

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0001-04

泡沫分离法分离水中纳米二氧化钛

张璐璐, 杨 辉, 陈 斌

(陕西科技大学生命科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要:采用泡沫分离技术,以十六烷基氯化吡啶(RNCl)做表面活性剂,分别研究了表面活性剂的浓度、pH、离子强度和气流速度对纳米二氧化钛分离率的影响,得到其适宜的分离条件如下:RNCl的质量浓度为0.35 g/L,pH为10.2,气流速度为83 mL/min,在此条件下纳米二氧化钛的分离率最大为92.97%.

关键词:二氧化钛;泡沫分离;表面活性剂

中图法分类号: TQ028.8

文献标识码: A

0 引 言

近年来,利用多相光催化技术处理污水得到了广泛的关注.在常用的各种光催化剂中,二氧化钛(TiO_2)由于光敏程度高、成本低等诸多优点,成为最受重视和具有广阔应用前景的光催化剂.在光催化降解过程中, TiO_2 在反应器中的存在形式主要可以分为两类:悬浮型和负载型^[1].由于反应物传质的影响,负载型光催化剂的效率通常不如悬浮型的 TiO_2 ,若将固定化光催化剂改为悬浮型的 TiO_2 ,则其光催化效率将至少增加10倍,但是从悬浮液中分离回收 TiO_2 是一个很困难的过程^[2].

泡沫分离法是利用分离体系(溶液)中存在的表面活性物质,或能与表面活性物质相结合的物质在鼓泡时吸附于泡沫表面而对目标物质进行分离的技术^[3].这种方法具有能耗低、设备简单、可以连续进行操作、投资小、可用于体系中微量成分分离等优点.20世纪50年代末以来,国外对该技术进行了大量的研究^[2,4-7],直至20世纪80年代末,我国才有一些这方面的报道,且主要集中在两个方面:一是非表面活性剂物质的分离.该技术被广泛地用于工业污水中铜、铁、汞等离子的分离回收以及海水中铀、铝等的富集和原子能工业中含放射性元素的废水处理^[8-11];二是表面活性物质的分离以及各种天然或合成表面活性剂的分离,如合成洗涤剂、多肽、蛋白质、酶的分离^[12-14].纳米 TiO_2 光催化污水处理系统中 TiO_2 含量低,颗粒小,用沉淀分离、过滤、离心等方法难度大,而泡沫分离法能够很好地分离水中的纳米 TiO_2 ,这方面的研究目前国内报道很少.

本文采用泡沫分离技术从水中分离纳米 TiO_2 颗粒,研究了阳离子表面活性剂的用量、溶液pH、溶液离子强度和气体流量等条件对分离效果的影响,旨在为悬浮型光催化反应器的进一步研究和应用提供依据.

1 实验部分

1.1 试剂和仪器

TiO_2 ,锐钛矿,实验室自制(粒径在20~30 nm);NaCl,化学纯,天津市恒兴化学试剂制造有限公司;十六烷基氯化吡啶(RNCl),化学纯,国药集团化学试剂有限公司;盐酸,分析纯,天津大茂化学试剂厂;

* 收稿日期:2011-05-24

作者简介:张璐璐(1984—),女,山东省德州市人,在读硕士生,研究方向:纳米材料的制备及应用

NaOH, 分析纯, 天津红岩化学试剂厂。

酸度计(pHS-4C⁺), 成都方舟电子仪器厂; 756PC 型紫外分光光度计, 上海光谱仪器有限公司。

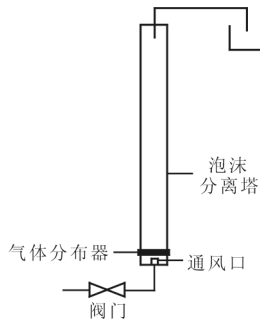


图 1 实验装置图

1.2 实验装置

图 1 为泡沫分离装置示意图, 该分离塔为内径 3 cm、长度 40 cm 的有机玻璃管, 塔底装有砂板制成的气体分布器。

1.3 实验方法

研究中采用清水代替污水配制 TiO_2 悬浮液, 并采用阳离子表面活性剂十六烷基氯化吡啶(RNCl)为吸附剂和起泡剂。精确称量一定量的 TiO_2 加入清水中, 制成 TiO_2 悬浮液; 配制一定质量浓度的 RNCl 溶液, 量取 450 mL 于 1 000 mL 的烧杯中, 吸取 10 mL 制备好的 TiO_2 悬浮液, 加入到 RNCl 溶液中; 分别用氢氧化钠或盐酸和氯化钠调整 pH 值和离子强度, 之后取适量样品在 650 nm

波长下测其吸光度。

将上述的混合液倒入分离塔, 利用气体流量计将供气泵的空气流速调整为 83 mL/min。所有的实验都在室温下进行。当有泡沫流出时, 向收集器中喷洒无水乙醇消泡。待泡沫不再流出时关闭供气泵, 测量分离回收液的体积, 并量取等体积清水加入到原待分离的混合液中, 以清水为参比液, 取适量样品在 650 nm 波长下测量其吸光度, 并计算 TiO_2 的质量浓度与起始质量浓度的比值。


2 结果与讨论

2.1 十六烷基氯化吡啶的选择及其质量浓度、pH 值对 TiO_2 分离效果的影响

本研究采用氯化十六烷基吡啶(RNCl)作为吸附剂和起泡剂, 在水中发生如下反应:



TiO_2 表面分布着羟基基团, 带有负电荷^[15], 十六烷基氯化吡啶电离出的 RN^+ 会与 $n\text{TiO}_2$ 结合, 形成

复合物, 而  是亲水基, 可深入水中, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}$ 是憎水基, 被水排斥伸出水面处于空气中。当通入气泡时, RN^+ 与 $n\text{TiO}_2$ 的复合物就会定向排列在气-液界面, 被气泡表面吸附, 并在浮力作用下与气泡一起被带到液面形成泡沫层, 从而达到分离 TiO_2 的目的。

溶液的 pH 值对分离效果影响较大, 这是由于分离体系中除了 RNCl 的电离以及 RN^+ 与 $n\text{TiO}_2$ 的结合外, 还发生如下反应:



上述反应的发生降低了体系中 RN^+ 的浓度, 从而也降低了 TiO_2 的分离效率。在溶液 pH 保持不变的情况下, TiO_2 的吸附量取决于 RNCl 的质量浓度, RNCl 的质量浓度低时吸附量小, 随 RNCl 质量浓度的增加吸附量急剧增加, 但 RNCl 质量浓度大到一定程度时, 因 TiO_2 几乎全被吸附分离, 其分离效率达到最大, 因此继续增加表面活性剂浓度分离效率增加非常缓慢。当溶液中 RNCl 浓度一定时, TiO_2 的吸附量取决于 pH 值的大小, 随着 pH 值的增大, OH^- 的浓度增大, 与 OH^- 结合的 RN^+ 的量增加, 吸附量减少。图 2 给出了 RNCl 的质量浓度和 pH 值对泡沫分离的影响。图 2 显示, RNCl 质量浓度低于 0.25 g/L 时, 实验结果与上述分析一致。但是, 当 RNCl 质量浓度高于 0.27 g/L 时, pH 值越大, TiO_2 分离率越高。表面活性剂 RNCl 是阳离子表面活性剂, 为强电解质, 在溶液中会电离出带正电荷的 RN^+ , 当 RNCl 质量浓度高于 0.27 g/L 时, pH 增加对于溶液中 RN^+ 的量影响不大, 这种情况下分离率的主要影响因素为表面活性剂的浓度。另外, 相对而言 pH 值越大, 越有利于增加 TiO_2 表面的负电荷, 导致 TiO_2 分离率增加。

从图 2(b)中可以看出, 分离回收液的体积与表面活性剂的浓度和溶液的 pH 值有关, 当 pH 值和表面活性剂质量浓度较高时, 分离回收液的体积较大。实验证明使用阳离子表面活性剂 RNCl 时, 只有 TiO_2 表

面带负电荷(悬浮液 pH 在 6.2 以上)时分离率最大,在这种情况下,RNCl 只通过库仑相互作用吸附表面带有负电荷且具有疏水性的 TiO_2 ^[2]. 表面活性剂的质量浓度高,形成的泡沫多,夹带的溶液多,因而分离回收液体积大. pH 值较高的情况下, TiO_2 分离率高,吸附于气泡表面的表面活性剂 TiO_2 复合物多,增加了气泡的厚度和稳定性,分离时回收液体积大.

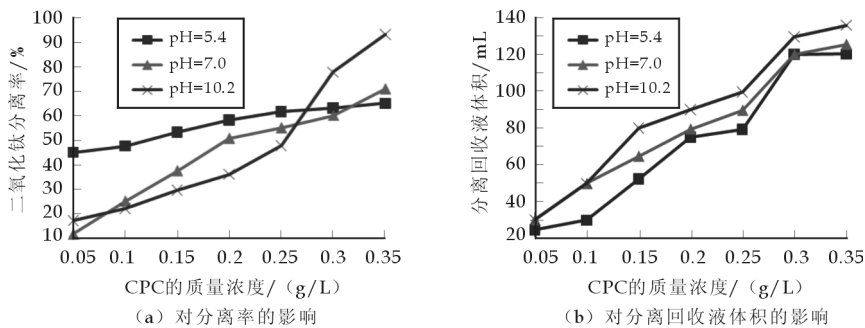


图 2 RNCl 浓度以及 pH 值对 TiO_2 分离的影响

2.2 离子强度对分离率的影响

对于离子型表面活性剂,在其溶液中加入无机盐时,会影响表面活性离子胶束的扩散双电层,减少表面活性离子之间的排斥作用而使双电层平均厚度缩小,从而使胶束容易形成,表面活性得到提高,溶液的表面张力下降,吸附量增加. 图 3 给出了 RNCl 的质量浓度和离子强度(NaCl 浓度)对泡沫分离的影响. 从图 3(a)中可以看出,离子强度对泡沫分离效果的影响是复杂的,在表面活性剂的质量浓度低于 0.20 g/L 时,离子强度高,有利于表面活性离子胶束的形成,分离效率高,此时体系中不存在(或非常弱)同离子效应. 而在表面活性剂的质量浓度高于 0.20 g/L 时,高离子强度体系中有较多的 Cl^- ,使得反应(1)的逆反应得以发生, RN^+ 离子浓度降低,因而分离效率比低离子强度体系的低. 导致这种变化的另一个原因是 TiO_2 表面双电层所带电荷量减少而不足以和表面活性剂产生吸附作用. 然而,当表面活性剂的质量浓度较低时,表面活性剂的吸附量不足以使 TiO_2 呈现疏水性,分离效率也不会高,故增加一定的离子强度可以增加分离效率^[2].

图 3(b)给出分离回收液的体积变化随着表面活性剂质量浓度的变化情况. 如前所述,离子强度增加有利于泡沫形成,所以,在表面活性剂浓度相同的条件下,高离子强度所得到的回收液的体积比低离子强度的大.

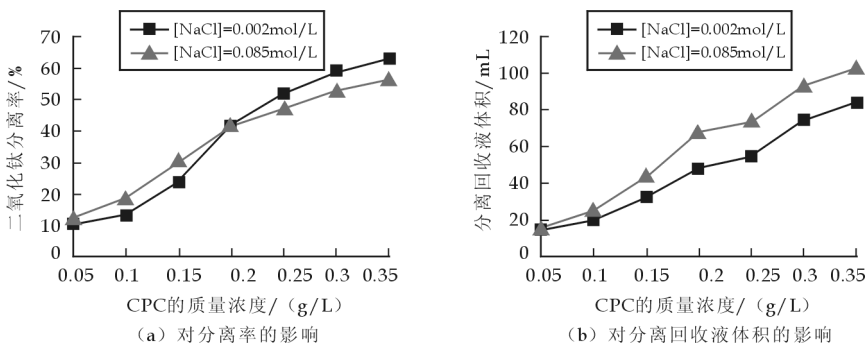


图 3 RNCl 浓度和离子强度对 TiO_2 分离的影响

2.3 气流速度对分离率的影响

图 4 给出了气流速度对 TiO_2 分离的影响. 从图 4(a)可以看出,气流速度较高时, TiO_2 分离率随气流速度的增加而增加,只是 RNCl 表面活性剂质量浓度低于 0.20 g/L 时上升较缓,质量浓度高于 0.20 g/L 时 TiO_2 分离率急剧上升. 当 RNCl 表面活性剂的质量浓度为 0.20 g/L 时,分离率曲线出现交点,低于 0.20 g/L 时,空气流速越大,分离率越低,这是由于形成气泡所需气量少,高气流速度导致剪切力增加,气

泡稳定性差影响了分离效率;当 RNCI 质量浓度高于 0.20 g/L 时,空气流速大,可以形成较多的气泡,而且气泡小,表面积大,吸附能力强,分离率高。

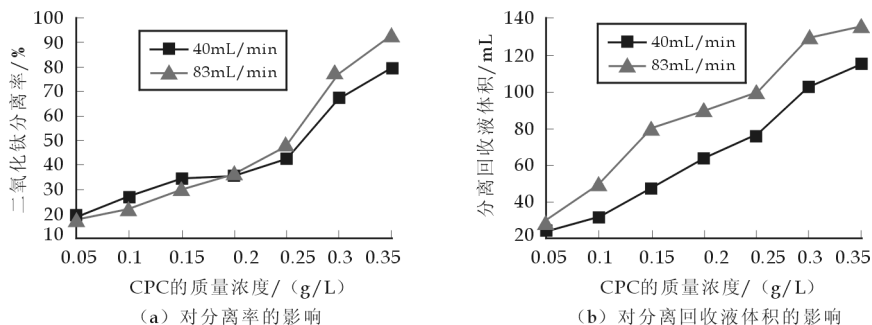


图 4 气流速度对 TiO_2 分离的影响

当气流速度较高时,分离回收液的体积在 RNCI 表面活性剂质量浓度低于 0.15 g/L 时上升较快,当其高于 0.15 g/L 时趋于平缓. 同时在同一表面活性剂质量浓度条件下,空气流速越大,回收液的体积越大,这也说明空气流速大,能形成较多的气泡,如图 4(b)所示。

3 结 论

(1) 采用以阳离子表面活性剂十六烷基氯化吡啶为表面活性剂的泡沫分离法分离污水中的 TiO_2 是可行的,其分离效果比较明显,相对于其它分离方法,泡沫分离法简单易行,能耗低,分离率高。

(2) 上述泡沫分离法分离 TiO_2 纳米颗粒的主要影响因素有表面活性剂的质量浓度、溶液的 pH 值、气流速度,当表面活性剂的质量浓度为 0.35 g/L、pH 值为 10.2、气流速度为 83 mL/min 时可获得最大分离率 92.97%。

参 考 文 献

- [1] 单志俊,邓慧萍. TiO_2 光催化氧化技术的研究进展[J]. 中国资源综合利用, 2007, 25(2): 7-10.
- [2] Shen Y H. Colloidal titanium dioxide separation from water using foam fractionation[J]. Separation Science and Technology, 1998, 33(16): 2 623-2 635.
- [3] 郑瑞东,刘 鹰. 泡沫分离法的研究进展[J]. 现代渔业信息, 2005, 20(9): 3-6.
- [4] Bergmann D J, Zhao W. Formulations and performance of soaps and surfactants[J]. China Research Institute of Daily Chemical Industry, 2005, 28(10): 34-36.
- [5] Maruyama H, Seki H, Suzuki A, *et al.* Batch foam separation of a soluble protein[J]. Water Research, 2007, 41(3): 710-718.
- [6] Aksay S, Mazza G. Optimization of protein recovery by foam separation using response surface methodology[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 79(2): 598-606.
- [7] Brown L, Narsimhan G, Wankat P C. Foam fractionation of globular protein[J]. Biotechnology and Bioengineering, 2004, 36(9): 947-959.
- [8] 齐 荣,余兆祥,李佟茗. 泡沫分离技术及其发展现状[J]. 辽宁化工, 2004, 33(9): 517-522.
- [9] 韦帮森,杨 华. 泡沫分离技术在表面活性剂类废水处理工程中的应用[J]. 江苏环境科技, 2002, 15(3): 11-12.
- [10] 周长春. 泡沫分离技术研究进展[J]. 生物技术通讯, 2003, 14(1): 85-88.
- [11] 宋伟光,吴兆亮,刘桂敏,等. 泡沫分离除去水溶液中微量金属离子[J]. 高校化学工程学报, 2008, 22(5): 900-905.
- [12] 王春艳,钟 耕. 泡沫分离技术在食品成分分离中的应用[J]. 中国食品添加剂开发应用, 2006, (2): 122-125.
- [13] 金 玉,陈 雷,殷 建. 泡沫分离技术的现状及研究进展[J]. 民营科技, 2008, (11): 12.
- [14] 高 洁,董文宾,李 菲. 泡沫分离技术发展现状及趋势[J]. 食品科技, 2008, (10): 99-100.
- [15] 张金龙,陈 峰,何 斌. 光催化[M]. 上海:华东理工大学出版社, 2004: 16-17.

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0005-04

二氧化钛对耐碱玻璃纤维性能的影响

张红林¹, 刘新年²

(1. 咸阳非金属矿研究设计院, 陕西 咸阳 712021; 2. 陕西科技大学材料科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要:以 ZrO_2 含量为 14.5% 的耐碱玻璃组成为基础组成, 调整 TiO_2 含量, 熔制一系列玻璃, 通过粉末失重法等方法测试其性能, 进而研究了 TiO_2 含量与耐碱玻璃性能之间的关系。

关键词:二氧化钛; 耐碱玻璃纤维; 耐碱性

中图法分类号: TQ171.77⁺1.1 **文献标识码:** A

0 引 言

耐碱玻璃纤维(Alkali Resistant Glass Fibre)是一种新型的轻质、高强、多功能增强无机材料,它在碱性介质中具有良好的耐碱侵蚀的能力,作为增强水泥的无机材料,是非承重水泥构件中钢材和水泥石棉制品中石棉的理想代用品。国外工业发达国家中,尤其是日本、英国,在耐碱玻璃纤维及其制品的生产技术和应用方面发展很快。耐碱玻璃纤维在建筑业、农牧业、土木工程、公路、管道、城市建设、农村能源设施和水利工程等领域均得到了日益广泛的应用。耐碱玻璃纤维与一般玻璃纤维相比主要区别在于其化学成分不同,英国、日本在 $Na_2O-CaO-SiO_2$ 玻璃系统中加入了 ZrO_2 , 中国与其不同的是,在 $Na_2O-CaO-SiO_2$ 系统中同时引入了 ZrO_2 和 TiO_2 , 不仅能提高玻璃纤维的耐碱性,而且能降低拉丝温度。

本文通过选择一种耐碱玻璃系列(即 ZrO_2 含量为 14.5% 系列),改变玻璃中 TiO_2 含量,测定其耐碱性能的变化,从而得出 TiO_2 含量变化对耐碱玻璃纤维性能的影响规律,以达到指导实际生产的目的。

1 实 验

1.1 实验用试样的制备

根据玻璃实验组成和所选原料的化学组成进行玻璃配方计算,在实验室条件下制备玻璃,计算熔制 200 g 玻璃所需的各原料的用量。 SiO_2 由石英砂引入, CaO 由碳酸钙引入, K_2O 由碳酸钾引入, Na_2O 由无水碳酸钠引入, ZrO_2 、 TiO_2 分别由相应的 ZrO_2 、 TiO_2 药品引入。根据设计配方计算每种原料用量。计算结果如表 1 所示。

(1) 试样制备流程如图 1 所示。



(2) 耐碱玻璃熔制参数记录如表 2 所示。

图 1 试样制备流程图

1.2 耐碱性测试方法的选择

耐碱性能的测试方法有粉末失重法、表面形貌法和水煮法,本实验采用粉末失重法。粉末失重法测试玻璃的耐碱性操作简便,效果比较明显,而且易于观察。按照南京玻璃纤维研究院编写的《玻璃测试技术》和建筑材料科学研究院中的鉴定附件《抗碱玻纤

* 收稿日期:2011-05-10
作者简介:张红林(1973—),女,陕西省乾县人,高级工程师,硕士,研究方向:玻璃纤维的应用

耐碱性的试验方法》的要求,本次实验的测试条件如表 3 所示.

表 1 设计耐碱玻璃配方原料用量

原料	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]	9 [#]
石英砂	112.56	114.58	116.58	118.60	122.62	124.62	126.64	128.64
二氧化锆	29.30	29.30	29.30	29.30	29.30	29.30	29.30	29.30
二氧化钛	19.38	17.34	15.30	13.26	9.18	7.14	5.10	3.06
碳酸钠	43.62	43.62	43.62	43.62	43.62	43.62	43.62	43.62
碳酸钾	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42
碳酸钙	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24
氟化钙	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

说明:实验中的 5[#] 试样用实际生产中的玻璃球制成.

表 2 试样熔化参数

试样 编号	熔化最高 温度/℃	保温时间 /min	颜色 变化
1 [#]	1 350	360	深黄 ↓
2 [#]	1 350	3 60	
3 [#]	1 350	360	
4 [#]	1 350	360	
6 [#]	1 400	390	浅黄
7 [#]	1 400	390	
8 [#]	1 400	390	
9 [#]	1 400	390	

表 3 粉末失重法测试条件

侵蚀介质	10% NaOH 溶液
侵蚀时间	5 h
侵蚀温度	100±0.5 ℃
试样为粉末状	颗粒大小 0.45~0.3 mm
试样质量	2.000 0 g

1.3 实验过程

(1)耐碱性测试. 用 1/10 000 天平精确称取各试样 2.000 0 g 放于聚四氟乙烯烧杯中并做好记录待用. 调试水浴锅,使其恒定于 100 ℃左右. 量 50 mL 10% NaOH 溶液,分别加入每个烧杯. 将烧杯按顺序放入水浴锅中,水浴恒温 5 h. 水浴完成后用 1:1 HCl 中和烧杯中的碱液,并依次用蒸馏水、无水乙醇洗干净玻璃粉末,然后放入干燥箱中烘干、称量.

每个试样的耐碱性用相应的失重率来表征,其计算公式如下:

$$\Delta w\% = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\%$$

式中,w₁——侵蚀前玻璃粉末的质量(g),w₂——侵蚀后玻璃粉末的质量(g).

(2)耐酸性测试. 选用部分试样,采取粉末失重法,将试样放入浓度为 1 N 的 HCl 溶液中,在 100 ℃水浴中加热 1 h,以试样失重率表征玻璃耐酸性,以此来考察该玻璃耐酸性能的好坏.

表 4 玻璃纤维碱侵蚀结果

编号	TiO ₂ /wt%	浸泡前质量/g	浸泡后质量/g	失重率/%
1 [#]	9.5	2.002 1	1.292 3	0.709 8
2 [#]	8.5	2.001 3	1.326 7	0.674 6
3 [#]	7.5	2.004 9	1.426 6	0.578 3
4 [#]	6.5	2.006 0	1.457 3	0.548 7
5 [#]	5.5	2.003 2	1.992 4	0.539 1
6 [#]	4.5	2.001 7	1.501 7	0.500 0
7 [#]	3.5	2.005 9	1.452 0	0.553 9
8 [#]	2.5	2.002 9	1.438 6	0.564 3
9 [#]	1.5	2.004 3	1.411 1	0.593 2

(3)析晶性能测试. 实验选用部分耐碱玻璃粉末为试样. 选取无缺陷的瓷舟,并用蒸馏水和无水乙醇清洗干净,然后把制备好的玻璃试样依瓷舟长度方向装入,距离瓷舟边缘为 1 mm. 接通电源让电炉恒温,当温度升到最高点 1 000 ℃时,保温 4 h,使炉内温度达到平衡. 将装有试样的瓷舟轻轻推入炉内,使瓷舟位于已知的温度范围内,并测得所处的位置,然后关闭炉门,试样在炉内保温时间确定为 7 h,当到达保温时间后,迅速

由炉内取出试样进行玻璃析晶温度范围及析晶温度的测定.

2 结果和讨论

2.1 TiO₂ 含量与玻璃耐碱性的关系

耐碱测试结果如表 4、图 2 所示。

根据 Shigenarl Ohsawa 测定结果可知, TiO₂ 在 NaOH 溶液中的溶解焓最大, 它的耐碱性最好. 各种氧化物在 NaOH 溶液中的溶解焓如表 5 所示。

由图 2 可以看到当 TiO₂ 的引入量为 4.5%(ZrO₂/TiO₂=3)时, 失重率最小, 即对于 ER-13 玻璃系列来说 TiO₂ 的含量为 4.5%时耐碱性能最好。

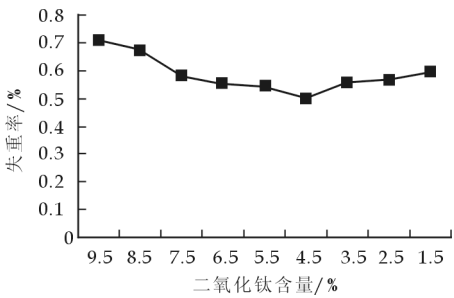


图 2 TiO₂ 含量与碱侵蚀失重率关系曲线

在玻璃中按阳离子对形成玻璃能力影响的评价准则, 钛属于中间体, 不论是单质还是氧化物, 都不能转为玻璃态. 在玻璃形成过程中, 按结晶化学理论可以认为钛化合物的阳离子调整体的引入将导致其晶体中边键的破坏, 改变钛多面体的连接特性, 即由共棱的硬连接变为沿顶点的柔连接, 同时也降低了钛与氧的配位数. 这种结构上的变化, 使得 TiO₂ 在玻璃中的作用呈现复杂性。

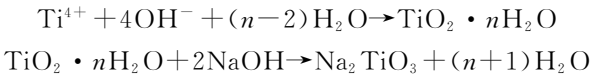
当 Ti⁴⁺ 以 [TiO₄] 钛氧四面体形式存在时, 对玻璃耐碱性的影响具有以下两种情况, 一是 [TiO₄] 对 [SiO₄] 产生类质置换现象, 使 [SiO₄] 被 [TiO₄] 从玻璃中置换出来, 被置换出骨架的一部分 [SiO₄] 较易受碱侵蚀. TiO₂ 引入量愈多 (在一定范围内), [TiO₄] 量越大,

表 5 各种氧化物溶解焓

氧化物和硅酸盐在 NaOH 溶液中的溶解焓	$\Delta G / (K/mol H_2O)$
$2Al_2O_3 + 2NaO(溶液) + H_2O \longrightarrow 2Na^+ + 2H_2AlO_3^-$	-14
$SiO_2 + NaOH(溶液) \longrightarrow Na^+ + HSiO_3^-$	-13
$ZrO_2 + 2NaOH(溶液) \longrightarrow Na^+ + HZrO_3^-$	-1.7
$Zr \cdot SiO_2 + 2NaOH(溶液) \longrightarrow 2Na^+ + HZrO_3^- + HSiO_3^-$	+2.1
$SnO_2 + 2NaOH(溶液) + 2H_2O \longrightarrow 2Na^+ + Sn(OH)_6^{2-}$	+2.5
$TiO_2 + NaOH(溶液) \longrightarrow Na^+ + HTiO_3^-$	+88

则被置换出骨架的 [SiO₄] 量越大, 玻璃的失重率也越大. 二是接枝效应, 即补网作用. 加入的 TiO₂ 产生 [TiO₄/2], 与 [SiO₄/2] 形成钛硅酸盐的混合骨架, 有利于玻璃耐碱性能提高。

当 TiO₂ 的引入量多到一定程度后, [TiO₄] 形成量不再增加, [TiO₆] 的量开始增大. [TiO₆] 的作用也有以下两种情况: 一是二次离子极化作用, Ti⁴⁺ 的场强较大, 六配位的 Ti⁴⁺ 为 1.25, 由于场强较大的 Ti⁴⁺ 的引入, 使得 [SiO₄] 中 Si-O 键将产生反极化作用, 甚至引起 [SiO₄] 断网、解裂, 从而造成玻璃耐碱性的降低. 二是它具有阻蚀覆盖作用, 在玻璃中 Ti⁴⁺ 将发生以下反应:



TiO₂ · nH₂O 二氧化钛凝胶的化学稳定性很高, 属两性氧化物, 在碱液中只有微量溶解生成 Na₂TiO₃, 而大部分 TiO₂ · nH₂O 沉积于玻璃表面上, 阻滞玻璃进一步受碱侵蚀, 从而提高了其耐碱性。

表 6 玻璃纤维耐酸性侵蚀结果

编号	TiO ₂ /wt%	浸泡前质量/g	浸泡后质量/g	失重率/%
1#	9.5	2.003 0	1.990 1	0.012 9
2#	8.5	2.001 7	1.936 4	0.065 3
3#	7.5	2.001 3	1.999 3	0.099 9
7#	3.5	2.002 1	1.99 9 6	0.124 9
8#	2.5	2.002 4	1.992 8	0.479 4
9#	1.5	2.002 4	1. 981 5	1.043 7

2.2 TiO₂ 含量与玻璃耐酸性的关系

耐酸性测试结果如表 6 所示。

硅酸盐玻璃对除了氢氟酸和磷酸以外的无机和有机酸均具有良好的抗侵蚀能力, 但是如

何能使玻璃的耐酸性能得到提高, 通过对玻璃系列的部分试样进行耐酸性测试, 从其测试结果可以看出, 当 TiO₂ 的含量逐渐增加时玻璃的耐酸性也随之增加. 从图 3 可以看出随着 TiO₂ 含量的减少, 玻璃的失重率增加 (耐酸性能降低). 在 TiO₂ 含量为 3.5% 时, 耐酸性出现明显的转折, 当 TiO₂ 含量小于 3.5% 时,

玻璃的耐酸性能明显下降.

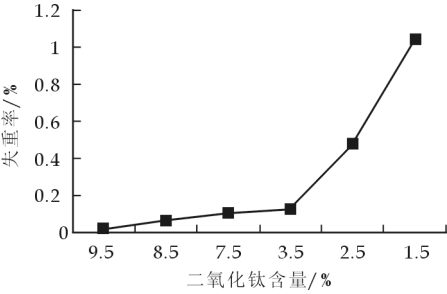


图 3 TiO₂ 含量与酸侵蚀失重率关系曲线

保温时间增长. 也就是说,随着 TiO₂ 含量的增加玻璃的析晶上限温度与拉丝所需温度差距更大,更能减少拉丝中的析晶几率.

表 7 部分耐碱玻璃析晶结果

编号	TiO ₂ /%	析晶上限 温度/℃	析晶下限 温度/℃	Δ T/℃	析晶现象	保温时间/h
1#	9.5	900	800	100	<0.5 mm	12
5#	5.5	930	790	140	0.4~1 mm	12
9#	1.5	950	810	140	>1 mm	12

3 结束语

通过本实验得出以下结论:
(1)在 ZrO₂ 含量为 14.5% 的耐碱玻璃中,当 ZrO₂/TiO₂ = 3 时,玻璃的耐碱性较优.
(2)在耐碱玻璃中随着 TiO₂

含量的增加,玻璃的耐酸性能提高,当 TiO₂ 含量小于 3.5% 时,耐酸性能急剧下降.

(3)通过 TiO₂ 的加入能够改善玻璃的析晶性能,有利于玻璃纤维的生产.

参 考 文 献

[1] 姜肇中, 邹宁宁, 叶鼎铨. 玻璃纤维应用技术[M]. 北京:中国石化出版社, 2004:5-54.
[2] 李振荣,杨立臣.耐碱玻璃纤维[J]. 玻璃纤维,1999,(6):19-22.
[3] 许金华. 含锆逆性玻璃耐碱性的研究[D]. 武汉:武汉工业大学硕士学位论文,1996:5.
[4] 赵青林, 吴正明, 步恒祉. SiO₂-TiO₂-Al₂O₃-R₂O 系统玻璃中 TiO₂ 耐碱二重性的探讨[J]. 硅酸盐通报, 2002,(5): 41-45.

INFLUENCE OF TITANIUM DIOXIDE ON
ALKALI RESISTANT GLASS FIBRE

ZHANG Hong-lin¹, LIU Xin-nian²

(1. Xianyang Institute of Nonmetallic Minerals Research & Design, Xianyang 712021, China; 2. School of Materials Science & Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract:Based on the alkali glass with the ZrO₂ 14.5% content, adjustment TiO₂ content, melted a series of glass. Tested their performance by powder weight loss, and studied the relationship between the content of TiO₂ and the performance of alkali glass.
Key words:titanium dioxide; alkali resistant glass fiber; alkaline

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0009-03

高效液相色谱法定量测定鸵鸟油中的 EPA、DPA

杨秀芳, 闫倩茹, 伍发云

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

摘要:应用高效液相色谱(HPLC)法对鸵鸟油脂肪酸中多不饱和脂肪酸组成进行了定性定量分析. 采用 α -溴苯乙酮为衍生化试剂, 应用 Hypersil BDS C₁₈ 柱, 252 nm 紫外检测, 能很好地分析鸵鸟油脂肪酸中 EPA、DPA 的组成和含量.

