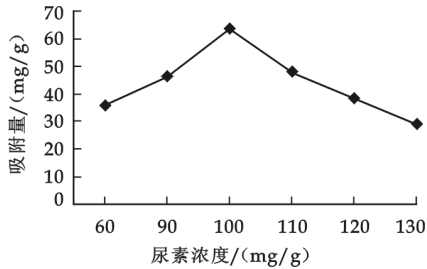


图 4 尿素不同初始浓度对尿素吸附量的影响

由图 3 可见,甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物对尿素的吸附量随着反应时间的延长先增大后减小,在 2.0 h 时达到最大,此时吸附量为 48.5 mg/g.当反应时间进一步延长时吸附量开始下降.

2.1.4 尿素初始浓度对吸附尿素的影响

在尿素初始浓度分别为 80 mg/dL、90 mg/dL、100 mg/dL、110 mg/dL、120 mg/dL、130 mg/dL 的条件下,于 37 ℃振荡水槽中反应 2 h.反应结束后,用 UV-754 紫外分光光度计测定各自的尿素吸附量,结果见图 4.

由图 4 可见,当甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物的结合率为 70%时,对尿素的吸附量随着尿素初始浓度的增大先增大后减小,当尿素的初始浓度为 100 mg/dL 时达到最大,此时尿素吸附量为 63.8 mg/g.

2.2 正交试验

经过单因素实验确定了各单因素对尿素吸附量的影响,但它们的综合影响并不一定是各自最佳条件的简单叠加,因此通过正交试验确定最佳工艺参数,采用正交表  $L_9(3^4)$  设计实验,进一步考察甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物对尿素的吸附性能,实验结果如表 1 所示.

表 1 正交试验结果

| 试验    | MOS-Cu 结合率(A)/% | 时间(B)/h | 尿素浓度(C)/(mg/dL) | pH(D)  | 吸附量/(mg/g) |
|-------|-----------------|---------|-----------------|--------|------------|
| 1     | 1(68)           | 1(1.8)  | 1(95)           | 1(6.5) | 32.8       |
| 2     | 1               | 2(2.0)  | 2(100)          | 2(7.0) | 34.4       |
| 3     | 1               | 3(2.2)  | 3(105)          | 3(7.5) | 26.5       |
| 4     | 2(70)           | 1       | 2               | 3      | 46.3       |
| 5     | 2               | 2       | 3               | 1      | 48.0       |
| 6     | 2               | 3       | 1               | 2      | 70.3       |
| 7     | 3(72)           | 1       | 3               | 2      | 55.9       |
| 8     | 3               | 2       | 1               | 3      | 35.6       |
| 9     | 3               | 3       | 2               | 1      | 47.6       |
| $K_1$ | 93.7            | 147.0   | 148.7           | 128.4  |            |
| $K_2$ | 139.1           | 118.4   | 130.4           | 108.4  |            |
| $K_3$ | 129.1           | 151.5   | 110.4           | 126.4  |            |
| R     | 2.428           | 4.836   | 3.253           | 2.672  |            |

由正交试验结果可知,各因素对尿素吸附的影响大小顺序为  $B>C>D>A$ ,即反应时间>尿素初始浓度>反应 pH 值>甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物的结合率,最佳吸附条件是  $A_2B_2C_3D_1$ ,即在振荡温度为 37 ℃的条件下,反应时间为 2.2 h、甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物的结合率为 70%、pH 值为 7.0,尿素初始浓度为 95 mg/dL,此时尿素的吸附量最大可达 70.3 mg/g.

3 结论

通过单因素实验和正交试验,确定出了甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物吸附尿素的最佳条件:尿素溶液初始浓度为 95 mg/dL,反应 pH 为 7.0,甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物的结合率为 70%,时间为 2.2 h.在此条件下,尿素吸附量达 70.3 mg/g.

甘露低聚糖铜(Ⅱ)配合物对尿素的吸附容量大,吸附效果较好,主要原料甘露低聚糖具有良好的生物活性和医药价值,因此该产品具有实际应用价值,不但可用于生物医药领域,也可用于食品、保健品等生产领域.

参 考 文 献

[1] 许牡丹,柯 蕾.甘露低聚糖的酶法制备与研究进展[J].食品研究与开发,2005,26(4):163-165.  
[2] 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.  
[3] Anderson RA, Cheng NZ, Bryden NA. Elevated intakes of supple-mental chromium improve glucose and insulin variables in individuals with tipe 2 diabetes[J]. Diabetes, 1997,(46):1 786-1 791.  
[4] Katssuraya K, Hatanaka K. Constitution of konjac glucomannan: chemical analysis and  $^{13}\text{C}$  NMR spectroscopy[J]. Carbohydrate



Polymers, 2003,(53):183-189.

[5] 毛跟年, 张云丽, 李 静. 甘露低聚糖与铜(Ⅱ)配合物制备工艺的研究[J]. 陕西科技大学学报, 2008,26(6):88-91.

[6] 李伟清, 郑筱梅, 李白林. 微量尿素的分光光度法测定[J]. 重庆师范学院学报, 2001,18(2):86-88.

## STUDY ON THE ADSORPTION OF MANNOSE-OLIGOSACCHARIDE -Cu(Ⅱ) COMPLEX FOR UREA

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

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

**Abstract:** A method for urea adsorption by mannose-oligosaccharide-Cu(Ⅱ) (MOS-Cu(Ⅱ)) was studied. The factors such as pH value, combination rate of MOS-Cu(Ⅱ), reaction time, and initiation concentration of urea were determined. By the orthogonal test, the result indicates that the optimum condition about the adsorption of MOS-Cu(Ⅱ) for urea is pH 7.0, the combination rate of MOS-Cu(Ⅱ) 70%, the reaction time 2.2 h, initial concentration of urea 95 mg/dL, in this case, the maximum adsorption of urea is 70.3 mg/g and showed that MOS-Cu(Ⅱ) had good adsorptivity for urea.

**Key words:** mannose-oligosaccharide; copper; complex; urea; adsorption

(上接第 49 页)

## 参 考 文 献

- [1] Younan Xia, Byron Gates, Yadong Yin, *et al.* Monodispersed colloidal spheres: old materials with new applications[J]. *Advanced Materials*, 2000,12(10):693-711.
- [2] Werner Stöber, Arthur Fink. Controlled growth of monodisperse silica spheres in the micron size range[J]. *Journal of Colloid and Interface Science*, 1968,(26):62-69.
- [3] C. G. Tan, B. D. Bowen, N. Epstein. Production of monodisperse colloidal silica spheres; effect of temperature[J]. *Journal of Colloid and Interface Science*, 1987,118(1):290-293.
- [4] 陈胜利,董 鹏,杨光华,等. 单分散二氧化硅形成过程中 TEM 观察和形成机理[J]. *无机材料学报*,1998,13(3):368-374.
- [5] 董 鹏. 单分散二氧化硅颗粒的研究进展[J]. *物理化学学报*,1998, 14(2):109-114.
- [6] 董 鹏. 由硅溶胶生长单分散颗粒的研究[J]. *自然科学进展*, 2000,10(3):201-207.

## PREPARATION OF MONO-DISPERSE SiO<sub>2</sub> MICRO-SPHERE AND RESEARCH OF TIME INFLUENCE FACTORS

YAN Xiao-qin

(Xi'an Hi-technology Institute, Xi'an 710025, China)

**Abstract:** By using tetraethylortho silicate, ammonia, propanol and water as materials, the mono-disperse silica micro-sphere is synthesized. The time effects of factors on the reaction have been studied. The experiment time condition for production of mono-disperse silica micro-sphere with different diameter is given at last.

**Key words:** tetraethylortho; silica micro-sphere; mono-disperse

# 酶法研制蘑菇调味汁工艺的研究

郭云霞<sup>1</sup>, 秦俊哲<sup>1</sup>, 陈均志<sup>2</sup>, 杨迎春<sup>3</sup>

(1. 陕西科技大学生命科学与工程学院, 陕西 西安 710021; 2. 温州轻工研究院, 浙江 温州 325000; 3. 苍南县昌盛蔬果食品有限公司, 浙江 温州 325800)

**摘要:**以双孢蘑菇为主要原料,采用酶水解法研制出蘑菇特色调味汁.通过实验得到的最佳酶解条件为:温度 50 ℃、pH 6、时间 5 h、酶浓度 15%.在此条件下所制得的蘑菇调味汁色泽棕红,口感鲜美,无苦涩等异味,无毒副产物形成,氨基态氮可达 0.62%,是一种高级营养调味品.

**关键词:**酶法; 蘑菇; 酱油

**中图法分类号:**TS202.3

**文献标识码:**A

## 0 前言

蘑菇调味汁味道鲜美,色鲜油浓,醇香清澄,营养丰富,是制汤做菜的美味佳品<sup>[1]</sup>.一般酱醋食品厂所生产的调味汁以粮食和油料作物为主要原料,以米曲霉为主要微生物经发酵而制成,成本较高,且需要发酵室、制曲及发酵设备<sup>[2]</sup>.也有采用酸水解生产调味汁的方法,但是容易破坏原料中的活性物质,甚至产生氯丙醇等有毒物质.用酶法生产蘑菇调味汁具有生产周期短、得率高、工艺简单、产品附加值高、能进行工业化生产等特点<sup>[3]</sup>.本实验以盐渍蘑菇为主要原料,采用 4 种酶(中性蛋白酶、酸性蛋白酶、纤维素酶和果胶酶)复合水解原料<sup>[4]</sup>,使其中的蛋白质充分降解,然后根据消费口味进行调配,研制出蘑菇特色调味汁,为进一步工业化扩大生产提供了基础数据.

## 1 材料与设备

### 1.1 实验材料

蘑菇:浙江省苍南县昌盛蔬果食品有限公司提供的盐渍菇.豆粕:市售优质豆粕.酶制剂:购于北京东华强盛生物有限公司,包括 1398 中性蛋白酶(酶活力 30 000 U/g)、酸性蛋白酶(酶活力 3 000 U/g)、纤维素酶(酶活力 800 U/g)、果胶酶(酶活力 10 000 U/g).

### 1.2 主要仪器与设备

JLL30-A 小型粉碎机,LS-C50L 型立式压力蒸汽灭菌器,SHA-C 型恒温水浴振荡器,HSC-20R-A 高速离心机,2X-2 型旋片式真空泵等.

## 2 实验方法

### 2.1 工艺流程

双孢蘑菇、豆粕→水浸→破碎→酶解→过滤→澄清→调配→杀菌→瓶装→成品→检测

\* 收稿日期:2010-11-23

作者简介:郭云霞(1986—),女,四川省内江市人,在读硕士生,研究方向:食用菌资源利用与开发

2.2 检测

全氮的测定:微量凯氏定氮法<sup>[5]</sup>. 氨基态氮的测定:甲醛滴定法(参照 GB 18186-2000 中的方法检测). 可溶性无盐固形物的测定:参照 GB 18186-2000 中的方法检测. 成品调味液部分质量指标的测定参照 SB10338-2000 规定的标准检测方法.

2.3 实验设计

2.3.1 复合酶添加量的确定

选择中性蛋白酶、酸性蛋白酶、纤维素酶和果胶酶按 4 因素 3 水平设计正交试验(L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)),其因素水平如表 1 所示,以氨基态氮为评价标准.

表 1 复合酶添加量正交试验因素水平表

| 水 平 | 因 素     |         |        |       |
|-----|---------|---------|--------|-------|
|     | 中性蛋白酶/% | 酸性蛋白酶/% | 纤维素酶/% | 果胶酶/% |
|     | A       | B       | C      | D     |
| 1   | 3       | 2.5     | 0.5    | 1     |
| 2   | 6       | 5       | 1.5    | 2.5   |
| 3   | 9       | 7.5     | 3      | 4     |

2.3.2 复合酶酶解条件的确定

以最佳条件下的酶用量在不同条件下对浆体进行酶解,选择酶解温度、pH、时间、酶浓度按 4 因素 3 水平设计正交试验(L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)),其因素水平表如 2 所示,以氨基态氮为评价标准.

表 2 复合酶酶解条件正交试验因素水平表

| 水 平 | 因 素  |    |      |       |
|-----|------|----|------|-------|
|     | 温度/℃ | pH | 时间/h | 酶浓度/% |
|     | A    | B  | C    | D     |
| 1   | 40   | 5  | 4    | 10    |
| 2   | 50   | 6  | 5    | 15    |
| 3   | 60   | 7  | 6    | 20    |

3 结果与分析

3.1 复合酶添加量的确定

采用极差法分析复合酶添加量的正交试验结果,结果见表 3. 以各因素的水平为横坐标,K 值为纵坐标绘制各因素作用的示意图(图 1). 从直观图波动幅度的大小与正交试验结果的 R 值可以得出 4 因素对氨基态氮含量的影响程度为 A>B>C>D,并得出实验的最佳组合为 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>D<sub>2</sub>,即中性蛋白酶 6%、酸性蛋白酶 5%、纤维素酶 1.5%、果胶酶 2.5%.

表 3 复合酶添加量对氨基态氮含量影响的正交试验结果

| 序 号            | 中性蛋白酶/%        | 酸性蛋白酶/%        | 纤维素酶/%         | 果胶酶/%          | 氨基态氮含量/% |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|
|                | A              | B              | C              | D              | y        |
| 1              | 1(3)           | 1(2.5)         | 1(0.5)         | 1(1)           | 0.283    |
| 2              | 1              | 2(5)           | 2(1.5)         | 2(2.5)         | 0.355    |
| 3              | 1              | 3(7.5)         | 3(3)           | 3(4)           | 0.334    |
| 4              | 2(6)           | 1              | 2              | 3              | 0.379    |
| 5              | 2              | 2              | 3              | 1              | 0.387    |
| 6              | 2              | 3              | 1              | 2              | 0.386    |
| 7              | 3(9)           | 1              | 3              | 2              | 0.355    |
| 8              | 3              | 2              | 1              | 3              | 0.383    |
| 9              | 3              | 3              | 2              | 1              | 0.392    |
| k <sub>1</sub> | 0.324          | 0.339          | 0.351          | 0.354          |          |
| k <sub>2</sub> | 0.384          | 0.375          | 0.375          | 0.365          |          |
| k <sub>3</sub> | 0.377          | 0.371          | 0.359          | 0.365          |          |
| 极差 R           | 0.060          | 0.036          | 0.024          | 0.011          |          |
| 优水平            | A <sub>2</sub> | B <sub>2</sub> | C <sub>2</sub> | D <sub>2</sub> |          |

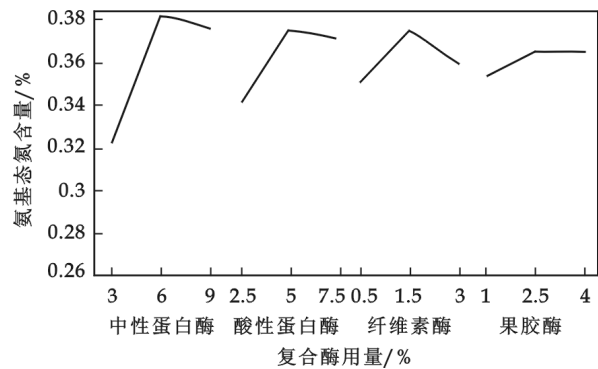


图 1 复合酶用量实验因素水平对 K 值作用示意图

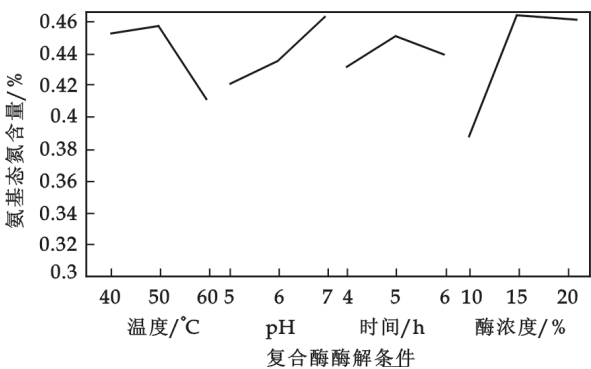


图 2 复合酶酶解条件实验因素水平对 K 值作用示意图

3.2 复合酶酶解条件的确定

采用极差法分析复合酶酶解条件的正交试验结果,结果见表 4. 以各因素的水平为横坐标, K 值为纵坐标绘制各因素作用的示意图(图 2). 从直观图波动幅度的大小与正交试验结果的 R 值可以得出 4 因素对氨基态氮含量的影响程度为  $D>A>B>C$ , 并得出实验的最佳组合为  $A_2B_3C_2D_2$ , 即温度 50 °C、pH 7、时间 5 h、酶浓度 15%.

表 4 复合酶酶解条件对氨基态氮含量影响的正交试验结果

| 序 号   | 温度/°C<br>A | pH<br>B | 时间/h<br>C | 酶浓度/%<br>D | 氨基态氮含量/%<br>y |
|-------|------------|---------|-----------|------------|---------------|
| 1     | 1(40)      | 1(5)    | 1(4)      | 1(10)      | 0.371 9       |
| 2     | 1          | 2(6)    | 2(5)      | 2(15)      | 0.484 1       |
| 3     | 1          | 3(7)    | 3(6)      | 3(20)      | 0.500 6       |
| 4     | 2(50)      | 1       | 2         | 3          | 0.473 1       |
| 5     | 2          | 2       | 3         | 1          | 0.399 8       |
| 6     | 2          | 3       | 1         | 2          | 0.499 5       |
| 7     | 3(60)      | 1       | 3         | 2          | 0.415 4       |
| 8     | 3          | 2       | 1         | 3          | 0.422 3       |
| 9     | 3          | 3       | 2         | 1          | 0.392 1       |
| $k_1$ | 0.452      | 0.420   | 0.431     | 0.388      |               |
| $k_2$ | 0.457      | 0.435   | 0.450     | 0.466      |               |
| $k_3$ | 0.410      | 0.464   | 0.439     | 0.465      |               |
| 极差 R  | 0.047      | 0.044   | 0.019     | 0.078      |               |
| 优水平   | $A_2$      | $B_3$   | $C_2$     | $D_2$      |               |

4 产品指标

- (1)感官指标:色泽鲜艳、有光泽、呈红褐色;有酱香气和菇香气;滋味鲜美适口;体态澄清,无沉淀、无霉花浮膜.
- (2)理化指标:氨基态氮>0.6%,全氮>1.2%,可溶性无盐固形物>10%.
- (3)微生物指标:细菌总数<100 CFU/mL,大肠菌群数<3 CFU/100 mL,致病菌不得检出.

5 结论

- (1)由上述实验结果得到酶解蘑菇的最佳条件:复合酶添加比例中性蛋白酶:酸性蛋白酶:纤维素酶:果胶酶为 6:5:1.5:2.5,最佳酶解条件为:温度 50 ℃、pH 6、时间 5 h、酶浓度 15%. 所制得的调味液中氨基酸态氮含量为 0.62 g/100 mL,原料利用率可达 62.8%,其感官呈棕红色清亮溶液,味道鲜美,无苦涩等异味,含盐量低(1.5%左右).
- (2)通过初步研究,我们认为双孢蘑菇下脚料生产的蘑菇调味汁滋味鲜美,具有酱香、酯香和蘑菇香,色泽鲜艳,红褐色,有光泽,味道特别鲜美,没有异味,无沉淀,无霉衣浮膜,而且生产工艺经济可行. 通过对双孢蘑菇生产和加工下脚料进行处理回收再综合利用,变废为宝,减少了双孢蘑菇下脚料等富氧有机质的排放量,对获得良好的经济、社会和生态效益将产生积极影响.

参 考 文 献

[1] 曾 辉. 蘑菇酱油酿造工艺初探[J]. 福建轻纺,2010,(1):42-45.

[2] 刘才江,周兴光. 蘑菇浸膏和蘑菇酱油生产技术[J]. 四川食品工业科技,1989,(2):31-32.

[3] 秦俊哲,吕嘉彬. 食用菌储藏保鲜与加工新技术[M]. 北京:化学工业出版社,2003:332-333.

[4] 刘 静,陈均志,张海平,等. 多酶复合水解微波加热制备小分子大豆肽[J]. 化学研究与应用,2007,(7):752-755.

[5] 宋宏新,李敏康. 现代生物化学实验技术教程[M]. 西安:陕西人民出版社,2002:154-157.

STUDY ON THE PRODUCTION OF *AGARICUS BISPORUS* SEASONING BY ENZYME METHOD

GUO Yun-xia<sup>1</sup>, QIN Jun-zhe<sup>1</sup>, CHEN Jun-zhi<sup>2</sup>, YANG Ying-chun<sup>3</sup>

(1. School of Life Science and Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China; 2. Zhejiang Wenzhou Research Institute of Light Industry, Wenzhou 325000, China; 3. Zhejiang Cangnan Changsheng Vegetable-fruit Food Company, Wenzhou 325800, China)

**Abstract:** This paper studied on the seasoning production by enzyme method, with the *Agaricus bisporus* as the mian raw materials and by the enzymatic of the mushrooms, to produced a compound mushroom juice beverage. The result suggest that the best technological conditions as follows: pH 6.0, temperature 50 ℃, reaction time 5 h and neutral protease 15%. Under this conditions, the received seasoning is brown-red, and oscular sense is delicious and have no peculiar smell and poisonous. The production amino acid nitrogen is 0.62%.

**Key words:** enzymic method; *Agaricus bisporus*; seasoning

\* 文章编号:1000-5811(2011)01-0058-04

# 超声波协同酶法提取陕北滩枣总黄酮的研究

杨芙莲, 聂小伟, 康 银

(陕西科技大学生命科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘 要:** 研究了超声波协同果胶复合酶法提取红枣中总黄酮的最佳工艺条件,以总黄酮得率为考察指标,研究了加酶量、pH、加水量、超声波功率、时间和温度等因素对陕北滩枣总黄酮得率的影响,并在单因素的基础上通过正交试验对其提取工艺条件进行了优化.结果表明:最佳提取工艺条件为加酶量 100 mg/100 g、pH 4.5、加水量 13 mL/g、超声功率 175 W、时间 80 min 和温度 40 ℃,此时总黄酮的得率为 2.61%.

**关键词:** 陕北滩枣; 总黄酮; 超声波

**中图法分类号:** R284.2      **文献标识码:** A

## 0 前 言

红枣中含有丰富的黄酮类化合物,黄酮类化合物能增强人体内 Vc 的作用,促进 Vc 在人体内的积蓄,使人体血脂胆固醇降低,防止血管硬化.黄酮类化合物还可以减小血管通透性,降低其脆性,是预防和治疗高血压的有效成分<sup>[1]</sup>,当前在医药和保健食品领域有很广泛的需求和应用.

目前黄酮类化合物的提取绝大多数采用乙醇等有机溶剂为浸提剂,存在生产成本较高、产品有机溶剂残留等问题,以水为浸提剂的方法还很少见报道.超声波在植物有效成分的提取方面应用较为广泛<sup>[2]</sup>,主要是利用其空化效应破坏植物细胞壁,从而有利于有效成分的溶出.由于植物的细胞壁主要由纤维素、木质素和果胶等物质构成,而红枣果肉中纤维素和果胶含量较高,所以红枣中的纤维素和果胶可能是制约红枣总黄酮最大限度溶出的主要物质.本研究中果胶复合酶含有纤维素酶和果胶酶等,能特异性降解纤维素和果胶,破坏细胞壁,使细胞内总黄酮最大限度地溶出<sup>[3]</sup>.用超声波同步协同果胶复合酶提取陕北滩枣总黄酮的研究实验尚未见报道,本文对超声波协同果胶复合酶提取陕北滩枣中总黄酮的工艺条件进行了优化,为陕北滩枣中黄酮类化合物的深度开发利用提供了理论依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

红枣:陕北清涧黄河滩枣,水分含量 27.44%;果胶复合酶(酶活力:果胶酶 $\geq 40$  万 U/g、纤维素酶 $\geq 10$  万 U/g、木聚糖酶 $\geq 20$  万 U/g、 $\beta$ -葡聚糖酶 $\geq 20$  万 U/g);宁夏和氏璧生物技术有限公司;芦丁(生化纯);磷酸氢二钾、柠檬酸、亚硝酸钠、硝酸铝、无水乙醇均为分析纯.

722 型光栅分光光度计:上海光谱仪器有限公司;电热恒温水浴锅:北京长安科学仪器厂;PHS-3C 酸度计:上海雷磁仪器厂;SHZ-D(Ⅲ)循环水式真空泵:巩义市予华仪器责任有限公司;电热鼓风干燥箱:北京科伟永兴仪器有限公司;RE-52A 旋转蒸发仪:上海亚荣生化仪器厂;BS323S 型分析天平:塞多利斯科学仪器有限公司(北京);KQ-250TDV 高频数控超声波清洗器:昆山市超声波仪器有限公司.

\* 收稿日期:2010-10-20

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

1.2 实验方法

1.2.1 标准曲线的绘制

准确称取干燥至恒重的芦丁对照品 20 mg,加入 10 mL 甲醇置于水浴锅微热使其溶解,冷却,置于 100 mL 容量瓶中,加水至刻度,摇匀,浓度为 0.2 mg/mL 的芦丁溶液.精确吸取 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 mL 上述芦丁标准溶液,分别置于 10 mL 比色管中,加 60%乙醇至 5 mL,再加 5%亚硝酸钠溶液 1 mL,摇匀,静止 6 min,然后加入 10%硝酸铝溶液 1 mL,摇匀,静止 6 min 后加 1 mol/L 氢氧化钠 2 mL,再加蒸馏水至刻度,摇匀,静止 15 min,并以相应试剂为空白在 500 nm 处测定吸光值,然后以芦丁浓度-吸光度值作图,用最小二乘法进行线性回归,得到芦丁溶液浓度 C 和吸光度 A 关系的回归方程及相关系数分别为  $A=10.757C+0.0099$  和  $r=0.9971$ .

1.2.2 提取工艺流程

原料→挑选→洗净→烘烤→破碎→称量→浸提→抽滤→减压浓缩→冷却→显色→测定总黄酮得率

1.2.3 总黄酮得率的计算

$$\text{总黄酮得率}(\%) = \frac{C \times n \times V}{1\,000 \times m} \times 100$$

式中C—提取液中总黄酮的浓度(mg/mL);m—样品质量(g);V—提取液定容体积(mL);n—稀释倍数.

2 结果与讨论

2.1 加酶量对超声波协同酶法提取效果的影响

取 40 g 经预处理的红枣样品,在 pH 4.5,加水量为 10 mL/g,超声波功率为 200 W,温度为 45 ℃,超声波酶解时间为 60 min 的条件下,考察不同加酶量对红枣总黄酮得率的影响.

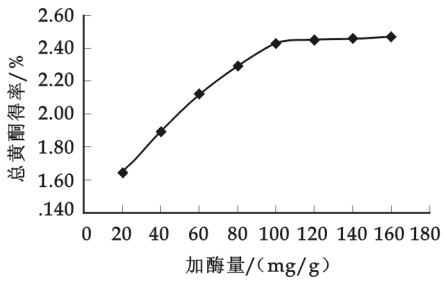


图 1 加酶量对红枣总黄酮得率的影响

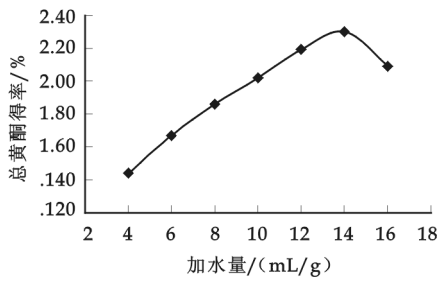


图 2 加水量对红枣总黄酮得率的影响

由图 1 可知,随着加酶量的增加,红枣总黄酮得率不断提高;当加酶量超过 100 mg/100 g 时总黄酮得率增加开始显现出相对减缓的趋势.这是因为果胶复合酶中果胶酶、纤维素酶和  $\beta$ -葡聚糖酶对植物细胞壁主要组成成分有降解作用,破坏了细胞壁,加速了黄酮化合物的溶出,从而利于红枣中总黄酮的提取<sup>[4]</sup>.

2.2 加水量对超声波协同酶法提取效果的影响

取 40 g 经预处理的红枣样品,在 pH 4.5,加酶量为 100 mg/100 g,超声波功率为 200 W,温度为 45 ℃,超声酶解时间为 60 min 的条件下,考察不同加水量对红枣总黄酮得率的影响.

由图 2 可知,随着加水量的增加,红枣总黄酮得率不断提高,在加水量达到 14 mL/g 时,总黄酮得率最大.这是由于在酶解时加水量的增加使得细胞内外浓度差增大,有利于红枣中总黄酮的溶出.当加水量大于 14 mL/g 时,红枣总黄酮得率反而降低.原因可能是加水量过大,降低了酶和底物的浓度,从而减少了酶分子与底物分子的碰撞几率,使得底物未充分酶解而破坏,导致总黄酮的溶出效果变差.

2.3 时间对超声波协同酶法提取效果的影响

取 40 g 经预处理的红枣样品,在 pH 4.5,加酶量为 100 mg/100 g,超声波功率为 200 W,温度为 45 ℃,加水量为 14 mL/g 的条件下,考察不同处理时间对红枣总黄酮得率的影响.



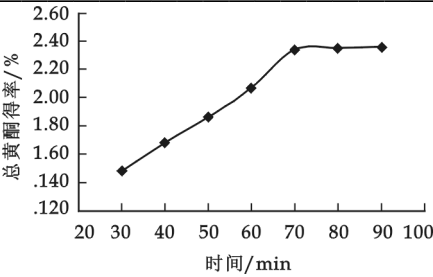


图 3 时间对红枣总黄酮得率的影响

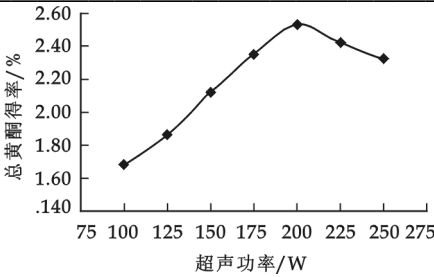


图 4 超声波功率对红枣总黄酮得率的影响

由图 3 可知,在提取时间小于 70 min 时,随着提取时间的延长,红枣总黄酮得率增加迅速.原因可能是超声波产生的瞬间空化高温和局部高压随时间的积累可加速红枣中总黄酮的溶解,另外随酶解时间的增加,蛋白酶会使细胞的破坏更完全,从而加速总黄酮的溶出.当提取时间大于 70 min 后,红枣总黄酮得率增加趋于平缓,这是因为长时间的超声波处理会使酶失活,导致破坏细胞壁的能力下降,从而总黄酮的溶出能力下降.同时,底物含量也会不断下降,浓度差的推动力减弱,最后总黄酮在溶剂中达到溶解平衡.

2.4 功率对超声波协同酶法提取效果的影响

取 40 g 经预处理的红枣样品,在 pH 4.5,加酶量为 100 mg/100 g,时间为 70 min,温度为 45 ℃,加水量为 14 mL/g 的条件下,考察不同超声波功率对红枣总黄酮得率的影响.

由图 4 可知,随超声波功率增大红枣总黄酮得率相应提高,超声波功率达到 200 W 时红枣总黄酮得率最高.这是因为超声波功率越大,空化作用和机械作用越强烈,分子扩散速度也就越大,总黄酮渗出就越多.但在超声波功率超过 200 W 后,总黄酮得率反而减小.这可能是由于功率过大,超声时瞬间热效应过于明显,使得局部温度过高导致蛋白质酶变性失活,破坏细胞壁的能力丧失,从而影响了总黄酮的溶出.

2.5 温度对超声波协同酶法提取效果的影响

取 40 g 经预处理的红枣样品,在 pH 4.5,加酶量为 100 mg/100 g,时间为 70 min,微波功率为 200 W,加水量为 14 mL/g 的条件下,考察不同温度对红枣总黄酮得率的影响.

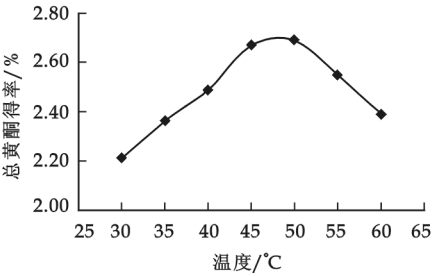


图 5 温度对红枣总黄酮得率的影响

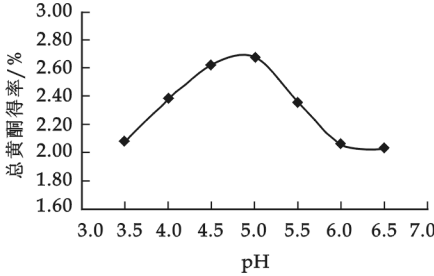


图 6 pH 对红枣总黄酮得率的影响

表 1 正交试验因素水平表

| 水 平 | 因 素        |      |        |      |
|-----|------------|------|--------|------|
|     | A          | B    | C      | D    |
|     | 加水量/(mL/g) | 功率/W | 时间/min | 温度/℃ |
| 1   | 13         | 175  | 60     | 40   |
| 2   | 14         | 200  | 70     | 45   |
| 3   | 15         | 225  | 80     | 50   |

由图 5 可知,随着温度的上升红枣总黄酮得率不断升高,当温度达到 45~50 ℃ 时总黄酮得率达到最大,超过 50 ℃ 时,随温度的升高总黄酮得率急速降低.这可能与果胶复合酶的最适作用温度有关,当酶解温度偏离其最适温度时不利于果胶复合酶作用,从而不利于总黄酮的提取.温度较低时,果胶复合酶活力不能充分

发挥,导致细胞不能被充分破坏;而温度过高导致果胶复合酶失活,从而影响了细胞壁主要成分的降解,最终影响了总黄酮的提取,因此 45~50 ℃ 为酶解的最佳温度范围<sup>[5]</sup>.



2.6 pH 对超声波协同酶法提取效果的影响

取 40 g 经预处理的红枣样品,在加酶量为100 mg/100 g,时间为 70 min,微波功率为200 W,加水量为 14 mL/g,温度为 45 ℃的条件下,考察不同 pH 对红枣总黄酮得率的影响.

由图 6 可知,红枣总黄酮得率随 pH 的升高而增加,在 pH 4.5~5.0 时总黄酮得率达到最大;当 pH 超过 5.0 时,总黄酮得率随 pH 的升高而下降.可能的原因与果胶复合酶的最适宜酶解 pH 有关,当酶解 pH 偏离其最适 pH 时不利于果胶复合酶的作用,对红枣细胞壁的分解破坏能力减弱,并对红枣总黄酮溶出产生不利影响.因此,果胶复合酶最适宜 pH 为 4.5~5.0<sup>[6]</sup>.

2.7 正交试验优化

在前期预实验中,发现红枣浆液 pH 在 4.5~5.0 之间,恰好在果胶复合酶最适宜 pH 范围内,故为了简化实验过程,在正交优化试验中不对 pH 的相应水平进行优化.在单因素实验的基础上,选取对超声波协同果胶复合酶提取红枣总黄酮得率影响较大的因素各水平进行正交试验优化,并选用 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 正交表,各因素水平见表 1,正交试验结果与极差分析见表 2.

由表 2 可见,超声波协同酶法提取红枣总黄酮得率影响因素的主次顺序为:时间>功率>温度>加水量,最佳水平组合为 A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>3</sub>D<sub>1</sub>,即加水量 13 mL/g,超声功率 175 W,时间80 min,温度 40 ℃,pH 4.5,此时总黄酮的得率为 2.61%,明显高于同等工艺条件下果胶复合酶和超声波单独提取的效果<sup>[7]</sup>.

对所得优化条件进行验证实验,即在加酶量 100 mg/100 g,pH 4.5,加水量 13 mL/g,超声功率 175 W,时间 80 min,温度 40 ℃条件下进行实验,红枣总黄酮得率为 2.72%,和正交试验结果基本相符.

3 结论

通过单因素实验和正交试验,确定了超声波协同果胶复合酶提取红枣中总黄酮的最佳工艺条件为:加酶量 100 mg/100 g,pH 4.5,加水量 13 mL/g,超声功率 175 W,时间 80 min,温度 40 ℃,此时总黄酮的得率为 2.61%.超声波协同果胶复合酶提取红枣中总黄酮可以提高效率,缩短浸提时间,节约成本,提高总黄酮含量,明显优于同类传统提取方法.

参 考 文 献

[1] 霍文兰,刘步明,曹艳萍.陕北红枣总黄酮提取及其抗氧化性研究[J].食品科技,2006,(10):45-47.  
[2] 李铭芳,席峰,李清龙,等.红枣中生物黄酮的提取及分析方法研究[J].江西农业大学学报,2009,31(06):1 156-1 159.  
[3] 孙萍,马彦梅,廉宜君,等.正交试验优化沙枣果肉中黄酮的酶辅助提取研究[J].中草药,2009,40(13):165-167.  
[4] 魏明,邵平,姚红,等.超声波协同纤维素酶法提取霍山石斛多糖的研究[J].食品工业科技,2009,30(03):199-201.  
[5] 杨柳,江连洲,李杨,等.超声波辅助水酶法提取大豆油的研究[J].中国油脂,2009,34(12):10-14.  
[6] 周连文,张存兰,刘新华.酶辅助超声波提取何首乌多糖及其抗氧化性研究[J].食品科技,2008,(01):170-173.  
[7] 韩志萍.陕北红枣中总黄酮的提取及含量比较[J].食品科学,2006,12(11):560-562.

# 不同处理方式对银杏叶活性成分的影响

秦俊哲, 高存秀

(陕西科技大学生命科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘要:**以新鲜银杏叶为原料,通过不同萎凋方式及干燥方式的处理,考察了其对银杏叶活性成分的影响.研究表明,在 30 ℃ 阳光下萎凋 5 h 后于 70 ℃ 热风干燥,银杏黄酮得率为 1.72%,银杏酸得率仅为 0.58%,银杏酸含量下降了 69%.

**关键词:**处理方式;银杏叶;活性成分

**中图法分类号:**R284.2

**文献标识码:**A

## 0 引言

银杏树是现存种子植物中最古老的孑遗植物,集食用、药用、材用为一体,具有较高的综合利用价值.银杏叶中含有 170 多种生理活性物质,具有改善血液循环、控制周围血管失调、拮抗血小板活化因子等作用,银杏叶系列产品已被广泛开发应用<sup>[1]</sup>.然而银杏叶中含有毒副成分—银杏酸,具有致过敏、致突变等不良反应,其安全性已引起高度重视,国际 EGB 质量标准规定银杏酸含量必须小于 5  $\mu\text{g/g}$ <sup>[2,3]</sup>.

目前国内外针对银杏酸的脱除均在银杏叶提取物的基础上采用化学提纯方法<sup>[4]</sup>,未见直接采用银杏叶脱除银杏酸的报道.为此本实验探索了萎凋与干燥方式对银杏叶活性成分的影响,以期降低银杏酸含量,提高银杏叶产品的食用安全性.

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

材料:新鲜银杏叶,2010 年 6 月采摘于陕西科技大学银杏园林银杏树枝干的中下部;大孔吸附树脂(D101-1,DA201,DM301,DS401),安徽三星树脂有限公司.

试剂:对照品银杏酸(C15:0, C17:1, C13:0, C15:1, C17:2),芦丁;中国药品生物制品检定所.正己烷,乙醇,无水甲醇等均为分析纯.

仪器与设备:索氏提取仪,北京中西远大科技有限公司;高速万能粉碎机 FW100 型,天津市泰斯特仪器有限公司;电热鼓风干燥箱 CS101-2A 型,中国重庆银河试验仪器有限公司;紫外可见分光光度计 SP-752(PC)型,上海光谱仪器有限公司;层析柱(20 mm×400 mm),江苏省高邮市亚泰科教仪器厂.

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 标准曲线的绘制<sup>[5]</sup>

准确称取一定量银杏酸用甲醇溶解定容至 25 mL,分别吸取 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 mL 用无水甲醇定容至 5 mL 容量瓶,摇匀,在波长 307 nm 处测定吸光度.以银杏酸浓度  $C$  为横坐标,吸光度  $A$  为纵

\* 收稿日期:2010-12-04

作者简介:秦俊哲(1957—),男,陕西省泾阳县人,教授级高工,硕士生导师,研究方向:食品资源研究与开发

基金项目:陕西省重大科技创新专项项目(2010ZKC11-05)

坐标,线性回归得标准曲线方程: $A=8.715C+0.0407$ , $R^2=0.9994$ ,线性范围为: $0.009\sim0.093\text{ mg/mL}$ .

准确称取一定标准品芦丁,用 70% 的乙醇定容至 50 mL 容量瓶溶解,移取 0、1、2、3、4、5、6、7、8 mL 加到 10 mL 容量瓶内,加 1 mL 5% 亚硝酸钠溶液,摇匀放置 6 min,加入 10% 的硝酸铝溶液 1 mL 摇匀放置 6 min,加入 4% 的氢氧化钠溶液 4 mL,然后用 70% 的乙醇溶液稀释到刻度摇匀,静置 15 min. 在 510 nm 处测定吸光度,用最小二乘法将芦丁标准液浓度与所得吸光度值做一元线性回归分析,得标准曲线方程为  $A=11.54C-0.0012$ , $R^2=0.9997$ .

1.2.2 不同处理方式对银杏叶的预处理

采摘成熟度相同的新鲜银杏叶,流水洗净,称取等量银杏叶,铺成面积同等,在不同条件下萎凋一定时间,然后放置烘箱一定温度下热风烘干,粉碎过 60 目筛制成银杏粉,密封保存备用.

1.2.3 粗提取液的制备

准确称取 1.00 g 银杏粉,加入 150 mL 正己烷,85 ℃ 下索氏提取 3 h,过滤,浓缩,定容,即得银杏酸粗提取液.

准确称取 1.00 g 银杏粉,加入 80% 乙醇,70 ℃ 下冷凝回流提取,过滤,冷却定容,得银杏黄酮提取液.

1.2.4 银杏酸粗提取液的纯化

大孔树脂 DA201 经预处理后,湿法装柱,以 1~2 mL/min 上柱,然后用 90% 乙醇以 2 mL/min 速度洗脱,收集洗脱液,计算银杏酸得率.

2 结果与讨论

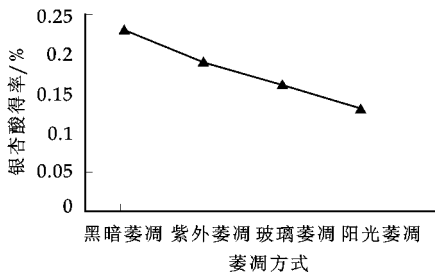


图1 不同光线对银杏叶活性成分的影响

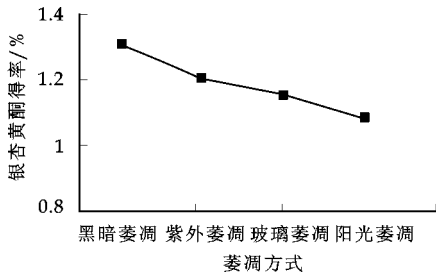


图2 温度对银杏酸含量的影响

2.1 光线对银杏叶活性成分的影响

由图 1 可见,在 30 ℃ 下萎凋 5 h 后,银杏叶在阳光直射下银杏酸含量大幅度下降,银杏黄酮含量呈现缓慢下降趋势,可能原因是银杏酸具有抗胁迫作用,长时间高强度的阳光照射可使银杏酸的结构遭到破坏.

2.2 温度对银杏叶活性成分的影响

由图 2 可见,4 种萎凋方式中银杏酸含量变化趋势相似,均是先降后升,在 30 ℃ 时银杏酸含量达到最低. 由图 3 可以看出,银杏黄酮随着温度的增加,含量渐下降,在 25~30 ℃ 中变化比较小,银杏黄酮得率比较高,可能原因是此条件下有利于银杏叶内部发生一系列生物氧化等反应,银杏酸与银杏黄酮分解或转化为其他物质,因此选择在 30 ℃ 阳光下萎凋.

2.3 干燥温度对银杏叶活性成分的影响

由图 4 可见,新鲜银杏叶在不同温度下干燥时,银杏酸与银杏黄酮含量先上升后下降,银杏黄酮在 70 ℃ 时含量达到最高,银杏酸含量很低. 可能原因是温度较低时,银杏叶内的酶类没有立刻失活,仍然可进行生物氧化反应,降低银杏酸与银杏黄酮的含量;当温度逐渐升高时,酶逐渐失活,反应停止,银杏黄酮与银杏酸含量较高;温度过高时,银杏黄酮对高温具有一定抗性,含量变化不大,但是银杏酸的热稳定性较差,开始急剧下降. 因此选择 70 ℃ 干燥.

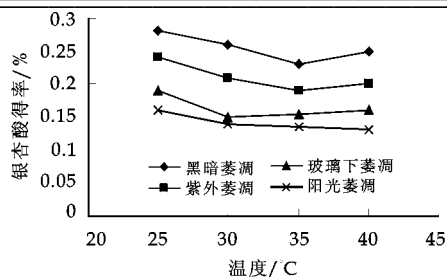


图3 温度对银杏黄酮含量的影响

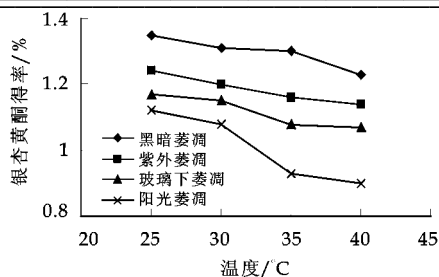


图4 干燥温度对银杏叶活性成分的影响

## 2.4 验证性实验

银杏叶在 30 ℃ 阳光下萎凋 5 h 后,置于烘箱中于 70 ℃ 热风干燥 20 h,银杏酸得率为 0.58%,银杏黄酮得率为 1.62%,对照性实验新鲜银杏叶在 60 ℃ 热风干燥,银杏酸得率为 1.85%,银杏黄酮得率为 1.78%,由此可见银杏黄酮含量下降了 9%,银杏酸含量下降了 69%。

## 3 结 论

新鲜银杏叶分别采用黑暗下、紫外灯下、玻璃下、阳光下 4 种方式并且在不同温度下萎凋 5 h,然后在不同温度下干燥 20 h,结果表明在 30 ℃ 阳光下萎凋 5 h,于 70 ℃ 干燥时,银杏黄酮得率为 1.62%,银杏酸得率为 0.58%,银杏酸含量下降了 69%,大大提高了银杏叶产品的使安全性。

## 参 考 文 献

- [1] 周建钟,赵琦君. 银杏叶化学成分提取状况及其开发利用[J]. 食品科学,2009,(3):35-37.
- [2] 何静仁. 银杏酸的变应原性及致过敏机制研究[D]. 武汉:华中农业大学硕士学位论文,2003.
- [3] 袁云增. 服用银杏茶从小剂量开始[N]. 健康报,2010-04-28.
- [4] 刘 新,饶海丽. 银杏叶制剂中毒性物质-银杏酸[J]. 内蒙古中医药,2008,(3):45,46.
- [5] 仰榴青,吴向阳. 银杏酸的分光光度法测定[J]. 分析化学,2004,5(32):661-664.

# EFFECTS OF DIFFERENT TREATMENT ON THE BIO-ACTIVE CONSTITUENTS OF GINKGO BILOBA LEAVES

QIN Jun-zhe , GAO Cun-xiu

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

**Abstract:** Through the different withering and drying method on Ginkgo Biloba leaves to study the bio-active constituents of Ginkgo Biloba leaves. Results show that when Ginkgo Biloba leaves is withering in 30 ℃ sunshine for 5 h,and then 70 ℃ drying, the yield rate of ginkgo flavonoids is 1.72%, the yield rate of ginkgolic acids is only 0.58%, ginkgolic acid content decreased 69%.

**Key Words:** treatment; Ginkgo Biloba leaves; the bio-active constituents

\* 文章编号:1000-5811(2011)01-0065-05

# 杜仲叶多酚的提取及分离工艺研究

董文宾, 许先猛

(陕西科技大学生命科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘要:**利用超声法及浸提法对杜仲叶中多酚的提取工艺进行了研究. 通过超声法考察了超声功率、超声时间、乙醇浓度、料液比等因素对多酚得率的影响;通过浸提法考察了浸提温度、时间、乙醇浓度、料液比等因素对多酚得率的影响,并用正交试验对多酚的提取工艺条件进行了优化. 用大孔吸附树脂对提取物进行初步分离纯化,得到多酚的含量为 11.35%.

**关键词:**杜仲叶; 多酚; 超声提取; 浸提

**中图法分类号:**R284.2      **文献标识码:**A

## 0 前言

杜仲(*Eucommia ulmoides Oliv*),我国特有的珍稀濒危保护植物. 杜仲中含杜仲胶、京尼平苷、绿原酸、槲皮素、山柰醇等多种活性成分,具有消炎抑菌、抗疲劳、抗衰老、降血压、降血脂、补肾、安胎等诸多功效<sup>[1]</sup>. 研究证明<sup>[2,3]</sup>,杜仲皮与叶有着相似的化学成分和药理作用,其各类物质的多酚成分陆续被国内外学者所研究<sup>[4,5]</sup>. 有关杜仲叶中的多酚物质研究的报道很少,相关文献大多是对绿原酸的提取和纯化. 本论文应用超声法和浸提法对杜仲叶中多酚物质的提取条件进行了考察与优化,并且比较了各自的优缺点,为杜仲叶综合利用提供一定的理论依据,同时对杜仲叶多酚粗提物进行了初步分离纯化,也为多酚类物质的分离纯化工作奠定了一定的基础.

## 1 实验材料与方法

### 1.1 材料与仪器

原料:杜仲叶(采自陕西略阳),阴干,粉碎过 40 目筛.

试剂:没食子酸标准品,贵州遵义佳宏化工有限责任公司,纯度 98%;福林酚,美国 Sigma 公司;无水碳酸钠,分析纯,天津市百世化工有限公司.

仪器:JY92-II 超声细胞粉碎机,宁波新芝生物科技股份有限公司;754PC 型紫外可见分光光度计及 722 型可见分光光度计,上海光谱仪器有限公司;BS-224 型电子天平,德国 SARTORIUS 公司;微量移液器,芬兰 Dragonmed 公司;RE-52AA 型旋转蒸发器及 SHZ-III 循环水多用真空泵,上海亚荣生化仪器厂;DZ-1BC 真空干燥箱,天津泰斯特仪器有限公司.

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 工艺流程

杜仲叶→阴干→粉碎过筛→称取→超声提取/浸提→过滤→浓缩→干燥→粗提物  
└→吸附→解吸→干燥

#### 1.2.2 操作要点

(1)原料选择. 杜仲叶采自陕西略阳.

\* 收稿日期:2010-12-06  
作者简介:董文宾(1951—),男,陕西省宝鸡市人,教授,博士生导师,研究方向:食品安全性及新材料制备

- (2)提取. 提取过程中, 超声和浸提的热量会使乙醇提取液有不同程度的挥发, 对实验结果有一定的影响, 因此在实验过程中需制作带孔塑料薄膜对提取容器进行密封.
- (3)浓缩. 浓缩过程中温度不超过 50℃, 根据乙醇溶液浓度确定真空度.
- (4)吸附. 杜仲叶用 40% 乙醇进行提取, 提取液浓缩至适当浓度(不含乙醇), 离心, 取上清液沿柱壁缓缓加入装有树脂的柱中, 至流出液颜色和加入浓缩液颜色基本相同, 静置吸附 24 h.
- (5)解吸附. 分别采用不同浓度乙醇对大孔树脂吸附柱进行洗脱.
- (6)干燥. 真空减压干燥, 温度为 50℃.
- (7)检测. 以试剂空白做参比进行吸光度的测定, 测定过程中若吸光度过大则进行一定比例的稀释.

1.2.3 单因素实验

超声法选取超声功率、超声时间、乙醇浓度、料液比数等单因素进行实验, 考察各因素对多酚得率的影响; 浸提法选取浸提温度、时间、乙醇浓度、料液比等单因素进行实验, 考察各因素对多酚得率的影响.

表 1 多酚超声法提取实验因素水平表

| 水 平 | 因 素    |          |        |      |
|-----|--------|----------|--------|------|
|     | 超声功率/W | 超声时间/min | 乙醇浓度/% | 料液比  |
|     | A      | B        | C      | D    |
| 1   | 400    | 30       | 40     | 1:5  |
| 2   | 600    | 45       | 60     | 1:10 |
| 3   | 800    | 60       | 80     | 1:15 |

素做正交试验, 各因素选取 3 个水平, 实验因素水平表见表 1; 浸提法采用浸提温度、浸提时间、乙醇浓度、料液比 4 个因素做正交试验, 选取 3 个水平, 实验因素水平表见表 2.

表 2 多酚浸提法提取实验因素水平表

| 水 平 | 因 素    |          |        |      |
|-----|--------|----------|--------|------|
|     | 浸提温度/℃ | 浸提时间/min | 乙醇浓度/% | 料液比  |
|     | A'     | B'       | C'     | D'   |
| 1'  | 40     | 30       | 40     | 1:5  |
| 2'  | 60     | 60       | 60     | 1:10 |
| 3'  | 80     | 90       | 80     | 1:15 |

液. 用移液管分别移取 1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 mL 没食子酸标准储备液于 100 mL 容量瓶中, 定容, 浓度分别为 10、20、30、40、50 μg/mL.

分别取上述不同浓度溶液 1 mL 加到 10 mL 容量瓶中, 在每个容量瓶中分别加入 5.0 mL 的 10% 福林酚试剂, 摇匀. 反应 6 min 后, 加入 4.0 mL 7.5% 碳酸钠溶液, 加水定容至刻度, 摇匀. 室温下放置 60 min. 以试剂空白为参比, 在 500~900 nm 之间扫描最大吸收峰, 确定最大吸收波长在 766 nm 处. 在 766 nm 处测定标准溶液, 由浓度对吸光度进行回归求得标准曲线, 得到没食子酸浓度  $C(\mu\text{g/mL})$  与吸光度  $A$  的关系的回归方程为:  $y=0.022\ 2x+0.016\ 8(R^2=0.999)$ .

(2)杜仲叶多酚的测定. 吸取 1 mL 样液, 按合适比例稀释后按上述方法测定. 以试剂空白作参比测吸光度, 根据标准曲线计算样液多酚得率. 多酚得率 =  $[m_1/(m_{\text{总}} \times 10^6)] \times 100\%$ , 式中  $m_1 = (109.890\ 1A - 0.033\ 0) \times \text{稀释倍数} \times V_{\text{提取液}}$ ,  $m_{\text{总}}$  为所取原料质量(g).

2 结果与讨论

2.1 单因素实验

2.1.1 超声功率对多酚得率的影响

在超声时间 45 min, 料液比 1:15, 乙醇浓度 60% 条件下提取两次, 超声功率对多酚得率的影响如图 1 所示.

由图 1 可以看出, 超声功率在 200~400 W 内, 杜仲叶多酚得率随超声功率的增加有所提高; 当超声功率大于 400 W 时, 总多酚提取量开始随超声功率的增加而逐渐降低. 可能因为随着超声功率增大, 当超过 400 W 时产生的热量(温度超过 58℃)使杜仲叶多酚物质结构发生变化, 从而使多酚得率降低. 综合考虑, 本实验选择超声功率为 400 W.

2.1.2 浸提温度对多酚得率的影响

在浸提时间 1 h,料液比 1:15,乙醇浓度 60%条件下提取两次,浸提温度对多酚得率的影响如图 2 所示.

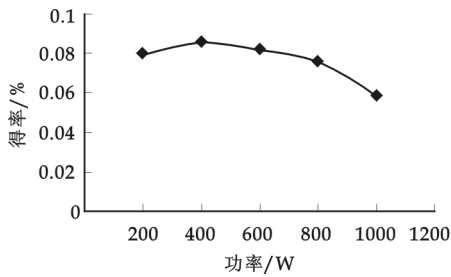


图 1 超声功率对多酚得率的影响

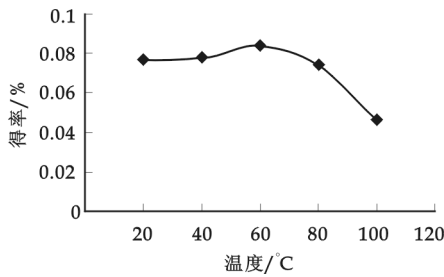


图 2 浸提温度对多酚得率的影响

由图 2 可以看出,随着浸提温度的增加多酚得率呈现先增后减的趋势,当浸提温度为 60℃ 时多酚得率最高.这可能因为温度过低杜仲叶中的多酚溶出速度较慢,随着温度升高多酚的得率增加,当温度高于 60℃ 时多酚结构会发生变化,从而使多酚得率降低.综合考虑,本实验选择浸提温度为 60℃.

2.1.3 超声及浸提时间对多酚得率的影响

在超声功率 400 W,料液比 1:15,乙醇浓度 60%条件下提取两次;在料液比 1:15,乙醇浓度 60%,浸提温度 60℃ 条件下提取两次.超声提取时间及浸提时间对多酚得率的影响如图 3 所示.

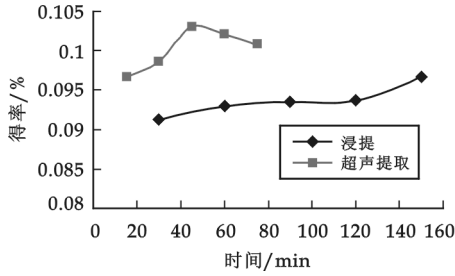


图 3 提取时间对多酚得率的影响

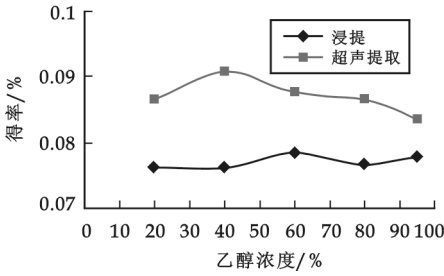


图 4 乙醇浓度对多酚得率的影响

由图 3 可以看出,超声法和浸提法随着提取时间的延长多酚的得率呈现上升趋势,其中超声时间超过 45 min 时多酚得率下降.产生这种现象的原因可能有:(1)超声法提取时间超过 45 min 后超声产生的热量(温度超过 58℃)使杜仲叶多酚物质结构发生变化,从而使多酚得率降低;(2)浸提法提取温度在 60℃ 温度下,随着时间的延长杜仲叶中多酚的溶出量越多,但多酚得率增加不明显.综合考虑,超声提取实验选择超声时间 45 min,浸提时间选择 60 min 为宜.

2.1.4 乙醇浓度对超声法和浸提法提取多酚得率的影响

在超声功率 400 W,料液比 1:15,超声时间 45 min 条件下提取两次;在料液比 1:15,浸提时间 1 h,浸提温度 60℃ 条件下提取两次.乙醇浓度对超声法及浸提法提取多酚得率的影响如图 4 所示.

由图 4 可以看出,超声法和浸提法中随着提取溶液乙醇浓度的增加多酚得率呈现先增后减的趋势,其中超声法乙醇浓度达到 40% 时多酚得率最大,浸提法乙醇浓度为 60% 时多酚得率最大.这可能是由于多酚中包含多种极性和非极性物质,随着乙醇浓度的增加多酚提取的总量呈现先增后减的趋势.综合考虑,超声提取实验选择 40% 乙醇,浸提乙醇浓度选择 60% 乙醇为最佳条件.

2.1.5 料液比对超声法和浸提法提取多酚得率的影响

在超声功率 400 W,乙醇浓度 40%,超声时间 45 min 条件下提取两次;在乙醇浓度 60%,浸提时间 1 h,浸提温度 60℃ 条件下提取两次.料液比对超声法及浸提法提取多酚得率的影响如图 5 所示.

由图 5 可以看出,随着溶剂量的增加,多酚得率也随之增高,但增高幅度较小.综合考虑提取成本,本实验采用料液比 1:15 为宜.

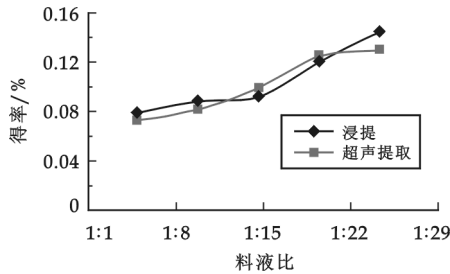


图 5 料液比对超声法及浸提法提取多酚得率的影响







的吸光度并计算出解吸液中没食子酸的质量,结果如表 4。

由图 6 可以看出,XDA-8 大孔树脂对没食子酸吸附效果最好,吸附量=[解吸没食子酸质量(g)/添加没食子酸质量(g)] $\times$ 100%,经计算达 43.92%,因此本实验选用 XDA-8 大孔树脂对酚类物质粗提物进行初步的分离纯化。

### 2.3.2 酚类物质提取物初步分离、纯化

多酚粗提物吸附:取经预处理 XDA-8 大孔树脂适量,湿法装柱(2 cm $\times$ 30 cm)至 2/3 柱高度,用纯净水冲洗至流出液不含有乙醇。将杜仲叶 40%乙醇提取液浓缩至适当浓度(不含乙醇),离心,取上清液沿柱壁缓缓加入装有树脂的柱中,至流出液颜色和加入浓缩液颜色基本相同,静置吸附 24 h。

多酚解吸附:分别用水、20%乙醇、40%乙醇、60%乙醇、80%乙醇、无水乙醇对吸附后大孔树脂进行洗脱,每次洗脱至洗脱液无色,最后测定洗脱液中多酚的吸光度,进一步测定经初步分离、纯化后多酚的含量([溶液中多酚质量(g)/洗脱液干重(g)] $\times$ 100%)分别为:3.41%、11.35%、2.94%、2.38%、1.35%、0.23%。结果表明:20%乙醇洗脱液中多酚含量较高,其为多酚进一步分离、纯化提供了一定的基础。

## 3 结论

(1)超声法提取杜仲叶中多酚的最佳工艺为: $A_3B_3C_1D_2$ ,即在提取功率 800 W,超声波提取时间 60 min,乙醇浓度 40%,料液比 1:10 g/mL 的条件下提取两次,多酚得率为 0.175%。

(2)浸提法提取多种叶中多酚的最佳工艺为: $A'_3B'_2C'_1D'_2$ ,即在提取温度 80  $^{\circ}\text{C}$ ,提取时间 60 min,乙醇浓度 40%,料液比 1:10 g/mL 的条件下提取两次,多酚得率为 0.160%。

(3)XDA-8 大孔树脂对没食子酸的吸附效果较好,吸附量为 43.92%。

(4)大孔吸附树脂对提取物进行初步分离纯化,20%乙醇洗脱液中多酚的含量最高为 11.35%。

(5)经长期放置的杜仲叶中多酚含量较低,这可能是多酚中含有光敏、热敏及对氧气敏感成分,所以作为多酚提取原料的杜仲叶应避免光、真空、阴凉条件下保存。

## 参 考 文 献

- [1] 邓素兰,余继宏,管 林,等.杜仲不同部位总黄酮含量的测定[J].生物质化学工程,2007,41(3):37-38.
- [2] 叶文峰.杜仲叶中化学成分、药理活性及应用研究进展[J].林产化工通讯,2004,38(5):40-43.
- [3] 管淑玉,苏薇薇.杜仲化学成分与药理研究进展[J].中药材,2003,26(2):124-129.
- [4] 李 华,王蔚新,袁春龙,等.葡萄籽多酚提取物的提取工艺研究[J].食品研究与开发,2005,26(6):69-72.
- [5] 热依木古丽·阿布都拉,刘 力,仲 婕,等.石榴花中多酚物质的纯化工艺研究[J].中国中药杂志,2009,34(17):27-30.
- [6] GB/T 8313-2008.茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法[S].北京:中国标准出版社,2008.

## STUDY ON EXTRACTION AND SEPARATION OF POLYPHENOLS FROM *EUCOMMIA ULMOIDES OLIV* LEAVES

DONG Wen-bin , XU Xian-meng

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

**Abstract:** The extraction process of polyphenols from *Eucommia ulmoides Oliv* leaves by ultrasonic wave and immersion were studied. The effects of ultrasonic conditions, such as ultrasonic power, ultrasonic time, ethanol concentration and solid-liquid ratio, on the yield rate of polyphenols were investigated. The influencing factors including extraction temperature, extraction time, ethanol concentration, solid-liquid ratio, on the yield rate of polyphenols were examined. Extraction conditions of polyphenols were optimized by orthogonal test. Macroporous adsorptive resin was used in the preliminary separation and purification of the extract, the content of polyphenols obtained was 11.35%.

**Key words:** *Eucommia ulmoides Oliv* leaves; polyphenols; ultrasonic extraction; immersion

文章编号:1000-5811(2011)01-0070-03

# 不同成熟度对木枣冷藏品质的影响

刘 艳, 许牡丹, 刘 青, 曾令军

(陕西科技大学生命科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘 要:** 研究了木枣不同成熟度对其贮藏品质的影响, 分别选取六成、八成、十成熟枣果, 经保鲜剂处理后装入打孔袋, 于 1~4 ℃ 冰箱中贮藏. 实验结果表明, 八成熟枣比十成熟枣耐贮, 贮藏过程中各项指标变化都比较平稳, 贮藏 60 d 时 Vc 含量高达 300 mg/100 g.

**关键词:** 木枣; 成熟度; 贮藏

**中图法分类号:** TS255.3

**文献标识码:** A

## 0 前 言

木枣, 俗称滩枣, 是华北、陕北地区特有的珍品, 其营养成份十分丰富独特. 木枣果肉质致密, 完全成熟后呈褐红色, 有光泽, 皮厚, 为上等制干品种. 木枣采后极易软化、酒化、腐烂, 不耐贮藏, 因此选择合适成熟度采收木枣是保证其品质和延长加工期的重要技术措施. 目前对于冬枣、梨枣等鲜食枣研究较多, 而对木枣的研究只有零星报道. 木枣虽以制干为主, 加之其白熟期、初红期甚至半红期的枣口感很差, 因此研究这些成熟度的枣意义不大, 故本实验选取成熟度为六成、八成、十成的木枣, 研究其贮藏过程中感官、营养成分、乙醇含量的变化, 以确定木枣最佳的采收期.

## 1 材料与方法

### 1.1 材料、试剂与仪器

木枣(陕西榆林佳县), 重铬酸钾(天津福晨化学试剂厂, 化学纯), 2,6-二氯酚(美国 Sigma 公司, 化学纯), 氢氧化钠(天津市东丽区天大化学试剂厂, 分析纯), 3,5-二硝基水杨酸(成都科龙化工试剂厂, 化学纯).

仪器与设备: GY-1 水果硬度计(浙江乐清市艾力仪器有限公司), 752 型紫外可见分光光度计(上海光谱有限公司), BS224s 电子天平(北京赛多利斯仪器系统有限公司), HH-2 数显恒温水浴锅(金坛市杰瑞尔电器有限公司).

### 1.2 方法

表 1 枣果按不同成熟度分级的标准

| 序号             | 成熟度 | 标准                  |
|----------------|-----|---------------------|
| 1 <sup>#</sup> | 六成熟 | 枣果表面约 1/2~3/4 红     |
| 2 <sup>#</sup> | 八成熟 | 枣果表面约 3/4~初全红, 呈亮红色 |
| 3 <sup>#</sup> | 十成熟 | 枣果表面全红, 呈褐红色, 为完熟期枣 |

供试木枣手工采自于陕西省榆林佳县, 挑选无病、无伤、无坏、果柄保存完好的枣果, 按果实表面着色面积(成熟度)进行分级处理, 分级标准如表 1 所示. 分别取 3 种成熟度的样果用保鲜剂浸泡 2~3 min, 晾干后装入打孔袋中, 每袋装果

\* 收稿日期: 2010-11-11

作者简介: 刘 艳(1985—), 女, 陕西省西安市人, 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)

500 g,共 3 个处理,每个处理重复 3 次,置于冰箱中冷藏(约为 1~4 ℃).贮藏过程中,每 15 d 取样并分析检测.测定时每个成熟度取枣 5~10 颗,按四分法取果肉混合后进行各指标测定.

1.3 检测指标及方法

(1)硬度:GY-1 型硬度计法;(2)乙醇:重铬酸钾氧化法;(3)Vc 含量:2,6-二氯酚法;(4)总糖:3,5-二硝基水杨酸法;(5)总酸:直接滴定法<sup>[1-4]</sup>.  
使用 Excel 软件对测试数据进行统计分析与制图.

2 结果与讨论

2.1 不同成熟度木枣贮藏过程中感官的变化(表 2)

表 2 木枣贮藏过程中硬度、果肉颜色、好果率的变化

| 处理             | 硬度/( $\times 10^5$ Pa) |      |      | 果肉颜色 |       |       | 好果率/% |      |      |
|----------------|------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|
|                | 0 d                    | 30 d | 60 d | 0 d  | 30 d  | 60 d  | 0 d   | 30 d | 60 d |
| 1 <sup>#</sup> | 15.0                   | 14.3 | 11.6 | 青绿色  | 绿白色   | 白色    | 100   | 100  | 99.0 |
| 2 <sup>#</sup> | 15.0                   | 14.0 | 12.0 | 青绿色  | (绿)白色 | 白或微褐色 | 100   | 100  | 98.2 |
| 3 <sup>#</sup> | 15.0                   | 12.1 | 7.8  | 青绿色  | 白或微褐色 | (微)褐色 | 100   | 95.1 | 80.9 |

由表 2 可以看出,采后不同成熟度的枣果都在不同程度变软,硬度下降,十成熟的枣在采后 60 d 时硬度降到  $7.8\times 10^5$  Pa,与六、八成熟的枣差异较明显;刚采回的枣果肉都是青绿色的,贮藏过程中由于发生不同程度的软化、酒化,果肉都会逐渐变白再变褐,其中十成熟的枣在采后 60 d 果肉几乎都变褐或微褐;并且好果率只有 80.9%,而六、八成熟的枣只有个别坏果.