关键词:高效液相色谱; 鸵鸟油; 定量分析; EPA、DPA

中图分类号:O657.7⁺2

文献标识码:A

0 引言

多不饱和脂肪酸(PUFA)是指含有两个或两个以上双键, 碳链中碳原子数大于或等于 18 的脂肪酸、如亚油酸、亚麻酸、花生四烯酸、二十碳五烯酸(简称 EPA)、二十二碳六烯酸(简称 DHA)和二十二碳五烯酸(简称 DPA)等. 一般认为多不饱和脂肪酸在人体生理中起着极为重要的作用, 若膳食中摄入不足或机体代谢缺陷, 将会导致现代诸多文明病. 尤其是 EPA、DHA、DPA 被称之为“脑黄金”, 不仅是构成高等动物细胞的重要成分之一, 而且可降低血清胆固醇, 减少心脑血管疾病^[1], 对于癌细胞也有抑制作用^[2]. 目前 EPA、DHA、DPA 等的唯一商业来源是海洋鱼油^[1], 故 PUFA 已成为当前功能性脂肪酸研究与开发的主体和核心. 有关鸵鸟油脂肪酸的组成在文献[3]中已有报道, 为进一步探究其 PUFA 组成, 本文应用 HPLC 对所获得的鸵鸟油进行了分析, 结果表明鸵鸟油中含 EPA 和 DPA, 这为拓宽鸵鸟油的应用市场和提高其应用价值提供了理论依据.

1 材料与方法

1.1 供试材料

鸵鸟油(1号油:非洲鸵鸟油, 乙醚提取的新鲜油; 2号油:非洲鸵鸟油, 乙醚提取的冰冻油; 3号油:澳洲鸵鸟油, 即鸬鹚油, 乙醚提取的新鲜油; 原材料由陕西省英考鸵鸟股份有限公司提供).

1.2 仪器与试剂

高效液相色谱仪(美国 Waters 公司):包括 510 型高压泵、HW-2000 型色谱工作站、MILI-Q 超纯水制备装置、超声波清洗器、溶剂过滤器、微孔滤膜(0.22 μm)等; HD-2004 型紫外检测仪(上海嘉鹏科技有限公司); R502B 型旋转薄膜蒸发仪(上海申生科技有限公司).

色谱标准品(含量不少于 99%):EPA(20:5 n -3)、DPA(22:5 n -3)、DHA(22:6 n -3)由美国 Sigma 公司提供, 乙腈(色谱纯), α -溴苯乙酮(连云港达瑞化工厂).

1.3 试验方法

1.3.1 最佳紫外波长的测定

* 收稿日期:2011-05-09

作者简介:杨秀芳(1963—), 女, 陕西省铜川市人, 教授, 研究方向:天然产物化学

用紫外检测仪测定 3 种标准品的紫外吸收波长,结果 EPA、DPA 和 DHA 的最佳紫外吸收波长均为 252 nm.

1.3.2 色谱分析条件

色谱柱:Hypersil BDS C₁₈柱(150 mm×4.6 mm,5 μL),柱温:室温(25 ℃),流速:1.0 mL/min,检测波长:252 nm,进样体积:20 μL,检测器:481 型紫外-可见光检测器.

1.3.3 样品游离脂肪酸的制备

称取 10 g 干燥鸵鸟油于三口烧瓶中,加入 1 mol/L 氢氧化钠乙醇溶液,58 ℃水浴搅拌 1 h. 倒入烧杯冷却至室温,加入石油醚搅拌然后放入冰箱使其脂肪酸钠盐充分析出. 用布氏漏斗抽滤使脂肪酸钠与石油醚溶解的不皂化物分离,将脂肪酸钠盐用少量蒸馏水溶解,缓慢滴加 10 mol/L 的盐酸,直到下层溶液的 pH 值为 2~4,此时上层为游离脂肪酸. 转入分液漏斗,用石油醚萃取上层溶液,蒸馏水洗至中性,无水硫酸钠干燥,旋转蒸发器上回收石油醚,即得样品游离脂肪酸(FFA).

1.3.4 柱前衍生化

量取样品游离脂肪酸溶液 0.1 mL 于试管中,分别加入 0.2 mL α-溴代苯乙酮的丙酮溶液和 0.2 mL 三乙胺的丙酮溶液,振荡混匀,氮气保护,密封试管,置于 70 ℃水浴 25 min,冷却后加入 0.1 mL 醋酸丙酮溶液,反应完后用氮气将有机溶剂吹干,加入流动相复溶至 10 mL. 取 20 μL 注入高效液相色谱仪,记录峰面积,以外标法定量.

2 结果与分析

2.1 标准色谱图

在选定的色谱分析条件下,将 3 种标准品进样分析,结果见图 1,可见 EPA、DHA 和 DPA 均能得到很好的分离,同时 EPA、DHA 和 DPA 保留时间分别为 13.307 min、16.651 min 和 21.778 min.

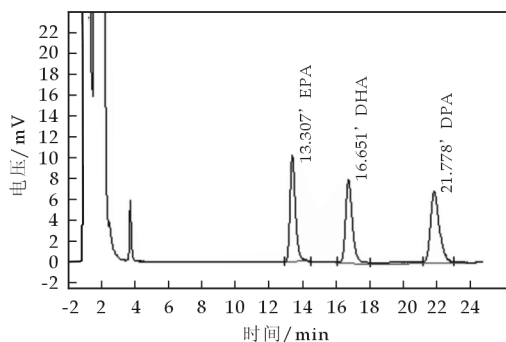


图 1 EPA、DHA 和 DPA 的标准谱图

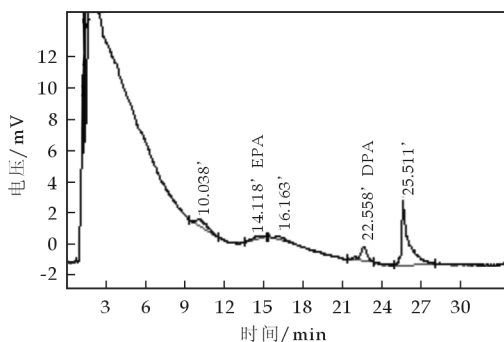


图 2 1 号鸵鸟油中 EPA、DHA 和 DPA 的色谱图

2.2 标准曲线和线性范围

以脂肪酸浓度为横坐标,峰面积为纵坐标,绘制 EPA、DPA 和 DHA 的标准曲线并进行线性回归. 从 EPA、DPA 和 DHA 的线性回归方程可以看出,3 种脂肪酸的浓度峰和面积的线性相关性密切,三者的线性回归方程分别为:

EPA: $Y = 6.675 \times 10^5 X$, $r = 0.999\ 934$; DPA: $Y = 6.741 \times 10^5 X$, $r = 0.999\ 747$; DHA: $Y = 4.384 \times 10^5 X$, $r = 0.999\ 947$.

2.3 样品谱图

2.3.1 1 号鸵鸟油分析结果

称取一定量的 1 号鸵鸟油按 1.3.3 制备出 FFA,将 FFA 配成 50 mL 乙腈溶液,取 0.1 mL FFA 乙腈溶液进行衍生化后用 HPLC 测定其中 EPA、DHA 和 DPA 的含量,结果见图 2. 分析后可知 1 号鸵鸟油衍生物中 EPA 和 DPA 含量很低,分别为 0.007 2% 和 0.022%,其中不含有 DHA.

2.3.2 2号鸵鸟油分析结果

按 1.3.3 称取一定量的 2 号鸵鸟油制备 FFA,并配成 50 mL 乙腈溶液,衍生化后用 HPLC 测定其中 EPA、DHA 和 DPA 的含量,结果见图 3,显示 2 号鸵鸟油衍生物中 EPA 和 DPA 含量分别为 0.003 3%和 0.030%。

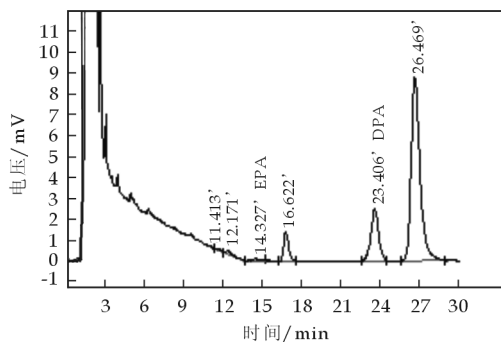
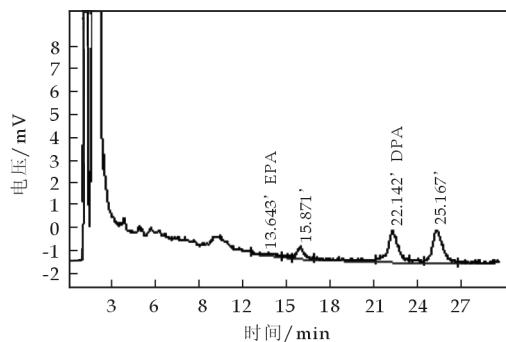


图 3 2号鸵鸟油中 EPA、DHA 和 DPA 的色谱图

图 4 3号鸵鸟油中 EPA、DHA 和 DPA 的色谱图

2.3.3 3号鸵鸟油分析结果

按 1.3.3 称取一定量的 3 号鸵鸟油制备 FFA,配成 50 mL 乙腈溶液,衍生化后用 HPLC 测定其中 EPA、DHA 和 DPA 的含量,结果如图 4 所示,3 号鸵鸟油衍生物中 EPA 和 DPA 的含量分别为 0.004 9%和 0.059%,其中不含有 DHA。

3 结 论

利用 HPLC 测定了 3 种鸵鸟油中长链不饱和脂肪酸 EPA、DPA 和 DHA 的含量.采用 α -溴苯乙酮作为衍生剂,对标准品和样品进行柱前衍生化,在脂肪酸分子中引入具有紫外吸收的基团.检测结果表明,在 3 种鸵鸟油中都检测出 EPA 和 DPA,但均未检测出 DHA,其中 1 号鸵鸟油中 EPA 含量为 0.007 2%,DPA 含量为 0.022%;2 号鸵鸟油中 EPA 含量为 0.003 3%,DPA 含量为 0.030%;3 号鸵鸟油中 EPA 含量为 0.004 9%,DPA 含量为 0.059%。

参 考 文 献

- [1] 徐天宇. 利用生物技术生产二十碳五烯酸和十二碳六烯酸[J]. 食品与发酵工业,1995,(1):56-64.
- [2] Hinton A Jr, Ingram KD. Use of oleic acid to reduce the population of bacterial flora of poultry skin[J]. J. Food Prot, 2000, 63 (9): 1 282-1 286.
- [3] 杨秀芳,伍发云,马养民,等. 鸵鸟油理化性质及脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂,2010,35(1):77-79.

DETERMINATION OF EPA AND DPA IN OSTRICH OIL BY HPLC

YANG Xiu-fang, YAN Qian-ru, WU Fa-yun

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

Abstract: High Performance Liquid Chromatography (HPLC) was used to identified and determine the polyunsaturated fatty acid (PUFA) of Ostrich oil. The sample was analyzed using pre-column derivation, on Hypersil BDS C₁₈ column and assayed by 252 nm UV detector, the composing and contends of EPA, DPA in Ostrich oil was determined well.

Key words: HPLC; Ostrich oil; quantitative analysis; EPA; DPA

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0012-03

新型阻垢剂在循环冷却水中的应用

李建强¹, 陆诗建²

(1. 东营职业学院工业工程系, 山东 东营 257026; 2. 胜利油田勘察设计研究院, 山东 东营 257026)

摘要:在盐碱水中将新型阻垢剂 SQ-286 用作循环冷却水,进行了动态和静态阻垢实验,结果表明新型阻垢剂 SQ-286 在这种地表水中进行系统循环冷却时阻垢率均在 95% 以上,达到了国标要求,能够用于现场运行.

关键词:阻垢剂; 碱盐水; 循环冷却水

中图法分类号: TQ413. 29; TK228

文献标识码: A

0 引言

循环冷却水系统的结垢问题一直是火电厂运行中需要解决的主要问题. 敞开式火力发电厂循环冷却水系统在运行一段时间后,随着其中钙离子、镁离子、氯离子、硫酸根等的不断浓缩,凝汽器很容易发生结垢、腐蚀现象^[1]. 污垢的存在不仅减少了流体的流通面积,使热交换设备的流体阻力增加,而且使动力消耗增加,严重妨碍换热设备的正常运行^[2],并因垢下腐蚀导致管材穿孔,造成设备腐蚀泄漏,缩短设备的使用寿命,严重影响火力发电的发电效率及经济效益. 由于胜利发电厂地处黄河入海口,地表水的盐度和碱度都较高,常用的阻垢剂在这种碱盐水作系统循环冷却水时的阻垢率较低. 为了保证循环冷却水系统安全稳定地运行,防止结垢问题发生,我们设计了一种新型的循环冷却水阻垢剂 SQ-286,分别通过静态和动态阻垢实验研究了 SQ-286 阻垢剂在高盐碱循环冷却水系统的阻垢性能,结果表明新型阻垢剂 SQ-286 在这种地表水作系统循环冷却水时的阻垢效果较好,达到了国标要求,可用于现场运行.

1 实验部分

实验用水均为东营胜利发电厂现场补充水,水质分析均采用国家标准测定^[3-7],结果如表 1 所示.

表 1 实验用水水质

项目	Ca ²⁺ / mg · L ⁻¹	Mg ²⁺ / mg · L ⁻¹	Cl ⁻ / mg · L ⁻¹	pH	总固溶物 / mg · L ⁻¹	总碱度 / mmol · L ⁻¹	总硬度 / mmol · L ⁻¹
数值	58.08	42.851	233.47	8.18	854	2.96	6.45

1.1 静态实验方法

将一定体积的现场补充水,加入一定量的阻垢剂 SQ-286,使其在实验水中的浓度为 8 ppm,控制水质 pH 为 8.3~8.5,在 50±1 °C 下进行自然蒸发浓缩,待浓缩倍率达到 N=3.3(不调酸)和 N=5.0(调酸)后,采用国家标准分析实验水^[3-7].

1.2 动态模拟实验

为了准确反映在换热状态下热交换介质的状态变化,给系统现场运行提供可靠数据,根据上面的静态

* 收稿日期:2011-04-15

作者简介:李建强(1965—),男,山东省利津县人,副教授,硕士,研究方向:阻垢剂及其应用
基金项目:山东省自然科学基金(Y2006B10)

实验结果,采用以下实验条件进行动态模拟实验的验证.实验添加 8 ppm 的 SQ-286 阻垢剂,浓缩倍率为 $N=3.3$ (不调酸)和 $N=5.0$ (调酸),运行过程中控制 pH 为 $8.3\sim 8.5$.模拟系统的贮水量为 180 L,模拟系统循环量为 1 800 L/h,换热器: $\Phi 10\text{ mm}\times 1\text{ mm}\times 346\text{ mm}$,HSn70-1B.

2 结果与讨论

表 2 静态阻垢实验结果

	$\text{Ca}^{2+}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	总碱度/ $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$	阻垢率/%	备 注
原实验水	58.08	2.96	—	
浓缩倍率为 3.3(不调酸)	186.01	9.74	97.05	无硬垢
浓缩倍率为 5.0(调酸)	284.88	4.57	98.1	无硬垢

2.1 静态阻垢实验

当阻垢剂 SQ-286 用量为 8 ppm,控制水质 pH 为 $8.3\sim 8.5$,在 $50\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下进行自然蒸发浓缩,待浓缩倍率达到 $N=3.3$ (不调酸)和 $N=5.0$ (调酸)后采用静态实验分析阻垢剂的阻垢效果,结果如表 2 所示.由表 2 可以看出,该水质在相应浓缩倍率下投加阻垢剂 SQ-286 为 8 ppm,其阻垢率可以达到 97%以上,形成的少量水垢为可随水流动的软垢,无硬垢出现,达到了国家水处理设计规范,可以满足系统的阻垢要求.

2.2 动态模拟阻垢实验

为了准确反映在换热状态下热交换介质的状态变化,给系统现场运行提供可靠数据,根据上面的静态实验得出的结果,我们采用以下实验条件进行动态模拟实验的验证.添加 8 ppm 的 SQ-286,浓缩倍率为 $N=3.3$ (不调酸)和 $N=5.0$ (调酸),运行过程中控制 pH 为 $8.3\sim 8.5$.表 3 为实验结束后的水质分析结果,表 4 为污垢的热阻数据,图 1 为不同实验时间下水质中钙离子和氯离子的浓度变化.

表 3 实验结束后的水质分析结果

分析项目	原水	$N=3.3$	$N=5.0$
$\text{Ca}^{2+}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	58.08	185.91	284.86
$\text{Mg}^{2+}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	42.85	137.15	209.43
$\text{Cl}^{-}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	233.47	770.45	1 172.02
pH	8.18	8.89	8.46
总固溶物/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	845	257 1	389 2
电导率/ $(\mu\text{s}/\text{cm})$	1 060	2 890	4 850

表 4 污垢热阻数据

	国家标准	$N=3.3$	$N=5.0$
污垢热阻	$<3.44\times 10^{-4}\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	0.91×10^{-4}	0.34×10^{-4}

污垢热阻变化和电导率变化均满足国内、国际系统循环冷却水水质要求.当控制浓缩倍率 $N=5.0$,投加 8 ppm 新型阻垢缓蚀剂 SQ-286,调节系统 pH 为 $8.3\sim 8.5$ 时,水质的阻垢率可达 95%以上,能够达到国标要求.

3 结 论

通过静态和动态实验显示,在控制浓缩倍率 $N=3.3$ 和 $N=5.0$ 两种运行工况条件下,胜利电厂拟用作系统循环冷却水的地表碱盐水在投加新型阻垢剂 SQ-286 达 8 ppm 后阻垢率均大于 95%,达到了国家水处理设计规范,可以满足系统的阻垢要求;系统的污垢热阻均满足小于 $3.44\times 10^{-4}\text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ 的国标要求;各水质参数的变化也满足国家系统循环冷却水水处理设计规范要求,因此新型阻垢剂 SQ-286 在上述实验的工作条件下可以用于现场运行.

由以上实验结果可以看出,分别投加 8 ppm 阻垢剂 SQ-286 于控制浓缩倍率 $N=3.3$ 和 $N=5.0$ 的系统循环冷却水进行动态实验, Cl^{-} 、 Ca^{2+} 变化及

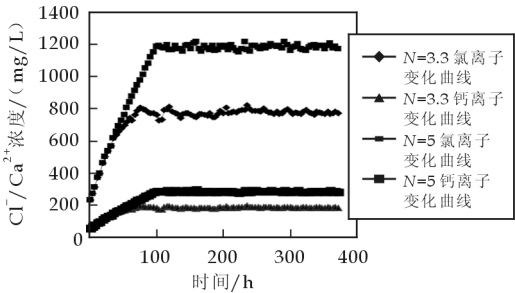


图 1 不同实验时间下 Cl^{-} 和 Ca^{2+} 的浓度变化

参 考 文 献

[1] 周本省. 循环冷却水系统中的结垢问题[J]. 化学清洗,1999, 15,(3):36-42.
[2] Choi D J, You S J, Kim J G. Development of an environmentally safe corrosion, scale, and microorganism inhibitor for open recir-

culating cooling systems[J]. Materials Science and Engineering, 2002, 335(1/2): 228-236.

[3] HG/T 2160-2008 冷却水动态模拟试验方法[S], 2008.

[4] GB 6903-2005 锅炉用水和冷却水分析方法通则[S], 2005.

[5] GB/T 6910-2006 锅炉用水和冷却水分析方法, 钙的测定, 络合滴定法[S], 2006.

[6] GB/T 15453-2008 工业循环冷却水和锅炉用水中氯离子的测定[S], 2008.

[7] GB/T 14419-1993 锅炉用水和冷却水分析方法, 碱度的测定[S], 1993.

UTILIZATION OF NEW INHIBITOR IN THE CIRCULATING COOLING WATER

LI Jian-qiang¹, LU Shi-jian²

(1. Department of Industrial Engineering, Dongying Vocational College, Dongying 257091, China; 2. Shengli Engineering & Consulting Co. Ltd., Dongying 257026, China)

Abstract: The scale inhibitor SQ-286 was applied in alkali salt water for recirculating cooling water. The results of dynamic and static experiment indicated that the effect in scale inhibition of the scale inhibitor SQ-286 in alkali salt water for recirculating cooling water could achieve international demands, and could be used on the run.

Key words: scale corrosion inhibitor; alkali salt water; recirculating cooling water

(上接第 4 页)

NANOSIZE TITANIUM DIOXIDE SEPARATION FROM WATER BY FOAM FRACTIONATION

ZHANG Lu-lu, YANG Hui, CHEN Bin

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

Abstract: Nanosized titanium dioxide was separated by foam fractionation, with the cetyl pyridinium chloride as the surfactant. The effect of the initial concentration of cetylpyridinium chloridemonohydrate, pH of titanium dioxide suspension solution, ion intensity and air flow rate on the separation rate of nanosized titanium dioxide in water was studied. The optimal conditions were determined by the experiment of sewage treatment and they are as follows: the mass concentration of cationic surfactant is 0.35 g/L, pH value of 10.2, flow rate of 83 mL/min, under this condition, the maximum separation efficiency of TiO₂ particles reaches 92.97%.

Key words: titanium dioxide; foam fractionation; surfactant

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0015-05

树状高分子的计算机分子模拟研究进展

龚 圣, 宋光泉

(仲恺农业工程学院化学化工学院, 广东 广州 510225)

摘 要:树状分子具有规整、精致的结构,其体积、形状、功能基以及相对分子质量都可以在分子水平上精确控制.采用计算机分子模拟可以代替以往的化学合成、结构分析、物理检测等,以适应树状大分子设计和合成的迅速发展.作者介绍了目前分子模拟的主要方法,并重点阐述了分子模拟技术在高分子领域的研究应用进展.

关键词:树状高分子; 分子模拟; 研究进展

中图法分类号:O63

文献标识码:A

0 引 言

树状高分子(Dendrimers)是近年来出现的一类新型有机化合物,它由中心核、内层重复单元和外层端基组成.合成上采用保护和反保护相结合的多步重复的合成方法.此类大分子在结构上具有高度的几何对称性、精确的分子结构、大量的官能团以及分子内存在空腔及分子链增长具有可控性等特点^[1].树形大分子具有非常规整的精致的结构,其体积、形状、功能基以及相对分子质量都可以在分子水平上精确控制^[2].

由于其独特的结构性能特征,已引起高分子化学、有机化学、超分子化学等多学科的兴趣和关注,现已成为现代高分子科学中的重要内容.制备树状大分子的合成步骤几乎可以完全控制分子设计的关键参数,如大小、形状、表面/内部化学组成、弹性以及拓扑^[3].然而,问题是树状大分子具有大量可能的结构,并且在溶液中分子间又存在着相互转化,且传统的树形大分子几何结构的表征已经落后甚至阻碍其设计和合成的迅速发展.为了开发新材料以及设计具有新型特性的化合物,在制备、加工以及实验表征之前进行预测就显得尤为重要了^[3].

在树状高分子领域,计算机分子模拟可以代替以往的化学合成、结构分析、物理检测等实验;利用计算机以原子水平的分子模型来模拟分子的结构与行为,进而模拟分子体系的各种物理化学性质,从而计算出合理的分子结构与分子行为,引导新材料的设计,研究 dendrimers 的分子构形、相行为、应用性能以及加速其在以后的生产、深加工产品研究开发步伐等^[3].分子模拟的引入,让研究人员能够在进行随机的合成和表征实验之前就调整和提炼体系以获得最优属性,具有极大的经济和社会效益.目前,研究人员在树状高分子的分子模拟方面已经取得了巨大的进展,本文将介绍分子模拟方法并详细综述其在树状大分子领域应用研究的进展.

1 模拟方法

1.1 量子力学方法

量子力学方法是借助计算机分子结构中各微观参数,如电荷密度、键序、轨道、能级等与性质的关系,设计出具有特定动能的新分子^[4].该方法所描述的是简单的非真实体系,计算的是绝对温度零度下真空中

* 收稿日期:2011-05-11

作者简介:龚 圣(1978—),男,江西省临川县人,讲师,博士,研究方向:节能与环保材料的研究与开发

的单个小分子,其中从头算量子力学计算广泛用于计算平衡几何形状、扭转势以及小分子的电子激发能.随着计算机硬件和算法的发展,已将此技术用于大分子,包括聚合物的低聚物、树状大分子、生物大分子在内的模型,并取得了较好的结果^[6].在传统工艺不能直接运用或难以得到复杂体系的立体几何结构与构象能的关系的情况下,从头算方法可提供有关立体结构和构象的可靠信息,并得到较好的结果.量子力学的经验计算法如 CNDO(全略分重叠法)、MNDO(修略分重叠法)、AMI(Austin 模型 I)、PRDDO 等用于计算构象能与结构的 X 射线衍射分析,以此分析平衡态性质.在此方向上,已有高分子物理化学家用量子化学法探索有关构象能与物质的独特的动态和力学性质间的关系^[5].

1.2 Monte Carlo 法^[6-8]

蒙特卡洛法因利用“随机数”对模型系统进行模拟以产生数值形式的概率分布而得名,作为一种独立的方法,上世纪 40 年代中期才开始发展.此法与一般计算方法的主要区别在于它能比较简单地解决多维或因素复杂的问题,它利用了统计学中的许多方法,又称统计实验方法.该方法不像常规数理统计方法那样通过真实的实验来解决问题,而是抓住问题的某些特征,利用数学方法建立概率模型,然后按照这个模型所描述的过程通过计算机进行数值模拟实验,以所得到的结果作为问题的近似解.因此,蒙特卡洛法是数理统计与计算机相结合的产物.如果所要求解的问题是某种事件出现的概率,或者是一个随机变量的期望值,就可用蒙特卡洛法得到这种事件出现的频率,或者以这个随机变量的平均值作为问题的解,这就是 Monte Carlo 法的基本原理.如何用数学方法在计算机上实现数值模拟实验,便构成了 Monte Carlo 法最独特的内容.

由于树状大分子等高分子是由大量的重复单元构成,聚合反应存在着随机性.其相对分子质量的大小分布、共聚物中的序列分布、高分子的构象、降解等都存在着随机性问题,无疑成为 Monte Carlo 法研究的最佳对象,几乎从其建立之日起,就在高分子领域得到了应用.蒙特卡洛方法没有迭代问题,也没有数值不稳定的情况,因此收敛性可得到保证.当粒子数 $N \rightarrow \infty$ 时,收敛到解,但是是否收敛到解要由所取模型的正确性决定.蒙特卡洛方法的收敛速度与维数无关,而且误差容易确定,计算量没有分子动力学那样大,所需时间少,适于研究材料中的随机过程及现象,主要应用于模拟高分子的膜生长、扩散、缺陷行为、相变、碰撞等过程.

1.3 分子力学法

分子力学法又称 Force Field 方法,是在分子水平上解决问题的非量子力学技术,其原理是分子内部应力在一定程度上可反映被计算分子结构的相对位能大小.该法可用来确定分子结构的相对稳定性,广泛地用于计算各类化合物的分子结构、构象、能量、热力学参数和谱学参数等^[9].

其中很重要的是计算两原子间的相互作用,它只取决于原子间的距离和该原子周围的原子排布.即使是单一元素,要决定其相互作用也不容易;不同种原子间的相互作用则更加复杂.分子力学法从几个主要的典型结构参数和作用力来讨论分子的结构变形,即通过表征键长和二面角变化以及非键相互作用的位能函数来描述分子结构改变所引起的分子内部应力或能量的变化^[10].计算机模拟的系统是实际系统的一部分,要使模型能够反映研究材料的特征,模型中还需设置符合实际系统的原子间的作用势 $\psi(r)$ 和晶体边界条件^[11].常用的边界条件有自由边界、刚性边界、柔性边界和周期边界. $\psi(r)$ 采用从量子力学原理推算出的作用势或采用实验数据和光谱数据的经验性作用势.

1.4 分子动力学模拟(Molecule Dynamics)

分子动力学模拟主要是通过优化原子上的力移动、原子的位置、改变原子间的相互作用能使能量最低而得以优化.分子动力学模拟的目标是研究体系中与时间和温度有关的性质,通过求解运动方程(如牛顿方程、哈密尔顿方程和拉格朗日方程)分析系统中该粒子的受力情况,用经典或量子力学方法求解系统中各粒子在某时刻的位置和速度,从而确定粒子的运动状态^[12].在固体中原子的振动频率为 $10^3/\text{s}$,时间步长取 10^{-15} s ,不同的情况有不同的值,一个实际体系的模拟需要几万个步长.分子动力学模拟已应用于模拟原子的扩散、相变等过程,可得到原子的树状大分子结构因子、状态方程、弹性模量、孔洞结构等物理量^[13,14].

2 分子模拟在树状高分子中的应用

分子模拟技术目前在分子筛催化剂、高分子材料、固体化学以及无机材料研究开发领域的应用非常广泛,许多公司如 Mobil、Shell、BASF、DOW、EXXON 等积极应用分子模拟技术来推动高分子材料、分子筛催化剂的研究开发工作。

上述4种分子模拟方法各有特色:量子力学方法能得到有关立体构形和构象能的可靠信息;分子力场法研究的是体系的静态性质,比分子动力学法能得到更精确的值;Monte Carlo 法的误差容易确定,计算量没有分子动力学法那么大,费时少;分子动力学法能研究体系中时间和温度有关的性质,即动态性质。4种模拟方法构成了与计算机模拟不可分的组成部分,并应用到了树状大分子的诸多方面,比如研究树状大分子的结构、力学、动力学性质、表面性质、分子的相行为、应用性能等等。

2.1 树状高分子结构和热力学性质研究

树状大分子的合成已经取得了巨大的进展,而对于树状大分子物理性质的研究仍然不多。但是,与线性高分子相比,树状大分子的结构以及分子表面有大量的终端基团,从而具有许多新的性质以及新的应用前景。对于树状高分子结构的模拟,能够揭示一个稳定的复合物结构以及让研究人员在分子水平上对分子结构细节有更加深入的认识。Lue^[15]对树状高分子的不热溶液从0代到5代、从稀到浓溶液进行了 Monte Carlo 模拟,研究了三官能核、每分支有两个分支的树状高分子在溶液中的结构以及热力学性质。在他的模拟研究中发现,在低浓度以及相同的相对分子质量情况下,和线性高分子相比,树状高分子体系有更低的压力,这是由于树状高分子具有更加紧凑的结构,Anastassia^[7]等人也在研究中也得到了类似的结果。而在浓溶液中,含有低代树状高分子的溶液的性质与线性高分子表现相似,但是那些含有高代树状高分子的溶液的压力随着浓度的增长而迅速增大。

Ming Han^[16]等对水溶液中的 PAMAM 进行分子模拟,研究了单分子密度分布以及 PAMAM 的端基分布。他们的模拟结果显示,假定氨基没有被质子化,端基分布的高度挠性以及分子扭转半径的尺度属性说明 PAMAM 树状高分子具有紧凑的球形结构。Francisco^[12]等人也得到了类似的研究结果。他们对线性高分子改性 PAMAM 树状大分子在近 Θ 条件下采用弹珠模型,用 MC 方法进行建模,研究了其作为药物载体的结构性能。研究发现聚合物附加物能够扩大共轭物半径,从而使高分子更加有序,并且他们认为这是由于空间位阻效应使树状大分子产生了更多的自由空间^[17],而增加其理论的药物负载量,为其在药物微胶囊领域的应用提供了理论支持。

2.2 树状高分子的尺寸大小、形状等静态性质研究

不断发展成长的化学拓扑技术使得研究人员能够以性能为导向进行分子合成设计,获得性能优异而又分散度低、缺陷数量少的目标产物^[18],而要了解这些高分支的材料的应用性能就需要研究其结构与性能之间的关系。K. Karatasos^[13]等对一系列的 AB_2 树状高分子在已知溶剂溶液中进行分子动力学模拟研究。在他们的研究中, R_g/L 保持在 0.15~0.2 之间(其中 R_g 为旋转半径, L 为模拟盒的尺寸大小)。该模拟研究的结果表明,模拟中得到树状大分子的静态性质(如尺寸大小、形状以及密度)与最近的理论以及实验所取得的结果基本一致。Chandan Jana^[19]等人对聚丙基醚亚胺高分子在水溶液中从 G1~G6 进行了分子动力学研究,他们采用 MD 获得 G2~G4 的研究结果与小角 X-射线衍射实验得到的结果基本一致,同时他们还发现旋转半径与分子的代数呈线性关系。

此外,溶剂的优劣条件也对树状高分子的大小以及形状有很大的影响。在很多的实际应用中,要求高分子应能够根据环境因素的改变而改变其构形。对于高代的树状高分子,有一个特有的单体密度恒量,而且随着溶剂性能的提高,不同的树状高分子空间重叠部分下降。Giupponi^[20]等人采用点阵 MC 模拟以及 Flory 理论研究了不同性能溶剂中 1~6 代树状高分子的形状。研究发现,改变溶剂的优劣能够有效控制树形大分子的大小以及形状。

2.3 树状高分子的相行为研究

在阐述树状高分子的结构以及构象方面,研究人员已经取得了重大的进展。近年来,研究人员采用基

于原子水平以及粗粒化表达的分子模拟研究了树状高分子的端基分布情况,研究表明端基分布于整个分子空间^[21].最近 Bosko 等人研究^[22]用分子动力学模拟验证在剪切作用下熔融树状高分子的结构以及动力学性质.模拟得到的弹性树状高分子结构与理论模型以及用小角度中子衍射(SANS)和小角度 X 射线衍射的结果一致.

然而仅仅基于扭转半径数据的研究已经表明不是绝对的.研究人员^[15]对不热溶液中树状高分子的热力学性质以及它们的 PVT 行为进行了大量计算和 MC 模拟研究,发现随着树状高分子浓度的增加,其平衡蒸汽压比相同相对分子质量的线性高分子的高出许多. Ayra^[23]等人采用巨正则 MC 模拟研究了树状高分子的相行为以及临界常数性质,研究显示,随着高分子分支的增加,聚合物的临界温度下降,同时临界体积增大.他们认为,这种趋势主要归因于分子分支的紧凑程度,也与晶格团簇理论相一致. Anastassia^[7]等采用巨正则 MC 模拟了 2~5 代点阵型树状高分子的相行为.在他们的模拟中,观测到临界体积指数与分子的代数以及相对分子质量系统性的下降,从而进一步说明树状高分子的相行为性质与线性高分子的相行为性质存在很大的差异.

2.4 树状大分子的合成研究

树状高分子作为一种新型的材料,在许多领域如生命科学领域拥有巨大的应用潜力,因而按照性能要求设计合成该类高分子至关重要.当然只有在对这些树状高分子的物理性质有了相当的认识,才能实现对其的应用.

而到目前,与实验平行的可获得有价值的实验结果需要耗费大量的人力、财力以及时间等,才能制备出一些高代的无缺陷的 Dendrimers.随着高分子科学的发展,人们已不满足仅仅用实验的手段研制新型高分子材料和提高现有材料的性能,以计算机为主要手段的高分子设计已成为化学工作者不可或缺的有力工具.计算机分子模拟设计合成所需性能的树状高分子,将能大大加速研究的进程并提高效率^[24,25].目前,在合成血红素蛋白树状高分子方面,一个引人瞩目的任务就是实现血红素与肌血球素可逆双氧键的活性.为此,研究人员合成了大量的位阻卟啉铁^[24].实际上,只有在无水条件下一部分合成的位阻卟啉铁才能形成稳定的双氧加合物.另外在水相中,只有铁离子将卟啉包在一个双层膜中是一个成功的例外. Maurizio^[25]等用分子动力学模拟的方法研究了合成的复杂高分子生物功能的潜在作用机理.

2.5 树状高分子的应用性能研究

作为有规则的特殊合成高分子,由于它们的优良结构,研究人员已经发现其巨大的应用价值^[6,26].由于树状高分子是由有大量端基包围的一个致密壳结构和一个疏松的核结构组成,从而使客体分子能够渗透进入到该分子中,通过物理阻碍或化学键的作用而被捕获,这种胶囊化能力显示着树状高分子作为药物载体的巨大潜力^[27].但是在用作生物的药物载体之前,这些 Dendrimers 首先必须能够满足基本的生物要求,如无毒、非免疫原性、生物相容性以及灵敏性等.已知的阳离子大分子会导致细胞膜的不稳定以及细胞溶解^[28],而被广泛应用的 PAMAM 就是端基为阳离子的氨基,为提高 PAMAM 的生物应用性能,研究人员^[6]采用 MC 对其进行了相关的模拟研究.结果表明,聚乙烯醇的引入可使 PAMAM 具有更加有序的结构,而且改性后的树状分子更加疏松,在结构上它将能为用于药物胶囊提供更多的空间.

程时远^[29]等对聚氨酯接枝改性聚酰亚胺进行了分子模拟,研究表明聚氨酯的引入改变了链的结构,切断了链的规整性,而链的结构可直接影响聚集态的结构,就链结构而言,聚氨酯改性的聚酰亚胺将具备相对优良的加工性能.

3 展 望

目前许多研究者对大分子体系进行了大量的分子模拟研究,取得了丰富的成果.但是,在宏观上除了在结构、热力学、机械以及传递等特性的模拟上取得了巨大的进展外,对许多与性能相关的关键属性仍然存在很多的不确定性.基本的问题是这些属性依赖于在原子、纳米以及皮秒水平上来描述电子与原子的相互作用以及化学行为(如生成或打断化学键),科研工作者需要在宏观的尺度,如 cm、ms 甚至更大的尺度

上用模型来进行解释回答. 分子模拟是新兴学科,随着科学技术的迅猛发展,计算机分子模拟必将逐步取代传统的实验手段,而要将其应用到实际的 Dendrimer 研究中,则需要有扎实的数学、物理、理论化学、计算机科学、高分子化学与物理等基础知识,所以需要各领域的研究人员进行交叉合作才能实现. 在以后的研究中需要开发出更加简化的手段来处理大分子以提高计算效率,并拓宽分子模拟在树状高分子领域的实际应用研究.

参 考 文 献

- [1] 谭惠民,罗运军. 树枝形聚合物[M]. 北京:化学工业出版社,2002.
- [2] 俞庆森,朱龙观. 分子设计导论[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [3] Frechet J. M. J. Functional polymers and dendrimers: reactivity, molecular architecture, and interfacial energy[J]. Science,1994, 263:1 710-17 155.
- [4] Zimmerman S C, Zeng F W, Richert D. E. C. ,*et al.* Self-assembling dendrimers[J]. Science,1996,271:1 095-1 098.
- [5] Prabl K, Raiti, Biman Bagchi. Structure and dynamics of DNA-dendrimer complexation;role of counterions,water, and base pair sequence[J]. Nano Letters,2006,11(6):2 478-2 485.
- [6] Tong Zhou, Shing Bor Chen. Monte Carlo simulations of dendrimer polymer conjugates[J]. Macromolecules,2005,38(20):8 554-8 561.
- [7] Anastassia N. Rissanou, Ioannis G. Econonou, Athanassios Z. Panagiotopoulos. Monte Carlo simulation of the phase behavior of model dendrimers[J]. Macromolecule,2006,39(18),6 298-6 305.
- [8] GoItze, I. O. ,Likos, C. N. Conformations of flexible dendrimers: a simulation study[J]. Macromolecules,2003,36(21):8 189-8 197.
- [9] 黄世强,朱申敏,程时远. 聚合物分子模拟中的力场[J]. 高分子材料科学与工程,1999,15(4):18-22.
- [10] Dorigo A. E. , Houk K. N. The origin of proximity effects on reactivity: a modified MM2 model for the rates of acid-catalyzed lactonizations of hydroxy acids[J]. J. Am. Chem. Soc. ,1987,109(12):3 698-3 708.
- [11] 王艺峰,程时远,王世敏,等. 高分子材料模拟中的分子力学法和力场[J]. 高分子材料科学与工程,2003,19(1),10-14.
- [12] Francisco Tarazona-Vasquez, Perla B. Balbuena. Complexation of Cu(II) ions with the lowest generation poly(amido-amine)-OH dendrimers: a molecular simulation study[J]. J. Phys. Chem. B,2005,109(25):12 480-12 490.
- [13] Karatasos K. , Adolf D. B. , Davies G. R. Statics and dynamics of model dendrimers as studied by molecular dynamics simulations[J]. J. Chem. Phys. ,2001,115(11):5 310-5 318.
- [14] Hwankyue Lee, Ronald G. Larson. Molecular dynamics simulations of PAMAM dendrimer-induced pore formation in DPPC bilayers with a coarse-grained model[J]. J. Phys. Chem. B,2006,110(37):18 204-18 211.
- [15] Lue L. Volumetric behavior of athermal dendritic polymers: Monte Carlo simulation[J]. Macromolecules,2000,33(6):2 266-2 272.
- [16] Ming Han, Peiquan Chen, Xiaozhen Yang. Molecular dynamics simulation of PAMAM dendrimer in aqueous solution[J]. Polymer,2005,46(10):3 481-3 488.
- [17] Edward G. , Timoshenko, Yuri A. Kuznetsov,*et al.* Conformations of dendrimers in dilute solution[J]. J. Chem. Phys. ,2002, 117(19):9 050-9 062.
- [18] K. Inoue, Functional dendrimers, hyperbranched and star polymers[J]. Prog. Polym. Sci. ,2000,25(4):453-471.
- [19] Chandan Jana, G. Jayamurugan. Structure of poly(propyl ether imine) dendrimer from fully atomistic molecular dynamics simulation and by small angle X-ray scattering[J]. J. Chem,Phys. ,2006,124(20):204 719-204 728.
- [20] Giupponi G. , Buzza D. M. A. Monte Carlo simulation of dendrimers in variable solvent quality[J]. J. Chem. Phys. ,2004,120 (21):10 290-10 298.
- [21] Karatasos K. Static and dynamic behavior in model dendrimer melts:toward the glass transition[J]. Macromolecules,2005,38 (10):4 472-4 483.
- [22] Bosko J. T. , Todd B. D. , Sadus R. J. Analysis of the shape of dendrimers under shear[J]. J. Chem. Phys. ,2006,124(4):044 910-044 915.
- [23] Arya G. , Panagiotopoulos A. Z. Impact of branching on the phase behavior of polymers[J]. Macromolecules,2005,38(25):10 596-10 603.
- [24] Jiang D. L. , Aida T. Chromium silicalite-2 (CrS-2): an efficient catalyst for the direct oxidation of primary amines to nitro compounds with TBHP[J]. J. Chem. Soc. , Chem. Commun,1995,(15):523-1 531.
- [25] Maurizio Fermeglia, Marco Ferrone, Sabrina Pricl. Computer-aided simulation of a dendrimer with a protoporphyrinic core as potential, novel hemoprotein mimic[J]. Bioorganic & Medicinal Chemistry,2002,10(8),2 471-2 478.

(下转第 23 页)

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0020-04

脂肪酶催化红花油水解的选择性研究

冯瑞军

(新疆轻工职业技术学院, 新疆 乌鲁木齐 830021)

摘要:在无溶剂体系中用脂肪酶 Lipase LVK、Lipase AY 30G 及 Lipase F-AP15 催化红花油水解,测试了水解产物中脂肪酸与酯的碘值及酯中单甘酯的含量,研究了脂肪酶对脂肪酸种类的选择性以及甘油酯键位置的选择性.结果表明,脂肪酶 Lipase LVK、Lipase AY 30G 没有位置选择性和脂肪酸选择性,而 Lipase F-AP15 无脂肪酸选择性,但有一定的位置选择性.

关键词:红花油;脂肪酶;水解;选择性

中图法分类号:Q814.9 **文献标识码:**A

0 引言

酶催化反应的选择性有很好的实用价值,近年来日益受到人们的重视.近年来对酶的选择性的研究主要集中在立体选择性及对映体的拆分上^[1,2],而对水解中酶的位置选择性和脂肪酸类型选择性的研究鲜有报道.本文所用脂肪酶 Lipase LVK 来源于黑曲霉,文献对其专一性的报道并不一致.另外,脂肪酶 Lipase F-AP15 是一种 sn-1,3 位选择性脂肪酶,其选择性水平有待研究.本文对脂肪酶 Lipase LVK、Lipase AY 30G 以及 Lipase F-AP15 的位置选择性、脂肪酸选择性进行了研究测试.

1 材料和方法

1.1 主要原料及试剂

脂肪酶 Lipase LVK(粗酶粉,深圳市绿微康生物工程有限公司),来源于黑曲霉,活力为 25 000 U/g. Lipase AY 30G (Amano Enzyme INC NAGOYA, Japan,天野公司惠赠),来源于假丝酵母,活力为 30 000 U/g.

Lipase F-AP15 (Amano Enzyme INC NAGOYA, Japan,天野公司惠赠),来源于根霉,其活力为 150 000 U/g.

红花油,产地:伊犁,碘值^[4]:146.2 mg/g,其脂肪酸含量气质色谱分析结果见表 1.

表 1 红花油中脂肪酸含量分析

	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸
脂肪酸含量/%	5.96	1.75	12.4	79.89

0.1 mol/L 氢氧化钾/乙醇标准溶液,0.5 mol/L 氢氧化钾/乙醇标准溶液.

0.1 mol/L 硫代硫酸钠标准溶液,0.1 mol/L 氯化碘冰醋酸标准溶液重铬酸钾(基准物),薄层层析硅胶 G.

1.2 仪器及设备

ZD-8802 型摇床(太仓市科教器材厂);Orion 828 型酸度计(美国奥立龙).高速组织捣碎机;微量注射

* 收稿日期:2011-06-08

作者简介:冯瑞军(1963—),男,河南省洛阳市人,高级讲师,研究方向:蛋白质化学

器.

1.3 分离及检测方法

1.3.1 水解产物中脂肪酸与混合酯的分离方法

向洗去酶粉后的水解产物中加入酚酞指示剂,加入 0.5 mol/L KOH/乙醇至溶液呈深红色, KOH 优先与脂肪酸(FFA)形成水溶性皂^[3],加入适量水、正己烷及适量乙醇,溶液中脂肪酸皂与混合酯分离;上层溶液蒸去正己烷后得到混合酯;下层溶液(脂肪酸皂的水溶液)中加入 6 mol/L HCl,调节至 pH 为 2,用正己烷提取上层脂肪酸,蒸去正己烷后,得到游离脂肪酸.

1.3.2 单甘酯含量的测定

由于所用红花油的不饱和度较高,因此直接用常规方法^[4]测定产物中的单甘酯含量时误差较大,实验中加入足量的氯化碘(ICl)-冰乙酸溶液,使其不饱和键转化为饱和键,以消除不饱和键的干扰,从而适用于不饱和酯的测定.

精称两份去脂肪酸的酯类混合物 0.05~0.06 g,两份质量相同(否则需作韦氏液空白并对体积折算),分别置于具塞三角瓶中,两瓶中都加入氯仿及 0.1 mol/L ICl-冰乙酸溶液各 10 mL,摇匀置暗处反应 50 min 后,其中一份加入 KI 溶液及去离子水,用 0.1 mol/L Na₂S₂O₃ 滴定至终点(与测碘值^[5]相同),滴定量为 V₁;另一份加入 0.07 mL 56%高氯酸溶液及 25 mL 0.3%高碘酸-冰乙酸溶液,35 min 后,同上述滴定至终点,滴定量计为 V₂;同时作空白,滴定量计为 V₀,按下式计算单甘酯含量:

$$x\% = \frac{354.56 \times 10^{-3} \times (V_0 - V) \times c}{2m} \times 100\%$$

式中,V=V₂-V₁,m 为称取样品质量,c 为 Na₂S₂O₃ 摩尔浓度,354.56 为单亚油酸甘油酯的相对分子质量.

1.3.3 脂肪酸位置选择性的测定

自制 20 cm×20 cm 硅胶 G 薄板,硅胶厚度 0.2~0.5 mm.将水解产物中分去游离脂肪酸,混合酯溶于乙醚,在薄板上展开,展开剂为 V(正己烷):V(乙酸乙酯)=15:1,饱和碘蒸气显色.测量单酯、二酯、三酯显色斑点面积,比较 3 种酯的相对含量作为参考.

通过测定产物中 3 种酯的含量,可初步判断脂肪酶是否有位置选择性.

1.3.4 脂肪酸种类选择性的测定

在一定水解率下,分离水解产物中的游离脂肪酸和混合酯,分别测定脂肪酸和混合酯的碘值,可判定脂肪酶对脂肪酸类型有无选择性.

2 结果与讨论

2.1 脂肪酸位置选择性

以 3 种酶水解红花油,水解条件为 35 ℃,200 r/min,m(油):m(水)=1,以 3 种水解率的产物为样品,薄层分析单酯(MG)、二甘酯(DG)、三甘酯(TG)的含量,分析结果见表 2.单甘酯含量测定结果见表 3.

表 2 脂肪酸位置选择性分析结果

样品	脂肪酶	水解条件	水解率/%	MG/%	DG/%	TG/%
A	Lipase LVK	m(酶):m(油)=1%,1 h	11.2	9.5	10.1	80.4
B	Lipase LVK	m(酶):m(油)=1%,8 h	34.5	14.7	13.7	71.6
C	Lipase LVK	m(酶):m(油)=5%,16 h	65.8	22.1	17.6	60.3
D	Lipase AY 30G	m(酶):m(油)=0.05%,2 h	12.3	14.8	6.5	78.7
E	Lipase AY 30G	m(酶):m(油)=0.2%,1.5 h	32.5	27.1	12.5	60.4
F	Lipase AY 30G	m(酶):m(油)=1%,1 h	66.5	34.4	17.1	48.5
G	Lipase F-AP15	m(酶):m(油)=0.5%,1 h	10.4	9.2	8.8	82.0
H	Lipase F-AP15	m(酶):m(油)=1%,3 h	34.1	29.5	34.8	35.7
I	Lipase F-AP15	m(酶):m(油)=2%,8 h	65.7	58.5	21.2	21.3

表 3 单甘酯含量测定结果

样品	A	B	C	D	E	F	G	H	I
MG/%	8.2	13.2	21.7	12.9	24.2	31.8	8.1	27.8	55.4

出,脂肪酶 Lipase LVK 和 Lipase AY 30G 在水解初期(水解率 10%左右),水解产物中即开始出现单甘酯;在水解率达 33%左右时,二甘酯含量比例并不高,在水解率达 66%左右时,单甘酯含量亦未占优势,且体系中仍有未水解的三甘酯存在,这表明脂肪酶 Lipase LVK 和 Lipase AY 30G 没有酯键位置选择性.而脂肪酶 Lipase F-AP15 在实验条件下显示了一定程度的位置选择性:水解率为 10%左右时,体系中单甘酯含量很少,水解率为 33%左右时,体系中二甘酯含量较高,水解率为 66%左右时,体系中单甘酯含量占较大优势.

表 4 脂肪酸种类选择性分析

样品	脂肪酶	水解条件	水解率/%
A	Lipase LVK	$m(\text{酶}):m(\text{油})=1\%$, 40 min	8.2
B	Lipase LVK	$m(\text{酶}):m(\text{油})=1\%$, 3 h	21.2
C	Lipase LVK	$m(\text{酶}):m(\text{油})=10\%$, 8 h	80.5
D	Lipase AY 30G	$m(\text{酶}):m(\text{油})=0.05\%$, 1 h	8.5
E	Lipase AY 30G	$m(\text{酶}):m(\text{油})=0.2\%$, 1 h	21.7
F	Lipase AY 30G	$m(\text{酶}):m(\text{油})=1\%$, 1.5 h	81.2
G	Lipase F-AP15	$m(\text{酶}):m(\text{油})=0.5\%$, 40 min	8.6
H	Lipase F-AP15	$m(\text{酶}):m(\text{油})=1\%$, 2 h	21.25
I	Lipase F-AP15	$m(\text{酶}):m(\text{油})=2\%$, 16 h	80.4

水解产物中的游离脂肪酸与混合酯分离后,分别测定酸值(AV)和碘值(IV). 水解条件及水解率见表 4, 游离脂肪酸及混合酯的酸值及碘值测定结果见表 5.

表 5 脂肪酸种类选择性测定结果

		A	B	C	D	E	F	G	H	I
游离脂肪酸	酸值	196.5	195.2	195.3	197.4	195	195.6	197.2	195.6	194.8
	碘值	142.5	143.1	143.5	143.2	144.4	144.2	143.8	144.7	145.1
混合酯	酸值	1.1	1.6	1.9	0.8	1.2	1.4	0.7	1.0	1.4
	碘值	143.	143.8	144.1	144.5	144.8	143.8	144.2	143.9	143.2

从测试结果可以看出,分离出的酸和酯的纯度较高(97%以上),说明游离脂肪酸与混合酯的分离程度较高;在几种典型水解率下,酸与酯类的碘值差别很小,且都接近红花油的碘值,说明这几种酶在水解油脂时对饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸的水解能力相同,不具有脂肪酸选择性.

3 结 论

本文对脂肪酶脂肪酶 Lipase LVK、Lipase AY 30G、Lipase F-AP15 的位置选择性和脂肪酸选择性进行了研究,结果表明:脂肪酶 Lipase LVK 、 Lipase AY 30G 没有位置选择性和脂肪酸选择性,而 Lipase F-AP15 无脂肪酸选择性,但有一定的位置选择性.

参 考 文 献

[1] 辛嘉英,赵永杰,石彦国,等. 水饱和离子液体中脂肪酶催化萘普生甲酯对映选择性水解[J]. 催化学报,2005,26(2):118-122.
[2] 杜 伟,李 琼. 有机相脂肪酶催化酮基布洛芬的立体选择性酯化[J]. 微生物学通报,2000,27(6):429-432.
[3] V. Tatum , C. K. Chow. Lipase catalyzed alcoholysis with superecritical carbon dioxide extraction influence of flow rate[J]. Food Sci Technol,1992,(53):337.

对比表 3 中单甘酯含量与表 2 中采用薄层层析法所得单甘酯含量,结果具有一致性,说明结果可靠. 可以看

2.2 脂肪酸种类选择性

红花油中饱和脂肪酸的质量分数为 7.71%,红花油中除亚油酸外的脂肪酸的质量分数为 20.11%,红花油中亚油酸的质量分数在 79.89%,选择水解率为 8%、20%、80%的水解样品进行分析测试,容易判断脂肪酶是否对脂肪酸种类具有选择性. 以 3 种酶水解红花油,水解条件为 35℃,200 r/min, $m(\text{油}):m(\text{水})=1$. 以 3 种典型水解率(即 8%、20%、80%)的产物为样品,将

- [4] GB/T 5532-1995. Vegetable Oils-Determination of Iodine Value(植物油碘价测定)[S],1995.
- [5] 黄健花,刘亚轩,宋志华,等. 无溶剂体系脂肪酶催化大豆油水解反应动力学—界面面积与反应初速度[J]. 中国油脂,2009,(12):39-43.
- [6] 王 英,周剑忠,黄开红,等. 固定化脂肪酶催化大豆油合成生物柴油生产的研究[J]. 江苏农业科学,2007,(5):211-214.
- [7] 张 敏,扬金明,宋 洁,等. 脂肪酶在催化合成脂肪族聚酯中的应用[J]. 塑料,2009,(2):62-64.

SELECTIVITY OF LIPASE CATALYZED HYDROLYSIS OF SAFFLOWER OIL

FENG Rui-jun

(Xinjiang Institute of Light Industry Technology, Urumqi 830021, China)

Abstract: Enzymatic hydrolysis of safflower oil catalyzed by Lipase LVK、Lipase AY 30G and Lipase F-AP15 was investigated in a solvent-free system. The selectivity of the lipase was also examined by testing the monoglycerides content in the ester and the iodine values (IV) of the fatty acid and the ester. The experiment showed that Lipase LVK and Lipase AY 30G has no selectivity on either the fatty acid or the site of the ester bond on the acylglycerol, while Lipase F-AP15 has some selectivity on the site of the ester bond on the acylglycerol but it has no selectivity on the fatty acid either.

Key words: safflower oil; lipase; hydrolysis; selectivity

(上接第 19 页)

- [26] Boas U., Heegaard, P. M. H. Dendrimers in drug research[J]. Chem. Soc. Rev., 2004, 33(1), 43-63.
- [27] Kojima C., Kono, K., Maruyama K., *et al.* Synthesis of polyamidoamine dendrimers having poly(ethylene glycol) grafts and their ability to encapsulate anticancer drugs[J]. Bioconjug. Chem., 2000, 11(6): 910-917.
- [28] Rittner K., Benavente A., Bompard S., *et al.* New basic membrane-destabilizing peptides for plasmid-based gene delivery in vitro and in vivo[J]. Mol. Therapy, 2002, 5(2): 104-114.
- [29] 程时远, 陈正国, 朱申敏, 等. 聚氨酯酰亚胺的分子模拟[J]. 湖北大学学报(自然科学版), 1998, 20(1): 1-53.

PROGRESS IN THE COMPUTER MOLECULE SIMULATION OF DENDRIMERS

GONG Sheng, SONG Guang-quan

(College of Chemistry & Chemical Engineering, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

Abstract: Due to the delicate structure of dendrimers, its volume, shape, functional group and molecular weight could be controlled at the molecular level. The synthesis, structure characterization and physical examination could be replaced by the computer molecular simulation to accommodate the rapid development of the design and synthesis of dendrimers. In this article, the molecule simulation methods were introduced briefly, and the application of the computer molecular simulation in the polymer field was reviewed in detailed. It also suggested that the molecule simulation technology should be strengthened to be applied to the development of scientific researches.

Key words: dendrimer; molecule simulation; progress

基于视频分析的虚拟翻书系统的设计与实现

孙连山, 王今雨

(陕西科技大学电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要:设计并实现了一种基于视频分析的虚拟翻书系统. 设计了开放的软件体系结构, 提高系统的可定制性; 采用简单、高效的动作识别和行为识别算法保证了系统的实时性, 同时结合观测区域、动作趋势以及动作间隔等因素定义行为语义, 在保证系统实时性的同时大大降低了误翻率, 提升了用户的翻书体验.

关键词:虚拟翻书; 视频分析; 动作识别

中图法分类号:TP391

文献标识码:A

0 引 言

虚拟翻书系统是虚拟现实技术(Virtual Reality, VR)^[1]及基于计算机视觉的手势识别技术^[2]的一种具体应用. 虚拟翻书系统采用基于 Flash 的电子书封装丰富的文字、视频和音频素材, 配合基于视频分析或红外遮挡检测的智能手势运动识别引擎, 响应用户手势翻动电子书, 为用户带来与翻阅实体书相类似的体验, 被广泛地应用于各种现代展馆当中^[3]. 但现有相关研究侧重于实现复杂的手势识别算法^[4], 而没有从软件工程的角度系统地研究虚拟翻书系统的构造问题. 本文从软件工程的视角考察基于视频分析的虚拟翻书系统的构造问题, 在分析虚拟翻书系统的功能需求和质量属性需求的基础上, 设计了一种开放的参考软件体系结构, 允许用户定制简单、高效的动作识别算法、灵活地设置观测区域、调整手势动作和翻书行为语义之间的映射并且区分不同的动作监测状态, 在保证实时性的前提下避免了读者偶然动作造成的误翻.

1 需求分析

分析现有的虚拟翻书系统, 不难发现, 其初衷是为用户提供通过手势动作操纵电子书的能力, 模仿用户阅读实体书的过程, 提升用户的沉浸感和交互感.

首先, 现有的虚拟翻书系统大都实现了 3 个基本功能: (1) 向读者展示电子书的当前页面, 供读者阅读; (2) 侦测读者挥手动作, 将电子书翻到下一页; (3) 侦测读者挥手动作, 将电子书翻到前一页.

其次, 虚拟翻书系统毕竟是一种信息技术的应用, 它模拟真实场景, 但又具有高于真实场景的一些灵活性. 如虚拟翻书无需模拟真实翻书的全过程, 只要用户做出翻书的有效指令, 系统就会帮助用户自动完成翻书动作, 降低用户的操纵负担. 虚拟翻书系统中具有信息技术特色的功能有: (1) 管理员可选择在展台展示的电子书; (2) 系统捕获读者翻书意图, 自动补完翻书动作, 实现各种翻书效果; (3) 自动循环播放电子书内容; (4) 定位读者手指点, 模拟鼠标点击, 实现类似通用计算机软件应用的复杂和多样的人机交互. 事实上, 功能(4)对读者的操作提出了附加的要求, 降低了阅读的沉浸感. 在实现功能(4)的系统中, 为激活鼠标点击操作, 读者必须在特定区域停留一段时间.

* 收稿日期: 2011-04-20

作者简介: 孙连山(1977—), 男, 黑龙江省集贤县人, 讲师, 博士, 研究方向: 软件工程

基金项目: 高可信软件技术教育部重点实验室开放课题(编号 HCST201004), 陕西科技大学博士研究启动基金(编号 BJ09-13)

第三,虚拟翻书系统必须实现如下几个质量属性需求^[5]:(1)实时性,即必须实时识别并响应读者的动作,完成翻书操作,提升阅读的沉浸感和交互感;(2)准确性,必须准确地判定读者手势的语义,防止无响应或过度响应造成的抖动等现象;(3)拟真性,尽可能只要求读者遵守真实的翻书习惯,不设置额外的限制和要求;(4)可定制性,虚拟翻书系统可能需要适应不同的展台设备以及视频捕捉设备,由各种不同类型的读者使用,如儿童、残疾人等。

2 体系结构设计

软件体系结构是软件系统的高层蓝图,是凝结软件开发早期关键决策的制品。软件体系结构往往用于在软件开发早期分析和评价系统的质量属性,如性能、安全、可靠性等^[6]。本节首先给出虚拟翻书系统的总体架构,然后重点探讨其中的行为识别子系统的体系结构。

2.1 总体架构

人的运动可分为 3 个层次^[8]:动作、行为和行动。动作是运动的基元,是最基本的运动,是形成其他复杂、高级运动的基础,如读者的手或身体的移动。而行为则是一系列动作的集合,能够清晰地表示人的主观性和目的性,如读者的手在某个方向上持续移动,形成挥手的行为。我们将虚拟翻

书系统划分为如图 1 所示的 6 个子系统。图 1 采用 UML2.0^[7]的符号体系建模。

电子书展示子系统负责为读者展现丰富的视音频及文字材料,需要能够屏蔽不同类型展示设备的异构性以及不同电子书操纵模式的差异,为行为实施子系统根据读者的行为操纵电子书提供规范的编程接口,如向前后翻页等。

视频捕获子系统负责管理视频监控设备,接收、整理、存储来自指定监控通道的视频数据。特别地,在通用的虚拟翻书系统中,视频捕获子系统需要能够屏蔽不同类型视频监控设备的异构性。

动作识别子系统负责分析捕获的视频帧序列,分析读者的动作轨迹,为根据读者动作所在区域、持续时间、运动方向和规律分析读者的行为语义奠定基础。动作识别子系统需要为视频捕获系统提供统一的编程接口,响应视频帧捕获事件。由于视频帧往往以固定的时间间隔到达,因此动作识别子系统必须满足一定的实时性需要,在下一个视频帧到达之前完成对当前视频帧的分析和处理。事实上,基于计算机视觉的人体运动识别问题是计算机视觉领域中的一个热点领域,且已经得到了广泛的关注,并产生了大量的成果^[2]。在虚拟翻书系统中,识别读者的挥手动作,甚至确定读者的指尖位置、手势等问题均存在较为成熟的算法^[4]。本文的目标不是研究更复杂的动作识别算法,而是对现有算法进行集成和应用,提升虚拟翻书的效果。在实现中,我们根据视频监控区域背景的性质,采用两种类型的算法捕获运动目标。在静态背景条件下,采用背景差分方法得到运动目标的位置和轮廓^[9,10]。在动态背景条件下,采用帧间差分方法得到运动目标的位置和轮廓。

行为识别子系统也是虚拟翻书系统的核心模块之一,它接收来自动作识别子系统的一系列动作数据,对其进行整合、分析,抽取能够表达读者意图的行为,作为行为实施子系统执行各种翻书动作的依据。行为识别子系统须根据既定的行为语义规约,分析读者动作所在区域、持续时间、运动方向和规律,确定读者的意图。

行为实施子系统根据抽取出来的行为语义执行具体的翻书动作,如前翻一页、后翻一页、前翻多页、后翻多页等。行为实施引擎需要将行为语义转化为具体的电子书翻阅指令,如将前翻一页的语义转化为一系列的鼠标消息,模拟读者拖动鼠标翻阅电子书的过程。行为实施子系统是实现各种虚拟翻书系统中各种特定于信息技术功能的模块,如为了增强神奇感,还可以定义翻书时拖动鼠标的路径,实现不同的翻书效果,如水平方向拖动、抛物线方向拖动等等。

类似于动作识别子系统必须满足实时性需求,行为识别子系统和行为实施子系统也必须满足实时性

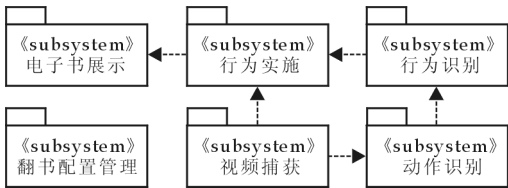


图 1 虚拟翻书系统高层软件体系结构图

需求,及时响应读者的行为启动相应的翻书动作。

翻书配置管理子系统允许管理员监控翻书系统的运行状态、调整虚拟翻书系统的各种配置选项,如调整所展示的电子书的内容、调整观测的视频通道、调整动作识别引擎所使用的算法以及算法的参数、定义行为模式、调整翻书动作的鼠标拖动路径、设置视频监控的范围以及灵敏度等等。其他 5 个子系统间接依赖于翻书配置子系统。

2.2 行为识别子系统

动作识别子系统负责捕获读者的动作,而行为识别子系统则负责接收来自动作识别子系统的一系列动作数据,对其进行整合、分析,抽取出能够表达读者意图的行为。已有的行为识别算法也有很多^[2],本文结合观测区域、读者手运动趋势以及间隔时间等因素区分读者的行为语义。