2.2 不同成熟度木枣贮藏过程中乙醇含量的变化

枣果中乙醇含量多少代表了枣的酒化程度的高低.由图 1 可以看出,随着成熟度的增加枣果中乙醇含量也逐渐增加,不同成熟度枣果的乙醇含量随贮藏期的延长而逐渐升高,30 d 以后各成熟度的枣果乙醇含量增幅明显,贮藏结束时,十成熟枣乙醇含量几乎比八成熟枣高一倍,酒化速度明显快于六、八成熟枣.

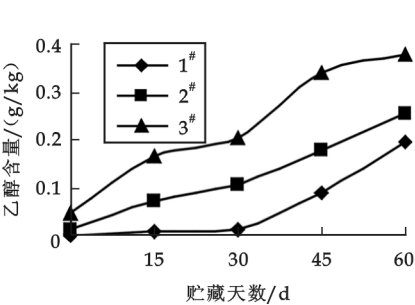


图 1 不同成熟度木枣贮藏过程中乙醇含量的变化

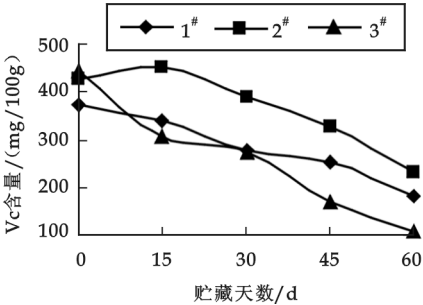


图 2 不同成熟度木枣贮藏期间 Vc 含量的变化

2.3 不同成熟度木枣贮藏期间 Vc 含量的变化

由图 2 可以看出,不同成熟度枣果的 Vc 含量在贮藏期间总体呈下降趋势,降幅最大的是十成熟枣果.八成熟枣果 Vc 含量经历一个小幅上升之后平稳下降,贮藏 60 d 时,Vc 含量依然保持在 300 mg/100 g,而十成熟枣果的 Vc 含量下降较快,贮藏结束时仅约 100 mg/100 g.

2.4 不同成熟度木枣贮藏期间可滴定酸含量的变化

由图 3 可以看出,枣果的含酸量随成熟度的增加而升高,在贮藏过程中不同成熟度枣果的酸含量变化规律不同,十成熟枣果的含酸量快速下降,降幅差异明显;八成熟枣果的含酸量降幅较小,基本保持不变;而六成熟枣果的含酸量在采后前 30 d 逐渐增加,随后逐渐呈缓慢下降的趋势.

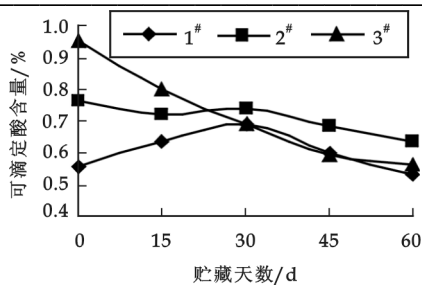


图 3 不同成熟度木枣贮藏期间可滴定酸含量的变化

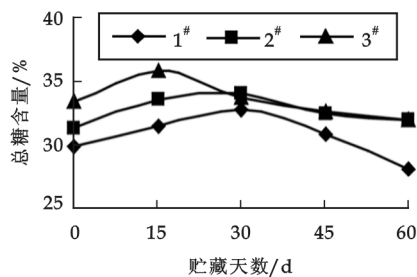


图 4 不同成熟度木枣贮藏期间总糖含量的变化

## 2.5 不同成熟度木枣贮藏期间总糖含量的变化

由图 4 可以看出,不同成熟度枣果的总糖含量在贮藏过程中呈先上升后下降的趋势.成熟度越高,初始总糖含量越大,其中八成熟枣果的总糖含量降幅最小,贮藏结束时,总糖含量约为 32%,基本与十成熟枣果总糖量一样;而六成熟枣果的总糖含量贮藏结束时仅为 28%.

## 3 结论

不同成熟度的枣果贮藏效果有明显的不同.十成熟枣成熟度过高,乙醇含量积累迅速,软化严重,失水也严重,若选此果用于贮藏则会大大缩短贮藏期;六成熟枣成熟度稍低,组织未成熟,风味较差,贮藏期间各个指标变化也较大;而八成熟枣果在贮藏过程中各项指标变化都比较平稳.实验结果表明,贮藏用枣果以八成熟时采摘为宜,既可以保证营养丰富,又可延长贮藏期.

## 参 考 文 献

- [1] 大连轻工业学院,华南理工大学,郑州轻工业学院等合编.食品分析[M].北京:轻工业出版社,1996:118-289.
- [2] 中国标准出版社第一编辑室编.中国食品工业标准汇编—水果、蔬菜及其制品卷[M].北京:中国标准出版社,2003:443-444.
- [3] 王文生,宋茂树,陈存坤,等.不同气体组分对冬枣采后生理及贮藏效果的影响[J].果树学报,2008,25(6):842-845.
- [4] 王亚萍,梁丽松,王贵禧,等.不同减压强度对冬枣贮藏品质变化的影响[J].食品科学,2007,28(2):335-338.

# EFFECT OF DIFFERENT MATURITY RATE ON STORAGE OF MUZAO JUJUBE

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

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

**Abstract:** The storage quality by maturity rate was studied on muzao jujube. The muzao jujubes were picked on stage of six-mature, eight-mature and ten-mature respectively, then packed them into the punch bag after preservative treatment and stored in the refrigerator under 1~4 °C. The results showed that the eight-mature jujubes were keeping a long time than the ten-mature. The indexes change were smooth during the storage and the content of Vc was up to 300 mg/100 g after 60 days.

**Key words:** muzao jujube; maturity rate; storage

\* 文章编号:1000-5811(2011)01-0073-04

# 大孔树脂吸附纯化桑黄粗多糖的研究

张慧洋, 秦俊哲  
(陕西科技大学生命科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

**摘 要:** 比较了 5 种大孔树脂对桑黄粗多糖的吸附和解吸效果, 从中筛选出适合桑黄多糖分离纯化的树脂, 并对其吸附和解吸条件进行了探讨. 结果表明: D-101-I 树脂纯化桑黄粗多糖较好, 浓度为  $500\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的多糖溶液在室温下吸附 24 min 时达到平衡, 平衡吸附量为  $80\text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 原液上样, 最佳上样量为 6 BV; 60% 乙醇作洗脱剂, 用量为 2 BV 时, 富集洗脱多糖效果较好.

**关键词:** 大孔吸附树脂; 桑黄; 粗多糖; 纯化

**中图法分类号:** R284.2      **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>, 其活性成分主要是多糖. 桑黄多糖具有抗肿瘤、抗菌、抗纤维化、抗氧化等药理作用<sup>[2]</sup>, 将其纯化后得到的相对较纯的多糖可更好地发挥作用. 鉴于大孔吸附树脂成本低、工艺简单、效率高、再生性强、可重复使用等优点, 本文采用大孔树脂吸附纯化桑黄粗多糖, 并对其特性进行了研究, 以期桑黄粗多糖的进一步纯化提供一种简单有效的方法, 也为实现桑黄多糖的工业化利用提供理论参考.

## 1 材 料 和 方 法

### 1.1 材 料

桑黄: 陕西科技大学微生物菌种保藏室提供; 桑黄粗多糖: 水提醇沉法制得.

### 1.2 仪 器

HYG-IIa 旋转式恒温调速摇瓶柜(上海鑫蕊自动化设备有限公司), 756PC 紫外可见分光光度计(上海光谱仪器), 层析柱(20×400)(江苏省高邮市亚泰科教仪器厂).

### 1.3 主 要 试 剂

苯酚、浓硫酸、95% 乙醇、葡萄糖等, 均为分析纯.

### 1.4 试 验 方 法

- (1) 多糖测定: 苯酚-硫酸法<sup>[3]</sup>, 得回归方程  $y=0.3401x-0.0106$ ,  $R^2=0.9988$ .
- (2) 大孔树脂的预处理: 95% 乙醇浸泡 24 h, 湿法装柱, 95% 乙醇以  $2\text{ BV} \cdot \text{h}^{-1}$  (BV 指树脂的床体积, 单位 mL) 的流速通过树脂柱, 水洗至中性没有醇味为止; 5% HCl 溶液以  $4\text{ BV} \cdot \text{h}^{-1}$  流速进行酸洗, 浸泡

\* 收稿日期: 2010-11-24  
作者简介: 张慧洋(1984—), 女, 河南省南阳市人, 在读硕士生, 研究方向: 真菌微生物学  
基金项目: 陕西省教育厅自然科学基金项目(08JK232)

4 h,水洗至中性;再用 5% NaOH 溶液以  $4 \text{ BV} \cdot \text{h}^{-1}$  流速进行碱洗,浸泡 4 h,水洗至中性,即处理完毕.

(3)静态吸附-解吸附试验. 在 100 mL 锥形瓶中,加入 1 g 预处理过的大孔树脂和 20 mL 多糖液,密封振荡( $110 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $30^\circ\text{C}$ )24 h,抽滤,测吸附前后溶液中多糖的含量;将饱和树脂置于 100 mL 锥形瓶中,加入 25 mL 洗脱剂(以蒸馏水和 70%乙醇作对比),密封振荡( $110 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $30^\circ\text{C}$ )24 h,抽滤,筛选出纯化多糖性能最好的树脂以及解吸效果好的洗脱剂.

(4)动态吸附-解吸附试验. 将目的树脂湿法装柱,桑黄多糖液(流速  $1 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ )上样,1 BV 收集一管,测定多糖含量,确定最佳上样量. 吸附饱和后,洗脱剂洗脱(流速  $1 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ ),部分收集器收集,5 mL 收集一管,考察多糖的解吸情况,确定最佳洗脱剂用量.

(5)计算. 吸附量、吸附率和解吸率的计算见参考文献[5].

## 2 结果与讨论

### 2.1 静态试验

#### 2.1.1 大孔吸附树脂的筛选

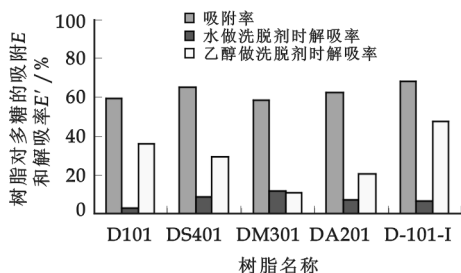


图 1 5 种树脂对多糖的吸附和解吸情况

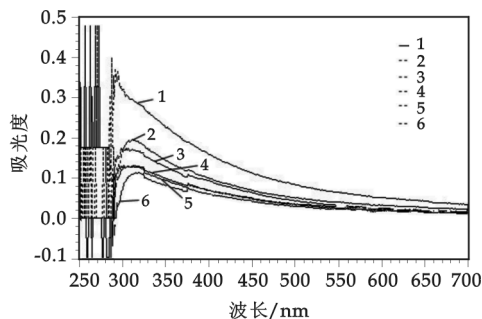


图 2 5 种树脂对粗多糖中蛋白吸附性能的紫外扫描曲线

(1. 多糖样品液, 2. D101, 3. DM301, 4. DS401, 5. DA201, 6. D-101-I)

由图 1 知,5 种树脂对多糖的吸附率变化差异不显著,对比乙醇和水做洗脱剂时,乙醇的洗脱率高于水. 因蛋白质在 280 nm 处有最大吸收,故测得样品溶液在 280 nm 处的吸光度值,可粗略估计溶液中的蛋白含量. 为了进一步确定 5 种树脂的脱蛋白性能,对树脂吸附后的多糖液在 200~800 nm 区间进行了紫外扫描(图 2). 由图 2 知,经树脂处理过的多糖液在 280 nm 处吸收值均明显低于原液,D-101-I 的下降最多,且对多糖原液中吸收波长在 300~400 nm 的杂质有很好的脱除作用,有利于多糖的进一步分离纯化. 综合考虑,以 D-101-I 为目的树脂,乙醇为洗脱剂做进一步的动态试验.

#### 2.1.2 吸附等温线

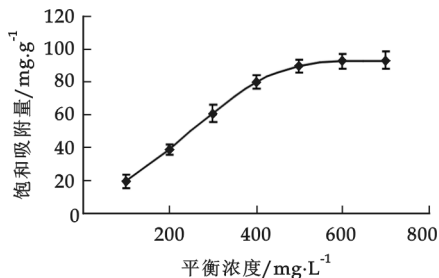


图 3 D-101-I 的吸附等温曲线

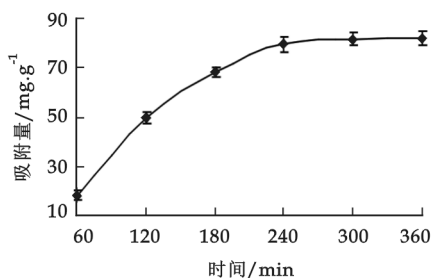


图 4 D-101-I 的吸附动力学曲线

由图 3 知,随着溶液中多糖浓度的增大,树脂的吸附量也随之增大,当浓度大于  $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时,吸附逐渐缓慢.

2.1.3 吸附动力学

由图 4 知,在起始阶段树脂吸附量随时间增加较快,随着时间延长吸附量增加缓慢,240 min 时基本达到平衡.

2.1.4 pH 对多糖吸附率的影响

由图 5 知,在 pH 为 5~6 时对多糖的吸附量最多,这是因为多糖液的 pH 值为 5.5,主要以分子形式存在,故易被树脂吸附,由此,采用原液直接上柱进行下一步的动态试验.

2.1.5 乙醇浓度对树脂解吸率的影响

由表 1 试验结果可见,在乙醇浓度为 50%时,解析率最大,随乙醇浓度的进一步增加,解析率减小,故选用 50%的乙醇作洗脱剂.

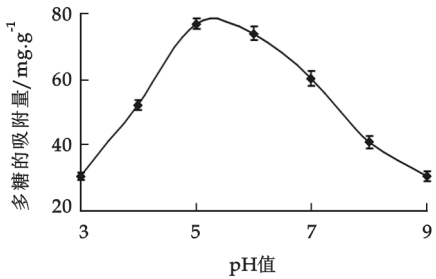


图 5 pH 对多糖吸附量的影响

2.2 动态试验

2.2.1 上样量对树脂吸附性能的影响

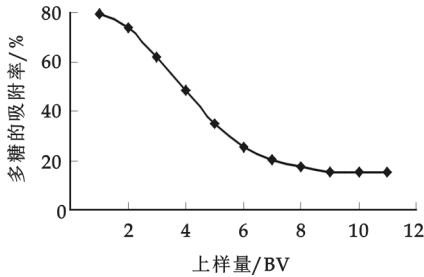


图 6 上样量与多糖吸附率关系曲线

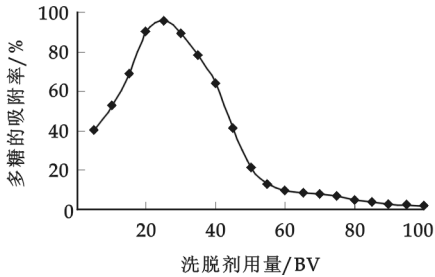


图 7 洗脱剂用量与多糖解吸率关系曲线

由图 6 知,随上样量的增加,树脂的吸附率逐渐降低. 在上样量为 1~6 个柱体积时,树脂对多糖的吸附量较大,速度快,接近饱和,而在 9 个柱体积时,树脂对多糖的吸附已趋于平衡,此时树脂吸附饱和. 综合考虑,选用 6 BV 作为最佳上样量.

2.2.2 洗脱剂用量对树脂解吸性能的影响

由图 7 知,随着洗脱剂用量的增加,多糖的洗脱率先增加后降低,在 1 BV 时,达到最高 90%,2 个柱体积时可基本把多糖洗脱完. 在第 4~7 管(即 20~35 mL)的多糖浓度很高,说明多糖被富集洗脱下来. 合并洗脱液,去除乙醇,在 200~400 nm 进行紫外扫描,由图 8 可知,在 280 nm 处基本没有峰,说明洗脱液中蛋白含量低,故选洗脱剂用量为 2 BV.

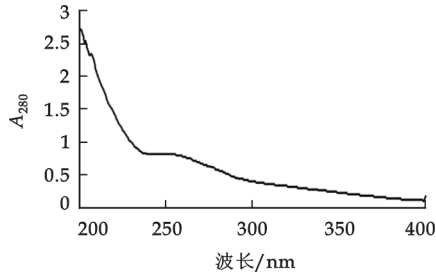


图 8 洗脱液多糖的紫外扫描图

2.3 树脂的重复利用率

由表 2 可以看出,当树脂重复使用 3 次后,其吸附容量会下降到 50%以下,需进行再生处理.

表 1 乙醇浓度对多糖解吸率的影响

| 不同乙醇浓度/% | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| 多糖解吸率/%  | 53.7 | 62.4 | 49.1 | 47.9 | 24.1 | 18.2 |

表 2 树脂的重复利用率

| 利用次数  | 1  | 2    | 3    | 4  |
|-------|----|------|------|----|
| 吸附率/% | 79 | 75.3 | 68.5 | 46 |

3 结束语

作者通过试验比较了 5 种大孔吸附树脂对桑黄粗多糖的吸附-解吸性能,研究发现 D-101-I 树脂对桑黄多糖有较好的纯化作用. 纯化桑黄多糖的最佳工艺条件如下:多糖液浓度为 500 mg · L<sup>-1</sup>,吸附 240



min 达到平衡,平衡吸附量为  $80 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,多糖原液直接上柱,最佳上样量为 6 BV;50 %乙醇作洗脱剂,用量为 2 BV 时,可将树脂上的多糖大部分洗脱下来,且洗脱液中蛋白及杂质含量较少,多糖纯度较高。

### 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] 孙淑静,江玉姬,朱 虎,等. 药用真菌桑黄的研究现状[J]. 药物生物技术,2005,12(2):138-140.
- [3] 李芙蓉,吕 博. 刺五加多糖的微波萃取及含量测定[J]. 新疆中医药,2003,21(1):11.
- [4] 惠贤民. 大孔树脂吸附纯化桑甚多糖的研究[J]. 宁夏师范学院学报(自然科学),2008,29(6):39-42.

## A STUDY OF THE MACROPOROUS RESIN'S ABSORPTION AND PURIFICATION OF THE *Phellinus linteus* POLYSACCHARIDE

ZHANG Hui-yang, QIN Jun-zhe

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

**Abstract:** The characteristic of absorption and adsorption of five kinds of macroporous resins to crude polysaccharide of *Phellinus linteus* was studied. Suitable resin for purification of polysaccharide was screened from five resins, and its characteristic of absorption and adsorption was investigated. The results indicated that D-101-I resin had better absorption and adsorption property for purification of crude polysaccharide from *Phellinus linteus*, the polysaccharide solution which concentration was  $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  had achieved balance for 240 min at room temperature, the amount of balance adsorption was  $80 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , stock solution was sample, and the best sample volume was 6 BV, the polysaccharide can enrich when the eluant was 60% ethanol and its' volume was 2 BV.

**Key words:** macroporous adsorption resin; *Phellinus linteus*; crude polysaccharide; purification

~~~~~  
(上接第 61 页)

STUDY ON THE EXTRACTION OF TOTAL FLAVONIDS FROM JUJUBE OF NORTHERN SHAANXI BY ULTRASONIC WAVE AND EVZYMATIC

YANG Fu-lian, NIE Xiao-wei, KANG Yin

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

Abstract: In order to obtain the optimal condition of total flavonids extraction from beach jujube of northern Shaanxi by ultrasonic and pectinase method, yield of total flavonids was index for investigation. The effects of single factors, such as enzyme dosage, pH, water addition, ultrasonic power, time and temperature on yield of total flavonids were investigated by ultrasonic and pectinase method, the preferable conditions for extracting total flavonids were obtained by orthogonal experimental method. The results showed that the optimal conditions for extracting total flavonids were as follows: enzyme dosage $100 \text{ mg}/100 \text{ g}$, pH 4.5, water addition $13 \text{ mL}/\text{g}$, ultrasonic power 175 W , time 80 min and temperature $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ and the yield of total flavonids reached 2.61%.

Key words: jujube of northern Shaanxi; total flavonids; ultrasonic wave

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0077-05

低游离聚氨酯预聚体的结构、性能及其应用

张世磊, 易玉华

(华南理工大学机械与汽车工程学院, 广东 广州 510640)

摘要: 介绍了低游离聚氨酯预聚体及制品的结构、性能特点及其应用. 相对于常规聚氨酯预聚体, 低游离聚氨酯预聚体具有以下优点: 一方面预聚体中未反应游离的二异氰酸酯单体含量少, 操作加工环境对人体危害性小, 更加安全; 另一方面低游离预聚体显著改进了材料的成型工艺性能和物理机械性能, 更适合于高速、高负荷等工作场所的使用, 在对材料动态性能要求高的场所有很好的应用前景.

关键词: 低游离; 聚氨酯弹性体; 结构与性能; 应用

中图法分类号: TQ323.8

文献标识码: A

0 前言

聚氨酯弹性体有优异的拉伸强度、撕裂强度、耐磨性、耐剪切性能和耐油、耐臭氧、耐溶剂等出众的综合性能, 在工业中有着广泛的用途^[1-3]. 聚氨酯弹性体是由柔性链段(软段)和刚性链段(硬段)两端结构交替镶嵌组成, 其中弱极性的聚酯或聚醚构成软段, 强极性的氨酯、氨酯-脲等构成刚性链结构. 由于两嵌段的不相容性, 软段和硬段在聚氨酯弹性体分别聚集形成了硬段和软段的微区. 其中处于玻璃态或结晶态的硬段分布在弹性软段分子链中, 可以通过选取不同的反应起始原料及配比以及原料种类和不同的聚合方法, 改变聚氨酯弹性体的微相聚集态结构, 从而在相当大的范围内改变聚氨酯的弹性物理机械性能和动力学性能^[4].

聚氨酯预聚体法是将低聚物聚酯或聚醚多元醇与二异氰酸酯在一定条件下合成预聚物, 再与扩连剂、交联剂反应制得聚氨酯制品. 预聚体法制得聚氨酯制品的结构相对比较规整, 在聚氨酯制品研究和开发方面有重要的地位^[5]. 常规预聚体法制得的预聚体一般都有一定游离的二异氰酸酯单体存在, 如常用的 TDI 型预聚都含有 0.5%~1.5% 游离的 TDI 单体, 这些游离的 TDI 易挥发出来, 不利于工作环境和人体安全, 对聚氨酯弹性的性能也有一定影响.

而低游离聚氨酯预聚体在制备中, 通常使聚酯或聚醚二元醇与过量很多的二异氰酸酯反应, 从而获得相对分子质量较小、相对分子质量分布较窄的齐聚物预聚体, 再通过一定的方法如常压减压蒸馏、薄膜蒸发法、分子蒸馏法等^[6]将上一步所制得的预聚体中未反应的游离二异氰酸酯单体分离出来, 得到游离二异氰酸酯单体含量少于 0.1% 的预聚体. 低游离预聚体除卫生安全方面的优势外, 还有较低的粘度、较长的釜中寿命(可以用非 MOCA 的胺类固化剂进行扩链)、较长的储存期, 且所制弹性体制品具有较好的耐老化性能、低内生热和较高的动态机械性能.

1 结构特点

* 收稿日期: 2010-11-16

作者简介: 张世磊(1987—), 男, 广东省广州市人, 在读硕士生, 研究方向: 材料制备、成型及计算机应用

1.1 预聚体的结构特点

在预聚体合成过程中二异氰酸酯表示为 A, 聚酯或聚醚二元醇表示为 B, 合成的预聚体产物中主要产物为: $A-B-A$ 、 $A-B-[A-B]_n-A$ ($n=1, 2, 3$) 以及游离未反应的 A. 在一般的预聚体制备中, 设计异氰酸酯指数 (NCO/OH) 为 2, 理论上预聚体完全反应生成 $A-B-A$ 的三单元结构齐聚物, 不存在游离的二异氰酸酯单体, 而实际操作中, 体系中总是存在一定游离未反应的二异氰酸酯单体, 还存在 $n=1, 2, 3$ 的情况, 此外还有由 $-NH-COO-$ 的二次反应生成的支化产物^[7].

在低游离预聚体制备过程中, 二异氰酸酯单体大量过量, 游离的二异氰酸酯单体上 $-NCO$ 基团相对于齐聚物上的 $-NCO$ 基团有更高的活性, 聚合物多元醇更容易与游离的二异氰酸酯单体上的 $-NCO$ 基团反应, 从而使得预聚体体系中大量生成的是 $A-B-A$ 三单元结构. 再将体系中游离的二异氰酸酯单体分离, 得到游离二异氰酸酯含量低、相对分子质量分布较窄、分子结构更为规整的低游离预聚体.

1.2 交联后弹性体的结构特点

以 MOCA 为扩链剂为例, 预聚物制的弹性体软段组成为聚酯或聚醚二元醇 ($-B-$), 硬段主要有以下几种: 二异氰酸酯与聚合物二元醇反应生成的二聚体: $A-B-A-B-A$, ($-A-$) 为硬段 I, 硬段 I 有一个二异氰酸酯分子和两个氨基甲酸酯基 ($-NHCOO-$); 预聚体的端 ($-NCO-$) 与扩链剂反应生成硬段 II, 产物分子结构表示为: $A-B-A-C-A-B-A$, 其中的 ($-A-C-A-$) 为硬段 II, 硬段 II 含有一个扩链剂、两个二异氰酸酯分子和两个氨基甲酸酯基 ($-NHCOO-$); 预聚体中二聚体 ($n=1$) 和三聚体 ($n=2$) 也能与扩链剂生成硬段 II; 预聚体的端 ($-NCO-$)、一个游离二异氰酸酯单体 A 和 2 个扩链剂反应生成硬段 III, 产物分子结构表示为: $A-B-A-C-A-C-A-B-A$, 其中 ($-A-C-A-C-A-$) 为硬段 III, 硬段 III 中含有 2 个扩链剂、3 个二异氰酸酯分子和 2 个氨基甲酸酯基 ($-NHCOO-$); 预聚体中的端 ($-NCO-$)、2 个游离的二异氰酸酯和 3 个扩链剂反应生成硬段 IV, 产物分子结构表示为: $A-B-A-C-A-C-A-C-A-B-A$, 其中 ($-A-C-A-C-A-C-A-$) 为硬段 IV, 硬段 IV 含 3 个扩链剂、4 个二异氰酸酯分子和 2 个氨基甲酸酯基 ($-NHCOO-$)^[8].

在预聚体中存在较多游离的二异氰酸酯单体的条件下, 生成的弹性体中主要含有上述 I、II、III、IV 4 种不同的硬段. 而对于由低游离聚氨酯预聚体制的预聚体, 由于其游离的二异氰酸酯含量非常低, 因此分子链中主要含有硬段类型为硬段 II, 硬段 I、III、IV 则很少. 因此, 相对与常规聚氨酯预聚体, 低游离预聚体制备的弹性体有更为规整的分子链结构, 从而能够形成更规整的微区结构, 得到综合性能更高的弹性体.

2 低游离预聚体的性能特点

2.1 环境、健康 and 安全性

常规聚氨酯预聚体中不可避免地含有一定的残余的二异氰酸酯单体, 含量在 1%~10% 之间, 接触和吸入的二异氰酸酯单体具有刺激性气味、有毒, 对人体有很大危害. 对一些含有较高挥发性的二异氰酸酯单体的预聚体, 如甲苯二异氰酸酯 (TDI)、六甲亚基二异氰酸酯 (HDI) 等, 此类预聚体在制备和成型操作过程中都有一定的二异氰酸酯单体挥发, 应尽可能的降低吸入危险. 对于含有低挥发性的二异氰酸酯单体的预聚体, 如 4, 4 二苯基甲烷二异氰酸酯 (MDI)、异氟尔酮二异氰酸酯 (IPDI) 等, 虽然此类二异氰酸酯单体具有低挥发性, 但其在成型加工加热过程中也会有一定的挥发, 从而对人体造成一定危害.

在许多国家, 对聚氨酯预聚体中游离异氰酸酯单体的含量有越来越多的限制和规定. 以常用的甲苯二异氰酸酯 (TDI) 为例, TDI 易挥发, 有刺激性气味, 且在人体中具有积聚性和潜伏性, 还有可能致癌^[9,10], 因此许多国家都对工业场所空气中异氰酸酯的允许浓度 (TLV 值) 做了规定, 我国极限允许浓度 MAC 为 0.2 mg/m^3 . 一般而言, 其 8 个小时积累最大允许量为 0.036 mg/m^3 , 极限瞬间最大允许量为 14 mg/m^3 .

常规法制备的 TDI 预聚体的游离 TDI 单体含量在 0.5% 以上, 低游离 TDI 预聚体的游离 TDI 单体含量在 0.1% 以下, 常规 TDI 预聚体的蒸汽压至少 5 倍于游离 TDI 含量为 0.1% 的 TDI 预聚体, 虽然低游离的 TDI 预聚体的蒸汽压仍然高于允许限度, 但比常规预聚体要低得多^[11]. 因此, 低游离型聚氨酯预聚体

能够很好的改善工作操作环境,更加安全卫生.

2.2 成型加工性能

2.2.1 粘度

粘度是聚氨酯预聚体成型的重要参数,在一定温度条件下,预聚体粘度越低,加工流动性越好,越有利于在浇注机中脱泡,并有利于下一步在浇注成型中与交联剂的均匀混合、计量和配比,更有利在模具中充模流动. 相对于常规聚氨酯预聚体,低游离聚氨酯预聚体具有更低的粘度.

图 1 为美国科聚亚 Chemtura 生产的两种聚醚 TDI 预聚体的粘度随温度的变化曲线,其中 Adiprene L42 为常规预聚体, NCO 含量为 2.75%~3.05%, Adiprene LF800A 为低游离预聚体, NCO 含量为 2.65%~2.95%.

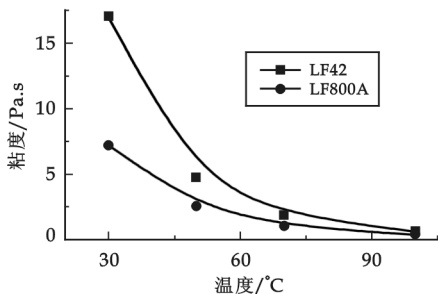


图 1 两种预聚体粘度随温度的变化曲线

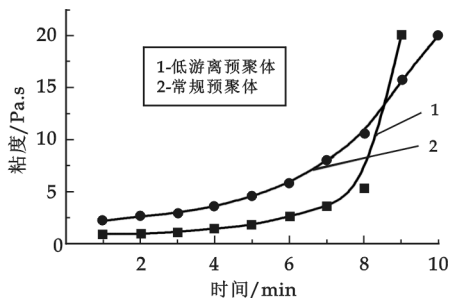


图 2 两种聚氨酯预聚体与扩链剂混合后的粘度-时间曲线

低游离 TDI 预聚体(Adiprene LF800A)有更低的粘度. 在一定温度条件下, 聚合物熔体的剪切粘度具有相同的相对分子质量依赖性: 各种高聚物都有某一临界相对分子质量 M_c , 相对分子质量小于 M_c 时, 高聚物熔体的零切粘度 η_0 与重均相对分子质量 M_w 成正比; 而大于 M_c 时, 零切粘度 η_0 随相对分子质量的增加急剧地增大, 一般为重均相对分子质量 M_w 的 3.4 次方成正比^[12]. 低游离聚氨酯预聚体形成的主要是 A-B-A 三单元结构的齐聚物, 相对分子质量分布较窄, 相对分子质量又比较小, 其重均相对分子质量 M_w 比较小; 而常规预聚体中存在 A-B-[A-B]_n-A ($n \geq 1$) 结构齐聚物, 重均相对分子质量 M_w 与相对分子质量大的齐聚物分子有更大的相关性, 因此相对于常规预聚体, 低游离聚氨酯有更小的粘度和成型加工流动性.

2.2.2 釜中寿命和脱模时间

聚氨酯预聚体的釜中寿命代表了预聚体浇注成型的可操作时间. 釜中寿命越长, 越有利于成型加工过程的控制以及一些大型、薄层、复杂结构的浇铸件的成型. 脱模时间是预聚体与扩链剂混合时扩链或交联进行到一定程度, 制品具有一定强度可从模具中取出所需的时间. 脱模时间越短, 产品的生产效率越高. 图 2 为基于 PTMG2000-TDI 的低游离预聚体与常规预聚体及扩链剂混合后粘度随时间的变化曲线, 预聚体中的 NCO 质量分数为 3.5%~3.7%, 采用 MOCA 为扩链剂, 扩链剂系数为 0.9^[13].

低游离预聚体有很好的充模流动性和较长的釜中寿命, 从而可获得较长的可操作时间. 除此外, 低游离预聚体还有较快的固化速度, 脱模时间缩短, 可提高生产效率. 原因可以解释为低游离预聚体中主要存在的是 A-B-A 三单元结构的齐聚物, 相对分子质量分布较窄, 初始粘度又比较低, 它与扩链剂的混合后, 可以得到较好的混合效果, 与扩链剂的反应比较均匀, 各个分子链的相对分子质量增长速率几乎可以认为相等; 常规预聚体中除 A-B-A 三单元结构外, 还存在 $n \geq 1$ 的 A-B-[A-B]_n-A 结构齐聚物, 体系相对分子质量有一定分布, 且含有一定量的游离二异氰酸酯单体, 在与扩链剂混合后, 小分子的游离二异氰酸酯迅速与扩链剂中活泼的 H 反应, 而齐聚物中相对分子质量较大的集团与扩链剂反应速率相对较慢, 扩链交联反应没有低游离体系均匀, 因此低游离预聚体在混合后开始一段时间内粘度缓慢增加, 在反应一段时间, 重均相对分子质量 M_w 超过临界值 M_c 后, 体系粘度迅速增加, 在图中曲线 2 上出现了一个斜率突变较大的拐点, 体系的均匀反应使得其在固化阶段硬度和强度增长较快, 获得了较短的脱模时间. 而

常规预聚体初始阶段粘度本来就较高,其齐聚物相对分子质量的一定分散性又使各个分子相对分子质量非均匀增长,从而体系粘度也是非均匀增长,在固化阶段,体系中不同相对分子质量的分子反应速率不同,制品硬度和强度要达到一定数值就需要相对较长的时间.

表 1 Adiprene L315 与 Adiprene LF750 的特性

预聚体	游离 TDI 含量/%	NCO/%	粘度(80℃) /mPa·s	固化剂 种类	适用期 /min
A(L315)	5	9.25~9.65	850	MOCA	1.5
C(LF750D)	<0.1	8.75~9.05	425	MOCA	2.5

其优良的机械性能、弹性与耐磨性能得不到发挥^[14,15]. 在动态力学条件下,材料的损耗因子 $\tan\delta$ 愈小,材料存储的能量就越多,转化为热量的能量就愈小,从而在高速、重负载条件下材料的内生热就比较少. 当聚氨酯在动态力学条件下内生热较大时,材料产生的热量会导致聚氨酯材料熔化,抗撕裂能力、强度、耐磨能力下降,在产品使用时导致材料失效报废. 低游离预聚体制品具有优异的动态力学性能,在动态条件下有较低的内生热.

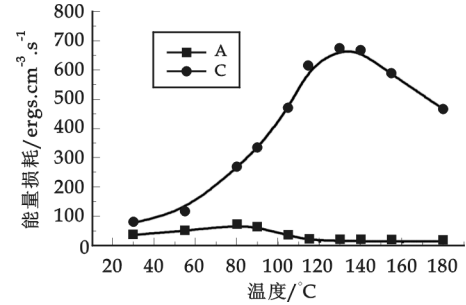


图 3 硬度为 75D 的两种聚氨酯弹性体的能量损耗曲线

消耗部分能量,并使弹性体获得较高的回弹性、较低的阻尼性及较低的内生热. 另一方面,较规整的硬段结构使得硬段微相的结晶性提高,提高了弹性体的强度、模量及耐热性能.

3 低游离预聚体的应用

低游离聚氨酯预聚体技术大大改善了聚氨酯生产的工业和卫生安全,改进了聚氨酯预聚体的成型工艺性能,显著提高了其弹性体的动态力学性能,进一步扩大了聚氨酯材料的应用范围. 美国 Chemtura 公司对低游离聚氨酯预聚体进行了较多的研究并相继推出了游离二异氰酸酯单体含量小于 0.1% 的 TDI、MDI、HDI、PPDI 的 Adiprene LF 系列低游离聚氨酯预聚体产品.

在安全性、成型工艺性和机械性能方面得到改进的低游离 TDI 预聚体在许多领域有着更广泛的应用:(1)高硬度浇铸件. 由于低游离 TDI 预聚体在工艺性能及机械性能方面得到了改善,因此可以制造硬度更高的聚氨酯浇铸件.(2)制造更加适用于动态力场应用环境的产品,如辊筒、轮胎、实心轮等.(3)应用于大型浇铸件、薄壁浇铸件及形状复杂的浇铸件. 这些产品需要较长的凝胶时间、较低的粘度及快速脱模能力,而低游离 TDI 预聚体能够很好地满足这些方面的要求.(4)对 TDI 蒸汽挥发需要控制的工作场所,如制备传送带、滑行轮和高尔夫球等.

PPDI 系列聚氨酯弹性体相对于 TDI/MOCA 体系及 MDI/BDO 体系具有更高的回弹性、耐磨性、抗疲劳性能、抗撕裂强度、耐热性、耐湿热性、耐溶剂性能以及优良的物理机械性能. 但常规 PPDI 预聚体粘度较高,凝胶时间过短,成型工艺性能差,而低游离 PPDI 系列聚氨酯预聚体以其低粘度、长凝胶时间和较短的熔化时间、脱模时间改善了成型工艺性能,有利于产品质量提高和大型及机构复杂浇铸件的成型,并且具有更高的抗撕裂能力、高温动态性能,更适用于使用环境条件比较极端的场合及超高性能材料开发,如 1 500 ℃ 高温下的坚韧材料、轻轨列车运输系统的轮子、游乐园轨道车的轮子及铸钢辊筒的轴封等.

2.3 动态力学性能

聚氨酯弹性体大分子链上含有大量极性基团,分子间的作用力很大,内生热比较大,热稳定性比较差,长期使用温度仅为 80 ℃ 左右,极大限制了聚氨酯材料的应用,

如图 3 所示科聚亚聚醚系列常规预聚体 Adiprene L315 和低游离预聚体 Adiprene LF750 的性能如表 1 所示,采用其浇注胶辊时测得的能量损耗如图 3 所示^[11].

相对于常规预聚体,低游离型聚氨酯材料在整个温度范围都有更低的能量损耗,在动态力学条件下有更低的内生热,从而大大提高了材料的动态力学性能. 分析原因可以解释为:由低游离预聚体制备的聚氨酯弹性体其分子结构较规整,有利于分子链硬段与软段的分离,形成的微相分离较为完善的聚集态结构. 一方面,软段中有较少的硬段混杂,软段获得了较大的活动能力,在动态条件下,软段能够较为顺利地通过链段运动消耗部分能量,

低游离 MDI 除改进了工业和环境卫生条件外,还具有扩链剂的多重选择性,可以采用 Caytur 系列扩链剂,进一步提高材料的综合机械性能. 常规 MDI 预聚体一般含有 10% 左右的 MDI 单体,因此无法使用胺类扩链剂,通常使用 1,4-丁二醇(BDO)扩链,BDO 是二官能团的,制得的弹性体通常具有热塑性,无法满足对高温韧性、模量要求比较高的领域,而低游离 MDI 则可采用 HQEE、MOCA 等多种扩链剂,并且具有良好的加工工艺性能. 此外,低游离 MDI 预聚体的弹性体相对于常规 MDI 和 TDI 弹性体具有优异的耐低温性能、低阻尼性能,其动态力学性能可以与 PPDI 材料相媲美,因此可以应用于常规 MDI 和 TDI 弹性体无法满足要求,而使用 PPDI 材料成本又比较高的场合.

随着我国环保卫生法规的健全、人们环保意识的增强以及人们对聚氨酯材料性能要求的不断提高和聚氨酯材料应用范围的不断扩展,低游离聚氨酯预聚体必然成为未来市场的重要发展趋势.

参 考 文 献

- [1] Hepburn, C. Polyurethane Elastomers[M]. Elsevier: New York, 1992.
- [2] Oertel, G. Polyurethane Handbook[M]. Hanser Press: Munich, 1994.
- [3] Randall, D., Lee, S. The Polyurethanes Book[M]. Wiley: New York, 2000.
- [4] Sattoshi Yamasaki, Daisuke Nishiguchi, Ken Kojio, *et al.* Effects of polymerization method on structure and properties of thermoplastic polyurethanes[J]. Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics, 2007, 45(7): 800-814.
- [5] 吴存雷. 聚氨酯预聚体技术及其应用[J]. 聚氨酯工业, 2000, 15(3): 1-4.
- [6] 易玉华, 童 真. 低残留 TDI 单体的 PU 预聚体的制备方法概述[J]. 聚氨酯工业, 2009, 24(4): 5-8.
- [7] American Cyanamid Company. Polyurethane Prepolymer[P]: US466426, 1965-7-23.
- [8] 陈荣盛, 欧阳伦伟, 陈晓东, 等. 浇注型聚氨酯弹性体的分子结构及其影响因素[A]/宫涛编. 中国聚氨酯工业协会弹性体专业委员会 2009 年年会论文集[C]. 山西太原:《聚氨酯及弹性体》编辑部, 2009: 85-89.
- [9] 陈志颖, 汤瑞英, 黄俊超. 一起急性甲苯 TDI 中毒事故调查[J]. 现代预防医学, 2005, 32(11): 1 560-1 561.
- [10] 赵杰, 贾纯荣, 朱 坦. 甲苯二异氰酸酯的毒性及室内相关标准[J]. 环境与健康杂志, 2006, 23(1): 90-92.
- [11] R Xie, Z Zhu, B D Litke, *et al.* 含微量残余单体的聚氨酯预聚体研究进展[A]/中国聚氨酯工业协会第十次年会论文集[C], 2000: 208-213.
- [12] 何曼君, 张红东, 陈维孝, 等. 高分子物理[M]. 3 版. 上海: 上海复旦大学, 2007: 132-135.
- [13] 易玉华, 陈万滨. 基于 PTMG-TDI 的低游离 TDI 浇注型 PU 弹性体的制备与性能研究[J]. 橡胶工业, 2010, 57(2): 82-85.
- [14] 张长生, 王建华, 石耀刚, 等. 聚氨酯耐热降解性能的研究进展[J]. 合成材料老化与应用, 2005, 34(2): 28-32.
- [15] 辛浩波, 陈由亮, 杨 峰, 等. IPDI 型聚氨酯弹性体的合成及性能的研究[A]/2008 年全国高分子材料科学与工程讨论会[C], 2008.

STRUCTURE, PROPERTIES AND APPLICATION OF THE PREPOLYMERS WITH LOW LEVELS OF FREE DIISOCYANATE MONOMER

ZHANG Shi-lei, YI Yu-hua

(School of Mechanical and Automotive Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: This paper mainly describes the structure, the properties, and the applications of the polyurethane prepolymers with low levels of free diisocyanate monomer, as well as its products'. On one side, the low-free prepolymers are less hazardous to human, and have more security, compared with the general prepolymers. On the other hand, the low-free prepolymers exhibit better processing characteristics, physical and mechanical properties, and more suitable for the workplaces with high speed and high load, which makes it may be possible to expand the use of polyurethane into more dynamically demanding applications.

Key words: low free; prepolymer; polyurethane elastomer; structure and properties; application

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0082-05

我国液压支架市场运行环境及趋势分析

孔令夷

(西安邮电学院管理工程学院, 陕西 西安 710061)

摘 要: 首先回顾了我国液压支架市场运行的基本特征;其次从市场规模、竞争环境、竞争因素等方面分析了我国液压支架市场的运行环境;再次作出了 2010 至 2015 年国内液压支架的市场需求预测,并对市场未来的发展趋势进行了判断分析;最后指出了我国液压支架企业行业如何面对挑战、抓住机遇的基本思路 and 有效途径,从而谋求生存与发展,实现做大做强的愿景目标。

关键词: 液压支架; 市场特征; 运行环境; 趋势分析

中图法分类号:F407.42 **文献标识码:**A

0 前 言

在国家对装备制造业一系列扶持振兴政策的作用下,必将带动能源市场的迅速发展.而在我国能源生产中始终保持以煤为主,因此煤炭市场也将迎来快速发展,同样会带动煤炭机械市场的繁荣,液压支架属于主要的煤炭机械设备,因此当前的工业经济环境必然会给液压支架市场带来极好的发展机遇。

但是,目前国内对液压支架的研究仅限于技术层面,对市场发展态势的研究非常少,因此本文拟深入地分析液压支架市场环境及未来的发展趋势,以此作为政府行业主管部门制定决策的依据及液压支架企业生产经营的指导。

1 我国液压支架市场运行的主要特征

(1)周期性. 由于液压支架完全服务于煤炭开采业,因而其市场周期与煤炭市场的景气状况紧密相关. 根据中国煤炭机械工业协会的统计数据,2001 年我国原煤产量结束连续 4 年的持续下跌之后开始持续增长,从 2001 年的 13.81 亿吨增长到 2008 年的 26.22 亿吨,年均增速 9.59%;相应的,我国液压支架行业从 2001 年也开始快速增长,产值从 2001 年的 6.42 亿元增至 2008 年的 124.9 亿元,年复合增长率达 52.8%。

此外,液压支架的经济使用寿命是 8 年,2001 年后投入使用的液压支架将陆续进入更换期. 过去数年液压支架销量的持续增长,预示未来几年我国液压支架更新换代需求也会保持快速增长。

(2)区域性. 由于运输成本等因素,我国液压支架行业的需求和供给与煤炭行业具有相似的区域性特征. 我国煤炭资源丰富,除上海以外其它各省区均有分布,但分布极不均衡,主要分布于昆仑——秦岭——大别山以北地区和大兴安岭——太行山——雪峰山以西地区. 在查明的资源储量中,晋陕蒙宁占 67%,新甘青、云贵川渝占 20%,其他地区仅占 13%. 与煤炭的地域分布相类似,液压支架行业主要分布于东北、黄河中游和北部沿海地区,东部沿海地区相对薄弱. 具体来说,液压支架生产企业主要分布于河南、北京、山西。

2 当前国内液压支架市场的运行环境分析

* 收稿日期:2010-11-11
作者简介:孔令夷(1977—),男,山东省烟台市人,讲师,在读博士生,研究方向:产业经济,企业运营管理

2.1 液压支架市场规模分析

随着高端采煤设备需求的逐年增长,液压支架占综采装备比重呈逐年上升趋势,液压支架行业增长迅速、前景广阔,如表 1 所示.

2001~2008 年,中国煤炭机械设备市场逐年递增,煤炭综采设备产值年复合增长率为 47.1%,而液压支架产值更是处于迅猛上升趋势,同期液压支架产值的年复合增长率达 52.8%,液压支架市场的增长速度高于综采设备,这说明液压支架已经成为煤炭企业建设高产、高效、安全采煤矿井,实现采煤机械化不可或缺的关键设备,如表 1 所示.

表 1 2001~2008 年液压支架产值占煤炭综采设备产值的比重情况

项目	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年
煤炭综采设备产值/亿元	17.98	24.83	42.79	70.25	103.22	142.01	210.82	268.16
液压支架产值/亿元	6.42	11.33	15.20	25.77	42.38	67.84	99.23	124.90
液压支架占综采设备产值的比重/%	35.71	45.63	35.52	36.68	41.06	47.78	47.07	46.57
液压支架同比增长/%		76.48	34.16	69.54	64.45	60.08	46.27	25.87

数据来源:中国煤炭机械工业协会.

2005 年以来,我国液压支架的产量情况如表 2 所示,从架数上看,2005~2008 年我国液压支架产量的年均复合增长率为 30.16%;从吨位上看,2005~2008 年我国液压支架产量的年均复合增长率为 41.58%,都反映了近 5 年来我国液压支架市场的需求不断增长,这与我国煤炭产业乃至能源产业的快速发展是分不开的.

表 2 2005~2008 年中国液压支架生产厂商的液压支架产量

	产量/架	产量/t
2005 年	21 312	330 104
2006 年	29 871	480 489
2007 年	40 660	697 385
2008 年	46 998	936 740

数据来源:中国煤炭机械工业协会.

我国煤矿水文地质条件复杂,液压支架的设计、生产必须有较强的针对性,因此,我国液压支架生产企业大多根据客户需求定制生产,采取以销定产的模式.过去几年行业产值、产量的稳定快速增长都说明液压支架市场需求旺盛.

2.2 液压支架市场竞争环境分析

目前国内液压支架的制造企业达百余家之多,面临激烈的市场竞争,市场集中度低.

(1)旺盛的市场需求吸引了众多新进入者,从而加剧了市场竞争.目前国内液压支架的制造企业主要分为 3 种类型:一是具备液压支架独立设计研发及生产制造能力的专业制造企业,如北京煤矿机械有限责任公司、平煤机等;二是具备较好的制造水平,不具备独立设计研发能力,在设计研发方面处于起步阶段的企业;三是完全不具备设计研发能力,主要通过集成方式生产液压支架或生产液压支架配件的企业,这类企业往往是煤矿机修企业在多年修理液压支架的基础上发展起来的.随着市场需求的增长,行业的新进入者也在不断增多,尤其是第二、第三类企业的数量明显增加,也就是不具备液压支架设计研发能力的企业数量明显增加,加剧了低端市场的竞争.

表 3 2006~2008 年中国液压支架行业主要生产企业产量比例统计

企业名称	市场份额/%		
	2006 年	2007 年	2008 年
郑州煤矿机械集团股份有限公司	24.64	22.78	26.86
北京煤矿机械有限责任公司	10.05	12.08	13.32
平顶山煤矿机械有限责任公司	10.16	9.71	12.96
山西平阳重工机械有限责任公司	7.46	9.66	10.97
重庆大江信达车辆股份有限公司	5.33	7.15	9.58
合计	67.58	78.19	78.58

(2)优势企业排名稳定,行业主导地位突出.由于液压支架生产专业化程度高,尤其是高端支架更是如此,虽然近两年有不少企业涉足液压支架市场,但基本都是生产低端液压支架,没有实力设计生产大采高、大工作阻力的液压支架,因此难以对生

数据来源:中国煤炭机械工业协会.

产中高端支架产品为主的大型液压支架生产企业造成威胁。

近年来,液压支架优势企业基本保持相对稳定的市场排名顺序. 2006~2008 年液压支架市场占有率排名前 5 名的生产企业分别是:郑州煤矿机械集团有限公司、中煤北京煤矿机械有限公司、平顶山煤矿机械有限公司、山西平阳重工机械有限公司、重庆大江信达车辆股份公司,如表 3 所示,前 5 名企业的市场份

表 4 2004~2008 年中国液压支架主要生产厂家销量情况(单位:架)

序号	厂家	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年
1	郑州煤矿机械集团有限公司	4 176	5 440	6 803	6 882	10 584
2	平顶山煤矿机械有限公司	1 598	3 020	3 827	3 888	5 213
3	中煤北京煤矿机械有限公司	2 687	3 045	3 578	4 083	3 632
4	山西平阳重工机械有限公司	1 250	2 228	2 470	2 331	2 470
5	重庆大江信达车辆股份公司	2 078	2 424	2 788	2 699	2 179

数据来源:中国煤炭机械工作协会。

除了以上 5 家液压支架优势企业,其余的中小型液压支架生产企业主要集中在中低端液压支架市场,竞争极其激烈. 表 5 列出了 2008 年 3 家液压支架优势企业(北煤机、平煤机、山东平阳)及部分中等规模以下的 6 家液压支架生产厂家,这 6 家企业的平均市场占有率约为 2%,通过前 3 家优势企业与后 6 家一般企业在销售收入和利润总额上的对比,足可见液压支架生产的一般企业与优势企业之间差距很大,行业内厂商势力不均衡。

表 5 2008 年部分液压支架生产企业销售收入和利润情况(单位:千元)

类别	单位名称	主营收入	利润总额	毛利率/%	利润率/%
优势企业	中煤北京煤矿机械有限责任公司	1 478 517	62 387	12.54	4.22
	平顶山煤矿机械有限责任公司	1 379 890	44 319	14.02	3.21
	山西平阳重工机械有限责任公司	1 132 255	35 250	12.59	3.11
一般企业	浙江衢州煤矿机械总厂有限公司	351 266	14 311	16.39	4.07
	包头北方工程机械制造有限责任公司	337 349	-7 221	7.99	-2.14
	中煤邯郸煤矿机械有限责任公司	201 306	1 551	13.81	0.77
	邢台矿业(集团)有限责任公司机械厂	184 787	-887	10.18	-0.48
	山东塔高矿业机械装备制造有限公司	165 381	3	12.60	0.00
	泰安市兴华煤矿液压支护有限公司	102 369	7 589	11.99	7.41

数据来源:国家统计局。

(3)产品的同质化程度高. 由于计划经济时代的历史原因,我国液压支架生产形成了单一产品的格局. 产品的差异化程度仅仅取决于具体的煤矿地质条件,而各生产厂家的产品差异化程度很小,产品同质化程度很高。

(4)行业进入壁垒分析. ①产品准入壁垒. 煤矿机械产品的安全性日益受到重视,煤炭装备制造准入条件严格. 2005 年经国家发展和改革委员会批准,公布了 41 项煤矿专用设备新标准. 液压支架必须有矿用产品安全标志才能进入市场,矿用产品安全标志的审核相当严格,新进入企业生产的液压支架必须取得矿用产品安全标志方可销售. ②资金壁垒. 煤机产品价值普遍较高,尤其是液压支架,由于液压支架需成套使用,通常一个采煤工作面需液压支架十几架到数百架,一套支架的成本一般在数百万元到数亿元左右,生产所需的资金投入较大. 此外,生产高品质大型液压支架需购置大量高精设备和生产线,固定资产投资规模较大. 因而液压支架行业的资金壁垒较高. ③技术壁垒. 煤矿地质条件复杂,不同矿区的煤层厚度、倾角、硬度、裂隙发育、矿山压力显现、断裂构造等等都不尽相同,因此要求液压支架应具备高可靠性和高安全性,对支架的制造技术及其工艺要求很高. 液压支架行业内的优势企业已经积累了相当的研发及制造经验,而新进入者缺乏设计开发与生产制造能力,技术壁垒较高. ④品牌壁垒. 液压支架市场已形成若干优势企业,各企业的品牌及竞争优势已建立多年,在行业内拥有忠诚度较高的稳定客户群,例如郑煤机已经上市,可以为其提高社会上的知名度. 投资者与公众会更多注意到郑煤机,如果郑煤机经营完善、充满希

望,那么就会有很高的声誉,投资者、消费者和其他企业都会乐意和这样的公司做生意,这会为郑煤机带来各种不可估量的好处.而液压支架市场的新进入者则难以在短时间内塑造较高的品牌价值、赢得客户.

2.3 液压支架市场的竞争因素分析

(1)关键竞争因素.液压支架的市场拓展和开发基本上都是通过招投标形式来完成的,极少老客户选择议价方式购买液压支架.支架投标的时候,第一位的竞争因素是价格,第二位的竞争因素是技术,第三位的竞争因素是质量.服务在招投标时的影响还不大,但是在售后过程中至关重要,否则服务水平直接会影响老客户重复购买的次数和比例,也就是会在很大程度上影响二次销售的成功率.

郑煤机、平煤机和北煤机 3 家企业的产品市场定价处于同一水平,而液压支架的二线生产企业基本采用低价策略,迅速抢占低端市场.进口支架产品的价格又太高,被国内产品替代的趋势明显.国内 3 大液压支架厂家的产品质量和技术水平都差不多.因此,从前 3 位的竞争因素来看,这 3 家企业在市场竞争中难分高下.

优越的性价比使我国液压支架产品在国内外市场竞争中处于优势,自主研发的高端液压支架产品已经出口俄罗斯、印度、土耳其等国.但高端液压支架产品制造中所需的关键部件仍需进口,如阀类、液压系统和电液控制系统等.

(2)成功竞标的关键因素和竞标失利的原因.通过调研发现,液压支架企业成功中标的关键因素有:正规厂家生产,物美价廉,在标书中要体现出价格等方面的优势.很多煤矿企业对支架进行招标时,还要求投标单位免费送泵站.

液压支架生产厂家竞标失利的原因一般有:① 客户信息掌握不及时,或没有和客户进行前期沟通,把握客户需求,如果投标的准备太仓促,失败可能性比较大.② 投标标书制作方面的问题可能导致竞标失败.因此,投标前准备的材料越多越好.③ 价格、技术、质量、售后服务方面有问题或不如竞争对手,也可能导致失利.

(3)客户在招投标过程中的其他要求.山西的几个液压支架市场越来越大,但是地方保护主义严重,难以进入.此时,地域因素成为竞争中的主要因素.

目前很多煤矿客户有“三机配套”的要求.三机配套是市场发展的趋势,因此提供配套化煤机产品也是今后煤机企业在市场竞争中的一个关键因素.

郑煤机跟各大煤矿下属的煤厂搞合作,这样煤矿只买郑煤机的产品.中煤集团下面的煤矿招标,基本上只要中煤的设备.在这种情况下,客户关系在竞争中起到很大作用.

有的煤矿客户在招投标时,还要求煤机企业在客户那里设置办事处,以方便售后服务,因此为客户提供售后服务的及时性和能力水平也是一个重要的竞争因素.

3 我国液压支架市场的未来发展趋势分析

2000 年以来煤炭产量倍增产生的煤机装备更新需求、煤机装备水平提高带来的煤机升级需求和新建煤矿产生的新增煤机需求等因素,保证了未来几年液压支架的需求仍将保持较高增长.根据中国煤炭机械工业协会的预测,未来 5~8 年煤机市场仍将保持年均 20% 以上的增长.而液压支架作为采煤机械化的关键设备,其价值量必定逐年递增,需求增速仍将超过煤炭设备需求增速.表 6 显示了中国煤炭机械工业协会预测的 2010~2015 年液压支架市场需求量,可以看到,液压支架市场仍将保持快速增长,前景十分广阔.

表 6 2010~2015 年液压支架的需求量预测

年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	合计
液压支架需求预测/亿元	167	202	244	299	369	458	1 739
同比增长/%		20.96	20.79	22.54	23.41	24.12	

数据来源:中国煤炭机械工业协会.

通过政策调整和市场导向,我国的液压支架产品正逐步向集约、高效、绿色、安全方向发展.今后,新建矿井不论是井工矿,还是露天矿,不论是国有大煤矿的升级改造,还是地方小煤矿的资源整合,都对大型

化、现代化、智能化、高效的液压支架形成了巨大的市场需求,液压支架市场开始呈现高端化的发展趋势。根据中国煤炭机械工业协会的预测,到 2010 年,高端液压支架市场年需求量约 9 000 架,达 55 亿元,2012 年以后,高端液压支架市场的年需求量将达 12 000 架、85 亿元以上。高端化已成为液压支架市场的未来发展方向。

4 结束语

我国的液压支架市场不能拱手让给国外煤机企业。我国液压支架企业在国内液压支架市场竞争中的劣势以及所面临的威胁应该得以重视和解决。要用发展的眼光去看待市场,利用自身本土化经营的优势,为煤炭企业客户快速定制高性价比的液压支架产品,同时采取灵活的经营手段,加大技术创新力度,提升自主研发能力。面对跨国煤机企业的挑战,国内液压支架企业应尽快在“十二五”期间做大做强,走多元化及规模扩张的道路,为此必须做好前期的市场调研,充分考虑市场开拓的可行性、效益性和风险性,但也不能因害怕而保守不前。而且,国内液压支架企业还要敢于走出国门,在国外市场占有一席之地,这才是我国液压支架企业应有的雄心壮志。一方面要用最先进技术武装液压支架生产企业,实现升级换代;另一方面要快速适应国外市场,在竞争中体现出我们低价格及优质服务的优势。总而言之,我国液压支架生产企业要抓住机遇,迎接挑战,以崭新的姿态阔步前行。

参 考 文 献

- [1] 龙祖根,周 岩. 对我国煤机装备发展的思考与展望[J]. 矿山机械,2009,(14):7-10.
- [2] 张 平. 打造中国煤机行业的“奔驰”——访郑州煤矿机械集团股份有限公司董事长焦承尧[J]. 企业管理,2010,(3):66-69.
- [3] 郑州煤机:打造中国煤机行业的“巨人”[J]. 中国税务,2007,(10):63.
- [4] 田 莹,王跃清. 从统计数据看国内煤机行业现状[J]. 煤矿机械,2005,(11):81-82.
- [5] 李贵轩,李新国. 振兴我国煤矿机械的机遇和挑战[J]. 中国煤炭,2003,(2):8-10.
- [6] 康淑云. 锻造一流品质,引领煤机发展[J]. 中国煤炭,2004,(8):55-56.
- [7] 褚洁华. 煤机装备及煤机企业的现状和发展[J]. 中国煤炭,2003,(2):5-7.
- [8] 路 青,朱华云. 对煤机行业困惑问题的分析和思路探研[J]. 煤矿机械,2003,(8):107-108.
- [9] 郑州煤矿机械集团有限责任公司. 论我国煤机行业的战略重组[J]. 煤炭经济研究,2003,(10):15-16.
- [10] 赵善钟. 也谈我国煤炭装备制造业的发展思路[J]. 煤炭经济研究,2003,(10):14.
- [11] 吕金钤,苏 鑫. 关于我国煤炭装备制造业的发展思路及对策[J]. 煤炭经济研究,2003,(10):10-13.
- [12] 赵善钟. 加入世界贸易组织对煤矿机械制造业的影响[J]. 煤矿机械,2000,(10):17-18.

ANALYSIS ON OPERATING ENVIRONMENT AND TREND OF OUR COUNTRY HYDRAULIC SUPPORT MARKET

KONG Ling-yi

(College of Management Engineering, Xi'an University of Post and Telecommunications, Xi'an 710061, China)

Abstract: The paper firstly reviews essential characteristics of our country hydraulic support market operations, secondly analyzes our country hydraulic support market from the perspective of market size, competition environment, competition factors and so on. Furthermore, the paper makes a prediction of domestic hydraulic support market demand from 2010 to 2015, and estimates development trend of the hydraulic support market in the future. Lastly, fundamental thinking and effective way are pointed for Chinese hydraulic support enterprises to face challenge and seize the opportunities, thus they can strive for survival and development and achieve bigger and stronger vision goals.

Key words: hydraulic support; market characteristics; operating environment; trend analysis

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0087-03

沙中水分输运模型实验研究

熊耀兵, 张 杰, 杨保义, 唐林丽
(暨南大学物理系, 广东 广州 510632)

摘 要: 在恒温恒湿条件下,通过水在沙中的输运实验研究了水分在沙中的扩散过程. 实验表明,在不同含水率时,水在沙中的扩散曲线不同. 通过有限差分法的模拟和实验对比,研究了在恒温恒湿($RH=50\%$, $T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$)下低于沙中持水率时的扩散方程,为沙漠化土地防治提供了依据.

关键词: 有限差分法; 恒温恒湿; 水剩余量

中图法分类号: S157.1 **文献标识码:** A

0 前 言

土地沙漠化是当前世界上一个重要的生态环境问题,给社会经济和社会稳定带来极大危害,同时对人类的生存和发展也构成了严重威胁^[1-4]. 我国是世界上受沙漠化危害最严重的国家之一,摆在我们眼前的任务是艰巨的,我们必须寻求更加有效的治理水土流失的方法. 本文从实验出发对水在沙中的扩散进行了研究,建立了相关的模型,并运用有限差分法对实验数据进行了拟合,研究结果对于掌握沙地水分动态变化,科学合理用水及开发利用沙地资源等具有重要意义^[5].

1 实验部分

1.1 实验设备

HWS 型智能恒温恒湿箱,温度波动度: $\pm 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 温度偏差: $\pm 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 湿度波动度: $\pm 7\%RH$, 宁波东南仪器有限公司; ACS 系列电子秤, $e=0.5\text{ g}$, $\text{max}=6\text{ kg}$, $\text{min}=40\text{ g}$, 上海友声衡器有限公司.

1.2 实验材料的制备

将普通沙子用铁丝网过滤,得到直径大小约为 1.19 mm 的沙子,干燥后备用;为了研究水在沙中输运实际情况,把长 40 cm , 直径为 6.5 cm 的两端开口的玻璃管一端用纱布包好,待用.

1.3 实验过程

用 8 个已准备好的玻璃管,分别加入 $1\text{ }750\text{ g}$ 沙放入其中,然后依次加入 100 g 、 200 g 、 300 g 、 400 g 、 500 g 、 600 g 、 700 g 、 800 g 水,编号为实验 1 到实验 8. 将 8 个玻璃管置于恒温恒湿箱($RH=50\%$, $T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$)中,定期取出样品称重,如图 1 所示.

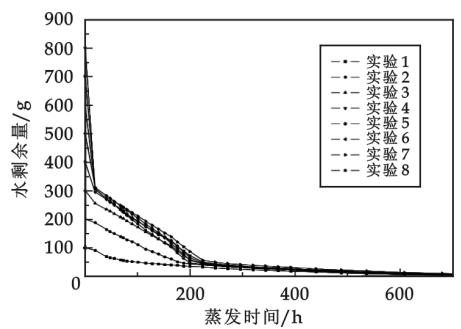


图 1 水剩余量随时间变化情况

* 收稿日期:2010-11-15
作者简介:熊耀兵(1983—),男,湖北省武汉市人,在读硕士生,研究方向:计算物理

1.4 实验结论

(1) 沙子持水率为 4%~6%, 当水的质量大于沙子质量的 0.23 倍时, 水剩余量与时间的关系分为 3 段曲线; 当水的质量小于沙子质量的 0.23 倍而大于持水率时, 水剩余量与时间的关系分为 2 段曲线; 当在持水率以下时, 水剩余量与时间的关系只有 1 段曲线.

(2) 第一段曲线和第二段曲线基本上是直线, 且第一段曲线的斜率大于第二段斜率.

(3) 在 220 h 后, 它们趋于同一曲线.

2 沙中水分输运模型

沙中水分输运研究目前进行的比较少, 缺乏单元尺度的细微观测与计算模拟, 尤其缺乏沙中水分运动过程的实验与计算研究. 对于土壤中水分输运的研究, 目前都是针对水的扩散蒸发规律. 当土壤中水分处于非饱和状态时, 水分的输运可用扩散方程来描述^[6]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial u}{\partial x} \right) \quad (1)$$

式中, u : 沙层含水率 (cm/cm), x : 空间坐标 (cm), D : 扩散系数.

(1) 初始条件: 假设沙中水分分布已知

$$\begin{aligned} u(x, 0) &= z_s/h & 1 < x \leq h \\ u(x, 0) &= 0 & h < x < H \end{aligned} \quad (2)$$

式中, u : 沙层含水率 (cm/cm), z_s : 初始注入水量 (cm), h : 初始水分分布高度 (cm), H : 玻璃管高度 (cm).

(2) 边界条件:

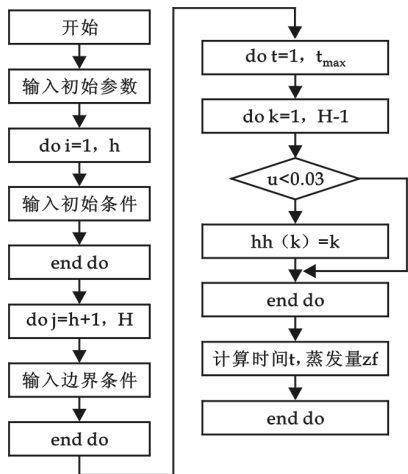
$$\begin{aligned} \epsilon \left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=0} &= \epsilon_a \frac{\Delta u}{\Delta x} \\ u(H, t) &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

式中, ϵ : 气体饱和蒸汽压系数; ϵ_a : 液体饱和蒸汽压系数.

把扩散系数 $D(\theta) = D_0 e^{A\theta}$ (式中 D_0 、 A 为常数) 代入方程 (1) 可以得到:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = D_0 e^{A\theta} \left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + A \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 \right] \quad (4)$$

采用有限差分法, 对 x 的导数使用中心差分, 对 t 的导数使用向前差分, 则可得到:



$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{u_{i,j+1} - u_{i,j}}{\Delta t} \\ \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{u_{i+1,j} - 2u_{i,j} + u_{i-1,j}}{(\Delta x)^2} \\ \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{u_{i+1,j} - u_{i,j}}{\Delta x} \end{cases} \quad (5)$$

把式 (3) 代入式 (2) 可得扩散方程的差分格式如下:

$$u_{i,j+1} = u_{i,j} + \Delta t D_0 e^{A\theta} \left[\frac{u_{i+1,j} - 2u_{i,j} + u_{i-1,j}}{(\Delta x)^2} + A \left(\frac{u_{i+1,j} - u_{i,j}}{\Delta x} \right)^2 \right] \quad (6)$$

3 实验与程序模拟

为了研究水在沙中的输运情况, 在两端开口玻璃管 (直径 4.5 cm, 长度 80 cm) 中加入 1 700 g 沙子到管口, 加入水 70 g. 玻璃管编号为实验 9, 置于恒温恒湿箱 (RH=50%, $T=40^\circ\text{C}$) 中, 定期取出样品称重. 设计程序流程如图 2 所示.

通过编制 FORTRAN95 程序并进行模拟,结果如图 3 所示.

从图 2 可以看出模拟计算结果和实验结果吻合的比较好,说明沙中水分输运规律可以用方程(1)来描述. 对方程(1)用差分法求解,通过调节参数 A, D_0 ,使实验 9 计算结果与实验数据总体标准偏差最小,得到 A 值为 5.27, D_0 为 $5.27 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$,总体标准偏差为 0.746.

4 结论

(1)本文建立了在沙中含水量动态变化且伴随有吸附能力的水分输运数值模型,采用有限差分解方程,编写了可在微机上运行 FORTRAN95 的模拟程序,并进行了恒温恒湿实验验证. 作为模型的初步应用模拟了水分输运过程. 结果表明,该模型结果可以与实验结果较好吻合,为进行水分输运定量分析提供了新方法,可用于沙漠化防治研究.

(2)该模型经过改进可应用于水在其他物质中的输运规律,进行水分输运研究.

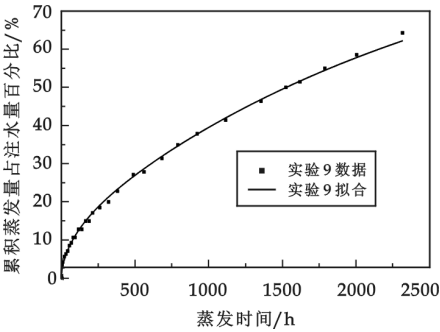


图 3 累计蒸发量随时间变化
实验结果与分析

参 考 文 献

[1] 朱震达. 中国土地沙漠化的态势及其治理的基本模式[J]. 中国科学基金,1992,1(1):10-17.

[2] 王 涛,朱震达. 我国沙漠化研究的若干问题-1. 沙漠化的概念及其内涵[J]. 中国沙漠,2003,23(3):209-214.

[3] 王 涛. 我国沙漠化研究的若干问题-2. 沙漠化的研究内容[J]. 中国沙漠,2003,23(5):477-482.

[4] 马立鹏,徐当会,王 辉. 河西地区土地荒漠化程度评价[J]. 甘肃农业大学学报,2002,37(1):50-56.

[5] 葛 岩,王保泽,李春龙,等. 辽西北沙地流动沙丘土壤水分时空变化特征研究[J]. 农业工程科学,2007,23(6):634-637.

[6] Gardner W R. Solutions of the flow equation for the drying of soils and other porous media[J]. Soil Sci. Soc. Am. Proc, 1959,23: 183-187.

STUDY ON MODEL OF WATER TRANSPORTING IN SAND

XIONG Yao-bing, ZHANG Jie, YANG Bao-yi, TANG Lin-li
(Department of Physics, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

Abstract: In the constant temperature and humidity conditions, through the water in the sand transport experiment, research moisture in the sand diffusion process. Experimental results show that the different moisture content, water in the sand diffusion curve is different. Through the finite difference method of simulation and experimental comparison, studied in constant temperature and humidity ($RH=50\%$, $T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$) low in sand hold water rate of the diffusion equation. For desertified land and providing the basis.

Key words: finite difference method; constant temperature and humidity; water surplus quantity

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0090-05

基于 C# 的酒店餐饮业务管理系统的设计与实现

徐炳文

(广东岭南职业技术学院电子信息工程学院, 广东 广州 510663)

摘 要: 选择 C# 作为开发语言, 依据酒店餐饮业务系统的需求建立了系统平台的网络结构, 然后把系统划分为前台服务模块、后台服务模块、辅助工具模块、系统管理模块, 给出了一个基于 C# 的酒店餐饮业务管理系统的设计与实现方案. 通过测试与上线运行表明, 该系统运行稳定, 整体性能比较高, 各方面均达到了设计要求. 在本系统设计与实现中还增加了系统数据灾难恢复等关键技术, 提高了系统的智能化水平, 应用前景更加广阔.

关键词: C#; 餐饮业; 综合业务; 信息管理

中图法分类号: TP393.07

文献标识码: A

0 前 言

随着全球经济一体化的不断深入, 酒店餐饮业的客源更加丰富多样化, 市场和渠道也更加广阔. 与此同时, 酒店餐饮业面临着日趋激烈的竞争环境和不断攀升的客户期望, 迫使业内人士不断通过扩大业务、提高服务质量、降低生产成本和提升客户满意度来增强核心竞争力. 其中最有效的手段之一就是应用先进的信息化技术去变革传统意义上的竞争方式和经营管理模式来赢得发展优势. 因此, 近年来市场对餐饮管理信息系统提出了越来越多的需求, 使得开发酒店餐饮管理信息系统成为软件开发的热点领域^[1]. 基于此, 作者提出了一个基于 C# 的酒店餐饮业务系统的设计与实现方案.

1 酒店餐饮业务系统的分析与总体设计

1.1 系统平台网络结构的设计

开发酒店餐饮管理系统涉及到酒店餐饮企业的各个单位、部门以及网络互联技术等. 因此, 建设该系统是一个复杂的工程, 然而一旦运转起来, 它所带来的企业效益无疑是巨大的. 该系统以餐饮业务为基础, 突出酒店餐饮业的前台服务的管理, 重视经营业务数据的分析, 从专业的角度努力为餐饮企业管理者提供科学有效的管理. 该系统开发完成后应该具有前台为顾客提供酒店餐饮服务, 后台提供对酒店餐饮企业业务的管理等功能. 此外, 系统还可以设置自动服务功能, 顾客可以智能获取菜品信息以及自动结账. 通过对这些需求功能的分析, 得出组成该系统的平台网络结构图如图 1 所示.

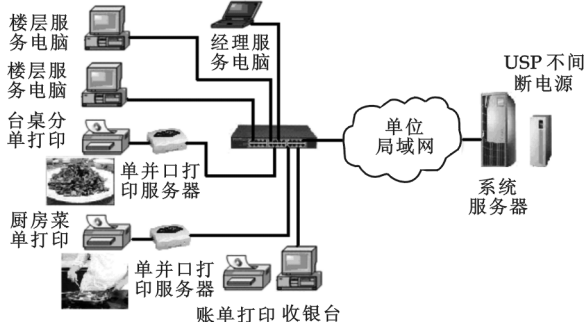


图 1 酒店餐饮业务系统平台网络结构图

* 收稿日期: 2010-10-30

作者简介: 徐炳文(1977—), 男, 广西壮族自治区岑溪市人, 高级工程师(信息系统项目管理师), 讲师, 硕士, 研究方向: 计算机管理软件开发

1.2 系统架构的设计

系统架构设计主要是根据系统的总体目标和功能将整个系统合理划分成若干个功能模块,定义各个模块的内部结构等.系统平台网络图只是粗略地描述了一个酒店餐饮业务系统的体系结构及其硬件环境.构成该系统各模块实现起来比较复杂,在软件设计和实现时按自顶向下、逐步细化的方法将整体功能主要划分为前台服务模块、后台服务模块、辅助工具模块、系统管理模块等模块^[2-4].整个系统的功能结构总体框架如图 2 所示.

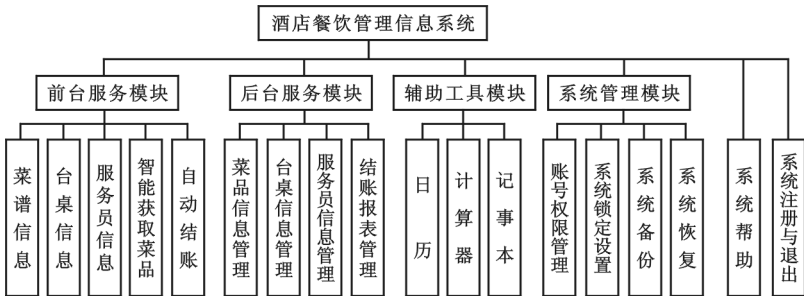


图 2 酒店餐饮业务系统功能结构总体框架图

前台服务模块包括菜谱信息、台桌信息、服务员信息、智能获取菜品以及自动结账功能.开台点菜是酒店餐饮服务管理系统最常用的功能,所以在开发设计时要设计得更加人性化和智能化.自动结账是辅助人工手动结账,使顾客消费后结账更加方便快捷.台桌信息向顾客提供可用的台桌信息,因为顾客在消费时首先要有空闲可用的台桌供开台,才能为顾客点菜与结账等,所以台桌信息管理在整个系统中非常重要.智能获取菜品是辅助点菜功能,顾客可以根据系统提供的菜品信息自己点菜.

后台服务模块包括菜品信息管理、台桌信息管理、服务员信息管理和结账报表管理.菜品信息管理可根据季节时菜供应情况增删修改菜谱信息供顾客选择;台桌信息管理可根据实际需要增删修改台桌信息供顾客开台;服务员信息除了管理正常为顾客服务外,还根据服务员变更情况增删修改服务员信息;结账报表是管理系统不可缺少的一部分,因为酒店餐饮管理系统从某种角度来讲也是一种记账式软件,一个记账式软件如果连结账报表的功能都没有,就好比一头老虎失去了眼睛,所以对于酒店餐饮管理信息系统结账报表管理是不可缺少的部分.

辅助工具模块是为方便用户操作而设计的,包括日历、计算器和记事本.系统管理模块包括账号权限管理、系统锁定设置、系统备份和系统恢复等.

2 酒店餐饮业务系统的具体设计与实现

2.1 前台服务模块设计

前台服务模块与后台服务模块是本系统的核心模块,前台服务模块主要面向系统使用者提供各种信息与功能服务操作,包括的子模块有:菜谱信息、台桌信息、服务员信息、智能获取菜品以及自动结账功能等.后台服务模块主要是前台服务模块的支撑.考虑系统开发环境与开发工具的特点,在这里只对本系统最为核心的前台服务模块进行处理过程设计.结合酒店餐饮业务系统需求,按照软件工程方法自顶向下逐步细化,得到本系统前台服务模块的流程图如图 3 所示.

服务员登录进入系统,当有顾客前来消费时,输入顾客人数查询系统尚未使用的空台桌信息,如果有空台桌,则进入开台管理模块选择开台桌号,如果为顾客进行了开台则进入点菜管理模块,向顾客展示菜品信息并点菜,服务员与顾客确认点菜信息后菜单通过后台服务网络传回厨房打印服务器和收银台打印服务器,顾客消费完后到收银台付费结账.

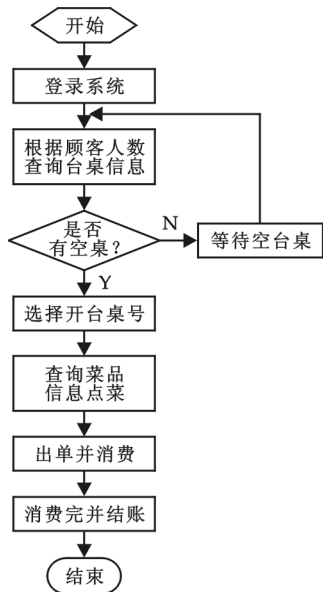


图 3 系统前台服务模块流程图

2.2 系统开台管理模块的实现

开台管理是酒店餐饮业务系统的核心功能模块之一,在整个系统中是非常重要的.当有顾客前来消费时,楼层服务员首先要查看是否还有空余的台桌信息,如果没有空余的台桌信息,那么顾客还想消费的话就需要等待;如果查询到有空余的台桌信息,那么就可以为顾客选择台桌号进行开台服务.只有开台后才能为顾客提供点菜服务与结账服务.在开台管理模块实现时,需要注意两方面的技术:一是选择开台必须是空闲的台桌,因此要求连接服务器后台数据库进行查询;二是必须有顾客来消费时才能开台,因此要求顾客人数为大于 0 的整数,否则会产生乱开台,造成系统台桌信息管理混乱.开台管理模块主要部分实现如下:

```
public SqlConnection conn;
private void formOpentable_Db(object sender, EventArgs e) { //查询获取台桌信息
    while(srd.Read()) {
        cbTable.Items.Add(sdr["TableName"].ToString().Trim()); //获取台桌信息
    }
    while(srd.Read()) {
        cbServer.Items.Add(sdr["ServerName"].ToString().Trim()); //获取服务员信息
    }
}
private void txtNum_KeyPress(object sender, KeyPressEventArgs e) { //必须为整数
    if((e.KeyChar! = 8&.&! char.IsDigit(e.KeyChar))&&e.KeyChar! = 13) {
        MessageBox.Show("输入的数必须是整数!");
        e.Handled = true;
    }
}
private void btnSave_Click(object sender, EventArgs e) { //数据不能为空且大于 0
    if(txtNum.Text == "" | Convert.ToInt32(txtNum.Text) <= 0) {
        MessageBox.Show("请输入顾客人数!");
    }
}
```

2.3 系统点菜管理模块的实现

点菜管理是酒店餐饮业务系统另一核心功能模块,负责为顾客点菜与管理系统的菜品信息.点菜管理模块的功能主要由 3 部分来构成:菜品类别的选择、顾客点菜所需要的信息操作部分、显示为顾客已经点过的菜品信息记录.



图 4 点菜管理模块主窗体界面

点菜管理模块在实现上需要注意 4 点:一是只有为顾客开台后才能点菜;二是所点的菜品必须是系统所提供的菜品类别;三是顾客消费的菜品数量必须是大于等于 1 的整数;四是保证点菜窗体在点菜时连接后台数据库畅通且读取菜品信息正确.

点菜管理模块的实现窗体界面主要由 4 个区域来提供点菜管理功能:菜品类别、点菜信息、显示已经点过的菜品信息和保存区域.菜品类别以树型目录形式展开各菜系所提供的菜品类别信息,点菜时只需要从菜系展开中点击所需要的菜就可以自动在点菜信息区域中显示,如果需要的份数不只 1 份,可以手工更改份数,选上了某一菜品后就会在已经点的菜品信息记录中显示出来,防止点菜错误.点菜管理模块主要部分实现如图 4 所示.

2.4 系统结账模块的实现

结账管理模块完成的功能主要是在顾客消费结束后对消费项目清单进行消费总额统计.顾客的消费清单来自于点菜模块,而点菜的清单信息是绑定于台桌号,这些数据都通过开台管理、点菜管理存储在服

务器后台数据库中,因此结账时首先需要连接后台数据库,从数据库中检索出顾客消费的所有项目清单,然后通过程序统计出顾客消费总额,当结账输入顾客支付金额后会计算出找零余额。

结账管理在实现上需要注意 4 点:一是保证结账项目是顾客消费的项目;二是打折系数只能是系统设定的系数;三是结账时顾客支付的金额必须大于或等于顾客消费的总金额;四是输入顾客支付的金额后能够自动计算出找零余额。

保证结账项目是顾客消费的项目主要通过两方面的技术来实现:一是点菜信息绑定于顾客开台的台桌信息,二是在检索统计顾客消费项目的同时将消费清单列举显示于结账窗体界面中。为防止操作员乱输入打折系数产生结账统计错误,打折系数通过系统设定,在开发实现时利用 TreeView 控件来提供打折系数。

结账管理模块的主要部分实现如下:

```
private void formCheckOut_Load(object sender,EventArgs e){
    this.Text=CheckTableName+"结账"; //设置结账界面窗体名称
    groupBox1.Text= "当前台桌-"+CheckTableName;
    SqlConnection conn=BaseClass.DBConn.RestaurantsCon(); //建立数据库的连接
    SqlDataAdapter sda= new SqlDataAdapter ("select disheName, DisheSum, DisheAllprice, TableName, Datetime
    from Customerconsumer_info where TableName = '"+CheckTableName+"'", conn); //查询顾客消费项目
    DataSet ds=new DataSet();
    sda.Fill(ds);
    dataGridVRecord.DataSource=ds.Tables[0]; //显示指定台桌消费的项目清单
    conn.Open(); //建立数据库的连接,创建 SqlCommand 对象
    SqlCommand cmd = new SqlCommand ("select sum( disheallprice ) from Customerconsumer_info where Ta-
    bleName='"+CheckTableName+"'", conn);
    SumPrice =Convert.ToString(cmd.ExcuteSelectTable()); //计算顾客消费总金额
}
```

2.5 系统灾难数据恢复的实现

计算机应用系统在运行过程中常常会遇到意外事故的发生,比如正当顾客消费时遇到突然断电或者计算机意外重启,如果开发系统没有采取必要的措施来保护数据信息,势必会当再次进入系统时后原来正在消费还没有结账的顾客信息受到破坏。要保证这些消费记录信息在发生意外后重启计算机进入系统时都保持不变,经过分析设计,我们开发系统时在数据库中针对每个台桌都设计了一个用于标识此台桌当前状态的字段:“*”状态表示当前该台桌已经开台正在使用,“0”状态表示该台桌没有被使用,即“待用”状态。每次进入系统时,都会从数据库中检索出每一个台桌的状态,然后根据原来标识的状态为每一个台桌添加数据库信息,保证消费数据的正确性。主要部分实现如下:

```
private void AddItems(string state) {
    if(state== "运行中") {
        lvDesk.Items.Add(srd["TableName"].ToString(),*); //当前使用的台桌标 * 状态
    }
    else {
        lvDesk.Items.Add(srd["TableName"].ToString(),0); //不使用的台桌标 0 状态
    }
}
```

3 系统主窗体界面的实现

系统登录成功后进入系统的主窗体界面,系统主窗体界面主要由上端菜单栏、台桌显示区域与系统状态栏 3 部分构成。菜单栏提供需求分析所要求的所有功能命令,实现链接系统功能菜单。台桌区域显示已经使用与待用的所有的台桌信息,双击台桌就会弹出台桌基本信息:台桌编号、台桌名称、台桌费用、台桌位置、台桌状态与台桌类型等;右键单击台桌会弹出台桌管理下拉菜单:开台、撤销开台、点/加菜、消费查

询、结账等。由于主窗体显示的台桌比较多,为了让服务员一目了然哪些台桌是使用状态,哪些台桌是待用状态,在实现时利用了 ListView 控件技术为每个



图 5 系统主窗体界面

台桌做了标识:“*”表示该台桌是使用状态,“0”表示该台桌是待用状态.有了这个状态标识,服务员使用主窗体界面为顾客进行开台管理、点菜管理、结账管理等功能操作就更加方便了.系统主窗体界面实现如图 5 所示.

4 结束语

本系统通过功能测试与性能测试,各方面均达到了需求分析的预计要求,而且运行正确稳定.本系统的成功实现,丰富了软件系统开发的构架周期理论,提出了一些改进方法,解决了酒店餐饮业务

管理系统灾难数据恢复等技术问题,使开发的系统不仅仅实现了计算机辅助手工操作的流程,而是建立在网络化的各大功能模块的集成化、智能化的应用上.本系统在商业市场的其它类似应用十分广泛,值得进行改造推广.

参 考 文 献

- [1] 王玉时 于晓明. 用 .Net Remoting 技术实现酒店管理系统友情查询功能[J]. 陕西科技大学学报(自然科学版), 2008, 26(2): 110-113.
- [2] 何义钊. 中国餐饮业科学常效管理的成功方法——“六 T 实务”介绍[J]. 国际商业技术, 2008, (2): 36-39.
- [3] 黄 威, 邵伟民, 刘学仁. 基于 Web Services 的商业智能系统研究与设计[J]. 计算机工程与设计, 2009, (11): 2 702-2 706.
- [4] 谢晓园, 徐宝文, 史 亮, 等. 面向路径覆盖的演化测试用例生成技术[J]. 软件学报, 2009, (12): 3 117-3 136.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A C#-BASED RESTAURANTS BUSINESS MANAGEMENT SYSTEM

XU Bing-wen

(College of Electronic and Information Engineering, Guangdong Lingnan Institute of Technology, Guangzhou 510663, China)

Abstract: We chose C# as development language and set up the modeling of system on system requirements. And then, we divided into modules: the front service sub-module, back services sub-modules, aids sub-module, system management sub-module. We give a C#-based Restaurants Business Management System design and implementation process. The system passed the test and on-line operation shows that it has good stability and high performance. All aspects of the system to meet the needs of the estimated requirements. We increase the system data disaster recovery to improve the intelligence level of the system, and application prospects even brighter.

Key words: C#; restaurants; business integrated; information management

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0095-04

工业行业水环境经济综合指数核算方法探讨

马宏瑞, 王 璐

(陕西科技大学资源与环境学院, 陕西 西安 710021)

摘 要: 工业行业水环境经济综合指数不仅能反映工业行业发展的综合质量,也是各级环保部门制定高污染行业发展规划和管理措施的重要依据. 目前,还缺乏针对工业行业水环境经济综合指数的核算体系. 基于核算的简洁性和评价结果的直观性,作者采用综合评价法构建核算体系,为工业行业水环境经济综合指数的核算提供了一种可借鉴的思路和方法. 核算结果表明,工业行业水环境经济综合指数可对不同行业的环境污染强度、经济产出能力进行客观的综合评价,为区域工业行业的可持续发展提供可操作的评价依据.

关键词: 水环境经济综合指数; 综合评价; 探讨; 可持续发展

中图法分类号: X703

文献标识码: A

0 前 言

目前,我国对水环境经济的核算主要是针对流域、区域水资源优化分配建立的,还缺乏针对工业行业水环境经济方面的核算. 随着工业化的发展,环境效益和经济效益并重成为工业发展的目标,这就要求各工业行业在带来经济效益的同时,必须减少环境污染. 面对此现状,政府要求产业污染大的行业进行技术改进、实施清洁生产等节能减排措施,但环境投入成本过大工业行业又无法生存,从而影响区域经济的发展. 所以怎样兼顾环境与经济两方面去衡量工业行业发展的综合质量,对调整工业结构实现环境经济的协调发展十分重要. 为此,本文针对水污染工业行业构建了工业行业水环境经济综合指数的核算体系,为地区和工业行业的可持续发展提供了可操作的评价依据,结果表明该核算方法简便、评价结果直观.

1 行业水环境经济综合指数概念和核算的理论依据

1.1 行业水环境经济综合指数概念

行业水环境经济综合指数 R 是综合环境经济核算框架下的一个指标,它是由经济和环境等方面多因子综合决定的,可以标志行业在社会发展中所处地位的重要属性指标^[1]. 某行业的 R 可以用下式描述:

$$R=f(ae,be,cr)$$

式中: ae 表示该行业经济方面的特征,可由年总产值、工业增加值、利税金额等指标来反映; be 表示该行业环境方面的特征,可由废水排放量、行业所属区域主要污染物排放量等指标来反映; cr 表示该行业资源方面的特征,可由年总用水量、年新鲜用水量、工业用水量等指标来反映; f 表示一组复杂的函数关系.

1.2 核算的理论依据

传统的分析模式通常只考虑单一的经济或环境因素,或以单一指标去衡量工业行业的污染程度. 为了

* 收稿日期:2010-10-22

作者简介:马宏瑞(1963—),男,山西省太原市人,教授,博士,研究方向:轻工业废水处理
基金项目:2010 年度东莞市软科学课题

克服传统核算方法的不足,本核算以行业水环境经济综合指数为基础,分别从环境、经济和资源 3 个方面来构建核算方程,通过设定合理的运算规则将各污染指标进行整合,形成一个兼顾环境、经济等综合因素的分析框架.

2 工业行业水环境经济综合指数核算体系的建立

2.1 建立核算指标

2.1.1 核算体系的限定条件

通常工业行业水环境所造成的污染不仅仅是水污染,还涉及大气、固废、噪声等环境污染,但本研究只针对水环境工业污染进行核算,其他因素忽略不计,因此本文所选取的环境、经济和资源 3 方面的核算指标仅仅是针对水污染工业而言.

2.1.2 核算指标的确定

基于核算体系的限定条件,将工业行业水环境经济综合指数 R 的指标体系定义为:一系列相互联系、依存、制约的反映工业行业环境和经济特征的指标所构成的有机整体.

(1)环境方面指标:是反映行业环境质量、环境成本、环境效益的指标群,可由废水排放量、行业所属区域主要污染物排放量等指标来反映.

通常根据城市工业体系的不同,各工业行业的指标选取有很大差异,因此这里我们选择具有区域行业特征的工业行业主要污染物排放量作为本次核算的环境指标.具体污染物指标由各地区实际工业体系情况而定,且数据应可获取.

(2)经济方面指标:是反映行业综合经济效益的指标群,可由年总产值、环境污染价值损失、工业增加值、利税金额等指标来反映.

根据指标体系的选取原则,指标应尽量在统计范围之中选取,或有比较成熟、公认的估算方法,因此,这里我们采用《中国环境经济核算技术指南》中的核算指标,即环境污染价值损失作为本次核算的主要经济指标,并用工业增加值作为辅助经济指标.

(3)资源方面指标:是反映行业资源效益的综合指标群,可由年总用水量、年新鲜用水量、工业用水量等指标来反映.以上指标都可反映资源方面的特征且数据易获取,但为了和前面的经济指标紧密结合,本次核算将资源方面的指标确定为工业用水量.

2.2 确定基本核算方法

据资料查阅,与行业水环境经济综合指数相关的核算研究很少,针对 R 的核算并没有统一成型的计算方法.目前,通常所采用的核算方法有投入产出法^[2]、人工神经网络法^[3]、和综合评价法^[4].

(1)投入产出法.它是用于模拟、预测经济系统发展规律的最常用工具,通过将投入产出模型向环境资源领域扩展,就可以在模拟运行中统筹考虑经济、环境、资源间的相互关系,实现在经济寻优的过程中,同时满足环境资源的约束条件^[5].然而这种核算方法需要大量翔实的投入产出数据,这些数据的取得在现有统计制度下比较困难.

(2)人工神经网络法.通常会结合比较成熟的误差逆向传播(error back propagation, BP)法,通过反向传播来不断调整网络的权值和阈值,使网络的误差平方和最小,从而建立 BP 网络模型来确定水环境经济综合指数.人工神经网络法可允许有大量供调节参数,且运算速度快,但对于协同性较差的样本评价结果易出现均化现象^[4].

(3)综合评价法.它是指运用多个指标对多个参评单位进行评价的方法,其基本思想是将多个指标转化为一个能够反映综合情况的指标来进行评价,是以指数或分值表示参评单位“综合状况”的排序.这种方法的评价结果只能定性地说明污染程度是轻、严重还是非常严重,并不能确定其功能类别为几类,但综合评价在总体上是反映水体污染性质与程度的,而且评价结果直观、便于比较^[4].

基于核算的简洁性和评价结果的直观性,经筛选本研究采用综合评价法构建核算体系,这里的综合评价法是从环境污染指标和环境价值量指标中得出的综合评价指数。

2.3 核算的技术路线

技术路线通过文献调查的方法,总结分析与水环境经济综合指数核算有关的研究现状与进展;阐述工业行业水环境经济综合指数的核算理论;通过理论研究,构建核算体系,包括建立核算指标和确定核算方法,指标和核算方法在前文中已确定;在实证研究中,采用实地调查和理论研究相结合,验证核算方法的科学性;选定合理的核算方法后核算出工业行业水环境经济综合指数 R ,并进行高低排序找出工业行业治理的重点,为工业行业制定发展规划和管理措施提供依据,本研究的技术路线如图 1 所示。

3 水环境经济综合指数具体核算步骤

3.1 环境指标的核算

环境指标经前文讨论已确定为工业行业主要污染物排放量,而为了研究的方便,在综合考虑行业污染物排放与环境污染损失的基础上,本研究应用等标负荷比作为基础对工业行业水环境经济综合指数进行核算,这里将其定义为判断系数 K 。

判断系数 K 是指各行业排放污染物占污染物排放总量的比,是一个行业排放的各种污染物对全行业环境污染的贡献率,即行业水污染物的污染负荷比。该系数 K 可以度量各行业水污染物对环境影响的大小,判断系数 K 可用下式表示:

$$K=\frac{P_i}{P_n} \quad (K<1)$$

式中: K 为行业水污染物的污染负荷比; P_i 为第 i 个行业水污染物的污染等标负荷; P_n 为所有行业水污染物的污染等标负荷总和。

$$P_i=\sum_{j=1}^n\frac{C_j}{C_{oj}}\times Q_i \quad P_n=\sum_{i=1}^n P_i$$

式中: C_j 分别为第 i 个行业排放的第 j 种水污染物的浓度; C_{oj} 是与 C_j 对应的标准排放浓度; Q_i 为第 i 个行业的废水排放量。按《中国环境经济核算技术指南》规定的核算对象,这里 j 分别代表了 COD_{cr} 、氨氮、石油类、重金属和氰化物这 5 种污染物,但由于环境统计数据的限制,通常可根据各行业特征从中选取可获取的主要污染指标。

判断系数 K 越大,说明该行业对环境影响越大。该系数可用于综合判断不同行业对环境影响的大小,为区域环境管理和实现行业环境成本内部化提供依据。

3.2 经济指标的核算

经济指标经前文讨论已确定为环境污染的价值损失,这里环境污染价值损失采用环境污染的价值量核算法,即要核算出环境污染的货币代价。

水环境污染价值损失通常涉及水污染造成的健康经济损失、农业经济损失、工业用水经济损失、城市生活经济损失和污染型缺水经济损失 5 个部分^[6]。由于本核算是针对水污染工业进行的,因此,这里将水

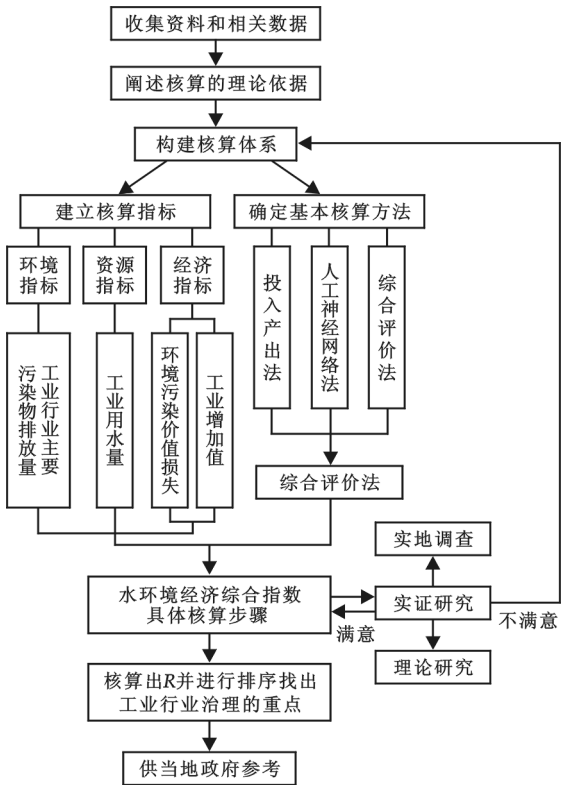


图 1 核算技术路线图

污染造成的工业用水经济损失作为行业水环境的全部污染损失,而其它因素忽略不计.对于工业用水经济损失的价值量核算,即各工业行业的水环境污染价值损失,这里我们采用《中国环境经济核算技术指南》中的统一方法^[6].

不同工业行业的环境污染损失可通过判断系数 K 进行折算.水环境污染价值损失是指由于水环境质量下降,影响水服务功能发挥作用,进而导致的经济损失,这里将其定义为 EC ,可用下式表示:

$$EC = Q \times P \quad EC'_i = EC \times K$$

式中: EC 为水污染造成的工业用水额外治理成本,即为工业行业的环境污染价值损失; Q 为工业用水量; P 为工业用水平均额外治理成本,即:工业用水达标处理成本; EC'_i 为各行业排放水污染物引起的环境污染损失; K 为评价系数.

3.3 环境与经济指标的整合

为了说明各行业对环境的影响(仅考虑污染物排放对环境质量降低损失)与所带来的经济效益之间的关系,本研究引用《区域工业发展环境成本核算研究》中的方法来整合环境和经济指标从而得到核算指数 R . 该 R 的含义指每增加一个行业的工业增加值贡献率时该行业对环境的贡献是多少^[7], R 可用下式表示:

$$R = \left(\frac{EC'_i}{\sum_{i=1}^n EC'_i} \right) / \left(\frac{V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \right)$$

式中: R 为工业行业水环境经济综合指数; EC'_i 为各行业排放水污染物引起的环境污染损失; V_i 为第 i 个行业的工业增加值.

通过以上步骤可以计算出工业行业水环境经济综合指数 R 的综合效益评价, $R > 1$, 则说明该行业的综合环境经济效益较差,应对该行业的发展进行限制和要求技术更新改造; R 越大,说明该行业对环境的污染越严重,应进行调整. $R = 1$, 则说明该行业的环境污染损失与该行业的工业增加值相抵消,对绿色 GDP 没有贡献. $R < 1$, 则说明该行业综合环境经济效益较好,行业发展对环境比较有益; R 越小,说明该行业对环境的污染越小,应鼓励和支持该行业发展.

容易看出,核算出来的工业行业水环境经济综合指数 R 可对不同行业的环境污染强度、经济产出能力进行客观的综合评价,有利于科学的指导区域产业结构的调整.

4 结束语

本文兼顾环境、经济、资源的要求,针对水污染工业构建了工业行业水环境经济综合指数的核算体系,为工业行业水环境经济综合指数的核算提供了一种可借鉴的思路和方法,该综合指数能反映行业发展与资源环境之间的协调关系,可为各级环保部门对污染行业制定发展规划和管理措施提供参考依据.

但同时应看到,判断一个行业的所有经济发展状况是一项极其复杂的系统工程,仅以部分指标进行评价并不能完整地反映各行业在生产过程中所造成的全部环境代价.对于不同地区或者在更为复杂的限制条件与前提下,该核算体系的合理性与可行性还有待进一步研究.

参 考 文 献

- [1] 王 亮,张宏伟,岳 琳.水污染物总量行业优化分配模型研究[J].天津大学学报,2006,8(1):59.
- [2] 王西琴,周孝德.区域水环境经济系统优化模型及其应用[J].西安理工大学学报,1999,15(4):81.
- [3] 楼顺天,施 阳.基于 MATLAB 的系统分析与设计——神经网络[M].西安:西安电子科技大学出版社,2002:9-10.
- [4] 祁金峰,宋 伟.水环境质量评价方法研究概述[J].环境科学,2010,(21):149.
- [5] 钟定胜,张宏伟.面向可持续发展的经济结构优化调整研究[J].天津社会科学,2005,(3):82.
- [6] 於 方,王金南,曹 东,等.中国环境经济核算技术指南[M].中国环境科学出版社,2009:53-68.
- [7] 林积泉.区域工业发展环境成本核算研究[D].西安:西北大学环境学院硕士学位论文,2005:38.

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0099-07

基于 AHP 的城市污水处理融资模式分析

戴丽琼

(西安工程大学管理学院, 陕西 西安 710072)

摘 要: 首先对我国城市污水处理现状进行了概述,指出了现行融资模式存在的问题,然后对 5 种融资模式的背景、发展现状和优缺点进行了分析,提炼出影响模式选择的重要因素,并利用 AHP 分析方法对 5 种模式进行决策,分析出 BOT 成为现阶段融资模式的主导.最后,针对我国城市污水处理业的现状,提出了完善的建议.本文为我国城市污水处理融资模式选择和策略提供了理论指导.

关键词: 污水处理; 融资模式; 层次分析法; BOT

中图法分类号: F294; X703 **文献标识码:** A

0 前 言

在人类越来越重视环境保护的今天,污水处理业的发展受到了世界各国的普遍关注.在我国,污水处理作为一项基础设施,长期以来属于政府直接管理控制的一项建设.随着水环境的日益严峻,污水处理能力与需求之间的矛盾在日益加剧,导致这种矛盾的主要原因是资金不足和效率不高,突出了拓展资金来源、改善经营管理的重要性.同时污水处理业的准经营性特征使得其自身具有收益性,为进行市场化融资提供了可能.

至 2009 年底,全国设市城市、县及部分重点建制镇累计建成城镇污水处理厂 1 993 座,总处理能力为 1 亿立方米/日,正在建设的城镇污水处理项目 2 360 个,可新增污水处理能力约 6 400 万立方米/日,在建和已建项目处理能力总和预计为 1.6 亿立方米.2009 年,全国城镇污水处理厂累计处理污水 279 亿立方米,城市污水处理率仅为 73%,城镇污水处理厂平均运行负荷率仅为 75%.

虽然我国在城镇污水的总体处理能力上已经跻身于全世界污水处理能力最大的国家之一,但是我们要清醒的看到:2008 年全国废污水排放总量达 758 亿吨,随着我国工业化和城镇化进程的明显加快,污水排放呈递增趋势,污水处理率却仅为 73%,全国 661 个城市中有 200 多个城市和绝大多数建制镇污水没有经过有效处理,直接排入江河湖海,还有不少城市已建的污水处理设施运行效益不佳.另外,全国有不少城市的污水处理厂因收集管网不配套、运行经费不到位等原因,运行负荷率很低,造成极大的浪费.

导致这种现状的原因是资金不足和效率不高,国家财政融资已经不能满足社会对污水处理的需求,目前污水处理厂的主要融资模式除国家财政融资以外,还有 BOT 以及 BOT 派生出的其他模式(如 TOT、BLT、BOOT 等)、金融机构信贷融资、资产证券化融资、市政债券融资等.

1 污水处理厂融资模式分析

* 收稿日期:2010-10-23
作者简介:戴丽琼(1972—),女,甘肃省西峰市人,会计师,硕士,研究方向:污水处理行业改制、水处理理论与技术

1.1 国家财政融资

财政融资方式是指财政部门作为资金供给者向资金需求部门融出资金的形式和方法. 政府为城市污水处理提供发展资金的优点是能够借助国家强制手段在短期内为污水处理设施筹集资金,在一定程度上保证了具有长远意义的城市污水处理项目的建设. 此外,政府融资以政府信用为担保,能够以低于市场利率的成本筹资. 但这一筹资方式也具有明显的局限性:(1)政府的财政投资受国家财力制约,是一种不足的资金来源;(2)政府的财政投资是一种不可靠的资金来源;(3)政府的财政投资对私人资本具有“挤出效应”.

1.2 金融机构信贷融资

金融机构信贷融资方式是指银行部门(包括非银行金融机构)作为资金供给者向资金需求部门融出资金的形式和方法. 银行贷款主要包括国内银行贷款和国际贷款,其中国内银行贷款长期以来是我国污水处理融资的主要渠道之一,特别是在经济体制改革以后银行贷款快速增长,在我国污水处理发展中发挥了积极的作用. 但从以往的经验分析来看,污水处理厂融资在金融机构信贷方式上只能更多的依靠国家开发银行和国际银行贷款,而二者都属于国家政策性资金,因此国家政策性资金与污水处理市场的衔接将是研究的重点.

1.3 BOT

BOT(Build-Operate-Transfer,建设-运营-移交)模式是指政府与投资者签订合同,由投资者组成的项目公司筹资和建设城市污水处理设施,在合同期内拥有、运营和维护该设施,通过收取污水处理费回收投资并取得合理的利润,合同期满后,投资者将运行良好的城市污水处理厂等无偿移交给政府. 这种融资方式减少了政府的直接财政负担,有利于转移、降低风险和提高运作效率. 但 BOT 方式过程复杂,周期长,融资成本高. 同时,采用这种融资方式需要加强政府的有效干预,防止投资者利用垄断经营制定垄断价格,损害公众利益.

1.4 资产证券化融资和市政债券融资

资产证券化是资产支持发行的证券,是以基础资产可预见的未来现金流为支撑在金融市场上发行证券的过程. 资产证券化运行的理论基础由 1 个核心原理和 3 个基本原理构成:现金流分析是资产证券化的核心原理;资产重组原理、风险隔离原理和信用增级原理是它的 3 个基本原理. 资产证券化作为一种有别于传统的融资方式,具有风险性较低、具备有效的信用保障和保险措施、融资成本低、产权没有发生变动等鲜明的特点.

市政债券是指地方政府或其授权代理机构发行的有价证券,所筹集资金用于城市基础设施项目的建设.

表 1 融资选择评价指标体系表

序号	一级评价指标	二级评价指标
1	经济因素 B_1	资金来源的可靠程度 C_1
		资金成本的高低 C_2
		筹资速度 C_3
		金融风险 C_4
2	政治因素 B_2	相关法律政策的完善度与稳定性 C_5
		政府的监管力度 C_6
3	市场因素 B_3	产品市场价格风险 C_7
		市场竞争风险 C_8
4	其他因素 B_4	提高管理效率的潜力 C_9
		提前满足人民需求的程度 C_{10}
		专业人员素质 C_{11}

市政债券由于整体风险较小而深受投资者青睐,是西方发达国家一种成熟的融资工具,已有 100 多年的发展历史,近年来许多发展中国家也在积极发行市政债券为城市的基础设施建设筹集资金. 但在我国由于受相关法律法规的限制,至今未能试行拓展.

2 AHP 在我国污水处理厂融资选择中的应用

2.1 层次分析法(AHP)概述

层次分析方法(analytic hierarchy process, AHP)是美国运筹学家沙旦(T. L. Saaty)于 20

世纪 70 年代提出的一种定性分析与定量分析相结合的多目标决策分析方法. AHP 作为管理方面的系统分析或系统评价方法,首先把分析或评价的对象层次化.它是根据问题的性质和评价的要求,将评价的问题分解为不同的组成因素或评价指标,并按照这些因素之间的相互关联、相互影响和隶属关系,将因素以不同层次进行聚集组合,形成一个多层次的、有明确关系的、条理化的分析评价结构模型.

2.2 评价指标选择

作者在遵循指标体系建立的科学性、可比性、可行性和适应性原则下,结合层次分析法的特点,建立了表 1 所示的评价指标体系.

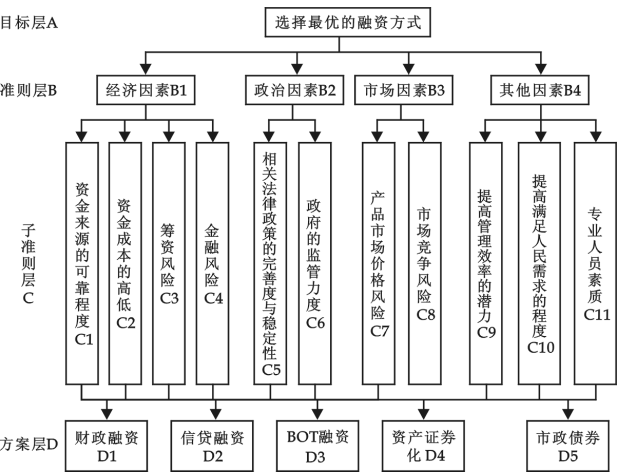


图 1 融资方案递阶层次结构图

A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
经济因素 B ₁	1	4	3	7
政治因素 B ₂	1/4	1	1/2	4
市场因素 B ₃	1/3	2	1	5
其他因素 B ₄	1/7	1/4	1/5	1

对各要素指标运用系统思想进行分析,划分目标层、准则层、方案层各个层次,建立融资方案递阶层次结构图如图 1 所示.

2.3 AHP 在污水处理融资方式选择中的应用

2.3.1 构造判断矩阵、层次单排序及一致性检验

(1)准则层对目标层的判断矩阵 A. 经计算可得满足 $AW=\lambda_{\max}W$ 的最大特征值为 $\lambda_{\max}=4.104\ 2$,对应的、经过归一化的特征向量 $W=(0.551\ 3,0.152\ 3,0.243\ 1,0.053\ 3)^T$, $CI=0.034\ 7,RI=0.96,CR=0.036\ 1<0.10$,通过了一致性检验.

(2)子准则层对准则层的判断矩阵 B

	B ₁	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
资金来源的可靠程度 C ₁	1	1/5	3	1/3	
资金成本的高低 C ₂	5	1	7	3	
筹资速度 C ₃	1/3	1/7	1	1/5	
金融风险 C ₄	3	1/3	5	1	

	B ₂	C ₅	C ₆
相关法律政策的完善度与稳定性 C ₅	1	1/3	
政府的监管力度 C ₆	3	1	

	B ₄	C ₉	C ₁₀	C ₁₁
提高管理效率的潜力 C ₉	1	4	2	
提前满足人民需求的程度 C ₁₀	1/4	1	1/2	
专业人员素质 C ₁₁	1/2	2	1	

	B ₃	C ₇	C ₈
产品市场价格风险 C ₇	1	3	
市场竞争风险 C ₈	1/3	1	

经计算可求得结果如表 2 所示.

表 2 最大特征值及对应的经过归一化的特征向量与一致性检验计算结果

	最大特征值 λ_{\max}	对应的经过归一化的特征向量	CI	RI	CR
B ₁	4.117	(0.117 5,0.565,0.055 3,0.262 2) ^T	0.039	0.9	0.043 3
B ₂	2	(0.25,0.75) ^T	0	0	—
B ₃	2	(0.75,0.25) ^T	0	0	—
B ₄	3	(0.571 5,0.142 8,0.285 7) ^T	0	0.58	0

当 RI 为 0 时,视 CR 值为 0,因此表 2 中的 CR 均小于 0.10,即通过一致性检验.

(3)方案层对子准则层的判断矩阵 C

表 3 判断矩阵 C 构成

	财政融资	信贷融资	BOT 融资	资产证券化	市政债券
资金来源的可靠程度 C ₁	不太稳定	数量足够但需要强有力的担保	可以吸收私人资金，有项目资产担保可获得银行贷款	可以进入资本市场吸收投资，限于法律约束不能吸引机构投资者	信用度高可以吸引企业和个人投资者
资金成本的高低 C ₂	一般不需要资金成本	较高	项目前期运作费用高、建设成本低	可以多个项目组成资产池，规模经济降低了资金成本	有一定成本，一般低于银行贷款利率
筹资速度 C ₃	能够迅速筹集所需资金	较快	前期招标复杂，申请贷款需要一定时间，速度较慢	有信用保障，在资本市场筹资较快	能够得到认购者积极响应，速度较快
金融风险 C ₄	没有汇率风险，受此因素影响较小	影响较大	外商投资时汇率风险影响较大	影响较大	影响较小
相关法律政策的完善度与稳定性 C ₅	较完善稳定	较完善稳定	不完善	不完善	不完善、甚至有抵触条款
政府的监管力度 C ₆	影响一般	影响一般	政府监管很重要	有一定影响	影响一般
产品市场价格风险 C ₇	影响不大	影响一般	影响很大	有影响	影响一般
市场竞争风险 C ₈	基本没有	很小	较大	较小	基本没有
提高管理效率的潜力 C ₉	较小	不参与管理，影响很小	私人资本投资效率较高	影响一般	较小
提前满足人民需求的程度 C ₁₀	较难	一般不会主动涉及污水处理业，影响很小	可以提前满足	可以提前满足	提前满足程度有限
专业人员素质 C ₁₁	影响较小	基本没影响	影响很大	影响很大	影响较小

根据表 3 建立方案层对子准则层的判断矩阵 C：

$$C_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 & 1/4 & 1/2 \\ 3 & 1 & 1/3 & 1/2 & 2 \\ 5 & 3 & 1 & 2 & 3 \\ 4 & 2 & 1/2 & 1 & 2 \\ 2 & 1/2 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}, C_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/4 & 1/3 & 1/2 \\ 5 & 1 & 1/2 & 2 & 3 \\ 4 & 1/2 & 1 & 2 & 3 \\ 3 & 1/2 & 1/2 & 1 & 2 \\ 2 & 1/2 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}, C_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/5 & 1/4 & 1/2 \\ 2 & 1 & 1/3 & 1/2 & 1 \\ 5 & 3 & 1 & 2 & 3 \\ 4 & 2 & 1/2 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix},$$

$$C_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/6 & 1/5 & 1 \\ 3 & 1 & 1/4 & 1/3 & 1 \\ 6 & 4 & 1 & 3 & 6 \\ 5 & 3 & 1/3 & 1 & 5 \\ 1 & 1 & 1/6 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}, C_5 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/5 & 1/6 & 1/5 \\ 2 & 1 & 1/3 & 1/4 & 1/3 \\ 5 & 3 & 1 & 1/3 & 1/2 \\ 6 & 4 & 3 & 1 & 2 \\ 5 & 3 & 2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}, C_6 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/6 & 1/5 & 1/2 \\ 2 & 1 & 1/5 & 1/3 & 1 \\ 6 & 5 & 1 & 2 & 5 \\ 5 & 3 & 1/2 & 1 & 5 \\ 2 & 1 & 1/5 & 1/5 & 1 \end{bmatrix},$$

$$C_7 = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/6 & 1/5 & 1 \\ 3 & 1 & 1/5 & 1/4 & 2 \\ 6 & 5 & 1 & 2 & 5 \\ 5 & 4 & 1/2 & 1 & 5 \\ 1 & 1/2 & 1/5 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}, C_8 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/5 & 1/4 & 1 \\ 2 & 1 & 1/4 & 1/4 & 2 \\ 5 & 4 & 1 & 3 & 5 \\ 4 & 4 & 1/3 & 1 & 4 \\ 1 & 1/2 & 1/5 & 1/4 & 1 \end{bmatrix}, C_9 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/6 & 1/6 & 1 \\ 2 & 1 & 1/5 & 1/5 & 2 \\ 6 & 5 & 1 & 2 & 7 \\ 6 & 5 & 1/2 & 1 & 6 \\ 1 & 1/2 & 1/7 & 1/6 & 1 \end{bmatrix},$$
$$C_{10} = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/6 & 1/6 & 1/4 \\ 2 & 1 & 1/5 & 1/5 & 1/2 \\ 6 & 5 & 1 & 1 & 3 \\ 6 & 5 & 1 & 1 & 3 \\ 4 & 2 & 1/3 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}, C_{11} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1/7 & 1/7 & 1 \\ 1/2 & 1 & 1/8 & 1/8 & 1/2 \\ 7 & 8 & 1 & 1 & 7 \\ 7 & 8 & 1 & 1 & 7 \\ 1 & 2 & 1/7 & 1/7 & 1 \end{bmatrix}.$$

经计算可求得结果如表 4 所示.

表 4 判断矩阵 C 的计算结果

	最大特征值 λ_{\max}	对应的、经过归一化的特征向量	CI	RI	CR
C_1	5.08	$(0.063, 0.166, 0.406, 0.25, 0.115)^T$	0.02	1.12	0.018
C_2	5.074	$(0.063, 0.378, 0.274, 0.179, 0.106)^T$	0.019	1.12	0.017
C_3	5.018	$(0.07, 0.133, 0.411, 0.253, 0.133)^T$	0.005	1.12	0.004
C_4	5.195	$(0.058, 0.11, 0.487, 0.273, 0.072)^T$	0.049	1.12	0.044
C_5	5.126	$(0.049, 0.085, 0.187, 0.417, 0.262)^T$	0.032	1.12	0.029
C_6	5.084	$(0.056, 0.096, 0.457, 0.303, 0.088)^T$	0.021	1.12	0.019
C_7	5.141	$(0.058, 0.114, 0.451, 0.312, 0.065)^T$	0.035	1.12	0.031
C_8	5.17	$(0.069, 0.111, 0.473, 0.278, 0.069)^T$	0.043	1.12	0.038
C_9	5.089	$(0.057, 0.094, 0.458, 0.336, 0.055)^T$	0.022	1.12	0.02
C_{10}	5.062	$(0.048, 0.078, 0.364, 0.364, 0.146)^T$	0.016	1.12	0.014
C_{11}	5.05	$(0.066, 0.042, 0.413, 0.413, 0.066)^T$	0.013	1.12	0.012

表 4 中的 CR 均小于 0.10,即通过了一致性检验.

2.3.2 层次总排序及一致性检验

根据层次总排序,子准则层 C 层元素通过准则层 B 层元素对目标层 A 元素的重要性可以表示成如表 5 所示的矩阵.

计算总排序的一致性指标 CI 和总排序的平均随机一致性指标 RI 的公式如下:

$CI=\sum_{k=1}^m a_k CI_k, RI=\sum_{k=1}^m a_k RI_k$

当 $CR=CI/RI\leqslant 0.10$ 时,认为层次总排序的一致性满意的.根据表 2 和表 5,可计算得出: $CR=(0.039\times 0.551\ 3)/(0.9\times 0.551\ 3+0.58\times 0.053\ 3)=0.040\ 8\leqslant 0.10$,通过了一致性检验.

同理,方案层 D 对目标层 A 元素的重要性也即方案层对于目标层的组合权数分配如表 6 所示.

表 5 层次总排序矩阵

	B_1	B_2	B_3	B_4	子准则层 组合权数
	0.551 3	0.152 3	0.243 1	0.053 3	
C_1	0.117 5				0.064 8
C_2	0.565				0.311 5
C_3	0.055 3				0.030 5
C_4	0.262 2				0.144 5
C_5	0.25				0.038 1
C_6	0.75				0.114 2
C_7			0.75		0.182 3
C_8			0.25		0.060 8
C_9				0.571 5	0.030 5
C_{10}				0.142 8	0.007 6
C_{11}				0.285 7	0.015 2

表 6 方案层对目标层的组合权数分配

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	组合 权数
	0.065	0.312	0.031	0.145	0.038	0.114	0.182	0.061	0.031	0.008	0.015	
D_1	0.063	0.063	0.07	0.058	0.049	0.056	0.058	0.069	0.057	0.048	0.066	0.06
D_2	0.166	0.378	0.133	0.11	0.085	0.096	0.114	0.111	0.094	0.078	0.042	0.194
D_3	0.406	0.274	0.411	0.487	0.187	0.457	0.451	0.473	0.458	0.364	0.413	0.388
D_4	0.25	0.179	0.253	0.273	0.417	0.303	0.312	0.278	0.336	0.364	0.413	0.263
D_5	0.115	0.106	0.133	0.072	0.262	0.088	0.065	0.069	0.055	0.146	0.066	0.095

根据表 4 和表 6,可计算出 $CR=0.025\leqslant 0.10$,通过一致性检验.

2.4 结论

由表 6 可以得出,方案 3 的组合权数最大,方案 1 的组合权数最小,按照层次分析法的原理,数值最高者为最优选择方案,方案 1 到方案 5 的组合权数分别是 0.06、0.194、0.388、0.263、0.095,即选择方案 3——BOT 模式进行融资为最佳融资方案,其次是资产证券化、吸收金融机构贷款、市政债券,最后为国家财政融资.分析结果与前文中分析的我国污水处理实践中以 BOT 模式为主导相一致.

当然,对于建设污水处理厂来说,由于考虑的因素比较多,操作比较复杂,而且项目公司、政府和投资者所站的角度不同,考虑的因素和侧重点不一样,因此现实操作中应根据建设项目的实际状况具体分析,才可以得出正确的结论.

3 完善污水处理多元化融资模式的建议

污水处理需求的增加与财政资金不足之间的矛盾表现出推进市场化融资的紧迫性,污水处理厂准经营性特征为其融资进行市场化改革提供了可能,所以在多元化的融资形式下要根据项目自身的特点和当地的实际情况合理运用各种融资模式,在拓展资金来源的基础上提高污水处理厂运营管理效率.综合上述分析,本文提出完善我国污水处理厂多元化融资模式的几点建议.

(1)引进外资的同时注重内资发展.用来吸引外资的 BOT 项目常常步入各种困境之中,如汇率风险问题、货币兑换的困难、国际惯例与国内现状的矛盾等等.如果一味的采用外资而排斥内资,会给 BOT 带来一系列的问题.近几年,随着我国水务行业的蓬勃发展,国内水务集团也不断壮大,这为污水处理厂实现内资 BOT 提供了条件.国内水务投资企业群体也已初步形成,经过多年的项目运作,已积累了比较丰富的经验,这些企业有能力按照国际标准完成基础设施项目的投资、建设及运营,能够为政府和市民提供良好的服务.

(2)改革污水收费制度,完善收费体系.我国城市征收污水处理费普遍存在收费标准低和缴费率低的问题.污水处理费的征收尺度取决于城市排污总量与环境自净能力的差值,也决定于地方政府财政与消费者支付之间的责任分摊比率.越是城市化程度高,人口密集的地区,环境自净能力越差,需要支付的处理费越高;地方政府承担的处理费越小,公众承担的部分越高.

按照“污染者付费”和“治理费用高于成本费用”的原则,投资商的回报最终来自广大市民缴纳的污水处理费,而且污水处理费必须达到合理的标准.由于我国经济发展的地区不均衡性,可以对经济发展较快地区,由市民及企业全部承担污水处理成本,同时对于收入较低的城市居民也可以由政府适当补贴,而对于经济发展落后地区,则应建立个人缴纳与政府补贴相结合的收费政策.

(3)建立“污水处理价格风险准备金”制度.考虑到投资者对未来收费风险的关注,同时也为了避免政府受将来不确定因素影响而可能发生的支付困难,政府可以建立“污水处理价格风险准备金”制度,或者与自来水收费一起建立“自来水价格风险准备金”,由自来水总公司以一定单价标准,按用户用水量依月提取,专户存储.“污水处理价格风险准备金”制度的建立,一方面解决了在以往 BOT 项目中,政府及其他指

定代理人虽同为首要义务人但却缺乏实质性履约保证的问题,进一步增强了投资者的信心;另一方面它变以往被动、滞后的风险补偿方式为积极、事前的风险预防措施,对于更好的维护双方利益,降低项目的市场风险起到了良好的促进作用。

(4)充分利用专业中介机构,培养水务专业人才。在逐步开放的投融资环境中,各种新型的融资方式不断出现。无论是 BOT 项目中特许权协议的制定,还是资产证券化过程中特殊目的载体的设立,都是一个复杂的系统工程,需要非常专业的知识。政府应该聘请社会专业的财务顾问和其他社会专业中介机构参与到项目的设计中来,以减少项目的风险。

凡是能由中介服务机构有效提供服务和发挥监管作用的领域,政府职能均应退出。逐步将政府有关部门承担的设计、咨询等中介业务的机构剥离出来,实行企业化经营,独立核算,自负盈亏。推进投资中介服务机构的改制步伐。同时要培养水务专业人才,包括法律、经济、金融、工程、项目管理等方面,为我国污水处理领域走向更专业化发展培养人才储备。

参 考 文 献

[1] 郝 勇,范君晖. 系统工程方法与应用[M]. 北京:科学出版社,2007:195-198.
[2] 叶仪成,柯丽华,黄德育. 系统综合评价技术及其应用[M]. 北京:冶金工业出版社,2006: 237-246.
[3] Stefano Gatti. Project finance in Theory and Practice[M]. Pittsburgh: Academic Press, 2007.
[4] 叶 桦. 水污染治理投融资研究[J]. 统计与决策,2008,(02):57-59.
[5] 刘淑红. 基于 AHP 法下的城市污水处理设施融资模式选择[J]. 城市管理与科技,2007,(01):48-51.
[6] X. J. Li. Study on investment and financing of sewage treatment enterprises in Beijing[J]. China Water & Waste Water, 2007, (05):39,40.
[7] 张丽彬,张 勇. 城市污水处理厂 BOT 项目投融资方式财务评估[J]. 工业安全与环保,2006,(06):53-55.
[8] 韩景旺. 利用 BOT 融资模式促进河北基础设施建设问题研究[J]. 宏观经济研究,2008,(05):52-57.

ANALYSIS OF FINANCING MODE IN THE URBAN SEWAGE
TREATMENT BASED ON ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

DAI Li-qiong

(Management School, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710072, China)

Abstract: In this paper, firstly, the current situation of urban sewage treatment is over-viewed, then the existing problems of the financing modes are pointed out. And then, the background, development status, merit and demerit of five financing modes are analyzed. And important factors which could affect the choice of mode are abstracted. Analytic hierar-chy process is taken to make decision to the five modes, and the result shows that BOT will be the leading of financing mode in this moment. Finally, consummate advices are brought forward aiming at actuality of sewage treatment in our country. This article provide a theo-retical guidance for Financing options and strategies of urban wastewater treatment.

Key words: sewage treatment; financing mode; AHP; BOT

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0106-06

基于 IMPES 方法数值模拟新型聚合物调驱技术

刘小波, 李晓军, 王端平

(中石化胜利油田分公司东辛采油厂, 山东 东营 257000)

摘 要: 为了优化海水介质分散型乳液调驱方案,并预测乳液调驱的效果,建立了海水介质分散型乳液调驱数学模型,并基于 IMPES 方法对模型进行了求解.该模型考虑了海水介质分散型乳液交联体系在高温高盐油藏中的反应动力学、渗透率下降系数和重力等因素,完善了交联体系的粘度描述.同时,以海洋采油厂馆上段为例,进行了注入参数、油藏参数、组分参数的敏感性分析,优化设计了矿场试验方案.结果表明:随着地层原油粘度增大,纵向横向渗透率差异越大,聚合物浓度越高,渗透率下降越大,不可及孔隙体积越大,段塞体积越大,转驱时机越早,调驱提高采收率的效果越明显;井组日增油 18.6 t,综合含水下降 5.6%,目前仍有效.

关键词: 海水介质分散型乳液;调驱;敏感性分析;数值模拟

中图法分类号: TE357.46 **文献标识码:** A

0 前 言

弱冻胶深部调驱是油田处于中高含水时期时将聚丙烯酰胺和交联剂按照一定的比例注入地层深部,形成可以流动的弱冻胶,在地层深部起到“调”与“驱”的双重作用^[1].目前,调驱技术已经成为陆上油田稳油控水的主导工艺之一.但是对于海上油田,由于受到平台空间小、淡水缺乏等因素的影响,限制了弱冻胶调驱技术在海上油田的应用.为此,研制了海水介质分散型乳液深部调驱体系,该体系具有溶解时间快、用海水配制、污染小等特点,能够满足海上油田调驱连续施工的需要.针对海水介质分散型乳液调驱体系的渗流特点和调驱机理,建立了反应其渗流规律的三维三相九组分数学模型,并编制了相应的数值模拟器,将其用于胜利油田海洋采油厂馆上段调驱先导试验中取得了较好的效果.

1 海水介质分散型乳液调驱体系

海水介质分散型乳液是丙烯酰胺单体在另外一种水溶性聚合物溶液当中发生聚合而生成的聚丙烯酰胺,其中另外一种水溶性聚合物及其水化水作为连续相(外相)包裹着作为分散相的聚丙烯酰胺及其水化水,分散相和连续相之间是有盐离子组成的界面膜,在常温下这种乳液体系是稳定的.它经过稀释“破乳”与预聚酚醛树脂发生交联反应,形成弱冻胶以满足调驱作用.由于该乳液具有有效含量高(>20%)、溶解时间快(10 min)等特点,无需大型溶解装置,能够满足海上平台连续施工的要求,因此更容易在海上油田推广应用.

2 海水介质分散型乳液调驱机理

海水介质分散型乳液体系在注入地层时,体系粘度较低,能够优先进入高渗透层,由于其成胶时间较

* 收稿日期:2010-11-17

作者简介:刘小波(1978—),男,山东省东营市人,工程师,硕士,研究方向:油气田开发

基金项目:中国石油化工股份有限公司 2007 年先导试验项目(资助号:60—2007—jn—00051)

长,可以保证其进入地层深部,在地层中乳液体系发生交联反应形成弱冻胶.后续注入水不能进入已被弱冻胶占据的孔道,被迫转向进入未被波及的体积,提高了波及效率,弱冻胶起到“调”的作用^[2,3].由于水的粘度小,在足够大的压差作用下,它可冲开并携带某些弱冻胶沿阻力小的孔道继续向前“运移”,形成流动通道,这时弱冻胶起到“驱”的作用;向前“运移”的弱冻胶遇到较小孔道再次停留,进而扩大波及效率,因此海水介质分散型乳液体系具有“调”和“驱”的双重作用.

3 海水介质分散型乳液渗流数学模型

3.1 基本假设

基本假设:等温渗流;遵循达西定律;流体只包括油、气、水三相;气相中只有气组分;油相中含有油组分和气组分;除油、气组分外,其余的组分均在水相中;各相间的平衡在瞬间完成;岩石和流体为微可压缩流体;遵循 Langmuir 等温吸附,且吸附过程不可逆.

3.2 基本数学方程

油相渗流方程

$$\nabla \cdot \left[\frac{\rho_o K K_{ro}}{\mu_o B_o} (\nabla P_o - \gamma_o \nabla D) \right] + \rho_o q_o = \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{\phi \rho_o S_o}{B_o} \right] \quad (1)$$

气相渗流方程

$$\nabla \cdot \left[\frac{K K_{rg} \rho_g}{\mu_g B_g} (\nabla P_g - \gamma_g \nabla D) \right] + \nabla \cdot \left[\frac{K K_{rg} \rho_g}{\mu_g B_g} (\nabla P_g - \gamma_g \nabla D) \right] + q_g = \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{\phi S_o \rho_{gs}}{B_o} \right] + \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{\phi S_g \rho_g}{B_g} \right] \quad (2)$$

水相渗流方程

$$\nabla \cdot \left[\frac{\rho_w K K_{rw}}{R_k \mu_w B_w} (\nabla P_w - \gamma_w \nabla D) \right] + q_w = \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{\phi \rho_w S_w}{B_w} \right] \quad (3)$$

式中: D —某一基准面算起的深度,与重力加速度方向相同; P_o —油相压力,MPa; K —岩石绝对渗透率, $10^{-3} \mu\text{m}^2$; K_{ro} —油相相对渗透率, $10^{-3} \mu\text{m}^2$; μ_o —原油粘度, $\text{mPa} \cdot \text{s}$; B_o —原油体积系数; γ_o —原油的重度; ρ_g —气体在地层状态下的密度,等温条件下只是压力的函数; ρ_{gs} —地下单位体积原油中气体溶解质量; P_w —水相压力,MPa; K_{rw} —水相相对渗透率, $10^{-3} \mu\text{m}^2$; μ_w —水相的粘度, $\text{mPa} \cdot \text{s}$; B_w —水的体积系数; γ_w —水的重度; R_k —渗透率下降因子.

3.3 物理化学数学描述

海水介质分散型乳液体系进行调驱过程中包含了聚合物和地层、聚合物和交联剂、弱冻胶与地层的作用过程,涉及的物理化学过程十分复杂.为了简化模型,只考虑了几个重要方面.

(1)交联体系的粘度.乳液交联体系与弱冻胶混合后水相粘度为:

$$\mu_w = \begin{cases} \mu_p & t < t_{\text{gel}} \\ \frac{C_p}{C_p + C_g} \mu_p + \frac{C_g}{C_p + C_g} \mu_g & t > t_{\text{gel}} \end{cases} \quad (4)$$

式中: C_p —乳液聚合物质量浓度,%; C_g —交联剂的质量浓度,%; μ_p —乳液聚合物的粘度, $\text{mPa} \cdot \text{s}$; μ_g —弱冻胶的视粘度, $\text{mPa} \cdot \text{s}$; t_{gel} —成胶时间, h.

成胶前,交联体系的流变性与拟塑性流体相似:

$$\mu_p = K \gamma^{n-1} \quad (5)$$

式中: K —稠度系数, γ —剪切速率, n —幂指数.

成胶后,交联体系粘度与剪切速率的关系采用 Meter 方程进行描述:

$$\mu_g = \mu_\infty + \frac{\mu_0 - \mu_\infty}{1 + (\gamma/\gamma_{1/2})^{n-1}} \quad (6)$$

式中: μ_0 —无剪切速率时的粘度, μ_∞ —无限大剪切速率时的粘度; γ —剪切速率; $\gamma_{1/2}$ —当 $\mu = \frac{1}{2} \mu_0$ 时

的剪切速率; n —非牛顿流体的幂律指数, $1.0 \leq n \leq 1.8$.

(2) 渗透率下降系数. 渗透率下降因子^[4]由式(7)给出:

$$R_k = 1 + \frac{(R_{k\max} - 1) b C_p}{1 + b C_p} \quad (7)$$

式中: $R_{k\max}$ —理想状况下渗透率降低值,无因次; b —常数.

(3) 不可及孔隙体积. 受高分子物质分子结构、高分子浓度、储层孔隙结构等因素的影响,高分子物质只能进入多孔介质中较大的孔隙空间^[5]. 不可及孔隙体积系数 ϕ_{IPV} 为:

$$\phi_{IPV} = \frac{\phi - \phi_p}{\phi} \quad (8)$$

式中: ϕ —孔隙度, ϕ_p —交联体系可到达部分的孔隙度.

(4) 降解的描述. 其降解速率^[6]由式(9)计算:

$$\frac{dC_g}{dt} = -k_d \cdot C_g \quad (9)$$

(5) 吸附与滞留. 乳液体系在地层中的吸附一般用 Langmuir 等温吸附模型来描述^[7],且假设吸附为不可逆:

$$q_p = q_p^0 \frac{a C_p}{1 + b C_p} \quad (10)$$

式中: q_p —乳液聚合物在岩石相的吸附量; q_p^0 —乳液聚合物在岩石相的最大吸附量; a, b —平衡吸附常数,由实验室测定.

(6) 三相相对渗透率方程. 油藏中出现三相流动时,水相相对渗透率只是水饱和度的函数,从油水相渗透率曲线中求得,气相的相对渗透率从油气相渗透率曲线求得. 油的润湿性介于气、水相之间,其相对渗透率是水饱和度和气饱和度的二元函数,采用 Stone 公式计算:

$$K_{ro} = K_{ro\omega} \left[\left(\frac{K_{ro\omega}}{K_{ro\omega}} + K_{rw} \right) \left(\frac{K_{rog}}{K_{ro\omega}} + K_{rg} \right) - K_{rg} - k_{rw} \right] \quad (11)$$

(7) 反应动力学方程. 在乳液体系交联反应过程中,聚合物和交联剂不断消耗,弱冻胶不断产生. 鉴于问题的复杂性,为了描述该过程,假定单位时间内消耗的聚合物和交联剂全部生成弱冻胶. 对于海水介质分散型乳液交联体系在高盐高温油藏的应用,其交联过程可用反应动力学规律描述^[8,9]:

$$\begin{aligned} C_p &= C_p^0 [1 + (m+n-1) \cdot K_p \cdot (C_p^0)^{m-1} \cdot (C_c^0)^n \cdot t]^{\frac{1}{m+n-1}} \\ C_c &= C_c^0 [1 + (m+n-1) \cdot K_c \cdot (C_p^0)^{m-1} \cdot (C_c^0)^n \cdot t]^{\frac{1}{m+n-1}} \\ C_g &= (C_p^0 + C_c^0) \left\{ 1 - [1 + (m+n-1) \cdot K_g \cdot (C_p^0)^{m-1} \cdot (C_c^0)^n \cdot t]^{\frac{1}{m+n-1}} \right\} \end{aligned} \quad (12)$$

式中: K_p, K_c —聚合物和交联剂的化学反应速度常数,其单位依反应级数而定; m, n —反应阶数,式中负号表示质量消耗; C_c^0 分别为某时间间隔开始时聚合物和交联剂的浓度,mg/L.

黎钢^[10]等人总结出聚丙烯酰胺与水溶性酚醛树脂交联体系的反应动力学关系式为:

$$\ln(\mu_a - \mu_{a0}) = n \cdot \ln m t \quad (13)$$

式中: μ_{a0} —乳液交联体系的初始粘度值, mPa·s; 当 70 °C 时, $n=0.9$; $m=2.94$.

4 模型的应用

对于上述非线性偏微分方程和各种辅助方程组成的方程组,通过有限差分方法将其变为差分方程^[11],采用预处理共轭梯度隐式求解压力方程,然后再显式求解饱和度(即 IMPES 方法),接着利用 Leonard 方法求解组分浓度方程,进而计算相关物化参数,最后计算下一步时间步的压力方程系数,开始新的循环. 根据建立的数学模型,应用 Fortran 软件编制了相应的油气水三相九组分数值模拟器. 该模拟器具有水驱、聚合物驱、乳液体系调驱的功能,有效地克服了数值弥散和震荡,提高了计算的可靠性.

4.1 基础数据

根据埕岛油田的油藏特征,采用正韵律的剖面模型,平面上均质,模型长 300 m,宽 200 m,油层厚度 10 m,油层深度为 1 500 m,平面上分为 30×10 个网格,纵向上分为 5 个网格,单元格厚度为 2 m.

4.2 敏感性分析

室内物理模拟实验表明,随着地层原油粘度增加,注入流体与地层流体之间的流度差异大,注入流体“指进”现象加剧,导致采收率降低,但是提高采收率值增加,如图 1(a)所示;随着聚合物质量浓度的增加,交联体系调驱提高采收率的幅度增加,如图 1(b)所示;随着渗透率下降系数的增加,调驱效果越明显,如图 2(a)所示;随着注入段塞尺寸的增加,提高采收率增加,当段塞尺寸达到一定数值时,曲线趋于平缓,提高采收率值的增大趋势变缓.考虑经济因素,在进行乳液交联体系方案设计时最佳注入体积为 0.4~0.6 PV,如图 2(b)所示.

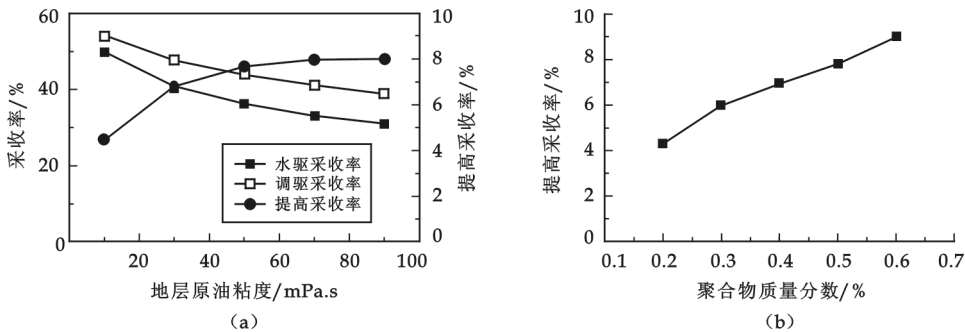


图 1 地层原油粘度及聚合物质量浓度对采收率的影响

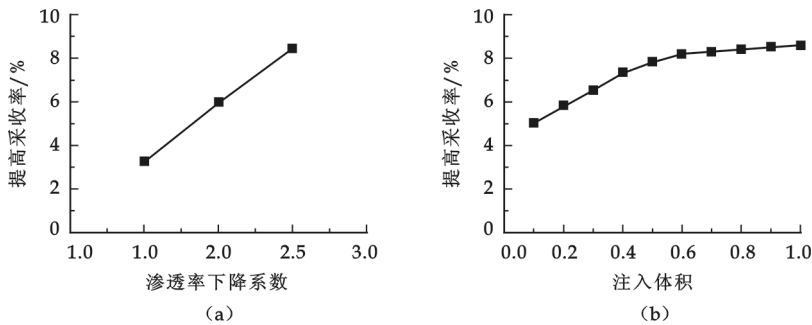


图 2 渗透率下降系数及注入体积对采收率的影响

4.3 方案优化

针对埕岛油田的特定地质和流体特征,结合开发历史数据,在油藏精细地质建模和水驱历史拟合的基础上,设计了 9 个交联体系调驱效果预测方案.区块综合调驱的经济效益可用整体调驱吨聚增油和投入产出比指标来表征.

吨聚增油计算如下:

$$\Delta \bar{Q}_o = \frac{\Delta Q_o}{M_p} \tag{14}$$

投入产出比计算如下:

$$R = \frac{e_2 Q_p + e_3 + e_4 + e_5}{e_1 \Delta Q_o} \tag{15}$$

表 1 不同注入方案的调驱开发效果对比

方案	注入量/m ³	阶段增油/t	吨聚增油/t	投入产出比
1:1:1	500	1 262	126.2	1:6
1:1:1	1 000	2 238	111.9	1:9
1:1:1	1 500	2 937	97.9	1:9
3:4:3	500	1 700	170	1:8
3:4:3	1 000	2 726	136.3	1:11
3:4:3	1 500	3 639	121.3	1:11
4:3:3	500	2 063	206.3	1:10
4:3:3	1 000	3 338	166.9	1:12
4:3:3	1 500	4 021	134.2	1:12

式中: $\Delta\bar{Q}_o$ —吨聚增油量, t/t; M_p —聚合物用量, t; e_1 —原油单价, 元/t; e_2 —单方调驱剂价格, 元/m³; e_3 —施工费, 元; e_4 —施工作业费, 元/口; e_5 —测试费, 元; $\Delta\bar{Q}_o$ —调驱后的净增油量, t; Q_p —调驱剂用量, t; R —投入产出比。

选择聚合物溶液质量浓度为 4 000 mg/L, 交联剂质量浓度分别为 6 000 mg/L, 8 000 mg/L, 10 000 mg/L 的酚醛树脂弱冻胶交联体系, 分别设计 3 个不同注入段塞, 远井地带: 过渡地带: 近井地带分

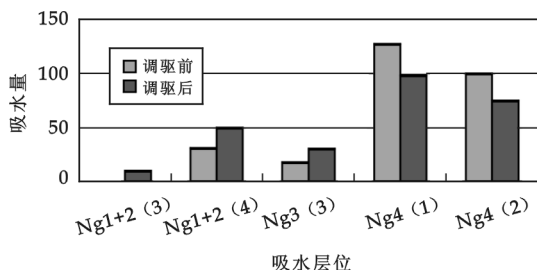


图 3 CB1B-6 调驱前后吸水剖面对比

别为 1:1:1, 3:4:3, 4:3:3。总体上可以考察不同段塞注入体积对增油量和开发效果的影响, 设计的注入量分别为 500 m³、1 000 m³、1 500 m³。方案设计的预测结果见表 1。

从表 1 可以看出, 注入 1 000 m³ 交联体系, 远井地带: 过渡地带: 近井地带的段塞体积比为 4:3:3 是比较合适的调驱方案, 交联体系吨聚增油 166.9 t, 投入产出比为 1:12。

4.4 矿场应用实例

CB1B-6 井于 1999 年 8 月 27 日投产, 并于 2005 年 9 月

23 日转为注水井, 调驱层位于馆上段, 吸水层厚度为 36 m, 平均渗透率为 $1\ 108.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 平均孔隙度为

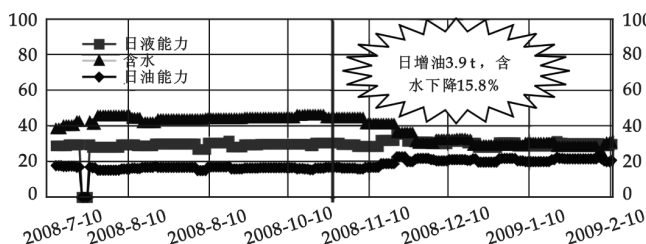


图 5 CB1B-7 井采油曲线图

36.98%, 泥质含量为 9.96%。该井于 2008 年 10 月采用新型的海水介质分散型乳液体系进行连续调驱作业, 严格按照方案设计施工, 注入聚合物乳液 20.1 t, 交联剂 6.84 t。

4.5 注水井吸水剖面变化

施工后, 在配注量不变的情况下, CB1B-6 注水压力由施工前的 5.6 MPa 升至 7.2 MPa,

对比了调驱前后注水井 CB1B-6 的吸水剖面, 如图 3 所示。

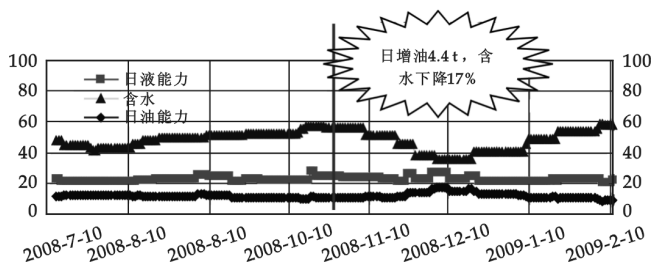


图 4 CB1B-5 井采油曲线图

从图 3 可以看出, 调驱后, 原来主要吸水层 Ng4¹、Ng4² 的吸水量由 82.4% 下降到 65.8%, 有效地启动了原来未吸水层, 说明调驱效果明显。

CB1B-6 对应油井已经见效, 井组平均日增油 18.6 t, 含水平均下降 5.6%, 其中 CB1B-5、7 井增油降水效果最为明显。图 4、图 5 分别为 CB1B-5、CB1B-7 的采油曲线图。截止目前调驱

效果仍然有效, 井组已累积增油 2 000 t, 从以上调驱前后的资料对比来看, 本次施工效果较好。可望在海上油田进行推广应用。

5 结论

(1) 通过研究海水介质分散型乳液交联体系在高盐油藏条件下的反应动力学, 进一步完善了交联体系在地层中的粘度描述, 全面考虑了降解、吸附、渗透率下降系数等交联体系的物化机理, 在考虑重力影响的条件下建立了海水介质分散型乳液交联体系在多孔介质中的三维三相九组分渗流数学模型。

(2)根据所建立的海水介质分散型乳液交联体系的渗流数学模型,以埕岛油田馆上段油藏为基础模型,定量分析了调驱效果的影响因素.通过分析得出,随着地层原油粘度的增大,聚合物浓度越高,渗透率下降越大,段塞体积越大,调驱提高采收率的效果越明显.

(3)通过在CB1B-6井试验后,并组日增油18.6 t,综合含水降低5.6%,在配注量不变的情况,注水井注水压力大约增加1.5 MPa,试验效果明显.海水介质分散型乳液能够满足海上油田开发中后期调驱的要求,为发展近海油田水驱后提高采油速度新技术提供一条新思路.

参考文献

- [1] 熊春明,唐孝芬.国内外堵水调剖技术最新进展及发展趋势[J].石油勘探与开发,2007,34(01):83-88.
- [2] 陈铁龙,周晓俊,赵秀娟,等.弱凝胶在多孔介质中的微观驱替机理[J].石油学报,2005,26(5):74-76.
- [3] Shen Pingping, Han Dong, Wei Li. Experimental Evidences for the Mobility of Weak Gel in the Porous Media[R]. Beijing, China, SPE64729, 2000.
- [4] 雷占祥,陈月明,冯其红,等.聚丙烯酰胺反相乳液深部调驱数学模型[J].石油学报,2006,27(5):103-105.
- [5] 朱维耀.交联聚合物防窜驱油组分模型模拟器[J].石油勘探与开发,1996,23(1):43-46.
- [6] 徐兵,程林松.弱冻胶调驱数值模拟[J].计算物理,2005,22(3):163-169.
- [7] 侯健,李振泉,王玉斗,等.考虑扩散和吸附作用的聚合物驱替过程渗流数值模拟[J].计算物理,2003,20(3):239-244.
- [8] 李先杰,侯吉瑞,岳湘安,等.剪切与吸附弱凝胶深部调驱作用的影响[J].中国石油大学学报(自然科学版),2007,31(6):147-150.
- [9] 朱怀江,刘玉章,樊中海,等.动态过程对聚合物酚醛交联体系成胶机理的影响[J].石油勘探与开发,2002,28(6):60-63.
- [10] 黎钢,郝立根,杨芳,等.聚丙烯酰胺/酚醛树脂的胶凝反应动力学探讨[J].应用化学,2003,20(4):391-393.
- [11] Yuan Shiyi, Han Dong, Wang Qiang. Numerical Simulation Study on Weak Gel Injection[R]. SPE64291, 2000.

NUMERICAL ANALOGUE TECHNOLOGY OF PROFILE CONTROL AND FLOODING BY NEW POLYMER BASED ON THE IMPES METHOD

LIU Xiao-bo, LI Xiao-jun, WANG Rui-ping

(China Petroleum and Chemical Corporation Shengli Oilfield Subsidiary Company, Dongying 257000, China)

Abstract: A numerical simulation for combination in-depth profile control and flooding of brine based dispersant type emulsion was developed to optimize construction scheme and predict the recovery rate. The model considered the kinetics of gelation reaction between polymer emulsion cross linked system in condition of high temperature and salinity, permeability reduction factor and gravity *et al.* And The model improved the viscosity description of cross linked system. For Haiyang oil production example, analysed the effect of injecting parameters and reservoir characteristics on the results. Meanwhile completed optimization procedure to field experiment scheme. Results demonstrated that the more oil recovery the field experiment enhanced, in the wake of the more viscosity of crude oil, the more polymer concentration, the more permeability reduction factor, the more slug size. Crude output of well array increased about 18.6 t. Composite water cut decreased by 5.6%. At present, experiment is valid.

Key words: brine based dispersant type emulsion; combination of profile control and flooding; sensitivity analysis; numerical simulation

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0112-00

安塞油田长 10 油层组砂岩粒度与沉积环境的关系

刘正伟^{1,2}, 李文厚¹, 张 龙², 王 博³, 李永锋²

(1. 西北大学地质学系, 陕西 西安 710069; 2. 长庆油田分公司第一采油厂, 陕西 延安 716000; 3. 长庆油田公司勘探开发研究院, 陕西 西安 710018)

摘 要:粒度是沉积物和沉积岩的主要特征,反映了沉积作用的流体力学性质,是分析与对比沉积环境的依据.作者利用安塞油田长 10 油层组的粒度分析资料,通过对长 10 油层组砂岩的粒级分布、粒度特征参数、粒度判别函数、结构参数散点图解、粒度概率累积曲线、C-M 图解等的分析,认为安塞油田长 10 层段中、细砂岩分选较好,以正偏态为特征,说明长 10 砂岩沉积时的水动力能量较强,根据粒度概率累积曲线可划分为三段式和两段式两种类型,其中两段式又可分为两段式Ⅰ型和两段式Ⅱ型,反映了牵引流沉积的特征,并识别出安塞油田长 10 油层组为河流-三角洲沉积.

关键词:砂岩粒度分析;沉积环境判别;长 10 油层组;安塞油田

中图分类号:TE122.2 **文献标识码:**A

0 引 言

长 10 油层组是安塞油田近年来发现的新含油层系,近年来的勘探开发为地质研究提供了丰富的基础资料.研究区取心资料丰富,为利用砂岩粒度分析判别沉积环境提供了良好的物质基础.本文以安塞油田长 10 油层组砂岩为例,通过对粒度参数特征、粒度判别函数、C-M 图解和概率累积曲线形态等特征的分析,对砂岩粒度特征与沉积环境判别进行了讨论.

1 区域地质背景

鄂尔多斯盆地延长组长 10 油层组属于中三叠世晚期到晚三叠世早期沉积,与早期纸坊组呈区域性平行不整合.长 10 期盆地强烈下陷,沉积环境巨变,水体加深,流速加快,碎屑物质快速充填,沉积地层厚度大,粒度粗,河流冲积沉积体系广覆盆地大部分地区,沉积体多期沉积,冲刷作用强^[1].安塞油田位于鄂尔多斯盆地东部,地质区划上属陕北斜坡.沉积物中层理类型丰富多样,发育槽状交错层理、板状交错层理、平行层理等.

2 砂岩粒度与沉积环境分析

沉积物的粒度分布主要受搬运介质、搬运方式、沉积环境等因素的控制^[2,3],因此通过对沉积物的粒级分布、粒度特征参数、粒度判别函数、C-M 图解和概率累积曲线等研究可分析沉积物所处的沉积环境.

* 收稿日期:2010-10-26
作者简介:刘正伟(1980—),男,在读硕士生,研究方向:沉积学与石油地质学
基金项目:国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2003CB214602),长江学者和创新团队发展计划项目(IRT0559)

2.1 粒级分布

沉积物粒度分布是物质来源、沉积区水动力环境、输移能力和输移路线的综合反映^[4]. 由物源区进入沉积区碎屑物往往粗细不一,在水动力较强的地方沉积物较粗;反之,在水动力条件较弱的地方沉积物较细^[5]. 安塞油田长 10 油层组粒级以细砂-中砂为主,细砂含量 57.39%,中砂含量 16.16%,粗砂岩含量 16.16%,反映出沉积物距离物源区不远,水动力条件中等.

2.2 粒度特征参数

福克等专家学者认为平均粒径 M_z 、标准偏差 σ 、偏度 SK_1 、峰度 K_G 等参数可以反映粒度特征^[6]. 由于每一个粒度参数都以一定的数值定量地表示碎屑物质的粒度特征,因此这对于判断沉积物质搬运时的水动力条件、鉴别沉积环境的依据提供了良好的分析条件.

(1)平均粒径(M_z):表示粒度分布的集中趋势. 根据福克的定义,平均粒径为:

$$M_z = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{50} + \varphi_{84}}{3}$$

(2)标准偏差(σ):表示颗粒分选程度的度量. 标准偏差公式为:

$$\sigma = \frac{\varphi_{84} - \varphi_{16}}{4} + \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{6.6}$$

用标准偏差确定分选级别的标准为:分选极好,偏差值 < 0.35;分选好,偏差值 0.35~0.50;分选较好,偏差值 0.50~0.71;分选中等,偏差值 0.71~1.00;分选较差,偏差值 1.00~2.00;分选差,偏差值 2.00~4.00;分选极差,偏差值 > 4.00.

(3)偏度 SK_1 :偏度被用来判别粒度分布的不对称程度. 偏度公式为:

$$SK_1 = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{84} - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{84} - \varphi_{16})} + \frac{\varphi_5 + \varphi_{95} - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{95} - \varphi_5)}$$

福克(1966)按偏度值 SK_1 将偏度分为 5 级:很负偏态,偏度值 -1~-0.3;负偏态,偏度值 -0.3~-0.1;近于对称,偏度值 -0.1~0.1;正偏态,偏度值 0.1~0.3;很正偏态,偏度值 0.3~1.

(4)峰度 K_G :用来衡量粒度概率曲线的尖锐程度,也就是度量粒度分布的中部与两尾端的展形之比. 峰度公式为:

$$K_G = \frac{\varphi_{95} + \varphi_5}{2.44(\varphi_{75} - \varphi_{25})}$$

福克等用 K_G 值确定了峰值的等级界限:很平坦,峰度值 < 0.67;平坦,峰度值 0.67~0.9;中等(正态),峰度值 0.90~1.11;尖锐,峰度值 1.11~1.56;很尖锐,峰度值 1.56~3.00;非常尖锐,峰度值 > 3.00. 表 1 为安塞地区长 10 油层组段 39 块样品图像粒度分析统计的特征参数. 表中粒度均值介于 1.26~3.23 Φ ,平均为 2.30 Φ ;标准偏差介于 0.47~0.96,平均为 0.666 Φ ;偏度介于 0.34~2.37,平均为 1.016;尖度(峰度)介于 2.88~8.83,平均为 5.483. 统计结果表明,长 10 层段砂岩主要为细砂岩、中细砂

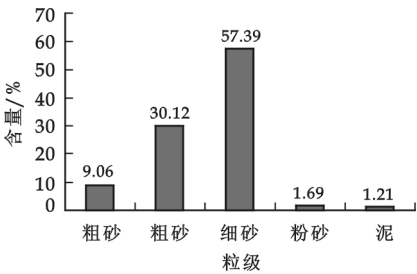


图 1 安塞油田长 10 油层组粒级分布直方图

表 1 安塞地区长 10 油层组粒度特征参数表

井号	取样深度/m	平均值	标准偏差	偏度	尖度
G32	1 656.72	2.86	0.6	0.38	3.22
G31	1 745.2	2.97	0.47	0.75	4.06
G34	1 824.02	1.97	0.9	0.81	4.91
G35	1 653.80	1.96	0.68	1.25	5.06
G44	2 252.21	1.53	0.6	1.62	7.71
G52	1 651.86	1.62	0.89	1.9	8.34
W519	1 710.3	3.2	0.51	0.06	3.4
G18-23	1 691.6	2.29	0.77	1.52	5.84
G16-19	1 764.45	2.6	0.5	0.64	4.63
G19-16	1 683.76	2.94	0.58	1.67	7.1
W18-006	1 700.58	2.7	0.59	0.54	4.00
G31-13	1 663.02	2.17	0.66	1.26	6.01
G45-03	1 892.53	2.34	0.58	1.28	5.33
G31-13	1 667.6	2.29	0.71	1.61	7.16

岩结构,分选中等~较好,以正偏态为特征,并且峰值以很尖锐.由此可见,长 10 砂岩沉积时的水动力能量较强,颗粒分选中等~较好也反映出沉积物距离物源区具有一定的距离.

2.3 粒度判别函数分析

萨胡根据大量粒度分析资料统计,求出不同沉积环境下沉积物的平均粒径、标准偏差、偏度和尖度这 4 个粒度参数的变化以及一个沉积物内 4 个参数间的关系,得出 4 个综合公式和关系图,以区别沙丘、海滩、浅湖、河流和浊流这 5 种常见的沉积物.应用判别公式的优点在于,只要少量的样品或一个样品的粒度参数资料即可提供解释环境的参考价值.判别公式如表 2 所示.

表 2 鉴别沉积环境的粒度参数综合公式

鉴别沉积环境	判别公式	鉴别质 Y
风成与海滩	(1)Y 风成: 海滩= $-3.568\ 8\bar{X}_\phi+3.701\ 6\sigma_\phi^2-2.076\ 6S_K+3.113\ 5K_\phi$	风成 $Y<-2.741\ 1$ 海滩 $Y>-2.741\ 1$
海滩与浅湖	(2)Y 海滩: 浅湖= $15.663\ 4\bar{X}_\phi+65.709\ 1\sigma_\phi^2-18.107\ 1S_K+18.504\ 3K_\phi$	海滩 $Y<65.365\ 0$ 浅湖 $Y>65.365\ 0$
浅湖与河流	(3)Y 浅湖: 河流= $0.285\ 2\bar{X}_\phi+8.760\ 4\sigma_\phi^2-4.893\ 2S_K+0.048\ 2K_\phi$	浅湖 $Y>-7.419\ 0$ 河流 $Y<-7.419\ 0$
河流与浊流	(4)Y 河流: 浊流= $0.721\ 5\bar{X}_\phi+0.403\ 0\sigma_\phi^2+6.732\ 2S_K+5.292\ 7K_\phi$	河流 $Y>9.843\ 3$ 浊流 $Y<9.843\ 3$

注:计算公式主要依据福克和沃德(Folk and Ward,1957)提出的粒度参数(平均值: \bar{X}_ϕ ;标准偏差: σ_ϕ ;偏度: S_K ;尖度: K_ϕ);判别公式参照 Basanta, k. s. (1964)的环境判别公式.

根据萨胡(Sahu,1964)沉积环境判别公式(3)和公式(4)判别沉积环境,公式(3)统计认为,如果 $Y>-7.419\ 0$,则判断沉积环境为浅湖(海)相沉积;如果 $Y<-7.419\ 0$,则判断沉积环境为河流相沉积.公式(4)统计认为,如果 $Y>9.843\ 3$,则判断沉积环境为河流相沉积;如果 $Y<9.843\ 3$,则判断沉积环境为浊流相沉积.长 10 油层的粒度参数计算结果表明, Y_3 反映沉积环境为河流湖泊相沉积, Y_4 反映沉积环境为河流相沉积,说明长 10 油层组属于河流-三角洲沉积.

2.4 结构参数散点图解

沉积物的粒度分布受沉积时水动力条件的控制,是反映原始沉积状态的直接标志,可直接提供沉积时的水动力条件,是判别沉积环境的重要相标志之一^[7-9].根据矩法和图像法所得粒度分析测定资料所得出的粒度平均值(\bar{X}_ϕ)、标准偏差(σ_ϕ)、偏度(S_K)和尖度(K_ϕ),对照弗里德曼的粒度统计参数离散图分析,得出长 10 油层组为河流沉积.上述环境判别值 Y_3 和 Y_4 ,所得长 10 粒度参数判别结果也基本落入河流沉积范围,与投点结果相符合.

2.5 粒度概率累积曲线

粒度概率累积曲线可以较好地区分颗粒的搬运性质和水流强弱及有无回流等特点^[10,11].砂岩颗粒的搬运方式可以分为滚动、跳跃和悬浮搬运 3 类,在曲线上可分别连成各自的线段,组成 3 个次总体,线段的斜率反映了该次总体的分选性,斜率大,分选性好;斜率小,分选性差^[12].

根据安塞地区长 10 砂岩储层的粒度分析绘制了概率累积曲线,经综合分析为三段式.

研究区目的层段内,部分样品粒度概率图上有滚动搬运组分,这是相对粗粒的组分,但三段式概率累积曲线以跳跃总体为主,斜度在 $60^\circ\sim70^\circ$ 之间,分选中等,与滚动总体的截点在 $0.75\sim2.0\phi$ 之间,与悬浮总体的截点在 $2.75\sim4.0\phi$ 之间;其次为悬浮次总体,斜度在 $10^\circ\sim35^\circ$ 之间;还有较少部分的滚动次总体部分,其斜度在 $15^\circ\sim35^\circ$ 之间.三段式结构为典型的牵引流沉积,反映了沉积物沉积时水动力能量强,河道底

部发育底冲刷明显(图 2)。

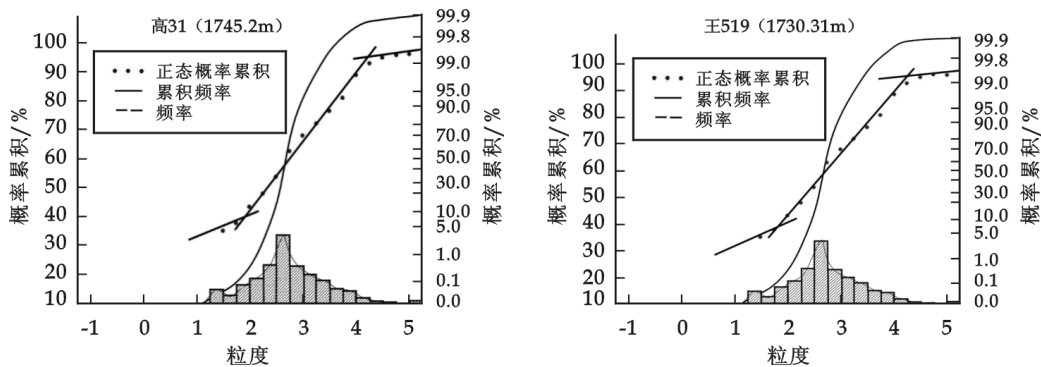


图 2 安塞油田长 10 砂岩结构粒度概率累积曲线

2.6 C-M 图解

C-M 图是应用每个样品的 C 值和 M 值绘成的图形, C 值是累积曲线上颗粒含量 1% 处对应的粒径, M 值是累积曲线上 50% 处对应的粒径. C 值与样品中最粗颗粒的粒径相当, 代表了水动力搅动开始搬运的最大能量; M 值是中值, 代表了水动力的平均能量^[16]. Passega 将搬运沉积物的底流分为牵引流和浊流两种形式. 牵引流是以滚动或悬浮两种方式搬运沉积物的, 而浊流主要以悬浮方式搬运沉积物. 牵引流沉积的典型图形可划分为 N-O-P-Q-R-S 各段; 而浊流沉积的 C-M 图是很好的平行于 C=M 基线的图形. 研究区长 10 油层组段碎屑岩粒度并分析 C-M 图发现, 总体上为牵引流沉积模式, 图中 PQ 段以悬浮搬运为主, 但含有少量滚动搬运组分; 组分含量最多的 QR 段代表递变悬浮沉积, 递变悬浮搬运是指在流体中悬浮物质由下向上粒度逐渐变细, 密度逐渐变低, 它最大的一个特点就是 C 与 M 成比例的增加, 从而使这段图形与 C=M 基线平行(图 3). 在 C-M 图中, C 值与 M 值的差异不是很大, 说明沉积物分选较好, 同时也说明沉积物与河流-三角洲相沉积特征较为吻合。

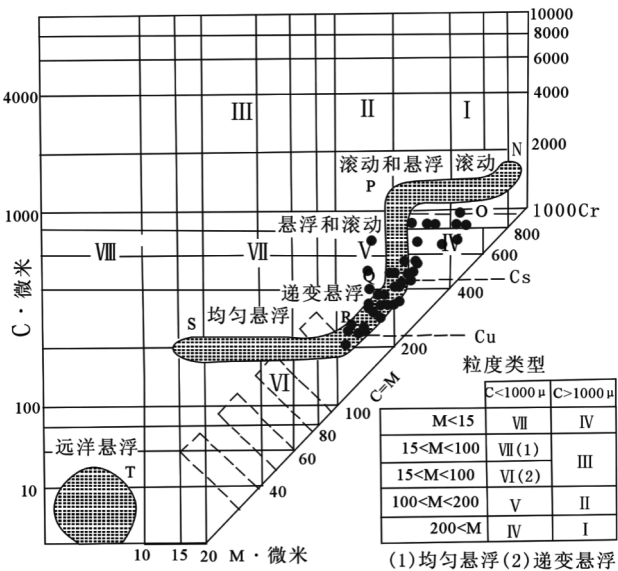


图 3 安塞油田长 10 油层组碎屑岩粒度 C-M 图

3 结论

安塞油田长 10 层段砂岩主要为细砂岩、中细砂岩结构, 分选中等~较好, 以正偏态为特征, 并且峰值也很尖锐, 说明长 10 砂岩沉积时的水动力能量较强, 沉积物距离物源区具有一定的距离. 根据安塞地区长 10 砂岩储层的粒度分析为三段式, 反映沉积物沉积时水动力能量强. 结合结构参数散点图解和 C-M 图分析表明长 10 油层组属于河流-三角洲沉积。

参考文献

[1] 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气[M]. 北京:石油工业出版社,2003:10-335.
[2] 侯方浩,方少仙,赵敬松,等. 鄂尔多斯盆地中奥陶统马家沟组沉积环境模式[J]. 海相油气地质,2002,7(1):38-46.
[3] 时志强,韩永林,赵俊兴,等. 鄂尔多斯盆地中南部中侏罗世延安期沉积体系及岩相古地理演化[J]. 地球学报,2003,24(1):49-54.
[4] 燕 辉. 颗粒粒度分布测试精度的影响因素[J]. 石油大学学报(自然科学版),1994,18(4):106-110.

- [5] 魏文寿. 沙漠表层粒度与水热变化的环境效应分析—以古尔班通古特沙漠为例[J]. 沉积学报, 1998, 16(1): 152-156.
- [6] Folk RL. 碎屑沉积物的分类及其命名在新泽西的应用. *Marine Geology Letters*, 2007, 23(1): 31-34.
- [7] 柏春广, 王 建. 一种新的粒度指标: 沉积物粒度分维值及其环境意义[J]. 沉积学报, 2003, 21(2): 234-239.
- [8] 梅志超, 彭荣华, 杨 华, 等. 陕北三叠统延长组含油砂体的沉积环境[J]. 石油和天然气地质, 1988, 9(3): 261-267.
- [9] 丁喜桂, 叶恩源, 高宗军. 粒度分析理论技术进展及其应用[J]. 世界地质, 2005, 24(2): 203-207.
- [10] 王泽中. 大型板状交错层理内部沉积物的分异[J]. 矿物岩石, 1997, 17(1): 71-76.
- [11] 曹红霞, 李文厚, 何卫军等. 鄂尔多斯盆地宜川地区延长组物源分析[J]. 煤田地质与勘探, 2007, 35(6): 14-17.
- [12] 崔永平, 蔺宏斌, 李文厚. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组的两种粗碎屑三角洲[J]. 中国石油勘探, 2002, 7(4): 36-40.

RELATIONSHIP OF GRAIN-SIZE AND DEPOSITIONAL ENVIRONMENT OF CHANG 10 FORMATION IN ANSAI OILFIELD

LIU Zheng-wei^{1,2}, LI Wen-hou¹, ZHANG Long², WANG Bo³, LI Yong-feng²

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China; 2. Petrochina Changqing Oilfield Company Oil Production Plant No. 1, Yan'an 716000, China; 3. Institute of Petroleum Exploration and Development, Changqing Oilfield Branch Company, Xi'an 710018, China)

Abstract: As the main feature of sediments and sedimentary rocks, Sandstone grain size can reflect the hydrodynamics of sedimentation, used as a basis, it can also analyse and compare with the environment. In this paper, on the basis of the size analysis data of the Chang 10 reservoir group in Ansai Oilfield, analysed the grain size distribution, size parameters, discriminant function of particle size, scatter solution structure parameters, size accumulation curves and C-M diagram of the Chang 10 Sandstone, considered the Chang 10 Sandstone selectivity and characterized by positive skew, explained strong hydrodynamic energy in sedimentary. According to the size accumulation curves, divided into Three-and Two-stage, and the Two-stage can be divided into I and II type, reflected the characteristics of traction current deposits, and identified the fluvial-delta deposition in Chang 10 formation.

Key words: Sandstone grain-size analysis; depositional environment discrimination; Chang 10 formation; Ansai Oilfield

(上接第 98 页)

DISCUSS OF ACCOUNTING METHODS BY COMPREHENSIVE FACTORS CONCERNING OF INDUSTRY ECONOMY AND WATER ENVIRONMENT

MA Hong-rui, WANG Rong

(School of Resource & Environment, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: Environment economy comprehensive index of industry not only can indicate the development of industry, but also is the indispensable basis of the institution of development programs and regulations related to certain heavy pollution industries by environmental protection agencies. Currently, there is a lack of accounting system to water environment economy comprehensive index of industry, it provided a significant ideas and methods for water environment economy comprehensive index of industry that adopting comprehensive evaluation method to construct accounting system, and which was based on the simplicity of calculation and intuition of evaluation result. The results indicate that environmental pollution strength and economic output can be evaluated by water environment economy comprehensive index of industry, whereby providing an operable basis for the sustainable development of regional and industry.

Key words: water environment capacity; comprehensive factors; comprehensive assessment; environmental assessment

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0117-04

基于 IGBT-PWM 变频调速系统的设计

赵瑞林

(陕西工业职业技术学院电气工程学院, 陕西 咸阳 712000)

摘要:以 IGBT 控制的 PWM 变频调速系统的设计为主要研究对象,采用 87C196MC 单片机为控制工具实现了 IGBT 控制的交流电机 PWM 变频调速系统的全面数字化,可得到高稳定性、高可靠性以及小型化和便于维修等应用效果。

关键词:IGBT-PWM; 变频调速; 硬件系统; 87C196MC 单片机控制系统; 软件系统

中图法分类号:TP368.1; TM301.2 **文献标识码:** A

0 前言

PWM 波形生成是根据三角载波与正弦参考波的相交点来确定逆变器功率器件的开关动作时刻,可用模拟电子电路、数字电子电路、大规模专用集成电路 LSI 芯片产生 PWM 波形,但这些方法存在元器件过多、线路复杂、控制精度难以保证,缺乏灵活件、可靠性较差等缺点。随着微电子技术及微机技术的迅速发展和广泛应用,交流电机变频调速系统的控制回路均以微机为基础全面实现了数字化。由于微机的高度集成化和很强的运算功能,用于 PWM 变频器进行直接数字控制,可得到高稳定性、高可靠性以及小型化和便于维修等应用效果,还可利用微机的故障检测、自询问和诊断能力,把监控的参数在故障出现前存储在存储器中,以用于报警、停机或诊断^[1,2]。

1 变频调速系统的结构

1.1 IGBT-PWM 电动机变频调速系统主电路

如图 1 所示,系统的主电路由不可控三相桥式整流器 UR、三相桥式 PWM 逆变器和中间直流环节等 3 部分组成,其中间直流环节采用大电容 C 进行滤波和中间储能。

二极管整流虽然是全波整流电路,但由于整流桥输出端接滤波电容,只有当交流电压超过电容电压时整流电路才进行充电。交流电压小于电容电压时,电流为零,这将导致在电网 L 产生谐波。为了抑制谐波,通常在电网和变频器之间加一个进线电抗器 L_m 。由于电容量很大,合闸突加电压时,电容器相当于短路,将产生很大的充电电流,损坏整流二极管。为了限制充电电流,采用限流电阻 R_0 和延时开关 SA 组成的预充电电路对电容 C 进行充电。电源合闸后,延时数秒,通过 R_0 对电容 C 进

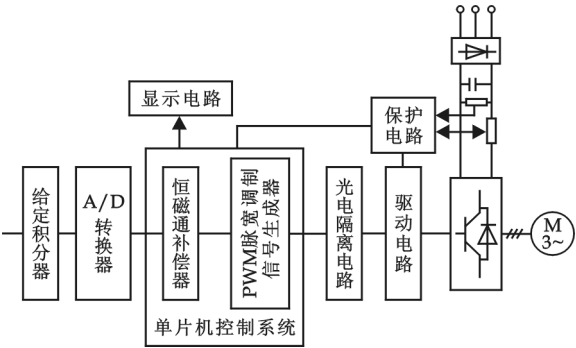


图 1 PWM 变频调速系统

* 收稿日期:2010-11-16
作者简介:赵瑞林(1976—),男,陕西省咸阳市人,讲师,硕士,研究方向:控制理论与控制工程

行充电. 由于二极管整流的 PWM 变频调速系统不能再生制动, 因此对于小容量的通用变频器一般都用电阻吸收制动容量^[3].

1.2 以 87C196MC 为核心的单片机控制系统

以 87C196MC 为核心的单片机控制系统组成示意图如图 2 所示.

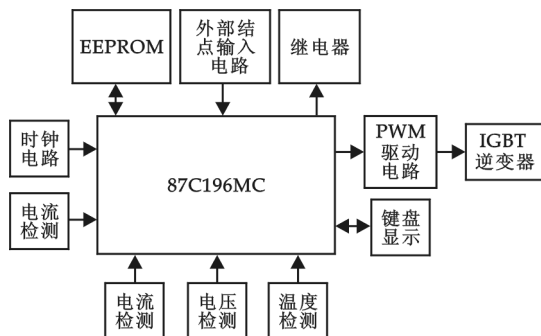


图 2 87C196MC 控制系统

(1) 87C196MC 单片机. Intel 公司推出的 87C196MC 是专门为变频调速设计的一种 16 位单片机, 由一个 C196 核心、一个三相波形发生器、一个事件处理器阵列(EPA)、两个定时器和一个脉宽调制单元 PWM 等组成.

(2) E²PROM. 存储系统设定控制参数、鼓掌信息等, 选用 IC 串行总线的 E²PROM, 容量为 1 kbit, 使用寿命约为 10 万次.

(3) 键盘和显示. 在数字电机控制系统中, 变频器参数的设定及操作非常复杂, 必须为用户提供一个友好的人机界面.

为了减少主控芯片的计算负担, 可采用双 CPU 方案, 键盘显示与主控板之间利用串行口进行数据交换^[4].

1.3 单片机 87C196MC 片内波形发生器

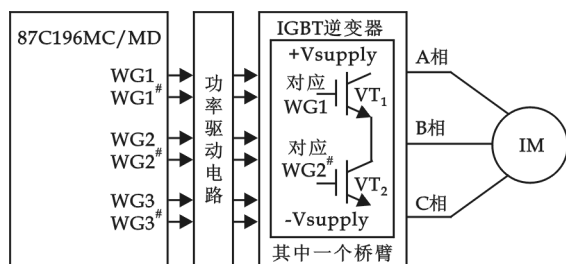


图 3 三相异步电动机与 87C196MC 的连接

片内波形发生器 WFG (Wave From Generator) 是 87C196MC 独具的特点之一. 这一外装置大大简化了用于产生同步脉宽调制 (PWM) 波形的控制软件和外部硬件, 特别适用于控制三相异步电动机, 也可用于控制直流无刷电机和其他需要多个 PWM 输出的装置. WFG 有 3 个同步的 PWM 模块, 每个模块包含一个相位比较寄存器、一个无信号时间发生器和一对可编程的输出器. WFG 可以产生独立的 3 对 PWM 波形, 但它们有共同的载波频率、无信号时间和操作方式. 三相异步电动机与 87C196MC 的连接方法如图 3 所示^[5,6].

波形发生器的每一对输出 WGx 和 WGx# 经功率驱动电路接至逆变器, 逆变器每一个桥臂由一对互补的 IGBT 功率管 VT1 和 VT2 组成, VT1 对应 WGx, VT2 对应 WGx#. 为了避免 VT1 和 VT2 同时导通而造成短路, 在波形发生器中必须加有无信号时间.

1.4 波形发生器的基本工作原理

1.4.1 基本组成

从功能上可把波形发生器划分为 3 大部分: 时基发生器、相位驱动通道和控制电路.

(1) 时基发生器. 时基发生器为 PWM 建立载波周期. 该周期取决于 WG-RELOAD 寄存器的值和操作方式. 时基发生器的核心是一个 16 位双向计数器 WG-COUNTER, 可工作于 4 种不同的方式, 产生中心对准或边沿对准的 PWM. 中心对准 PWM 方式所造成的谐波小, 因而在驱动三相异步电动机时采用这种方式, 它可以使电源控制电路和电机更有效地工作.

(2) 相位驱动通道. 相位驱动通道决定 PWM 波形的占空比. 共有 3 个独立的相位驱动通道, 它们的电路是一样的. 每个通道有一对可编程输出. 每个相位驱动器包含一个可编程无信号时间 (Dead-time) 发生器, 用来防止一对互补输出在同一时刻发生.

(3) 控制部分. 控制部分包含一些用来确定工作模式和其他配置信息的寄存器. 一个可编程的保护电

路可监视 EXTINT 输入脚,若检测到一次有效的事件,就产生一次中断,禁止波形输出.

1.4.2 时基发生器 WG-COUNTER 的工作方式

时基计数器 WG-COUNTER 是一个多工作方式的 16 位计数器,它的计数时钟频率是振荡器频率的 1/2,当选通波形发生器工作时,根据所选择的工作方式,作为时基发生器 WG-COUNTER 连续地向上计数或向下计数.每次计数时,WG-COUNTER 的内容与计数比较寄存器的值作比较,当两者相匹配时,按照所选择的工作方式进行相应的操作.

1.4.3 波形发生器的 PWM 方式

波形发生器共有 3 个在电路上相同的相位驱动通道,每个通道产生一对互补的 PWM 波形.描述中心对准 PWM 波形的生成,为简化起见,先不考虑无信号时间发生器的作用.中心对准 PWM,是计数器工作于向上/向下的计数方式,产生的 PWM 波形则为中心对准.

2 IGBT-PWM 电机变频调速系统软件设计

2.1 数字控制系统软件程序框图

系统软件由初始化子程序、预充电子程序、给定积分子程序、键盘处理子程序、电流电压检测子程序、故障处理子程序和 PWM 输出子程序构成.程序框图如图 4 所示.下面给出几个主要的子程序框图及算法:

(1)给定积分 G1. 给定积分器 G1,设置目的是将阶跃给定信号转变为斜坡信号.

(2)键盘与显示.设置目的:开、停机操作, U/f 曲线设定;显示、电流、电压、温度、运行频率、故障信息等.

2.2 PWM 程序设计

(1)正弦函数数据表.正弦电压是靠控制波形发生器产生的 PWM 波形的占空比而形成的,为此建立了一个弦函数数据表.正弦函数具有反对称性,即 $\sin a = -\sin(-a)$,因此只要建立 $0^\circ \sim 180^\circ$ 的正弦函数数据便足够使用.

(2)调制深度及频率、电压数据表.在电机控制中,为了不降低电机的功率因素和效率,在改变变频器频率时,需同时改变它的输出电压幅值.三相异步电动机常采用恒定 U/f 比值控制.在额定频率前,电机输入电压幅值应与频率(电机转速)成线性关系.超过额定频率时,电机输入电压幅值保持常值.这里所说的变频器控制回路就是由 87196MC 中的波形发生器及驱动电路组成.波形发生器输出的电压幅值取决于 PWM 占空比变化的百分比,即调制深度.当占空比为 50%时,经低通滤波后所得的平均电压为 0 V,称为相中间点.当占空比变为 100%时,平均电压增至 $+U_d/2$;当占空比降到 0%时,平均电压降至 $-U_d/2$.

(3)PWM 程序框图.本控制系统的软件包括程序和数据表格两大部分.程序有初始化主程序和中断服务子程序等,程序框图如图 5 所示.数据表格是根据各频率计算出的相应脉宽数据,并将这

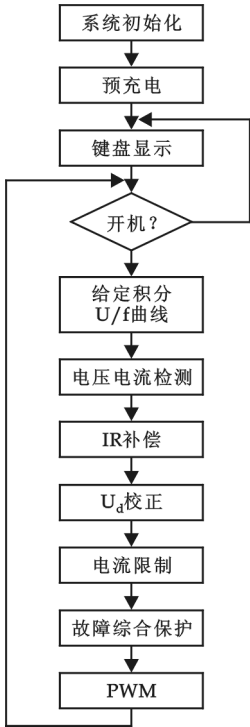
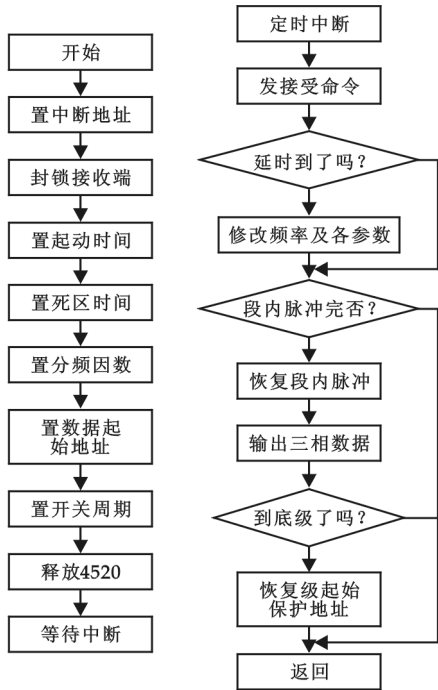


图 4 系统软件框图



(a) 初始化主程序 (b) 中断服务子程序

图 5 PWM 程序框图

些数据存入单片机, 控制系统通过程序查表获取 SPWM 的脉宽数据, 当需要变频时, 单片机在软件的控制下读取相应频率的表格数据, 然后传送给 SLE4520 专用芯片, 产生 SPWM 波控制电动机。

3 结束语

在 PWM 型逆变器中, 微机最初只用来产生阶梯式正弦控制信号, 三角形载波信号仍用硬件产生, 后来用存储最佳开关点的查表法进行实时控制或用边查表边作简单计算的控制方式。但在高性能的矢量控制系统中, 既要求逆变器输出频率在宽范围可调, 又要求基波幅值高分辨率可控, 这些用查表方法是难以实现的, 因此, 又相继推出了 DMA 传送的微机控制 PWM 逆变器和规则采样 PWM 技术。近年来的一个发展动向是从单一研究 PWM 型逆变器控制技术向包括电机在内的整个调速系统进行一体化研究。

参 考 文 献

- [1] 陈国呈编著. PWM 变频调速及软开关电力变换技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [2] 孙辆芳, 徐著卿. Mcs-51/96 系列单片机原理及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1998.
- [3] 王秩泉. 8XC196MX 单片机内波形发生器功能剖析[J]. 电气传动自动化, 1998, (5): 49-51.
- [4] 程善美, 袁尚志. 8XC196MC 在三相 PWM 逆变器中的应用[J]. 电气自动化, 2002, (2): 66-68.
- [5] 李自成. 87C196MC 在交流变频调速中的应用研究[J]. 电工技术杂志, 2003, (10): 52-55.

DESIGN OF VF TIMING SYSTEM BASED ON IGBT-PWM

ZHAO Rui-lin

(College of Electrical Engineering, Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000, China)

Abstract: With the computer's fast development and its wide application, all control system of AC motor VF Timing System based on microcomputer to become digital, so it can gain high stability and high reliability, furthermore, it will become miniature and convenient to repair.

Key words: VF Timing System; hardware system; 87C196MC control system; software system

获国家技术发明二等奖 马建中教授从京载誉归来

新年伊始我校科研工作又传佳讯, 1 月 16 日上午 10 时许, 国家技术发明二等奖获奖代表马建中教授, 在参加完 2010 年度国家科学技术奖励大会后, 带着党中央、国务院赋予的荣誉和重任, 从北京乘机返回西安。校长沈一丁、副校长张美云及党办校办、科技处主要负责人等专程到机场迎接, 用掌声和鲜花向马建中教授表示热烈祝贺和衷心感谢。

国家科学技术奖是我国科学技术领域的最高奖。在 1 月 14 日举行的 2010 年度国家科学技术奖励大会上, 由我校马建中、王学川、鲍艳、高党鸽、吕斌、任龙芳完成的创新性研究成果“环保增强增韧型皮革鞣制整饰化学品的关键制备技术”荣获国家技术发明二等奖。马建中教授应邀参加大会, 受到了胡锦涛、温家宝等党和国家领导人的亲切接见并领奖。这也是继 2006 年荣获“国家科学技术进步二等奖”之后, 马建中教授及其科研团队为我校再次获得的又一殊荣。

该项成果将新型聚合等方法应用于皮革鞣制整饰化学品的制备, 推动了我国皮革化学品的升级, 有效降低了皮革制备过程中的环境污染, 同时还可显著提高皮革的强度及韧性。该项目的技术成果已在国内多家企业得到转化, 获得了良好的经济效益。

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0121-04

一种卧式圆柱度测量虚拟仪器的不确定度评估

荆学东^{1,2}, 吉 涛², 何 凯², 杨 亮²

(1. 上海应用技术学院机械工程学院, 上海 204189; 2. 陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要: 基于涡流效应开发了一种圆柱度测量虚拟仪器, 分析了传感器、A/D 的不确定度来源及分布规律, 应用 GUM 中的 B 类方法研究了上述各个环节的合成测量不确定度, 最后应用 Gram-Charlier 级数研究了该仪器的合成测量不确定度。

关键词: 测量不确定度; 圆柱度; 虚拟仪器

中图法分类号: TH701 **文献标识码:** A

0 引 言

虚拟仪器的典型结构如图 1 所示. 虚拟仪器是基于计算机的仪器, 仪器工作时通过操纵位于计算机屏幕虚拟面板上的“按钮”来完成检测或者控制任务. 与以硬件为主的传统仪器不同, 在虚拟仪器中数据采集和信号调理控制、信号处理以及结果显示等主要通过软件实现.

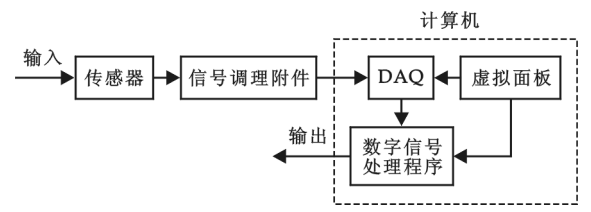


图 1 虚拟仪器的典型结构

目前虚拟仪器虽然得以普遍应用, 但虚拟仪器的测量不确定度评估由于涉及的因素多、非线性及强耦合等原因, 迄今仍然没有公认的评估手段. 本文将依据 GUM^[1] 的 B 类型评估方法, 研究一种圆柱度测量虚拟仪器的不确定度评估问题.

1 圆柱度测量虚拟仪器组成

1.1 圆柱度测量原理及虚拟仪器的组成

圆柱度测量装置示意图如图 2 所示, 其测量原理是将高灵敏度电涡流传感器的检测探头沿工件直径方向安装, 利用工件的旋转运动以及探头沿工件轴向运动检测出工件外径沿径向及轴向的变化, 再利用最小二乘法求出工件的圆柱度.

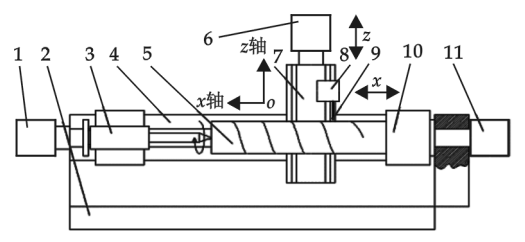


图 2 虚拟仪器测量装置

图 2 中测量装置除工控机 RK-40610 外, 1 为 X 轴电机, 2 为工作台箱体, 3 为工件轴向固定装置, 4 为水平导轨, 5 为被测工件, 6 为 Z 轴电机, 7 为垂直导轨, 8 为传感器夹持装置, 9 为传感器测头, 10 为三爪卡盘, 11 为主轴电机. 该装置为测量圆柱度提供 3 种运动: 工件旋转运动, 它由主电机 11 通过带动主轴运动实现; 传感器沿工件表面的轴向运动, 它由 X 轴电机 1 驱动丝杠副实现; 传感器沿工件表面的径向运动, 它由 Z 轴电机 6 驱动丝杠副实现.

* 收稿日期: 2010-12-20

作者简介: 荆学东(1968—), 男, 安徽省颖上县人, 教授, 博士, 研究方向: 测控技术及机器人学

基金项目: 上海应用技术学院引进人才科研启动项目(JY2011-06), 陕西省科学技术研究发展计划项目(形位公差和表面粗糙度检测虚拟仪器研制, 2008k05-11)

1.2 测量环节的不确定度影响因素分析

整个测量环节包括电涡流传感器、数据采集装置、检测软件和计算机以及机械装置,因此该仪器测量的不确定度来自上述 5 个方面,本文只讨论传感器、数据采集、DSP 以及测量装置的不确定度。

1.2.1 标准不确定度及合成分布的不确定度

假定某一测量环节 j 的量程为 A_j , 它有 n 个相互独立的不确定度来源. 对于每一个不确定度来源 i , 产品生产厂家保证了其误差范围为 $\pm e_{ji}$. 依据 GUM, 其相应的标准不确定度 u_{ji} (标准偏差的估计值 σ_{ji}) 为:

$$\sigma_{ji} = u_{ji} = e_{ji} / k_{aji} \tag{1}$$

式中 k_{aji} 为置信系数, 它可以依据误差在区间 $\pm e_{ji}$ 的概率分布规律确定. 令:

$$\sigma_{cj}^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_{ji}^2 \tag{2}$$

从而合成分布的偏峰系数 γ_{cj} 为^[2]:

$$\gamma_{cj} = \sum_{i=1}^n \gamma_{ji} \sigma_{ji}^4 / \sigma_{cj}^4 \tag{3}$$

式中: γ_{ji} 是第 i 个不确定度来源的偏峰系数, 它与置信水平 α_{ji} 以及置信系数 $k_{\alpha j}$ 的关系如表 1 所示.

表 1 置信系数 k_α 和偏峰系数 γ 的关系

γ	k_α			
	$\alpha=0.00$	$\alpha=0.27$	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$
0.0	∞	3.00	2.58	1.96
0.1	—	2.89	2.52	1.95
0.2	—	2.77	2.45	1.94
0.3	—	2.66	2.39	1.93
0.4	—	2.55	2.33	1.92
0.5	—	2.43	2.26	1.91
0.6	2.45	2.32	2.20	1.90
0.7	2.34	2.24	2.14	1.86
0.8	2.22	2.15	2.08	1.83
0.9	2.11	2.06	2.01	1.80
1.0	2.00	1.98	1.95	1.76
1.1	1.86	1.86	1.83	1.70
1.2	1.73	1.73	1.71	1.65
1.3	1.62	1.62	1.61	1.57
1.4	1.52	1.52	1.51	1.49
1.5	1.41	1.41	1.41	1.41
1.6	1.33	1.33	1.33	1.33
1.7	1.25	1.25	1.25	1.25
1.8	1.16	1.16	1.16	1.16
1.9	1.08	1.08	1.08	1.08
2.0	1.00	1.00	1.00	1.00

的不确定度及合成不确定度, 如表 2 所示.

表 2 涡流传感器的不确定度

不确定度来源	技术规范	标准不确定度/ μm	
分辨率	1 μm	0.58	
线性度	$<2\%$	23.12	
温度漂移	0.1 $\%/^{\circ}\text{C}$	23.12	
	$(\sum \sigma_i^2)^{1/2} = 32.70$	$\gamma_c = 0.86$	$k_\alpha = 2.09$
结 果	合成不确定度 u_{cTR}	341.72 mV	
	合成相对不确定度 u_{rTR}	3.42%	

因此测量环节 j 的合成分布的置信系数 $k_{\alpha j}$ 可以依据偏峰系数 γ_{cj} 和显著水平 α 由表 1 得以近似确定, 从而该环节的合成分布的不确定度 u_{cj} 为:

$$u_{cj} = k_{\alpha j} \sigma_j \tag{4}$$

该测量环节的相对不确定度 u_{rj} 为:

$$u_{rj} = \frac{u_{cj}}{A_j} \tag{5}$$

1.2.2 电涡流传感器的不确定度

传感器不确定度主要包括非线性、噪音、长期稳定性、滞后、重复性、温度漂移、灵敏度、偏移、分辨率以及其它干扰^[2]. 本文使用的电涡流传感器型号为 CWY-D0-502, 由技术规范可知该传感器的不确定度的主要来源如表 2 所示. 利用式(1)可确定每一不确定度来源的标准不确定度 u_i , 再按照单一环节的测量不确定度评估方法^[2,3], 由式(2)~(5)确定该传感器技术规范并求出每一影响因素

1.2.3 A/D 转换的不确定度

A/D 转换的不确定度来源主要包括非线性、长期稳定性、温度漂移、偏移以及分辨率、噪音、量化误差、凝固时间、通道干扰、时标抖动等^[2]. 本文采用了 16 位的 NI PCI-6010 数据集采集卡,由其技术规范可知该传感器的不确定度的主要来源如表 3 所示. 采用与 1.2.2 节相同的方法,可确定数据采集卡中每一影响因素的不确定度及合成不确定度以及相对不确定度,如表 3 所示.

表 3 DAQ 的不确定度

不确定度来源	技术规范	标准不确定度(μV)	
增益误差	550 ppm of Reading	1 589	
偏置误差	458 ppm of range	1 300	
噪音不确定度		37	
量化	±0.5 LSB	22	
通道干扰	−70 dB	913	
置位时间	30 μs to 100 ppm;50 μs to 40 ppm	289	
	$(\sum \sigma_i^2)^{1/2} = 2\,265$	$\gamma = 0.35$	$k_a = 2.75$
结 果	合成不确定度 u_{cAD}	5 238 μV	
	合成相对不确定度 u_{rAD}	0.10 %	

1.2.4 DSP 引起的不确定度

和 DSP 相关的不确定度来源主要有两种,即 DSP 算法偏差和舍入误差. 算法偏差也称为截断误差,是由于检测算法的有限次运行导致的. 如对于时域无限长的信号需要进行加窗处理,因为对信号进行截断,其频谱不再连续;还有对函数利用有限项逼近进行计算等,这些都势必带来计算误差. 舍入是由于计算机微处理器的字长有限造成的,它可能发生于浮点数的加法和乘法运算,此时其不确定度可分别由式(6)和(7)计算^[4],也可能发生在定点数的乘法运算,此时其不确定度可由式(8)计算^[5].

$$u_{float, add} = \sqrt{p \cdot 0.18 \cdot 2^{-2B_m}}$$

(6)

$$u_{float, multipl} = \sqrt{0.18 \cdot 2^{-2B_m}}$$

(7)

$$u_{float, multipl} = \sqrt{2^{-2B_x}/12}$$

(8)

式中: B_m 代表尾数的位数; p 是一个在加法运算中与舍入发生概率相关的因子; B_x 是计算机的固定字长.

由于采用的计算机字长为 $B_m=32$ 位,代入式(6)~(8) 可得: $u_{float, add} \approx 0$; $u_{float, multipl} \approx 0$; $u_{fixedt, multipl} \approx 0$. 因此, DSP 的不确定度 $u_{DS} \approx 0$.

2 圆柱度测量不确定度分析

传感器和工件之间的位置误差对测量结果也有影响. 由图 1 可知,这些误差主要包括主轴的回转轴线与被测工件的回转轴线不重合度误差以及主轴的回转轴线与被测工件的回转轴线倾斜误差. 但是,由于采用了误差分离技术而极大地降低了这些误差对测量结果的影响,因此本文不考虑这些误差对测量结果的影响. 由上述分析可知,传感器、A/D 转换以及 DSP 的相对不确定度分别为: $u_{rTR}=3.4\%$, $u_{rAD}=0.1\%$, $u_{rDS}=0$,因而圆柱度测量虚拟仪器的相对不确定度 u_{sr} 为 $u_{sr} = \sqrt{u_{rTR}^2 + u_{rAD}^2 + u_{rDS}^2} = 3.42\%$.

由上述计算可知,在整个测量环节中,传感器的不确定度对测量结果的影响占据绝对优势,因此作为保守的估计,可以将其测量不确定度作为整个仪器的测量不确定度度 u_s ,因而根据传感器的量程及输出,结合表 2 可求出测量系统的不确定度 $u_s = u_{cTR} \times \frac{2}{10} \times 10^3 = 68.34 \mu\text{m}$.

3 结论

(1)在几何量测量虚拟仪器中,A/D 转换以及 DSP 的不确定度极小,而传感器的不确定度对整个仪器的测量不确定度影响最大,因此选择不确定度较小的传感器要比选择高精度数据采集装置更容易提高仪器测量精度.

(2)尽管可以利用误差分离技术减小传感器相对于工件的位置误差对测量结果的影响,但是难以减小传感器本身的不确定度对测量结果的影响.

参 考 文 献

- [1] ISO. Guide to the expression of uncertainty in measurement[S]. Geneva, Switzerland (ISBN 92-67-10188-9), 1993.
- [2] Jing Xuedong. Evaluation of measurement uncertainties of virtual instruments[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology(UK), 2005, 27(11-12): 1 202-1 210.
- [3] 荆学东. 基于虚拟仪器的纳米颗粒复合电刷镀工艺过程自动化研究[D]. 上海:上海交通大学博士学位论文,2005.
- [4] I. Pitas, M. Strintzis. Floating-point error analysis of two dimensional fast Fourier transform algorithms[J]. IEE Trans. On Circuits and Systems, 1988, 35(1): 112-115.
- [5] K. Kalliojarvi, J. Astola. Roundoff errors in block-floating-point system[J]. IEEE Trans. On Signal Processing, 1996, 44(4): 783-790.

UNCERTAINTY EVALUATION OF A VIRTUAL INSTRUMENT FOR MEASUREMENT OF CYLINDRICAL ERROR

JING Xue-dong^{1,2}, JI Tao², HE Kai², YANG Liang²

(1. School of Mechanical Engineering, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418, China; 2. School of Mechanical & Electrical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: A virtual instrument for measuring cylindrical error has been developed. Furthermore, the uncertainty sources of the main parts of the instrument, including the transducer, A/D convertor, and DSP have been analyzed respectively in detail. Their combined measurement uncertainties have been estimated respectively according to Type B evaluation of “guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)” based on Gram-Charlier series, while their corresponding relative measurement uncertainties have also been calculated. Finally, the overall relative uncertainty and the combined uncertainty of the instrument have also been estimated.

Key words: measurement uncertainty; cylindrical error; virtual instrument

教育部致信祝贺我校成果获国家科学技术奖

日前,教育部发来贺信,对我校“环保增强增韧型皮革鞣制整饰化学品的关键制备技术”成果荣获 2010 年度国家科学技术奖表示热烈祝贺,对广大科研人员为此付出的辛勤劳动致以崇高敬意.

贺信希望我校及广大科研人员继续发扬求真务实、勇于创新的科学精神,不畏艰险、勇攀高峰的探索精神,团结协作、淡泊名利的团队精神,报效祖国、服务社会的奉献精神,坚定不移走中国特色自主创新道路,不断提高自主创新能力,积极投身于科教兴国战略的实践中,为建设创新型国家、促进科学发展做出新的更大的贡献.

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0125-03

ZDY10000S 钻机回转器箱体部件加工工艺流程研究

杜小山

(煤炭科学研究总院西安研究院钻探技术研究所, 陕西 西安 710054)

摘要:对现有 ZDY10000S 型钻机箱体部件的加工工艺流程进行了改进研究,提出了将箱体部件中箱体和箱盖分开加工的工艺方法,满足了箱体和箱盖装配互换性的要求,在箱体和箱盖粗加工工序后增加了去应力热处理工序,改善了箱体部件的精加工切削性能及稳定性.采用这种工艺方法对箱体、箱盖进行了试制加工,结果显示该工艺方法能够满足设计要求,具有互换性,且满足批量生产的要求.

关键词:回转器; 箱体; 加工工艺; 互换性
中图法分类号:TG547 **文献标识码:**A

0 引言

现有 ZDY10000S 型钻机回转器箱体部件加工工艺流程(图 1)是将箱体(图 2)和箱盖(图 3)的结合面精加工后,将箱体和箱盖进行组装后加工定位直销孔,再在卧式镗床上加工两对轴承孔.这种工艺方法主要是为保证两对轴承孔的同轴度要求,但缺点是粗、精加工工序不分,在粗加工工序后不好安排热处理工序,工件残余应力较大,切削加工性能不好,且卧式镗床主轴受重力影响易下垂,加工的两对轴承孔垂直度易超差,箱体和箱盖零件缺乏装配互换性.

由于立式数控镗铣床主轴不受重力下垂的影响,孔定位和加工精度高,加工表面质量好,效率高,尤其是定位精度高,基于此作者根据数控镗铣床加工性能特点,从满足箱体、箱盖零件装配互换性以及粗加工后安排热处理工序和满足批量生产的要求出发,对现有的箱体部件加工工艺方法进行了改进研究.

1 箱体加工工艺流程研究

箱体(图 2)主要加工 $\varphi 160$ 和 $\varphi 260$ 两个孔、大平面 A 和两个小平面 B、C 以及设计基准面 D,其中箱体 A 面和箱盖(图 3)的大面 E 配合,用 3 个直销保证箱体和箱盖两对轴承孔的同轴度要求.箱体加工主要需保证 $\varphi 160$ 、 $\varphi 260$ 两孔的孔径、中心距以及箱体内腔深度和内腔半径方向尺寸均匀性要求.根据图纸设计

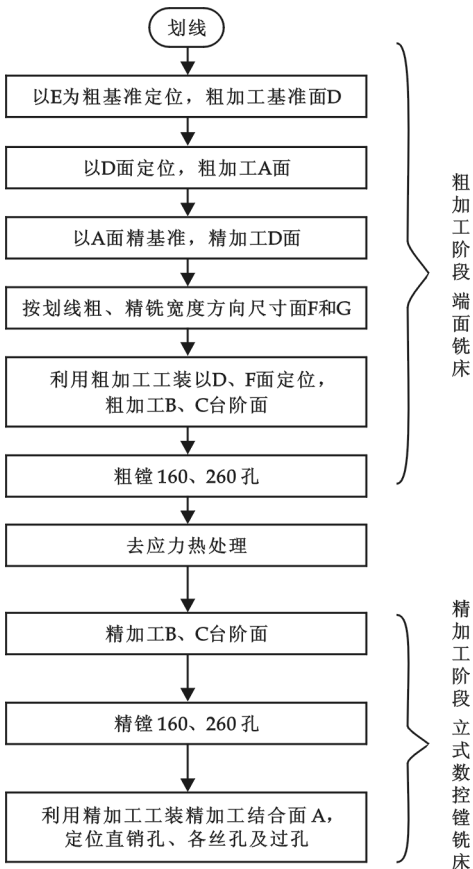


图 1 箱体加工工艺流程图

* 收稿日期:2010-12-02
作者简介:杜小山(1972—),男,陕西省眉县人,工程师,硕士,研究方向:煤矿井下坑道钻机的研制
基金项目:西安市科技计划项目“MK 系列钻机的推广与产业化”(编号 CH06005)

要求及箱体与箱盖的装配关系,为满足箱体和箱盖装配互换性,并考虑到生产线的建设实际,本加工方案拟定将箱体和箱盖轴承孔分开加工。为保证箱体内腔深度的均匀性要求,先在端面铣床上以箱体内腔平面 E 为粗基准定位(保证内腔深度尺寸的均匀性要求),粗加工箱体高度方向基准面 D ,再以 D 面定位粗加工 A 面,以 A 面精基准定位精加工 D 面(遵循互为基准,反复加工的工艺准则)。以大面 A 为精基准在机床工作台上定位,以 D 面找正箱体,按划线粗、精铣宽度方向的两尺寸面 F 和 G 。利用粗加工工装(图 5)以箱体的 D 面和 F 面定位,按划线粗铣箱体的 B 、 C 台阶面。利用粗加工工装上的两孔定位端面铣床主轴,粗镗 $\varphi 160$ 、 $\varphi 260$ 两孔。粗加工后安排去应力热处理工序,然后在立式数控镗铣床上精加工箱体的 B 、 C 面以及精镗 $\varphi 160$ 、 $\varphi 260$ 两孔(按坐标确保两孔中心距要求)。利用精加工工装(图 6)以 $\varphi 160$ 、 $\varphi 260$ 两孔及 C 面精确定位,精加工箱体和箱盖的结合面 A 面及其上的定位直销孔和各丝孔,保证装配后箱体和箱盖两对轴承孔的同轴度要求。

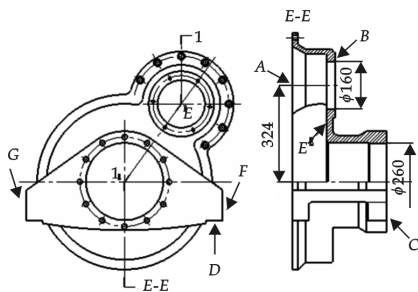


图 2 箱体加工示意图

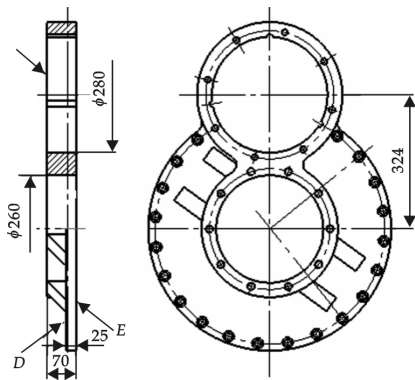


图 3 箱盖加工示意图

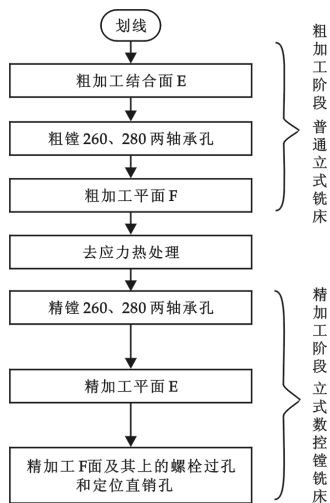


图 4 箱盖加工工艺流程图

2 箱盖加工工艺路线研究

根据箱体加工路线分析,箱盖(图 3)主要加工 $\varphi 280$ 和 $\varphi 260$ 两个孔、大平面 E 、小平面 F 。其中大平面 E 和箱体的大面 A 配合,用 3 个直销定位保证箱体和箱盖两孔的同轴度要求。箱盖加工工艺流程图如图 4 所示,主要考虑保证两孔的中心距及箱盖和箱体两孔的同轴度要求,且需要考虑大平面 E 的平面度和两轴承孔的孔径要求。主要思路是在普通立式铣床上以箱盖 D 面定位(为保证厚度尺寸 25 的均匀性),先粗加工箱体和箱盖的结合面 E 、粗镗两轴承孔及粗加工小平面 F (图 5),去应力热处理工序后,再在立式数控镗铣床上精镗两对轴承孔(确保两孔中心距要求),精铣 E 面,然后利用精加工工装(图 6)以箱盖 $\varphi 280$ 和 $\varphi 260$ 两个孔及 E 面精确定位,精加工箱盖 F 面上的螺栓过孔和定位直销孔。

3 加工过程需注意的事项

(1)在立式数控镗铣床上精加工箱体和箱盖的结合面时(箱体是 A 面,箱盖是 E 面),为了提高平面度,防止装配后产生漏油现象,应编圆弧插补程序沿工件圆周均匀铣削,以减小铣削过程中因工艺系统刚度、刀具磨损、热变形等影响加工精度的因素产生突变而使平面度超差。

(2)因该立式数控镗铣床为开环控制系统,考虑到系统刚性变形、阻尼、惯性等因素的影响,在立式数控机床上镗孔及加工直销孔时应采用工进给慢速移动机床主轴(300 mm/min),以减小因阻尼、系统惯性等因素的影响产生响应滞后(丢脉冲信号)而带来的定位误差。

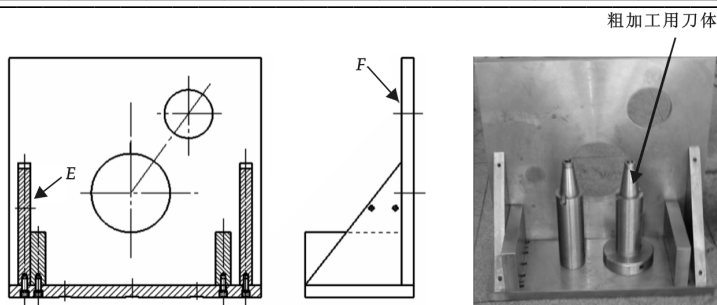


图 5 粗加工工装

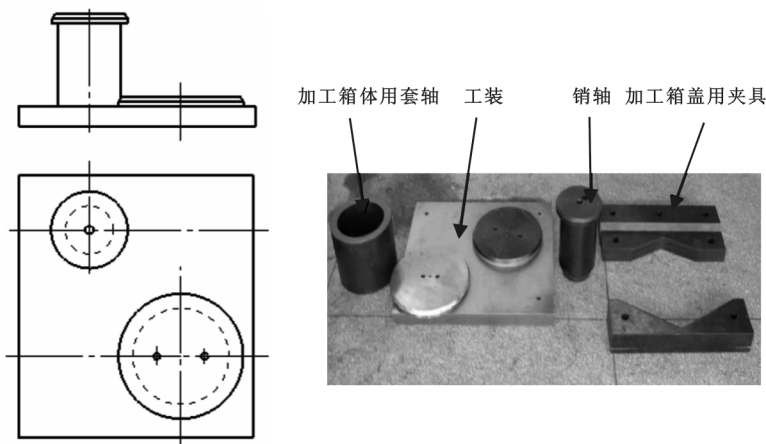


图 6 精加工工装

(3)最后一刀精镗箱体和箱盖两对轴承孔时,为了确保两孔中心距精度,从而保证后道工序中加工直销孔的位置精度,消除因测量、对刀等原因多次移动机床主轴所产生的累积定位误差,建议将机床主轴移动到箱体和箱盖已加工好的一孔处,用千分表重新找正机床主轴回转中心后,再移动机床主轴至另一孔处进行精镗加工,以减小累积定位误差。

4 结束语

箱体和箱盖加工完后经检测各项加工精度满足图纸设计要求,零件加工的平面度和表面粗糙度较卧式普通镗床加工精度高,克服了原箱体、箱盖组装后易漏油的缺点。由于粗加工后安排了去应力退火工序,改善了精加工时的切削加工性能,提高了刀具的使用寿命及产品的表面质量。该加工工艺满足批量生产的要求,粗、精加工工序分开,易于组建生产线,满足批量生产的要求。

参考文献

- [1] 金志平. 从 CMT 看立式加工中心的发展[J]. 数控机床市场, 2009, (5): 24-26.
- [2] 彭庆林, 陈从桂. 箱体加工工艺方案分析[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2004, (7): 99-102.
- [3] 宋朝辉, 户 铎. 提高数控加工精度方法的探讨[J]. 光学、精密工程, 1998, (6): 80-83.
- [4] 王正君, 徐一春. 影响经济型数控机床加工精度的因素分析[J]. 机床与液压, 2001, (6): 129-134.

(下转第 137 页)

飞行器测控系统捕获参数应用策略研究

李 娜¹, 南秦博²

(1. 西北工业大学航天学院, 陕西 西安 710072; 2. 西北工业大学自动化学院, 陕西 西安 710072)

摘 要: 飞行器测控系统的捕获过程中, 测控信号的频率动态及电平动态的变化较为复杂. 作者分析了测控目标的运动特性与测控信号的频率动态特性及电平动态特性的关系, 并从锁相环基本理论出发, 设计了飞行器遥测、遥控与跟踪系统中的锁相接收机环路等效噪声带宽、发射机上行频率扫描范围等参数的应用原则及方法.

关键词: 飞行器; 测控; 锁相环; 多普勒频率

中图法分类号: TP872

文献标识码: A

0 前 言

遥测、遥控与跟踪(TT&C)系统是指对飞行器的无线电跟踪测控通信系统, 它完成对飞行器的测距、测速、遥测、遥控、数传等功能. 在 TT&C 系统的工作流程中, 首要的环节就是双向频率捕获, 只有完成了双向频率捕获, 飞行器与地面站之间才能建立起稳定的无线电链路, 从而完成后续的测控通信任务.

对于不同类型的飞行器, 其运动特性各不相同, 由此带来的无线电测控信号的频率及电平动态非常复杂, 使得不同测控任务中的频率捕获策略的设计各不相同, 从国内外文献上看^[1], 对于锁相接收机的具体设计方法的研究非常深入, 但对测控任务实施过程中的具体工程应用策略则较少论述. TT&C 系统的核心模块是锁相接收机^[2], 本文从锁相环的基本理论出发, 对 TT&C 系统的双向频率捕获策略设计时须考虑的若干参数的具体应用方法进行了探讨.

1 飞行器运动特性与测控信号动态的关系

地面站技术参数的设置依据主要是测控信号的动态特性, 测控信号的动态特性主要由飞行器的运动特性及工作频率、发射功率等电讯接口所决定, 主要包括频率动态和电平动态两个方面.

1.1 测控信号的频率动态特性

频率动态主要包括多普勒偏移及多普勒变化率. 在应答机处于相干状态下, 地面站接收信号的载波多普勒频偏与目标相对地面站的径向速度的关系是:

$$f_d(t) = -\rho f_T \left[\frac{2\dot{R}(t)}{c + \dot{R}(t)} \right] \quad (1)$$

式中: ρ 表示上下行频率转发比; f_T 表示地面站上行频率; $\dot{R}(t)$ 表示目标相对地面站的径向速度; c 为真光速.

(1)式两边同时对时间 t 求微分, 则可得到接收信号的载波多普勒频率变化率与目标径向速度及加速度的关系:

$$\dot{f}_d(t) = \frac{-2\rho f_T c \ddot{R}(t)}{[c + \dot{R}(t)]^2} \quad (2)$$

* 收稿日期: 2010-11-15

作者简介: 李 娜(1978—), 女, 陕西省渭南市人, 硕士, 研究方向: 飞行器动力学与控制、测控技术

1.2 测控信号的电平动态特性

根据飞行器的径向距离及飞行器应答机和地面站的相关参数,可以计算得到地面站的接收信号电平^[3].需要指出的是,对于航空飞行器及近地航天器而言,由于测控信号电平较强,进行链路计算时通常不把转发噪声调制损耗^[1]及天体噪声对系统链路的影响^[4,5]计算在内,而对深空飞行器的测控任务来说,这些因素则是不可忽略的.

2 频率捕获过程中关键技术参数的设计方法

要完成地面站与飞行器应答机之间的双向频率捕获,就要确保地面站接收机能够可靠地捕获应答机的下行信标信号,并且应答机能够捕获地面站发出的上行信号,使其转入相干工作状态,建立稳定的测控通信链路.对于下行频率捕获而言,最重要的参数就是地面站接收机的锁相环等效噪声带宽,该参数直接影响着地面站的捕获灵敏度及对信号频率动态的适应能力特性;对于上行频率捕获而言,最重要的参数就是地面站发射机的频率扫描范围及飞行器应答机的频率跟踪范围及捕获灵敏度.

2.1 地面站接收机锁相环等效噪声带宽的确定方法

2.1.1 锁相环等效噪声带宽的分析原则

不同类型的飞行器的运动特性各不相同.以月球探测器为例,其飞行轨道通常可分为主动段、地球停泊轨道段、地月转移轨道段、月球捕获轨道段、环月轨道段等阶段^[6],在主动段及地球停泊轨道段,信号总体强度高,电平强度、频率动态变化均较剧烈;而在地月转移轨道段及对月球的捕获轨道段,电平强度变化比较缓慢,但可能具有一定的频率动态;在环月运行段,电平强度、频率动态变化均较缓慢.

对于锁相环的等效噪声带宽来说,当带宽较大时,对频率动态的适应能力比较好,但捕获灵敏度较低;当带宽较小时,对频率动态的适应能力比较差,但对低电平信号的捕获比较有利.因此,在参数设计过程中,我们必须根据各个阶段飞行器的动态特性,对地面站参数设置做出综合考虑.

2.1.2 锁相环等效噪声带宽分析方法

锁相环根据其环路低通滤波器的结构可分为一阶环、二阶 1 型环、二阶 2 型环等形式,不同环路的性能主要体现在对信号的跟踪能力上,其中二阶 2 型环具有无误差地跟踪频偏信号的能力,是地面测控站接收机较为常用的锁相环形式,二阶 2 型环的系统结构如图 1 所示.

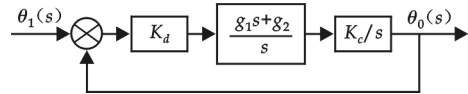


图 1 二阶 2 型环系统结构图

图 1 表示的系统可以根据梅森公式简化为如下表达式:

$$H(s) = \frac{2\xi\omega_n s + \omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} \quad (3)$$

以上传递函数中, ξ 为阻尼系数,一般实际应用中系统通常处于欠阻尼状态, ξ 通常取 0.707; ω_n 称为无阻尼振荡频率,这两个参数共同描述了二阶系统.以下主要基于二阶 2 型环进行分析.

2.1.2.1 基于频率动态的分析

对于由于目标运动而产生的多普勒频偏,地面站通常会采用基于 FFT 的方法对载波频率进行估计,以频率估值引导环路快速捕获,克服由较窄的锁相环快捕带与多普勒频偏的矛盾.因此,下面主要分析由于目标的加速度而带来的输入频率的斜升变化(即多普勒频率变化率)与等效噪声带宽的关系.

当二阶 2 型环输入一个频率变化率为 R 的信号时,则其稳态跟踪相差为^[7]:

$$\theta_{e\infty} = \frac{R}{\omega_n^2} \quad (4)$$

式中 R 为输入信号角频率变化率,单位为 rad/s^2 ; ω_n 为环路谐振频率,单位为 rad/s .

环路谐振频率与环路等效噪声带宽的关系为:

$$\omega_n = \frac{8\xi B_L}{1 + 4\xi^2} \quad (5)$$

式中 B_L 为环路等效噪声带宽,单位为 Hz; ξ 为环路阻尼系数.

将(5)式代入(4)式, ξ 取 0.707 得:

$$\theta_{e\infty} = 0.2812 \frac{R}{B_L^2} \quad (6)$$

为保证环路的稳定跟踪,通常应使: $\theta_{e\infty} < 10^\circ$. 针对深空探测器的某一飞行阶段,则将最大多普勒变化率设为 $\dot{f}_{d\max}$,若需环路在该变化率下能够稳定跟踪,根据(6)式,环路等效噪声带宽应满足:

$$B_L > \sqrt{10.125 \dot{f}_{d\max}} \quad (7)$$

2.1.2.2 基于最低载波信号噪声谱密度比的分析

在通信系统中,通常要求系统对输入信号的相位保持线性跟踪,此时环路输出信噪比与输入信噪比的关系是:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_L = \left(\frac{S}{N}\right)_i \frac{B_i}{B_L} \quad (8)$$

上式表明,可以通过减小环路带宽的方法保证较高的环路输出信噪比. 准线性分析法得出,6 dB 是环路稳定工作的门限. 实际工程应用中,要确保锁相环线性稳定跟踪,环内信噪比至少应为 10 dB^[5]. 对于飞行任务的某一个阶段,设通过链路计算得到的下行信号残留载波的最低信号噪声谱密度比为 $\frac{S}{\phi_c}$. 该电平下

环路稳定工作所需的环路等效噪声带宽须满足 $\left.\frac{S}{\phi}\right|_c - 10 \log B_L > 10$, 即

$$B_L < 10^{\frac{\left.\frac{S}{\phi}\right|_c - 10}{10}} \quad (9)$$

在飞行器运动特性的预报信息的基础上,综合(7)式和(9)式,即可确定地面站接收机的等效噪声带宽数值.

2.2 上行频率扫描参数的确定方法

2.2.1 地面站上行扫描参数对应答机捕获的影响

在双向频率捕获程序中,当地面站完成对飞行器下行信号的捕获之后,即向飞行器发出上行信号. 地面站以频率扫描的方式来辅助飞行器应答机来捕获上行信号,当扫描信号频率落入应答机快捕带后,应答机锁定上行信号,并转入相干态,下行信号与上行信号随扫,当地面站对随扫状态做出判决后,即停止上行扫描,双向频率捕获完成.

从以上过程可以看出,地面站上行扫描范围和扫描频率的设计对于应答机的可靠捕获起着至关重要的作用.

2.2.2 地面站上行频率扫描参数的分析方法

对于飞行器的某一个飞行阶段,设其上行单向多普勒频率最大值为 $\dot{f}_{dup\max}$, 上行单向多普勒频率变化率最大值为 $\dot{f}_{dup\max}$.

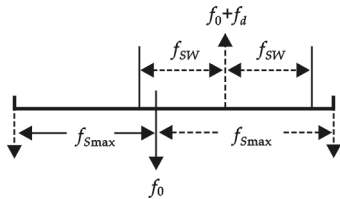


图 2 上行频率扫描范围与应答机跟踪范围的关系

上行单向多普勒频率与目标相对测站的径向速度的关系是:

$$f_{dup}(t) = -\frac{f_T \dot{R}(t)}{c} \quad (10)$$

上行单向多普勒频率变化率与目标径向加速度的关系是:

$$\dot{f}_{dup}(t) = -\frac{f_T \ddot{R}(t)}{c} \quad (11)$$

$f_{dup\max}$ 与 $\dot{f}_{dup\max}$ 均可从该飞行阶段的目标运动特性求出.

2.2.2.1 扫描频率范围

设应答机的最大跟踪范围为 $\pm f_{Smax}$, 应答机实际接收中心频率准确度为 σ_{f_0} , 上行额定频率为 f_0 , 则上行频率扫描范围与应答机跟踪范围的关系如图 2 所示.

则在某给定飞行阶段,地面站扫描范围 $\pm f_{SW}$ 应同时满足下式:

$$f_0 + f_d + f_{SW} < f_0 + \sigma_{f_0} \cdot f_0 + f_{Smax} \quad (12)$$

$$f_0 + f_d - f_{SW} > f_0 + \sigma_{f_0} \cdot f_0 - f_{Smax} \quad (13)$$

由式(12)及式(13)可得:

$$f_{SW} < f_{Smax} + \sigma_{f_0} \cdot f_0 - f_{dupmax} \quad (14)$$

$$f_{SW} < f_{Smax} - \sigma_{f_0} \cdot f_0 + f_{dupmax} \quad (15)$$

若 $\sigma_{f_0} \cdot f_0 < f_{dupmax}$, 按(14)式设计; 若 $\sigma_{f_0} \cdot f_0 > f_{dupmax}$, 则按(15)式设计. 这里应注意若利用飞行器轨道特性的先验信息对上行信号中心频率进行多普勒预置, 则式(14)和(15)中的 f_{dupmax} 项可不予考虑, 这时扫描参数与目标运动特性无关, 系统捕获的可靠性大大提高.

2.2.2.2 扫描频率变化率

设应答机与在该飞行阶段的最低接收电平相对应的最大跟踪速率为 \dot{f}_{Smax} , 则地面站扫描速率 \dot{f}_g 应满足以下关系:

$$\dot{f}_{Smax} > |\dot{f}_{dupmax}| + |\dot{f}_g| \quad (16)$$

需要说明的是, 频率扫描参数的设计必须考虑地面站接收机对下行随扫信号的适应能力.

3 结束语

测控系统的双向捕获是一个非常复杂的过程, 本文对飞行器测控系统中接收机等效噪声带宽、发射机频率扫描范围等参数的应用方法进行了初步设计, 能够满足一般工程应用的要求. 但对于某些复杂的测控任务, 例如深空航天器的测控任务, 其特点是测控信号传输时延长^[8], 信号电平微弱. 前者必须在航天器与地面站配合工作的时序设计上予以特殊考虑, 后者则对航天器及地面站的灵敏度提出了极高的要求^[9]; 又例如低空无人机的测控任务, 则具有多径效应明显的特点, 测控信号通常会采用直接序列扩频调制体制, 地面设备的接收机的形式也与传统模式有所不同. 总之, 飞行器与地面站之间的测控通信链路的建立是一个复杂的过程, 必须针对具体工程项目的特点来进行设计.

参 考 文 献

- [1] CCSDS 411.0-G-3. Radio Frequency and Modulation Systems[M]. Part1, Earthstations, 1997.
- [2] 谷学敏. 航天无线电测控原理[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1984.
- [3] 陈芳允. 卫星测控手册[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [4] DSN Telecommunications Link Design Hand Book (105,205,214)[S]. NASA, 2001.
- [5] Yoaz E. Bar-Server. Atmospheric media calibration for the deep space network[J]. Proceedings of the IEEE, 2007, 95(11): 66-70.
- [6] 郝晓宁. 月球探测器轨道设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 2001.
- [7] 王家培. 锁相技术[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1984.
- [8] 陈宏敏. 深空探测任务天地时延分析[J]. 飞行器测控学报, 2008, 27(1): 43-46.
- [9] E. Vassallo. The european space agency's deep-space antennas[J]. Proceedings of the IEEE, 2007, 95(11): 38-42.

RESEARCH OF APPLICATION STRATEGY IN ACQUISITION PARAMETERS OF AERO CRAFT TT&C SYSTEM

LI Na¹, NAN Qin-bo²

(1. College of Astronautics, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China; 2. College of Automatic, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: In the acquisition procedure of telemetry, track and command system, the dynamic of frequency and signal power is very complicated. Then, The relationship among the movement of tracking target and dynamic of signal frequency and power were analysed and given. Finally, based on the basic theories of phase lock loop, the application principle and method with receiver's PLL noise bandwidth and transmitter's uplink frequency swept range of TT&C system were proposed.

Key words: aero craft; TT&C; PLL; doppler frequency

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0132-06

一种非线性降维改进算法在图像处理中的应用

李德启¹, 刘传领²

(1. 商丘职业技术学院计算机系, 河南 商丘 476000; 2. 南京理工大学计算机科学与技术学院, 江苏 南京 210094)

摘 要: 对高维非线性结构的图像进行降维是提高识别率的关键环节,而一些传统的算法在对图像进行降维处理过程中虽然取得了一定的成效,但也暴露了它们各自的缺陷. 为了达到对高维非线性图像识别的理想效果,在对传统的降维算法分析并对其优势进行提炼的基础上,提出了一种改进的非线性降维算法,解决了传统算法的缺陷,并分别在 ORL 和 CMU PIE 数据库图像上进行了仿真实验,从而验证了该算法对高维非线性图像在模式识别上的可行性.

关键词: 线性判别式分析; 非线性降维; 识别率

中图法分类号: TP391.41 **文献标识码:** A

0 前 言

图像模式识别技术是信息处理领域的重要分支之一,尤其在侦察、金融和管理等部门具有广阔的应用和发掘前景,它已经成为模式识别和人工智能方面一个重点研究课题. 为了更好地完成对图像的识别,对高维图像(如人脸图像)进行降维是对图像识别之前的关键技术环节,因为通过降维处理后的图像计算复杂度有了明显的降低,存储空间也有了明显的节省. 目前,对高维图像数据进行降维的方法主要有线性降维(如 LDA^[1] 和 PCA^[2] 等)和非线性降维方法(如 LLE^[3] 和 ISOMAP^[4] 等)两种. 线性降维方法虽然能够通过性能目标寻找线性变换矩阵实现对高维数据的降维,但由于光照、表情和姿态等因素会使高维人脸图像具有明显的非线性流形特征^[5],但是进行数据降维后会产生原有数据的非线性特征丢失的现象,导致图像数据在进行特征提取后数据失真,从而降低了图像的识别率. 非线性降维算法虽然能够使训练样本的流形结构得到保持,但却很难通过对新样本点的分析得到低维上的投影,从分类角度上并不是理想的选择. 针对上述两种高维图像数据降维方法存在的缺陷,笔者提出了把 LDA 和 LLE 相互融合起来的一种新的图像处理方法(简称 LDA & LLE),它既能够解决线性降维方法数据降维后产生的原有数据的非线性特征丢失的缺陷,又能够使非线性降维算法在通过对新样本点的分析得到低维上的投影方面存在的问题得到很好的解决. 经过实验表明,用此方法处理过的图像识别率比传统的线性和非线性降维方法都高出很多.

1 LDA 算法的实现及其分析

线性判别式分析(LDA)是 Belhumeur 在 1996 年引入用于模式识别和人工智能领域的经典算法. 为了保证投影后的模式样本在新的子空间具有最佳可分离性,它把高维的模式样本投影到最佳鉴别矢量空间,使模式样本在新的子空间具有最小类内散布矩阵和最大类间距离得到实现,保证了压缩空间和抽取分类信息的效果. 在对人脸图像处理的过程中,为了消除识别信息与所压制图像之间的差异,把与类内散布

* 收稿日期:2010-10-19
作者简介:李德启(1974—),男,河南省商丘市人,讲师,研究方向:软件工程、模式识别

的正交的矢量作为特征脸空间,保证了类内离散度和类间离散度的比值最小,从而避免了光照和表情变化等因素对人脸图像识别的影响。

为了实现 LDA 算法^[7,8],首先以一组 $Z = \{Z_i\}_{i=1}^C$ 作为训练集,其中 C 代表类别的个数,每类 $Z_i = \{z_{ij}\}_{j=1}^{a_i}$ 中包含 C_i 个人脸图像 z_{ij} ,那么,在训练集中有人脸图像为 $N = \sum_{i=1}^C C_i$,用 $J = (I_w \times I_h)$ 表示每幅图像的列向量,图像的大小为 $I_w \times I_h$, J 维实空间用 R^J 表示,其中 $z_{ij} \in R^J$,然后通过一组特征 $M (\ll J)$ 和基向量 $\{\Psi_m\}_{m=1}^M$ 保证类间与类内散布矩阵之间的比值的最大化,通常用下式进行优化:

$$\Psi = \arg \max_{\Psi} (\Psi^T S_b \Psi * (\Psi^T S_w \Psi)^{-1}), \quad \Psi = [\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_m], \Psi_m \in R^J \quad (1)$$

式中的 S_b 表示类间矩阵,可表示为:

$$S_b = 1/N (\sum_{i=1}^C C_i (z_i - z)(z_i - z)^T) = \sum_{i=1}^C \phi_{b,i} \phi_{b,i}^T = \phi_b \phi_b^T$$

式中的 S_w 表示类内矩阵,可表示为:

$$S_w = 1/N (\sum_{i=1}^C \sum_{j=1}^{a_i} (z_{ij} - z_i)(z_{ij} - z_i)^T)$$

其中 $z_i = 1/C_i (\sum_{j=1}^{a_i} z_{ij})$, $\phi_b = [\phi_{b,1}, \dots, \phi_{b,c}]$, $\phi_{b,i} = (C_i/N)^{1/2} (z_i - z)$ 为类 z_i 的均值.不难看出,优化式(1)与下面的特征值式等价:

$$S_b \Psi_m = \lambda_m S_w \Psi_m, m = 1, \dots, M \quad (2)$$

但是由于存在小样本的问题,在基向量 Ψ 寻找对应于 $S_w^{-1} S_b$ 的前 M 个特征值最大的特征向量的过程中,在对人脸图像进行识别时,当 S_w 是非奇异的情况下通常会出现退化问题.对于这类问题通常利用 Fisherfaces 方法加入 PCA 将类内和类间散布矩阵的零空间移去加以解决.但是,得到式(1)中最大值的前提条件是 $|\Psi^T S_w \Psi| = 0$ 且 $|\Psi^T S_b \Psi| \neq 0$,这样可能包含有一些有利特征的 S_w 类内散布矩阵零空间会被丢弃,这些有利特征影响着对图像的识别效果,从而造成图像识别率的下降.显然通过一定的性能目标来寻找线性变换矩阵实现对高维数据降维的 LDA 方法,对于受光照、姿态、表情等因素影响的非线性流形的、高维的人脸图像来说,由于通过单一的线性变换丢失原有数据的非线性特征的原因,造成了提取特征后数据失真,从而影响了图像的识别效果^[6].

2 局部线性嵌入算法(LLE)的实现及其分析

针对 LDA 算法的缺陷,Roweis 和 Saul 在 2000 年提出了局部线性嵌入算法(LLE).在 LLE 算法中高维空间相邻点在低维流形里也是相邻,即它能够很好地保持局部的邻域关系,这也是此方法的一个关键性质.在 LLE 中,把 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N \mid x_i \in R^D\}$ 和 $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_N \mid y_i \in R^d\} (d < D)$ 分别记作输入集和输出集,则 x_i 到 y_i 的映射 $f: x_i \rightarrow y_i$ 可通过下列步骤实现:

步骤 1:确定在高维空间中样本点的邻域,对每个样本 $x_i (i = 1, 2, \dots, N)$ 邻域的确定常用方法有 2 种:(1)通过某种距离 $d(\cdot, \cdot)$ 的定义来度量 x_i 到其他样本点的距离,即 K 邻域的确定,则选取距离最小的 K 个样本点作为其邻域点;(2)通过 ϵ 邻域确定,如果 x_j 落在 x_i 的 ϵ 邻域里,则认为 x_i 的一个邻域点是 x_j .

步骤 2:通过邻域来局部线性逼近中心样本点,获得用于重构的权矩阵 W ,局部线性逼近的目标方程为 $\epsilon(W) = \sum_{i=1}^N \|x_i - \sum_j w_{ij} x_j\|^2$,从目标方程不难看出,若条件 $x_j \notin N_k(x_i)$ 成立时则有 $w_{ij} = 0$,此时线性逼近的误差最小,因此,对重构的权矩阵 W 的求解可以转化为对以下条件约束问题的解决:

$$\begin{cases} \min_w \epsilon(W) \\ s. t. \sum_{j=1}^N w_{ij} = 1, i = 1, 2, \dots, N \end{cases} \quad (3)$$

步骤 3:重构低维嵌入 Y .对代价函数 $\varphi(Y) = \sum_{i=1}^N \|y_i - \sum_j w_{ij} y_j\|^2$ 的最小值进行求解,达到在低维流形中保持高维流形中的“邻居”关系的目的,可以把此代价函数化简为 $\varphi(Y) = \sum_i \sum_j M_{ij} y_i^T y_j =$

$\text{Trace}(YMT^T)$, 其中的大型稀疏矩阵 $M = (I - W)^T(I - W)$, 加入归一化约束条件 $YY^T/N = I$ (旋转不变)

和中心化约束条件 $\sum_{i=1}^N y_i = 0$ (平移不变). 对条件极值的求解, 用 Lagrange 乘数法可以得到 $(M - \Lambda)Y^T = 0$,

这样把对原问题的解决转化为对矩阵 M 特征值的求解问题. 假设: 矩阵 M 最小的 $d+1$ 个特征值为 $\lambda_1 \leq \lambda_2 \leq \dots \leq \lambda_{d+1}$, 对应的 $d+1$ 个特征向量为 v_1, v_2, \dots, v_{d+1} , 可得 $\lambda_1 = 0$ 且 $v_1 = [1, 1, \dots, 1]^T$, 为了使中心化约束条件满足, 可以把这个特征向量忽略, 直接取 $Y = [v_2, v_3, \dots, v_{d+1}]^T$.

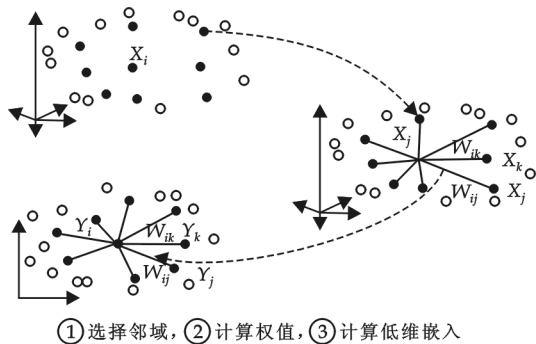


图 1 LLE 算法实现步骤示意图

分析步骤 2, 可以看出在 LLE 算法中, 高维空间中的局部流形来自于高维空间中数据点间的权值. 在步骤 3 中, 保持权值不变的条件下得到数据集在低维空间中的局部线性嵌入的新数据集. 因此, 此种算法可以通过保持数据间的局部联系完成数据从原始高维空间到低维空间的映射. 但是, 这一步是复杂度相当高, 计算最耗时的一步, 在没有得到优化的条件下, 最小 d 个特征值的时间复杂度为 $O(dN^2)$, 可以利用对大型稀疏矩阵求解使时间复杂度得到降低. 从图 1 中不难看出, 用于重构的权矩阵 W 是此算法实现的关键, 起到了高维数据和低维嵌入之间连接纽带的作用.

虽然利用此算法在高维数据可视化方面取得了较为理想的效果, 但还存在着以下几点缺陷:

首先, 没有一个显式的方法能够实现新样本点到低维空间的嵌入, 并且对新空间维数只能利用验证的方法获得, 没有一个显式准则给予确定. 其次, 此算法不适应对有类标号的样本数据的处理. 另外, 它虽然在构造的子空间内保持了训练样本的流形结构, 但不能够获取新样本点在低维空间上的投影^[9], 在分类的角度上并不是最理想的算法, 尤其对于人脸这类高维非线性流形结构图像的分类问题并不是最优的选择.

3 改进的非线性降维算法的实现

基于上述两种数据降维算法的缺陷, 笔者在这两种算法分析的基础上, 综合各自的优势对它们进行融合提炼, 提出了一种新的非线性降维方法 (简称 LDA & LLE 算法). 此算法实现的思想可概括为: 首先利用线性有监督的 LDA 算法找到每个样本点的近邻点, 然后通过 LLE 算法中对局部重建权矩阵的计算获取训练集在低维空间中的局部嵌入特征, 最后根据高维非线性图像的特点通过对训练集和其低维特征的计算获取新样本的低维特征. 这样, 此算法通过高维空间和低维空间之间的联系, 就能够很好地建立新样本点与其低维特征间明确的映射. 该算法的实现过程如下:

假设: n 幅人脸图像 $\{x_i\}_{i=1}^n$ 所组成的训练集为矩阵 X , 其中 $x_i (i=1, 2, \dots, n)$ 由一幅图像的非负灰度值组成且为 D 维列向量.

(1) 通过线性判别分析算法 (LDA) 实现对每个样本点的 k 个近邻点获取. 寻找样本点的近邻点的过程为: 首先, 通过对训练集 x 的降维获取 LDA 子空间 A . 然后, 在高维空间中任意选取两点 x_i 和 x_j , 并且把这两点的距离定义为其对应的 LDA 特征点之间的欧式距离, 如公式 (3). 最后, 通过新定义的欧式距离完成对每个样本点的 k 个邻近点的选取.

$$\text{Distance}_{ij} = \|A^T x_i - A^T x_j\| \quad (4)$$

(2) 利用 LLE 算法对局部重建权值矩阵进行计算, 获取训练集的低维局部嵌入特征. 利用 LLE 算法中的第 2、3 步骤完成对局部重建权值矩阵的计算, 在这一步骤中, 对局部重建权值矩阵的计算仍然是在原始高维空间中完成的, 这样不仅能够确保高维数据的非线性结构, 而且能够获得训练集 X 低维局部嵌入特征 $Y = \{y_i\}_{i=1}^n$.

(3) 根据训练集 X 及其在上一步骤中获取的低维特征 Y , 计算出与新样本对应的低维特征. 诸如人脸这类具有明显的高维非线性流形结构的图像, 由于它的高维空间和低维空间局部邻域间的点的关系不变,

因此只要能够得到新样本点和训练集 X 之间的邻域关系,就能够计算出新样本点的低维嵌入特征.

假设新样本点为 X_{new} ,首先通过新样本点 X_{new} 向子空间 A 做投影,从而获得其 LDA 特征 $A^T X_{\text{new}}$,然后通过 LLE 算法中的公式(3)获取新样本点 X_{new} 的 k 个近邻点,记作 $x_{\text{new}j} (j=1,2,\cdots,k)$,最后利用公式(4)找到新样本点与训练样本间的权值矩阵 w_{new} . 对于该新样本点的低维嵌入特征(y_{new})的计算,可通过下面的公式完成:

$$y_{\text{new}} = \sum_{i=1}^k w_i^{\text{new}} y_i, (y_i \in Y \in R^d)$$

(5)

注:公式(5)中的 y_{new} 表示新样本点在 LLE 非线性子空间中的低维投影, y_i 表示获取到的新样本点的近邻点 $x_{\text{new}j} (j=1,2,\cdots,k)$ 在 LLE 非线性子空间中的低维投影.

4 仿真实验及结果分析

为了验证笔者提出的算法在非线形降维上的有效性,分别选取 ORL 和 CMU PIE 人脸库中的人脸图像进行仿真实验,利用 LDA、LLE 和 LDA & LLE 算法进行图像处理和对比实验. 在实验前,首先对所用的图像进行自动检测、姿态表情定位和归一化处理,然后利用最近邻分类器进行分类.

4.1 ORL 人脸库仿真实验及其分析

ORL 人脸库由剑桥大学 AT & T 实验室创建,该数据库包含了具有不同表情和姿势、稍许倾斜(不超过 20 度)以及不同光照的人脸,共有 40 个人,每人有 10 幅不同的人脸图片,共计 400 张分辨率为 92×112 的人脸灰度图像^[10]. 本文随机选取每人 5 幅归一化图像进行训练,其余用作测试,即 200 幅作为训练样本,其余 200 幅为测试样本,这样避免了训练集与测试集的交叉现象,如图 2 所示.



图 2 ORL 库图像实例

在实验中,分别选取 LLE 算法中嵌入空间的维数 $D=50$ 和每个样本点邻域的个数 $K=18$. 使用 LDA 算法实现降维后,维数不超过其个体类别数减 1,并对这些维数逐一进行训练,再用最近邻分类器(NNc)进行分类,将属于不同类的样本均作为代表点,最后通过对这些代表点的比较把测试样本分配至空间距离最小的训练样本所属的类别中. LDA 算法与笔者提出的算法在系统中所得到的运行结果如图 3 所示.

通过此实验可以得出,笔者提出的算法(LDA & LLE)在对图像识别的分类优势方面明显高于线性判别式分析(LDA)算法,并且将图像识别率平均提高了大约 4.65%,把对人脸识别系统的识别能力提升到了一个新的高度. 此算法综合利用了 LDA 算法和 LLE 算法的优势,从而使进行流形降维后一些有利于识别的有用信息的丢失现象得到了避免,达到了降维后的数据依然保持原始特征的目的,使该算法的有效性得到了验证.

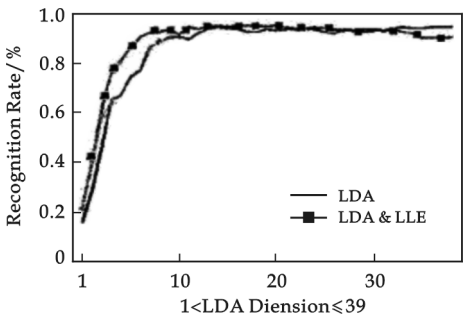


图 3 两种算法的仿真实验结果

表 1 CMU PIE 库人脸图像实验结果

算法	特征维数	识别率/%
LDA	11	70.58
LLE(K=80)	40	61.49
LDA & LLE(K=100)	55	88.21

4.2 CMU PIE 人脸库仿真实验及其分析

CMU PIE 人脸库是由卡耐基梅隆大学于 2000 年 11 月创建,来自于 68 名志愿者的 41 368 幅图像,包含了每人 13 种不同姿态和 43 种光照条件下的 4 种表情照片.在此仿真实验中,随机在该库中选取每个人 100 幅照片,然后再从这 100 幅图像中随机选取 50 幅作为训练集,其余的 50 幅作为测试集,部分实例图片如图 4 所示.最后,分别用 LDA、LLE 和笔者提出的 LDA & LLE 算法对选取的图像进行处理,得出实验结果,如表 1 所示.

由表 1 可以看出,笔者提出的非线性降维算法(LDA & LLE)将图像的识别率提高到了 88.21%,明显高于线性判别式分析算法(LDA)和局部线性嵌入算法(LLE),并且在光照、表情和姿态 3 种因素同时变化的条件下也具有一定的鲁棒性,使系统的识别性能有了显著提高.综合以上两个仿真实验可以得出如下结论:



图 4 CMU PIE 库图像实例

(1)利用 LDA 算法获取样本近邻点的 LDA & LLE 算法所获取的低维特征同时具有最小类内差异和最大类间差异的特点,保证了该算法较强的辨别能力.

(2)LDA & LLE 算法综合了 LDA 和 LLE 两种算法进行人脸识别的分类优势,使图像的识别率明显高于其他两种算法.

(3)从本质上说,LDA & LLE 算法是非线性降维算法,它不但避免了 LDA 算法中原有数据的非线性特征丢失的现象,而且很好地解决了 LLE 算法很难通过对新样本点的分析得到低维上的投影的缺陷,即使在光照、表情和姿态等因素同时变化的情况下仍然能够获取识别率较高的图像.

5 结束语

综上所述,笔者提出的非线性降维算法(LDA & LLE)很好地融合了 LDA 算法和 LLE 算法的优势,去除了它们中的缺陷,不仅能够使诸如人脸这类高维非线性图像的非线性结构得到了保持,而且具有较强的辨别能力.利用该算法对高维图像的降维效果比较明显,在光照、表情和姿态变化比较大的情况下仍然具有一定的鲁棒性,在提高图像的识别率方面具有广泛的可用性.但对于有关近邻点数目对识别率的影响方面,最邻近点 K 值的确定是有待解决的问题.

参 考 文 献

- [1] P N Belhumeur, J P Hespanha, D J Kriegman. Eigenfaces vs fisherfaces; recognition using class specific linear projection[J]. IEEE Trans Pattern Anal. Machine Intell, 2008, 19(7):711-720.
- [2] Turk M A, Pentland. A P. Eigenfaces for recognition[J]. Cognitive Neurosci, 2007, 3(1):71-86.
- [3] Rowels S T, Saul L K. Nonlinear dimensionality reduction by local linear embedding[J]. Science, 2000, 290(5 500):2 323-2 326.
- [4] Tenenbaum J B, De Silva V, Langford J C. A global geometric framework for nonlinear dimensionality reduction[J]. Science, 2000, 290(5 500):2 319-2 323.
- [5] Sam Roweis, Lawrence Saul, Geoff Hinton. Global coordination of local linear models[J]. Advances in Neural Information Processing System, 2001, 14:452-456.
- [6] Sam T, Rowels, Lawrence K Saul. Nonlinear dimensionality reduction by locally linear embedding[J]. Science, 2000, 12(290):22.
- [7] LIU J W, Plataniotis K N, Venetsanopoulos A N. Face recognition using lda based algorithms[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 2003, 14(1):195-200.
- [8] LIU J W, Plataniotis K N, Vevetsanopoulos A N. Regularization Studies of linear discriminant analysis in small sample size scenarios with application to face recognition[J]. Pattern Recognition letter, 2005, 26(2):181-191.
- [9] Zhu En, Yin Jianping, Zhang Guomin. Fingerprint Enhancement Using Circular Gabor Filter [C]. Proc of Int'l Conf on Image Analysis and Recognition, 2004:750-758.

[10] LIAO T W, LI D M, LI Y M. Detection of welding flaws from radiographic images with fuzzy clustering methods[J]. Fuzzy Set and System, 1999, 108(2): 145-158.

AN IMPROVED ALGORITHM FOR NONLINEAR DIMENSIONALITY REDUCTION IN IMAGE PROCESSING APPLICATIONS

LI De-qi¹, LIU Chuan-ling²

(1. Department of Computer, Shangqiu Polytechnic College, Shangqiu 476000, China; 2. Institute of Computer Science and Technology, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: The structure of high dimensional images with high recognition rate of Viti Levu down the key link, and some of the traditional algorithm to reduce the dimensions of the image processing has yielded some results, but exposed the shortcomings of their own. In order to achieve the high ideals of nonlinear effects of image recognition, dimension reduction in the traditional algorithm analysis and refinement of their advantages, put forward an improved algorithm for nonlinear dimensionality reduction to solve the shortcomings of the traditional algorithm. Respectively, in the ORL and CMU PIE database, the simulation experiment on the image to show that the algorithm for high-dimensional image pattern recognition viability.

Key words: linear discriminant analysis; nonlinear dimensionality reduction; recognition rate

(上接第 127 页)

STUDY ON PROCESSING TECHNOLOGY OF GYRATOR BOX COMPONENTS IN ZDY10000S DRILLER

DU Xiao-shan

(Xi'an Branch of China Coal Research Institute, Xi'an 710054, China)

Abstract: In this paper, the author researched the processing technology of gyrator box components used for ZDY10000S driller, and presented a new processing technology, which separately processes the box body and box cover from gyrator box components. And the new processing technology well satisfies the assemble interchange of box body and box cover in box components. After the rough machining procedure of box body and box cover, we added relief annealing into the processing, which improved the cutting capability and stability of box components. The author used the new technology to process box body and box cover, and the result shows that the new technology can both satisfy the design requirement and batch process requirement. Furthermore, it has good exchangeability.

Key words: gyrator; box; processing technology; exchangeability

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0138-04

一种新型的网络社区高影响力主题提取方法

吴亚男, 杨 云

(陕西科技大学电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要: 针对网络社区传统热点话题选择方法中存在的不足,如简单数字统计、没有考虑主题内容等,提出了一种基于社区主题内容的高影响力主题提取方法.运用传统的词语权重计算方法 TF-IDF 并结合网络社区的特点来定义词语权重,再根据网络社区信息传递的特点得到词语的影响力并计算出词语间的关联度,然后深度挖掘潜在关键词并最终构造出由若干个完全图组成的无向图 G ,从而得出高影响力主题类型.该方法能够准确提取出当前社区的热点主题并能够在一定程度上对近期热点信息进行预测和判断.

关键词: 权重; 词语关联度; 潜在关键词

中图法分类号: TP393.01

文献标识码: A

0 前 言

Internet 上的虚拟社区、网络社区,如 BBS/论坛、贴吧、公告栏、群组讨论、在线聊天、交友、个人空间等,其作用是为了增进世界各地人们之间的交互.现今互联网的猛速发展和信息日益的开放化、透明化,使得网络社区中人气指数高涨,数据日益庞大.人们通过网络社区这一平台表达自己的观点与见解,而对社区中热点或大众最为关心的话题的分析也显得尤为重要,要从每天的海量信息中提炼出高影响力和有潜在价值的话题并非是一件很容易的事情.

而我们较为传统的判断方法主要是从主题的几个指标来看:点击率(浏览数)、回帖数、讨论周期、下载存储次数.利用此方法可以取得较好的效果.但也存在某些缺陷^[1]: (1)无法从主题内容中分析,只是简单的数字统计; (2)没有对主题进行聚类,从而发现社区中若干相关主题组成当前热门话题; (3)没有考虑到重要词语在回复链上的传播作用.

为了较好地解决传统高影响力主题计算方法所存在的不足,我们从社区各个主题的内容出发,即从帖子间的回复内容着手,提出对高影响力词语进行聚类,从而达到对热点话题的聚类与提取,并设计出高影响力主题发现的原型系统,该系统能够较好地来自网络社区中提取出高影响力主题.

1 系统的架构与设计

1.1 社区信息预处理

在中文里,语言的最小单位是字,而能表达出一定含义的最小单位则是词语.当然,也存在某些单字词.以文本形式存在的信息是以标点符号对句子进行分割,而词语之间也同样需要分割.目前较为常用的分词方法有 3 大类:一是基于规则的方法;二是基于统计的方法;三是综合法.虽然这些方法在词语的分割方面都发挥着不小的作用,但仍然面临着词语切分歧义和未登录词识别两大难题.为了能够减少词语切分歧义、提高词语分词的准确率,本文提出了一种基于隐马尔可夫模型的双向最大字符串匹配分词法.具体实施步骤如下:首先,按照双向最大匹配法将待分析的中文字符串与机器词典中的词条进行逐一匹配,由

* 收稿日期:2010-12-01

作者简介:吴亚南(1982—),女,湖南省衡阳市人,在读硕士生,研究方向:数据仓库与挖掘

左至右扫描每一个字符串,若扫描时存在几种组合形式的词语,则选择字数较多的词语;同理,再按照由右至左的方式进行匹配,可得到两种匹配的结果,然后采用隐马尔可夫模型(HMM)对两种匹配结果进行比较并消除歧义,最终得到比较准确的分词结果^[2,3]。

另外,停用词处理是文本信息抽取过程中的一个重要前提,处理好停用词可以提高特征词选择的速度与质量。停用词主要是指对文本信息没有实际价值且出现频繁的词语,如“的、很、而且”等副词和连词。因此在对词语进行分割后还需要对其进行词性的标记。通常,一个句子是由名词、冠词、动词、代词、副词、形容词、介词和连词等组成,其中最能表达文本含义的词性为名词和动词,但是冠词、动词、代词等其他词性的词汇也会频繁出现在文本中,这类停用词需要被过滤掉,动词与名词则作为本文特征词的候选项而保留。

基于以上描述,可以得出社区信息预处理过程如图 1 所示。

1.2 特征词的选择

1.2.1 词语权重定义

传统比较常见的权重计算方法有特征频度权重函数、TFC 函数、TF-IDF、组合权重和熵权重等。本文对词语权重的计算主要基于 TF-IDF 方法并结合网络社区信息的特点进行修改。一个完整的主题包括标题+内容+回复内容。显然,出现在标题中的词语要比在内容中更为重要,而内容中的词语要比回复中重要,因此可根据情况给不同的位置分别定义影响因子。此外,本文为方便计算将词语的权重值域规范到 $[0,1]$ 。基于上述理解,对词语在每个主题中的权重进行如下定义^[4]:

$$Q_{cT} = \frac{1}{(1 + e^{-(\text{frequency}(c, T) \times \lg(N/n_c)))})} \times loc \quad (1)$$

其中, $\text{frequency}(c, T)$ 表示词语 c 在主题 T 中出现的频率, N 表示社区主题的总个数, n_c 代表在词语 c 所属版面中包含词语 c 的主题个数, loc 为词语在主题出现位置的影响因子且值域在 $[0,1]$ 范围。因此,高权词的集合 $C = \{c | Q_{cT_i} \geq \delta, 1 \leq i \leq n\}$ 。

1.2.2 帖子间影响力

同一主题下,帖子间也存在密切的关系。设帖子 y 是对 x 的回复,帖子 z 是对 y 的回复,计算帖子 x 对帖子 y 的影响力为:

$$k_{xy} = \frac{\text{quan}(W_x \cap W_y)}{\text{quan}(W_x)} \quad (2)$$

$$\text{quan}(S) = \sum_{c \in S} Q_{cT} \quad (3)$$

其中, W_x 为帖子 x 的词语集合, W_y 为帖子 y 的词语集合。基于上式计算帖子 x 对帖子 z 的影响力为:

$$k_{xz} = \frac{\text{quan}(W_x \cap W_y \cap W_z)}{\text{quan}(W_z)} \times k_{xy} \quad (4)$$

这样依次类推可获得回复链中所有帖子间的影响力。

1.2.3 词语对帖子的影响力

设在主题 T 中存在一条回复路径 $L = \{x, y, z, \dots, u, v, w\}$, 帖子 x 对帖子 w 的影响力为 k_{xw} , 并将词语对主题 T 的影响力值确定在 $[0,1]$, 计算词语对主题 T 的影响力为:

$$\inf(c|T) = \frac{Q_{cT}}{\text{quan}(W_x \cap W_y \cap W_z \dots \cap W_w)} \times k_{xw} \quad (5)$$

$$\sum_{c_j \in T} \left(\frac{Q_{c_j T}}{\text{quan}(W_x \cap W_y \cap W_z \dots \cap W_w)} \times k_{xw} \right)$$

因此,可计算出词语 c 在整个社区 D 中的影响力(设 D 由 n 个主题组成):

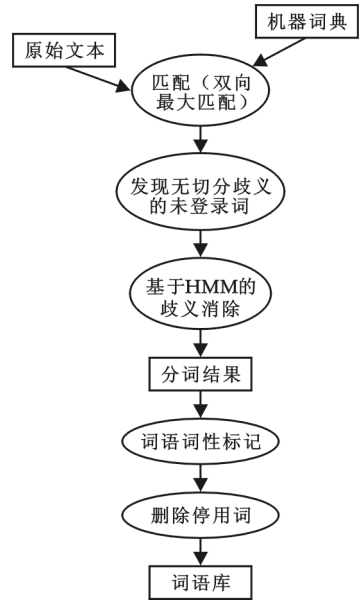


图 1 文本信息预处理过程示意图

$$\inf(c) = \frac{\sum_{i=1}^n \inf(c|T_i)}{\sum_{j=1}^n \sum_{c_i \in T_j} \inf(c_i|T_j)} \tag{6}$$

接下来,我们结合词语的权重值和在论坛中的影响力两个因素来提取出高频词.得到的高频词放入集合 H 中, $H = \{c | \inf(c|D) \geq \theta, c \in C\}$.

1.2.4 无向图 G 的构建

由顶点和边构成无向图 $G = \{V, E\}$, 高频词集合 H 用来确定图 G 的顶点. 词语之间的紧密关系确定无向图 G 的边. 判断词语间是否存在紧密联系, 需计算任意两个词语间的关联度 $\text{Rela}(c_1, c_2)$, 且词语 $c_1, c_2 \in H$, 则它们在论坛 D 中的关联度为:

$$\text{Rela}(c_1, c_2) = \frac{\sum_{i=1}^n \min(\inf(c_1|T_i) \inf(c_2|T_i))}{\sum_{c \in H} \inf(c)} \tag{7}$$

通过上述计算方法可以得到任意两词语间的关联度, 若它们的关联度大于一定的阈值, 则认为它们具有高度的相关度并在词语间用边连接. $E = \{e(c_1, c_2) | \text{Rela}(c_1, c_2) \geq \Omega, c_1, c_2 \in H\}$. 高度相关的词语一般存在两种情况: 一种情况是两个词语属于同义词, 意思很接近; 第二是它们在主题当中的同现概率较大. 若几个高度相关词语的组合能够构成一个词组或是短语, 则也具有参考价值. 然而, 在主题中也会存在一些

表 1 设置系统参数值

δ	θ	Ω	Key(c)
0.58	0.67	0.71	0.93

特殊的词语, 它们在社区中的出现不一定很频繁, 却具有极高代表性并与高频词语关系图 G 具有紧密的联系, 此类特殊词语为潜在关键词. 潜在关键词的

进一步挖掘需将非高频词与无向图 G 进行同现趋势度计算^[5].

$$\text{Key}(c) = \sum_{g \subseteq G} \frac{(\text{Rela}(c, g) - n_c p_g)^2}{n_c p_g} \tag{8}$$

其中, $n_c = \inf(c)$; $p_g = \frac{\inf(g-c)}{\inf(G)}$; $\text{Rela}(c, g) = \sum_{i=1}^n \min(\inf(c|T_i) \inf(g-c|T_i))$; $\inf(g-c|T_i) = \begin{cases} \inf(g|T_i), & c \notin g \\ \inf(g|T_i) - \inf(c|T_i), & c \in g \end{cases}$; $\inf(g|T_i) = \sum_{c \in g} \inf(c|T_i)$; $\inf(G) = \sum_{c \in G} \inf(c)$; n_c 表示词语 c 在网络社区的影响力, p_g 表示完全图 g 出现的概率, $\text{Rela}(c, g)$ 表示词语 c 与完全图 g 同现的加权和期望值. 如果 $\text{Key}(c)$ 值大于给定的域值, 则认为词语 c 与该类主题存在密切联系并添加到完全图 g 中.

表 2 传统法提取 2010 年 3 月 2 日的前 30 个热点话题

序号	主题号	点击率	回帖数	序号	主题号	点击率	回帖数
01	20210 #	1 870	266	16	01644	1 146	143
02	10456 #	1 650	265	17	02750 #	1 016	98
03	10176 #	1 770	261	18	15250	1 021	86
04	30542 #	1 716	256	19	43160 #	993	76
05	06446	1 643	243	20	43157	1 003	67
06	00874 #	1 664	214	21	34391	879	53
07	40145 #	1 678	209	22	11397 #	884	47
08	03460	1 563	198	23	40958	774	44
09	01021 #	1 578	176	24	04370 #	760	38
10	03783 #	1 564	176	25	10380 #	766	36
11	14468 #	1 567	166	26	14960	743	34
12	02793	1 484	154	27	04620 #	634	30
13	20840 #	1 540	144	28	23100	559	30
14	14183 #	1 420	137	29	16900 #	318	26
15	01584	1 330	126	30	06208	286	21

1.3 高影响力主题的发现

最终构成的无向图 G 是由若干个完全子图构成, $G' = g_1' \cup g_2' \cup \dots \cup g_n'$, 其中每一个完全子图都能代表一类热点话题, 从而提取出较高影响力的主题. 结合传统的数据统计方式再对提取出的高影响力主题进行排序.

2 实验与分析

本文实验数据来源中华网军事论坛, 这是一个具有大量用户和数据信息的论坛. 论坛平均每日增加的原帖数达 100~150, 而每天增加的回帖数可达 2 000 左右.

利用本文系统提取社区中 2010 年 3 月 2 日的高影响力主题, 该系统的参数值设置如表 1 所示, 再利用传统的方法选择出 2010 年 2 日至 4 日 3 天的热点话题, 主要通过社区中主题的点击率、回

帖数进行选择^[6]。

表 2 中“#”号表明两种不同方法的相同主题,可以发现其中有 16 个共同的高影响力主题,相似度达 60%。

其中表 3 中“*”表示 2010 年 3 月 4 日的热点话题已在本文系统结果 2010 年 3 月 1 日的高影响力主题中出现,说明该系统方法能够提前预计出高影响力主题的趋势。

3 结束语

本文通过对特征词语的提取并深度挖掘出潜在关键词,寻找它们的内在关联,从而对高影响力主题进行聚类。该原型系统很好地弥补了传统方法的不足,从主题内容上反映了其影响力和关注度,既对当前的数据信息做出了分析和处理,同时也能对近期的信息走向进行预测和基本判断。然而,本文系统仍有必要进一步优化。首先,本文系统的设计过程中涉及到很多参数,如何合理的设计参数关系到最终结果的准确率,只有经过多次实验才能很好的调试参数的值。其次,如果在该系统中适当融入一些人机交互操作,则可使得社区中提取出的高影响力主题更加准确、高效。

表 3 传统法提取 2010 年 3 月 4 日增加的高影响力主题

序号	主题号	点击率	回帖数
13	77898 *	1 632	184
16	90492 *	1 323	133
18	27840	1 398	103
22	07621 *	1 107	64
25	20714 *	833	53
29	90871 *	533	33
30	97770	331	30

参 考 文 献

[1] 蒋 凡. BBS 中主题发现原型系统的设计与实现[J]. 计算机工程与应用, 2005, (31): 151-153.
[2] 李媛媛. 基于潜在语义索引的文本特征词权重计算方法[J]. 计算机应用, 2008, 28(6): 1 460-1 466.
[3] 李星毅. 基于单词相似度的文本聚类[J]. 计算机工程与设计, 2009, 30(8): 1 966-1 968.
[4] 李晓红. 中文文本分类中的特征词抽取方法[J]. 计算机工程与设计, 2009, 30(17): 4 127-4 129.
[5] 杨林波, 王士同. 基于类别分布特征的快速文本分类方法[J]. 计算机工程与设计, 2009, 30(5): 1 267-1 269.
[6] 高俊波. 在线论坛中潜在影响力主题的发现研究[J]. 计算机应用, 2008, 28(1): 140-142.

A NEW EXTRACT METHOD OF HIGH-IMPACT THEME BASED ON NETWORK COMMUNITY

WU Ya-nan, YANG Yun

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

Abstract: The traditional method of extracting high-impact theme based on network community which does not consider the content of theme and just simply statistic. To change the traditional weaknesses, the paper proposes a new method based on thematic content for extracting high-impact theme. The system descript the weight of words by using the TF-IDF and the features of network community, then gain the influence of word in community according to the feature of information transmission and calculate the relational degree between words. In addition, mining the potential keyword deeply to create an undirected graph G consisting of several complete graphs. As a result, achieve the extraction of types of high-impact themes. This system can accurately extract the current hot topics and predict and judge recent focus information.

Key words: weight; word correlation; potential feature

基于 Web Service 的 EAMS 离线应用研究

冉崇善, 王 琦

(陕西科技大学电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要: 针对我国企业资产管理系统(EAMS)客户端的离线应用需求,提出了一种新的基于 Web Service 架构的数据同步策略.该策略将传统的 Web Service 模型进行了改进,扩展了支持业务流程监控的 WS-Proxy,同时采用高效的 SAX 来完成 XML 文档的解析工作.结果表明,采用该策略可大大提高 Web Service 服务器的响应效率,较好地解决企业资产管理系统客户端的离线应用问题.

关键词: 企业资产管理系统; Web Service; WS-Proxy; 离线应用

中图法分类号: TP311.52 **文献标识码:** A

0 前 言

企业资产管理系统,简称 EAMS(Enterprise Asset Management System),是一个面向资产密集型企业的信息化解决方案,以提高资产利用率、降低企业运维成本为目标,从而帮助企业提高其经济效益和市场竞争能力.

随着信息化的推进和发展,EAMS 已由最初的单机 C/S 架构转变为业界普遍使用的 B/S 架构,该架构能较好地满足企业的分布式应用需求.然而随着企业信息化的不断发展、业务的不断增长以及网络的不稳定性等因素的影响,导致单纯应用该架构时往往不能保证客户端处于离线状态时系统正常工作,而基于 Web Service^[1] 的系统架构则可以很好地解决此问题.

基于 Web Service 的架构可充分利用客户端和 Web 技术的优势,其最大优点就是可以离线使用,使用户不论何时何地都能正常地进行工作.然而在具体实施时还有许多问题待解决,如客户端在线和离线状态的无缝切换时还存在着如何处理服务请求、如何缓存操作数据、Web Service 服务器的响应效率低下等问题^[2].本文以 Web Service 架构为基础,采用一种新的方案来提高 Web Service 服务器的响应效率,从而较好地解决了离线应用中的数据同步问题.

1 面向服务的数据同步解决方案

目前有两种数据同步方案可供选择:以数据为中心的方案和面向服务的方案.前者采用本地数据库和合并复制机制技术,在服务器和客户端之间相互复制操作数据来解决,其最大特点是要求在客户端安装本地数据存储区;后者是通过服务请求与网络上的服务进行交互的,如果客户端处于离线状态,它可以推迟服务请求,直到从新转换为在线模式时再提交.

面向服务解决方案的最大特点是客户端并没有与它使用的服务紧密结合在一起,和服务是彼此独立的,可以自由地与所需的任何服务进行交互,所以面向服务的方案中客户端可将重点放在服务请求本身

* 收稿日期:2010-11-01

作者简介:冉崇善(1956—),男,陕西省富平县人,教授,硕士生导师,研究方向:网络安全、分布式系统
基金项目:国家自然科学基金项目(60672001)、陕西省工业攻关项目(2008K05-13)

上,而不是放在对本地保存的数据进行直接更改上,当客户端在线时只需要提交服务请求就可完成数据操作任务.另外,服务请求可能会导致客户端或服务器上的状态更改,但这些更改只是服务请求的副作用.

在面向服务方案的具体实施过程中还需要使用一种允许存储服务请求详细信息的基础结构,该基础结构由下列 4 个主要元素组成:

(1)服务代理:服务代理提供服务的主要访问点.它管理客户端与服务的所有交互,并封装所有必要的逻辑以允许客户端创建服务请求.

(2)服务请求:服务请求的所有详细信息都封装在一个服务请求对象中.然后,服务请求保留在服务请求队列中,直到执行程序组件可以对它们进行处理.服务请求对象负责发出实际的服务请求.

(3)服务请求队列:该队列为服务请求对象提供持久的存储区.

(4)执行程序:当客户端重新连接到网络时,执行程序负责从队列中提取服务请求并执行它们.在服务请求完成后,执行程序会通知服务代理,以便其可以通知客户端.这 4 个元素之间的关系如图 1 所示,从图 1 中可以看出使用面向服务解决方案的组件中所必须包括的功能.

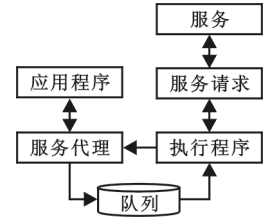


图 1 面向服务方案的组件

2 基于 Web Service 的 EAMS 客户端数据同步策略

2.1 EAMS 功能模块设计

根据系统需求分析,EAMS 包含了企业资产的前期管理、运行、维修直到报废等整个生命周期的管理,主要包括以下几个功能模块:

(1)设备管理:通过对设备台帐、采购、维修/检修、成本分析等的信息化管理达到如下目标:促进管理科学化;减少设备的故障率;降低设备维修成本;减少故障引起的经济损失;延长设备寿命等.

(2)工单管理:是系统的主线,通过工单的提交、审批和执行来帮助用户管理、计划和监控工作进程与资源调配情况.对于资产的安装、调试、退役和变更、纠正性的维修和计划性的维修以及预测性的维修都是通过工单来体现的.

(3)库存管理:用于建立一套集成的库存和物流管理平台,支持公司备件和材料等所有类型物料的库存管理.库存管理的主要目的在于库存数量账和金额账的管理.

(4)采购管理:用于控制采购流程,管理采购整个过程的各个方面,包括产生申请、批准、供应商选择、采购单发出、发票对照、收货.采购管理模块使用户能获得和跟踪实物资产维护工作需要的材料与服务.

(5)项目管理:主要目标是协调企业的各种资源,实现资金的合理利用、减少成本、增加效益.

此外,不同企业针对自身的实际情况可以增加或减少使用该 EAMS 的应用模块,达到既能节约成本,又能高效管理企业资产的需要.当然,在进行功能模块设计时,还应考虑增加其它管理模块,提供系统与其他管理事务的接口,增强系统的兼容性和可扩展性.

2.2 系统架构设计

基于 XML 与 Web Service 的数据同步策略是面向服务的,它使得客户端可以与需要的服务进行交互.而且,客户端只需关注服务请求本身,而不需要对本本地保存的数据进行直接更改,其总体架构如图 2 所示.

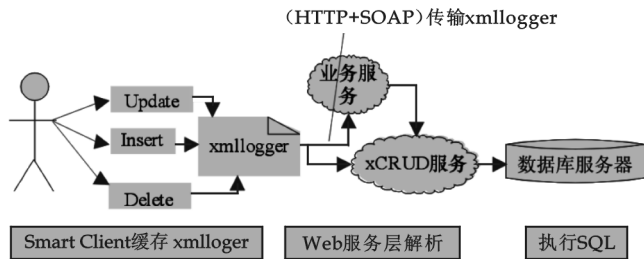


图 2 总体架构模型

在这里采用 XML 文件来缓存客户端进行的数据操作,我们可以将该 XML 文件看成是在离线工作时记录客户端每一步动作的日志文件,在本策略中将它命名为 xmllogger,并通过 XSD(xml schema definition)来定义.

用 XSD 来定义 xmllogger 文件,而非直接在 xmllogger 文件中存放 SQL 语句,可减少客户端系统的存储开销,并且能够更好地利用 XML 文件的结构性特点,方便在 Web 服务器上的数据解析与命令执行。

SQL 命令经由客户端编码后,通过 HTTP 协议由 SOAP 消息将 xmllogger 传输到业务 Web Service 服务器,进行相关的后续业务处理。

2.3 业务 Web 服务

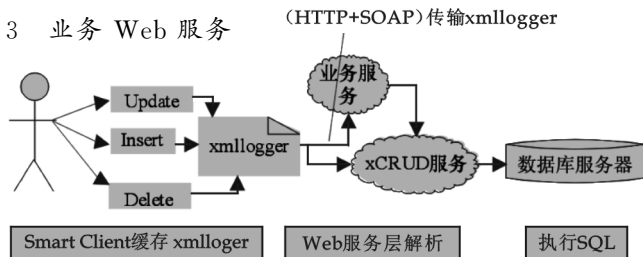


图 3 WS-Proxy 的详细设计

由于该架构系统所具有的离线特性,决定了在进行数据同步前,我们必须对其进行相关的业务判断,处理从断开连接到联机状态时发生的并发性问题。例如,我们自定义的 COM-MANDTIME 字段用来记录操作的时间,通过它与数据库已存信息进行比较,对 xmllogger 文件的某些数据进行必要的逻辑修改。另外必

须完成服务队列的监控调用和数据抽取工作。本文通过支持流程监控的 WS-Proxy 来完成服务队列的监控调用工作,而 XML 数据抽取则采用基于事件流的 SAX 来完成^[4]。WS-Proxy 的详细设计如图 3 所示。

(1)本地服务目录:用于维护外部 Web Service 和虚拟服务之间的映射,当一个外部服务导入时,该模块将把其服务地址 URI 改成 WS-Proxy 的本地地址,同时将<原 URI,本地 URI>加入映射表中。此外,本地服务目录还维护一个本地的 UDDI 组件,用于保存外部服务和生成的虚拟服务的 WSDL 描述。

(2)WSDL 分析器:从本地服务目录的 UDDI 组件中获取业务流程用到的 Web Service 的 WSDL 描述,进而获取服务调用消息所包含的数据元素的详细信息,这样可以得到一张所有输入输出消息所包含的 XML 元素的列表以及它们在消息中的具体位置(用 XPath 来描述)。

(3)监控计划:负责维护一张监控列表,指明了哪些服务和 XML 元素需要监控。根据 URI 和操作名称,WS-Proxy 知道需要处理哪些服务,而根据 XML 元素的名称及其位置,WS-Proxy 可以知道需要抽取哪些元素的内容以及该元素在消息中的位置。

(4)服务代理:是整个 WS-Proxy 的核心,所有的 Web Service 消息都由它来转发,同时它也负责对消息进行监控。每当一个服务请求从流程发送到这里,服务代理首先检查监控列表,如果该服务的 URI 和操作名称处在列表上,那么服务代理就将抽取与该操作关联的 XML 元素内容,并保存到监控数据的数据库中。然后服务代理查找服务映射表,获得对应的外部 Web Service 的 URI,并转发服务请求至外部服务提供者。

在业务 Web Service 服务器上所进行的业务处理步骤中非常重要的一步是对 XML 文档的解析,本文使用 JAXP(Java API for Processing)规范包装的 SAX 来解析 XML 文档,在文档开始、元素开始、字符数据、元素结束和文档结束 5 个事件分别对应的回调方法中进行编程处理。其总体架构程序如下:

```
public class StoreXML extends DefaultHandler {
    private int nid; //当前处理结点的 nid
    private int pid; //当前处理结点的 pid
    private Stack<Integer> stack; //栈结构
    public static void store(String uri) {
        SAXParserFactory spf = SAXParserFactory.newInstance();
        SAXParser sp = spf.newSAXParser();
        sp.parse(uri, new StoreXML());
    }
    //为节省篇幅,省略 5 个回调方法的具体实现,而仅在下文中描述其需实现的功能
}
```

文档开始方法(startDocument())完成 3 项功能:置当前结点的 nid=0,pid=-1;初始化栈 stack 将文档结点的 nid=0 入栈;置下一个结点的 nid=1。

元素开始方法(`startElement(String uri, String name, AttributeList attrs)`)完成 4 项功能:取栈 `stack` 的栈顶数据作为当前元素结点的 `pid`;如果当前元素有属性,通过循环依次将每一对属性名和属性值插入到属性表 `attrs`,其 `nid` 就是当前元素结点的 `nid`;将当前结点的 `nid` 入栈;使 `nid` 增 1,以获得下一个结点的先序遍历序号.

字符数据方法(`characters(char[] ch, int start, int length)`)首先以字符串的形式获取文本结点中的字符数据,然后截断其前后的空白字符,若截断后该字符串为空,则忽略此文本结点,否则将此文本结点的相关信息保存起来,并使 `nid` 增 1.

元素结束方法(`endElement(String uri, String name)`)和文档结束方法(`endDocument()`)的主要任务分别是将元素结点的 `nid` 和文档结点的 `nid` 从栈顶弹出.

解析 XML 文档后,业务 Web service 服务器便需要与数据库服务器进行连接,执行具体的操作,最后根据操作返回的结果执行相关的处理.

若出现数据一致性等异常,则终止当前操作,触发并记录异常,然后通过上述 `xmllogger` 文件中的 `CLIENTID`(客户端编号)元素值通知相应的客户端;若操作成功,则删除 `xmllogger` 缓存,减少资源占有率,达到优化系统的目的.

3 结束语

本文提出的离线问题解决方案的最大优点是在客户端不需要安装本地关系数据库,充分发挥了 Web Service 架构在系统部署上的优势,较好地解决了 EAMS 客户端的离线应用问题.另外,本方案将增加了 WS-Proxy 的扩展型 Web Service 模型与一种高效的 XML 数据提取方法相结合,大大提高了 Web Service 服务器的响应效率.同时利用不需要安装本地关系数据库的优点,可将该方案应用于不同类型的客户端,如 PDA、手机等,具有较高的实际应用价值.

参 考 文 献

[1] 景建筠,游晓黔. 安全 Web Services 体系结构的研究[J]. 计算机工程与设计,2007,28(5):1 232-1 234.

[2] 李 磊,牛春雷,陈宁江,等. 一种高效的 Web 服务性能优化策略[J]. 计算机研究与发展,2007,44(7):1 191-1 198.

[3] 任兴田,黄小红,马 严. 基于 Web Services 服务管理系统的研究[J]. 计算机工程,2007,33(4):91-93.

[4] 柴晓路,梁宇奇. Web Services 技术、架构和应用[M]. 北京:电子工业出版社,2003.

[5] 邓 芳. XML 文档到数据库数据转换研究[J]. 北京邮电大学学报,2004,27(1):84-86.

STUDY ON OFFLINE APPLICATION OF EAMS BASED ON WEB SERVICE

RAN Chong-shan, WANG Qi

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

Abstract: Considering the client-side offline application of traditional Enterprise Asset Management System(EAMS), a new data synchronization strategy based on the Web Service Architecture was proposed. The strategy combines the traditional Web Service with WS-Proxy supporting for business process monitoring, and adopts the highly effective SAX to extract XML document. The results show that, the strategy greatly improves the efficiency of Web Service server's response, addresses the client-side offline application of EAMS better.

Key words: EAMS; Web Service; WS-Proxy; offline application

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0146-05

具有脉冲出生及垂直传染的 SIS 传染病模型的全局稳定性

曹文军

(中北大学数学系, 山西 太原 030051)

摘 要: 研究了一类具有脉冲出生及垂直传染的 SIS 传染病模型, 给出了无病周期解的存在性并定义了基本再生数 R_0 , 利用 Floquet 定理及脉冲微分不等式证明了 $R_0 < 1$ 时无病周期解局部及全局渐近稳定, 说明种群的疾病可以消除; 最后对结果利用数值模拟进行了验证, 并且说明当 $R_0 > 1$ 时无病周期解不稳定且疾病是持续的.

关键词: 脉冲出生; 垂直传染; 无病周期解; 稳定性

中图法分类号: O175

文献标识码: A

0 前 言

控制传染病一直是当今世界迫切需要解决的一个重大问题, 尤其对于濒临灭绝的动物种群来说更为重要. 传统的传染病模型^[1,2]总是假设种群个体的出生是连续的, 而实际中对于像鳄类等野生动物来说其出生是集中在某个季节进行的, 采用具有脉冲出生的模型^[3-5]来研究更为符合实际.

本文主要针对此类种群建立了一类具有脉冲出生并同时考虑垂直传染(母体将病先天传染给新生儿)的 SIS 模型.

$$\begin{cases} S' = A - \beta SI - dS + \gamma I \\ I' = \beta SI - (d + \gamma + \alpha)I \end{cases} \Bigg\} t \neq nT, n = 0, 1, 2, \dots \\ \begin{cases} S(nT^+) = S(nT) + bS(nT) + B(1-p)I(nT) \\ I(nT^+) = I(nT) + bI(nT) \end{cases} \Bigg\} t = nT, n = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

其中, S 和 I 分别表示易感者和染病者的个体数量, 参量 β 表示有效接触率, d 表示自然死亡率, γ 表示恢复率, α 表示因病死亡率, b 表示种群的出生率, p ($0 < p < 1$) 表示染病者新生儿中患病的比率, T 表示脉冲出生的周期, A 表示易感者的常数移民(保证疾病不存在时种群不会灭绝), 这里所有的参量都是正常数.

种群中个体总数记为 N , 即 $N = S + I$. 从系统(1)可知:

$$\begin{cases} N' = A - dN - \alpha I, t \neq nT, \\ N(nT^+) = (1+b)N(nT), t = nT \end{cases} \quad (2)$$

考虑到模型的生物学意义, 易知 $\Omega = \{(S, I) | S \geq 0, I \geq 0\}$ 是系统(1)的正向不变集.

1 无病周期解的存在性

疾病不存在时, 即 $I(t) = 0$. 此时, 易感者满足方程

* 收稿日期: 2010-11-05

作者简介: 曹文军(1979—), 女, 山西省襄汾市人, 讲师, 硕士, 研究方向: 应用数学

$$\begin{cases} S' = A - dS, t \neq nT, \\ S(nT^+) = (1+b)S(nT), t = nT \end{cases} \quad (3)$$

在区间 $nT < t \leq (n+1)T$ 上求解系统(3)的第一个方程,得到

$$S(t) = \frac{A}{d} - \left[\frac{A}{d} - S(nT^+) \right] e^{-d(t-nT)} \quad (4)$$

由(3)式知 $S[(n+1)T^+] = (1+b) \left\{ \frac{A}{d} - \left[\frac{A}{d} - S(nT^+) \right] e^{-dT} \right\}$.

令 $S_n = S(nT^+)$, 即 S_n 表示刚刚经过第 n 个脉冲时刻后的易感者比例. 设 $F: S_n \rightarrow S_{n+1}$ 是一个映射, 满

足 $S_{n+1} = F(S_n) = (1+b) \left\{ \frac{A}{d} - \left[\frac{A}{d} - S_n \right] e^{-dT} \right\}$, 该映射有惟一的不动点 $S^* = \frac{(1+b) \frac{A}{d} (1 - e^{-dT})}{1 - (1+b)e^{-dT}}$. 考虑到

S^* 应为正数, 我们假设 $(1+b)e^{-dT} < 1$ (即 $d > \frac{\ln(1+b)}{T}$). 因为 $\left| \frac{dF(S_n)}{dS_n} \right|_{S_n=S^*} = |(1+b)e^{-dT}| < 1$, 所以

不动点 S^* 是稳定的, 从而可得序列 $\{S_n\}$ 必定收敛于 S^* . 将 $S(nT^+) = S^*$ 代入(4)式, 我们可以得到 $\tilde{S}(t)$

$$= \frac{A}{d} \left[1 + \frac{be^{-d(t-nT)}}{1 - (1+b)e^{-dT}} \right], \text{ 其中 } nT < t \leq (n+1)T.$$

故系统(1)存在一个无病的 T 周期解 $(\tilde{S}(t), 0)$. 由于 $N = S + I$, 所以 $\tilde{N}(t) = \tilde{S}(t)$.

$$\text{定义系统(1)的基本再生数为 } R_0 = \frac{\beta \frac{1}{T} \int_0^T \tilde{S}(t) dt + \frac{1}{T} \ln(1 + bp)}{d + \gamma + \alpha}.$$

2 无病周期解的局部稳定性

无病周期解 $(\tilde{S}(t), 0)$ 的局部稳定性可以通过研究系统(1)的线性化系统得到. 令 $S(t) = \tilde{S}(t) + x(t)$, $I(t) = \tilde{I}(t) + y(t)$, 可得系统(1)在非脉冲点处关于无病周期解的线性近似系统为 $\begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix} = \Phi(t) \begin{pmatrix} x(0) \\ y(0) \end{pmatrix}$, 其中

$\Phi(t) = (\varphi_{ij}(t))$, $i, j = 1, 2$ 满足 $\frac{d\Phi(t)}{dt} = \begin{pmatrix} -d & -\beta\tilde{S}(t) \\ 0 & \beta\tilde{S}(t) - (d + \gamma + \alpha) \end{pmatrix} \Phi(t)$, 且 $\Phi(0) = E$, 其中 E 为单位矩阵, 由上述

条件易得(由于 $\varphi_{12}(t)$ 对后续计算并无影响, 所以不用计算其具体形式):

$$\Phi(t) = \begin{pmatrix} e^{-dt} & \varphi_{12}(t) \\ 0 & e^{\beta \int_0^t \tilde{S}(\tau) d\tau - (d + \gamma + \alpha)t} \end{pmatrix}$$

则单值矩阵 $M = \begin{pmatrix} (1+b) & b(1-p) \\ 0 & 1+bp \end{pmatrix} \Phi(T)$, 通过计算, 得到 M 的特征根如下:

$$\lambda_1 = (1+b)e^{-dT} < 1, \quad \lambda_2 = e^{\beta \int_0^T \tilde{S}(\tau) d\tau + \ln(1+bp) - (d + \gamma + \alpha)T}$$

易得 $\lambda_2 < 1$ 当且仅当基本再生数 $R_0 < 1$.

由 Floquet 定理^[6]可知 $R_0 < 1$ 时无病周期解 $(\tilde{S}(t), 0)$ 局部渐近稳定, 即

定理 1 当 $R_0 < 1$ 时, 系统的无病 T 周期解 $(\tilde{S}(t), 0)$ 局部渐近稳定.

3 无病周期解的全局稳定性

定理 2 当 $R_0 < 1$ 时, 系统(1)的无病周期解 $(\tilde{S}(t), 0)$ 全局渐近稳定.

证明 为了研究方便, 我们利用 $N = S + I$ 将系统(1)化为下述形式:

$$\begin{cases} N' = A - dN - \alpha I, \\ I' = \beta NI - (d + \gamma + \alpha)I - \beta I^2 \end{cases} \left\{ \begin{array}{l} t \neq nT, n = 0, 1, 2, \dots \\ N(nT^+) = (1+b)N(nT), \\ I(nT^+) = (1+bp)I(nT) \end{array} \right\} t = nT, n = 0, 1, 2, \dots \quad (5)$$

则系统(5)无病周期解 $(\tilde{N}(t), 0)$ 与系统(1)无病周期解 $(\tilde{S}(t), 0)$ 的全局稳定性相同.

由系统(5)可得
$$\begin{cases} N' \leq A - bN, & t \neq nT, \\ N(nT^+) = (1+b)N(nT), & t = nT. \end{cases}$$

根据脉冲微分不等式^[7]得到

$$N(t) \leq \tilde{N}(t) + [(1+b)e^{-dT}]^{[t/T]} e^{-dT(t/T - [t/T])} \left[N(0^+) - \frac{A(1+b)(1-e^{-dT})}{d(1-(1+b)e^{-dT})} \right]$$

因为 $\lim_{n \rightarrow \infty} \left\{ [(1+b)e^{-dT}]^{[t/T]} e^{-dT(t/T - [t/T])} \left[N(0^+) - \frac{A(1+b)(1-e^{-dT})}{d(1-(1+b)e^{-dT})} \right] \right\} = 0$, 所以对任取的 $0 < \epsilon < \frac{(1-R_0)[(d+\gamma+\alpha)T - \ln(1+bp)]}{2T\beta}$, 存在正整数 $T_1 > 0$, 使得对所有 $t > T_1$, 有

$$N(t) \leq \tilde{N}(t) + \epsilon \quad (6)$$

将(6)式代入(5)式得 $I' \leq [\beta\tilde{N}(t) - (d+\gamma+\alpha) + \beta\epsilon]I, t > T_1, t \neq nT$.

对于系统

$$\begin{cases} I' \leq [\beta N(t) - (d+\gamma+\alpha) + \beta\epsilon]I, & t \neq nT, \\ I(nT^+) = (1+bp)I(nT), & t = nT. \end{cases}$$

利用脉冲微分不等式, 对于 $t \in [T_1 + nT, T_1 + (n+1)T]$ 可得

$$\begin{aligned} I(t) &\leq I(T_1^+) \left[\prod_{T_1 < KT < t} (1+bp) \right] \exp \left\{ \int_{T_1}^t [\beta\tilde{N}(\tau) - (d+\gamma+\alpha) + \beta\epsilon] d\tau \right\} = I(T_1^+) (1+bp)^n \\ &\exp \left\{ \int_{T_1}^{T_1+nT} [\beta\tilde{N}(\tau) - (d+\gamma+\alpha)] d\tau + \beta\epsilon(t-T_1) \right\} \cdot \exp \left\{ \int_{T_1+nT}^t [\beta\tilde{N}(\tau) - (d+\gamma+\alpha)] d\tau \right\} \\ &\leq I(T_1^+) (1+bp)^n \exp \left\{ n \int_0^T [\beta\tilde{N}(\tau) - (d+\gamma+\alpha)] d\tau + (n+1)T\beta\epsilon + \int_0^T \beta\tilde{N}(\tau) d\tau \right\} \\ &\quad \{ n[(d+\gamma+\alpha)T - \ln(1+bp)](R_0 - 1) + nT\beta\epsilon \} < B \exp \left\{ \frac{1}{2} n[(d+\gamma+\alpha)T - \ln(1+bp)](R_0 - 1) \right\} \end{aligned} \quad (7)$$

其中 $B = I(T_1^+) \exp [\beta\epsilon T + \beta \int_0^T \tilde{N}(\tau) d\tau]$. 当 $R_0 < 1$ 时, 有 $\lim_{t \rightarrow \infty} I(t) = 0$.

下面证明当 $R_0 < 1$ 时, 有 $\lim_{t \rightarrow \infty} N(t) = \tilde{N}(t)$.

设 $H(t) = |N(t) - \tilde{N}(t)|$, 则我们可以得到

$$\begin{cases} D_+ H(t) \leq \text{sign}(N(t) - \tilde{N}(t)) (N'(t) - \tilde{N}'(t)), & t \neq nT \\ \leq -dH(t) + \alpha I(t), & \\ H(nT^+) = (1+b)H(nT), & t = nT \end{cases} \quad (8)$$

从(7)式可知对于 $t \in [T_1 + nT, T_1 + (n+1)T]$, 有 $I(t) < Be^{-\theta n}$, 其中 $\theta = \frac{1}{2}[(d+\gamma+\alpha)T(1-R_0)]$.

对(8)式再次利用脉冲不等式, 我们可以得到

$$H(t) \leq H(T_1^+) \left[\prod_{T_1 < KT < t} (1+b) \right] e^{-dt} + \alpha \int_{T_1}^t \left[\prod_{s < KT < t} (1+b) \right] e^{-d(t-s)} I(s) ds \quad (9)$$

因为

$$\begin{aligned} \int_{T_1}^t \left[\prod_{s < KT < t} (1+b) \right] e^{-d(t-s)} I(s) ds &= \int_{T_1}^{T_1+T} \left[\prod_{s < KT < t} (1+b) \right] e^{-d(t-s)} I(s) ds + \\ &\int_{T_1+T}^{T_1+2T} \left[\prod_{s < KT < t} (1+b) \right] e^{-d(t-s)} I(s) ds + \cdots + \int_{T_1+(n-1)T}^{T_1+nT} \left[\prod_{s < KT < t} (1+b) \right] e^{-d(t-s)} I(s) ds + \\ &\int_{K_1 T+nT}^t \left[\prod_{s < KT < t} (1+b) \right] e^{-d(t-s)} I(s) ds < Be^{-dt} (e^{dT} - 1) [(1+b)^n \\ &+ (1+b)^{n-1} e^{-\theta} + \cdots + (1+b)e^{-(n-1)\theta} + e^{-n\theta}] = Be^{-dt} (e^{dT} - 1) \frac{(1+b)^{n+1} - e^{-(n+1)\theta}}{1+b - e^{-\theta}} \end{aligned} \quad (10)$$

从(9)和(10)式可以得出 $\lim_{t \rightarrow +\infty} H(t)=0$, 即 $\lim_{t \rightarrow +\infty} N(t)=\tilde{N}(t)$. 因此, 系统(5)的无病周期解 $(\tilde{N}(t), 0)$ 全局渐近稳定, 即系统(1)的无病周期解 $(\tilde{S}(t), 0)$ 全局渐近稳定, 证毕.

4 数值模拟

下面将利用 Matlab 给出系统(1)基本再生数 $R_0 < 1$ 和 $R_0 > 1$ 时一些数值模拟, 两组图中(a)和(b)分别表示易感者和染病者的时间序列, (c)表示 $S-I$ 相图, 其中参数 $A=0.02, \beta=0.6, d=0.029, \gamma=0.4, \alpha=0.002, b=0.3$ 及 $p=0.7$. 图 1 中易感者和染病者的初值分别为 $S(0)=0.8966, I(0)=0.001$, 且取周期为 $T=280$, 基本再生数 $R_0=0.9971 < 1$. 图 2 中易感者和染病者的初值分别为 $S(0)=0.9130, I(0)=0.001$, 且取周期为 $T=100$, 基本再生数 $R_0=1.0655 > 1$. 由图可以看出当 $R_0 < 1$ 疾病最终会消除, 而 $R_0 > 1$ 时疾病持续.

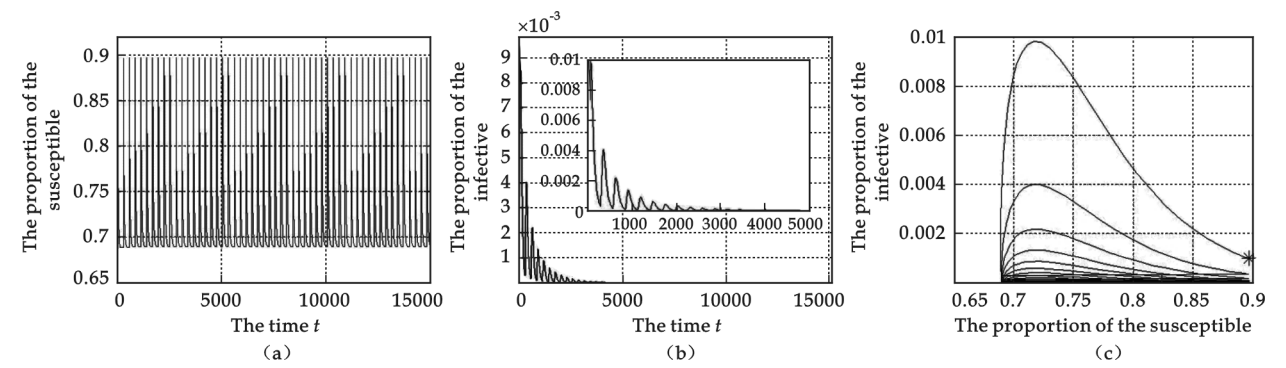


图 1 当 $R_0 < 1$ 时系统(1)的解轨线

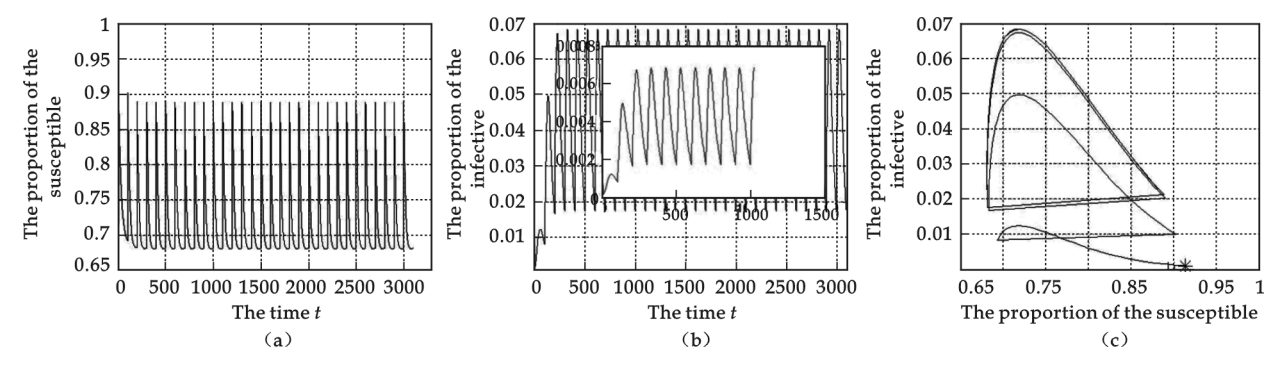


图 2 当 $R_0 > 1$ 时系统(1)的解轨线

5 结论

本文建立了一类具有脉冲出生及垂直传染的 SIS 传染病模型, 利用频闪映射得到其无病周期解的存在性, 通过 Floquet 乘子理论及脉冲微分不等式得到无病周期解当基本再生数 $R_0 < 1$ 时是局部并且是全局渐近稳定的, 最后利用数值模拟验证了理论结果, 并且由该部分结果可以发现当 $R_0 > 1$ 时无病周期解不稳定, 疾病将会持续. 该模型主要适用于数量在不断下降但可以有外界的补充来保证其不会灭绝且具有脉冲出生的种群, 例如濒临灭绝的种群, 像我国的扬子鳄, 由于自然环境恶劣及人类的滥杀滥捕导致他们的数量急剧下降, 为了保证其不走向灭绝, 国家采取人工繁殖饲养对其数量进行补充; 或者也适用于生活在某个环境比较恶劣(比如食物缺乏等等)的地区的种群, 而它们又有比较便利的条件来摄取少许资源以维持自己种群不致灭绝, 如所生活地区邻近资源丰富地区或可选择替代的食物等等.

参 考 文 献

- [1] 靳 赉, 马知恩. 具有连续和脉冲预防接种的 SIRS 传染病模型[J]. 华北工学院学报, 2003, 24(4): 235-243.
- [2] 靳 赉, 马知恩, 原三领. 总人口在变化的 SIR 流行病模型[J]. 工程数学学报, 2003, 20(3): 93-98.
- [3] M. G. Roberts, R. R. Kao. The dynamics of an infectious disease in a population with birth pulses[J]. Math. Biosci., 1998, (149): 23-36.
- [4] Shujing Gao, Lansun Chen, Lihua Sun. Dynamic complexities in a seasonal prevention epidemic model with birth pulses[J]. Chaos, Solitons and Fractals, 2005, (26): 1 171-1 181.
- [5] Wenjun Cao, Jin Zhen. The dynamics of the constant and pulse birth in a SIR epidemic model with constant recruitment[J]. Journal of Biological Systems, 2007, 15(2): 203-218.
- [6] 靳 赉. 在脉冲作用下的生态和流行病模型的研究[D]. 西安: 西安交通大学博士论文, 2001.
- [7] 马知恩, 周义仓, 王稳地, 等. 传染病动力学的数学建模与研究[M]. 第一版, 北京: 科学出版社, 2004: 303-306.

GLOBAL STABILITY OF A SIS EPIDEMIC MODEL WITH VERTICAL INFECTION AND BIRTH PULSES

CAO Wen-jun

(Department of Mathematics, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: In this paper, a SIS epidemic model with vertical infection and birth pulses is considered. The existence of the periodic infection-free solution is given and the basic reproductive number R_0 is defined. Using the Floquet theory and impulsive differential inequality, we obtain the local and global stability of the periodic infection-free solution if $R_0 < 1$, and the disease in the population will be eliminated. Finally numerical simulation validates the results and shows that the periodic infection-free solution is unstable and the disease will persist when $R_0 > 1$.

Key words: birth pulses; vertical infection; periodic infection-free solution; stability

我校申报教育部部级科技查新工作站成功

经过教育部专家的函评、实地测评和综合鉴定评审, 我校与其他 10 所高校被确定为第五批教育部部级科技查新工作站, 成为全国 78 所设立教育部部级科技查新站的高校之一。教育部部级科技查新工作站在我校设立, 使学校获得了独立的部级查新资质, 标志着学校图书馆在发挥高层次情报职能和科技信息咨询服务工作方面跨上了一个新的台阶。科技查新工作将为我校及兄弟院校和地方科研机构、企业的科研立项、成果评审、奖励申报、管理决策、技术引进和专利申请等方面发挥重要作用, 为学校高层次人才培养、高水平科技成果的研发做出更大的贡献。

我校图书馆是陕西省高校图书馆开展查新业务较早的单位之一。从 1999 年起, 图书馆先后与西安交通大学图书馆、陕西省科技情报研究所、长安大学图书馆建立了长期的科技查新合作关系; 2006 年经学校批准成立“陕西科技大学科技查新中心”, 同时成立“陕西科技大学查新咨询委员会”以保证科技查新的质量; 2008 年图书馆与咸阳市科技局签订科技查新服务协议。近年来, 随着我校科研水平的不断提升, 科技查新的业务量大幅增加。今后, 图书馆将以教育部科技查新工作站设立为契机, 进一步强化服务意识, 提升科技查新工作的规范化、科学化水平, 利用科技信息咨询更好地为教学、科研和地方经济发展服务。

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0151-06

季度定价市场与现货市场并存的情况下进口 铁矿石现货价格决定模式初探

李金华

(上海交通大学安泰经济与管理学院, 上海 200030)

摘要: 从全球角度分析了铁矿石的生产能力以及未来的产能概况, 并且分析了我国铁矿石需求的现状. 在此基础上, 根据目前铁矿石贸易市场定价模式的变化, 建立了季度定价和现货定价并存前提下铁矿石现货定价模型. 通过对模型的分析, 得出了矿商资金充足率、现货价与海运费价差、到岸存储成本以及价格弹性对铁矿石现货定价所产生的影响.

关键词: 铁矿石; 季度定价; 现货定价; 海运费; 存储成本

中图法分类号: TF521; F740

文献标识码: A

0 前言

铁矿石作为钢铁行业的主要原材料, 最近几年其成本占钢铁生产成本的比率不断攀升, 铁矿石的定价关乎整个钢铁行业的发展. 最近几年, 铁矿石受到金融危机的影响, 价格出现了大起大落的震荡现象, 铁矿石定价问题受到国内外学者的关注度有所提高.

在铁矿石定价问题上, 国内外学者分别从不同的侧重点出发对铁矿石价格形成机制以及影响价格走势的原因进行了研究, 最早的研究起于日本学界. 20 世纪 60 年代到 70 年代中期是日本经济高速发展的时期, 这直接导致其对铁矿石需求量迅速增长, 铁矿石供应安全与否成为日本整个钢铁业乃至日本整个国民经济能否持续发展的关键因素. Watanabe 和 Kinoshita(1971)以及 Yamazaki(1984)关注日本钢铁业的产业结构, 从产业链角度出发进行了研究, 指出日本铁矿石需求上涨的主要原因在于钢铁业产业结构的调整导致产能扩张快. Bresnahan 和 Suslow(1989)同样从供给角度出发, 给出了矿山生产铁矿石必须满足其资源禀赋限制下的短期供应曲线. 国内学者对铁矿石的研究主要集中在分析铁矿石定价的合理性和铁矿石价格大幅上涨对国内钢铁产业结构的影响. 夏盼、曲永冠(2005)认为, 铁矿石大幅提价是由于国内资源类产品定价机制不合理, 并提出解决之道是从市场和政府两方面入手, 加快完善资源类产品定价机制的步伐. 何维达、万学军(2008)指出, 铁矿石国际贸易买方定价权竞争的真正原因在于铁矿石贸易数量分配的竞争而非价格, 即通过率先定价, 定价者能够得到更多的矿石资源, 进而在钢铁市场竞争中攫取更多市场份额. Chloé Le Coq(2006)指出, 基于现货价格指数的合约将会导致供货商的合谋. 侯志芸(2009)指出我国当前的铁矿石价格暴涨与市场投机行为有密切关系. 李憬(2008)、郭磊(2007)、常丽娟(2008)等人同样指出现货市场价、长协价两种价格的存在为国外矿产巨头利用控制发货量操纵我国市场价格和国内贸易投机提供了条件. 林在进、陈和(2009)将政府政策、长协价格、海运费、下游产品价格、铁矿石进口数量等 8 个因素作为影响现货市场的因素, 运用基于灰色关联度模型的影响变量和 BP 神经网络模型的价格预测来对铁矿石现货市场价格形成机制进行实证分析, 实证结果显示, 铁矿石航运价格、钢铁产品价格、所在年份的长协价、进口铁矿石的数量这 4 个变量的变动, 对我国铁矿石现货市场的价格变动影响最为明显.

* 收稿日期:2010-10-21

作者简介:李金华(1986—),男,福建省南安市人,在读硕士生,研究方向:管理决策分析

1 中国铁矿石市场供需分析

1.1 全球铁矿石供应分析

2009 年,全球铁矿石产量为 15.88 亿吨,比 2008 年减少 6.2%,为 7 年来首次下滑.排名前 4 位的分别为澳大利亚(3.94 亿吨),巴西(3 亿吨),印度(2.57 亿吨)以及中国(2.34 亿吨).尽管产量下降,但全球

表 1 2001~2009 全球铁矿石产量分布(亿吨)

年	总计	巴西	澳	中国	印度	俄	非洲
2001	10.40	2.10	1.81	1.03	0.79	0.84	0.50
2002	11.30	2.25	1.87	1.09	0.86	0.84	0.52
2003	12.40	2.46	2.12	1.23	0.99	0.91	0.53
2004	13.40	2.71	2.35	1.46	1.21	0.97	0.54
2005	14.30	2.92	2.69	2.03	1.40	0.97	0.55
2006	15.20	3.17	2.80	2.80	1.55	1.04	0.57
2007	16.50	3.31	2.99	3.30	1.60	1.05	0.58
2008	16.93	3.46	3.50	3.66	2.14	0.99	0.64
2009	15.88	3.00	3.94	2.34	2.57	0.92	0.68

注:中国铁矿石产量按照世界平均含铁量进行折算,数据来源:度、中国以及俄罗斯等国家(表 1).

联合国贸易与发展会议、各国国家统计机构网站、彭博数据库. 从表 1 可以看出,前 3 大生产国的总产量已占到世界总产量的 60%,前 4 大生产国的总产量达到世界总产量的 75%,世界铁矿石生产呈现高度集中的特点.我国的产量位居全球第四,但是由于我国

表 2 1999~2008 全球铁矿石出口贸易市场(亿吨)

年	巴西	印度	澳	非洲	全球
1999	1.40	0.31	1.39	0.32	4.38
2000	1.60	0.35	1.57	0.32	4.99
2001	1.56	0.37	1.57	0.34	4.93
2002	1.70	0.55	1.66	0.35	5.34
2003	1.84	0.57	1.86	0.33	5.82
2004	2.37	0.63	2.10	0.36	6.74
2005	2.25	0.90	2.39	0.38	7.46
2006	2.47	0.87	2.48	0.37	7.88
2007	2.69	0.94	2.69	0.42	8.54
2008	2.82	1.01	3.09	0.43	9.09

数据来源:联合国贸易与发展会议、各国国家统计机构网站、彭博数据库.

1.2 中国的铁矿石需求分析

表 3 2000~2009 年中国铁矿石进口情况(亿吨)

年	澳	巴西	印度	南非	总计
2000	0.33	0.15	0.11	0.08	0.70
2001	0.38	0.25	0.17	0.09	0.92
2002	0.43	0.30	0.23	0.10	1.11
2003	0.58	0.38	0.32	0.10	1.48
2004	0.78	0.46	0.50	0.11	2.08
2005	1.12	0.55	0.69	0.11	2.75
2006	1.27	0.76	0.75	0.13	3.26
2007	1.46	0.98	0.79	0.12	3.93
2008	1.85	1.02	0.88	0.13	4.44
2009	2.62	1.42	1.07	0.33	6.28

数据来源:中国钢铁工业协会、海关统计资讯网、中国国家统计局.

铁矿石贸易在 2009 年创出 9.55 亿吨新高,比 2008 年增长了 7.4%,铁矿石贸易量的增长主要因为中国国内铁矿石需求的高速增长.

目前已探明的铁矿石储量在 1 500 亿吨左右,按照目前年产量 16 亿吨来计算,全球铁矿石还能供应 100 年左右.全球铁矿资源分布较为集中,主要分布在澳大利亚、巴西、中国、印度、俄罗斯、乌克兰、南非等国.由于品质以及各国条件的限制,铁矿石生产主要集中在巴西、澳大利亚、印

铁矿石品质较差,开采成本和利用成本都比较高.

2009 年,全球铁矿石贸易量达到 9.55 亿吨,相较 1999 年的贸易量翻了一番,1999 年到 2009 年的年复合增长率为 9.05%.铁矿石出口市场呈现高度集中的特点,2008 年,巴西、澳大利亚以及印度的出口量占到总出口量的 76%.巴西出口铁矿石年复合增长率达到 8.1%,澳大利亚和印度则分别为 9.3%和 14%.对比表 1 和表 2,可以看出铁矿石主要生产国的出口比例逐年增加,这主要是 2003 年后,中国作为铁矿石需求第一大国,铁矿石需求量增长迅速,消化了全球铁矿石出口份额的增长.

2003 年,我国首次超过日本成为全球铁矿石需求第一大国,之后需求量逐年快速增长.我国铁矿石产量排在全球第四,并且储量也比较大,所以需要大量进口铁矿石,是因为国内矿的品质较差,并且开采成本较高.

2000 年到 2009 年,我国进口铁矿石从 0.70 亿吨上升到 6.28 亿吨,年复合增长率为 27.6%,2003 年至 2009 年的增长率更是达到 29.5%.2008 年以前,澳矿和巴西矿以长协价定价为主,印度矿主要为现货交易.2009 年开始,由于长协谈判没有达成共识,澳矿和巴西矿开始进入现货

交易。从 2009 年的数据来看,澳矿和巴西矿进口占比相对印度矿来说有所增加,这主要是澳矿和巴西矿的品质比印度矿的品质要好,并且澳矿和巴西矿的开采成本远低于印度矿。在现货交易市场上,澳矿和巴西矿由于其品质以及成本的优势决定了现货市场上澳矿和巴西矿的市场份额有所扩大。从表 3 还可以看出,南非铁矿石进口数量在 2009 年有大幅增长,达到 0.33 亿吨。我国正逐步开拓新的市场,从而减少了对 3 大矿山的高依赖性。非洲铁矿石总储量在 300 亿吨左右,储量占到全球的 1/5 左右,由于资金以及技术等原因,目前铁矿石生产量仍然很小,未来具有较大的增长空间。预计 2010 年,南非铁矿石进口量可达 0.50 亿吨,未来有进一步增长的空间。

对比表 1 和表 3 可以看出,我国铁矿石需求外贸依存度在不断增加,虽然 2004 年到 2008 年外贸依存度有所下降,但是 2009 年由于进口铁矿石价格出现大幅下降,国内铁矿石供应商的竞争力遭到大幅削弱,国产矿的数量大幅下降,外贸依存度再度提高,达到 60% 左右。随着铁矿石进口价格的回升,国产矿开采的经济价值逐渐体现,2010 年国产铁矿石量会有较大的反弹,预计 2010 年铁矿石外贸依存度有望下降到 55% 以下。

1.3 全球铁矿石未来产能分析

自 2003 年铁矿石价格大幅上涨以来,全球铁矿石供应商产能扩张速度有所加快。铁矿石价格大幅上涨,但是铁矿石生产成本并没有多大变化。以必和必拓为例,2007 年之前,澳洲铁矿石的离岸成本在 20 美元/吨以下,2007 年生产成本为 25 美元/吨,2008 年和 2009 年的成本分别为 30 美元/吨和 25 美元/吨。加上当期海运费,2008 年到岸成本为 45 美元/吨左右,2009 年到岸成本为 35 美元/吨左右。海关总署数据显示,2009 年 6 月进口铁矿石月度均价创下新低,为 68.1 美元/吨,仍然是到岸成本的两倍左右,巨额的利润驱使铁矿石供应商加快产能扩张的步伐。联合国贸发组织 7 月份发布的公告显示,2009 年,新投产的铁矿石年产能达到近 7 500 万吨,2010 年扩建的产能项目更加巨大。2012 年之后的 3 年里,预计每年将新增 4 亿吨产能,也就是到 2015 年全球铁矿石产能有望达到 30 亿吨/年以上。2008 年全球出口贸易量相对 2007 年增长仅为 0.5 亿吨,也就是说需求的增长远远落后于供给的增长,未来几年,产能过剩将是不可避免,这对我国铁矿石进口高依存度的现状来说是有利的。

2 季度定价与现货定价并存市场模型

2.1 新定价模式概述

传统的铁矿石定价机制为长协价格谈判机制,以年度作为定价周期,2008 年开始,长协机制已经开始出现明显问题。2008 年之前,澳大利亚和巴西铁矿石出口贸易沿用 1981 年开始确立下来的长协定价机制,而印度矿主要采用现货贸易的方式。2009 年长协谈判没有取得一致的共识,但是我国并没有因此中断从巴西和澳大利亚进口铁矿石,主要通过现货市场进行交易。2009 年以来,3 大矿山力推季度定价和现货定价模式,目前,3 大矿山已经和中国钢铁企业达成季度定价的共识,从 2010 年四季度开始推行季度定价。

2009 年上半年,铁矿石现货市场出现大幅下跌的走势,这一阶段现货价格远远低于长协价格,现货市场的大幅下挫使得长协定价机制的避险作用得到体现。但是从 2009 年 5 月份开始,铁矿石现货市场价格出现一波快速上涨的走势。钢之家网站数据显示,2010 年 3 月份,铁矿石现货价格达到 157 美元/吨的高点。现货市场价格的大幅上涨给铁矿石谈判带来更多变数,最终铁矿石谈判没能达成共识。

图 1 显示,2009 年下半年以来铁矿石现货总体出现了大幅上涨,因此矿商愿意采用现货定价的方式来进行贸易。2010 年 2 季度开始实行季度定价后,现货和长协的差额幅度逐步减小,甚至出现倒挂现象。目前现货和长协的联动更加紧密,倒挂现象实际上不利于国内钢厂。另外,从季度定价开始实行后,现货价格的波动幅度有所放大,说明季度定价使得价格更加不稳定。

图 2 显示,印度到中国的海运费价格要远远低于巴西和澳大利亚,虽然印度矿的品质要劣于巴西和澳大利亚,但是,海运费的优势决定了印度矿在现货市场的竞争力。目前,铁矿石出口量最大的前 3 个国家分别为澳大利亚、巴西、印度。澳大利亚和巴西占到 65% 的市场份额,印度则占到 12% 的市场份额。市场上起

决定性作用的还是巴西和澳大利亚的矿工,如果单单用现货市场定价的方式来决定铁矿石价格,则巴西和澳大利亚矿工并没有优势.另外,铁矿石生产本来就是一个高资本投入的产业,产能扩张要面对需求不确定的风险,而长协价对于矿工来说是一种规避风险的方式,因此未来会呈现季度定价和现货定价两种定价方式并存的局面.

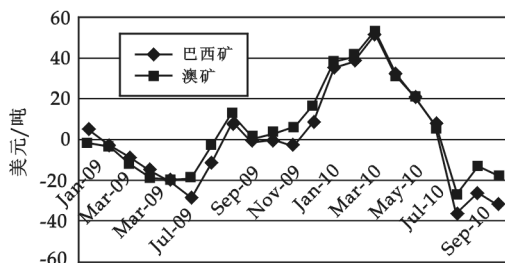


图 1 铁矿石长协价与现货价价差走势

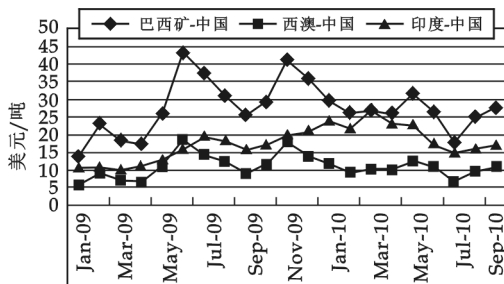


图 2 铁矿石海运费走势

(1. 现货价已扣除海运费, 2. 2010 年 2、3 季度均用季度价格)

目前, 3 大矿商力拓、必和必拓和淡水河谷与我国钢铁企业达成的季度矿价均采用新加坡普氏指数作为中国现货市场价格指数, 而普氏指数又以青岛港 65% 品位的铁矿石到岸价的 3 个月均价确定, 也就是说季度定价的定价模式是以上一季度的均价来确定下一季度的铁矿石价格. 由于季节性因素的影响, 铁矿石价格必然会出现较大幅度的波动. 季度定价基于现货价格的平均指数, 未来长协价格和现货价格的联动将更加紧密.

2.2 季度定价模式下现货价格的决定机制探讨

在季度定价和现货定价并存的前提下, 矿石供应商的利润有两部分组成, 一部分来自现货市场, 一部分来自长协市场, 对应有两个市场的价格和成本. 由于长协市场所定的价格为离岸价, 长协市场的成本主要为生产成本. 现货市场的成本还要考虑海运费和到岸后的存储成本, 假设现货市场上的矿石均匀出售, 则存储成本跟销售量的平方成正比, 记矿石供应商 i 的存储成本为销售量平方的 s_i 倍. 生产成本与产量平方成正比, 与矿商可用现金成反比. 本文接下来主要从力拓、必和必拓和淡水河谷 3 家原来主要采用长协供货模式的供货商出发, 讨论 3 大矿商利润函数优化后现货市场的价格决定问题.

矿石供应商的利润函数可写成:

$$\pi_i = p_s q_i^s + g_i q_i^l - s_i (q_i^s)^2 - t_i \frac{(q_i^l + q_i^s)^2}{k_i} - d_i q_i^s$$

其中 p_s 为现货市场价格, q_i^s 为供应商 i 供应到现货市场的矿石量, q_i^l 为供应商 i 供应到长协市场的矿石量, g_i 为长协价格, s_i 为单位港口库存成本, q_i 为供应商总的供应量, k_i 为供应商的可用资金量, d_i 为矿石单位海运费, t_i 为系数.

假设矿石现货市场需求曲线为: $p_s = a - b(q^s + q^l + F)$

其中 F 为一直采用现货贸易的矿商供应的现货量, 假设此供应量在一定时期内固定, q^l 为 3 大矿商的现货供应量, q^l 为 3 大矿商的长协供货量.

$$q^s = \sum_i q_i^s, q^l = \sum_i q_i^l$$

每个矿石供应商优化自身的利润函数 $\frac{\partial \pi_i}{\partial q_i^s} = 0, \frac{\partial \pi_i}{\partial q_i^l} = 0$

也即 $p_s - b q_i^s - 2 s_i q_i^s - d_i - 2 \frac{t_i}{k_i} q_i^s = 0, -b q_i^s + g_i - 2 \frac{t_i}{k_i} (q_i^s + q_i^l) = 0$

由上面两式可得

$$q_i^s = \frac{p_s - d_i}{b + 2 s_i + 2 \frac{t_i}{k_i}} \quad (1)$$

$$q_i^l = \frac{g_i - bq_i^s}{2\frac{t_i}{k_i}} - q_i^s \tag{2}$$

通过(1)、(2)式可以解出现货和长协的供货量,但是本文的主要目标是探讨现货市场的价格决定机制,因此下面主要讨论长协供货量确定的前提下,供货商如何通过调节现货供货量使得利润最大化,我们接下来重点讨论(1)式.

因为 $q^s = \sum_i q_i^s$, (1) 式对 i 累加, 可得 $q^s = \sum_i \frac{p_s - d_i}{b + 2s_i + 2\frac{t_i}{k_i}}$, 记 $B = \sum_i \frac{1}{b + 2s_i + 2\frac{t_i}{k_i}}$, $E = \sum_i \frac{d_i}{b + 2s_i + 2\frac{t_i}{k_i}}$, 则有 $q^s = Bp_s - E$, 而 $p_s = a - b(q^s + q^l + F)$, 可得 $p_s = \frac{a + b(E - F - q^l)}{1 + bB}$, 记 $\frac{1}{1 + bB} = \omega$,

$\frac{E - F - q^l}{B} = M$, 则有

$$p_s = \omega a + (1 - \omega)M \tag{3}$$

由(1)式和(2)式可得

$$q_i^s = \frac{p_s - d_i}{b + 2s_i + 2\frac{t_i}{k_i}} = \frac{\omega a + (1 - \omega)M - d_i}{b + 2s_i + 2\frac{t_i}{k_i}} \tag{4}$$

2.3 模型讨论

(4)式就是各矿商优化自己的利润函数后做出的供给现货市场的铁矿石量,(3)式是矿商优化自身利润函数后得到的.(3)式显示,现货市场的价格由 a 和 M 的加权平均得到,而

$$M = \frac{E - F - q^l}{B} < \frac{E}{B} < \max_i(d_i)$$

从最近几年的数据来看,海运费的价格远远低于现货市场价格,因此有

$$\max_i(d_i) < p_s = a - b(q^s + q^l + F) < a$$

因此 $M < a$. 也就是说 ω 越大,现货价格越高,从 ω 的定义可知, ω 与参数 b 、储存成本 s 成反比,与矿石供应商的可用资金 k 成正比. 因此,从供应方来说,决定了现货市场价格的因素资金充裕程度;而从需求方来说,参数 b 反映的其实是铁矿石的需求弹性, b 越小,价格弹性也越小,铁矿石现货价格越高. 而 s 反映的是到岸后的存储成本, s 越小,现货市场价格越低,也就是说,完善港口的贸易环境有利于降低铁矿石现货市场价格.

除了价格弹性、存储成本、资金充裕程度这 3 个因素外,影响现货市场价格的还有一个重要因素就是海运费.(1)式显示,现货市场价格与需求量和海运费均成正比,当需求量增加并且海运费也上涨时,对现货市场价格将有双重推动作用. 最近几年,我国铁矿石价格出现大幅上涨的现象,一方面是需求迅速放大,另一方面,海运费的上涨作为催化剂同样推动现货价格快速走高.

表 4 发达国家钢产量饱和点

	粗钢产量	饱和点	人均钢消费	单位 GDP 钢消
	/万吨	年份	量/(吨/人)	费/(kg/美元)
美国	13681	1973	0.65	0.11
日本	11932	1973	0.80	0.21
德国	5323	1974	0.89	0.12
英国	2831	1970	0.46	0.20
法国	2702	1974	0.52	0.09

从发达国家的历史经验来看,当一国人均 GDP 达到 3 000 美元以上,并且基本实现工业化的时候,钢产量有望达到一个饱和点,钢材产量会趋于稳定.

我国 2009 年人均 GDP 为 2.5 万元人民币,折合成美元为 3 600 美元,已经超过 3 000 美元的临界值. 但是目前我国的工业化进程还在进行中,因此未来对铁矿石的需求还将进一步增加. 同时,随着全球经济的复苏,国际油价上涨的可能性较大,未来国际航运价格也将会进一步上涨. 需求增长以及海运费的上涨将在未来一段时间内给现货市场价格造成上涨的压力. 预计 2020 年左右,我国将实现基本工业化,2020 年后国内铁矿石需求有望进入后饱和时代. 届时,铁矿石价格有望维持稳定的态势,大幅波动的情况将会减少.

3 结束语

由于我国正处于城镇化和工业化的进程中,铁矿石的需求量在未来的几年内仍将保持较快增长,铁矿石价格上涨的趋势仍然没有改变.目前铁矿石定价模式已经从年度定价转变成季度定价和现货定价相结合的方式.铁矿石价格的长期大幅上涨必将影响我国钢铁行业的健康发展.通过本文分析,影响今后铁矿石定价的因素主要有 4 个:矿商的资金充裕度、价格弹性、铁矿石的港口库存成本以及海运费.从最近几年的投产情况来看,3 大矿商的投资额度不断加大,资金充足率应该会有所下降,这将有利于增加供货量,有效降低国内现货价格.价格弹性偏低的现象短时间内很难得到改善,主要是城镇化和工业化造成了铁矿石的刚性需求.对此,一方面,我国应该加快港口设施建设,改善港口物流,降低铁矿石存储成本和运输成本.另一方面,应该加快建设远程航运运力,平抑国际航运价格上涨过快的趋势.另外,目前季度定价所参考的普氏指数相对其他的指数来说会偏高,对于矿商来说相对有利,未来我国应该尽快编制具有国际影响力的能够切实反映我国铁矿石贸易的指数,从而让铁矿石定价体系更加公平并且更加市场化.

参 考 文 献

- [1] Robert Lundmark and Mats Nilsson. What do economic simulations tell us? Recent mergers in the iron ore industry[J]. Resources Policy, 2003, 29: 111-118.
- [2] Paul Sukagawa. Is iron ore priced as a commodity? Past and current practice[J]. Resources Policy, 2003, 35: 54-63.
- [3] D. J. Wu, Paul R. Kleindorfer. Competitive options, supply contracting, and electronic markets[J]. Management Science, 2005, 51(3): 452-466.
- [4] Yamazaki, H. Market structure, capacity expansion, and pricing: a model applied to the Japanese iron and steel industry[J]. International Journal of Industrial Organization, 1984, (2): 29-62.
- [5] Bresnahan, T. F., Suslow, V. Y. Short-run supply with capacity constraints[J]. Journal of Law and Economics, 1989, (32): 1-46.
- [6] 白 明. 纳什积与铁矿石涨价[J]. 中国物价, 2006, (8): 27-32.
- [7] 何维达, 万学军. 铁矿石国际贸易定价权与议价力的博弈分析[J]. 国际经贸探索, 2008, 24(2): 63-65.
- [8] 陈甲斌. 铁矿石供需缺口认识及应对措施经济学解释[J]. 矿业快报, 2006, (444): 24-26.

SPOT-PRICING MODEL FOR EXPORTED IRON ORE IN THE SITUATION OF COEXISTENCE OF QUARTERLY-PRICING AND SPOT-PRICING

LI Jin-hua

(Antai School of Economics & Management, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: This paper did analyze iron ore production capacity and future production potential from global perspective. Also, this paper did research the current situation of China market. Then, this article introduced the change of pricing model of iron ore market. Based on the analysis before, the model of spot-pricing in the situation of coexistence of quarterly-pricing and spot-pricing was established. We analyzed the model established, and we found that the gap between spot-price and transport costs can influence the result of iron ore pricing. Also, the costs of stock in seaport, the capital stock and flexibility of price can impact on the spot-pricing of iron ore.

Key words: iron ore, quarterly-pricing; spot-pricing; transport costs; costs of stock

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0157-04

一种基于内生增长的城市化模型

王少勃

(上海交通大学农业经济系, 上海 200030)

摘要: 城市化是当前中国面临的重大问题,作者运用 1999 年 Black & Henderson 首次提出的城市内生增长模型并基于钱陈关于中国城乡发展的假设,对中国城市化问题进行了研究,在此基础上提出了两个观点:第一,政府推进城市化的最有效方法是提高农民人均耕地面积;第二,解决城市病的根本方法是工业反哺农业,加强城乡联系。

关键词: 内生增长模型; 人力资本; 生产函数; 外部性

中图法分类号: F291.1

文献标识码: A

0 前言

对城市化和经济增长的研究一直是理论界关注的焦点,剖析这两者的内在联系有助于理解城市化过程,使当政者更好的推动国家城市化建设. 由于城市化理论的迅猛发展以及其天生对发展中国家的重要性,在中国研究城市化便具有普遍的意义.

近 20 年来,城市化理论发展迅猛. Henderson 在 2003 年所写的《Urbanization, Economic Geography, and Growth》很好地概括了目前的理论进展. 研究表明,城市化是内生于经济增长之中的,其中 1999 年 Black & Henderson 在城市化研究领域提出了一种全新的外部性城市增长模型,它以知识和人力资本的外部性规模经济为基础研究了城市结构下的内生经济增长. 但由于该模型是建立在发达国家已实现城市化的背景之下的,因此并没有考虑城乡之间的差别. 本文将该模型引入中国的二元经济结构,在二元结构下,将其中一类城市改变为农村,然后考察农村城市化及其与国民经济增长间的动态关系,得出了对中国城市化发展颇有意义的结论,同时这也是对该分析框架的进一步探索.

本文的现实意义主要是论证城市化是使农民致富的重要途径,同时强调城市农村协调发展和工业反哺农业的重要性;探讨在经济发展中城市化的内生决定机制以及城市化对经济结构变动和农业发展的影响,使当政者更好的推动国家城市化建设. 作为发展中国家,中国城市化异常重要,更需要理论指导.

1 Black & Henderson 内生增长模型在城市化研究中的运用

1.1 模型概述

模型考察的是一个城市农村两部门经济. 农民生产农产品,并需要不断从城市购买农具;城市通过投入人力资本生产农具,以换取农产品. 城市人口的聚集在带来了知识外溢的正外部性收益的同时,也造成了城市生活和生产成本(交通成本和地租)的上升. 在这种经济结构下,一个动态代际增长的代表性家庭,会通过最优决策行为将家庭人口和土地资源等要素在农业部门与城市部门之间进行分配以获取最大收入,并将家庭所得的全部收入在消费和工业资本投资中进行分配,以获取最大效用. 用世代交叠模型表示如下:

$$\max_{c, h_1, z} \int_0^{\infty} \left(\frac{c^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} \right) e^{-(\rho-g)t} dt, \sigma > 0, \rho > g$$

* 收稿日期:2010-11-03

作者简介:王少勃(1985—),男,浙江省温州市人,在读硕士生,研究方向:农业经济

$$s. t. (a) P\dot{H} = ze^{gt} I_1 + (1-z)e^{gt} I_2 - Pce^{gt}, (b) H = ze^{gt} h_1, (c) \dot{H} \geq 0, \frac{h_1}{h_1} + g \geq 0$$

其中初始家庭规模为 1, 家庭规模增长率为 g , 衰减率为 ρ . I_1 、 I_2 分别为城市和农村居民收入, P 为农产品价格, c 为消费水平, H 为家庭人力资本存量, h_1 表示家庭中城市部门人力资本存量, $P\dot{H}$ 表示每期家庭人力资本投资水平. 模型还运用了钱陈有关中国城乡发展中土地要素的假设: 设农村人均用地为 l_r , 并远大于城市人均用地 l_u . 设 $l_u = 1$, 土地总量为 L , 总人口为 N , 城市化率为 z , 则人均土地 $\frac{L}{N} = 1, zNl_u +$

$$(1-z)Nl_r = Nl, \text{ 可得 } l_r = \frac{l-1}{z-1} + 1.$$

1.2 城乡经济发展分析

设城市居民生产函数为 $X_{1i} = D_1(n_1^{\delta_1} h_1^{\theta_1}) h_{1i}^{\theta_1}$, 其中 n_1 是城市人口, δ_1 是人口规模效应, X_{1i} 表示第 i 个居民产量, h_{1i} 表示居民 i 人力资本存量水平, h_1 为城市平均人力资本水平. 当城市发展达到均衡时, $h_{1i} = h_1$. 城市拥挤带来交通成本, 还有地租, 采用 Black & Henderson 分析框架中的城市内部空间模型, 城市总交通成本 $= bn_1^{3/2}$, 总地租 $= 1/2(bn_1^{3/2})$, b 是与城市结构有关的定值. 在这样的城市模型假设下, 就可以讨论政府行为和居民行为: 政府通过支付补贴吸引居民进入城市以获得更多地租; 居民则进入城市获取城市规模效应, 但要支付成本. 从而根据政府利益最大化存在最大化问题:

$$\max_{n_1, T_1} \Pi_1 = \frac{1}{2} bn_1^{\frac{3}{2}} - T_1 n_1, \text{ s. t. } X_{1i} + T_1 - \frac{3}{2} bn_1^{3/2} = I_1$$

其中 T_1 是政府给予居民的补贴, 约束条件即城市居民收入消费恒等式. 由于各城市之间的竞争导致政府收益为 0, 即 $\max_{n_1} \Pi_1 = 0$, 从而可求解最大化问题, 得:

$$n_1 = (\delta_1 2b^{-1} D_1)^{2/(1-2\delta_1)} h_1^{2\sigma_1}, \epsilon_1 = \varphi_1 + \frac{\phi_1}{1-2\delta_1}, \varphi_1 = \frac{\theta_1}{1-2\delta_1} < 1$$

$$\text{从而 } I_1 = Q_1 h_1^{\sigma_1} = (1-2\delta_1) D_1 n_1^{\delta_1} h_1^{\phi_1 + \theta_1}, Q_1 = (\delta_1 2b^{-1} D_1)^{\frac{1}{1-2\delta_1}} b (2\delta_1)^{-1} (1-2\delta_1)$$

再设农村居民的生产函数为 $X_{2j} = D_2 h_{2j}^{\theta_2} K_j^{1-\alpha} l_j^{\delta_2}$, $h_{2j}^{\theta_2}$ 是城市技术水平对农业的促进, K_j 表示农业生产的资本投入, l_j 是土地. 因为农村人口同质, 故 $l_j = l_r$. 同样存在农村居民利润最大化问题, 由于农产品价格为 P , 故:

$$\max_{K_j} I_{2j} = PX_{2j} - K_j = PD_2 h_{1j}^{\theta_2} K_j^{1-\alpha} l_j^{\delta_2} - K_j$$

由于 $h_{2j} = h_1$, 求解最大化问题可得:

$$K_j^{\alpha} = PD_2 h_1^{\theta_2} (1-\alpha) l_j^{\delta_2} \quad (1)$$

最终 $I_{2j} = \alpha(1-\alpha)^{(1-\alpha)/\alpha} D_2^{1/\alpha} P^{1/\alpha} l_j^{\delta_2/\alpha} h_1^{\theta_2/\alpha}$, 并令 $\varphi_2 = \frac{\theta_2}{\alpha}$ 以方便后续式子的简化.

1.3 代表性家庭的最优决策行为

求解世代交叠模型家庭最优决策, 可由对应的汉密尔顿函数求泛函:

$$\max_{c, z, h_1, H} L = \frac{c^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} e^{-(\rho-g)t} + \lambda_1 [ze^{gt} I_1 P^{-1} + (1-z)e^{gt} I_2 P^{-1} - ce^{gt}] + \lambda_2 [H - ze^{gt} h_1]$$

注意到: $\frac{\partial I_{1i}}{\partial h_{1i}} \bigg|_{h_{1i}=h_1} = \varphi_1 I_1 h_1^{-1}$, $\frac{\partial I_{2i}}{\partial h_{1i}} \bigg|_{h_{1i}=h_1} = \varphi_2 I_2 h_1^{-1}$, 从而得到整理过的一阶条件:

$$(a) \frac{\partial LL}{\partial c} = c^{-\sigma} e^{-(\rho-g)t} - \lambda_1 e^{gt} = 0$$

$$(b) \frac{\partial LL}{\partial z} = e^{gt} \left(\lambda_1 P^{-1} (I_1 - I_2 + (1-z) \frac{\partial I_2}{\partial z}) - \lambda_2 h_1 \right) = 0$$

$$(c) \frac{\partial LL}{\partial h_1} = e^{gt} (z\lambda_1 \varphi_1 I_1 h_1^{-1} P^{-1} + (1-z)\lambda_1 \varphi_2 I_2 h_1^{-1} P^{-1} - z\lambda_2) = 0$$

$$(d) \frac{\partial LL}{\partial H} = -\lambda_1 = \lambda_2$$

因 $\frac{\partial I_2}{\partial z} = \frac{\partial I_2}{\partial l_j} \frac{\partial l_j}{\partial z} = \frac{\delta_2}{\alpha} I_2 (1 - \frac{1}{l_j}) \frac{1}{1-z}$, 故将其与 (c)、(d) 联立得: $\frac{(\frac{1}{z}-1)\varphi_2 + 1 - \frac{\delta_2}{\alpha} + \frac{\delta_2}{\alpha} \frac{1}{l_j}}{1-\varphi_1} = \frac{I_1}{I_2}$. 当市场

出清时, 城市供给等于农村需求, 则 $zNI_1 = (1-z)NK_j$, 又 $K_j^a = I_{2j}^a (\frac{1}{\alpha}-1)^a$, 故综合以上 3 式可得

$$z = \frac{[(1-\alpha)(1-\varphi_1) - \alpha\varphi_2]/\delta_2}{[(1-\alpha)(1-\varphi_1) - \alpha\varphi_2]/\delta_2 + \alpha/\delta_2 - 1 + \frac{1}{l_j}}$$

再令 $W_1 = [(1-\alpha)(1-\varphi_1) - \alpha\varphi_2]/\delta_2$, $W_2 = \alpha/\delta_2 - 1$, 则 $z = \frac{W_1}{W_1 + W_2 + \frac{1}{l_j}}$, 同时 $K_j = \frac{z}{z-1} I_1 = \frac{z}{z-1} \times$

$Q_1 h^{\epsilon_1}$, 最后结合 (1) 式得 $P = [D_2 (1-\alpha) Q_1^{-a}]^{-1} \frac{1}{1_j^{\delta_2}} \frac{1}{(\frac{1}{z}-1)^a} h_1^{\sigma_1^{-1} - \theta_2}$, 最后, 当 $\delta_2 = \alpha$ 时, $z =$

$$\frac{(1-\alpha)(1-\varphi_1)/\alpha - \varphi_2}{(1-\alpha)(1-\varphi_1)/\alpha - \varphi_2 + \frac{1}{l_j}}, P = W h_1^{\epsilon_1^{-1} - \theta_2}, W = W_1^a [D_2 (1-\alpha)]^{-1} Q_1^a.$$

1.4 有关经济增长的相关结论

由 $n_1 = (\delta_1 2b^{-1} D_1)^{2/(1-2\delta_1)} h_1^{2\epsilon_1}$, 故 $\frac{n_1}{n_1} = \frac{2\epsilon_1 h_1}{h_1}$. 设 m_1 为城市数量, 则 $n_1 m_1 = z\dot{N}$, 动态化得 $n_1 m_1 + m_1 n_1 = z\dot{N}$, 进一步有 $\frac{n_1}{n_1} + \frac{m_1}{m_1} = \frac{\dot{N}}{N} = g$, 得城市数量增长速度 $\frac{m_1}{m_1} = g - \frac{2\epsilon_1 h_1}{h_1}$.

由 1.3(a) 得 $c^{-\sigma} e^{-\alpha} = \lambda_1$, 动态化并进一步化简可得: $-\sigma \frac{\dot{c}}{c} - \rho = \frac{\lambda_1}{\lambda_1}$; 另一方面, 结合 1.3(c)、(d) 得: $\frac{\lambda_1}{\lambda_1} = -\frac{z\varphi_1 I_1 + (1-z)\varphi_2 I_2}{z h_1 P}$, 于是两式联立得: $\frac{\dot{c}}{c} = \left(\frac{\varphi_1 I_1 - \varphi_2 I_2}{h_1 P} + \frac{\varphi_2 I_2}{h_1 P} \frac{1}{z} - \rho \right) \frac{1}{\sigma}$. 上面已推出: $z = \frac{W_1}{W_1 + W_2 + \frac{1}{l_j}}$, 故进一步代换有: $\frac{\dot{c}}{c} = \left[\frac{\varphi_1 I_1}{h_1 P} + \frac{\varphi_2 I_2}{h_1 P} \left(\frac{1}{W_1 l_j} + \frac{W_2}{W_1} \right) - \rho \right] \frac{1}{\sigma}$. 当 $\delta_2 = \alpha$ 时, 综合所有关系并整

理, 最终可得直观的生活水平的提高与人力资本存量的关系: $\frac{\dot{c}}{c} = [((1-\alpha)\varphi_1 + \alpha\varphi_2) W_1^{-a} D_2 Q_1^{1-a} H_1^{\theta_2 - \epsilon_1 - 1} - \rho] \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{\sigma} (A h_1^{\theta_2 - \epsilon_1 - 1} - \rho)$.

2 模型的实证研究

对于以上的城市化模型是否符合我国国情, 我们专门做了有关的实证研究, 我们的数据全部来源于国家统计局年鉴.

我们分别针对模型推导过程中的如下式子做了回归分析:

$$(1) I_1 = (1-2\delta_1) D_1 n_1^{\delta_1} h_1^{\psi_1 + \theta_1}$$

这是有关城市人口、城市人口人力资本存量对城市居民收入的回归分析. 对于城市人口, 我们使用的是城镇人口总数; 对于城市人口人力资本存量, 我们使用的数据是高中以上学历的人口比例. 数据选择的合理性在 Black & Henderson (1999) 中已经做过论证.

$$(2) I_{2j} = \alpha(1-\alpha)^{(1-a)/a} D_2^{1/a} P^{1/a} l_j^{\delta_2/a} h_1^{\theta_2/a}$$

这是有关农产品价格、农民人均耕地面积、城市人力资本存量对农民收入的回归分析. 对于农产品价格, 我们使用的是食品价格指数. 农民人均耕地面积我们由统计年鉴中农作物总播种面积和农村人口相除计算得出, 城市人力资本存量数据的选择方法上面已经提到, 最后农民收入的数据使用的是历年农村居民家庭人均纯收入的数据.

$$(3) z = \frac{W_1}{W_1 + W_2 + \frac{1}{l_j}}$$

这是有关农民人均耕地面积对城市化率的回归分析. 农民人均耕地面积数据的计算前面已经论述, 对于城市化率的数据, 我们使用了城镇人口全国占比的数据.

$$(4) P = Wh_1^{\alpha_1 - \theta_2}$$

这是最后一项回归分析, 是有关农产品价格与城市居民人力资本存量的关系, 这两项数据的取得在前面的回归分析中都已经完成.

最终, 上述 4 项回归分析均呈显著. 因此, 我们得出结论: 本文的城市化模型较好的描述了中国城市化的实际情况, 可以用于中国城市化实际问题的研究.

3 政策启示

启示 1: 由模型推导我们得到 $I_{2j} = \alpha(1-\alpha)^{(1-\alpha)/\alpha} D_2^{1/\alpha} P^{1/\alpha} l_j^{\delta_2/\alpha} h_1^{\theta_2/\alpha}$. 可见, 农民收入主要取决于农产品价格、人均耕地面积和城市居民人力资本存量. 而我们知道, 人均耕地面积 l_j 和城市居民人力资本存量 h_1 在短期内难以提高, 农产品价格 P 在短期上可以通过政府的行政力量进行调控, 而长期上, 农产品价格最终还是由供求所决定. 因此, 要提高农民收入, 短期上可以通过提高农产品价格保障农民的收入水平, 长期来说, 还是要提高人均耕地面积, 或者大力推动城市教育水平. 其中值得注意的是, 推动城市化正是提高人均耕地面积的有效手段, 因为在总体耕地有限的情况下, 转移农村剩余劳动力到城市, 减少务农人口, 便能有效提高人均耕地面积.

启示 2: 令 $z^* = \frac{W_1}{W_1 + W_2 + \frac{1}{l_j}}$ 为均衡时的城市化率. 当部分地区出现过度城市化和城市病问题, 即 $z > z^*$ 和 $zNI_1 > (1-z)NK_j$, 此时农业生产资料需求小于农业生产资料供给. 当农业生产函数给定时, K_j 与 P, h_1, l_j 正相关. 而城市人力资本存量的平均水平 h_1 和人均耕地面积 l_j 难以改变, 因此必须上调农产品价格使供需平衡. 否则, K_j 难以提高, 即需求难以提高的情况下, 供给将压缩, 最终导致失业. 反过来, 长期上, 如果能提高耕地面积, K_j 将上升, 使得均衡的城市化率 z^* 提高, 从而 $z < z^*$, 那么政府可以在不用调控农产品价格的条件下, 出台各种政策加速城市化改造.

4 模型可能的拓展

首先, 本模型存在的一个问题是没有考虑城乡间的运输成本. 可以设想, 在城乡运输成本足够高的情况下, 城市将考虑建立一部分农业生产以本地化, 而农村将存在农产品过剩的问题, 同时这种所谓的“产业非专业化”的现象将削弱主导产业的规模效应. 一般来说, 当城乡最终达到新的均衡时, 城乡都将各有一部分产品自给自足, 另一部分产品通过运输进行.

其次, 本模型还未考虑土地技术进步和资本累积效应的影响, 如果将这两个因素纳入模型, 可能会得出更深层次的城市化与经济增长之间关系的结论.

参考文献

- [1] Black and Henderson. A Theory of Urban Growth[R], 1999: 6-16.
- [2] Henderson. Urbanization Economic Geography and Growth[R], 2003: 7-8.
- [3] Johnston, Bruce F. and John W. Mellor. The role of agriculture in economic development[J]. American Economic Review, 1961, 51(4): 566-593.
- [4] Alex Anas & Kai Xiong. Intercity Trade and the Industrial Diversification of Cities[R], 2003: 5.
- [5] 钱 陈. 城市化与经济增长的主要理论和模型评述[R], 2005: 3-4.
- [6] 钱 陈, 史晋川. 城市化、结构变动与农业发展——基于城乡两部门的动态一般均衡分析[R], 2006: 5, 6.
- [7] 张培刚. 农业与工业化(上卷)——农业国工业化问题初探[R], 2002: 10, 11.
- [8] 庄子银. 高级宏观经济学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004: 143-169.

(下转第 173 页)

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0161-04

虚拟社区中的参政议政群体挖掘研究

陈 鹏, 陈京民

(河海大学商学院, 江苏 南京 211100)

摘 要: 互联网逐渐成为了许多民众参与政治活动的重要场所,对其有效的管理可以方便执政者问计于民,实现以民为本、执政为民,并不断地推动我国的民主化进程.作者以人民网强国论坛中参政群体为例,尝试运用社会网络分析方法从网民互动时留下的巨量的文本信息中揭示网络参政群体的整体结构,挖掘出其中存在的参政群体.

关键词: 网络民主; 社会网络分析; 参政群体挖掘

中图法分类号: TP393.01 **文献标识码:** A

0 前 言

互联网由于其信息发布传播的快速、便捷、隐匿性,成为许多民众表达自己真实想法的重要场所,也逐渐成为了许多民众参与政治活动的重要场所,这些以相同兴趣聚集起来的参政群体正成为推动行政决策民主化、科学化的一支重要力量,而且这些参政群体随着网络参政交流时间的延续,政见相同的参与者会逐渐聚集在一起,形成类似现实世界中的党派.因此,对这些网络参政群体的结构进行分析,成为网络参政研究中一个值得关注的问题.

社会网络分析方法主要用于描述和测量行动者之间的关系,构建出由这些关系建立起的整体结构,然后对其结构进行进一步分析,研究分析者所关注的社会问题.使用社会网络分析法进行虚拟参政群体分析时,需要采用参政群体之间的关系数据进行分析.这些关系将多个参政者联系成为一个更大的参政关系系统,反映了整个参政群体之间的关系的特性.

社会网络分析可以从两个不同特色的研究取向进行:整体网络分析方法和自我中心网络分析.从数据收集上来看整体网络分析方法主要使用提名选择法、参数选择法与循环选择法等各种选择方法;从数据整理上来看,整体网络分析主要采用社会矩阵方法与社会图示法.社会矩阵是一个 $N \times N$ 的 $(0,1)$ 矩阵. N 代表群体的人数,横行代表参政选择者,纵行代表参政被选择者,在选择者与被选择者交叉的地方标出选择结果,最后就可以得到参政群体的整体网络矩阵.通过解剖由这些整体网络结构所表示的群体基本结构,可以了解群体中的网络分布情况,区分群体在网络中的不同地位.

1 虚拟社区中的参政特点分析

人民网的强国论坛是中国网络媒体创办的第一个时政论坛,也被誉为“最著名的中文论坛”.注册用户总计超过 110 万,最高同时在线人数突破 214 万.因此,选取强国论坛具有代表性与典型性,有助于我们研究当前网络参政的群体结构.

* 收稿日期:2010-10-24

作者简介:陈 鹏(1986—),男,江苏省南京市人,在读硕士生,研究方向:信息管理与电子商务、数据挖掘
基金项目:2010 年度江苏省社会科学基金项目“公民网络参政研究”(09ZZB003)

在这个虚拟参政社群中存在 ID 会员和游客这两种角色类型,并以发帖、看帖和回帖 3 种行为方式互动。发帖人根据自己的政见发帖分享其对时政热点的看法建议;看帖人根据自己的兴趣浏览相关主题,有时根据自己的政治观点来评价发帖人所表达的观点,而回帖人的观点有时候可能也会被另一回复者评判而被回复,从而产生深层次的互动交流。随着交流时间的延续,政见相同的参与者会逐渐聚集在一起,形成较为紧密的小群体。例如,以 2007 年 10 月 12 日的陕西“周老虎”造假事件为例,网友在社区发帖,指出这组照片有 PS 过的嫌疑。随即网民们针对照片的真假展开了讨论。很快,网络言论分为旗帜鲜明的“打虎”和“挺虎”两派,双方成员分别阐述自己的理由,驳斥对方的观点。由此,可以推测在长期的参政探讨中,各成员也会形成类似现实世界中的党派群体。

虚拟参政群体的党派特征信息都隐藏在以平均每月大约 6 000 左右的帖子串为存在形式的文本数据之中,为分析这些虚拟参政群体的结构,就需要挖掘出参政群体中各个派系的成员和核心领袖。借助社会网络分析方法,通过基于整体视觉的网络分析,可以得出由全部会员及其相互间各种不同的联系所组成的网络结构和派系分布,进而结合各个成员的不同属性进行具体构成元素及其特点的挖掘。

2 虚拟参政群体挖掘

2.1 虚拟参政网络的总体构建分析及可视化

整体网络资料的收集必须有一个明确的边界。然而,BBS 虚拟社群的成员总处于或增或减的流动变化中。通过对不同时间段的成员间互动关系作横截面的考察,可以揭示互动网络结构的发展状况,由此抽取了从 2009 年 10 月 1 日至 2010 年 1 月 1 日共 3 个月的样本数据作为分析来源。

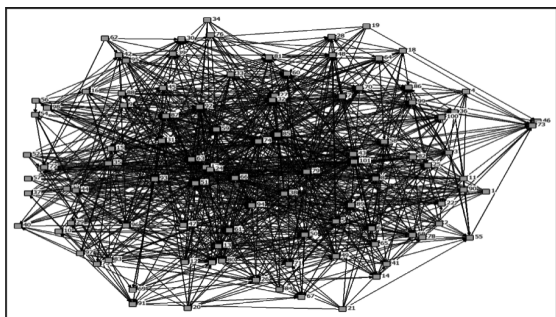


图 1 整体网络的可视化展示

以围绕一个主贴所形成的帖子串为单位,进行互动关系的资料,最后得出规模为 101×101 的关系矩阵。将数据输入 UCINET6.20 社会网络分析软件,得出参政网络的总体概况分析:整体规模为 101,整体密度为 0.157 0,网络中关系的标准差为 0.535 0;网络中两点间的平均距离为 2.198,建立在“距离”基础上的凝聚力指数为 0.417。由此,可以看出整体网络的参与者之间的联系

不太紧密,整体凝聚力比较弱。借助 UCINET 软件进行可视化描述,可以形象地展示出参政群体的整体概况(图 1)。

2.2 虚拟参政群体的派系挖掘

社会网络意义上的群体是指在既定目标和规范的约束之下彼此互动、协同活动的一群社会行动者,而凝聚子群是指整体结构中由一小群具有相对较强、直接、紧密和经常关系的行动者组成的次级群体。在参政网络中,成员间相互联系构成了不同的参政群体;具有相同政见的成员通过频繁互动的强关系构成不同的次级小群体,类似于现实中的不同参政团体,但是这些小群体却隐匿在整体参政网络的轮廓下。如图 1 所示,具体的派系群体就隐藏在这个整体网络之中,无论从文字信息还是关系矩阵都无法直接得到群体的分布及特征信息。

借助网络分析方法,可以快速地找出这些参政小群体,并勾勒出群体的具体面貌。社会网络分析中对这种子群体的处理有多种方法,如根据关系的互惠性、根据成员之间的可达性或接近性等,不同的方法根据不同的网络属性对群体的凝聚性进行量化处理:

(1)派系分析。派系是建立在互惠性基础上的凝聚子群,是最基本的凝聚子群概念。但派系这一概念有 4 个缺点:首先是派系的定义太严格,其次是派系的规模受到点的度数的限制,再次是现实社会中出现的派系规模都比较小,最后是不能反映出派系中的成员之间在地位上的区别。而且在网络参政中,成员间的

关系未必是直接的,很多时候都是间接的.因此,在具体分析中采用由派系推广出来的 n -派系分析方法.

由前面的整体网络数据及派系分析可知网络参政者之间的联系相对比较松散,所以首先进行小群体的 2-派系分析.载入数据,结果得出 205 个小派系,派系数量太多,不具有实际意义.同时,派系的成员之间存在着大量的重叠,隐藏了具体凝聚子群的结构.针对这种情况,阿尔巴(R. D. Alba)等人提出了社会圈的概念,利用滚雪球的方法降低派系数量,从而得到较为明确的结构特征.在 UCINET 中利用共享成员方法按等级进行深入的聚类分析,其结果如图 2 所示.

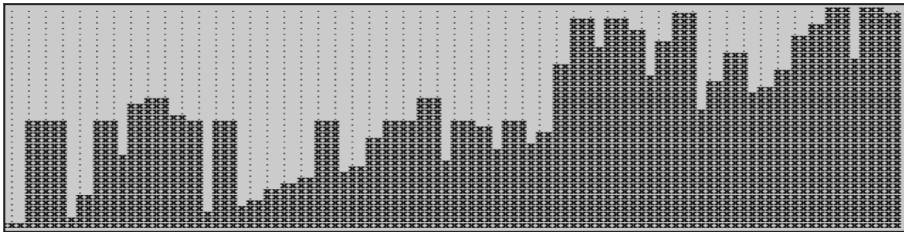


图 2 共享成员的层次聚类图

该结果给出了 101 个行动者共同隶属于派系的聚类分析表,然后利用派系-派系共享成员矩阵方法分析每一对“派系”共同拥有的行动者数目,结果如图 3 所示.

针对“派系共享成员”矩阵再次进行聚类分析,并基于不同显著性水平的比较得出整体网络中存在着 3 个凝聚子群(每个数字代表参政者的编号):

- 第一个子群成员有:8,18,88.
- 第二个子群成员有:5,41,44,47,79,92,99,100.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 3 派系共享成员表

- 第三个子群成员有:6,9,13,17,23,24,25,27,28,29,31,32,35,36,38,39,45,50,51,53,54,58,59,60,61,63,64,66,68,69,70,71,72,74,78,80,85,87,93,94,101.

由此,可以初步看出网络中比较活跃的成员及互动比较频繁的小团体.其中第三个子群体的成员太多,还可以从其他属性作进一步的分析,但是分析结果已经给出了参政团体的基本概况.由于不同概念的子群在对互惠关系的要求上各有不同,在实际分析时也就有了各自的优劣,为此需要借助其他概念的子群分析方法来对比验证以上分析结果.

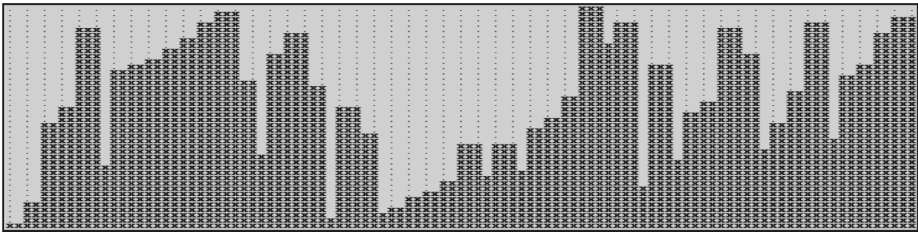


图 4 共享成员的层次聚类图

(2) k -丛分析.与派系不同, k -丛的概念建立在以度数为基础的凝聚子群之上.这种凝聚子群是通过限制子群中的每个成员的邻点个数而得到的,在一定程度上反映了群体中个人与其它人联系的紧密程度,弥

补了 n -派系不稳健的缺点,更加体现了凝聚力的思想。

网络参政者之间的联系相对比较松散,但是在子群体内部的凝聚力相对较大. 设定 k 值为 2, 最小规模为 3, 分析结果给出了 199 个小规模的 k -丛, 同样利用共享成员方法进行等级聚类分析, 其方法同上所述, 其聚类结果如图 4 所示。

基于不同显著性的比较, 将参政群体分裂为 4 个凝聚子群(每个数字代表参政者的编号):

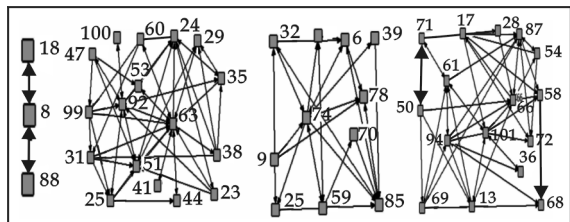


图 5 参政网络中的派系图

第一个子群成员有: 8, 18, 88.

第二个子群成员有: 5, 23, 24, 29, 31, 35, 38, 41, 44, 47, 51, 53, 60, 63, 92, 99, 100.

第三个子群成员有: 6, 9, 25, 32, 39, 59, 70, 74, 78, 80, 85, 93.

第四个子群成员有: 13, 17, 28, 36, 50, 54, 58, 61, 66, 68, 69, 71, 72, 87, 94, 101.

对比以上两种方法的分析结果, 可以发现两次分析的结果大致一致, 相比较而言 k -丛分析的分裂层次更深, 将 n -派分析中的大群体分解成为了两个联系更为紧密的子群体. 通过子群体内部关系的紧密型和可达性的综合比较, 借助可视化分析, 可以确定在网络参政群体中存在着 4 个联系紧密的参政团体, 其成员间的联系如图 5 所示。

3 结论

通过对人民网强国论坛讨论版中的虚拟参政者之间由发帖、回帖形成的社会网络的实证研究, 得出了以下结果:

(1) 从 3 个月内参政成员的约 15 000 条发帖信息中, 运用社会网络分析方法得出了由所有参政者联结构成的网络关系结构图. 通过整体关系的研究, 把个体间联系、“微观”网络与大规模的社会系统“宏观”结构结合起来, 可为参政关系的深入分析提供基础。

(2) 在虚拟社群中, 存在大量边缘的、流动性的以 IP 标注的网络参政者, 无法管理. 社群中主干则为一稳定的会员, 他们参与度高, 在与社群成员长期大量的广泛互动中积累了一定的声望, 具有更大的影响力。

(3) 在整体的虚拟网络参政社群中存在两种结构并行的状态, 即既存在一个松散的、扁平化的、去中心性的总体结构, 也存在很多个联系较为紧密的、权力集中的核心子群。

(4) 通过实验分析论证, 社会网络分析方法能够对一个错综复杂的参政网络进行细致分析, 挖掘出其中具体的特点. 社会网络分析方法还可以获取参政群体的整体结构及一些基本特征. 以此为基础, 可以更深入地挖掘具体参政子群体中的领袖、重要成员、参政效率等信息, 以进一步对网络参政议政群体进行分析。

参考文献

- [1] 罗家德. 社会网络分析讲义[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2005.
- [2] 刘 军. 整体网分析讲义[M]. 上海: 上海人民出版社, 2009.
- [3] 丁连红, 时 鹏. 网络社区发现[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [4] 刘 军. 社会网络分析导论[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2004.
- [5] 陈向东, 方 群. Blog 虚拟学习社区的社会网络研究[J]. 电化教育研究, 2008, (1): 40-44.
- [6] Tracy, C. R., & Joy, K. Prestige, Centrality and learning: a social network analysis of an online class[J]. Communication Education, 2005, 10(2): 56-60.
- [7] Dinah M Boyd, Nicole B Ellison. Social network sites: definition, history and scholarship[J]. Journal of Computer-mediated Communication, 2008, 13(1): 210-230.
- [8] Hopcroft J, Khan O, Kulis B, et al. Tracking evolving communities in large linked networks[J]. Proc. of the National Academy of Science, 2004, 101(1): 5 249-5 253.

(下转第 191 页)

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0165-04

研究生综合能力评价体系及模糊综合分析

车 诚, 李雷鸣, 王军会, 魏 嫚, 郭 珺

(中国石油大学(华东)经济管理学院, 成品油营销与物流研究所, 山东 东营 257061)

摘 要:目前我国高校培养的研究生综合能力较低,不能满足社会和企业的用人需要.造成这一现象的根本原因在于国内高校缺乏科学的具有指导性的研究生综合能力评价指标体系,在研究生能力培养方面比较片面.针对这一问题,作者结合社会与企业对研究生所需要具备的综合能力的要求,建立了一套研究生综合能力评价指标体系,以对我国高校研究生培养模式的创新进行初步的探讨.同时,提出了综合运用模糊专家分析法、模糊层次分析法和模糊排序法来降低评价主观性的测算方法,以提高计算结果的准确度.研究结论表明:该研究生综合能力评价指标体系及模糊分析方法可以较好的对研究生综合能力进行评价.

关键词: 研究生; 综合能力评价; 模糊; 指标体系

中图法分类号: C939; G643 **文献标识码:** A

0 前 言

改革开放 30 年来,我国高等教育以迅猛的速度发展,其中的研究生教育水平和规模都取得了巨大的进步.但是,现有的研究生教育模式培养出的学生普遍存在偏重理论知识、缺乏社会实践能力等一系列问题,不能充分满足社会发展和市场经济的需要.研究生究竟需要具备哪些能力以及如何培养,已成为我国高校目前迫切需要解决的问题^[1].针对这一问题,本文结合社会与企业对研究生需要具备的综合能力的要求,建立了一套研究生综合能力评价指标体系.同时,本文提出模糊测算方法进行分析计算.

1 相关研究综述

对于我国高校培养的研究生应具备的能力素质方面,部分学者已从多个角度进行了相关研究,并取得了一定的成果.

从研究生自身的角度,多位学者进行了研究.2009 年,西安邮电学院的王沛发表了《研究生综合素质培养的思考与建议》,从研究生综合素质的定义出发,分析了当前研究生教育的不足^[2].2006 年,东北财经大学的朱骥在《试论研究生综合素质的提高》中提出:提高研究生的综合素质,要把握住思想政治性、专业理念性、科学系统性、多样导学性、时代特色性和人文精神性等原则.2002 年,太原理工大学的赵彦生在《当代研究生应具备的几种能力》中也从人才的素质培养角度阐述了当前研究生应具备的主要能力.

从生源的角度,数位学者进行了研究.2009 年,王志祥、许兰平在《关于研究生综合素质培养的思考》一文中进行了初步探索.2007 年,中央财经大学的徐森在《硕士研究生招生复试素质与能力测评研究》中通过对研究生复试测评各项指标的研究,建立起了一整套较为科学、完整的研究生招生的能力与素质测评体系^[3].

从社会的需求角度,中国石油大学(北京)校长张来斌在 2010 年发表的《认清形势,把握关键,大力推进研究生教育改革创新》一文中分析并提出了研究生教育面临的新任务和新要求,强调了研究生教育的关键

* 收稿日期:2010-12-15

作者简介:车 诚(1979—),男,山东省烟台市人,讲师,博士,研究方向:营销管理和营销审计

基金项目:山东省研究生教育创新项目(SDY09021),山东省高等学校教学改革研究项目(2009162)

键是创新能力的培养,提出了培养研究生创新能力的主要途径.2005 年,南京大学教育科学与管理系的李敏发表了《浅析新形势下研究生素质教育》,从社会需求角度对我国高校研究生应具备的素质进行了探讨^[4].2002 年,太原理工大学的吴兴兴、李丽珍、余雪丽发表的论文《试论研究生五种能力的培养》从适应信息技术的发展需要出发,研究了培养研究生“五种能力”的规范化教学方法.

从研究生导师的角度,李志、傅国等学者开展了相关研究.2009 年,傅国在《浅析研究生学习期间应建立和培养的良好素质》一文中进行了一定的研究^[5].2008 年,重庆大学的李志、陈永进在《研究生就业素质培养模式的构建》中提出应建立以就业素质为核心的研究生培养模式.对于硕士研究生培养而言,不同的导师应根据自己团队的实际情况,借鉴先进的培养理念和指导方法,建立起适合本团队的系统培养平台.2007 年,东华大学研究生部主任、教授柯勤飞发表了《重素质、强能力,不断提升研究生培养质量》,他结合东华大学实际,研究了通过有效举措,加强研究生素质培植和能力培养,不断提升培养质量的一些思考 and 实践.

上述多位学者从多个角度对我国高校培养的研究生应具备的能力进行了相关研究,并取得了一定的成果.大多数研究都认为研究生所需具备的素质应该是全面的、综合的,但是这些研究基本都停留在理论层面,对于研究生需具备的具体能力并没有给出深入分析,缺乏较为完善的评价指标体系,并且没有对企事业单位要求的研究生能力和已毕业研究生所缺乏的能力展开实际调研.

2 研究生综合能力评价指标体系的构建

在前人研究的基础上,本文选取中国石油大学(华东)经济管理学院毕业的 30 位研究生作为研究对象,从已毕业研究生在工作中体会到的自身所缺乏的能力和企事业单位对我国高校毕业研究生的能力要求两个角度展开研究.首先,项目组采用访谈法,分别请已毕业并参加工作的 30 位研究生结合自己的工作实际,从研究生自身感受的角度,分析一下我国高校培养的研究生应具备的综合素质.然后,项目组与这 30 位研究生所在企业的人力资源部门进行交流,从企业需求的角度,了解我国高校培养研究生需要具备的各项素质.接着,项目组邀请了 10 位具有丰富教学和研究生指导经验的硕士生导师,交给他们本项目组前期同已毕业研究生及其所在企业的访谈结果报告,请他们进行分析.进而,项目组成员分别同这 10 位硕士生导师交流,并运用德尔菲法进行了数轮沟通调整.最后,在综合分析的基础上,构建了高校研究生综合能力评价指标体系.

高校研究生综合能力评价指标体系具体情况如下:

该指标体系共 3 层,分别从学术能力、社会能力、思维能力和个人修养能力 4 个方面对研究生综合能力

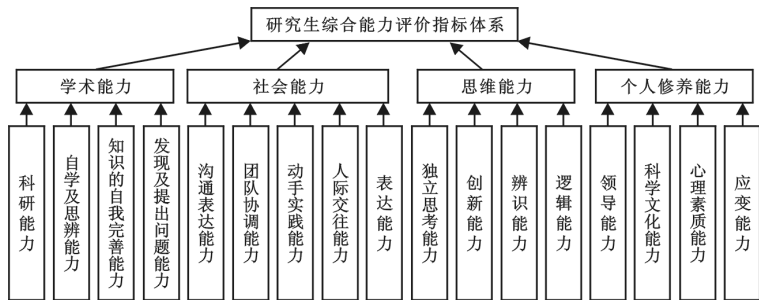


图 1 研究生综合能力评价指标体系图

力、心理素质能力和应变能力 4 个指标.

指标体系图如图 1 所示.

3 模糊分析思路简述

目前,在对高校研究生综合能力水平进行评价的过程中,评价者个人主观性影响较强,直接影响了评价效果的准确性.因此,本文提出用模糊分析的方法对高校研究生综合能力水平进行研究,使评价价值更好的接近实际.

下面,本文对评语集和判断矩阵的模糊分析等理论进行介绍.

对评语集:由于对高校研究生综合能力水平各因素的评判是通过专家分析法完成的,因此其评语集主观性较强且存在波动范围,而模糊评语集能够比精确评语集更好的解决这一问题,故本文通过模糊专家分析法得到评语集,即评语集是模糊数.

对判断矩阵:层次分析法是通过构造各层次因素指标的两两比较判断矩来确定各因素权重,但在实际中影响指标重要性的因素很多,即使是同一专家对同一问题在评判时也必然存在不确定性.传统的精确量化方法无法全面反映上述特性,而模糊判断矩阵更符合人类的心理思维特征,能够更加接近实际,故本文采用模糊判断矩阵进行更准确的分析.

4 模糊层次分析法和模糊排序法理论介绍

(1)层次分析法是指将各影响因素层次化,构造出具有层次结构的模型.设第1层至第 n 层的权矩阵为 w_i , i 为 $1,2,\dots,n$,则总的权矩阵 $w=\prod w_i$.

(2)定义1 模糊判断矩阵 $A=(a_{ij})_{n \times n}$, $0 \leq a_{ij} \leq 1$, a_{ij} 为第 i 个因素指标与第 j 个因素指标的相对重要程度.当 $a_{ij}=0.5$ 时,表示第 i 个因素指标与第 j 个因素指标同样重要;当 $0 \leq a_{ij} < 0.5$ 时,表示第 j 个因素指标比第 i 个因素指标重要, a_{ij} 越小,则第 j 个因素指标越重要;当 $0.5 < a_{ij} \leq 1$ 时,表示第 i 个因素指标比第 j 个因素指标重要, a_{ij} 越大,则第 i 个因素指标越重要.

定义2 模糊判断矩阵 $A=(a_{ij})_{n \times n}$,若对任意 i,j,k ,有 $a_{ik} + a_{kj} = a_{ij} + 0.5$,则称矩阵 $A=(a_{ij})_{n \times n}$ 具有求和完全一致性.

(3)如果模糊判断矩阵一致性较差,说明应用专家分析法时主观性较强,计算出的权重将与实际情况有较大差距,故本文对不符合求和完全一致性的模糊判断矩阵交给专家继续修正,直到矩阵符合求和完全一致性.

目前,模糊判断矩阵权重计算方法约有10种左右.本文对符合求和完全一致性的模糊判断矩阵 $A=(a_{ij})_{n \times n}$ 采取如下方法计算权重 w_i :若 A 符合求和完全一致性,则^[8]

$$a_{ij} = (1 + w_i - w_j) / 2$$

$$\text{两边对 } i \text{ 求和,得:} \quad w_j = 1 + 1/n - (2 \times \sum a_{ij})/n \quad (1)$$

(4)目前,对模糊数的排序有多种方法.本文运用文献[7]中基于距离测度的梯形模糊数排序法对高校研究生的综合能力水平综合模糊数评价价值进行排序.该方法如下:设 n 个企业对应 n 个模糊数评价价值 $A_1, A_2, \dots, A_n, A_i=(a_{i1}, a_{i2}, a_{i3})$,其中 $S(A_i)$ 为模糊数 A_i 的任一子集,确定一个最大目标数 $\text{Max} \geq \sup[\cup S(A_i)]$ 或最小目标数 $\text{Min} \leq \inf[\cup S(A_i)]$.

取 $f(\alpha)=1$,则

$$D^2(A) = [(a_2 + a_3)/2 - M]^2 + (a_3 - a_2)^2/12 + [(a_2 + 2a_3 - 3M)(a_4 - a_3) - (2a_2 + a_3 - 3M)(a_2 - a_1)]/6 + [(a_4 - a_3)^2 + (a_2 - a_1)^2]/9 - [(a_4 - a_3)(a_2 - a_1)]/9 \quad (2)$$

其中 M 为 \max 或 \min .对 M 取 \max :若 $D(A_i) \geq D(A_j)$,则 $A_i \leq A_j$;若 $D(A_i) < D(A_j)$,则 $A_i > A_j$.对 M 取 \min ,则正好与上述相反.

5 模糊综合评价模型建模及计算

对三层指标体系分别授予权重 W, W_i 和 W_{ij} ,具体如下^[7,8]:

高校研究生综合能力评价权重为 W :

(1)学术能力权重为 W_1 .其中:科研能力权重为 W_{11} ,自学及思辨能力权重为 W_{12} ,知识的自我完善能力权重为 W_{13} ,发现并提出问题的能力权重为 W_{14} .

(2)社会能力权重为 W_2 .其中:沟通表达能力权重为 W_{21} ,团队协作能力权重为 W_{22} ,动手实践能力权重为 W_{23} ,人际交往能力权重为 W_{24} ,表达能力权重为 W_{25} .

(3)思维能力权重为 W_3 .其中:创新能力权重为 W_{31} ,独立思考能力权重为 W_{32} ,辨识能力权重为 W_{33} ,逻辑能力权重为 W_{34} .

(4) 个人修养能力权重为 W_4 . 其中: 领导能力权重为 W_{41} , 科学文化能力权重为 W_{42} , 心理素质能力权重为 W_{43} , 应变能力权重为 W_{44} .

具体计算方法如下:

第 1 步, 由专家对层次结构图中最底层的 17 个指标进行打分, 分值采用百分制, 得到底层评语集 $B(b_1 b_2 b_3 \cdots b_{16} b_{17})$, 再根据构建的评语集模糊隶属度函数, 将通过专家分析法得到的底层评语集转化为模糊化向量集: $R(R_1 R_2 R_3 \cdots R_{16} R_{17})$.

第 2 步, 根据公式(1), 通过两层模糊判断矩阵 A 和 $A_i (i=1, 2, 3)$ 分别求出 W_i 和 W_{ij} 的值. 根据层次分析法, 求得总权重:

$$W = W_i \times W_{ij} \quad (3)$$

第 3 步, 通过上述求出的模糊化向量集 R 和总权重 W , 得到研究生综合能力评价的模糊评语集:

$$F = W \times R = W_i \times W_{ij} \times R \quad (4)$$

第 4 步, 运用基于距离测度的梯形模糊数排序法, 即公式(2), 求得模糊评语集 F 的距离测度 $D(A)$, 并根据各研究生综合能力的距离测度 $D(A_i)$ 值的大小, 对模糊评语进行排序.

以上即为研究生综合能力模糊综合评价模型建模及计算的各步骤.

6 结束语

本文结合社会与企业对研究生需要具备的综合能力的要求, 建立了一套研究生综合能力评价指标体系, 为我国高校研究生培养模式的创新提供初步的借鉴. 同时, 针对该指标体系, 本文提出综合运用模糊专家分析法、模糊层次分析法和模糊排序法来降低评价主观性的测算方法, 以提高评价结果的准确度. 研究结论表明: 该研究生综合能力评价指标体系及模糊分析方法可以较好的对研究生综合能力进行评价.

参 考 文 献

- [1] 陈新忠, 李忠云, 胡 瑞. 研究生创新能力评价的三个基本问题[J]. 学位与研究生教育, 2010, (1): 46-49.
- [2] 王 沛. 研究生综合素质培养的思考与建议[J]. 西安邮电学院学报, 2009, 14(16): 55-58.
- [3] 徐 森. 硕士研究生招生复试素质与能力测评研究[J]. 北京航空航天大学学报(社会科学版), 2007, 20(Sup): 87-90.
- [4] 李 敏. 浅析新形势下研究生素质教育[J]. 高等教育研究, 2005, (1): 72-74.
- [5] 傅 国. 浅析研究生学习期间应建立和培养的良好素质[J]. 中国教育与社会科学, 2009, (2): 61-64.
- [6] 刘华文. 基于距离测度的模糊数排序[J]. 山东大学学报(理学版), 2004, (3): 85-87.
- [7] 袁海庆. 模糊层次分析法在桥梁综合评估中的应用[J]. 武汉理工大学学报, 2005, (2): 96-98.
- [8] 张继红, 黄大贵. 基于 AHP 法的智能制造 CNC 资源的优选[J]. 电子科技大学学报, 2006, (5): 73-76.

RESEARCH OF MASTERS' COMPREHENSIVE ABILITY EVALUATION AND THE USE OF FUZZY METHOD

CHE Cheng, LI Lei-ming, WANG Jun-hui, WEI Man, GUO Jun

(College of Economics and Management, Institute of the Oil's Marketing and Logistic, China University of Petroleum (Huadong), Dongying 257061, China)

Abstract: The masters' comprehensive abilities of Chinese universities are low and they can not meet the needs of society and enterprises. The fundamental reason is the lack of an evaluation index system of masters' comprehensive abilities. To this problem, the paper gives a set of comprehensive evaluation index system of masters which is better to meet the needs of society and enterprises. At the same time, this paper proposes a method which uses fuzzy expert analysis, fuzzy AHP and fuzzy ranking method to reduce the subjective evaluation to improve the accuracy of the evaluation. The conclusions tell us that this evaluation system can evaluate the comprehensive abilities of Chinese universities' masters more accurately.

Key words: masters; comprehensive abilities; fuzzy theory; evaluation index system

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0169-05

后危机时代:循环生产模式 ——低碳经济环境下企业必然的战略选择

姜照阳, 吴迪

(上海交通大学安泰经济与管理学院, 上海 200030)

摘要:自2008年世界金融危机以来,低碳经济多次被国际社会提及和关注,而资源能源的稀缺,特别是不可再生资源的逐渐消耗,与需求增加的矛盾更日益显现.作者分析了循环生产模式的理念和定义,通过分析我国企业目前所处的各种环境条件,指出循环生产模式是企业必然的战略选择,并给出了循环生产体系的概念模型.

关键词:后危机时代;循环生产;低碳经济;战略选择

中图法分类号:F406.2

文献标识码:A

0 前言

目前,国内外学者对循环经济的研究文献很多,多是从宏观面展开,主要论证循环经济的理论意义,而从微观面的研究甚少,对于当前形势下企业是否应该引进循环生产模式、建立循环生产体系等均没有必要的论证.本文从微观面分析了循环经济的必然性,并对企业循环生产的模式进行了深入分析,指出进行循环生产,构建循环生产体系框架是企业在新形势下的战略选择.

自2008年金融危机以来,世界经济受到了空前的挑战.几年来,通过国际社会和各国的共同努力与合作,当前世界经济出现了一些积极的变化,许多国家的经济形势基本上走出了低谷.这场突如其来的危机使欧美等多数发达国家受到了重创,中国经济也受到了很大的影响,不少民营企业倒闭停产.不过,正是这场金融危机使我国认识到了进行产业结构调整,促进产业升级的必要性.

传统的经济发展模式是以物质财富的增长不受资源的制约为假设,盲目地通过增加资源投入,加大消耗并牺牲环境来实现一时发展的模式.但是,随着资源的不断消耗和环境的不断恶化,人们的环保意识、资源意识逐渐清晰起来.通过这次金融危机的洗礼,人们对传统经济模式的弊端有了深入的认识,低碳经济也不断地被国际社会提及,多数发展中国家都在努力改变原来高消耗、高污染的发展模式,谋求以全新的生产模式、高新的技术、先进的经营管理和高尚的人文素养实现经济的可持续发展.而归结于一体其实就是在寻求一种可持续的经济发展模式——循环经济.这是一种新的经济发展模式,发展循环生产是实现企业可持续发展的根本途径.

1 企业循环生产模式分析

1.1 经济发展的3种模式及3种理念

第一种为传统的经济模式:“资源—产品—废弃物”,这种模式是单向的线性的过程,人与自然的的关系是“听天由命”的理念.在这种模式下,人们只考虑最大的产出,不考虑资源的消耗和是否产生污染物;第二种为末端治理的经济模式:“资源—产品—废弃物—污染治理”的高消耗增长方式.在这种模式下人与自然

* 收稿日期:2010-10-16

作者简介:姜照阳(1984-),男,上海市人,在读硕士生,研究方向:生产运营管理

的关系是“人定胜天”的理念,人们生产的时候不考虑能源的消耗,也不考虑污染物的排放,但是当污染物排除以后又花费大量的资源去治理;第三种为循环经济模式:“资源—产品—废弃物—再生资源”,是一种闭环反馈式物质循环的增长模式.在这种模式下,人们在进行生产的时候已经把治理污染纳入其中,最大限度地减少污染的产生并尽早治理,人与自然的关系体现了“和谐发展”的理念.

工业革命之前的经济模式为第一种,因为产能有限,其对自然和资源的影响有限,虽然这种模式下有废弃物产生,但是并不会影响人们的生活和破坏生态平衡.工业革命之后,第一种模式逐渐演变为第二种模式,随着技术不断进步,产能不断扩大,废弃物逐渐受到重视,污染治理也应运而生,不过治理费用多是政府买单.目前,一些发达国家已经开始发展第三种模式,像日本、美国、德国等已经通过制定相关政策、建立相应法规等手段鼓励企业建立循环生产体系,实施循环经济.

1.2 循环生产是实现循环经济的主流生产模式

企业是经济运行的微观主体之一,既是大部分物质产品的直接提供者,又是绝大多数污染物的直接来源.因此,企业行为的转变,对于整个经济发展模式的转变具有重要的意义.目前,我国有很多企业仍处于粗放型发展阶段,一些企业正在由粗放型向集约型生产方式转变.而要实现经济发展模式向循环经济转变,企业行为(包括企业经营目标、经营思想理念、生产方式、消费方式、产品回收与处理等)都需要有较大的转变.特别是生产方式的转变更为根本,因为生产方式是决定其他行为的主要因素.循环生产是一种计划好的物质能量交换的工业体系,通过能源、水资源、原材料这些基本要素在各个部门工艺之间的合作与管理,追求物质闭路循环、能量多级利用和清洁生产,形成共生的协调关系,最终实现生态环境与经济的双重优化和协调发展.

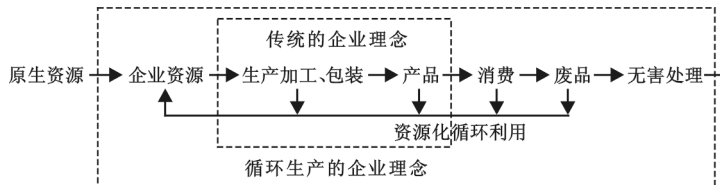


图 1 企业循环生产及流程图

的转变.特别是生产方式的转变更为根本,因为生产方式是决定其他行为的主要因素.循环生产是一种计划好的物质能量交换的工业体系,通过能源、水资源、原材料这些基本要素在各个部门工艺之间的合作与管理,追求物质闭路循环、能量多

1.3 循环生产模式不同于清洁生产模式

与清洁生产模式相比,循环生产模式有不同的内涵.清洁生产强调的是通过清洁生产技术减少生产过程的污染物排放量,提倡产品的清洁,主要是指清洁的生产过程和清洁的产品.即不仅生产过程无污染或少污染,而且生产出来的产品在使用和最终报废处理过程中也不会对环境造成损害.而循环生产更符合企业生产的理念(见图 1),强调从原生资源、企业资源、生产加工、产品、消费、废品、无害化处理以及资源化再循环等环节实现企业的循环生产.其内涵既包括生产过程,又包括产品设计、废品回收、无害化处理及再生资源化等.在其生产技术上,在强调清洁生产技术是循环经济所依赖的主要技术的同时,还要求利用污染治理技术、废物利用技术等.

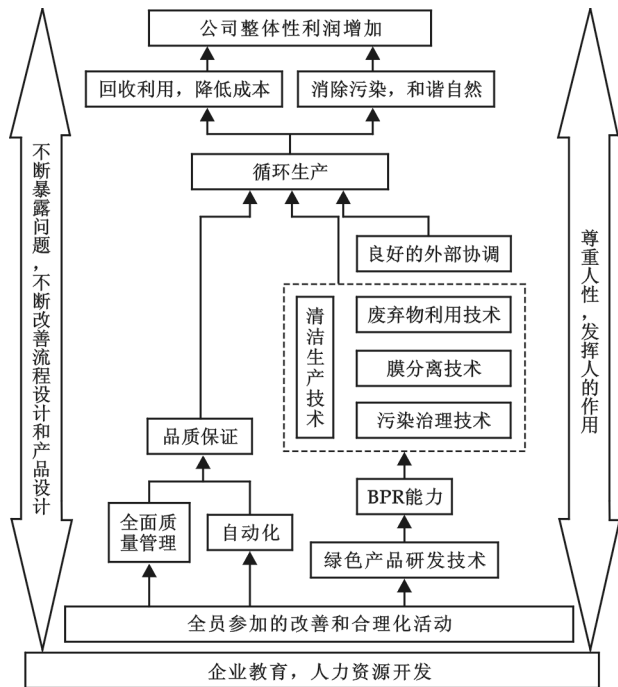


图 2 企业循环生产体系概念模型

级利用和清洁生产,形成共生的协调关系,最终实现生态环境与经济的双重优化和协调发展.

1.4 企业循环生产体系的模型

循环生产体系是一个包容了多种制造技术和管理技术的综合技术体系.准确地建立和实施循环生产模式,有必要从整体上描述这个综合技术体系及其构造,搞清楚该体系中的各种技术、手段与方法对于实现系统目标的特定功能和支撑作用,明确这些技术、手段和方法在整个生产体系中的位置及其相互间的内在联系,只有将这些技术、

方法与手段置于该体系的总体格局中去认识和理解,我们才能有目的地使用它们,才有可能有效地实施循环生产。本文从企业产品研发、制造技术、管理技术以及气体、固体、液体废弃物处理、企业文化、企业人力资源等方面综合考虑建立了适用于一般企业循环生产体系的概念模型,如图 2 所示。

2 我国企业选择循环生产模式的必然性分析

2.1 循环经济是我国今后一段时期发展经济的必然选择

过去,我国以经济建设为中心的发展战略具有跨时代的意义,但是经济的飞跃式发展并没有带来社会较快的发展,以经济建设为中心在有些地方演变成以提高 GDP 为中心,这使得这些地方在经济高速发展的同时,付出了环境高污染、资源高消耗和产业经济结构落后的代价。此次金融危机使不少技术落后、产能低下的企业被淘汰,这让中国政府进行了深刻的反思,从而更加坚定了进行产业结构调整、改变经济发展模式的决心。2009 年中央经济工作会议提出要通过“发展战略性新兴产业,推进产业结构调整”,“推进技术改造,加快传统产业优化升级”,“从制度安排入手,以优化经济结构、提高自主创新能力为重点”引领中国经济走上新型工业化发展道路。

历史经验表明,经济危机往往孕育着新的科技革命。正是科技上的重大突破和创新,推动了经济结构和产业结构的重大调整。

2.2 现行生产模式不符合经济转型和低碳经济的要求,必然被淘汰

现行的生产模式是“资源—产品—废弃物”为主的末端治理生产模式。如上所述,这种模式带来的经济增长是以资源的高投入、能源的高消耗、环境的高污染为代价的。随着低碳经济日益推进和环境问题的日益凸显,各国政府都在向低碳经济努力,将来这种模式必然被淘汰。另外,选择低碳低能耗的模式也会受到政府、政策的支持,降低现行变更成本。所以寻求新的发展模式,优先建立竞争优势是企业最佳的战略选择。

2.3 资源价格形成机制日益成熟完善

与国外相比,我国的煤、焦炭、天然气、贵金属,特别是稀有金属等价格均相对较低。以政府为主体的不合理的资源定价方法难以反映资源稀缺程度和社会对资源的需求状况,导致资源市场价格的严重扭曲,表现为自然资源无价、资源产品低价以及资源需求的过度膨胀。改革开放以来,随着 WTO 的进入,我国多数资源产品进入了国际市场,资源价格形成机制已有很大的发展,虽然现在资源定价还没有较成熟的体系,但是从近期国家对能源、资源的重视程度大幅提高可以看出资源价格定价体系在不久的将来有望提上日程。目前我国一部分自然资源的价格已经开放,定价主体也正在实现由国家为主向市场为主过渡。

2.4 加强社会责任感和提高公众影响力

一个经得起时间考验的优质企业绝不是仅仅具有持续的盈利能力,更重要的是要具有良好的企业信誉,能够赢得广大消费者的尊重。优质的产品,合理的价格固然能够让消费者满意,但是却不一定能赢得消费者的尊重。要赢得尊重,企业就需要让消费者感觉到企业不仅仅是在和他们做生意,更要让消费者感受到企业对他们的责任心,这才能够得到消费者真正的认同。而在后危机时代,随着经济发展和环境恶化矛盾的不断深化,人们对企业的责任日益关注起来。一个企业选择对社会、对环境、对自己都负责任的生产模式无疑会在消费者心中树立一个良好的品牌形象。

2.5 企业规模扩大后污染成本下降

传统的污染防治属于末端治理模式。末端治理不但解决不了根本问题,忽视了他环节污染控制问题,而且无法调和生态效益和企业经济效益的矛盾。随着企业规模的扩大,污染程度必然加剧,国家也会加大污染治理力度,排污成本无疑会成指数型增长。相比较而言,循环生产方式是一种全新的污染防治生产模式,它强调加强管理和技术进步,尽可能减少污染物的排放,追求污染物的循环利用,通过循环生产达到企业生产和环境保护的协调统一。并且随着企业规模的扩大,企业规模效益会增加,污染防治成本也

会降低(如图 3 所示)。

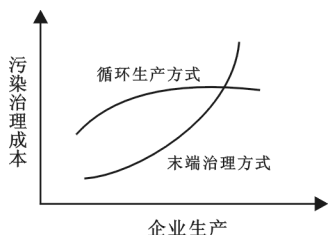


图 3 循环生产与末端治理模式的成本比较

2.6 降低企业成本,提高企业竞争力

当企业建立的循环生产方式成熟后,无疑对原生资源的需求会降低,这不但为持续发展节约了资源,使资源不至于过分紧缺,还能够稳定资源价格,降低原材料成本。原料成本的降低、生产过程的优化控制以及产品废弃物的回收无疑会使整个供应链条上的成本降低,进而提升整个供应链条的竞争力,最终提升企业的竞争力。国外已经建立起循环生产体系的施乐公司,每年可以节约大约 2 亿美元的成本。而在国内循环生产为新疆天业企业创造了广阔的发展空间,赢得了良好的经济效益。天业集团连续 11 年

主要经济指标保持了 40% 以上的增速,资产由 1.58 亿增长到 140 亿元,2008 年公司完成增加值 23 亿元,创造利税近 15 亿元。天业集团通过循环经济发展的带动,已成为区域经济发展的中流砥柱。

2.7 为企业长久持续发展建立起成熟的生产体系

现行生产模式不能满足经济转型和低碳经济要求,将会被淘汰。而低碳经济、循环经济在今后一段时间内必然成为主流经济,届时高污染、高消耗、末端排污等生产方式都会被淘汰掉,而循环经济的主导生产方式循环生产会成为主流生产方式。在这种模式下,循环生产体系能将环境的负面影响降到最低,是和环境可以共存的。这种生产体系使得企业生产和环境协调统一起来,是一种良性的循环,这也是目前产业结构调整的主要目标之一。

2.8 迫使企业技术水平升级,有利于建立持续长久的竞争优势

没有革新就没有进步。在有足够利润率的情况下,多数企业的精力基本都花费在开拓市场、研发新产品上,对于生产体系能否改进和后期污染治理费用多大并没有过多的考虑。而随着污染的加剧和人们环境意识的逐渐觉醒,企业污染治理费用将不容忽视。建立新的生产体系,改进生产模式,会使企业从污染费用、产品收益、生产效率等根本因素上综合考虑公司的收益情况,从而会研发新技术,建立长久的竞争优势。也只有废弃落后的生产技术,改进生产体系,建立新的生产模式,企业才能够既降低生产成本,树立良好的公众形象,提高企业的核心竞争力。这种革新会使企业改进生产工艺、研发新技术,从而使企业能够适应激烈的市场竞争和资源稀缺带来的影响。

3 结束语

总之,废弃传统的生产模式,引进新的适用于持续发展的生产模式,建立循环生产体系不仅能够提高企业的盈利能力,提升企业公众形象,还可以使企业建立新的竞争优势,提升核心竞争力,使企业立于不败之地。同时也只有融合于生态环境、社会环境,一个企业才能够长远、健康发展。选择循环生产模式、构建循环生产体系有利于企业树立长远的竞争战略,保持持久的竞争优势,是企业能够真正做到基业长青的关键。

参考文献

- [1] 曹风中,周国梅,牛恒云. 循环经济是经济与环境利益兼而有之的双赢经济——发展中国家经济发展道路的正确选择[J]. 环境科学与技术,1999,(04):27-29.
- [2] 初丽霞,于杰,尹建中. 循环经济的发展模式与政策措施[J]. 山东环境,2002,(05):43-46.
- [3] 冯久田,尹建中,初丽霞. 循环经济理论及其在中国实践研究[J]. 中国人口、资源与环境,2003,(02):22-25.
- [4] 李汝雄,王建基. 循环经济是实现可持续发展的必由之路[J]. 环境保护,2000,(11):38-41.
- [5] 李汝雄,王建基. 日本推进建立循环社会的情况[J]. 现代化工,2003,(02):57-60.
- [6] 黄怀友. 循环经济规划的理论、方法及初步应用[D]. 南京:东南大学硕士学位论文,2004.
- [7] 石磊. 国际发展循环经济的经验[J]. 领导之友,2004,(04):54-56.
- [8] 杨雪峰. 循环经济运行机制研究[M]. 北京:商务印书馆,2008.
- [9] 王军,刘金华. 建设循环型经济社会的最佳选择——垃圾焚烧和二恶英污染问题展望[J]. 山东环境,2002,(05):49-52.
- [10] 王兆华,尹建华. 循环经济理论的国际实践及启示[J]. 改革,2005,(3):66-68.

[11] 赵 鹏. 发展循环经济的手段研究[D]. 天津:天津大学硕士学位论文,2003.

[12] 赵亚凡,宋明大. 循环经济——我国实现可持续发展的途径[J]. 城市规划汇刊, 2002,(02):36-37.

[13] Theo van Kempen. 美国规模化猪场零污染循环生产系统应用研究[J]. 中国畜牧杂志,2006,(06):40-43.

[14] Viveka Palm, Cantarina Ostlund. Lead and zinc flows from technosphere to biosphere in a city region[J]. The Science of the Total Environment,1996,(192):95-109.

POST-FINANCIAL-CRISIS ERA:RECYCLING PRODUCTION

——THE LNEVITABLE STRATEGIC CHIOCE OF ENTERPRISE UNDER

LOW CARBON ECONOMY ENVIRONMENT

JIANG Zhao-yang, WU Di

(Antai School of Economics & Management, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: Since the 2008 economic crisis, low-carbon economy had been proposed many times by the international society to mention attention. And the contradictions of scarce resources, especially non-renewable resources, and creasing resources consumption appeared. Firstly, this paper analyses the concept and definition of circulying production mode, and then various environmental condition which Chinese enterprises under presently. It is concluded that the circulation mode of production is the inevitable strategic choice of enterprise. Choosing circulation production mode, constructing circular production system for enterprises is beneficial to establishing long-term competition strategy, maintaining lasting competitive advantage, and the enterprise can truly sunry always young.

Key words: post-financial-crisis era; recycling production; low-carbon economy; strategic choice



(上接第 160 页)

[9] 石良平. 中级宏观经济学[M]. 上海:上海财经大学出版社,2004:73-75.

AN URBANIZATION MODEL OF ENDOGENOUS GROWTH

WANG Shao-bo

(Department of Agriculture Economics, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: Urbanization is a significant problem in China. This paper used endogenous growth model issued by Black & Henderson in 1999 and the hypothesis assumed by QIAN Chen about China city-country development and studied China urbanization problem, and then get two proposition that first, the most efficient method of urbanization conducted by government is rising average farm land and second, the root of solving city disease is reversing industry agriculture support relation and intensifying the communication between city and country.

Key words: endogenous growth model; human capital; product function; externality

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0174-06

2011 西安世界园艺博览会景观规划设计对 西安城市综合实力提升的思考

詹秦川, 张 越

(陕西科技大学设计与艺术学院, 陕西 西安 710021)

摘 要:就 2011 年西安世界园艺博览会景观规划设计对西安城市综合实力的提升进行了研究,指出其将西安本地特色景观规划设计、全国地方特色城市景观规划设计与全球特色城市景观规划设计相互集合起来,利用地方特色传统工艺技术与现代科学工艺技术的营造手段,集中展示了西安作为全国历史文化名城所传达的特色文化内涵以及物质与非物质文化遗产的保护利用、现代科技与经济实力的发展水平、绿色生态城市的建设实施进程与城市运营策划及宣传力度等 5 项城市综合实力提升指标,进而采取人、城市与自然和谐共生的途径来建立西安特色城市的可持续发展评估体系,推动西安城市综合实力的提升。

关键词:2011 西安世界园艺博览会;景观规划设计;城市综合实力;特色城市;和谐共生;可持续发展评估体系

中图法分类号:TU986.2

文献标识码:A

1 西安世界园艺博览会景观规划设计

英国著名景观建筑师与城市规划学家汤姆·特纳(Tom Turner)指出:“景观规划师应该遵循 3 条原则:了解过去、理解现在与想像未来;景观规划应当为环境公共利益服务;自然发展规划、社会发展规划与视觉规划的景观规划 3 种类型能够创造环境公共利益。”^[1]这是一个全面的景观规划类型,作者认为基于此的综合设计就形成了多样的景观规划设计.2011 西安世界园艺博览会景观规划设计就是一个介于以上 3 种类型之间的综合设计,它通过现代科技手段将中国传统园林规划设计与现代景观规划设计方法相互结合起来,用以对全球生态环境、气候问题与园林景观艺术进行综合处理,突出生态理念、低碳城市与自然环境的和谐共处,体现主办城市的特色与时代的多元化发展趋向,也是推广展示陕西及西安现代、绿色、时尚、美丽新形象的重要平台,从而达到宣传生态文明,提升城市综合实力的目的。

1.1 西安世界园艺博览会总园区景观规划设计

美国著名城市规划学家刘易斯·芒福德(Lewis Mumford)认为:“人的思想来源于城市形态,反过来,城市形态影响人的思想.同时间一样,空间在城市中也被巧妙地组织;在边界线与轮廓线之间、水平面与垂直顶点的组合之间,在采用或舍弃自然景点之间,城市记录了人们对文化的态度,并反映出一个时代存在的基本物质基础.穹顶和尖顶、开放的林阴大道和围合的庭院表现的不仅仅是不同的承载实体,更反映了人类命运的变迁……就其语言本身,空间设计仍是人类最伟大的艺术作品。”^[2]同样,作为世界园艺博览会的举办地西安浐灞生态区广运潭便成了中国文化与异国文化共荣的场所空间规划设计语言,传达世界先进园艺规划理念与设计的作品。

* 收稿日期:2010-12-23

作者简介:詹秦川(1964—),男,陕西省咸阳市人,教授,硕士生导师,研究方向:景观艺术设计、民俗景观文化、景观规划设计与管理

2011 西安世园会主会址广运潭,是我国古代主要港口之一,盛唐天宝年间,唐玄宗曾在此举办了大规模水运博览和商品交易会,展示了唐代商贸的发达和水运的畅通。西安世园会在规划建设中体现了绿色环保理念,在诗意的园林画卷中展示了文化神韵,并展示了生态文明建设成果。西安世园会以“天人长安·创意自然——城市与自然和谐共生”为主题,倡导“简单而不奢侈,低碳告别高耗,回归自然,不事雕饰,绿色生活成为追求的时尚”的理念。西安世园会园区总面积 418 公顷,其中水域面积 188 公顷;标志性建筑有长安塔、创意馆、自然馆和广运门;主题园艺景点分别为长安花谷、五彩终南、丝路花雨、海外大观和灞上彩虹;并设有灞上人家、椰风水岸和欧陆风情 3 处特色服务区,同时将设置展示来自国内外的精美艺术品、雕塑以及珍禽、珍稀动物等,综合体现园林、园艺、建筑、艺术之美。西安世园会园区总体结构呈现“两环、两轴、五组团”,“两环”分为主环和次环,主环为核心展园区,主要的展园和景点均分布在主环内;次环为扩展展园区,布置世园村、指挥中心、世园公寓等服务配套设施。“两轴”指园区内的两条景观轴线,南北为主轴,东西为次轴。“五组团”是指园区分为长安园、创意园、五洲园、科技园和体验园 5 个组团。西安世园会以“城市与自然和谐共生”为主题,将以现代生态理念再现和展示长安生态美景:(1)在园区的策划、规划、设计和建设中,以水为脉、以绿为底、以景为翼、以雅为体;综合运用当今生态建筑的最新成果,建造“零消耗、零排放”的生态示范建筑,以城市与自然和谐共生的新理念为主旨,让游客充分了解和切身感受当前世界先进的生态环保理念和科技成果。(2)借助园区水阔岸长的地域特色,植柳造园,再现长安灞柳盛景,实现碧水长天、天人和諧的自然风情。(3)依托秦岭“动植物基因库”的丰富物种,引入“大熊猫、金丝猴、朱鹮、羚牛”等珍稀动物,营造多样化的动物栖息空间与湿地景观的双向互动。

1.2 西安世界园艺博览会四大景观建筑设计

长安塔,高 99 米,共有 13 层,位于西安世园会园区制高点小终南山上,是园区的标志和观景塔。它在设计上保持了隋唐时期方形古塔的神韵,同时增加了现代元素,既体现了中国建筑文化的内涵,又彰显出时尚现代的都市风貌,是绿色建筑技术、生态建筑的实践和建筑艺术的有机结合,它将成为提升西安城市建筑文化内涵的标志性建筑。自然馆,位于西安世园会主轴线上,整个展馆结合码头和周边场地进行设计,建筑布局呈“王”字型,由三翼不规则几何体组成,青铜金属、石材及花园式种植屋面等不同饰面的无规则衔接处理形成了错落有致、内涵丰富的艺术效果,将展览展示园林园艺、植物花卉的新成果、新产品以及环保节能新技术与新材料等功能。创意馆,是西安世园会的植物温室,位于锦绣湖畔,建筑面积 5 317 m²,主要展示地球上不同地域、不同气候带的珍稀植物及生态景观。广运门,由踏步、水景、方块式园艺花卉造型组成的坡道把上下之间联系起来,与长安花谷浑然一

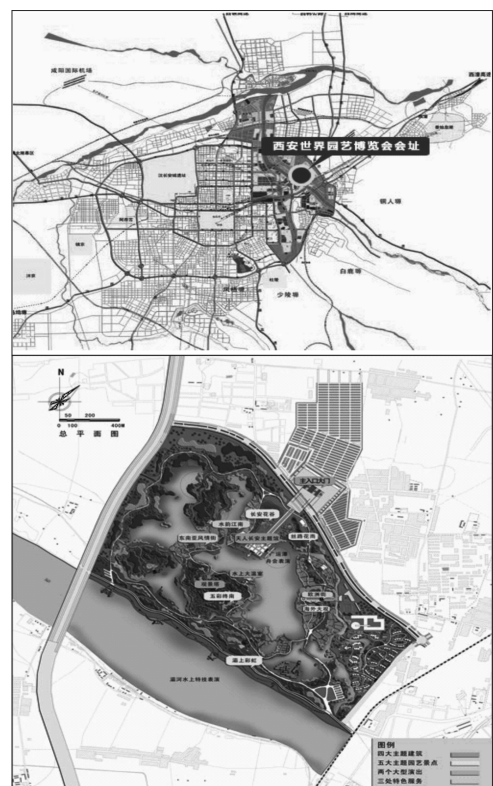


图 1 西安世界园艺博览会会址与平面图



图 2 西安世界园艺博览会四大景观建筑

体。创意馆,是西安世园会的植物温室,位于锦绣湖畔,建筑面积 5 317 m²,主要展示地球上不同地域、不同气候带的珍稀植物及生态景观。广运门,由踏步、水景、方块式园艺花卉造型组成的坡道把上下之间联系起来,与长安花谷浑然一

体,以其恢宏的气势形成强烈的震撼效果,造型新颖,风格独特,既蕴含了陕西、西安传统的历史文化,又具有西安时尚、现代、绿色的城市魅力,体现了“天人长安·创意自然——城市与自然和谐共生”的主题理念,它是西安世园会主入口,位于园区东北部,横跨 60 米宽的世博大道,高峰期每小时可通行 2 万多人.图 2 为四大建筑规划设计展示.

1.3 西安世界园艺博览会三大特色服务区景观规划设计

灞上人家,是极具淳朴陕西乡韵、豪迈秦川风情的建筑群.游客可在美景中休憩、购物、活动,又可在水上小舟用餐.椰风水岸,是东南亚风格建筑群,辅以异域歌舞活动,独具异国特色.欧陆风情,是简约时尚的欧陆小镇,中间布置临水休憩空间,结合花车巡游等欧洲文化表演.图 3 为三大特色服务区景观规划设计展示.



灞上人家

椰风水岸

欧陆风情

图 3 西安世界园艺博览会三大特色服务区景观

1.4 西安世界园艺博览会景观规划设计中的五大主题园艺景点

长安花谷,用不同色彩的花卉描绘出“天上”景观,展示了从古至今人们对“天”的认识和想象,在 178 天的会期内将进行多次样式和花卉更换.五彩终南,是秦岭的缩影,地形丰富、地貌奇特,展会将布满鲜花,绚丽多彩.丝路花雨,用花卉、绿雕、节点广场等景观设计,表现古老的丝绸之路文化.海外大观,以庄重典雅、瑰丽多姿的欧洲园林为主,集中展示其他国家和地区的园林园艺,可观天下奇花,赏五洲园艺.灞上彩虹,则是结合水面建筑的滨水建筑,使游客产生近距离感受水与花相辉映,人与自然和谐共处的生动体验.图 4 为五大主题园艺景点景观规划设计展示.



长安花谷

五彩终南

丝路花雨



海外大观

灞上彩虹

图 4 西安世界园艺博览会五大主题园艺景点景观

1.5 西安世界园艺博览会景观规划设计中的陕西特色展园

为体现陕西历史文化特色、人文地域风貌,2011 西安世园会建造了 3 大自建展园——人文山水·诗意长安园、长安园与秦岭园。人文山水·诗意长安园,主要包括人文山水、诗经植物园、湿地植物园,集中体现诗经、唐诗以及王维辋川所集中反映的中国传统诗画意境与古典园林结合的生态自然景观。长安园以绿色、生态、中国风的“新概念诠释”为主题,包括航天植物及航天科普教育展示区、竹文化展示区、药草文化展示区、文化水岸展示区、牡丹芍药展示区。秦岭园,是西安世园会自建展园之一,位于园区小终南山上,以“展示秦岭自然山水、珍稀动物、特色植物”为主题。盆景园,是富有自然情趣的东方艺术精品之一,通过当地植物的季象变化与色彩搭配,入口选用大片花境搭配乡土树种,追求视觉、触觉与嗅觉上的感官效果。

1.6 西安世界园艺博览会景观规划设计中的文化创意雕塑

绿雕,西安世园会将以“花、绿、水”的创意规划设计主导,体现中国传统文化与现代时尚元素的有机结合,规划大、中、小型绿雕 30 余件;有展示中华园林园艺文化的《玉树临风》,将青铜树与建筑斗拱提炼成绿雕造型;又有体现陕西地域特色的《瑞兔迎宾》,以兔年的瑞兔为设计原型,融合了泥塑和剪纸的艺术造影;还有表现手法有趣且颇具寓意的《鲜花霓裳》,用一种有趣的手法掀开草地,露出草地下五彩的鲜花,同时告诉人们这才是地球真正的霓裳等绿雕设计。沙雕,西安世园会的沙雕展示区,用沙和水为材料,雕塑过程中不使用任何化学粘合剂,体现了西安世园会的生态环保理念。水龙,高达 36 米,材质为钢结构、不锈钢镜面,水龙雕塑为写意龙,势如石溅水起,水花形成一条腾跃于锦绣湖面的矫健巨龙。

美国“生态规划之父”的伊恩·伦诺克斯·麦克哈格(Lan Lennox McHarg)先生认为:“在探索生存、成功和臻于完善的过程中,生态观点提供了非常宝贵的洞察力。它为人们指明了道路,人应成为生物界的酶,即生物界的管理人员,提高人-环境之间创造性的适应能力,实现人的设计与自然相结合。”^[3]2011 西安世园会在尊重自然的前提下,将设计作品通过绿色生态技术手法得以表现,从而实现人与自然和谐共生的主题。

2 西安世界园艺博览会景观规划设计对西安城市综合实力的提升

2.1 西安城市综合实力提升的 5 项评估指标

西安特色文化内涵、西安物质与非物质文化遗产的保护利用、西安现代科技与经济实力的发展水平、西安绿色生态城市的建设实施进程、西安城市运营策划与宣传力度 5 项城市综合实力提升指标共同构成了西安特色城市的可持续发展评估体系,通过西安自身的发展与世园会的推动作用,将城市内向型与外向型发展形式有效地统一起来,进而产生动态的循环经济效应,这些评估指标可以通过西安世园会的景观规划设计得以体现,采取人、城市与自然和谐共生的途径提升城市的综合实力。

2.2 西安城市综合实力提升的 5 项评估指标在西安世园会景观规划设计中的体现

(1)西安特色文化内涵与西安世园会景观规划设计。丰富的历史文化与人文底蕴给予了西安独特的文化内涵,赋予了西安作为全国历史文化名称的魅力。西安是中国上半段历史的政治统治中心,因而形成了古朴的多元文化聚合形态,在古时的民族大融合与朝代的更替中得以传承发展,汉唐文化构成了西安的主要文化形制,尤以唐文化为主导,曾在世界范围内产生了深远的影响。时至现今,虽经 1000 多年朝代战乱与政治中心的迁移,但西安在中国古传统文化的传承发展方面依然独具特色,形成了深厚的人文、城市与自然的思想体系。西安世园会的“天人长安·创意自然——城市与自然和谐共生”主题便很好的说明了这一点,并将古与今之面貌相互映衬,构成游客的城市特色景观文化体验。

(2)西安物质与非物质文化遗产的保护利用与西安世园会景观规划设计。物质文化遗产当属传统的建筑文化遗产与自然文化遗产,西安传统建筑遗产保护相对完好,利用方面突出管理与开放并举的措施,强调古建筑的原真性,从而更好的维护西安古城风貌;在非物质文化遗产方面,主要表现为对民俗活动与特

色手工艺的传承与保护基础之上,以环保、绿色的主题形成特定区域的特色表现形式.西安世园会的的诗意长安园、天人长安塔、秦岭园、绿雕与乡土人文活动将传承西安遗产保护与开发的新时代景观遗产符号.

(3)西安现代科技与经济实力的发展水平与西安世园会景观规划设计.随着国家西部大开发战略的推进与实施,西安在现代科技与经济实力方面取得了快速的发展,在航天电子、绿色医药、建筑路桥、工业、农业与服务业等综合业态上有了稳步的提升,古朴与现代城市气息相互共存.西安世园会的举办将成为建设绿色新西安的生态孵化器,利用先进的科技手法设计绿色景观,进而有效推动西安生态经济与科技的可持续发展.

(4)西安绿色生态城市的建设实施进程与西安世园会景观规划设计.西安世园会主题与浐灞生态区发展理念一致,共同推动城市与自然和谐共生.浐灞生态区将建设“都市型生态区、生态化商务城”,按照“河流治理带动区域发展,新区开发支撑生态建设”的发展思路,遵循综合治理与开发利用并重、生态环境建设与产业发展相结合的原则,与世园会在国际化进程中的引领与整合作用相互契合,将生态景观与生态区特质、国际现代服务产业体系相融合,通过完善城市基础设施建设,逐步建成集产业、居住、生态、文化四位一体的国际化新城市中心.

(5)西安城市运营策划与宣传力度与西安世园会景观规划设计.西安世园会是继上海世博会之后在中国举办的最高等级的博览盛会.世园会的举办,将为西安、陕西与西部地区会展业产生积极的导向作用,对西安提升城市形象、加快国际化进程与改善生态环境带来新的历史机遇.结合数字景观的互动信息平台与游客现场参与,利用生态节能环保理念和科技的实践,整合中国传统文化与现代时尚元素,体现观赏园艺与参与体验的人性化,运用可持续的展会与园区,向世界展示绿色、人文、现代、生态与和谐的新西安,进而达成传播绿色生态理

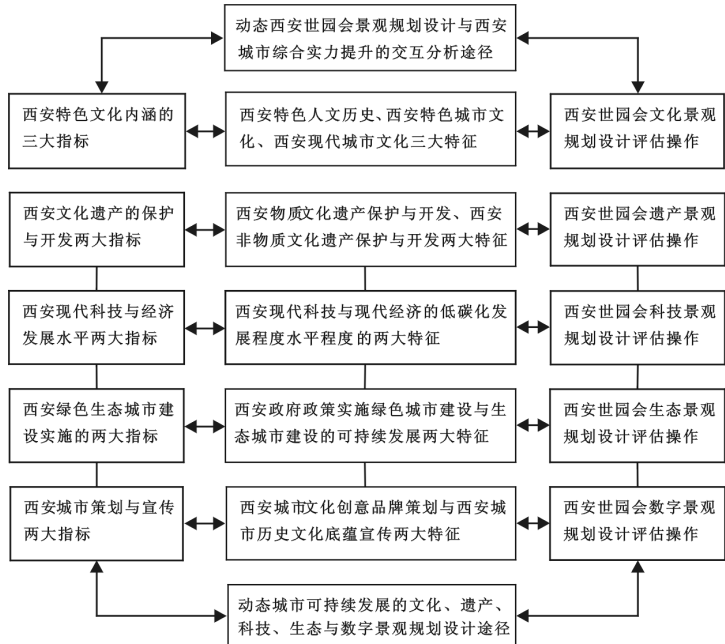


图 5 人-城市-自然和谐共生下的西安特色城市可持续发展评估体系

念与技术及中国文化生态的深远意蕴,促进城市与自然和谐共生的策划宣传目标.图 5 为西安特色城市可持续发展评估体系.

3 结束语

日本著名建筑师黑川纪章(Kisho Kurokawa)先生引用了椎尾先生的一段话:“我们要体会共生的现实意义,意欲在共生的净土上有所为者,无论利钝、强弱,都要相互提携,世上之物与周围的一切,割裂后就不复存在.一切皆因众缘而生存,万物相关联才能成立.我们应该以此原理,一步一步地迈向理想的世界.”^[4]这段话道出了共生的真谛:社会是一个复合体,世界是一个关联体,因相互之间的交织关系而呈现出多样的变化,它们之间都有关系,参与者不是孤立看事态的一面,而要综合认知.西安世园会景观规划设计与西安城市综合实力的提升也是一个相互作用的关联体,是与“实现城市与自然和谐共生”主题紧密联系在一起.通过西安世界园艺博览会景观规划设计对西安城市综合实力的提升研究,本文从西安世界园艺博览会、西安世园会景观规划设计与西安城市的综合实力提升 3 个层面作了具体的论述,从而找到了城

市内力与外力相契合的关键点——城市综合实力的 5 项评估体系,形成理念、实践、参与、体验与评价的游客认知效应,突出城市发展特色,进而通过西安城市文化、经济、生态与建设持续循环发展的可行性途径,推进西安的国际化发展进程。同时,也可尝试作为一套评估标准,成为后行举办世界园艺博览会城市的有益参考,推动世界园艺博览会、景观园艺设计与技术行业不断向前,全面提升举办城市和国家国际化进程的新形象。

参 考 文 献

[1] [英]汤姆·特纳(Tom Turner). 景观规划与环境影响设计[M]. 王 珏译,王方智校. 北京:中国建筑工业出版社,2006:34,67.