2.2.1 翻书状态机

首先,我们给出如图 2 所示的虚拟翻书系统的状态机模型,作为定义不同翻书行为语义的基础。

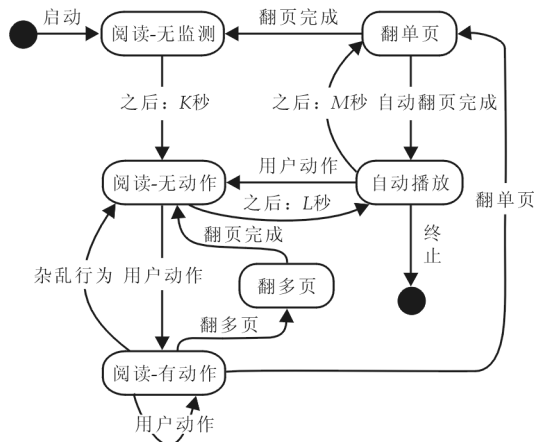


图 2 虚拟翻书系统状态图

除去起始态和终止态之外,虚拟翻书系统具有 6 个状态,分别是“阅读-无监测”状态、“阅读-无动作”状态、“阅读-有动作”状态、“自动播放”状态、“翻多页”状态以及“翻单页”等。

虚拟翻书系统启动后自动进入“阅读-无监测”状态。“阅读-无监测”状态中,读者可阅读电子书中当前页面内容,且为保证读者阅读免于偶然动作的干扰,规定此状态必须持续一定的时间(K 秒),如 $K=60$ s,在此期间的任何用户运动都不会引起电子书的误翻,从而保证了读者阅读过程的相对平稳。

当“阅读-无监测”状态持续 K 秒之后虚拟翻书系统进入“阅读-无动作”状态,虚拟翻书系统开始监控视频流中的用户动作。若监测到用户动作,则将用户动作存入一个动作队列,虚拟翻书系统进入“阅读-有动作”状态;若超过 L 秒仍未监测到动作,则虚拟翻书系统进入“自动播放”状态,开始循环播放电子书的内容。

在“阅读-无动作”状态中,虚拟翻书系统持续监测用户动作,并将其存入一个动作队列,同时对动作队列进行分析和整理,若发现匹配的翻书行为模式则清空动作队列并发出相应的信号,进入“翻单页”或“翻多页”状态。若动作队列与任何给定的行为模式都不匹配则定义为杂乱的行为,这时须清空动作队列并返回“阅读-无动作”状态。

在“翻单页”状态,虚拟翻书系统模拟用户拖动鼠标的动作,完成电子书的单页前翻或后翻动作。“翻单页”包含翻页方向信息,如包括向前翻一页和向后翻一页等两种不同的翻页动作。在“翻单页”状态中,虚拟翻书系统停止监测用户动作。翻页完成后进入“阅读-无监测”状态,允许读者平稳地阅读电子书当前页面的内容。

在“翻多页”状态中,虚拟翻书系统允许读者向前或向后翻动多页电子书,快速浏览电子书,定位感兴趣的内容。“翻多页”号包含一些参数,如翻书的方向和翻动的页数等等。连续翻页过程中虚拟翻书系统不监测用户动作,但连续翻页完成之后,虚拟翻书系统返回到“阅读-无动作”状态,立即开始监测下一次连续翻页动作,而不同于从“翻单页”状态转移到“阅读-无监测”状态时必须停留 K 秒的时间窗不监测用户动作,为用户提供稳定的阅读时间。

若在“阅读-无动作”状态中停留 L 秒之后,虚拟翻书系统仍未监测到任何用户动作,则进入“自动播放”状态,虚拟翻书系统自动播放电子书内容供读者浏览。这时,虚拟翻书系统不监测用户动作,而是在停留 M 秒之后进入“翻单页”状态,执行翻单页的操作,翻页完成后返回“自动播放”状态,准备开始下一次翻页。

从图 2 可以看出,只有处在“自动播放”状态、“阅读-无动作”状态以及“阅读-有动作”状态时虚拟翻书系统才通过视频监测用户动作,施加这种限制能够极大地降低用户随机动作造成的误翻,而区分 3 类阅读状态则为读者阅读电子书内容提供了足够的稳定时间窗口。

2.2.2 翻书行为模式

用户的一系列动作构成了表达用户意图的行为模式.为提高拟真性、实时性和准确性,本系统不要求用户做出定点悬停以及其他更复杂的手势,用户只需通过简单的挥动手动作来操作电子书,完成阅读所需的各种操作.例如,在面向书模的情况下,用户向左挥手则表示电子书后翻一页,向右挥手则表示电子书后翻一页。

为了模拟逐页阅读、快速浏览等实际阅读的需要,本系统采用观测区域与用户行为相结合的方式来表达 4 种翻书行为,即前翻一页,向后翻一页,前翻多页以及后翻多页.具体来讲,本系统将视频监测区域划分为上下(左右)两个区域,分别标示为 A 区和 B 区,并作如下约定:若在 A 区监测到用户左右挥手行为则将其翻译为“翻单页”信号,指示虚拟翻书系统前翻一页或后翻一页;若在 B 区监测到用户左右挥手行为则将其翻译为“翻多页”信号,指示虚拟翻书系统前翻多页或后翻多页.这样,就能较好地地区分读者的 4 种翻书意图了。

为防止用户的偶然动作所造成的误翻现象,须对构成用户故意行为的动作序列做出一定的约束.我们对读者的行为进行如下形式的定义,并说明构成合法行为必须满足的约束。

定义 1 $a = \{ m_i \mid i = 1, \dots, N \}$ 分别表示用户向前翻书或向后翻书的行为,其中 m_i 表示构成行为的用户动作, N 是行为中动作元素的个数,每个动作是由水平方向 r 和水平 d 构成的一个二维向量,即 $m_i = (r_i, d_i)$,则称用户的行为 a 是合法的当且仅同时满足下面 3 个条件:

- (1) $N > M$,其中 M 为给定的正整数,规定了构成行为的最少动作元素个数.适当的 M 取值能够防止用户偶然动作造成的抖动.
- (2) $m_i, i = 1, \dots, N$ 的方向 r_i 均相同,意味着读者沿同一方向挥手翻书.
- (3) $d_i > D, i = 1, \dots, N$,即每个动作的水平位移必须超过给定的阈值 D ,意味着读者翻书动作足够清晰、完整,能够充分表达读者的主观意图。

3 系统实现

图 3 是前台电子书展示系统的快照.图 3(a)是向后翻一页,图 3(b)是向前翻一页的情况.图 4 是后台翻书配置系统的快照.图 4(a)是运行监控场景下的快照,图 4(b)是配置参数时的快照,其中的红色网格表示执行翻书动作起始区域。

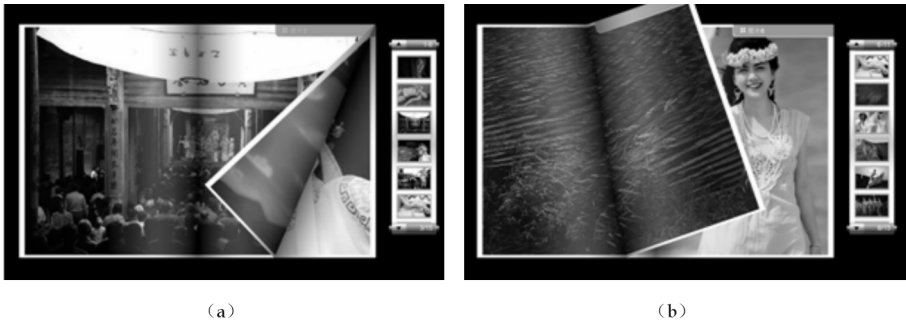


图 3 虚拟翻书系统前台展示快照

当前虚拟翻书系统实现仅分析单个摄像头采集的连续视频帧序列,识别最基本、最常用的 4 种翻书行为,着重于保证系统的实时性、拟真性和准确性,这些功能和质量特征构成了系统的第一个发布版本.后续版本将来陆续实现更丰富的行为语义,为读者提供智能的、个性化的服务.例如,可采用 2 个摄像头配合工作的方式,从多个角度捕捉读者的手势动作,实现丰富的翻书行为语义,如回目录、定义书签等等;可采用摄像头和红外线感应器相互配合的手段,在不增加图像处理算法复杂度的情况下,尽可能地丰富翻书行为语义。



图 4 虚拟翻书系统后台配置快照

4 结束语

本文总结了虚拟翻书系统的功能需求和质量属性需求,并给出虚拟翻书系统的一种参考软件体系结构,指出了系统实现必须注意的一些关键问题,证明了采用通用、简单、高效的动作识别和行为识别算法,配合适当的行为语义规约实现满足实时性、拟真性以及准确性等质量属性需求的虚拟翻书系统的可行性,给出了建设通用的基于视频的虚拟翻书系统的参考方案。

参考文献

- [1] 汪成为,高文,王行仁. 灵境(虚拟现实)技术的理论、实现及应用[M]. 北京:清华大学出版社,1997:1-50.
- [2] 杜友田,陈峰,徐文立,等. 基于视觉的人的运动识别综述[J]. 电子学报,2007,35(1):84-90.
- [3] 飞苹果,杨青青. 电子互动虚拟翻书系统、电子互动虚拟控制系统[P]. 中国专利:200920213707,2010-8-18.
- [4] 郭成玉,袁政鹏,吴家麒. 基于手指点定位算法的新型虚拟电子书[J]. 计算机应用,2010,30(5):1 402-1 405.
- [5] 周航. 基于计算机视觉的手势识别系统研究[D]. 北京:北京交通大学博士学位论文,2007.
- [6] 梅宏,申峻嵘. 软件体系结构研究进展[J]. 软件学报,2006,17(6):1 257-1 275.
- [7] Bjerkander, M., Kobryn, C. Architecting systems with UML 2.0[J]. IEEE Software,2003,20(4):57-61.
- [8] Bobick, A. F. Movement, activity and action: the role of knowledge in the perception of motion[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 1997,352(1 358):1 257-1 275.
- [9] Yilmaz, A. and Javed, O. and Shah, M. Object tracking: a survey[J]. Acm Computing Surveys (CSUR),2006,38(4):1-45.
- [10] 朱明早,罗大庸,曹倩霞. 帧间差分与背景差分相融合的运动目标检测算法[J]. 计算机测量与控制,2005,13(3):215-217.

ENGINEERING A VIDEO ANALYSIS-BASED E-BOOK TURNING SYSTEM

SUN Lian-shan, WANG Jin-yu

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

Abstract: Guided by the principles of software engineering, designs and implements a video analysis-based E-book turning systems. To improve the adaptability, we design an open software architecture. To ensure the real-time constraints, we adopt simple but efficient algorithms in recognizing readers' movements and activities of turning E-book. And by defining the semantics of readers' activities on the basis of observation region, tendency of movements and intervals of movements, the system reduces extremely the rate of mistakes of turning E-book and delivers users better experiences in turning E-book.

Key words: E-book turning system; video analysis; motion recognition

* 文章编号:1000-5811(2011)04-00029-04

基于 DSP 的智能公路沥青路面裂纹自动检测系统研究

于小宁¹, 冯 蓉², 郭 浩³

(1. 西安工业大学科技处, 陕西 西安 710032; 2. 长安大学经济管理系, 陕西 西安 710032; 3. 陕西电力建设总公司, 陕西 西安 710032)

摘 要:为了满足公路沥青路面裂纹检测实时性和设备便携性的要求,设计了一种基于 DSP 的公路沥青路面自动识别系统. 通过对路面裂纹的研究,采用 CCD 高速摄像头对路面图像进行采集,然后经 DSP 对采集的图像进行处理和提取特征,最后采用改进的 SVM 算法进行分类. 经验证,该系统能较好地检测出裂纹,识别率达到 92.1%,具有较高的实时性,且便于操作.

关键词: 裂纹; DSP; SVM 算法; 特征提取; 识别率

中图法分类号: TP391 **文献标识码:** A

0 引 言

随着高等级公路建设的快速发展以及路面质量监控体系的完善,相应要求高的检测水平. 由于沥青路面易受环境影响而产生裂纹,从而影响了高速公路的质量和使用寿命. 在高速公路路面的养护工作中必须定期对路面裂纹进行检测. 目前国内检测公路路面的手段主要是人工检测,不但劳动强度大、检测速度慢,而且影响正常的交通^[1]. 此外,基于 PC 机通用 CPU 检测裂缝的方法难以满足大规模路网检测对时效性的要求. 由于沥青路面图像包含的信息内容复杂,且图像数据量不断增加,使得目前已经产品化的基于激光测距和数字图像处理的多功能路面智能检测车的检测结果难以完全满足实际需求. 本文设计的基于 DSP 技术和数字图像处理技术的沥青路面图像处理系统具有更快速、准确、经济高效的特点,能够很好地检测出路面裂纹.

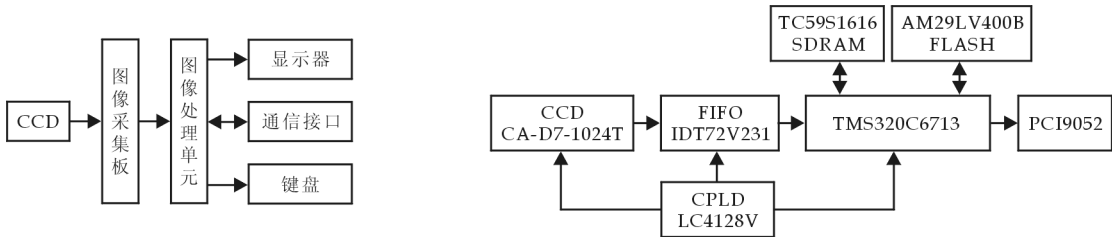


图 1 系统总体框图

图 2 图像检测系统硬件图

1 硬件系统的研究

如图 1 所示,路面裂纹自动检测系统由 CCD 摄像机、图像采集卡、图像处理单元以及人机接口单元组成.

* 收稿日期:2011-04-30
作者简介:于小宁(1981—),男,陕西省富平县人,助理工程师,硕士,研究方向:嵌入式网络单片机系统、图像处理与识别等

为了快速实时地检测路面裂纹,建立了以 DSP 为核心的裂纹图像检测系统,其硬件结构如图 2 所示. 数字 CCD 相机采用 DALSA CA-D7-1024T 帧转移型体系结构,转换速度快,量化精度高. 该 CCD 相机的空间分辨率为 $1\,024 \times 1\,024$ 像元. DSP C6713 主要完成从 FIFO 读出数据并进行图像的预处理、分割、特征提取等处理. 处理后的特征经 PCI 口传送到主机,本系统采用 TT 公司的 PCI9052 实现 DSP 的 HPI 与 PCI 总线的连接. DSP 读出 FIFO 的行数据并存入 SDRAM;采用 $2\,k \times 9$ 位的 IDT72V231 FIFO 作为图像数据缓存;选用 $1\,M \times 32$ bit 的 SDRAM TC59S1616 存储数据;采用 AMD 公司 4 Mbit 的 Flash Memory AM29LV400B 作为程序存储器;采用 Lattice 公司的 CPLD LC4128V 进行时序控制.

2 图像处理算法研究

(1)图像预处理. 由于采集的公路图像存在各种干扰噪声(如路面颗粒、污渍和反光等),首先应对图像进行滤波. 经过多次仿真试验,本文采用二次中值滤波对采集来的数字图像进行滤波,取得了很好的效果. 路面图像处理流程图如图 3 所示.

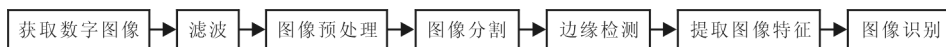


图 3 路面图像处理流程图

(2)图像分割. 图像分割就是要找出一个合适的阈值,将研究的区域划分为目标和背景两部分. 阈值的选择是图像分割的关键. 为了寻求最佳的分割阈值,目前已研究出多种阈值选取算法,如 P 参数法、双峰法、最大类间方差法(OTSU 法)^[2]等. 每种方法都有各自的特点和不同的应用场合,目前很难找到适用于各种场合的分割方法. 本文针对实际情况,采用最大类间方差法对图像进行分割,如图 4、图 5 所示.



图 4 原始公路路面裂痕图像

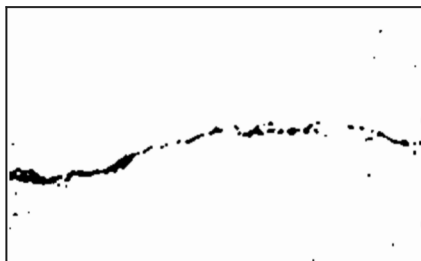


图 5 OTSU 法分割后的公路路面裂纹图像

(3)边缘检测. 路面裂纹边缘检测是非常重要的信息,本文采用 Canny 算法进行裂纹边缘检测. Canny^[3]算法是一种多尺度边缘检测算子,它是基于 Canny 提出的边缘检测 3 个标准:检测标准、定位标准、单响应标准,并采用近似满足最优准则的高斯函数作为滤波器,因此得到了广泛的应用. 该算法的基本原理是先将图像采用高斯函数进行平滑,再由一阶微分的极大值确定边缘点.

(4)特征提取. 为了更加有效地对公路路面图像进行检测,必须提取图像的特征,特征提取和选择的总原则是尽可能减少整个识别系统的处理时间和错误识别概率,当两者无法兼得时需要做出相应的平衡. 或者缩小错误识别的概率,以提高识别精度,但会增加系统运行时间;或者提高整个系统速度以适应实时需要,但会增加错误识别的概率. 一般特征包括:(1)裂纹的面积和裂缝的百分比;(2)裂纹的周长、长度、平均宽度等. 裂纹的长度、宽度、面积提取出来之后,可以计算得到裂纹的其他参数^[4]. 所有参数都必须进行归一化,二值化后的图像灰度值之和为裂纹的面积,其算法如下:

$$S = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n IM(i, j) \quad (1)$$

其中, m 、 n 分别为图像的行值和列值.

周长的算法是首先对图像进行边缘检测并进行二值化,然后扫描整个图像,提取像素为 1 的个数即为裂纹的周长 C .

根据裂纹的面积 S 和周长 C 可以计算出平均长度 L 和宽度 W ,公式如下:

$$L \cdot W = S \tag{2}$$

$$L + W = C \tag{3}$$

求解后可以获得平均长度和宽度。
根据裂痕图像的特点,本文提取裂纹图像面积占整个图像面积的百分比 T 。

3 支持向量机裂纹图像识别算法

如上所述,当获得裂纹的特征后,应该采用合适的识别算法对公路裂纹进行检测. 图像识别的方法主要包括结构识别法和统计决策法两类,另外还有神经网络识别、模糊识别和支持向量机识别法^[5]等. 支持向量机基于 VC 维理论和结构风险最小化原则,具有很好的推广能力,很好地克服了维数灾难和过拟合等传统算法所不可规避的问题. 对于小样本在训练样本数很少以及图像本身光线较差的情况下,支持向量机方法对未知样本的泛化能力优于一般的分类方法. 为了提高在大量数据下 SVM 的训练速度,Platt 提出了一种序贯最小优化(SMO)算法^[6],本文采用 SMO 算法进行分类。

(1)SMO 训练算法. 支持向量机的学习训练算法是求解一个二次规划问题,将其转成 Wolfe 对偶问题比原始二次规划问题易于处理. 但由于问题规模比较大,再加上目标函数的二次型已经不是正定的,且约束个数及约束条件比较多,在样本点不可分时还要加上上限的约束,这种复杂局面使得很多高效的算法对此束手无策. SMO 的分解算法是将二次规划问题分解成尽可能小的一系列二次规划子问题. SMO 算法把问题分解到可能达到的最小规模,每次优化只处理两个样本的优化问题,并且用解析的方法进行处理,从而完全避免了迭代算法. 基本思想是对不满足 KKT 条件的 Lagrange 乘子两两进行优化,直到所有的 Lagrange 乘子都满足 KKT 条件为止。

(2)支持向量机算法核函数及其参数的选择^[7]. 本文采用试凑法来确定其参量,即对于所有的核函数、核函数参数的各种取值都进行计算,选出结果最好的那一种. 选择常用的线性核函数、多项式核函数及径向基核函数等不同的核函数进行试验,经过比较采用径向基核函数作为支持向量机的核函数:

$$K(x, x_i) = \exp\left\{-\frac{|x - x_i|^2}{\sigma^2}\right\} \tag{4}$$

通过试验发现,选取 $\sigma=15$ 时,识别效果最好。

4 试验及结果

试验取 400 幅黄延高速公路路面图像,其中 300 幅图像作为训练样本,其余 100 幅图像作为测试样本,测试算法的准确率. 将没有裂纹的图像归为 +1 类,有裂纹的图像归为 -1 类. 采用 BP 神经网络^[8]和 SVM 进行试验对比,结果如表 1 所示,可见 RBF 支持向量机的识别效果比较好. SMO 算法收敛公差设置为 0.002. 对线性核函数,取 $C=12$;对 RBF 核函数,取 $C=20, \sigma=0.614$.

表 2 试验结果

样本数	BP 网络识别率	线性支持向量机	RBF 支持向量机
400	82.1%	88.6%	92.1%

5 结束语

通过构建基于 DSP 的路面图像采集和处理硬件平台,实现了路面图像实时准确的采集和处理,并采用 SMO 支持向量机算法对公路路面裂纹图像进行了识别. 试验表明,该方法能够快速有效地识别出公路路面裂纹,具有较强的实用性。

参 考 文 献

[1] 刘玉臣. 公路路面裂缝图像自动识别技术研究[D]. 长春:吉林大学硕士学位论文,2005.
[2] OTSU 方法在多阈值图像分割中的应用[J]. 计算机工程与设计,2008,6(11):2 844-2 845.

- [3] 梁志勇,龙丽芳,黄世斌.基于数字图像处理的沥青路面破损检测技术[J].重庆建筑,2009,1(63):40-42.
- [4] 温世文.基于 DSP 的沥青路面图像处理研究[D].西安:长安大学硕士学位论文,2009.
- [5] V. N. Vapnik. The Nature of Statistical Learning Theory[M]. Springer, New York, 1998.
- [6] Platt J C. Sequential Minimal Optimization: A Fast Algorithm for Training Support Vector Machines. Advances in Kernel Methods-Support Vector Learning[M]. CambridgeMA: MIT Press, 1999:185-208.
- [7] 陈若珠,于小宁,李战明.基于 DSP 的啤酒瓶缺陷识别系统的研究[J].微计算机信息,2007,23(4-2):189-191.
- [8] 初秀民,王荣本.基于神经网络的沥青路面破损图像识别研究[J].武汉理工大学学报,2004, 28(3): 373-375.

INTELLIGENT AUTOMATIC ASPHALT PAVEMENT CRACK DETECTION SYSTEM BASED ON DSP

YU Xiao-ning¹, FENG Rong², GUO Hao³

(1. Office of Science and Technology, Xi'an Technological University, Xi'an 710032, China; 2. Department of Economy Management, Chang'an University, Xi'an 710032, China; 3. Shaanxi Power Construction Corporation, Xi'an 710032, China)

Abstract: To meet the asphalt pavement crack detection and portability of real-time requirements of proposed DSP-based automatic identification system of asphalt pavement. Cracks on the road by using high-speed CCD camera image acquisition on the road, the DSP to process the collected images and extract features, an improved SVM algorithm for classification. Verified that the system can better detect the crack, 92.1% recognition rate, higher real-time, easy to operate.

Key words: crack; DSP; SVM algorithm; features extracting; recognition rate

黄剑锋教授主持的教育部新世纪优秀人才支持计划项目通过结题验收

6月29日上午,受教育部委托,陕西省教育厅组织并主持的2006、2007年度教育部新世纪优秀人才支持计划项目集中验收会在西安建筑科技大学召开.我校黄剑锋教授主持完成的“湿化学合成无机功能材料的结构、性能和机理研究”顺利通过结题验收.

验收专家组由国家杰出青年基金获得者西北工业大学李贺军教授、西安建筑科技大学刘加平教授、牛荻涛教授、西安交通大学李长久教授以及“长江学者”西北工业大学介万奇教授组成,陕西省教育厅科研与产业处处长甘世平主持此次结题验收会,我校科技处处长王学川教授代表学校参加了验收会.

黄剑锋教授向专家组围绕研究工作进展、所取得的标志性成果、人才培养和团队建设、开展交流合作情况以及下一步工作思路等五个方面的内容,对该项目的结题做了全面的工作汇报.经过考察和质询,与会专家对该项目所取得的各项成果表示了充分的肯定,并给予了高度评价.

在该项目的资助下,黄剑锋教授主持完成的项目“SmS、Sm₂O₃ 功能薄膜及粉体制备新技术研究”获得陕西省科学技术二等奖,主持的“水热合成无机功能材料及陶瓷涂层的理论与应用基础研究”获得陕西省高校科学技术一等奖,参与完成的项目“高性能碳/碳复合材料低成本制备及应用技术”获得国家技术发明二等奖,参与完成的“高温长寿命抗氧化涂层理论及技术研究”获得了陕西省科学技术一等奖.这些科研成果为开发新型 SmS、Sm₂O₃ 光电功能薄膜、拓展水热研究和应用领域、减低碳/碳复合材料制备成本、提高其抗氧化性能奠定了重要基础.科研期间,项目组还申请相关专利 35 项,其中发明专利 33 项,实用新型专利 2 项,获得授权发明专利 13 项;总计发表论文 98 篇,其中被 SCI 收录论文 45 篇, EI 收录论文 48 篇,总收录率为 94.9%.

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0033-03

基于 GPS-GSM 的汽车短信防盗系统设计

刘柏楠, 张修红, 娄海波, 陈学旭

(吉林大学通信工程学院, 吉林 长春 130025)

摘 要:针对目前汽车防盗设备存在的问题及市场应用前景,作者提出了一种新的汽车防盗系统的设计方案.本系统由 STC89C52 单片机、TC35i 无线通信模块、XN934+一体化 GPS 模块、继电器等元件构成.经测试,本系统可以对汽车进行实时监控,且其定位精度为 5 m,实现了汽车防盗功能.

关键词:车辆防盗;无线通信;测试

中图法分类号:TP274

文献标识码:A

0 引 言

我国每年都有大量的汽车盗窃案件发生,根据北京市交管局统计,2006 年北京市日均发生汽车盗窃案件达 10 多起,严重危害了人民群众的财产安全,且近年来相关案件的发生数量大幅上升,作案手段不断升级,作案活动已向职业化、智能化、集团化发展.针对以上情况,本文设计了一种基于当前已分布广泛的 GSM(Global System for Mobile Communications)网络和高精度的 GPS(Navigation Satellite Timing and Ranging Global Position System)定位技术的汽车防盗系统.通过收发短信操作,便可实现对车辆位置的实时监测,帮助车主管理车辆,并可在车辆被盗后进行有效的追回.本系统具有很高的灵敏度、良好的实时性,且系统结构简单、成本低廉.

1 系统工作原理

如图 1 所示,本系统通过单片机控制继电器切换单片机与 GPS 模块及无线通信模块 TC35i 之间的通讯.在车主不需要对车辆进行监控时,单片机的串口输入和 TC35i 的串口输出相连.当车主离开车辆时手动驱动继电器吸合,将单片机的串口输入和 GPS 的串口输出连接,系统自动采集 GPS 位置数据后开始对车辆进行实时监测.当系统连续两次检测出由 GPS 模块采集到的位置信息有一定差异时,由继电器恢复单片机的串口输入和 TC35i 的串口输出连接,并发送警告短信息“车辆情况危险,当前位于东经 XX、北纬 XX”给车主.

2 系统硬件组成

本系统采用单片机作为微处理器,利用 GPS 模块采集汽车的位置信息,然后通过无线通信模块实现与车主的实时通信.本系统硬件部分的组成具体如下:

(1)STC89C52:该款单片机价格低廉,能很好完成本系统的控制任务,具有较高的性价比.

(2)TC35i 无线通信模块:TC35i 西门子工业 GSM 模块是支持中文短信息的工业级 GSM 模块,工作

* 收稿日期:2011-05-25

作者简介:刘柏楠(1989—),男,吉林省洮南市人,本科,研究方向:自动化控制理论

基金项目:吉林大学 2010 年大学生创新性实验计划项目(编号:2010B52092)

在 EGSM900 和 GSM1800 双频段,其数据接口通过 AT 命令可双向传输指令和数据,可以很好地实现信息的传输。

(3)一体化 GPS 模块:采用 XN934 系列型号为 XN934+ 的 GPS 模块,工作电压为 3.3 V,工作温度为 -40~85 ℃,定位精度为 5 m,其输出接口为 RS232,可以直接与单片机接口连接,且耗能低、体积小、便于集成。

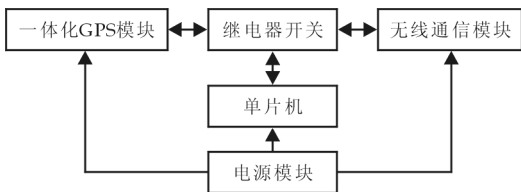


图 1 系统通讯模块框图

(4)继电器:采用松川小型继电器,其触点形式为三开三闭。

(5)电源:系统由 12 V 直流电源供电,单片机系统与 GPS 模块由以 7805 芯片为核心的稳压系统供电。

系统硬件结构框图如图 1 所示

3 系统软件设计

系统流程图如图 2 所示。

程序:

```
#include<reg52.h>
#include<string.h>
#define OVER 0x0d
#define S_OVER 0x1a
void Delay(unsigned char ms) // 延时子程序
void UART1_Init(void) //串口 1 初始化
void UART_Init(void)
void SendASC(char ASC)
void ClrRsBuf(void) //清理缓存
void SendToTc35(char * p,unsigned char Long) //发送命令到 TC35
unsigned char idata * mystrstr(char q[],unsigned char qx) //查询匹配字符
void Rs485_Do(void) interrupt 4 using 1 // 通讯中断接收
程序
void Send_AT(void) // 发送 AT 连机命令
void SetText(void) //设置文本
unsigned char EraseMsg() //删除短信息
unsigned char ReadMsg() //读取短信息
void SendMsgStart(void) //发送短信息
void UART2_Init(void) //串口 2
void Read_Gps(void) //读 GPS
void Check_GPS(unsigned char j,char undercheck[]) //检查 GPS
void main()
{
D11 = 1; //开机完成
while(1)
{
if(! b) { //是否处于固定位置模式
if(bn) { //检测 GPS 间隔
```

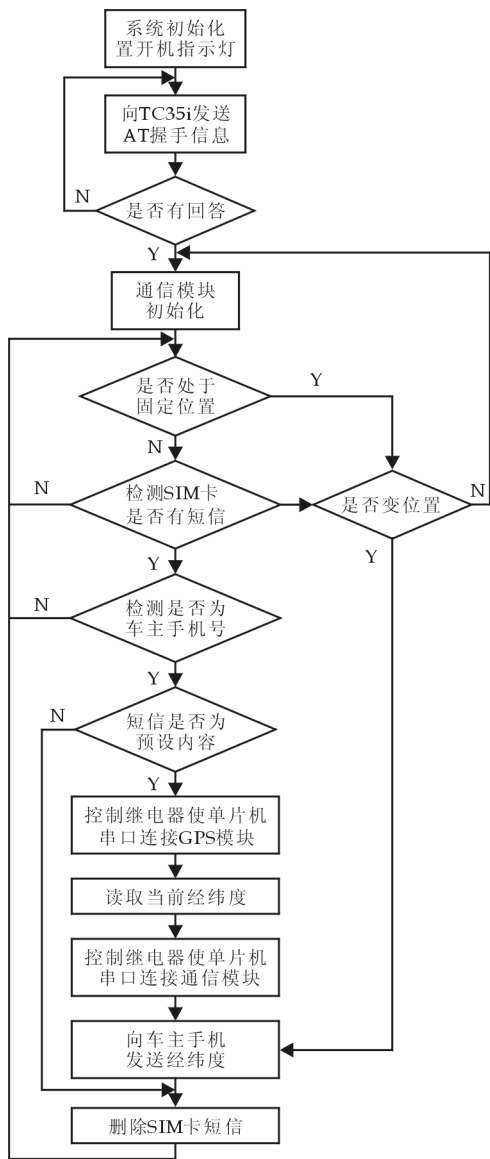


图 2 系统流程及控制框图

```
{
    Check_GPS(5,SNalarm_GPS);          //分别读出开始和当前经纬度
    if(((aa1 - aa2) > 80) || ((ba1 - ba2) > 80))    //检测位置是否变化
    {
        b = 1;          //位置已变,发送完警告信息,关闭固定位置模式
    }
}
}
```

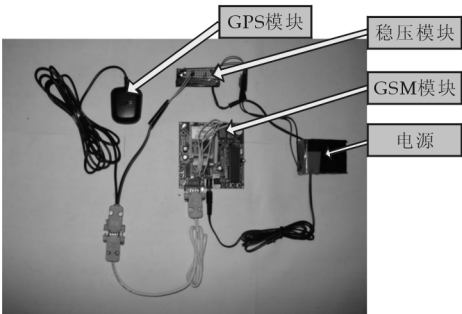


图 3 系统实物图



图 4 系统实际测试结果图

4 系统实物图及测试结果图

系统实物图(图 3)列出了本系统的全部硬件. 本系统结构设计较为紧凑,便于安装,系统安装在汽车上后可以采用汽车的电瓶为其供电,进一步简化了本系统,并降低了其成本.

测试结果图(图 5)是在车主离开汽车后,汽车位置发生移动的情况下系统发送的警报信息,包括当前时间、车辆所处经纬度及车辆安全状态等信息.

5 结束语

本文提出并实现了基于 GPS-GSM 的汽车短信防盗系统,并给出了测试结果. 本系统在实际应用中操作方便,定位精度高,实现了汽车防盗及发生汽车盗窃后对汽车进行定位跟踪的功能. 由于本系统利用了分布广泛的无线通信网络,因而使本系统对车辆的监控范围更加广泛,改善了现有汽车防盗系统监控范围的局限性. 同时,随着通信技术的不断提高与通信设备的普及,使本系统性能较高、成本低廉,有较高的实用性.

参 考 文 献

[1] 张毅刚,彭喜元. MSC-51 单片机应用设计(第 3 版)[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2008.
[2] 袁安存. 全球定位系统原理与应用[M]. 大连:大连海事大学出版社,1991.
[3] 魏崇毓. 无线通信基础与应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2009.
[4] 北京市公安局网. 机动车盗窃与反盗窃的较量[EB/OL]. [http:www. bjgai. gov. cn](http://www.bjgai.gov.cn),2006.

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0036-03

基于 PROFIBUS 总线的胎面联动线控制系统设计

陈永健

(闽南理工学院实践教学中心, 福建 石狮 362700)

摘要:根据联动生产线的工艺流程、技术要求对胎面联动线控制系统进行了系统的设计, 基于 PROFIBUS 总线实现了 PLC 与变频器、调速器的网络通信, 同时在软件设计上采用了模块化的编程思想, 将整个程序分解为若干个子程序和功能块并由主程序开始依次调用, 从而方便了程序的编写、修改和维护。

关键词:PROFIBUS 现场总线; PLC; 模块化子程序

中图法分类号:TP273+.5 **文献标识码:** A

0 引言

PROFIBUS 现场总线技术是自动化发展的新技术, 正向着开放的国际统一的方向发展, 成为共同遵守的国际规范, 它所涉及的技术和应用领域十分广泛. 传统的胎面联动线采用集中式控制, 其控制功能由控制室设备完成, 设备与仪表之间无法实现分散式的管理与信息交换, 这种集中的控制方式必然导致危险性的集中, 给管理与设备故障检修带来很大的不便. 汽车轮胎联动生产线引入现场总线技术, 使得现场仪表之间、现场仪表与控制室设备之间构成了网络互连标准, 这样系统的控制功能分散得比较彻底, 加上全数字化, 形成了自动化领域的开放系统互连网络及全分布式网络集成化的自动系统.

1 工艺流程设计

胎面的双复合挤出机首先经过温控仪表控制加热到设定值, 挤出机运输带将冷热喂料送入, 胶料通过预口型板复合挤出. 挤出的胶面先经过四段收缩辊道达到工艺要求的收缩比, 然后依次通过联动线 I 线、联动线 II 线, 如图 1、图 2 所示.

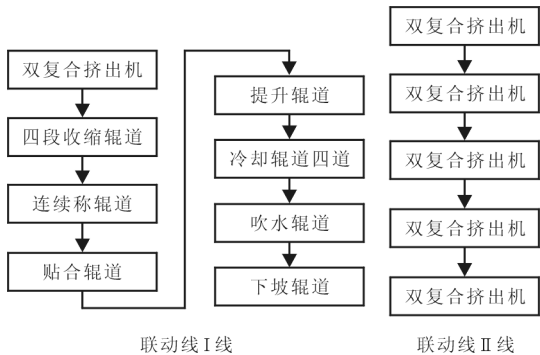


图 1 联动线 I 线 图 2 联动线 II 线

2 联动线系统结构设计

2.1 控制要求及方案

胎面经预口型板挤出成型后, 在设定的收缩率下经过收缩辊道后达到工艺规定的收缩比, 然后按顺序依次经过其后的各段辊道. 要求各段辊道间具有很好的速度匹配, 使挤出的胶料既不能拉伸又不能堆积, 同时要求联动线系统具有较高的速度整定能力, 以保证胎面的产品质量. 为此, 胎面在经过四段收缩辊道进入联动线 I 线各段辊道之前都装有摆杆和探片辊. 其中, 摆杆装置一侧安装的线性位移传感器把摆杆的

* 收稿日期:2011-04-24

作者简介:陈永健(1982—),男,福建省石狮市人,实验师,研究方向:电气与自动化

位移信号转化为标准的电压信号 0~10 V 并送入 PLC 的模拟量输入模块以作为速度整定值,而探片辊旁的接近开关用于检测胎面的到达以决定是否将该速度整定值与各段速度的给定值相叠加.系统中的挤出机、压延机采用西门子直流调速装置 6RA70 进行调速,交流电机采用西门子交流变频器 MM420 和 MM440 进行变频调速.挤出机螺杆转速、联动线各段速度的给定值通过 PROFIBUS 总线由 PLC 传送到各个直流调速器,通过总线各个驱动器和 PLC 进行通信.

2.2 联动线控制系统结构框架

控制系统上位机采用西门子工控机,下位机采用西门子公司的 S7-300 系列 PLC 的 CPU315-2DP,它包括 3 块 SM321 数字量输入模块、2 块 SM322 数字量输出模块、1 块 SM323 数字量输入输出以及 1 块通信处理器 CP340. 315-2DP 的 MPI 连接到西门子工控机,DP 口通过 PROFIBUS 现场总线连接了远程分布式 IPO ET200,它包括了 1 块接口模块 IM153-1、2 块模拟量输入模块 SM331、4 块数字量输入模块 SM321 和 2 块数字量输出模块 SM323. ET200M 使用 PROFIBUS 总线连接了 4 台直流调速器和 18 台交流调速器以及裁断位置控制器和截断人机界面 TP27,如图 3 所示.

采用 PROFIBUS 总线通信联网具有如下优点:它是目前最成功的现场总线之一,是不依赖于生产厂家的、开放的现场总线,各

种各样的自动化设备都可以通过同样的接口交换信息. PROFIBUS-DP 用于传感器和驱动器级的高速数据传送,是一种经过优化的模块,适用于系统与外部设备的通信,用于胎面联动生产线分布式系统中尤为适合.

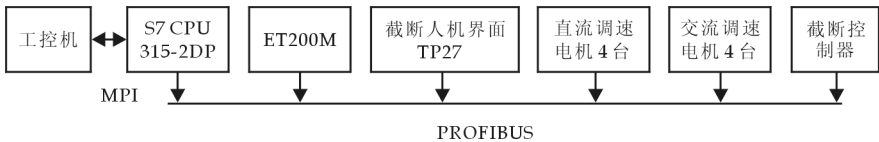


图 3 联动线控制系统结构框架

3 联动线控制系统软件设计

联动线的控制程序采用模块化的编程思想,主要采用功能强大的语句表来进行程序的编写,将不同的控制功能用不同的程序功能块来实现,它使程序可读性、可移植性、易维护性大大加强.本联动线控制程序从循环执行主程序:组织块 OB1 开始依次调用各个子程序和功能块,各子程序的功能块用于完成联动线系统某一部分的逻辑控制如液压系统控制机头的开合模或实现系统某一特定功能如通过总线读写控制字、状态字.程序从 OB1 开始顺序调用主机程序 FC16 和辅助程序 FC17.接着,主机程序 FC16 再调用机头开合模程序 FC15、直流电机控制程序 FC18、机头报警程序 FC25 和七段 BCD 数码表显示值标度变换程序 FC29 等;辅助程序又调用了控制程序 FC14、各段辊道电机速度链整定程序 FC3、各辊道变频电机控制程序 FC14 等.在直流电机控制程序中调用了 STEP7 中的系统功能 SFC14、SFC15 通过 PROFIBUS-DP 网络去读、写直流调速器的状态字(包括挤出机的螺杆转速和挤出电流等)和控制字.在用户程序中除了编写主程序 OB1 外,还编写了 OB35 循环程序、OB80 循环程序、OB81 电源故障、OB100 完全重启等组织块用以实现模块的滤波和系统的重启等.联动线子程序流程图如图 4 所示.

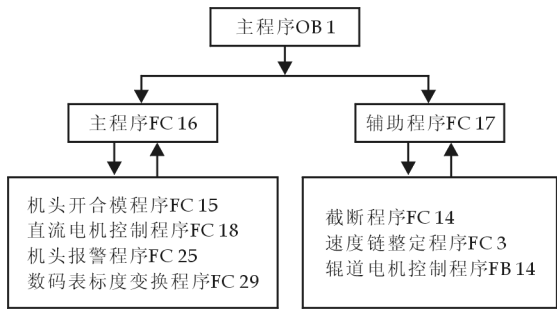


图 4 联动线子程序流程图

胎面在经过四段收缩后进入联动线 I 线各段辊道之前都装有摆杆装置和探片辊.探片辊旁的接近开关用以检测胎面的到达,胎面到达后则带动探片辊转动,接近开关就发出一系列的脉冲信号.摆杆旁的线性位移传感器把摆杆的位移信号转化为 0~10 V 电压信号送入 PLC 的 AI 模块,接口模块将电压值转换为 APD 标准值.其中,0 V 电压信号对应着摆杆的最高位,10 V 电压信号对应摆杆的最低位,而 5 V 电压信号对应着摆杆的正常平衡位置.在程序中,通过调用脉冲检测程序来判断胎面是否已进入本段辊道.若

胎面在经过四段收缩后进入联动线 I 线各段辊道之前都装有摆杆装置和探片辊.探片辊旁的接近开关用以检测胎面的到达,胎面到达后则带动探片辊转动,接近开关就发出一系列的脉冲信号.摆杆旁的线性位移传感器把摆杆的位移信号转化为 0~10 V 电压信号送入 PLC 的 AI 模块,接口模块将电压值转换为 APD 标准值.其中,0 V 电压信号对应着摆杆的最高位,10 V 电压信号对应摆杆的最低位,而 5 V 电压信号对应着摆杆的正常平衡位置.在程序中,通过调用脉冲检测程序来判断胎面是否已进入本段辊道.若

胎面没有进入,则摆杆后面的那段辊道的速度等于前面一段辊道的速度给定;若胎面进入,则将摆杆位置对应的电压信号的 APD 转换值减去 5 V 电压信号对应的 APD 转换值,乘以一定的比例系数之后再加上前面一段辊道的速度给定.因此,如果线性位移传感器检测的电压信号大于 5 V,则摆杆后面的那一段辊道就加速;如果电压信号小于 5 V,则摆杆后面的那一段辊道就减速.

如果电压信号等于 5 V,则摆杆后面的那段辊道既不加速也不减速.这样,通过摆杆位置变化对应的线性位移传感器检测的电压信号的变化即可自动地调节后面一段辊道的速度,达到了各段辊道速度整定的目的,使各段辊道速度相匹配,满足挤出的胎面既不会拉伸也不会堆积.联动线控制系统通过采集线性位移传感器的检测信号达到了对系统的闭环控制.

4 效益分析及应用前景

胎面联动线采用了西门子 S7-300PLC 和 PROFIBUS 现场总线后,连接一系列基于现场总线的嵌入式设备的开放系统.从一定意义上说,嵌入式设备就相当于一台台微机,它们以现场总线为纽带,互连成网络系统,完成数字通信任务.实际运行效果可靠、稳定,大大提高了生产的自动化水平和产品的质量.采用现场总线技术将导致胎面联动线往自动化领域发展的深刻变革,由于它适应了工业控制系统向分散化、网络化、智能化发展的方向,因此给自动化系统的最终用户带来了更大的实惠和更多的方便.

参 考 文 献

- [1] 甘永梅. 现场总线技术及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,2010:35-55.
- [2] 陈在平. 现场总线及工业控制网络技术[M]. 北京:电子工业出版社,2008:60-62.
- [3] 韩 冰,火长跃. 现场总线仪表[M]. 北京:化学工业出版社,2010:70-86.
- [4] 刘 锴,周 海. 深入浅出西门子 S7-300 PLC[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008:220-226.
- [5] 胡 健. 西门子 S7-300PLC 应用教程[M]. 北京:机械工业出版社,2009:225-228.
- [6] 廖常初. S7-300/400 PLC 应用技术[M]. 北京:机械工业出版社,2010:168-172.
- [7] 邱道尹. S7-300/400PLC 入门和应用分析[M]. 北京:中国电力出版社,2011:195-200.

BASED ON THE LINKAGE OF PROFIBUS TREAD LINE CONTROL SYSTEM DESIGN

CHEN Yong-jian

(Center of Practice Teaching, Minnan University of Science and Technology, Shishi 362700, China)

Abstract: Tread linkage line control system according to the joint line process, technical requirement of system design, introduces the PLC and inverter PROFIBUS, governor network communication, at the same time on software modular programming ideas, will the entire program is decomposed into several subroutine and function blocks in turn by the main program began calling for the program, so that the writing, modify and maintenance.

Key words: the PROFIBUS field bus; PLC; module anti-fuzzy program

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0039-04

基于视频的改进背景差分法车辆检测与遮挡分离

李秦君, 党宏社, 王明伟

(陕西科技大学电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021)

摘要:视频检测法已成为智能交通系统领域中车辆检测技术的一个研究热点. 作者构建了一个基于智能交通的视频目标检测与遮挡粘连检测及分割系统, 提出了采用改进的基于自适应背景更新的背景差分法检测运动目标, 通过对视频序列图像的分析, 先分割图像, 获得前景运动车辆目标及剪除前景对象后的背景图像, 然后采用背景自适应更新、动态阈值更新、背景自动提取等方法实现, 研究了车辆间遮挡粘连的检测和对象分离的方法.

关键词:视频; 车辆检测; 背景差分法; 遮挡检测

中图法分类号:TN957.51

文献标识码:A

0 引言

视频监控方法通过分析拍摄的交通图像序列, 对交通目标进行检测、识别和跟踪, 并对其行为进行分析和判断. 与其它检测手段相比, 视频监控方式可以同时获得多种重要路况状态信息, 有利于实现交通管理的智能化, 具有很大的发展潜力.

在智能交通视频监控中, 无论采用什么解决方案, 首先必须能够检测分割出交通场景中的目标. 因此, 车辆检测与分割方法的研究, 在交通视频监控系统中具有重要的意义. 背景差分法是当前应用比较广泛的一种方法, 该方法是在假定获得理想背景图的基础上, 将当前输入各帧图像和理想背景图像相减, 得到的像素值非零(实际应用中会设定一个阈值)部分即为运动物体, 这样无论什么场景都会比较精确地得到运动区域, 但是背景容易受环境、天气和光线变化的影响, 因此需要不断地更新. 车辆分割的难点主要是场景中存在的阴影以及车辆间的遮挡粘连, 针对这种情况, 本文提出采用基于自适应背景更新的背景差分方法检测运动目标, 并研究了车辆间遮挡粘连的分割方法.

1 视频图像分割及车辆分离

探测车辆的第一步是分割图像从而将车辆从背景中分离出来. 分割方法需要精确地从背景中分离出车辆, 并且要求速度快, 能实时操作, 不受光线和天气条件变化的影响, 初始化步骤尽可能减少. 我们选择采用自适应背景差分法来实现分割, 其中我们采用了一种更简单、更可靠的方法来实现背景更新. 此外, 我们的方法自动地从视频序列提取背景, 所以不需要手动初始化. 我们的分割技术分为 3 个任务: (1) 分割; (2) 背景更新; (3) 背景提取^[1].

1.1 分割

对于每一个视频序列(简称当前图像)帧, 我们提取当前图像与当前背景的差异给出差分图像. 差分图像是给一个二进制对象模型设定阈值. 对象模型是一个二进制图像, 其所有对应前景目标的像素值为 1,

* 收稿日期:2011-06-09

作者简介:李秦君(1977—), 男, 陕西省宝鸡市人, 讲师, 硕士, 研究方向:电子信息技术、信息处理技术

基金项目:咸阳市 2010 年科技计划项目(编号:2010K08—07), 陕西科技大学自然科学基金项目(编号:ZX09—33)

所有其它像素设置为 0.

1.2 自适应背景更新

该方法的基本原理是修改从当前图像(被称为当前背景)中减除前景对象所得到的背景图片,以便近似于当前视频帧的背景,我们采用当前背景和当前视频序列帧的加权平均值来更新背景.然而,当前图像也包含前景对象,因此在做更新前,我们需要把像素归类为前景和背景的像素,然后只使用从当前图像得到的背景像素来修改目前的背景.否则,背景图片会被前景中的物体污染.二进制对象的遮罩是用来区分背景像素与前景像素的,对象的遮罩作为选通功能决定哪些图片样本用于更新背景.在遮罩为 0 的位置(对应于背景像素),当前图像被采样.在遮罩为 1 的位置(对应前景像素),当前背景被采样.这样做得到的结果就是我们所说的瞬时背景.将当前背景为瞬时,当前背景的加权平均值如式(1)所示:

$$CB = \alpha IB + (1 - \alpha)CB \quad (1)$$

分配给当前和瞬时背景的权重影响更新的速度.我们希望更新的速度足够快,以便能够迅速捕获光照变化,但同时又希望速度相对缓慢足以使瞬时变化(因为所谓的摄像机自动增益控制是被激活的)不需要持续过长时间.根据已有经验,确定权重为 0.1,我们发现这样做可以得到更新速度和瞬时变化灵敏度的最好折衷^[2].

1.3 动态阈值更新

从当前背景中减除当前图像后,由此而产生差分图像阈值,得到二进制对象的区块.由于背景是动态变化的,因此静态阈值不能用于计算对象的区块.此外,由于对象的遮罩本身是用于更新当前背景的,不良的阈值设定将导致不良的分割,因此我们需要一种在当前背景变化时及时更新阈值的方法,将差分图像用于更新阈值.在我们的图像中,背景是图像的主要组成部分,因此差分图像应该主要由大量低值像素以及少量高值像素构成.我们用这样一个直观现象来确定阈值,在差分图像直方图中低值像素取值高而高值像素取值低.

1.4 背景自动提取

在公路交通视频序列中,可能无法获取背景图像.一种实用的方法可以自动地从视频图像序列中提取出背景来.这里,我们假设背景是静止的,任何具有显著运动的对象都被认为是前景的一部分.我们所提的方法以视频图像为对象,并逐步建立随时间变化的背景图像.

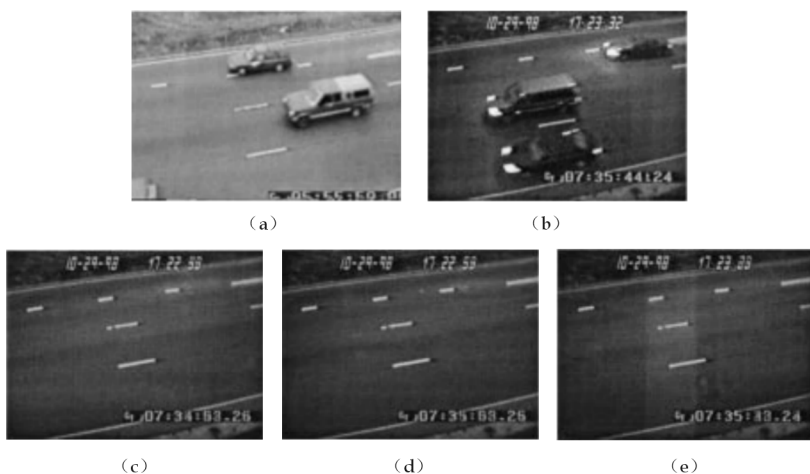


图 1 在照明条件下背景的自适应改变

上述背景和阈值是以周期性的时间间隔定期进行更新的.为了提取背景,我们通过从两个连续更新间隔中减除图像的方法计算二进制运动遮罩,所有在这些更新间隔之间有移动的像素都被认为是前景的一部分.为了计算帧 $i(MM_i)$ 的运动遮罩,使用从一个更新间隔 $i(OM_i)$ 到另一个更新间隔 $i(OM_i)$ 的二进制对象遮罩.运动遮罩由公式(2)计算得到:

$$MM_i = \sim OM_{i-1} \cdot OM_i \quad (2)$$

该运动遮罩现在用作选择函数来计算如上所述的瞬时背景. 在整个一帧序列中的当前背景等同于在当前图像中的背景.

1.5 自适应背景减除结果

如图 1(a)~(e)所示,说明了上述自适应背景减除法的有效性. 图 2(a)是白天的图像,这幅图像作为算法的初始背景. 图 2(b)是在黄昏时的相同图像. 图 2(c)、(d)和(e)显示背景自适应算法如何更新背景,使得它密切匹配图 2(b)的背景^[3].

2 粘连遮挡的检测和对象分离

在这里,我们提出粘连检测与分割技术. 通过分析运动区块的融合区域及其轨迹,我们可以找出粘连阻塞的发生情况.

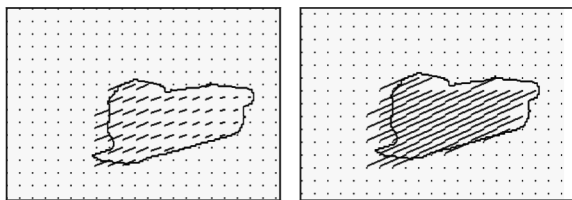
2.1 运动估计

运动车辆被视为刚体运动. 我们使用块匹配的方法,搜索每个像素的运动矢量. 块匹配不能提供精确的运动矢量,尤其是对平滑区域而言. 我们补充添加两个约束条件来提高运动矢量精度:(1)只对纹理区块做块匹配,(2)块匹配搜索过程是在某个固定的方向上运行的(因为车辆是向一个固定方向移动的). 固定方向块匹配方法需要的计算较少,并产生相对于传统的全搜索方法而言更精确的运动矢量.

2.2 运动矢量变换

由于存在立体投影,运动矢量将同一车辆对象归在相同的图像中是不均匀的,如图 2(a)所示. 我们设计一种运动矢量变换方法来将非均匀运动区块转换为均匀运动区块,如图 2(b)所示.

由于运动区块的方向并不随投影而改变,因此我们只需要找到一个转换函数,使同一运动对象区域的运动向量数量相等. 在这里,我们校正同一车辆的运动区块使之均匀,取在运动区域质心的运动向量作为参考,并变换位于同一区域的所有运动向量为参考速率. 由于车辆是在固定方向上运动的,因此所确定的运动矢量的方向是相同的. 要找到每个路径的参考速度,我们将车辆经过第 K 个图像帧的质心时的速度进行平均.



(a) 不同的幅度

(b) 恒定的幅度

图 2 运动矢量变换

在每一个位置上,我们通过乘一个比例因子将运动矢量变换为一个常数. 对于在同一路径上不同速率的任意两点 (i, j) 和 (i', j') ,我们应用缩放比例并进行运动矢量补偿. 在同一个路径上的速率应是一样的,每个运动矢量的比例因子是经离线训练过程而获得的. 在训练过程中,为每个路径 p 及每个图像帧给定一组运动矢量和一组运动矢量常数. 在每个位置,我们可以从训练图像序列得到一系列的比例因子,然后通过采取平均值得到最终的比例因子^[4,5].

2.3 遮挡检测和隔离区

有两种方法来检测阻塞:轨迹不连续检测法和运动区域分析法. 运动矢量校准后,如果一个二进制小圆点的运动区块不均匀,则我们就知道发生了闭塞. 一个区域的均匀性取决于其对指定区域的运动区块的方差. 如果方差较大,且超过一定的阈值,那么该区域是一个可能的闭塞区域. 但是,如果二进制小圆形区域尺寸过小,那么就不可能是闭塞了. 基于两辆车闭塞区域的运动区块的均匀性,我们可以将闭塞区域分割为两个独立的区域. 由于两车的速度是不同的,在运动矢量校准后,我们?? 可能会在闭塞轮廓中发现两套运动矢量. 在确定好阈值以后,我们可以将运动区块划分为两个不同的区块,将相应区域分割为两个分离的区域.

在这里,我们提出一种分割方法,消除所谓的“切割区”,将闭塞区域分隔成两个独立的区域. 为了找到

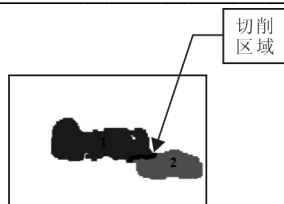


图 3 切割区域提取

切割区域,我们使用标签标注方法将闭塞区域标注为两个区域.该标记法在侧面剪影中找到两个不同的运动区块,然后我们使用形态学膨胀的方法扩大标记的区域,这两个区块将相互重叠交叉,并生成一个名为“切割区域”的交叉区域,如图 3 所示.



图 4 遮挡区域分离

通过消除切割区域,我们可以将二进制侧面剪影切割成两个对象.分裂的区域可能不够精确,我们用开放操作将两个区域分离开,如图 4 所示.但是,开放操作将危及分离的二进制剪影,如果操作的对象核心的尺寸太小,则开放操作不能有效地分离两个车辆,因此我们最好的权衡是选择可以分割这两辆车的开放核心.如果这两辆车都是可分离的,那么至少有一辆车可以被识别出,否则如果这两辆车仍然闭合的像一辆车,则这种合并就

无法识别了^[6,7].

3 结束语

对于来自公路上的视频监控图像,本文提出了一种自适应背景更新的车辆检测法,能够自动提取并自动更新背景,满足车辆检测及背景更新的实时性要求,同时能适应环境变化,此外文中还研究了车辆间粘连遮挡的检测和对象分离的方法.

参考文献

- [1] B. L. Tseng, C. Lin, J. R. Smith. Real-Time Video Surveillance for Traffic Monitoring Using Virtual Line Analysis[C]. Proc. of ICME' 2002, 2002; 541-544.
- [2] 严捷丰. 交通视频监控中的车辆检测与分割方法研究[D]. 合肥:中国科学技术大学博士学位论文, 2008; 48-57.
- [3] Surendra Gupte, Osama Masoud, Robert F. K. Martin, *et al.* Detection and classification of vehicles[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2002, 3(1), 413-417.
- [4] 林海涵, 唐慧明. 基于视频的车辆检测和分析算法[J]. 江南大学学报(自然科学版), 2007, 6(3): 323-326.
- [5] 张玲, 陈丽敏, 何伟, 等. 基于视频的改进帧差法在车流量检测中的应用[J]. 重庆大学学报, 2004, 27(5): 31-34.
- [6] 吴江, 宜国荣, 郑振东. 基于视频动态投影的实时车辆流量检测系统[J]. 计算机工程, 2001, 27(11): 25-64.

VIDEO-BASED MODIFIED BACKGROUND DIFFERENCE METHOD VEHICLE DETECTION AND OCCLUSION SEPARATION

LI Qin-jun, DANG Hong-she, WANG Min-gwei

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

Abstract: Video detection has become a vehicle detection technology research focus in the field of intelligent transportation system. We build a video-based target detection and occlusion detection and segmentation in intelligent transportation system, proposed a modified background subtraction moving targets detection based on adaptive background updating, through the analysis to the video image sequence, segmented image to obtain foreground moving vehicles and the background image, and then adopt adaptive background update, dynamic threshold updating, automatic extraction background to realize the aim. Research the occlusion detection between vehicles and object separation method.

Key words: video; vehicle detection; background difference method; occlusion detection

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0043-04

控制式差动无级变速器调节函数的研究

李志愿, 张 淳
(陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要:针对目前控制式差动无级变速器调速的不准确性,以—种典型 PX 型差动无级变速器为例,分析了整个装置各个部件的运动关系,推导出了输出转速与调速手柄转角之间的函数关系,为控制式差动无级变速器的自动化调速奠定了理论依据。
关键词:差动无级变速器; 调节函数; 调速
中图法分类号:TH13 **文献标识码:** A

0 引 言

由于机械无级变速器主要依靠摩擦传递运动和动力,因此其传动功率和变速范围受到了一定的限制。如果用基本型机械无级变速器对差动轮系进行封闭,构成一种组合式无级变速器,则可以扩大传动功率和变速范围以及设计过零调速型无级变速器。长期以来,国内外许多学者对此进行了大量的研究工作,并取得了许多有价值的理论成果,但是目前国内外控制式差动无级变速器的调速主要是靠人工操作调速手柄来实现的,由于人为的不确定因素的存在,调速的精确性、快速性就难以实现,因此控制式差动无级变速器调节函数的建立可为实现该调速装置的自动化调速奠定理论基础。

1 差动无级变速器的工作原理

从基本型无级变速器与差动轮系的组合顺序上,控制式差动无级变速器可以分为 PX 型和 XP 型两大类(如图 1),这样可以达到如下两个目的之一:提高无级变速装置传递功率的能力;扩大无级变速器的调速范围。

由图 1 可以看出输入的功率从输入轴输入后分为两个支流进行传动,一支通过差动轮系流过以便提高基本型无级变速器的承载能力,另一支通过基本型无级变速器流过以便调速。

图 2 是一种典型的 PX 型差动无级变速器的结构简图,由于差动

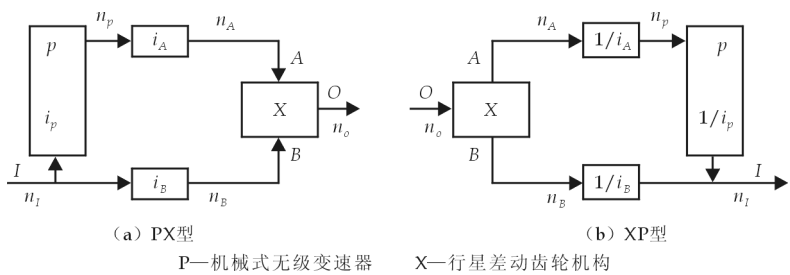


图 1 控制式差动无级调速装置传动原理图

轮系的输出转速和差动轮系各个参数之间的关系已明确,因此调速主要靠机械无级变速器来调节。通过调速手柄 2 的转动驱动进给丝杠轴向运动,进而带动可动锥盘轴向移动来改变带轮的工作半径。又因为传动带的长度一定,以此来改变主动轮和传动轮的工作半径,致使无级变速器传动比发生变化,起到调速的作用。

* 收稿日期:2011-05-19
作者简介:李志愿(1985—),男,河南省固始县人,在读硕士生,研究方向:控制式差动无级变速器调速系统

2.4 行星轮系传动关系

如图 2 所示,分别以 n_A 、 n_B 和 n_H 表示差动轮系的中心轮 a 、内齿圈 b 和系杆 H 的转速(即行星轮转速 n_C),由参考文献[1] 可知差动轮系各基本构件的关系为:

$$n_C = i_{CA}^B n_A + i_{CB}^A n_B \tag{4}$$

由 $i_p = \frac{n_D}{n_p}, i_A = \frac{n_p}{n_A}, i_B = \frac{n_D}{n_B}$ 可得: $n_A = \frac{n_p}{i_A} = \frac{n_D}{i_A i_p}$ (8)

$$n_B = \frac{n_D}{i_B} \tag{9}$$

再由行星轮系传动比之间的关系得:

$$i_{CA}^B = \frac{1}{i_{AC}^B} = \frac{1}{1 - i_{AB}^C} \tag{10}$$

$$i_{CB}^A = \frac{1}{i_{BC}^A} = \frac{1}{1 - i_{BA}^C} = \frac{1}{1 - 1/i_{AB}^C} = -\frac{i_{AB}^C}{1 - i_{AB}^C} \tag{11}$$

将式(5)、(6)、(7)、(8) 代入式(4),可得输出转速的函数关系式:

$$n_H = n_C = f_1(i_p) = \frac{i_B - i_A i_{AB}^C i_p}{(1 - i_{AB}^C) i_A i_B i_p} n_D \tag{12}$$

2.5 控制式差动无级变速器数学模型的建立

由 f_1 、 f_2 、 f_3 、 f_4 函数之间的层层嵌套就构建了输出转速 n_H 与调速手柄转角 β 之间的复合函数关系式:

$$n_H = n_C = f_1\{f_2[f_3(f_4(\beta))]\} \quad \beta \in (-\frac{\pi b_1}{s}, \frac{\pi b_1}{s}) \tag{13}$$

3 调速控制系统的设计

控制硬件系统是差动无级变速器调速系统的基础,是实现调速控制的硬件平台,系统的硬件原理如图 4 所示.

该控制系统需要测定的关键参数是差动无级变速器输出轴的转速,这里采用旋转编码器来测量装置的输出转速.编码器是用于速度控制或位置控制系统的检测元件,然后把检测到的脉冲信号送给 PLC,PLC 再根据设定值与编码器输送的值进行差值运算.该控制系统选用西门子自动化驱动集团的 CPU 224XP CN 型 PLC,此类型 PLC 有子整定 PID 控制器,完成测试数据的采集、运算和运动控制,既发挥了 PLC 程序控制功能强大的优点,又有效的节省了控制系统的成本.在这里采用西门子 6RA70 系列伺服驱动器来控制伺服电机,伺服驱动器是用来控制伺服电机的一种控制器,其类似于变频器作用于普通交流马达,属于伺服系统的一部分.目前主流的伺服驱动器均采用数字信号处理器(DSP)作为控制核心,可以实现比较复杂的控制算法,实现数字化、网络化和智能化.伺服驱动器一般可以采用速度、位置和力矩 3 种控制方式,主要应用于高精度定位系统,目前是传动技术的高端.在此系统中采用位置控制方式,并选用位置控制模块 EM253.伺服电机的转子转速受输入信号控制,把所收到的电信号转换成电动机轴上的角位移或角速度输出,并能快速反应,且机电时间常数小、线性度高、始动电压稳定,其主要特点是当信号电压为零时无自转现象,转速随着转矩的增加而匀速下降,可使控制速度、位置精度非常准确.