[2] Lewis Mumford. The Culture of Cities. Harcourt Brace Jovanovich[M]. New York,1970:5.
[3] [美]伊恩·伦诺克斯·麦克哈格(Lan Lennox McHarg). 设计结合自然[M]. 芮经纬译. 天津:天津大学出版社,2006:238.
[4] [日]黑川纪章(Kisho Kurokawa). 新共生思想[M]. 覃 力,杨熹微,慕春暖,等译,徐苏宁,申锦姬,覃 力校. 北京:中国建筑工业出版社,2007:433.

ON RESEARCH IN THE LANDSCAPE PLANNING AND DESIGN OF XI'AN
INTERNATIONAL HORTICULTURAL EXPOSITION 2011 TO ENHANCE
THE OVERALL STRENGTH OF XI'AN CITY

ZHAN Qin-chuan, ZHANG Yue

(College of Design and Art, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: On research in the landscape planning and design of Xi'an International Horticultural Exposition 2011 to enhance the overall strength of Xi'an city, the landscape planning and design in the cities of Xi'an local features, the national features and global features together with each other, using the create a means of traditional techniques with local characteristics and the construction of modern science and technology, focus on displaying the five items index to enhance the city's comprehensive strength index of Xi'an as a famous historical and cultural city which convey by the content of characteristics and culture, the protection and utilization of cultural heritage, the level of development in modern technology and economic strength, the process of construction and implementation in the green and ecological city and the city operate planning propaganda and propaganda, and establishment of the sustainable development assessment system in the feature of Xi'an city in which take the way in harmony symbiosis with people, city and nature, and promote the upgrading of Xi'an city's comprehensive strength.

Key words: Xi'an International Horticultural Exposition 2011; the Landscape Planning and Design; the overall strength of city; featural city; harmony symbiosis; the sustainable development assessment system

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0180-04

基于 3ds Max 的建筑漫游动画关键技术的研究

彭国华

(陕西科技大学艺术与 design 学院, 陕西 西安 710021)

摘要:以提高建筑漫游动画的真实性、艺术性为目的,分析了建筑漫游动画中除了核心建筑之外其周边存在的复杂环境,包括花草树木、人物、车辆、天空、水面等,进而分析了建筑动画中涉及的关键因素——树木植物、人物、车辆的多种解决方案,并总结了多种方法的优缺点,以期在提高建筑漫游动画的艺术性和真实性方面起到一定的积极作用。

关键词:3ds Max; 建筑漫游动画; 关键技术

中图法分类号:TP391.41

文献标识码:A

0 前言

建筑漫游动画就是采用动画虚拟数码技术并结合电影的表现手法,根据建筑、园林、室内等规划设计图纸,将楼盘外观、室内结构、物业管理、小区环境、生活配套等未来建成的生活场景进行提前演绎展示,让人们轻松而清晰地了解未来家园的品质生活^[1]. 建筑动画的镜头无限自由,可全面逼真地演绎楼盘整体的未来形象,可以拍到实拍无法表现的镜头,把楼盘设计大师的思想完美无缺地演绎出来,让人们感受未来家园的美好和真实. 建筑动画的另一作用是地产项目在开发以前,为了能够更直观的了解和验证其可行性,通常会使用三维图像技术对建筑环境进行模拟,达到提前预知设计效果的目的.

建筑漫游动画表现的核心是建筑,但动画中只有建筑是远远不够的,我们需要在三维虚拟世界中模拟现实生活中建筑周边存在的复杂环境,包括花草树木、人物、车辆、天空、水面等等都可能是我们需要完成的对象,其中树木又会有多种多样,人物、车辆也具有多样性,完成这些建筑周边的辅助物体需要太多的时间与精力,而对于这些建筑动画中辅助存在的物体又是不可或缺的元素,为此我们需要一整套快速而有效的解决方案,以下是笔者做的一些初步探讨.

1 建筑动画中树木植物的解决方案

建筑动画中树木所占的比例是十分巨大的,因为树木植物代表着生命生机. 而建筑环境的绿色生态、回归自然是当今社会追求的主题,大家都希望能在绿色森林的环境中享受生活. 除了概念艺术风格的建筑动画,其他艺术风格的建筑动画都非常注重树木植物的表现效果,树木植物处理得好坏也是建筑动画是否真实自然的关键. 建筑动画中树木可以分为远景树木和近景树木两种,根据对树木刻画精细程度和摄像机运动方式的不同,需要使用不同的方法来完成树木和其它花草植物的动画设计.

1.1 贴图完成树木制作的方法

贴图完成树木的方法是通过将植物贴图贴在平面物体上,模拟树木或其它植物^[2]. 其优点是使用物体面数最少(一个平面物体方式使用了 2 个三角面,十字相交平面物体使用了 4 个面),适合鸟瞰远景植物表现. 缺点是摄像机不能过高观察植物,会出现贴图变形失真. 由于是通过平面贴图模拟植物,因此通常使用

* 收稿日期:2010-12-08

作者简介:彭国华(1979—),男,江西省九江市人,讲师,硕士,研究方向:三维动画设计

一个平面物体或十字交叉平面物体,摄像机过高会看到植物物体的侧面。

1.2 Speedtree 插件完成植物制作的方法

Digimation SpeedTree 是老牌 3d 做树插件,SpeedTree 是由 Digimation 公司开发的一套用于制作树木植物的 3ds Max 插件,它除了软件包带有多种树木库外,还有一个独立的树木植物制作软件 SpeedTreeCAD,可以在 3ds Max 之外制作完成树木,是目前最好的造树插件^[3]。SpeedTree 的插件由两个模块构成:安装程序和树库文件。插件安装程序提供与 Max 软件接口文件,树库中有各种各样类型与精细程度的树木。使用安装好的 Speedtree 插件创建一棵树,然后载入树库中树木文件是 Speedtree 大致的工作流程。Speedtree 完成植物优缺点分析:其优点是植物细节真实自然,种类繁多,支持风力,且摄像机能各个角度运动拍摄,适合近景、中景植物表现;缺点是面数太多,计算速度较慢,不便于大面积使用,鸟瞰、远景不适合使用。

1.3 Forest 森林插件完成植物制作的方法

Forest 是 3D Studio Max 的外挂插件,可用来完成大量树和植物的解决方案^[4]。虽然 Speedtree 插件也能创造漂亮的树(Speedtree 完成的植物,起码要有数千个面),但 Forest 能创造数千棵树的森林而只占用很少一部分资源。Forest 的特征归纳如下:

(1)树被创造在可纹理的平面物体上,所以只需少量的资源而渲染速度很快,当然如果你喜欢你也能自定义网格。

(2)Forest 使用样条线去定义种植树的区域,你可以使用多重样条线去定义包括或排除的区域。

(3)树的分布可由位图来管理,你可以创造自定义的分布模板位图,从线到有规则的群组或完全无序的表面。这个插件包含了一些样板分布贴图,但也接受用户创造的位图。

(4)Forest 能与相机连接,所以所有的树都能面向相机相交。这个方法能解决当相机从它们身上移动过去时因为观察平面物体角度变化而产生的问题,它不会因为相机角度变了而穿帮,因为这些树是建立在平面的物体上,就是正面看到树,反面什么也没有,这个问题可以用强制双面方法来解决,或侧面看到只是一条线。

(5)最小资源的利用。树的分布受到相机观察视野的限制,这使得用户能够创造百万棵树的森林而速度却不同一般的快,在帧外面的树不会浪费场景的资源。

(6)树能自动分布在任何表面上,如不规则地形。

(7)在表面上根据海拔和坡度的范围界定树元素。

(8)材质 ID 可以固定,也可以根据用户定义的范围随机化,使得单个 Forest 物体能创造不同类型的植物。

(9)树的位置、大小、旋转随机变化。

Forest 森林优缺点分析:其优点是适合大面积鸟瞰或远景使用,对于大面积植物完成速度最快,森林分布随机自然,树木材质、大小容易控制,X 阴影类型能比较真实再现植物 Opacity 透明度贴图阴影,并能快速完成高低不平地面的树木创建。缺点是植物由贴图模拟完成,不适合近景植物表现,不宜使用摄像机过高或从上而下的垂直镜头。树木位置根据分布贴图自动生成,无法进行单棵植物自由移动摆放,有时与 Max 版本兼容性不好,容易渲染跳出。

1.4 三维植物模型完成植物制作的方法

有些近景的植物我们会通过合并植物模型的方法来解决,其优点是模型细腻真实,摄像机无拍摄角度限制,适合近景植物表现,缺点是面数较多,不适合大面积使用。

2 人物解决方案

建筑、环境、人是一个和谐共处的空间。建筑动画中的人物虽然不是动画表现的主体,但对建筑场景真实再现、建筑功能体现、氛围烘托都有着十分重要的作用。没有人物的建筑动画作品将会缺乏生机,也没有

亲和力,建筑动画中的人物一般可通过使用贴图、RPC 插件、人物模型等 3 种方法解决。

2.1 贴图完成人物制作的方法

使用贴图完成人物制作的方法是创建单个平面物体后,将人物的彩色和黑白图片分别贴入 Diffuse 漫反射通道与 Opacity 透明度通道,与贴图完成植物不同的是不要使用十字叉平面贴入角色贴图,否则侧面观察会非常失真^[5]。贴图完成人物制作的优点是可一个平面贴图完成,计算速度快,贴图为真实照片,人物真实,适合大面积推拉镜头使用。缺点是人物为静态图片,不能运动,摄像机旋转到侧面时容易失真,不能垂直或过高角度拍摄。

2.2 RPC 插件完成人物制作的方法

RPC 全息模型库是建筑动画不可缺少的制作利器,它功能强大,可以轻松地为三维场景加入人物、动物或植物等有生命的配景以及车辆、动态喷泉和各种生活中常用的设施^[6]。其操作极其简单,用鼠标拖拽即可完成模型的创建工作,并能在灯光下产生真实的投影和反射效果。动态的模型库甚至可以轻而易举地给人物车辆等创建动作,渲染速度非常快,为建筑动画的制作提供了极大的方便。RPC 软件适用于 3ds Max、3DVIZ、Softimage、Lightwave 等三维制作软件。RPC 全息模型库完成人物制作的优点是渲染速度快,自动旋转与渲染画面平行,使用动态人物库有原地动画效果,缺点是不能俯视人物,且不能编辑角色的动作。

2.3 三维人物模型完成人物制作的方法

为了能更好的模拟三维场景效果,我们可以将三维人物模型合并到建筑动画场景中来,直接使用或简单编辑后使用。三维模型完成场景人物优缺点分析:优点是三维人物和三维场景浑然天成,真实自然,人物动作形象逼真。由于是三维真实模型,所以不受摄像机角度限制,即使是俯镜头也能轻松地表现,比较适合近景、中景人物模拟时使用;缺点是相对于平面贴图和 RPC 人物表现,三维模型完成使用面数最多,不适合大面积使用,且三维人物模型种类相对比较有限,重新创建三维人物比较耗时,骨骼绑定动画完成难度较大。

3 车辆解决方案

车辆在建筑动画中也扮演着十分重要的作用,它不仅能够让动画场面更加真实自然,还是感觉场景空间比例大小、实现镜头自如切换的表现工具与手段。通常我们可以通过两种方式完成场景中的车辆模型制作,即使用 RPC 全息模型库和使用三维车辆模型。

3.1 RPC 插件完成车辆模型制作的方法

使用 RPC 全息模型完成场景中的车辆制作,其优点是渲染速度快,节省场景多边形数量,车辆真实度较高,适合中远景静止和行驶车辆的制作^[7];缺点是车门不能打开、车轮在汽车运动时无法转动,车漆材质不能随意更改,不适合精度要求较高的近景车辆特写镜头使用。

3.2 三维车辆模型完成车辆模型制作的方法

三维汽车模型上每一个细节都由真实模型构成,在动画表现中适合精度要求较高时使用,我们可以使用 Merge 合并命令将汽车模型合并到三维场景中,同时使用材质编辑器中的吸管工具吸取车身材质,并对其颜色进行修改^[8]。和 RPC 汽车模型比较类似,不同之处是不需要使用 RPC 插件程序,直接将建模车合并到场景中就可以使用了,比较方便。三维完成车辆、船只模型制作优缺点分析:优点是车轮能够设置转动动画,车身材质可以更改,适合近景特写动画镜头使用;缺点是三维物体面数较多,计算速度较慢,不适合中远景大量使用。

4 结束语

建筑漫游动画是三维数字技术与电影艺术相结合在动画产业中新兴的一个动画方向,它除了要建

筑表现得真实、自然外,对于建筑动画艺术性的提高还取决于模拟现实生活中建筑周边存在的复杂环境,包括花草树木、人物、车辆、天空、水面等.本文主要研究了建筑动画中涉及的关键因素——树木植物、人物及车辆在提高动画艺术性、真实性方面的解决方案,并分析了多种方法的优缺点,对建筑动画水平的提高具有一定的指导意义.

参 考 文 献

[1] 姚 勇. 3ds Max 建筑表现实例教程[M]. 北京:中国青年出版社,2006.
[2] 陈 立,王文开,胡 嫣,等. 基于 3DS MAX 的三维虚拟校园动画漫游的实现[J]. 中国教育信息化,2010,(05):81-84.
[3] 廖建民,彭国华. 3ds Max 全面攻克[M]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2008.
[4] 袁永美,季昌武. 基于 3DS 室内模型的虚拟漫游关键技术研究[J]. 科学技术与工程,2010,(09):2 212-2 215.
[5] 彭国华,陈红娟. 3ds Max 三维动画制作技法(动画篇)[M]. 北京:电子工业出版社,2010.
[6] 水晶石数字教育学院. 水晶石技法 3ds Max 建筑动画制作[M]. 北京:人民邮电出版社,2009.
[7] 黄文州. 基于 3ds Max 9 插件技术的虚拟自然场景[J]. 电脑知识与技术,2009,(27):7 755-7 757.
[8] 杨兴春. 3ds Max/VRay 印象超写实建筑动画表现技法[M]. 北京:人民邮电出版社,2010.

RESEARCH ON KEY TECHNOLOGIES OF ARCHITECTURE
ROAMING ANIMATION BASED ON 3DS MAX

PENG Guo-hua

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

Abstract: To enhance the authenticity and art of Architecture Roaming Animation for the purpose, this paper, analyzes the complax surrounding environment in addition to the core architecture in Architecture Roaming Animation, including flowers and trees, characters, vehicles, sky, water, etc., and then analyzes multiple solutions of the key factors about plant trees, characters and vehicles involved in Architecture Roaming Animation. At last, it summarizes the advantages and disadvantages of various methods to play a certain role in improving the authenticity and art of Architecture Roaming Animation.

Key words: 3ds Max; Architecture Roaming Animation; key technologies

我校承担的 10 项省教育厅产业化培育项目通过验收

2010 年 12 月 14 日,陕西省教育厅组织有关专家,对我校教师主持完成的材料类、机电类、化工食品类共 10 项省教育厅产业化培育项目进行了评审验收.来自省内高校、科研院所等单位的多名专家教授组成了验收委员会.省教育厅科学技术处处长甘世平、副处长杨晓研,我校副校长张美云、科技处主要负责人出席了验收会.

与会专家认真听取了项目负责人和项目组成员就研究工作、研究技术、中试、工厂设计、查新及检测等方面做的汇报,审查了相关资料,查看了试制样品.经过认真质询和充分讨论,验收委员会一致同意通过所有项目验收.

验收会最后,甘世平、杨晓研分别代表与会领导和专家作了总结发言,对课题组所做的大量工作和取得的成绩给予了充分肯定.

室内设计中“民族性”与“现代性”的博弈

庄新燕¹, 杨大禹¹, 杨丽丽²

(1. 昆明理工大学艺术与传媒学院, 云南 昆明 650093; 2. 咸宁学院艺术学院, 湖北 咸宁 437100)

摘要:探讨了室内设计中民族性与现代性的设计理念对室内设计师的影响, 根据博弈论的观点, 指出现代室内设计应将传统文化及设计理念融入到具体设计中, 通过民族性与现代性在室内设计中的融合, 体现设计现代化的价值、功能及艺术需求。

关键词:民族性; 现代性; 室内设计; 博弈

中图法分类号:TU241

文献标识码:A

1 民族性与现代性对室内设计的影响

最初人类建筑仅作为遮风蔽雨的场所, 没有考虑过室内环境设计. 随着生活水平的不断提高, 人类慢慢改变了自己的居住环境和室内环境, 与此同时人们对建筑室内环境质量的需求等级也不断提高. 现在人们的绝大部分光阴, 即学习、工作和生活都在室内环境中度过, 如何营造一个舒适、美观、适用的室内空间也是人们对建筑的最终要求. 近年来, 室内装饰越来越热, 人们普遍关注办公和居住空间的质量, 因此室内设计显得愈发重要. 目前, 在室内设计的众多风格中有两种风格是受到人们普遍欢迎的: 一种是现代简约式的风格, 另一种是中国古典式的风格.

在当前的室内设计中现代的设计手法和现代的生活方式受到时尚一族的普遍欢迎, 但是在民族性和现代性两种风格的应用中, 中国的室内设计界出现了两种偏向: 一种是认为西方现代设计都是先进的, 他们不注重对现代设计理念的借鉴和具体分析, 一味热衷于对西方技术形式的模仿和克隆; 另一种是盲目自大, 以一成不变的标准来衡量所有外来文化, 凡是与自己的民族文化习俗、民族精神、审美趣味不相吻合的东西都统统认为是异端邪说而加以排斥. 我们应该如何来正确认识室内设计中的民族性和现代性呢? 在民族性和现代性的博弈中我们是否可以得到一个最优策略?

2 民族性与现代性在室内设计中的博弈

在室内设计中, 设计师有两种设计理念可供选择, 即体现民族性的中国古典风格以及体现现代性的现代简约式的风格. 那么, 在设计实践中, 我们应该如何在这两种设计风格中抉择? 采用不同设计风格会对室内设计产生何种影响? 能否找寻一个最优策略? 为此, 我们将借鉴博弈的思想对室内设计中民族性与现代性的博弈进行探讨.

2.1 室内设计中民族性与现代性的博弈矩阵描述

在室内设计中, 设计师可以选择采用民族性风格, 这种风格的采用使得中华民族优秀传统文化得以传承; 也可以选择采用现代性风格, 这种风格的采用使得我们可以充分借鉴并吸收西方优秀的设计理念. 然

* 收稿日期: 2010-10-22

作者简介: 庄新燕(1983—), 女, 山东省临沂市人, 在读硕士生, 研究方向: 环境艺术设计

而，只片面追求单一设计风格的应用，必然导致某种文化的缺失。因此，寻求某种策略均衡将成为解决这一矛盾的最优方案，也是设计师追求的终极目标。

在室内设计民族性与现代性的博弈中，我们有 4 种策略组合可以选择，如表 1 所示：(1)既不运用现代元素，也不运用民族元素。这种室内设计是庸俗化的设计，毫无特色可言，是室内设计应当摒弃的设计方式；(2)仅使用现代元素，完全不使用民族元素。这种室内设计照搬西方设计理念，过分彰显西方现代设计理念的优越性而忽视了极具中国特色的民族性设计理念的优点，设计中无民族性可言，容易造成中华民族传统文化的严重缺失，不利于民族文化的传承与发扬；(3)仅使用民族元素，完全不使用现代元素。这种室内设计排斥西方优秀的设计理念，片面凸显民族性的极端重要性，导致室内设计因不吸收西方现代设计理念而不能迎合现代人的家居追求，造成西方优秀文化的缺失；(4)在室内设计中，既融入民族元素体现民族性，又吸收西方优秀的现代理念体现现代性。这种设计既能传承中华民族悠久的历史文化，又能迎合现代人时尚家居的理念追求，吸收了现代性、民族性的精华，摒弃了现代性、民族性的糟粕，使得中华民族优秀传统文化与西方优秀现代文化充分融合，是适合各类群体的宜居型室内设计理念。

表 1 室内设计中民族性与现代性的博弈矩阵

		现代性	
		否	是
民族性	否	设计无特色，风格庸俗化	民族性缺失，完全西方化
	是	单一民族性，缺少现代化	特色更明显，个性更凸显

2.2 博弈的此消彼长

通过博弈矩阵的分析可以发现，一个融入了民族性与现代性的室内设计无疑是最优策略，是能够最大化满足居室设计需求的设计理念。然而，在我国当前的室内设计中民族性与现代性通常单方面独立发展，民族性与现代性还没有充分融合。在实际应用中要么完全采用现代的设计理念和设计方法，完全忽视我国的民族传统文化，表现出民族性消现代性长的特点；要么完全强调民族文化，生搬硬套中国传统的形式，排斥现代设计中的优秀成果，呈现出现代性消民族性长的特点。

2.2.1 民族性消现代性长

现代文化的思想观念、价值体系的基本轮廓成形于 16~17 世纪。随着社会财富的累积，社会生活日趋丰富，人们的价值观、审美需求开始走向更新。现代性的确立使现代主义的室内设计理念深深植入设计者的创作原则中。创作的思路、评判的依据被约化为几条形式美的法则；功能与形式被赋予线性的因果关联，形式遵从功能的安排；机器所展现的不带任何装饰、逻辑清晰的美受到尊崇，一时间，密斯式的均质、纯净的空间成为时代的象征。注重实效性、经济性，崇尚标准化、理性化构成了现代主义建筑及室内设计与审美的基本内核，在当今的创作思路中依旧占据着重要的地位。

2.2.2 现代性消民族性长

不同的民族、不同的时代蕴藏着不同的审美情趣和审美追求，表现出不同的民族性格和民族心理。中华民族几千年的智慧精华和民族特有的艺术精神孕育了各个民族特殊的审美价值观，也浓缩了该民族的文化价值观和民族文化心理特质，这是中华民族文化历史发展的结果。如果说民族村落是这个民族的外表，室内设计则足以体现该民族的心理，其风格也是不同时代的历史沉淀、融合多元文化，通过创新和表现构成的具有一定特色的民族性体现。

我们民族艺术讲究是“意境”。民族性强的室内设计一般典雅大方，忌恶庸俗，其中的气势、魄力、疏阔、雄浑等都表现出居者的意境。设计中的意境有着很强的感染力，常常将室内设计的灵魂表现得淋漓尽致。

2.3 博弈后的共生

通过上文的分析可以发现，片面追求单一设计理念的应用是不可取的。我们既要追求现代的生活方式，但不希望中华民族传统文化消失。两种风格要互有彼此，互相融合。其实从本质上讲，它们之间不是对立的，而是应该可以和谐共生的。在室内设计民族性与现代性的博弈中，我们也可以看到两者之间只有共

存才是最可取的方式。

现代设计,追求的是空间的实用性和灵活性,其在选材上不再局限于石材、木材、面砖等天然材料,而是将选择范围扩大到金属、涂料、玻璃、塑料以及合成材料,并且夸张材料之间的结构关系,甚至将空调管道、结构构件都暴露出来,以简洁的表现形式来满足人们对空间环境那种感性的、本能的和理性的需求。但这些与中国的民族传统并不矛盾,我们的民族文化不是凝固不变的,而是一直在随着时代前进。在室内设计中把民族元素融入室内设计中,重新发掘出中国文化的精脉,并延续到我们的现代生活中来,会越来越明显地受益于有灵性的人群。

贝聿铭先生设计的北京香山饭店就注重吸收了中国传统建筑文化中民居和园林的设计语言而融于现代建筑与室内环境设计,使中国的地方风格与国际化语汇交融,开创了现代建筑与民族文化结合的典范(如图 1 所示)。同样,北京中国银行建筑与室内环境设计(如图 2 所示),贝聿铭先生又在建筑室内四季厅的大空间中融入了北京四合院的神韵,并与庭园绿化设计有机结合,使其室内空间设计中的文化性受到了很高的评价。由此可见,对于中国这样一个有着悠久历史和传统文化的发展中大国来说,一味地抄袭西方某些商业化的设计模式显然是不可取的。



图 1 北京香山饭店设计



图 2 北京中国银行大厅设计



图 3 美国流水别墅设计

西方的现代室内设计也常常吸收一些外来元素而不断充实和发展,如美国著名的室内设计大师赖特的流水别墅(如图 3 所示)的设计就是受到了中国春秋时期老子思想的影响。他所完成的流水别墅的室内设计达到了自然和人文悠然共存的最高境界,整座别墅室内所有的柱都用天然而粗犷的岩石装饰,地面用当地溪流中的水冲石铺设,以至于壁炉都以暴露的自然山岩砌筑而成,使之与自然和谐,增添了大自然的意境,使室内空间与自然共生。我们的设计应该更好地发扬中国的建筑文化传统,创造与自然和谐共生的环境,这是当今整个世界的

趋势,我们可以从我国的建筑文化传统中吸取营养。

3 正确认识民族性与现代性的发展

中华民族有着悠久的历史,经过历史的层层积淀,早已形成了自己独特的文化理念与审美情趣。然而如何将民族性的优秀理念充分应用于室内设计,并摒弃其糟粕部分,将地域环境、生活习性、语言、风俗习惯以及心理特质所构成的民族风格交融起来,使之成为极具民族特色的艺术风格,这不仅是对民族的传统观念产生超前的创作意识,同时也能以此达到民族文化与外来文化的合理融合。

在室内设计中不可闭门造车地发展民族传统文化,理应从现代设计的思维出发来重新审视民族文化中的元素,并进行大胆创新,形成独特的艺术风格。这必然要求设计者立足于民族文化的基础之上,结

合时代步伐,开拓创新,形成民族性与现代性相结合的独具民族特色的设计风格.要想完成具有独特性的民族民居室内设计,更好地继承和弘扬中华民族传统文化,就必须加强对室内设计的研究,以我国传统文化为营养源泉,有机结合西方现代室内设计理念,改善室内设计中乏风格、少特色、缺精髓的低水平状态,这对促进中华民族传统文化的传承与发扬,充分吸收西方现代优秀设计理念和方法有着重要的意义.

近年来一大批有理想的室内设计师,立足本民族的文化根基继承传统,超越传统,在建筑室内外环境设计方面进行了一系列探索实践,创造出一系列既具有中国文化特色,又有时代精神风格多样的建筑室内环境设计作品,例如钓鱼台国宾馆(如图 4 所示)、中国国际贸易中心、中国工艺美术馆、上海大剧院、东方明珠电视塔、浦东国际机场、浦东时代广场花园酒店与中信广场、西安陕西省博物馆等建筑的室内外环境艺术设计,都充分体现了我国当代室内创作设计的水平,达到或接近了国际先进水准的高度.它们均在继承和发扬我国传统建筑文化精神的基础上又与国外先进的科学技术、材料及装饰技艺有机结合,从而创造出既有文化特色又有时代美感,令人耳目一新的当代建筑室内空间环境.



图 4 钓鱼台国宾馆室内设计

民族传统艺术随着时代的变迁而发展变化,中国现代风格的室内文化背景要求设计风格应以中国的民族形式体现现代化的价值、功能及艺术需求,要把民族性和现代性在室内设计中加以充分体现,这要求我们从环境、布局、空间处理、装饰、家具设计及色彩运用等方面寻找现代与传统的结合点,从而做出更多、更好、更富有传统特色和时代精神的优秀室内设计作品.

参 考 文 献

- [1] 赵 燕, 宋鸿钧. 东方艺韵—中国传统室内设计风格[J]. 中国环境管理干部学院学报, 2007, (6):17-21.
- [2] 刘 俊. 对室内设计现代性和民族性的思考[J]. 艺术理论, 2007, (6):34-37.
- [3] 李剑锋. 民族风格在设计中的应用[J]. 山西建筑, 2006, (3):32-35.
- [4] 陈芬霞. 室内设计的民族化性与现代性意识[J]. 室内设计与装修, 1995, (5):29-31.

GAME BETWEEN “NATIONALITY” AND “MODERNITY” IN INTERIOR DESIGN

ZHUANG Xin-yan¹, YANG Da-yu¹, YANG Li-li²

(1. School of Art and Communication, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China; 2. College of Art, Xianning University 437100, China)

Abstract: This paper is to study on the effect of nationality and modernity on designers in interior design. Based on the view of game theory, it points out that the modern interior design embody the artistic demand, modernization function and value by nationality and modernity as well as traditional culture and its design conception merged into the modern design idea.

Key words: nationality; modernity; interior design; game

论传统文化与产品设计

张小平, 曲双为

(西安工程大学机电学院, 陕西 西安 710048)

摘 要:从中华民族的传统美学思想与中国传统文化元素出发,论述了中华民族的传统文化在现代产品设计中的重要作用,提出现代产品设计必须深刻理解和继承中国传统文化,并从传统文化中吸取精髓,才能赋予产品民族气质,才能使产品在激烈的市场竞争中脱颖而出,也才是产品企业制胜的绝佳利器。

关键词:传统文化; 美学思想; 产品设计

中图法分类号:TB472

文献标识码:A

0 前 言

中国有着几千年的历史文明,中国文明博大精深,具有深厚的文化底蕴。在产品设计中保持民族性,必然要从传统文化中吸取营养。一个好的产品设计师应该把中国的传统文化融入到西方现代设计的理念中去,但这种融入不是简单的相加,而是在对中国传统文化深刻理解基础上的融合^[1]。融合的结果是传统文化在产品设计中不经意的流露,是一种文化气质的表现,而不是生硬地嫁接一些传统元素。进入 21 世纪,设计人员已经深刻领悟到中国传统文化艺术的精髓与价值所在,情感上也更加期待本土文化的回归。因此,现代产品设计必须有意意识地在传统审美文化中吸取精髓,把握中国消费者的审美趋向,在材料、造型、色彩、纹饰、意味等方面赋予产品民族气质,设计出具有浓郁民族意味的产品才具有国际竞争力。

1 领悟中国传统美学思想

传统审美文化对现代设计人员的审美意识产生了重要影响,只有深刻地理解和继承中华民族的传统审美文化,把握消费者的审美趋向和情感归宿,才能创造性地提升产品的文化内涵。中华民族的传统美学思想主要体现在天人合一、尽善尽美、情理统一、境生象外 4 个方面的“文化基因”。

(1)天人合一。从某种程度来说,天人合一是中国文化追求的最高境界,也是中国文化所设定的最高人生理想。天人合一的思想渗透到中国文化的各个领域和层面,涉及中国人的自然观、宇宙观、认识论、人性论、历史观、宗教观等方面。天人合一是中国文学艺术的母体,对中国艺术文化的影响全面而深入,其典型的代表是书法、绘画和文学^[2]。“天人合一”的观念产生了一种独特的设计观,即把各种艺术品都看作整个自然的产物,从综合的、整体的观念去看待艺术品的设计。产品设计也不例外,其外在形态应与自然保持和谐,使其具备与人的情感、道德伦理相呼应的属性。

(2)尽善尽美。中国古典艺术和美学强调美与善的统一,强调艺术与社会人生的血肉联系,使审美和艺术同个体人格的修养,同一个时代社会风气的净化联系在一起,包含了丰富而深刻的合理因素。产品设计

* 收稿日期:2010-10-16

作者简介:张小平(1975—),男,内蒙古自治区呼和浩特市人,讲师,硕士,研究方向:产品设计

基金项目:西安工程大学 2010 年校立项目(2010XG20)

也不例外,其外在形态与内在功能应达到和谐统一,不仅满足人们的生理需求,更应满足人们的心理需求、情感需求。

(3)情理统一。在产品设计中,“情理统一”体现为设计中理性和感性的统一。设计师一方面要对设计活动做出理性的思考,如产品的结构功能如何实现,产品的经济性和环保性等;另一方面要对产品的存在形式进行感性的分析,如产品的形态、色彩、所传达的文化内涵和品位等。

(4)境生象外。“境生象外”注重通过有限的形式来表现无尽的意境,让人在形式的引导下产生无尽的遐想。现代产品设计活动所崇尚的“简洁而不简单”的设计思想,也正是受这种美学思想的影响而产生的。

2 驾驭中国传统文化元素

中国传统文化元素是中国文化的精髓,延续到我们现代生活中来,更起到传承民族文化的作用。中国传统文化元素是中华民族独有的内在和外在的特质,既有形而下的具体物质,也有形而上的意识形态^[3]。我们生活中的很多物品都带有传统的文化色彩,将它们的特色提炼出来,运用到现代产品的设计中,可以设计出更好的具有中国特色的产品:

(1)文字书法:汉字、中国书法、木版水印、钟鼎文、甲骨文、隶书等。

(2)图案纹样:国画、敦煌壁画、太极图、龙凤纹样、古钱币纹样、祥云图案等。

(3)戏曲文化:京戏脸谱、皮影等。

(4)手工艺品:中国结、桃花扇、芭蕉扇、剪纸、风筝、泥人面塑、腊染等。

(5)节庆用品:对联、门神、年画、如意、红灯笼等。

(6)陶瓷器皿:彩陶、紫砂壶、中国瓷器、青铜器(鼎)等。

这些丰富多彩的元素是中华文化在外国人心中的标志,也是中国传统文化的魅力所在。现代产品设计应从中学习、借鉴,但不是简单的生搬硬套,而是提取精华,并通过合理的设计充分表达出中国传统文化元素的特征和力量,才是设计富含中国传统元素产品的关键。

中国传统文化元素融入产品设计中,需要找到合适的契合点,在这个契合点上下功夫才能够找到真正完美的产品设计,这就要做到取其“形”,延其“意”,从而传奇“神”。

取其“形”,是指对传统的符号再创造而不是简单的照搬,这种再创造是在理解的基础上,以现代的审美观念对传统造型中的一些元素加以改造、提炼和运用,使其富有时代特色,或者把传统符号的造型方法与表现形式运用到现代设计中来,用以表达设计理念,同时也体现民族个性。延其“意”,中国传统符号背后的“意”是人们迷恋其造型的关键,不论是古人还是现代人,对美好的事物都一样心存向往,因而传统符号背后的吉祥意味同样适用于现代设计,适用于传达现代人的设计意念。在现代设计中寻求文化的诠释,使我们现在的设计少了一些商业气息,多了一些文化气息和亲和力。

如图1北京奥运会的“祥云”火炬与图2联想的“祥云”笔记本电脑等,都传递了北京奥运的喜悦和中国人的吉祥如意,都是中国传统文化元素与现代产品设计的完美融合。



图1 2008年奥运火炬



图2 联想笔记本电脑

3 中国传统文化融入产品设计

无论是西方艺术还是东方艺术,都是在各国传统文化艺术的基础上一步步走过来的,它们相互影响和渗透,但丝毫没有影响本民族文化特征的鲜明个性和面貌^[4].任何无视传统的做法都像是没有根系的树木和没有根基的建筑,都是站不住脚的.产品设计中所谓的文化,其本身首先应该包括本质的物质文化,还应该包括更高层次的精神文化^[5].因此,产品设计中要创造的文化价值,既要包括实用价值,又要包括象征价值.实用价值是指产品具有一定的功能,满足人们的基本生活需要;象征价值是指产品具有一定的内涵和象征性,满足人们的情感需要和精神追求.随着科学技术的进步,加工生产方式的完善,产品的物质文化层面已经基本得到满足,而产品的精神文化层面还有待于进一步的提高.产品设计如何在保持民族个性的同时,面向世界、面向时代,是每一个产品设计人员面临的重要课题.为此,每一个设计人员在产品设计中都需要不断追求以下境界:

(1)各国的风土特色、文化传统和艺术形式皆植根于各自的地域环境中,人们的审美观的形成也与之息息相关.从世界文化的多元性来看,拥有个性和民族性才拥有国际性.因此,只有重视个性和民族性,并在此基础上扩大视野,我们的设计才会被世界承认.

(2)设计人员不仅要继承和发扬传统文化艺术的优秀成果,还要吸取西方现代化设计的先进经验和成果.对设计人员而言,对于传统文化精髓的学习和理解,不仅仅限于形式和造型,更重要的是对古代文化艺术传统美学思想、民族文化气质和哲学内涵的理解和继承.

(3)设计师要提升自身各方面的修养,尤其是中国古典文学、哲学和艺术思想.日本的设计作品一看就看得出来,也不全是用了一些具体的象征符号,关键是蕴含了传统的精神.我国的设计人员缺乏这方面的思考,今后应大力将传统文化的神韵灌注于时代精神之中,将传统与现代进行结合.

在具体的产品设计中,对于文化特质的表达分为两类:

(1)在具体产品实体的形态、色彩、材质、结构、声响等方面做物质性的表达,主要体现为:对具有传统文化气息的物品的“形”的借鉴,在产品的外观形态上传达传统文化的意味.

(2)在产品体现或暗示的思想、意识、观点、行为模式等方面做非物质性的表达,主要体现在:产品在设计理念上与传统文化中的人生哲理、价值观念、审美情趣等保持一致,在产品的内涵方面流露出传统文化的精髓.

如图 3 所示的手机,设计灵感来自中国的古钱币,整体造型圆润,色彩搭配合理,体现出古钱币的韵味与特点,并加以丝印、浮雕等效果,彰显出浓厚的中国文化气息.



图 3 手机造型设计实例

4 结束语

中国未来的产品设计,必须走出具有中国特色的产品之路,与国际设计广泛地进行交流,吸收其它文明的精华;同时,创造性地提升中国产品的文化内涵.中国未来的产品设计必须以创意与革新为首要条件,且必须回到传统文化的观点上,深刻地理解和继承中国传统文化,才能赋予产品民族气质.唯有真正好用且以文化为主体设计的产品才能在激烈竞争的产品市场上脱颖而出,才是产品企业制胜的绝佳利器,也才能真正体现出对本土文化的尊重和关心,继承本土文化和弘扬民族特色.

参 考 文 献

- [1] 沈 法. 现代产品设计[M]. 郑州:河南美术出版社,2003.
- [2] 冯小红. 论现代艺术设计和传统文化的关系[J]. 装饰,2006,(7):16.
- [3] 成葆德. 中国传统艺术的继承和弘扬[M]. 银川:宁夏人民出版社,1999,56.
- [4] 长 北. 传统文化与民族振兴[J]. 装饰,2006,(9):8.
- [5] 周继平. 谈现代设计中对中国元素的把握与运用[J]. 美术大观,2008,(7):23.

TALK OVER TRADITIONAL CULTURE AND PRODUCT DESIGN

ZHANG Xiao-ping, QU Shuang-wei

(College of Mechtronic, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: From the traditional aesthetics of the Chinese nation and the Chinese traditional culture elements, discusses the Chinese traditional culture in modern product design of the modern product design must deeply understand and inheritance Chinese traditional culture, and to learn from traditional culture, to give the product the essence of the national character, to make the products in the fierce market competition, it is the ultimate winning product enterprise.

Key words: traditional culture; aesthetics; product design

(上接第 164 页)

BASED ON THE SOCIAL NETWORK ANALYSIS METHOD OF THE
VIRTUAL NETWORK POLITICAL GROUP MINING

CHEN Peng, CHEN Jing-min

(School of Business Administration, Hohai University, Nanjing 2111000, China)

Abstract: Nowadays internet is an important place where people take part in political activities. Effective management will become more easily for politicians to communicate with the Netizen and hear the opinions and suggestions, so they can make the right decisions which accord with the interests and wishes of the people. Also the cyber democracy will be developed rapidly in China. Based on the empirical research on BBS virtual communities of the People's Network, this paper studied the development of cyber democracy and the basic elements and characteristics of the virtual politics groups by using social network analysis. By analyzing the overall network structure diagram, we can find out the different politics groups.

Key words: cyber democracy; social network analysis; political group mining

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0192-03

符号类型在标志中的体现

李曜良

(西安文理学院文学院, 陕西 西安 710065)

摘要:通过对标志中符号类型的研究,分析了有动机符号和无动机符号的关系,探讨了类象型、指示型与象征型这3种符号类型在标志中的体现.根据符号学理论,以中国工商银行标志、江南大学设计学院标志、法国雪铁龙汽车标志等案例分别解读了类象型符号、指示型符号与象征型符号在标志中的视觉表现,为符号学理论在标志设计中进一步推广与应用提供了新的理论依据.

关键词:符号;标志;体现

中图法分类号:F270

文献标识码:A

0 前言

标志中信息的传播实际上是以符号的方式呈现的,由符号创作者根据客户要求、社会主流意识和目标消费者的需求赋予其形象中,它是企业抽象理念的形象表达^[1].标志用一种特殊文字或图形组成的大众传播符号,以精练的形传达特定涵义,是人们相互交流和传递信息的视觉语言.现代标志只有作为符号才能产生社会效应,且必须融入社会现实和文化活动中,由创作者根据目标消费者的心理赋予标志以形象意义,然后标志就成为有意义的文化载体,从而被大众所认可.

在标志符号能指和所指中,所指是标志符号的灵魂,因为企业标志符号的功能是靠讯息来传播观念,标志符号是一种传达思想、感情和信息的手段.传达的“形式”虽然对我们有用,但若撇开其中的含义,就其自身来看,并没有特别的价值.

1 有动机符号与无动机符号的关系

标志是反映商品精神面貌的一种专用符号,在任何符号系统中能指与所指间的结合关系都是取决于使用者之间的一种约定.有了这种强有力的约定才能让使用者在使用过程中自觉地遵守这种关系,并使符号的作用得以充分发挥.这种约定往往都依靠某种自然的、有力的原因来维持和驱动,被这种自然且有力的原因所驱动的符号就属于有动机的符号.但是,也有一种约定很不明显的符号系统,这种没有强制约定的符号就属于无动机的符号.

从有无动机和有怎样动机的符号中共分出3种类型,即:类象型符号、指示型符号与象征型符号^[2].

2 有动机的符号类型在标志中的体现

如果这一符号是有动机的,根据一种自然的、有力的原因促使该符号能指与所指的结合,使符号系统这种有力的原因分为类象型符号和指示型符号两类.

2.1 类象型符号在标志中的体现

类象型符号是在感官的水平上,基于能指与所指在感知形式上的某种近接性而确立的.借助类比与联想的性质,将一件事的性质赋予一些代表性的附属物上.这样的标志利用不同符号之间的关系建构信息与

* 收稿日期:2010-10-18

作者简介:李曜良(1983—),男,陕西省西安市人,助教,硕士,研究方向:设计艺术学

含义,受众在信息解读中重建符号的意义.当人们看见中国工商银行的标志时(如图1所示),圆的外形和“工”字的结合成铜钱,会马上联想到银行的概念,在这里的描述体和客体之间的关系是自然的,是那些不需要强烈的约定内容也能让人很容易理解的标志,铜钱的能指和银行的所指在感知形式上是近接的,所以它就属于类象型符号的标志,这类标志主要运用相对直白、容易理解的形式来传达信息.



图1 中国工商银行标志

2.2 指示型符号在标志中的体现

知觉对象具有多种可被观察到的性质^[3].指示型符号建立在思维的水平上,其能指与所指间的结合是基于两者在逻辑上的某种近接性而确立的.这种近接性往往表现为因果关系的联想,其能指和所指关系表现出某种性质的共同性,达到认知的目的^[4].单独的一张蜂巢图形除了蜂巢形状外,可能表示不了其他内容.但如果与一个储备书架联系起来,蜂巢就可能成为理智的、储备的隐喻,通过一种比喻暗示来传达各类信息,诸如企业定位、责任原则等抽象、无形的概念(如图2所示).这就是基于两者在逻辑上某种近接性,并从这种因果关系的近接性上来实现意指的.当看到这个标志时,熟悉它的人自然会想到书架,因为蜂巢是储备蜂蜜的地方,而书架是存放书的地方,两者所指间有某种接近,在这里蜂巢就是一个指示,一个现成的标志.



图2 蜂巢形状的书架

江南大学设计学院标志是用铅笔的横切面与蜂巢相结合并归纳变化而成(如图3所示).设计学院与铅笔两者之间存在着某种内在的联系且创意的角度独特、新颖,因此设计学院的标志以铅笔作为造型主体确实是一个比较合适的视觉符号.蜂巢的形象已经不单是生物意义的蜂巢,也不是一件绘画作品,它的价值在于使学院某方面的意义得以升华.蜂巢让人联想到蜜蜂的形象,寓意着该设计学院勤劳朴实、任劳任怨的工作作风.标志设计对比喻物的选用是非常重要的,恰当而准确的比喻才有价值,力求做到比喻物的特征与表现主体之间具有某种内在的联系且这种内在的联系能使标志的受众产生共识^[5].

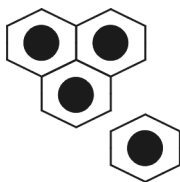


图3 江南大学设计学院标志

3 无动机的符号类型在标志中的体现

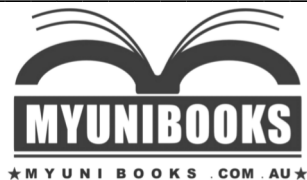
3.1 象征型符号在标志中的体现

象征符号是属于无动机的符号.当这种约定被固着为不可动摇的规则后,就使这种符号具有了一义性.符号的这种约定性是一个成熟符号系统的基础,这种符号的所指对象与符号之间有性质上的相似性,但无形式上的相似性.它是群体思维同化的结果.在意义生成的初期,符号的讯息量是不大的,随着人们认知和交际的发展,对于符号对象的理解越来越深刻,于是符号意义便由一个义项增加到若干个义项,逐渐丰富起来,这就是符号意义的增长、延伸和变异.

标志意义的生成和演变均是通过标志与具体商品之间不断的联系而进行的.尽管生产厂家可以将其商品的质量、服务等特征维持在某一稳定的水平上,但是任何厂家,其所生产的每一件商品在质量、服务等特征方面却不可能完全一样.商标和语言等符号一样,一直处于动态的不断变化之中.商标形成演变的动态过程告诉我们,商标的意义形成的关键是使用商标的商品的质量、服务等特征的稳定性,而不是其质量和服务水平有多高,这就是为什么高档商品中有驰名商标,而中低档商品中也不乏驰名商标的原因.不过显然,任何商标要具有一定的商誉,基本的质量和服务水平是必不可少的.同时,商标要维持其商誉的存在还必须不断地被使用,因为长期不使用消费者会逐步遗忘.当然,尽管商标意义对于商标是重要的,然而商标标志本身也不能被忽略,因为商标的意义必须依附在商标标志之上才能够存在^[6].

3.2 象征型符号案例在标志中的体现

例如,猫头鹰和书之间并没有直接的联系,书商运用猫头鹰作为自己书店的标志就是一个硬性的规定,理解这个标志需要有很强的约定(如图4所示).在古代希腊和罗马神话中雅典娜与密涅瓦是希腊和罗



猫头鹰阅读

图 4 猫头鹰和书联系的象征符号标志



图 5 法国雪铁龙
汽车标志

汽车制造厂的商标时,今天的人们是很难了解这个标志所承载的全部内容的,这个标志也就成了象征符号的标志(如图 5 所示)。

4 结束语

不论符号属于哪一种分类,它们都具有两个共同的特点:约定性与抽象性。而符号的各种分类往往不同程度地在同一符号系统中混合存在。一个符号系统的符号,它的约定性越强,则它的语义就越单一。即使在系统中存在着有动机符号,最终也因符号的约定性而排除了它的多义性。动机性与约定的关系并不是完全相斥的,但是它们又是相竞的,动机越弱约定就越强,而动机越强几乎就不需要约定。追溯符号系统的发展轨迹,其实在符号系统的形成之初,原则上符号都曾被赋予过动机。但是,漫长的历史长河磨去了这种动机存在的痕迹,同时又增强了约定性,最终仅留下约定在发挥着符号的作用^[7]。在一个成熟的符号系统中,动机的存在又倒过来可从约定中解放符号,也就是说能从强制性约定的符号中因某种动机而产生新的意指作用^[8]。又因新的意指作用,产生出新符号,从而发展了符号系统,使系统从封闭走向开放,不断地产生新的意指作用使符号系统不断地得到新的发展。

参 考 文 献

- [1] 严辉武. CI 策划[M]. 长沙:中南大学出版社,2002.
- [2] 张宪荣. 设计符号学[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [3] 杨君顺,程 远. 论知觉对象与背景的关系[J]. 包装工程,2006,(1):159.
- [4] 龚鹏程. 文化符号学导论[M]. 北京:北京大学出版社,2005:33.
- [5] 陈宗明. 符号世界[M]. 武汉:湖北人民出版社,2004.
- [6] 胡 飞,杨 瑞. 设计符号与产品语意[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [7] 何 方. 符号语言在平面设计中的意义[J]. 包装工程,2004,(3):117-118.
- [8] 齐效斌. 人的自我发展与符号形式的创造[M]. 北京:中国社会科学出版社,2002.

THE EMBODIMENT OF THE TYPES OF SYMBOL IN MARKS

LI Yao-liang

(College of Chinese Language and Literature ,Xi'an University of Art and Science, Xi'an 710065, China)

Abstract: through the study on different types of symbols used in marks, this essay not only studies on the relationship between motivated and non-motivated symbols, but also makes a detailed analysis on the embodiment of symbols with similar shapes and reference symbols in marks. Based on the theory of semiotics, it illustrates the visual embodiment of three types of symbols in marks by examples of ICBC mark, the mark of School of Art & Design of Jiangnan University and France Citroen, which provides a new theoretical evidence for further application of cultural semiotic theory in mark designing.

Key words: symbols; mark; embodiment

* 文章编号:1000-5811(2011)01-0195-04

女子皮划艇队员 HiLo 与 LoHi 训练后 血象指标变化探析

曹艳霞¹, 李登光², 高克莲¹

(1. 榆林学院体育系, 陕西 榆林 719000; 2. 陕西师范大学体育学院, 陕西 西安 710062)

摘 要:采用实验法,将 16 名优秀女子皮划艇运动员分成两组,分别进行 4 周的高住低练(Hi-Lo)与低住高练(LoHi),旨在探讨不同模式低氧训练过程中运动员的 RBC、Hb 和 Hct 动态变化规律及特点.结果表明,两种低氧模式训练中 Hb、RBC 和 Hct 的变化规律有些差异;提高红细胞计数、血红蛋白浓度和红细胞压积,HiLo 优于 LoHi,Hb、RBC 和 Hct 的增加不完全同步;4 周两种模式训练效果可以保持 2 周以上,HiLo 组训练后保持 RBC 和 Hct 的能力比 Lo-Hi 组强.

关键词:皮划艇;血象指标;女子;高住低练;低住高练

中图法分类号: G804.2 **文献标识码:** A

0 引 言

目前低氧训练的方式已遍及许多体育运动项目^[1,2].在运动实践中,无论何种低氧训练,都是在平原模拟低氧分压条件下接受类似于高原训练的“缺氧”刺激,以促使机体对强烈的应激反应产生一系列对抗缺氧的生理适应,从而调动体内的机能潜力,提高人体运动能力.研究表明,缺氧刺激能促进促红细胞生成素(EPO)的生成,刺激骨髓中红细胞的成熟并加快其释放速度,导致血红蛋白合成量的增加,从而实现“血液回输”效应,达到提高机体运氧能力之目的^[3-5].本文通过对女子皮划艇队员在 HiLo 与 LoHi 低氧训练模式过程中血红蛋白浓度(Hb)、红细胞计数(RBC)及红细胞压积(Hct)等指标变化的动态观察和分析,探讨其变化规律以及对血象指标的影响,为皮划艇队低氧训练提供参考依据.

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

以陕西杨陵 16 名优秀女子皮划艇队员为研究对象,随机分为 2 组,每组 8 人,专业训练期限为 3~5 年,即对照组:高住低练(HiLo)组、低住高练(LoHi)组,基本情况如表 1 所示.

1.2 HiLo 与 LoHi 训练计划

1.2.1 HiLo 与 LoHi 模式设计和条件

LoHi 组采用“低氧训练+常氧训练”法,共 4 周;低氧训练为每周 3 次,每次 1.5~2 h;常氧训练以有氧训练为主;HiLo 组则采用“低氧睡眠+常氧训练”法,共 4 周;低氧睡眠每周 6 天,每天从晚 8:30 至次日晨 7:00,低氧训练和睡眠时氧分压为 15.3%,海拔高度约 2 300 m,常压大气压.

* 收稿日期:2010-08-16

作者简介:曹艳霞(1970—),女,陕西省佳县人,讲师,硕士,研究方向:高校体育教育
基金项目:陕西省教育厅基金项目(111Z027),榆林学院高学历资助项目(09GK036)

每天低氧训练和专项时间安排可根据运动员训练需要,制订具体训练计划和内容,由科研人员和教练员根据实际需要共同完成. 两组运动员常氧和低氧的训练计划、内容、强度、量以及饮食条件相似.

表 1 研究对象基本情况

组别	年龄/岁	身高/cm	体重/kg
HiLo 组	17.4±2.3	180.9±1.3	75.9±9.2
LoHi 组	17.2±2.1	180.8±1.4	74.8±4.4

1.2.2 HiLo 与 LoHi 模式内容和强度

饱和度和输出功率.

(2)运动强度及间歇时间判断标准:血乳酸控制在 2~3 mmol/L,血氧饱和度控制在 82%~87%.

(3)LoHi 时间:每天在训练台训练 1.5 h(传动比为 52/17),共 3 周.

(4)训练方案:LoHi 的常规训练,以 150~155 b/m 心率强度训练 25 min,共 3 次,次间间歇 5 min,采用主动练习恢复方式;LoHi 的强度训练,到第 2 周后,改为每两天 1 次高强度的短时间间歇训练,先以 150~155 b/m 心率训练 35 min,然后以 160~165 b/m 心率每次训练 1 min,每组 6 次,共 2 组,次间间歇 2 min,组间间歇 5 min,采用主动训练恢复方式^[6].

(5)测试时间与方法:分别于训练前 3 天,训练中第 1、2、3、4 周周末,训练后第 1、2 周周末进行测试;测试时,分别取实验队员早晨出操前的指尖血 20 μ L,用 Beckman Coulter Gen S 全自动血细胞分析仪测定 RBC、Hb 和 Hct 等项目.

低氧发生设备为美国“Hypoxic Tent System TM”和“Colorado Mountain Room TM”.

1.3 数据处理

运用 SPSS 11.5 for windows 统计处理,统计方法包括组间独立样 T 检验^[7],结果以平均数±标准差,信度 $P<0.05$ 为显著性水平, $P<0.01$ 为非常显著性水平.

2 结果与讨论

2.1 HiLo 与 LoHi 模式对相关指标的影响

低氧训练可促进机体血液成分代偿性反应^[8].研究表明,这种代偿性反应较早表现为 EPO 分泌量增加.因为红细胞的生成主要受 EPO 的控制,EPO 的增加刺激骨髓造血组织释放大量的红细胞,加快红细胞的生成,提高了机体的血红蛋白水平,从而增强了机体携带和运输氧气的能力,以适应机体对氧的需求,即缺氧刺激促进 EPO 分泌量,而 EPO 可促进 RBC、Hb 和 Hct 的提高,这是机体低氧训练的重要生理性适应^[7,8].

2.2 HiLo 与 LoHi 模式训练后相关指标变化规律分析

研究结果如表 2~表 3 及图 1~图 3 所示,两组运动员在不同低氧训练模式中 RBC 和 Hb 均有明显差异.HiLo 组的 RBC, Hb 和 Hct 在第 1~2 周上升明显($P<0.05\sim0.01$),第 3 周稍有下降,但明显高于训练前($P<0.05\sim0.01$),第 4 周达到峰值($P<0.05\sim0.01$);训练后的第 2 周,这组运动员的 RBC 几乎不变,而 Hb 慢慢下降,但明显高于训练前($P<0.05\sim0.01$);而 LoHi 组的 RBC, Hb 和 Hct 在训练中逐渐升高,第 3 周末达到峰值($P<0.05$),随后逐渐下降($P>0.05$);训练后的第 2 周 Hb 升高,但低于第 3 周的峰值.以上研究表明,HiLo 组在低氧训练过程中 Hb、RBC 和 Hct 变化规律基本相似,表现为训练中持续明显升高,升高出现早,幅度大,训练结束时达到峰值.而 LoHi 组的 Hb、RBC 和 Hct 在训练中逐渐升高,升高出现时间和幅度低于 HiLo 组,LoHi 组峰值比 HiLo 组峰值提前一周出现,幅度明显小于 HiLo 组.

造成不同模式低氧训练 RBC、Hb 和 Hct 变化规律的不完全相同是由于训练强度和量的差异、训练海

拔高度和环境的差异及低氧暴露的时间差异等因素所致. 各种模式的低氧训练,低氧暴露均为间断性,这是各种模式低氧训练中 RBC 和 Hb 变化的因素.

表 2 HiLo 受试队员训练过程中 RBC、Hct 和 Hb 的变化

	训练前	第 1 周末	第 2 周末	第 3 周末	第 4 周末	训练后 1 周	训练后 2 周
RBC($\times 10^{12}$)	3.82 \pm 0.31	4.28 \pm 0.32**	4.36 \pm 0.34**	4.37 \pm 0.27**	4.56 \pm 0.24**	4.55 \pm 23**	4.58 \pm 0.32**
Hct/(L/L)	0.36 \pm 0.02	0.37 \pm 0.03	0.39 \pm 0.03	0.39 \pm 0.02	0.44 \pm 0.02**	0.37 \pm 0.02	0.42 \pm 0.02*
Hb/(g/L)	126.20 \pm 5.30	134.10 \pm 7.76	134.83 \pm 9.80*	134.03 \pm 9.58*	141.81 \pm 6.13*	133.92 \pm 5.28**	133.81 \pm 5.98*

注:与训练前比较:※ $P<0.05$,※※ $P<0.01$ (同表 3).

表 3 LoHi 受试队员训练过程中 RBC、Hct 和 Hb 的变化

	训练前	第 1 周末	第 2 周末	第 3 周末	第 4 周末	训练后 1 周	训练后 2 周
RBC($\times 10^{12}$)	3.70 \pm 0.43	3.97 \pm 0.42	3.91 \pm 0.31*	4.13 \pm 0.43*	3.90 \pm 0.37*	4.02 \pm 0.36	3.83 \pm 0.29*
Hct/(L/L)	0.35 \pm 0.03	0.37 \pm 0.04	0.38 \pm 0.03*	0.40 \pm 0.02*	0.38 \pm 0.04*	0.38 \pm 0.3	0.36 \pm 0.02
Hb/(g/L)	120.11 \pm 4.05	124.30 \pm 7.59*	124.41 \pm 4.31*	130.50 \pm 6.13*	125.71 \pm 9.08*	125.90 \pm 6.24**	126.32 \pm 5.9*

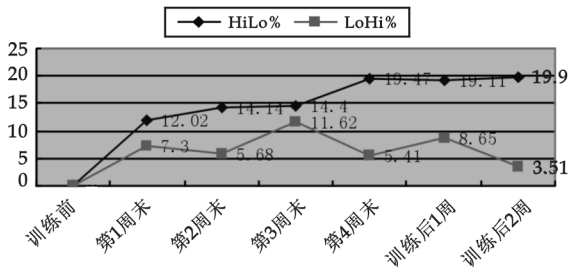


图 1 HiLo 与 LoHi 过程中 RBC 变化率(%)曲线图

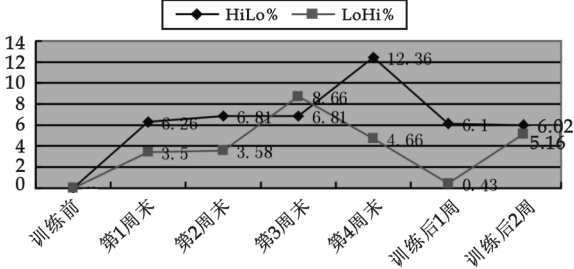


图 2 HiLo 与 LoHi 过程中 Hb 变化率(%)曲线图

2.3 HiLo 与 LoHi 训练后相关指标变化规律比较

研究结果发现(表 2~表 3 及图 1~图 3),第 4 周 HiLo 与 LoHi 训练均能明显提高运动员的 RBC、Hb 和 Hct 水平,说明缺氧降低了吸入气中的氧分压,从而刺激脏器释放红细胞进入血液;在低氧环境中训练,水分大量蒸发,导致血液浓缩,使 Hb 浓度升高;缺氧刺激肝脏促红细胞生成素分泌量的增加,促进了骨髓的造血功能,使红细胞增多.在整个低氧训练过程中(图 1~图 3),两组运动员 RBC、Hb 和 Hct 的增长率和提高幅度大体类似,总体表现为 HiLo 优于 LoHi($P<0.05$);但 LoHi 的峰值比 HiLo 提前一周出现,RBC 与 Hb 和 Hct 的增长不同步,说明较长时间的低氧刺激与同时加入低氧或常氧环境的适当运动更能刺激 RBC 与 Hb 的生成.故研究可知,HiLo 法优于 LoHi 法,这是因为在 LoHi 在训练中运动员的低氧暴露时间相对较短,对血液系统中血红蛋白及红血细胞系列的影响没有 HiLo 突出.

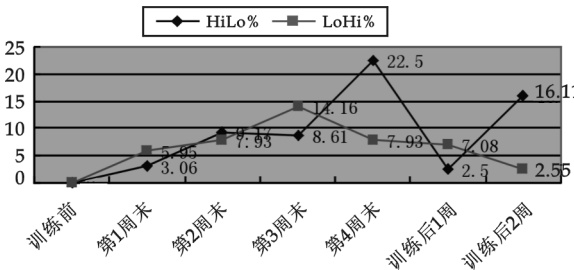


图 3 HiLo 与 LoHi 过程中 Hct 变化率(%)曲线图

2.4 HiLo 与 LoHi 训练后相关指标保持特点比较

低氧训练都能提高 Hb、RBC 及 Hct 的水平,但低氧训练结束后这些水平能否维持,是两种训练方式所关心的问题.实验结果表明,训练后的第 2 周(表 2、表 3 及图 1~图 3),HiLo 组的 RBC 与 Hct 基本保持不变,明显高于训练前;而 LoHi 组的 Hb 与 Hct 略有上升,但无明显差异.由上述分析可知,4 周两种模

式低氧训练效果可以保持 2 周以上,HiLo 组训练后保持 RBC、Hct 的能力明显好于 LoHi 组。

3 结论

HiLo 与 LoHi 训练模式中 RBC、Hb 和 Hct 的变化规律有一定的差异;两种训练模式都能明显提高运动员的 RBC、Hb 和 Hct 水平,但提高程度不同,HiLo 优于 LoHi;RBC、Hb 和 Hct 的增加在两种训练模式中是不完全同步的;HiLo 与 LoHi 两种训练效果可以保持 2 周以上;HiLo 组训练 2 周后保持 RBC 和 Hct 的能力明显强于 LoHi 组。

参 考 文 献

- [1] 翁庆章, 钟伯光. 高原训练的理论与实践[M]. 北京: 人民体育出版社, 2002.
- [2] Lebine B D, Stray-Gundersen J, Duhaime G, *et al.* Living high-training low: the effect of altitude acclimatization/normoxic training in trained runners[J]. *Med Sci Sports Exe*, 1991, (23): 25.
- [3] Dehnert C, Hutler M. Erythropoietin and performance after two weeks of living high and training low in well trained triathletes[J]. *Sports Med*, 2002, 23 (8): 561-566.
- [4] 张 纓, 胡 扬. 不同浓度的高住高练低训对红细胞等血象指标的影响[J]. *体育科学*, 2005, 25 (11): 29-31.
- [5] Pel Tonen J E, Leppavuori A P, Kyro K P, *et al.* Arterial haemoglobin oxygen saturation is affected by F(I)O₂ at submaximal running velocities in elite athletes[J]. *Scand J Med Sci Sports*, 1999, 9(5): 265-271.
- [6] Eckardt K U. Rate of erythropoietin formation in humans in response to acute hypobaric hypoxia[J]. *J Appl Physiol*, 1989, (66): 1 985-1 988.
- [7] Berglund B. High-altitude training aspect of hematological adaption[J]. *Sports Med*, 1992, (14): 289-303.
- [8] 冯连世. 高原训练及其研究现状[J]. *体育科学*, 1999, 19(5): 64-66.

STUDY ON THE WOMEN'S KAYAK TEAM HILO AND LOHI TRAINING ON BLOOD PARAMETERS

CAO Yan-xia¹, LI Deng-guang², GAO Ke-lian¹

(1. Department of Physical Education, Yulin University, Yulin 719000, China; 2. Institute of Physical Education, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: 16 elite female rowboats were randomly divided into two groups with 8 in each group, which made 4 weeks training for living high-training low, living low-training high. The main purpose was to discuss the dynamic change rule and character of hematological index such as RBC, Hb and Hct at different hypoxia training model so as to provide the theoretical and practical bases in exercise training. The result showed that there was existed certain difference on change degree, character and rule of RBC, Hb and Hct at different hypoxia training. The training of HiLo and LoHi could significantly improve the level of RBC, Hb and Hct, but improvement degree vary from different training model. As to RBC, Hb and Hct, HiLo>LoHi. 4 weeks, at least two modes of hypoxic training effect can be maintained for 2 weeks, he HiLo group training is better than the ability to maintain Hb LoHi group.

Key words: rowboats; hematology parameter; female; HiLo; LoHi