式(13)就是为图 4 控制系统建立起来的调节函数,找出了控制式差动无级变速器输出转速与调速手柄转角的函数表达式,为控制系统精确调速提供了理论基础.

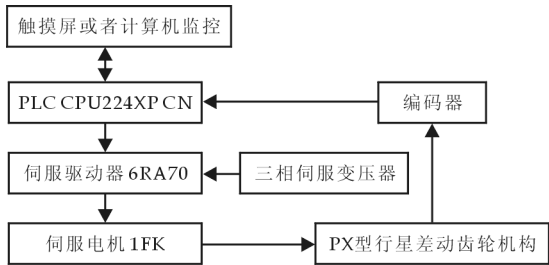


图 4 控制系统硬件原理

4 结束语

本文通过分析差动无级变速器的结构特点,基于一种常规的 PX 型控制式差动无级变速装置的传动机理,推导出整个装置各个衔接点的函数关系,最后找出了调速手柄的转角与输出转速之间的函数对应关系并建立起整个装置的数学模型,为自动调速控制系统的建立提供了理论依据。

参 考 文 献

- [1] 饶振刚. 行星齿轮传动设计[M]. 北京:化学工业出版社,2003.
- [2] 阮忠唐. 机械无级变速器设计与选用指南[M]. 北京:化学工业出版社,1999.
- [3] 张 淳,周令华. 控制式差动无级调速装置的传动特性[J]. 齿轮,1990,(1):46-51.
- [4] 张 淳,王乃信. 控制式差动无级变速装置的分析与综合[J]. 西北轻工业学院学报,2000,18(6):34-37.
- [5] 吴春英,陈奕红. 差动式无级变速减速器的分析研究[J]. 机械科学与技术,2002,21(6):915-917.
- [6] 西门子(中国)有限公司工业业务领域工业自动化与驱动技术集团. S7-200 可编程控制器系统手册[Z]. 北京,2007.

RESEARCH OF CONTROLLED DIFFERENTIAL CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION REGULATION FUNCTION

LI Zhi-yuan, ZHANG Chun

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

Abstract: Differential for the current controlled continuously variable transmission speed is not accurate. For example, in a typical differential PX-type continuously variable transmission, the various components of the movement of the device between the output speed and the handle angle. A function for the controlled differential CVT automatic speed theoretical basis and foundation.

Key words: differential continuously variable transmission; regulation function; regulate speed

(上接第 35 页)

GPS-GSM-BASED VEHICLE ANTI-THEFT MESSAGE SYSTEM DESIGN

LIU Bai-nan, ZHANG Xiu-hong, LOU Hai-bo, CHEN Xue-xu

(College of Communication Engineering, Jilin University, Changchun 130025, China)

Abstract: Aiming at current problems in vehicle anti-theft devices and the market prospect, the authors put forward a new vehicle anti-theft system design proposal. The system consists of STC89C52 SCM, TC35i wireless communication module, XN934 + integrated GPS module, relay and other components. After testing, the system can be real-time monitoring of vehicles with the positioning accuracy 5 meters which realizes the anti-theft function.

Key words: vehicle anti-theft; wireless communication; test

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0047-03

车床主轴系统的优化设计

赵月娥^{1,2}, 文怀兴²

(1. 陕西工业职业技术学院机械工程学院, 陕西 咸阳 712000; 2. 陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021)

摘要:在车床主轴的设计计算中,作者利用 ANSYS 软件对主轴结构进行了有限元分析,以主轴多个截面的直径和长度为变量,端点的最大挠度和一阶频率为设计约束,质量为目标函数进行优化,准确计算出了主轴的最优结构尺寸.该方法摆脱了传统方法的繁琐以及设计周期长、工作量大等缺陷,提高了车床主轴系统的工作性能.

关键词:有限元分析; 主轴; 优化设计

中图法分类号:TG659 **文献标识码:**A

0 引言

现代机床不断向高速度、高精度和高刚度的方向发展,其结构日趋复杂,对其工作性能的要求也越来越高.而主轴系统是机床的关键部件,既要求高精度,又要求高刚度.主轴的前端部位安装工件或刀具直接参与切削加工,它的性能在整机中是举足轻重的,直接影响工件的加工精度,尤其是端点动柔度和低阶固有频率对机床的动态性能有很大影响.采用传统的公式法、能量法和当量直径法来设计和校核轴的刚度、扭转变形与弯曲变形时一般都能满足工程上的精度要求,但在实际中其应用都受到了一定的限制,原因在于这些方法计算都较为繁琐,设计周期长,工作量非常大^[1],很难准确反映机床切削条件下的工况.

因此,在一定的空间结构内,设计出既满足主轴的静态特性又满足动态特性要求的机床主轴系统,一直是机床设计的难题之一.采用有限元软件,可为机床主轴系统的设计提供有效的方法.利用 ANSYS 软件,不但可计算主轴的刚度和变形,而且可计算主轴系统的动态特性,为主轴的结构优化和性能的提高提供依据.

1 建立车床主轴结构的有限元模型

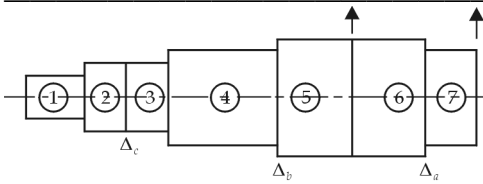
在有限元建模中为简化模型通常采用一些单元来模拟实际结构,但机床结构十分复杂而难以描述,所以必须选用合理的单元进行合理的搭配以尽量逼近实际结构,如机床的主轴、导轨通常可以用梁单元来模拟,这种单元在图示平面内有两个结点,每个节点具有一个横向自由度(挠度),一个转动自由度以及一个周向自由度,主要受弯矩、切向力和轴向力^[2].

图 1 中所示为某三支撑车床主轴系统,受力和力矩作用.该主轴的弹性支承 a 为两个滚动轴承并列安装,弹性支承 b、c 均为单个滚动轴承.在标准安装下,滚动轴承的支撑刚度可由轴承样本中查出,取 $k_a = 5 \times 10^9$, $k_b = k_c = 5 \times 10^7$.在静动态优化时,由于阻尼对结构固有频率的影响甚小,故在仅有固有频率约束的情况下可将其略去,只考虑支撑刚度.内径 d 为一常量, $d = 35$ mm.设计要求为:主轴的外伸端点挠度 a 不超过给定值 0.07 mm,主轴结构的第一个固有频率 f 不低于给定值 400 Hz,主轴最粗段两支点的跨距与外伸端长度之比等于 3.现讨论该主轴质量最轻的结构优化设计.

根据该主轴系统的结构特点,将其划分成图 1 所示的 7 个平面梁单元所组成的有限元模型.每个单元

* 收稿日期:2011-04-27

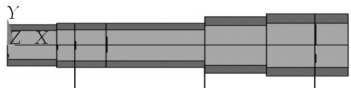
作者简介:赵月娥(1978—),女,陕西省咸阳市人,讲师,在读硕士生,研究方向:数控加工与高速切削



(a) 三支撑车床主轴系统结构



平面梁单元有限元模型



定义截面后梁单元有限元模型优化后

(b) 梁单元有限元模型

图 1 弹性三支撑车床主轴系统

的结构参数分别为:外径 $D_1=66\text{ mm}$, $D_2=D_3=70\text{ mm}$, $D_7=100\text{ mm}$, 单元长度 $L_1=120\text{ mm}$, $L_2=43\text{ mm}$, $L_3=77\text{ mm}$, $L_4=240\text{ mm}$, 其余参数见表 1. 结点 6 作用集中力 $P_1=13\ 610\text{ N}$, 结点 8 作用集中力 $P_2=13\ 980\text{ N}$ 和弯矩 $M=3\ 550.92\text{ N}\cdot\text{m}$. 该有限元模型的一般表达式为:

$$M\ddot{a}+Ka=P$$

2 建立车床主轴系统优化设计的数学模型

2.1 设计变量

一般应选取对主轴结构的静、动态性能以及结构质量影响较大的结构尺寸参数作为优化参数. 对于该主轴, 可选取单元 4、5、6 的外径及单元 5、6、7 的长度作为优化参数. 考虑到单元 5、6 的外径和长度均一致, 可将 4 个结构参数作为 2 个优化参数处理. 若令 D_i 和 L_i 分别代表第 i 个单元的外径与长度, 则有: $x_1=$

D_4 , $x_2=D_5=D_6$, $x_3=L_5=L_6$, $x_4=L_7$, 于是设计变量为 $X=(x_1, x_2, x_3, x_4)^T=(D_4, D_5, L_6, L_7)^T$.

2.2 目标函数

优化的目标是使主轴结构的质量最轻, 因此目标函数为整个主轴的质量, 其表达式为

$$W(X)=\frac{\pi\rho}{4}\sum_{i=1}^7(D_i^2-d_i^2)L_i$$

式中, d 为主轴内径, D 为主轴外径, L 为单元长度, ρ 为密度.

2.3 约束条件

结构尺寸比例关系约束: $L_6/L_7=u_0=1.5$; 结构外伸端点的静变形约束: $a\leq\bar{a}=0.07\text{ mm}$; 结构的固有频率约束: $f\geq\bar{f}=400\text{ Hz}$; 结构尺寸变化范围的上、下界约束: $\left. \begin{matrix} l_i-x_i\leq 0 \\ x_i-u_i\leq 0 \end{matrix} \right\} (i=1,2,3,4)$, 式中 x 为结构尺寸, u 与 l 分别为尺寸变化范围的上界、下界. 于是, 本问题的优化设计数学模型可表示为:

$$\left. \begin{matrix} \min W(X) \\ x\in R^4 \\ u-u_0\leq 0 \\ a-\bar{a}\leq 0 \\ \bar{f}-f\leq 0 \\ l_i-x_i\leq 0 \\ x_i-u_i\leq 0 (i=1,2,3,4) \end{matrix} \right\}$$

对上述问题进行迭代寻优计算结果如图 2 所示.

3 主轴结构优化设计结果

采用优化准则方法对该车床主轴结构进行优化设计^[4], 得出该主轴的优化结果如表 1 所示.

表 1 主轴结构优化参数及结果

变量	下界	上界	初始方案	优化方案	变量	下界	上界	初始方案	优化方案
x_1/mm	70	90	80	70	u_0	1.5	1.5	1.5	1.5
x_2/mm	90	110	100	90	\bar{a}/mm	—	0.07	—	0.056
x_3/mm	120	180	150	120	\bar{f}/Hz	400	—	—	423.71
x_4/mm	80	120	100	80	W/kg	—	—	—	24.69

从优化结果可知, 在实现质量最小的目标函数下, 4 个设计变量均取下界值, 并满足端点位移及固有频率等约束条件, 达到了优化主轴系统静、动态性能的目的, 优化的迭代次数仅为 7 次就满足了迭代终止

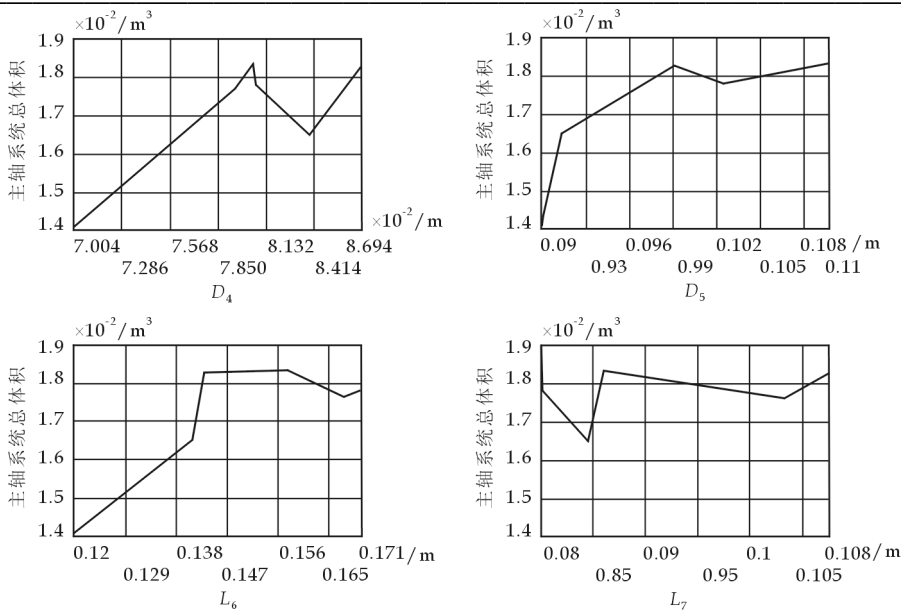


图 2 优化过程中变量与目标函数的变化曲线

准则,优化效率高,这说明建立机械结构的有限元模型,并用准则法对其进行优化设计是非常适宜的。

4 结束语

上述研究有效的提高了车床主轴的加工精度和加工质量,并提高了产品的设计效率,模型使用的是梁单元,相比实体单元更加简化,计算时间短而且计算精度高,尺寸参数化便捷,计算中仅需要对某些尺寸参数进行改变就可以方便地进行新的校核计算,并且还可以形成设计模块,非常有利于减少工作量和设计周期。

参 考 文 献

[1] 王美妍,文怀兴,李 杰. 高速立式加工中心工作台的设计与静态性能的有限元分析[J]. 组合机床与自动化加工技术,2010,(6):70-75.
[2] 谢黎明,代昌浩,符卫东,等. 车铣复合加工中心主轴结构的有限元分析[J]. 组合机床与自动化加工技术,2006,(2):29-30.
[3] 张庆春等编,机械动力学[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2005.
[4] 辛志杰,徐燕申,郭志权,等. 基于实验分析的机床结构有限元建模及其应用研究[J]. 机械强度,2006,28(S):05-08.
[5] 周 宁. ANSYS 机械工程应用实例[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006.

LATHE SPINDLE SYSTEM OPTIMIZATION DESIGN

ZHAO Yue-e^{1,2}, WEN Huai-xing²

(1. Institute of Mechanical Engineering, Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000, China; 2. School of Mechanical and Electrical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: The spindle of the lathe have been designed and calibration in ANSYS software, with spindle diameter and length of multiple section as a variable, endpoint maximum deflection and first-order frequency for design constraints, and quality as the objective function is optimized, the optimal size of spindle be accurately calculated, away from the traditional method of trival, design cycle is long, workload big defects, and improving the lathe processing ability and precision.

Key words: finite element analysis; spindle; optimization

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0050-03

全自动苹果削皮机的开发与研究

白雪宁¹, 陈海峰²

(1. 陕西工业职业技术学院机械工程学院, 陕西 咸阳 712000; 2. 陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要: 在市场调研的基础上, 对国内外苹果削皮机的发展现状进行了深入分析与研究, 针对现有苹果加工业中使用的削皮机自动化程度低、事故率高、工人劳动强度大等弊端, 提出了一种全自动苹果削皮技术. 文中主要介绍了全自动苹果削皮机的工作流程以及机器各功能单元的自动工作原理, 同时还详细分析了苹果削皮机自动供料系统、自动工位转换工作台系统、冲核机构与果核抓取机构的工作过程.

关键词: 全自动苹果削皮机; 供料系统; 工位转换系统; 去核机构; 果核抓取机构
中图法分类号: TS255. 35 **文献标识码:** A

0 引 言

相比于苹果生产, 我国苹果加工业整体加工能力薄弱, 发展处于明显劣势, 机械自动化程度远远落后于西方国家. 目前在苹果加工行业中广泛使用的苹果削皮机均为半自动, 即由人工上果, 机器自动削皮. 为保证削皮的顺利进行, 必须为每台去皮机配备人工, 用手将苹果插在苹果削皮工位处, 显然费时、费力、劳动强度大, 而且容易产生差错乃至事故, 为此市场上急需一种能够降低劳动强度, 提高劳动效率和降低事

故率的全自动苹果削皮机械. 本文主要对全自动苹果削皮机的整体工艺流程进行了分析与探讨, 进而完成了各主要功能单元的设计. 该苹果削皮机的工作流程如下: 通过电机驱动, 苹果由果仓料斗被送上输送带, 输送带在传动的过程中以一定的频率振动达到苹果的自动摆正, 通过图形识别系统将未摆正的苹果剔除送入下一轮的筛选. 如苹果已摆正则将苹果送入苹果托盘, 并进行定位 (苹果果核轴线与苹果插针重合), 定位准确的苹果在下压气缸的作用下自动插入到果针上, 在智能刀架对苹果廓线的跟踪识别下完成准确的削皮, 之后完成自动冲核、切块, 最后利用三爪气缸机械手完成苹果果核的卸除. 具体工作流程如图 1 所示.

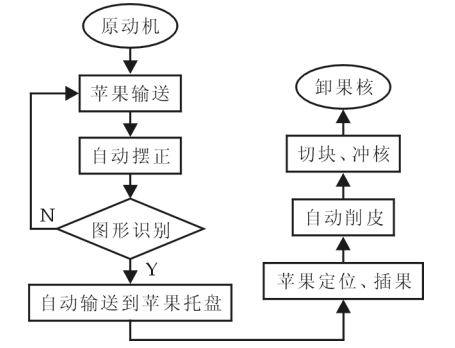


图 1 全自动苹果削皮机工作流程图

1 全自动苹果削皮机各功能单元设计

1.1 自动上料系统设计

单果自动去皮机一般采用圆盘式供果方式, 即圆盘圆周上等距分布若干苹果插针, 由人工将苹果插于苹果插针上, 圆盘间歇转动, 将苹果送往去皮工位. 供料系统旨在实现无人工全自动上果, 故其应完成如下任务:

(1) 将绝大多数苹果以苹果中心轴竖直方向放置, 以便于插果机构顺利将苹果沿轴线方向插于苹果插

* 收稿日期: 2011-04-14
作者简介: 白雪宁(1977—), 女, 陕西省扶风县人, 讲师, 硕士, 研究方向: 机械设计与制造

针上,如此以利于后续削皮、去核工序的顺利进行。

(2)自动剔除苹果果梗非垂直于水平面的苹果,使其重新回到料仓,接受第二轮选择。

(3)自动将苹果沿轴线方向插于苹果插针上。

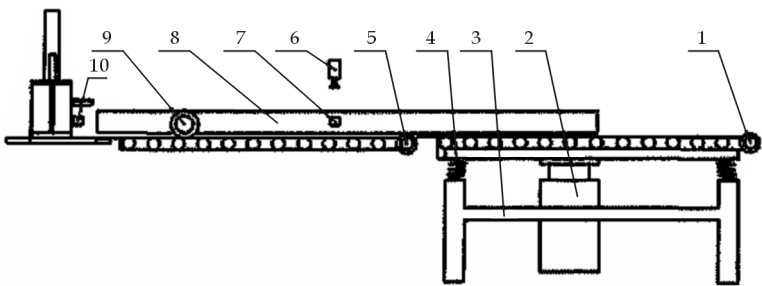
全自动苹果去皮机的上料装置的示意图如图 2、图 3、图 4 所示。为便于观察,主视图中省略了对心气缸及其推果缓冲装置,俯视图中省略了支架及其附带的其他零件。

全自动苹果去皮机上料装置的工作过程如下:苹果的仓库与振动输送装置 2 联结,并以一定的频率于水平面内横向振动,可将大部分的苹果调整为果核轴线与水平面垂直的状态,且由振动装置上附带的第一慢输送带 11 将苹果通过衔接板 12 送上快第二输送带 13,输送带 13 上两侧的挡板 8 距离由宽变窄,苹果在通过第一输送带 11 滑上第二输送带 13 后各苹果间保持一定的间距向前输送。在通过第一光电传感器 7 时,图形识别器 6 拍下该苹果的俯视图并经计算机处理,如为果核轴线垂直于水平面则苹果推出汽缸 9 推杆不动,该苹果顺利通过;如如果核轴线不垂直于水平面,则推出汽缸 9 推杆伸出将苹果推出,该苹果循环输送回料仓接受下一轮的识别与选择。苹果托板 23 与第二输送带 13 相联结,苹果对心汽缸 22 设有 3 个,且以 120° 夹角均布于平台四周。苹果通过第二输送带 13 被送上苹果托盘 23 后,第二光电传感器 10 开关量发生变化,发出信号给控制器,由控制器发出命令,3 个对心汽缸 22 推杆同时伸出并瞬间缩回,将苹果推至其果核轴线与苹果托盘 23 下方的苹果插针对齐的位置。下压汽缸 19 的推杆下压,带动苹果压板 17 向下移动,在苹果压板 17 向下移动并和苹果接触之前苹果托板 23 在弹簧 21 的作用下并不向下移动,苹果压板 17 和苹果接触后,苹果托盘 23、苹果、苹果压板 17 与汽缸推杆一起向下移动,苹果将被插入果针上,此时苹果削皮机的苹果插针所在的工作转盘克服苹果与托盘、苹果压板之间的摩擦力转动,苹果移出苹果托板之后下压汽缸 22 开始移动上升,并回归原位,苹果托盘 23 向上移动直至其上表面与平台 15 的上表面相平齐,此即为苹果从果仓到插上苹果去皮机苹果插针的整个工作过程。

由于在苹果托板和苹果压板上开有与苹果插针运动轨迹相重合的弧形缺口,故在苹果压板压下时,苹果插针所在的圆盘可顺利转动。装于苹果对心气缸推杆上的缓冲装置可保证推杆对苹果不造成机械损伤。

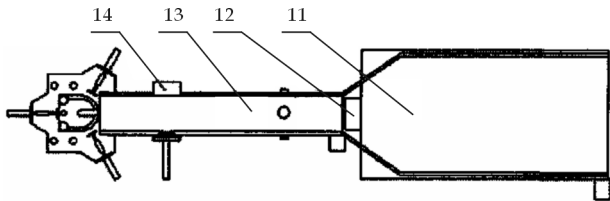
1.2 工位转换转台系统研究

苹果通过输送带送往果盘之后,要进行自动插果,插入果针的苹果要进行工位转换,进入削皮工位。而且在削皮时,要求工作台静止,当削皮工作完成后,再进行工位转换进入去核与切片工位,最后进入果核剥离工位。



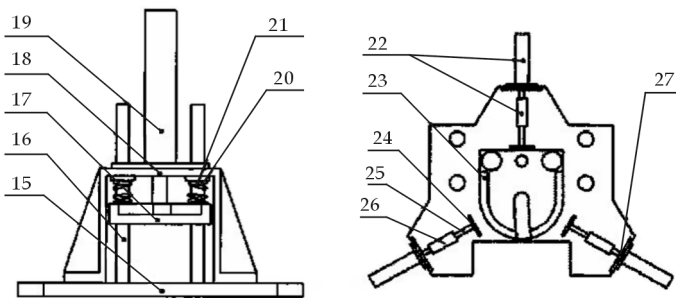
1-第一驱动电机, 2-振动电机, 3-支架, 4-支承弹簧, 5-第二驱动电机, 6-图形识别器
7-第一光电传感器, 8-苹果两侧挡板, 9-苹果推出汽缸, 10-第二光电传感器

图 2 全自动苹果去皮机上料装置整体结构示意图



11-第一输送带, 12-衔接板, 13-第二输送带, 14-剔除苹果滑道

图 3 图 2 的俯视图



15-平台, 16-托板导柱, 17-苹果压板, 18-支架, 19-下压汽缸, 20-挡环, 21-弹簧,
22-对心汽缸, 23-苹果托板, 24-平板, 25-圆杆, 26-圆管, 27-对心汽缸固定板

图 4 插果装置的结构示意图(右图为左图的俯视图)

工位转换工作台系统旨在实现工位间歇转换,并使每个工位按要求完成相应的工作,应完成的任务如下:

(1)根据生产能力 15 个/min,确定插果动作、削皮动作、冲核动作、苹果剥离动作均为 3 s,工作台换位时间为 1 s.

(2)在削皮工位,苹果随果针自转.

(3)在插果工位、削皮工位、苹果剥离工位果针均静止不动.

工位转换台系统的传动方案示意图如图 5 所示.电动机 12 驱动,通过一级 V 带传动机构进行减速,然后再用蜗杆蜗轮机构进行二级减速,同时蜗杆蜗轮机构也将蜗杆 3 的水平轴线的旋转运动转换为蜗轮 4 竖直轴线的转动.和蜗轮 4 同轴转动的槽轮机构中的拨盘 5 将连续整周的回转运动传递给间歇动作的槽轮 6,槽轮 6 与工位转换工作台 7 同轴连接,从而实现了工作台的间歇运动.

工位工作转换台 7 设计成圆盘状,且其上均匀分布有 4 个工位,分别是插果工位、削皮工位、冲核与切片工位、果核剥离工位.每个工位都安装有苹果插针 10,而且苹果插针 10 设计成 3 针,在每个苹果插针轴的末端装有直齿圆柱齿轮 9.独立电机驱动齿轮 8 转动,当工位转换工作台转至削皮工位时,齿轮 8 与该工位下的齿轮 9 啮合并进而转动,带动苹果插针上的苹果转动.当削皮结束,工位转换工作台转过 90°,齿轮 9 脱离与齿轮 8 的啮合,而后工位上的齿轮进入与齿轮 8 的啮合位置,作相应的转动,如此循环.只有在削皮工位苹果作旋转运动,而在其它 3 个工位时,苹果果针轴下的齿轮不与齿轮 8 啮合,都处于相对静止状态.

1.3 冲核机构设计

全自动苹果削皮机自动插果、削皮工序完成后要进行冲核和切片工序.

冲核的方法一般有两种:第一种:果核从下向上冲出来;第二种:冲头由上向下完成果核与果体的分离.考虑到第一种冲核方法在实施过程中,由于苹果个体差异,冲上来的果核线速度也不一样,这就使果核不能完全进入果核箱,会有一部分果核掉到地上,影响生产车间的环境卫生,也不符合食品安全标准,故该机器选用第二种冲核方法.

该冲核机构利用了冲压机构的工作原理,具体工作过程如图 6 所示:凸轮 1 作为原动件转动起来,将运动传递给杠杆 2,杠杆 2 与凸轮以高副连接,杠杆 2 与连杆 3 在 C 处以转动副铰接,连杆 3 带动冲头 4 作往复直线运动.具体的机构运动简图如图 6(a)所示.此机构在设计时,要满足凸轮转动一圈,冲头 4 往复运动一次的时间为工作台停歇时间 3 s,故凸轮廓线形状在设计时要保证冲头 4 向下移动冲核时间为 2 s,向上回程时间为 1 s.

若需切块时,可将冲头换成图 6(b)所示的形状,一次完成

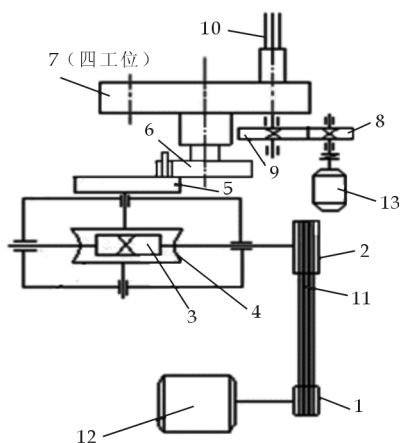
冲核与切块的动作.

这种冲核机构会使果核残留在果针上,故应再设计相应的果核剥离机构.

1.4 果核剥离机构设计

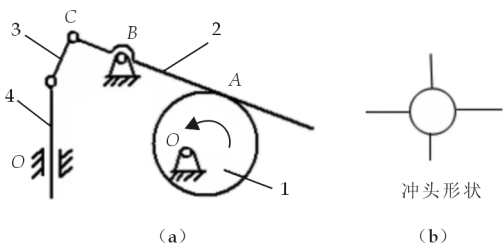
当苹果插果工序、削皮工序、冲核与切片工序均完成后,拿掉果针上的果核就是最后一道工序.根据自动抓取果核并按规定地点存放的工作要求,需要的抓取机构应完成以下任务:

(1)机械手水平直线移动到苹果上方,同时机械手处于张开状态;



1-小带轮,2-大带轮,3-蜗杆,4-蜗轮,5-拨盘,6-槽轮,7-工作台,8-小齿轮,9-大齿轮,10-苹果插针,11-皮带,12-电动机1,13-电动机2

图 5 全自动苹果削皮机工作台间歇运动系统传动方案



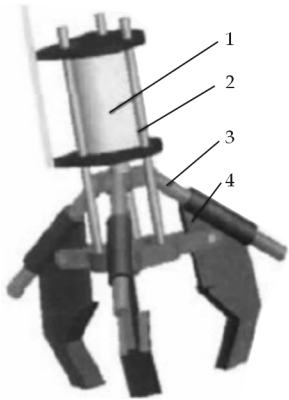
1-盘形凸轮机构,2-杠杆,3-连杆,4-冲头

图 6 冲压机构原理图

- (2)机械手沿垂直于水平面方向下移至果核底部；
- (3)机械手闭合,抓取苹果后竖直上移；
- (4)机械手移动到一定高度后沿水平直线返回,机械手张开,果核脱离。

苹果果核剥离机构采用三爪汽缸式机械手,可自动实现抓取果核的动作.各爪内侧采用三角形槽面可靠地夹取苹果以防脱落.机械手结构如图 7 所示.汽缸推杆的运动决定手爪的运动规律,滑杆 3 与手爪形成动副,当推杆做伸运动时,手爪沿滑杆上滑,手爪张开,果核脱落;当推杆做缩运动时,手爪闭合,抓取果核。

该机构能灵活、准确地抓取果核,同时也可将果核精确放入果核收集箱内,避免环境的污染,干净卫生。



1-气缸, 2-导杆, 3-滑杆, 4-手爪

2 结束语

图 7 果核剥离机械手机构

本文从应用的角度出发,搭建、开发了全自动苹果削皮机系统,完成了自动上料、工作台自动转位、自动削皮、冲核与卸果核等机构的结构设计.本课题的研发从根本上实现了苹果的全自动去皮功能,同时也实现了无人监管的工作模式,提高了生产效率,降低了事故的发生率,因此在我国迅速发展的苹果深加工工业中必然会有非常广阔的应用前景。

参 考 文 献

[1] 李 军,张振华.我国苹果加工业现状分析[J].食品科学,2004,25(9):198-204.
[2] 周钦红,张东兴.苹果分选机输送定位机构的设计[J].中国农业大学学报,2005,10(5):36-39.
[3] 章海亮,左雪平.苹果自动分级中计算机视觉信息处理技术的研究[J].农机化研究,2006,(1):28-30.
[4] 李毓球.自动家用水果削皮机[P].中国专利:90209187.5, 1991,(6):19.
[5] 李 伟,康晴晴,荀 一,等.一种基于机器视觉的苹果检测分级方法[R].北京市科技情报研究所,2008.
[6] 曾珊瑚,张翠珠,张建宁.全自动苹果去皮机的创新设计[J].包装与食品机械,2009,27(3):46-48.
[7] 陈海峰,张建宁,张翠珠.全自动苹果去皮机供料系统设计与 PLC 控制[J].机械与设计,2009,(1):51-53.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF
FULL-AUTOMATIC APPLE PEELER

BAI Xue-ning¹, CHEN Hai-feng²

(1. Institute of Mechanical Engineering, Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000, China; 2. School of Mechanical and Electrical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract:In this paper, based on the research of the market for domestic and foreign apple peeler development situation of the in-depth analysis and research on the use of existing apple processing peeler low automatization, accidents, high labor intensity big disadvantages, the paper proposes a kind of automatic apple peeler technology, includes automatic apple peeler workflow and the functional unit of automatic machine works, detailed analysis of the apple peeler automatic material feeding system, automatic station conversion tables system, blunt nuclear agency and the working process of the stone grab institutions.

Key words: full-automatic apple peeler; offering system; the station conversion system; to nuclear sector; the grab institutions

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0054-03

服装批量定制量体服务系统的设计与实现

毋涛¹, 王银²

(1. 西安工程大学计算机科学学院, 陕西 西安 710048; 2. 山东如意集团, 山东 济宁 273500)

摘 要:服装在大批量定制中,纸质量体单及人工套号方式往往导致失误多、周期长,为此作者设计了一个对服装大批量定制量体服务的系统,采用加权归一化的最短距离算法和 Web Service 技术实现了针对服装批量定制量体作业管理的号型归档系统.经实用验证,该系统大幅缩短了号型归档作业的时间,避免了多种错误的发生,并通过 Web Service 接口建立了与不同生产管理系统的衔接.

关键词:大批量定制; 号型归档; 加权归一化; Web Service

中图法分类号:TP319 **文献标识码:**A

0 引 言

职业服装作为一种企业形象和文化的重要表现形式而越来越受到重视.穿着合体、服务优异是企业客户对职业服装定制的要求.因此,“量体定制”已经成为职业服装乃至个人消费服装的重要趋势,也使得传统的服装生产方式逐渐转变为大批量定制模式^[1].

号型归档是大批量定制实现的重要前提,在传统的纸质和人工方式下,大批量体数据的登记、号型匹配、调整等工作常会有周期长、漏归、重复归、归错档等现象发生^[2],已成为制约合同交期和影响服务质量的瓶颈之一.

为提高号型归档效率,减少和避免归档中错误的发生,同时在量体现场为客户提供良好的信息服务,本文利用智能计算、数据库以及具有扩展性、适应性的 Web Service 技术^[3]设计实现了服装批量定制量体系统.系统可解决量体数据的离线登记、快速号型归档、款式展示以及生产统计等问题,为服装生产管理提供了量体作业管理与服务.

1 号型归档算法

我国现行的服装号型标准为 GB/T 1335-97,男女服装的体型规格分为 Y、A、B、C 4 种,并分为 200 多个基本号型,对规范和指导服装生产与销售都起到了积极的作用^[4].对于出口型企业,其它国家客户也有服装号型标准.同时,企业还有自己的针对各款型的号型标准.在企业标准中,不可能使用过多的号型,需根据实际需要,形成较高覆盖率的号型体系,并且采用有利于测量的基本部位来确定号型^[5].

人工进行号型匹配需要经过对服装的量体数据从形体到具体规格的繁琐的比较过程,才能获得一个号型匹配值.根据对人工号型匹配过程的研究,可将一般服装(上衣、裤子、马甲、裙子等)的体型、规格标准转换为号型值表,如表 1 所示为 A 形体的裤子转换后的型值表.其中,列为测量项目(例如上衣为肩宽、袖长、胸围、腰围等,裤子为腰围、横裆、直裆、脚口、裤长等),每一行为某形体的号型测量标准值,分为 m

* 收稿日期:2011-06-12
作者简介:毋涛(1976—),男,河南省焦作市人,讲师,在读博士后,研究方向:计算机信息技术
基金项目:国家“十一五”科技支撑计划项目(No. 2006BAF01A44)

行 n 列. 第 j 个号型 P_j 的第 i 项测量项目的标准值, 为 H_i , 测量值为 C_i . 标准号型 P_j 的算法表达为:

$$P_j = f_b(H_1, H_2, \cdots, H_i, \cdots, H_n)$$

量体数据归档的算法表达为:

$$P_h = f_c(C_1, C_2, \cdots, C_i, \cdots, C_n)$$

其中, f_c 包含 f_b 的计算.

f_c 的计算过程分为以下 3 个步骤:

(1) 单测量项目归档范围确定. 对于单个测量值, 其归档的范围如图 1 所示. 其中, $H_n \leq H_{n+1}$, L 和 R 分别代表在号型标准值点左边与右边的涵盖距离范围, 其取值按如下算法进行:

$$R_n = L_{n+1} = (H_{n+1} - H_n) / 2$$

而对于号型值队列两端的点上, 令其 $L = R$. 对

于相同的号型标准值点, 即重叠的号型值点, 具有相同的 L 和 R 值.

因此, 任意一个号型单测量项目的数据结构由 H 、 L 、 R 3 个元素表示. 通过单测量项目标准值集合 H 排序后, 可方便地获得各个 H 点上的 L 、 R 值.

(2) 单测量项目值距离归一化. 由于测量项目间的相关性难以计算, 为此本文采用归一化的单测量项目比值作为单项距离值, 即单测量项目值 C_i 与单测量项目标准值集合 H 中 H_j 的直线距离 X_i 为:

$$X_i = \begin{cases} (H_i - C_i) / L_i, & \text{当 } C_i < H_i \\ (C_i - H_i) / R_i, & \text{当 } C_i \geq H_i \end{cases} \tag{1}$$

(3) 最近距离归档. 对于某个客户的量体数据的所有测量项目值进行归一化之后, 即可形成如下的测量值距离矩阵 X . 根据每个测量单项在归档中其判定权重不同, 赋予一定权重值后, 即可形成权重矩阵 W :

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & \cdots & X_{1i} & \cdots & X_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ X_{j1} & \cdots & X_{ji} & \cdots & X_{jn} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ X_{m1} & \cdots & X_{mi} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix}, W = \begin{bmatrix} W_1 \\ \cdots \\ W_i \\ \cdots \\ W_n \end{bmatrix}$$

测量值距各号型标准值的距离则为:

$$G = X \cdot W = \begin{bmatrix} G_1 \\ \cdots \\ G_j \\ \cdots \\ G_m \end{bmatrix} \tag{2}$$

代入式(1)后, 测量值与第 j 个号型的距离 G_j 计算表达式为:

$$G_j = \sqrt{(X_{j1}^2 W_1 + \cdots + X_{jm}^2 W_n)} = \sqrt{\sum_{i=0}^n (Abs(C_i - H_{jn}) / if(C_i < H_{ji}, L_{ji}, R_{ji}))^2 \times W_i}$$

通过找到 G 中的最小值来获得所对应的号型 P .

表 1 裤子号型值表

号型	腰围	臀围	横裆	直裆	脚口	裤长
44A	82	107	67.5	27.5	22.8	104
45A	84	109	69	28	23	104
46A	86	111	69.1	28	23.1	104
47A	88	112	70.2	28	23.1	104
48A	90	114	71.8	28.5	23.5	107
49A	92	116	72.6	28.5	23.5	107
50A	94	118	74	29	24	107
51A	96	120	75	29	24	107

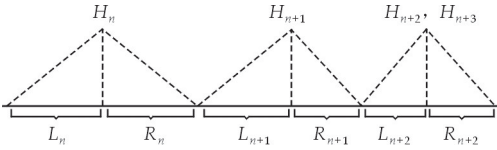


图 1 号型值归档范围划分

2 系统设计

在定制量体作业中, 快速归档的重要前提是解决量体数据登记与同步的问题, 同时在作业现场还应对客户 提供服装的信息服务. 量体师能够进行现场客户数据登记, 然后通过与服务器连线同步到生产过程管理系统中.

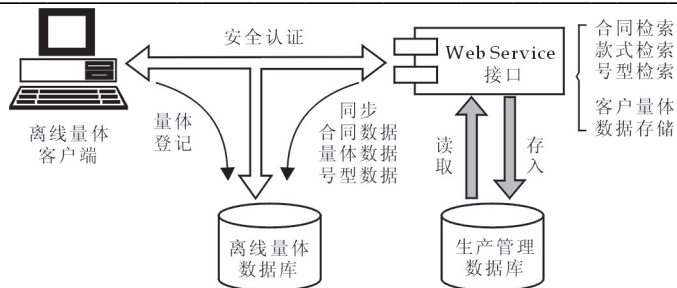


图 2 系统框架结构图

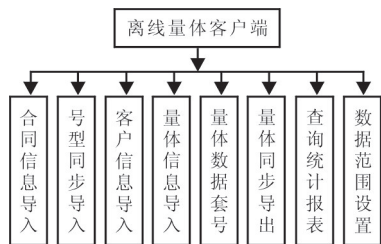


图 3 离线条体服务客户端



图 4 离线条体主要界面之一

由于作业现场的约束,往往无法将数据直接传入服务器.为此,系统采用单机数据库建立离线条体客户端,并通过 Web Service 数据交换的方式与生产过程管理的网络数据库进行数据同步.系统结构如图 2 所示.

离线条体客户端是量体师在现场进行量体数据采集的操作软件,其功能结构如图 3 所示.

Web Service 在系统中提供了丰富的数据交换接口,如合同信息的检索、款式及号型检

索、量体数据同步存储等,为离线条体客户端提供相关的合同、款式、号型等数据,方便量体师在工作中明确合同任务,并进行快速量体数据登记.在进行所有的信息数据交互中,需要经过安全认证的过程.

Web Service 的应用为系统的拓展带来了可能,使其可在不同的生产过程管理系统中得到良好的集成.离线条体的主要程序界面如图 4 所示.

通过查询报表中的号型汇总,可快速形成定制服装生产的号型与数量要求,形成如表 2 所示的报表形式.

表 2 号型汇总报表

号型	44A	45A	46A	49A	50A	51A
数量	102	132	169	110	36	12

利用号型汇总报表,服装在生产加工中就可以按号型进行批量裁剪、缝纫,实现大批量定制的生产模式.

3 应用实例

某大型服装企业在进行职业装定制客户的量体作业操作中,以前采用的是纸质量体单的方式进行客户数据登记,然后再进行人工方式号型匹配、录入、打印洗涤标及裁剪尺寸单,直到生产、发货.对于 1 200 人左右的客户,一个员工人工归档操作往往需要 5~7 个工作日.

4 结束语

“用现代科技改造传统产业”是我国服装产业发展与提高的必由之路.本文利用计算机技术代替了传统的纸质量体单及人工号型匹配方式,改进了传统服装量体的作业方式.通过在企业的应用,极大缩短了作业时间,同时为服装企业大批量定制生产和高质量服务的进行奠定了基础.

参考文献

- [1] 李响烁,祁国宁,顾新建,等. 面向服装大批量定制的产品模型集成框架及应用[J]. 浙江大学学报, 2008,(7):1 236-1 241.
- [2] 王建洋,李月丽,喻芳. 基于择近原则的服装号型数字化归档方法[J]. 纺织学报, 2007,28 (11):106-110.
- [3] 王先平,齐逸. 面向服务计算中 Web 服务动态绑定模型研究[J]. 计算机工程与设计, 2010,(19):4 165-4 167.

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0057-06

基于痕迹对 STEP 文件进行特征识别的研究

李梅竹, 陈 荣

(陕西广播电视大学工程管理系, 陕西 西安 710119)

摘 要:特征识别是实现 CAD/CAM 无缝集成的重要手段. 作者采用基于痕迹的几何推理方法并结合 STEP 文件信息模型的特点研究了对 STEP 文件进行特征识别的具体方法和策略, 很好地解决了相交特征的识别问题, 针对 STEP-NC 中的制造特征成功地识别出典型的二轴半制造特征:槽、孔和型腔.

关键词: STEP; 特征识别; 痕迹; STEP-NC

中图法分类号: TP391

文献标识码: A

0 引 言

从 STEP AP-203 文件中提取出的几何信息不等于零件的加工特征, 并不能直接用于工艺设计, 因为这种数据表示方法缺少制造意义上的高层几何实体. STEP-NC 是面对特征的, 因此要建立零件的 STEP-NC 信息模型就必须进行特征识别, 特征识别对下游的工艺规划等制造活动具有十分重要的意义.

1 特征识别技术

特征识别总体上分为两大类:基于边界匹配和基于体分解的特征识别方法^[1].

(1)基于边界匹配的特征识别方法:这种方法是最早出现的特征识别方法, 通过识别零件的边界来匹配预定义的特征. 其基本步骤如下:①搜索零件的边界表示, 并将其与预定义的每一类特征的边界模式进行匹配;②确定已识别的特征参数, 构造完整的特征几何模型;③对合并成组合特征的基本特征进行组合. 但是该方法无法有效识别相交特征, 同时需要进行大量的匹配, 识别效率不高.

(2)基于体分解的特征的识别方法:体分解技术可以避免预先定义的特征类型库的限制, 其进行特征识别的基本步骤是:①对零件进行凸分解使其成为凸体的集合;②对分解出的凸体进行重新组合, 产生对应于特征的体元;③对特征体元进行分类, 确定出特征类型, 建立特征的体表示. 该方法的缺点是生成的特征解释太多, 需要大量的运算, 效率偏低.

本文采用基于边界匹配的特征识别方法中基于痕迹的特征识别方法^[2], 利用该方法对 STEP 文件进行特征识别. 特征痕迹是指一个特征实例被添加到零件模型后所保留的信息, 包括几何的、非几何的如尺寸、公差等. 即使特征相交, 特征完整的边界模式已经不复存在, 但只要它的确是零件的一个特征, 则在 CAD 模型中肯定留有痕迹. 基于痕迹的识别步骤是:①从零件的模型库中提取所有的特征痕迹;②通过几何推理的方法来验证相对应的特征的可能性;③构造出完整的特征.

2 制造特征的分类与定义

STEP-NC 的制造特征有 3 种:区域特征、二轴半制造特征和过渡特征^[3]. 其中, 区域特征用以表征自

* 收稿日期:2011-05-29

作者简介:李梅竹(1982—), 女, 山东省威海市人, 助教, 硕士, 研究方向:计算机集成制造系统

由曲面的概念;过渡特征用于表示两特征之间的过渡部分如倒角、圆角等;实际的工业产品中,主要是二轴半制造特征,它是在数控机床上能够用二轴联动、第三轴定期进给所能加工的特征的总称。

二轴半制造特征又分为加工特征、复制特征和组合特征^[4],后两者分别表征某一特征的重复出现和多个特征的组合,本文不再详述。加工特征参照 AP-224 定义,具体包括平面(Planar face)、型腔(Pocket)、槽(Slot)、台阶(Step)、孔(Hole)、一般特征(Generic feature)等。本文重点讨论二轴半制造特征中的加工特征,主要是槽特征、孔特征和型腔特征。

在 STEP-NC 中,一个孔特征通过 bottom condition occurrence、hole depth occurrence 和 diameter occurrence 3 个参数项确定^[5]。孔特征的加工是由钻头垂直扫描而成,大部分钻头都有一圆锥端面即加工出锥孔,但本文为了简化认为加工采用平底钻头时加工出的孔为通孔或盲孔,因此孔的 bottom condition occurrence 参数为 flat 或 through。既然一个孔特征是由平底钻头扫描形成的,则它是一个圆柱体,它的尺寸参数由如图 1(a)中的直径和高度组成,即孔特征的 diameter occurrence 和 hole depth occurrence。

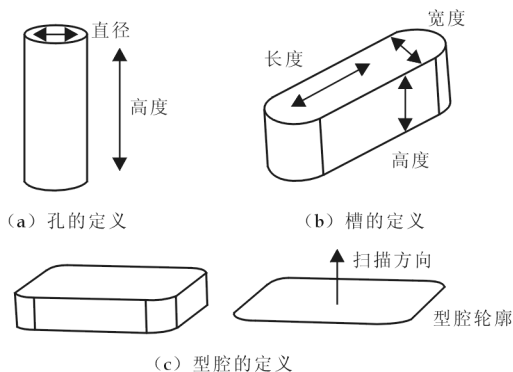


图 1 特征的定义

与孔不同,槽和型腔是通过铣刀加工而成。在 STEP-NC 中,槽是由 course of travel start、course of travel end、swept shape occurrence、course of travel occurrence 4 个参数确定,槽的加工是圆柱形铣刀的线性扫描而成,因此槽特征是一个伸长的平行六面体,圆形端面。槽的尺寸参数如图 1(b)所示。

在 STEP-NC 中,型腔是由 bottom condition occurrence、pocket depth occurrence 和 boundary occurrence 3 个参数确定。本文的型腔是由平底铣刀经一系列的加工而成,所以型腔的 bottom condition occurrence 参数为 planar 或 through。型腔特征是通过一个任意形状的平面剖面和一扫描向量描述出,扫描向量垂直于平面剖面,它的长度为型腔的高度,其参数如图 1(c)所示。

3 特征识别过程

在本文中,输入的是零件实体模型的 STEP 文件,该 STEP 文件中只包含了零件的点-线-面模型,但并不存在毛坯的实体模型。而特征识别要基于一个毛坯才能识别出零件的加工特征,因此为了能得到零件的加工特征必须在特征识别前根据已有的信息进行毛坯模型的构建。但在毛坯设计的初始阶段零件的“真实”毛坯并不存在,因此,需要用一个预设的“假想”毛坯进行初步的识别,这里的“假想”毛坯通常是零件包围盒或凸壳^[6],通过初步的识别得到零件的加工特征的面表示。

本文提出构建毛坯实体模型的方法是从 STEP 文件中搜索 CLOSED_SHELL 实体的各组成面,除去 CYLINDRICAL_SURFACE 的面外,其余各面的法向量。当发现两个以上的面具有相同的法向量时,取其放置点最高和最低的两个平面,余者去掉。对得到的这些面进行面面求交,当发现其中几个面已能生成一个包围壳,则取其中能生成最大包围壳的一组面,由这些面组成零件的包围盒即为特征识别前的完整毛坯模型。

在加工过程中要去除的材料总和称为切削体,它是毛坯体减去零件体得到的体。切削体上的面分为加工产生的零件面和要去除的毛坯面。切削体的边界描述中零件面产生纯几何的痕迹,痕迹通过特征识别过程来生成特征,特征识别过程遵循生成一测试一修复 3 个阶段。

遍历 STEP 文件中提取出的几何信息,寻找各特征的痕迹。例如找到一痕迹 H ,在特征识别过程开始前检测痕迹 H 是否满足该特征对痕迹的要求规则。当痕迹满足要求时,就进行特征识别过程。

(1)生成阶段根据痕迹 H 生成最大的延拓体,本文称为体 V^* 。

(2)测试阶段检测体 V^* 中是否存在开放区域。沿着刀具轴看过来可见的毛坯面组成开放区域,如果不存在开放区域就放弃该痕迹。之后,检测体 V^* 中是否存在除痕迹外其它的零件面,本文称其为侵入面。如果满足这两个条件,那么这个特征就被实例化,否则识别规则尝试着进入修复阶段。

(3)修复阶段根据痕迹的边界满足的条件来修复体 V^* , 得到一个不与零件干涉的最大体, 在本文中称为去除体. 该去除体是体 V^* 的子集, 得到去除体后进行特征的实例化最终得到特征体. 修复也不是总能成功的, 因此一些痕迹修复失败后就被放弃了.

4 以槽特征为例讲述具体识别方法

槽痕迹是一对相对的平行平面即槽的壁面, 利用这一特点遍历在 STEP 文件中提取出的实体几何和拓扑信息, 选取除毛坯面外其余面的法向量, 当两面的法向量相反那么这两个面就可作为一个槽的痕迹. 当一个平面存在多个与其法向量相反的平面时, 首先选择相距最远的那个面和这个面来作为一个槽的痕迹. 如果经后面的检测这对面不符合条件, 则再选相距次远的两对面作为槽痕迹, 依次类推. 图 2 表示了槽识别中一步步的过程^[7]. 图 2(d)阴影部分表示生成图 2(h)中槽的痕迹. 在特征识别过程之前, 要检测两相对平行面中的一个面投影到另一面上时, 两面是否重叠. 判断两面是否重叠的方法是根据 STEP 几何信息中两痕迹面的顶点坐标, 当其中一个面的一个或几个顶点落在另一面的所有顶点围成的有界区域内, 那么可判断出两痕迹面重叠. 只有通过了这一检测才能进入生成—测试—修复 3 个阶段的特征识别过程.

(1)第一阶段:生成阶段. 已得到了槽的痕迹, 并且槽的痕迹经过了两痕迹面重叠检测, 那么生成阶段的第一个任务即找出槽底面. 寻找槽底面的方法为:首先创建一个平面, 其面与槽痕迹的壁面垂直. 利用几何信息判断两面垂直的方法为该面的法向量与槽痕迹的壁面法向量的点乘为零. 这一平面沿其法向量方向拉伸生成的拉伸体与切削体求交得到的体, 本文称为体 V , 槽底面必存在于体 V 中, 选择体 V 中垂直于槽壁面的零件平面, 把它们作为槽底面的候选面, 这样的候选面可能不止一个, 图 2(e)中有 4 个底面候选面: f_1, f_2, f_3, f_4 . 槽底面候选面必须满足两个有效条件, 一是当槽壁面的一个面投影到另一个面上时, 必须在槽底面之上的区域内重叠;二是在刀具进给方向上底面和壁面必须相交. 图 2(e)中的这 4 个面针对这两点都是有效的.

对于每个有效的底面候选面, 体 V^* 是以底面候选面为边界的平面半空间与体 V 的相交体. 根据底面候选面各面的放置点, 启发式的首先选择放置点最高的那个底面候选面, 在图 2(e)中为面 f_1 , 因为放置点最高的底面候选面生成的去除体 V^* 中含有额外的零件面的概率更小些, 因此生成一个有效的槽特征的可能性更大. 底面候选面 f_1 生成的去除体 V^* 如图 2(f)所示.

(2)第二阶段:测试阶段及槽的实例化. 生成体 V^* 后进入测试阶段, 在测试阶段中首先沿刀具轴定位方向上寻找开放区域. 体 V^* 的面分为零件面和毛坯面, 毛坯模型中描述过的面即为毛坯面, 体 V^* 的面中除毛坯面外的其余面为零件面. 给出有效的槽底面候选面后, 刀具轴向定位方向设为与底面法向量相反的方向, 计算方法是刀具轴向定位方向向量与槽的底面法向量的点乘为零. 在体 V^* 中, 沿着刀具轴向定位方向看过去,

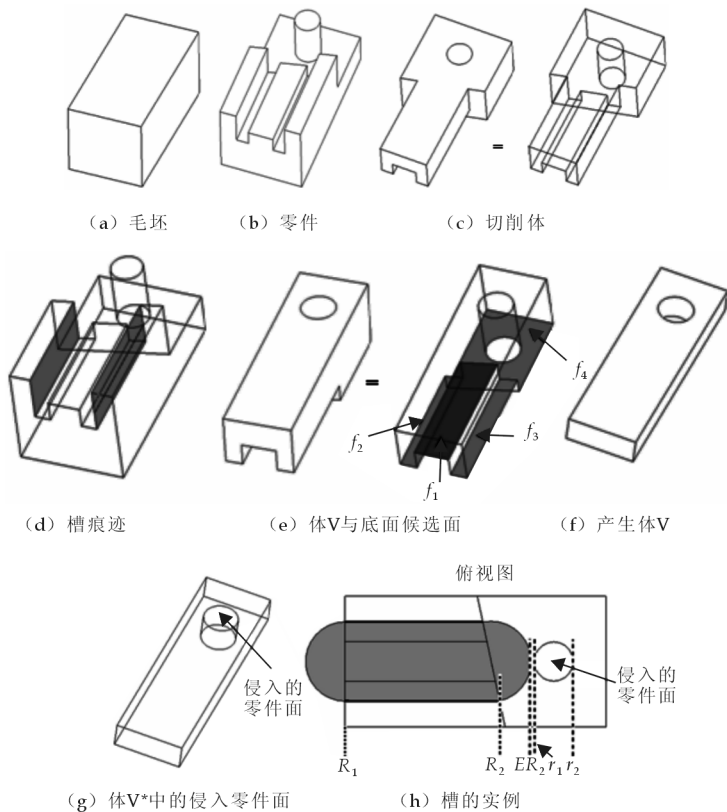


图 2 槽特征的识别过程

寻找开放区域即寻找体 V^* 顶面中是否只存在毛坯面,如果找不到开放区域那就否定这个底面候选面。

找到开放区域之后测试阶段还要检测体 V^* 中的面除槽壁面和槽底面之外是否存在侵入面。如果体 V^* 中的面存在侵入面,那么必须对它进行修复,修复过程在下一阶段中具体阐述。图 2(g)中的体 V^* ,该体的面中除了壁面和底面外还包含一圆柱形的零件面,所以必须对它进行修复。如果体 V^* 中的面除槽壁和槽底之外无任何的零件面,则体 V^* 作为一个通槽特征。

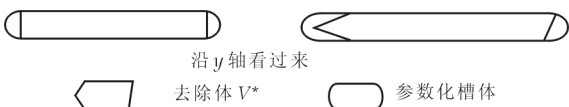


图 3 通槽的计算

对于符合测试阶段条件的体 V^* ,需将体 V^* 映射为特征体。当体 V^* 作为一个槽特征被去除时,必须实例一个参数化的圆形端面槽 S ,它包含了体 V^* 。给出一个槽的两壁面和底面,可以建立槽的一个局部坐标系。选择 X 轴垂直于槽壁面, Y 轴垂直于槽底面, Z 轴垂直于 X 、

Y 轴所在的平面, Z 轴与刀具扫描和进给方向一致。根据体 V^* 痕迹面的 X 轴方向顶点的坐标值边界给出参数化槽 S 的宽度,槽 S 的宽度对应于铣刀的直径, Y 轴边界给出了槽的高度,可以自由选取比槽 S 的高度长的刀具。槽的宽度和高度在 STEP-NC 文件中描述为槽的 swept shape occurrence。槽 S 的长度决定了刀具的扫描长度,槽长度的计算如图 3 所示。槽的长度在 STEP-NC 文件中描述为槽的 course of travel occurrence,放置圆形槽的端面,它的中心位于体 V^* 的 Z 轴边界上,最大的超出长度为每一端面的刀具半径,如图 3 中的第二个例子的左端。值得注意的是,这微小的超出是可接受的,因为槽被实例化为一个通槽,在槽的末端刀具运动到了空中而不与零件接触。槽加工时刀具的起止点在 STEP-NC 文件中描述为槽的 course of travel start, course of travel end。

(3)第三阶段:修复阶段。如果体 V^* 的边界中存在侵入面,那么就不能简单的实例一个参数化的槽 S ,因为零件面与槽 S 干涉,必须对它进行修复。

修复阶段首先从槽实例化设置的底面、壁面的局部坐标系中进行计算, $[R_1, R_2]$ 为两槽壁在 Z 轴方向上的边界,同时计算每一个侵入面的 Z 轴方向上的边界 $[r_1, r_2]$,检测 $[r_1, r_2]$ 与 $[R_1, R_2]$ 是否相交,如果存在相交,去除体就不能被完整的加工出。图 4(a)中的侵入面,它的边界范围 $[r_1, r_2]$ 与两槽壁的边界范围 $[R_1, R_2]$ 相交,因此它不能被实例成一个有效的槽特征。

如果 $[r_1, r_2]$ 与 $[R_1, R_2]$ 不相交,那么可尝试着去实例一个盲槽。首先,计算出延拓范围 $ER_1 = R_1 - C$, $ER_2 = R_2 + C$,这里 C 为刀具半径。如果侵入面的区域 $[r_1, r_2]$ 落在 $[ER_1, ER_2]$ 之外,则槽可被加工出。如果 $r_2 \leq ER_1$,如图 4(b)所示,则可以沿着 Z 轴延拓槽,直到刀具中心到达 $r_2 + C$ 处,刀具与侵入面不干涉相交,所以不影响零件的加工。事实上,当刀具运动到 $r_2 + C$ 处时,刀具所去除的体可能超过了槽特征体的范围,因此刀具加工这个槽特征时并没有运动到 $r_2 + C$ 处,假设刀具运动到 A 处,那么从 A 到 $r_2 + C$ 区域内的加工可作为其它特征加工时刀具的运动范围。如果 $r_1 \geq ER_2$,则情况与此相同。根据这种推理,在图 2(h)中侵入面落在边界 ER_2 之外,因此盲槽被实例化,图 2(h)中的阴影所示部分就是实例后的槽特征。

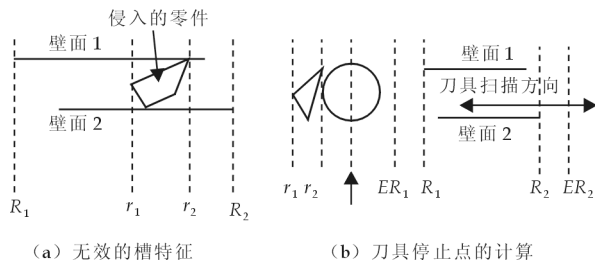


图 4 盲槽的计算

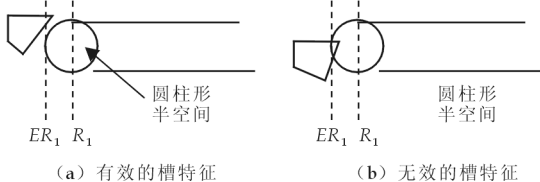


图 5 无效的槽特征

如果 r_2 落在 $[ER_1, R_1]$ 之内,就要检测侵入面与定位中心在 R_1 上的半径为 C 的圆柱形半空间是否相交来判断特征是否有效,如果零件面与半空间为内部相交,如图 5(b)所示,那么这个槽是无效的。否则如图 5(a)所示,只要刀具停止在 R_1 点处槽就可以被加工出。当 r_1 落在 $[R_2, ER_2]$ 之内时,与上述情况相同。

综上所述,槽特征的识别方法把槽特征的有关参数都准确的识别出,同样的方法可完成孔和型腔特征

的识别.

5 特征识别实例

本文利用 Pro/E 软件的中性文件转换接口,产生设计需要零件的 AP-203 文件.但系统输入的 AP-203 是文件形式,为了更好的表示出特征识别的实例,将 Pro/E 中零件三维模型显示如图 6 所示.

有了零件的实体模型后,为了能得到零件的加工特征,需要用一个预设的“假想”毛坯进行初步的特征识别.采用本文提出的从 STEP 文件中构建毛坯方法构建毛坯,即从 STEP 文件中搜索 CLOSED_SHELL 实体的各组成面,除去 CYLINDRICAL_SURFACE 的面外其余各面的法向量.当发现两个以上的面具有相同的法向量时,取其放置点最高和最低的两个平面,余者去掉.对得到的这些面进行面面求交,当发现其中几个面已能生成一个包围壳,则取其中能生成最大包围壳的一组面,由这些面组成零件的包围盒即为特征识别前的完整毛坯实体模型.这里的毛坯是“假想”毛坯,它与零件的“真实”毛坯存在差异,生成毛坯的 STEP 文件如图 7 所示,为了更直观的表达毛坯的形状,显示毛坯的三维模型.

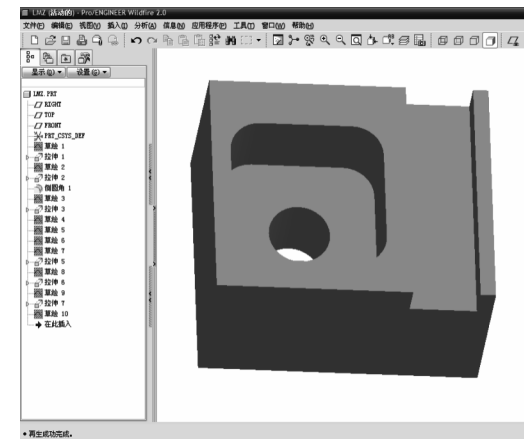


图 6 Pro/E 中三维模型图

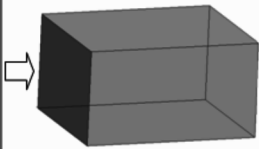


图 7 “假想”毛坯

遍历 STEP 文件中提取出的几何信息,寻找各特征的痕迹.采用之前提出的槽、孔及型腔在 STEP 文件中痕迹的寻找方法在这里找到一对相对的且重叠的平行平面作为槽的痕迹,一个完整的圆柱面作为孔的痕迹,一组非平行的平面和部分的圆柱面作为型腔的痕迹.当痕迹满足要求时,就进行特征识别过程.

生成阶段根据痕迹生成最大的去除体 V^* ;测试阶段检测去除体 V^* 是否存在开放区域,之后还要检测去除体中是否存在侵入面,如果满足上述两条件,这个特征就可实例化,否则识别规则进入修复阶段;修复阶段根据痕迹的边界条件来修复体 V^* ,得到一个不与零件干涉的最大去除体,该去除体是体 V^* 的子集并与零件不干涉相交,得到去除体后同样进行实例化最终得到特征体.修复也不是总能成功的,因此一些痕迹在修复失败后就被放弃了.经过特征识别的几何推理过程最终得到提取出的特征如图 8 所示.

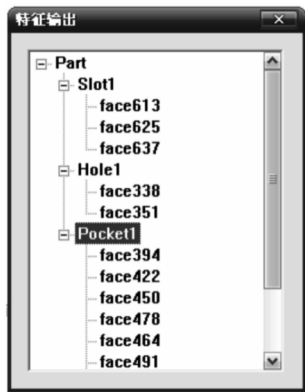


图 8 特征识别的结果

6 结束语

本文采用基于痕迹的几何推理方法并结合 STEP 文件信息模型的特点来对 STEP 文件进行特征识别,首先从 STEP 文件中提取出零件的几何和拓扑信息中寻找各特征的痕迹,根据特征痕迹,特征识别过程分为生成—测试—修复 3 个阶段,最终得到一个实例化的特征.该方法能够很好地解决相交特征的识别问题,成功的识别出典型的二轴半制造特征:槽、孔和型腔.为后续加工特征的宏观工艺规划以及按照 ISO10303 Part2 规范生成 AP-238 文件提供了依据.

参 考 文 献

- [1] 周 炜. 基于图的边界模型的加工特征识别技术[D]. 南京: 南京航空航天大学硕士学位论文, 2006: 4-7.
- [2] 高曙明. 自动特征识别技术综述[J]. 计算机学报, 1998, 21(3): 281-288.
- [3] 张承瑞, 刘日良. STEP-NC 2. 5D 铣削工步的运动特征及其数据模型[J]. 机械科学与技术, 2005, 24(1): 90-93.
- [4] 刘日良, 张承瑞, 张元才, 等. 面向 STEP-NC 控制器的数控加工工艺规划模型[J]. 中国机械工程, 2004, (4): 325-329.
- [5] International Standards Orgazation. ISO14649: Industrial automation systems and intergration-physical device control-data model for computerized numerical controllers: part10 general process data[S]. 2002: 9-49.
- [6] 张凤军. 具有健壮性的加工特征识别系统研究及其应用[D]. 杭州: 浙江大学博士后出站报告, 2002: 49-53.
- [7] J. H. Han. 3D Geometric Reasoning Algorithm for Feature Recognition[D]. PhD Thesis of University of Southern California, 1996: 12-22.

A STUDY OF FEATURE RECOGNITION BASED ON HINT FROM STEP FILES

LI Mei-zhu, CHEN Rong

(Dept. of Engineering Management, Shaanxi Radio & TV University, Xi'an 710119, China)

Abstract: Feature recognition is an important means of seamless integration for the realization of CAD/CAM. This paper used hint-based geometry induced method combing the STEP feature to recognize manufacturing information from the STEP files, the specific methods and strategies solved the recognition problems of intersection feature. This paper recognized typical two5D_manufacturing_features of STEP-NC manufacturing features: slot, hole and pocket successfully.

Key words: STEP; feature recognition; hint; STEP-NC

(上接第 56 页)

- [4] 王楠楠, 陈建伟, 徐娟娟. 我国现行服装号型标准实践探讨[J]. 山东纺织科技, 2010, (5): 40-42.
- [5] 白莉红, 张文斌, 鄧晓磊. 服装号型标准中选择基本部位采用的数学理论研究[J]. 天津工业大学学报, 2006, (1): 33-36.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF MEASURING BODY SERVICE SYSTEM FOR CLOTHING MASS CUSTOMIZATION

WU Tao¹, WANG Yin²

(1. Department of Computer Science, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China; 2. Shandong Ruyi Group, Ji'ning 273500, China)

Abstract: In clothing mass customization, the size measurement paper documents and artificial categorization methods often lead to mistakes and more long period. This paper introduced a measuring body categorization system for clothing mass customization measuring service. It used a weighted and normalized minimum distance algorithm as well as the Web service technology. By practical proved that the system has significantly reduced the time of categorization operations, avoided many mistakes. Through the Web service interface, it can be established with different production management system connections.

Key words: mass customization; size categorization; weighted and normalized; Web service

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0063-04

特高压输电线路差动保护电容电流补偿方法

邵文权, 刘毅力, 李彦斌, 党幼云
(西安工程大学电信学院, 陕西 西安 710048)

摘要: 电流差动保护作为特高压长距离输电线路的主保护之一,其动作性能受线路分布电容电流的影响. 在传统分相电流差动保护的基础上,研究了一种基于故障测距的精确补偿分布电容电流的方法. 通过 ATP 仿真验证,表明该方法在内部故障时其补偿效果要优于半补偿方法,对于不带并联电抗器补偿的线路其效果更为显著,有利于提高现有差动保护内部故障时动作的灵敏度.

关键词: 特高压输电线路; 电流差动保护; 分布电容补偿; 故障测距

中图法分类号: TM711 **文献标识码:** A

0 引言

超/特高压长距离输电线路的分布电容电流是影响电流差动保护性能的主要因素^[1-4]. 目前,减少分布电容电流影响的方法主要有 3 种^[5-9]: (1) 补偿并联电抗器. 并联电抗器通常采取欠补偿方式,只能补偿稳态电容电流,对高频暂态电容电流补偿能力有限. (2) 电容电流补偿算法. 主要方法是通过电容电流稳态或时域补偿方法来做一定的弥补. (3) 采用差动保护新原理. 尚处于理论研究阶段,短期内难以应用于工业现场.

针对电流差动保护的傳統全相量判据、半补偿判据的缺点,本文提出了一种基于故障测距的精确补偿判据. 结合 1 000 kV 输电线路模型,在未补偿、半补偿、基于故障测距的补偿并在线路不带并联电抗器、带并联电抗器的情况下,采用 3 种判据对在线路发生内部故障情况下的性能进行了对比分析,以验证不同的电容电流补偿方法在超/特高压输电线路中的适用性和有效性,结果表明基于故障测距的精确补偿方式具有较好的补偿效果.

1 补偿判据

1.1 传统差动判据

全量判据:

$$\begin{cases} |\dot{I}_m + \dot{I}_n| > 0 \\ |\dot{I}_m + \dot{I}_n| > k |\dot{I}_m - \dot{I}_n| \end{cases}$$

辅助判据
主判据

(1)

故障分量判据:

$$\begin{cases} |\Delta \dot{I}_m + \Delta \dot{I}_n| > I_0 \\ |\Delta \dot{I}_m + \Delta \dot{I}_n| > k |\Delta \dot{I}_m - \Delta \dot{I}_n| \end{cases}$$

辅助判据
主判据

(2)

式中: \dot{I}_m 、 \dot{I}_n 为线路两端相电流; $\Delta \dot{I}_m$ 、 $\Delta \dot{I}_n$ 为线路两端电流的故障分量; k 为制动系数, $0 < k < 1$; I_0 为制动电流门槛.

* 收稿日期:2011-05-02
作者简介:邵文权(1978—),男,湖北省竹山县人,讲师,博士,研究方向:输电线路继电保护及自适应重合闸研究
基金项目:陕西省自然科学基金(No. 2010JM7013),陕西省教育厅自然专项(No. 09JK455)

式(1)、式(2)中的辅助判据主要用于防止线路空投或空载情况下装置因某种原因误动作. 只有当辅助判据和主判据同时满足时, 差动元件动作.

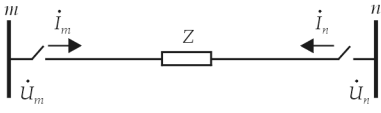


图 1 忽略分布电容的等值电路

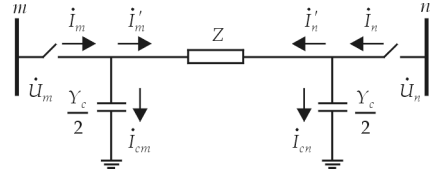


图 2 考虑分布电容的等值电路

当忽略分布电容电流的影响时, 等值电路如图 1 所示, 则正常运行或者区外故障时, 线路两侧电流和为零. 当计及线路分布电容电流后, 等值电路如图 2 所示, 正常运行或者区外故障时, 线路两侧电流和为该线路上的电容电流. 电容电流的存在使线路两端的测量电流不再满足大小相等而方向相反的条件, 从而直接影响了保护的灵敏度和可靠性^[3].

1.2 传统补偿判据

为了消除电容电流的影响, 可在线路中引入补偿电流进行补偿. 通常有 3 种补偿方式, 即全补偿方式、半补偿方式以及合闸前全补偿、合闸后半补偿方式. 仅以常见的半补偿为例进行说明, 由图 2 可得如下关系:

$$\begin{cases} I'_m = I_m - I_{cm} = I_m - U_m \frac{Y_c}{2} \\ I'_n = I_n - I_{cn} = I_n - U_n \frac{Y_c}{2} \end{cases} \quad (3)$$

式中: I'_m 、 I'_n 为补偿后线路两端的电流相量; U_m 、 U_n 为线路两端母线电压; Y_c 为线路全电容的导纳.

1.3 修正判据

正常运行和区外故障时, 传统半补偿方式效果很好, 保证了可靠性.

当线路内部发生故障时如图 3 所示, 传统半补偿方式受故障点影响非常大, 补偿很不准确, 故障点偏向一端时补偿后两端电流夹角仍很大, 灵敏度低, 很难满足特高压快速切除故障的要求^[10].

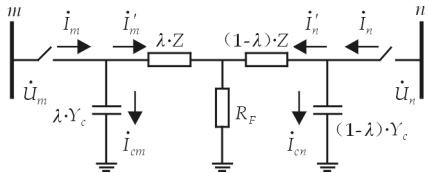


图 3 内部故障时考虑分布电容的等值电路

针对传统补偿方法在区内故障灵敏度低的缺点, 本文提出了一种基于故障测距的电容电流补偿方法, 在保证区外故障安全性的基础上, 大大提高了区内故障的灵敏度. 基于故障测距的电容电流补偿方式如下:

$$\begin{cases} I'_m = I_m - I_{cm} = I_m - U_m \frac{Y_c}{2} \cdot \lambda \\ I'_n = I_n - I_{cn} = I_n - U_n \frac{Y_c}{2} \cdot (1 - \lambda) \end{cases} \quad (4)$$

式中: $\lambda = \frac{l_m}{l}$, l_m 为 m 侧故障测距结果, l 为线路全长.

在正常运行和区外故障时 $\lambda = 0.5$, 和传统补偿的可靠性相同; 区内故障时, λ 值由测距结果决定, 实现更精确的补偿, 进而提高灵敏度.

对于故障分量判据, 则采用线路两端的故障分量电压、电流同样按照上式计算. 在实际计算中, 需要按照序网图计算出各序补偿电流, 再合成各相补偿电流. 考虑实际线路为具有均匀分布参数的超高压长线, 各序电容计算如下:

$$\begin{cases} Y_{c1} = Y_{c2} = \frac{2(\text{ch}\gamma_1 l - 1)}{Z_{c1} \text{sh}\gamma_1 l} \\ Y_{c0} = \frac{2(\text{ch}\gamma_0 l - 1)}{Z_{c0} \text{sh}\gamma_0 l} \end{cases} \quad (5)$$

式中: Y_{c1} 、 Y_{c0} 为正序和零序等值容抗; Z_{c1} 、 Z_{c0} 为正序和零序线路波阻抗; γ_1 、 γ_0 为正序和零序传播系

数.

2 仿真验证

用 ATP 建立 1 000 kV 双电源单回输电线路仿真模型,线路模型采用分布参数的贝瑞隆模型,线路参数来自晋东南-南阳特高压示范工程试验参数,具体参数见图 4.

系统阻抗参数:

$$Z_{1m}=0.80+j10.89\Omega, Z_{0m}=0.86+j52.74\Omega, Z_{1n}=3.15+j8.15\Omega, Z_{0n}=5.69+j14.18\Omega.$$

线路参数为:

$$R_1=0.0758\Omega/\text{km}, R_0=0.1542\Omega/\text{km}, L_1=0.8387\text{mH}/\text{km}, L_0=2.600\text{mH}/\text{km}, c_1=0.01397\mu\text{F}/\text{km}, c_0=0.009296\mu\text{F}/\text{km}.$$

电抗器参数: $X_{p1}=1260\Omega, X_{p2}=1680\Omega, X_{N1}=280\Omega, X_{N2}=370\Omega$.

分别考虑线路不带补偿并联电抗器和两端带并联补偿电抗器两种情况.

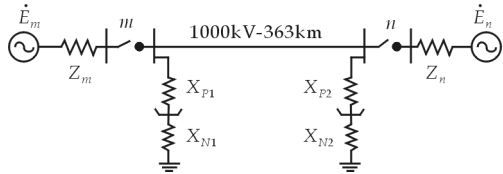


图 4 1 000 kV 输电线路系统

2.1 线路不带并联电抗器

假定故障发生时间为 10~40 ms,故障发生在区内靠近 m 端 50 km 处,A 相经 20 Ω 电阻接地.

图 5(a)、图 5(b)、图 5(c)分别为 m、n 侧 A 相电流未进行补偿、半补偿、故障测距补偿时的差动保护动作电流及制动电流.

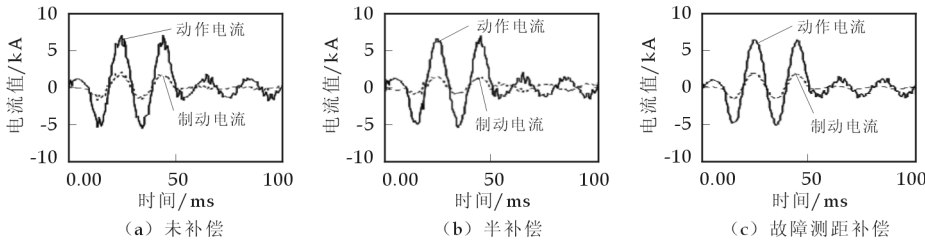


图 5 不同补偿情况下差动电流保护的对比分析

由图 5(a)~图 5(c) 可以看出:经补偿后的 n 侧电流较未补偿时幅值有所增大,由于故障点偏向 n 侧,此时基于故障测距的补偿精度高于半补偿方法, n 侧电流在基于故障测距的补偿效果要优于半补偿方式.

动作电流 $|\dot{I}_m + \dot{I}_n|$ 或 $|\dot{I}'_m + \dot{I}'_n|$ 的大小在 m、n 侧电流未补偿、半补偿、自适应补偿的情况下其值基本一致(由式(3)、(4)可知,当 m、n 侧电压接近一致时,动作电流恒定);而制动电流则在未补偿、半补偿、自适应补偿情况下有所差异,经补偿后的制动门槛 $|\dot{I}_m - \dot{I}_n|$ 或 $|\dot{I}'_m - \dot{I}'_n|$ 要低于未补偿时的制动门槛;且不同情况下的仿真结果也表明基于故障测距的自适应补偿在偏向线路两侧的内部故障时其制动门槛最低,性能优于半补偿法. 由于篇幅有限,其它的仿真计算分析结果就不再一一列出.

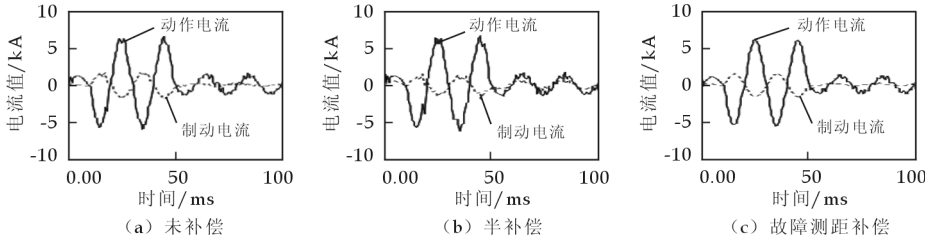


图 6 不同补偿情况下差动电流保护的对比分析

2.2 线路带并联电抗器

假定故障发生时间为 10~40 ms,故障发生在区内靠近 n 端 50 km 处,A 相经 20 Ω 电阻接地. 图 6(a)、图 6(b)、图 6(c) 分别为 m、n 侧 A 相电流未进行补偿、半补偿、故障测距补偿时的差动保护动作电流

及制动电流。

由图 6(a) ~ 图 6(c) 可以看出:动作电流 $|I_m + I_n|$ 或 $|I'_m + I'_n|$ 的大小在 m, n 侧电流未补偿、半补偿、自适应补偿的情况下其值基本一致,与不带并联电抗器情况相似;而制动电流则在未补偿、半补偿、自适应补偿情况下差异很小,制动门槛 $|I_m - I_n|$ 或 $|I'_m - I'_n|$ 此时补偿效果不明显,主要是由于高补偿度并联电抗器的引入,使得 $I_{Lm} - I_{cn}, I_{Ln} - I_{cn}$ (I_{Lm}, I_{Ln} 分别为 m, n 侧的并联电抗器的补偿电流)值变小,削弱了进行线路分布电容补偿的效果,尤其是对于接近完全补偿的线路,线路分布电容对差动保护影响微弱,可不进行电容电流补偿。

3 结束语

特/超高压长线路发生区内故障时,采用固定的电容值计算补偿电流的方式受故障点位置的影响很大,当故障偏向线路一端时,远离故障点一侧补偿误差大,从而影响差动保护的灵敏度。本文提出的基于故障测距的精确补偿方法在内部发生故障时可根据故障位置精确补偿电容电流,区内非中点处故障时灵敏度得到提高,有望作为特高压长线路电流差动保护的电容电流补偿措施。需要指出的是,故障测距的快速性及准确性是制约该方法使用的主要因素,在实时快速故障测距技术日益成熟的基础上,该方法具有良好的应用前景。

参考文献

- [1] 沈晓凡,栗小华,周春霞. 750 kV 输电线路对继电保护的影响[J]. 电力设备,2006,(1): 18-19.
- [2] 李瑞生,索南加乐. 750 kV 输电线路的特殊问题及其对线路保护的影响[J]. 继电器,2006,34(3): 1-4.
- [3] 陈德树,唐 萃,尹项根,等. 特高压交流输电继电保护及相关问题[J]. 继电器,2007,35(5):1-3.
- [4] 伍叶凯,邹东霞. 电容电流对差动保护的影响及补偿方案[J]. 继电器,1997,25(4):4-8.
- [5] 索南加乐,张悱宁,齐 军,等. II 模型时域电容电流补偿的电流差动保护研究[J]. 中国电机工程学报,2006,26(5): 12-18.
- [6] 吴通华,郑玉平,朱晓彤. 基于暂态电容电流补偿的线路差动保护[J]. 电力系统自动化,2005,29(12): 61-67.
- [7] 郭 征,贺家李. 输电线纵联差动保护的新原理[J]. 电力系统自动化,2004,28(11):1-5.
- [8] 汤 俊,王晓茹. 反应重负荷下高阻故障的稳态量线路差动保护判据[J]. 中国电机工程学报,2008,28(4):72-77.
- [9] 索南加乐,刘 凯,张悱宁. 基于电阻性差流的差动保护新原理[J]. 电力系统自动化,2007,31(16): 45-49.
- [10] 桑丙玉,王晓茹. 特高压长线路电流差动保护自适应电容电流补偿方法[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(8): 1-5.

COMPENSATION ALGORITHM OF CAPACITANCE CURRENT TO DIFFERENTIAL PROTECTION IN UHV LINES

SHAO Wen-quan, LIU Yi-li, LI Yan-bin, DANG You-yun

(School of Electrical and Information Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: Differential current protection is widely applied on ultra-high-voltage (UHV) transmission lines, whose performance is restricted by distributed capacitance current of the long-distance transmission line. Based on analysis of the traditional phasor differential current protection, a compensation method based on fault location is developed. ATP simulation results show that the proposed algorithm is better than traditional compensation algorithm, especially in the inner faults. Moreover, the proposed algorithm is more suitable to non-reactor transmission lines, and it is helpful to improve the sensitivity of present differential current protection.

Key words: UHV transmission line; differential current protection; distributed capacitance compensation; fault location

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0067-05

基于 SVPWM 的异步电动机矢量控制系统仿真

段 峻

(陕西工业职业技术学院电气工程学院, 陕西 咸阳 712000)

摘 要:在分析了交流异步电机数学模型的基础上,提出了交流异步电机控制系统仿真建模的新方法,建立了基于 SVPWM 的异步电机矢量控制系统模型,并在 Matlab/Simulink 中进行了仿真.该模型结构相对简单,参数调整方便有效.仿真结果表明,系统的转矩脉动降低,电流畸变减小,具有良好的静、动态性能,充分证明了该模型的可行性与有效性.

关键词:交流调速系统; 矢量控制; SVPWM; 仿真

中图法分类号:TM343

文献标识码:A

0 引 言

交流传动技术从理论上解决了交流调速系统在静动态性能上与直流传动相媲美的问题.矢量控制技术模仿直流电动机的控制,以转子磁场定向,用矢量变换的方法实现了对交流电动机转速和磁链控制的完全解耦,目前交流调速系统的应用越来越广泛^[1].交流电机有比较确定的数学模型,因其结构简单、可靠性高、性能优良、输出转矩大等特点,交流异步电机应用广泛,且随着交流异步电机应用领域的不断拓宽,对电机控制系统的设计要求也越来越高,既要考虑成本低廉、控制算法合理,又需兼顾控制性能好、开发周期短等要求,为此建立有效的交流异步电机控制系统的仿真模型已成为电机控制算法设计人员迫切需要解决的关键问题.目前,SPWM 和电流滞环调制器已被广泛应用于矢量控制系统中,但利用率低、脉动大等问题一直没有得到很好的解决.

本文在分析交流异步电机数学模型的基础上,借助于 Matlab 强大的仿真建模能力,利用 Simulink 中内含的功能元件,提出了一种基于 SVPWM 的建立异步电机矢量控制系统仿真模型的新方法^[2],该方法简捷、效果理想.仿真结果证明了这种新型建模方法的快速性和有效性.

1 交流异步电动机模型

三相交流异步电机是一个高阶、非线性、强耦合的多变量系统.为了便于分析,假定:(1)三相绕组对称,忽略空间谐波,磁势沿气隙圆周按正弦分布;(2)忽略磁饱和,各绕组的自感和互感都是线性的;(3)忽略铁损,不计涡流和磁滞损耗;(4)不考虑频率和温度变化对绕组的影响.则三相定子的电压方程可表示为:

$$\begin{cases} U_A = r_1 i_A + P\psi_A \\ U_B = r_1 i_B + P\psi_B \\ U_C = r_1 i_C + P\psi_C \end{cases} \quad (1)$$

式中: U_A 、 U_B 、 U_C 为定子三相电压; i_A 、 i_B 、 i_C 为定子三相电流; ψ_A 、 ψ_B 、 ψ_C 为定子三相绕组磁链; r_i 为定子各相绕组电阻; P 为微分算子, $P = d/dt$.

* 收稿日期:2011-04-13

作者简介:段 峻(1976—),男,陕西省汉中市人,讲师,硕士,研究方向:电气传动控制

三相转子的电压方程为:

$$\begin{cases} U_a = r_2 i_a + P\psi_a \\ U_b = r_2 i_b + P\psi_b \\ U_c = r_2 i_c + P\psi_c \end{cases} \quad (2)$$

式中: U_a 、 U_b 、 U_c 为转子三相电压; i_a 、 i_b 、 i_c 为转子三相电流; ψ_a 、 ψ_b 、 ψ_c 为转子三相绕组磁链; r_2 为转子各相绕组电阻.

磁链方程为:

$$\begin{bmatrix} \psi_A \\ \psi_B \\ \psi_C \\ \psi_a \\ \psi_b \\ \psi_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{AA} & L_{AB} & L_{AC} & L_{Aa} & L_{Ab} & L_{Ac} \\ L_{BA} & L_{BB} & L_{BC} & L_{Ba} & L_{Bb} & L_{Bc} \\ L_{CA} & L_{CB} & L_{CC} & L_{Ca} & L_{Cb} & L_{Cc} \\ L_{aA} & L_{aB} & L_{aC} & L_{aa} & L_{ab} & L_{ac} \\ L_{bA} & L_{bB} & L_{bC} & L_{ba} & L_{bb} & L_{bc} \\ L_{cA} & L_{cB} & L_{cC} & L_{ca} & L_{cb} & L_{cc} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \\ i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中 L_{ij} 为绕组间互感($i, j = A, B, C, a, b, c$).

电磁转矩方程为:

$$T_e = \frac{1}{2} n_p i^T \frac{\partial L}{\partial \theta} i \quad (4)$$

式中: n_p 为电机极对数; θ 为角位移.

运动方程为:

$$T_e - T_l = \frac{J}{n} \frac{d\omega}{dt} \quad (5)$$

式中: T_e 为电磁转矩; T_l 为负载转矩; ω 为电机机械角速度; J 为转动惯量.

2 基于 SVPWM 的异步电动机矢量控制系统

矢量控制的思想是将电机三相定子电流解耦成空间相位相差 90° 的转矩电流和励磁电流并分别进行控制. 在转子磁场定向下, 异步电动机矢量控制系统可以被分解为转速和磁场两个独立的子系统.

根据异步电动机矢量控制系统原理, 控制系统一般采用双闭环控制方案, 即转速环、电流环. 这里, 电流环和转速环采用 PI 控制. 外环的 PI 参数很重要, 主要是由于外环决定系统性能, 噪声等因素给内环带来的扰动也可由外环加以抑制或弥补. 为提高系统的转矩性能, 系统利用电压空间矢量确定逆变器的开关状态. 异步电机的转矩电流 i_{sq} 、励磁电流 i_{sd} 两个电流与给定电流比较后, 经过 PI 控制器调节和 $2/3$ 变换生成三相电压, 即为矢量运算器的输入量. 矢量运算后生成控制逆变器开关状态的触发脉冲. 根据模块化建模的思想, 将控制系统分割为各个功能独立的子模块, 其中主要包括交流异步电机本体模块、矢量控制模块、帕克变换模块、坐标变换模块、电流滞环控制模块、速度控制模块、转矩计算模块和电压逆变模块. 通过这些功能模块的有机整合, 就可在 Matlab/Simulink 中搭建出交流异步电机控制系统的仿真模型, 并实现双闭环的控制算法.

2.1 坐标变换模块

从三相静止/二相静止(C3S/2S)变换的数学模型如下:

$$\begin{pmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{pmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{pmatrix}$$

其仿真结构如图 1 所示.

而从二相静止/MT 坐标系(C2S/2r)变换的数学模型如下:



2.2 SVPWM 模块

常规的 SPWM 不能充分利用馈电给逆变器的直流电压, 调节过程中依然会有某些高次谐波分量, 而引起电机发热、转矩脉动和系统振荡等. 目前电压矢量脉宽调制技术(SVPWM)以其物理概念清晰、算法简单、易于实现的特点, 在中小功率调速系统中得到了广泛的应用^[3], 其仿真结构图如图 3 所示.

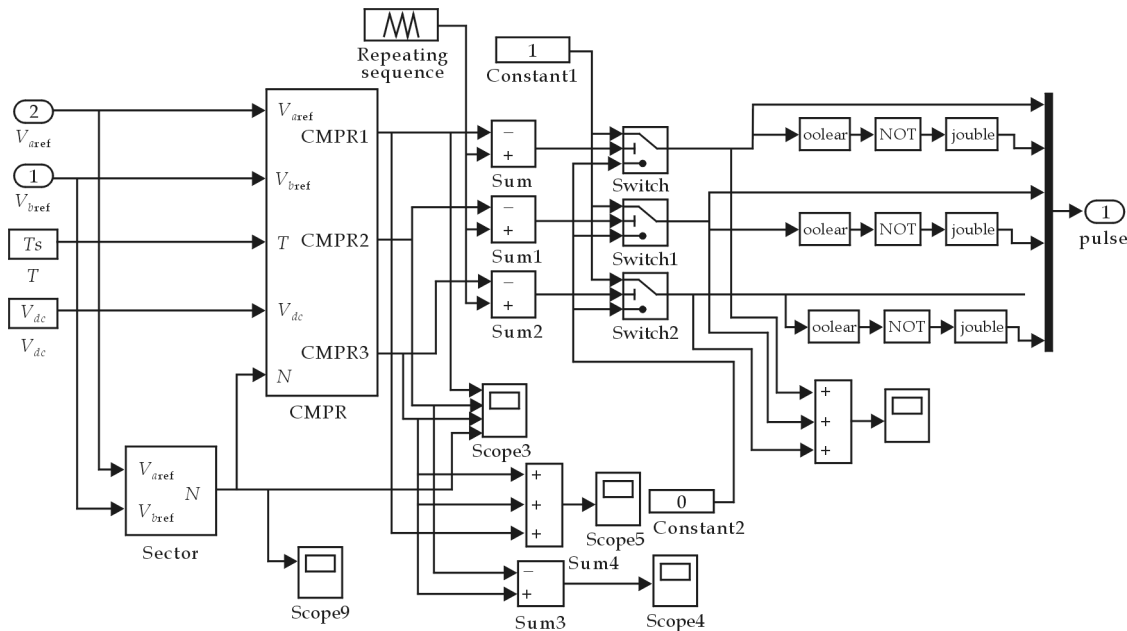


图 3 SVPWM 模块结构框图

2.3 速度控制模块

速度控制模块的结构较为简单,如图 4 所示,单输入:参考转速和实际转速的差值,单输出:参考电磁转矩 T_e 。其中, K_p 为 PI 控制器中 P(比例)的参数, K_i 为 PI 控制器中 I(积分)的参数, Saturation 饱和限幅模块可将输出的参考电磁转矩的幅值限定在要求范围内。

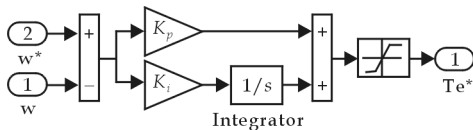


图 4 速度模块结构框图

2.4 转子磁链观测模块

转子磁链观测器的原理:反馈回的定子电流经过三相/两相变换成坐标系 α 、 β 轴系上的两相电流 $i_{\alpha l}$ 、 $i_{\beta l}$, 再经过 D 、 Q 坐标系变换成定子电路在 D 、 Q 轴系的两相电流 i_{dl} 、 i_{ql} , 由以下公式可得到转子磁链: $i_{sd} = \frac{T_r P + 1}{R_2} \phi_r$, 由上式可得 $\phi_r = \frac{L_d}{T_r P + 1} i_{sd}$, 式中 $T_r = \frac{L_r}{R_r}$ 为转子励磁时间常数. 又因为 $i_{rq} = -\frac{L_d}{L_r} i_{sq}$, $\omega_s = -\frac{R_r}{\phi_r} i_{rq}$, 所以 $\omega_s = -\frac{L_m i_{sq}}{T_r \phi_r} i_{rq}$, 而 $\omega = \omega_1 + \omega_s$, 转子磁链的相位角是定子角频率的积分, 即 $\theta = \int \omega dt$. 实践证

明这种磁链观测器更适合微机实时仿真运算,且容易收敛,也易于实现,其仿真结构如图 5 所示.

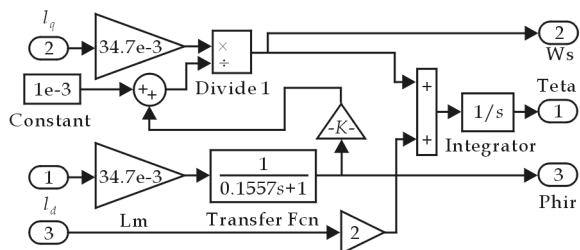


图 5 转子磁链观测模块结构框图

动机的转子角速度、三相电流、电磁转矩等^[4,5].

3 仿真结果

本文在 Matlab/Simulink 中进行仿真,控制系统仿真模型如图 6 所示,主要包括电动机模块、坐标变换模块(2/3, 3/2 变换等)、控制器模块(速度控制器和电流控制器)以及一些输入模块、SVPWM、计算模块、示波器模块和限幅模块等. 异步电动机仿真模型的输入为限幅模块输出的三相交流电压,其输出为电

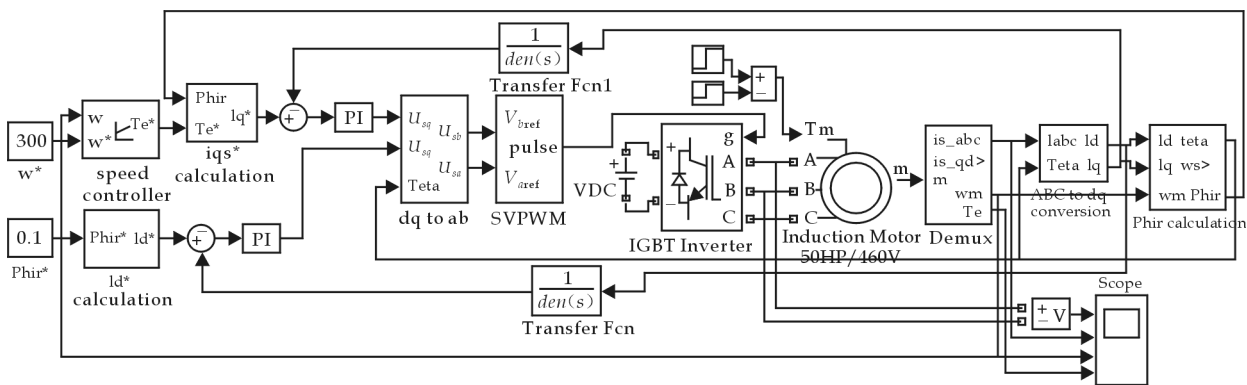


图 6 异步电动机矢量控制系统的仿真平台

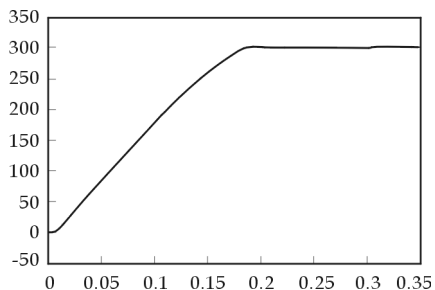


图 7 加减负载下的速度响应曲线

电机参数如下:额定功率 50 HP,额定电压 3 800 V,额定频率 50 Hz,定子电阻 $R_s=0.087 \Omega$,转子电阻 $R_r=0.228 \Omega$,定子自感 $L_s=33.9e-3 \text{ H}$,转子自感 $L_r=33.9e-3 \text{ H}$,定转子互感 $L_m=34.7e-3 \text{ H}$,转动惯量 $J=0.20 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$,给定速度 $\omega=300 \text{ rad/s}$,初始磁链为 $\psi=0.1$,并在 $t=0.2 \text{ s}$ 时加负载转矩,负载转矩为 $T_L=100 \text{ N} \cdot \text{m}$, $t=0.3 \text{ s}$ 时取消负载. 在此条件下,仿真了系统的动、静态性能,系统速度上升到稳定状态只需 0.18 s. 系统空载启动,待进入稳定状态后,在 0.2 s 突加负载,在 0.3 s 取消负载,如图 7 所示,可见系统响应速度快,速度波动小,稳态精度高,几乎没有超调,转矩变化和电流响应曲线分别如图 8、9 所示.

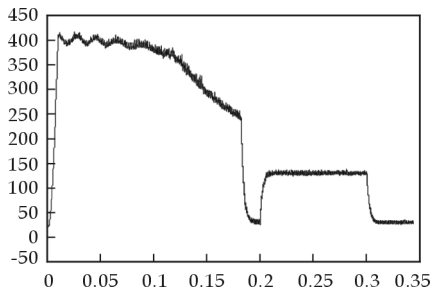


图 8 加减负载下的电磁转矩响应曲线

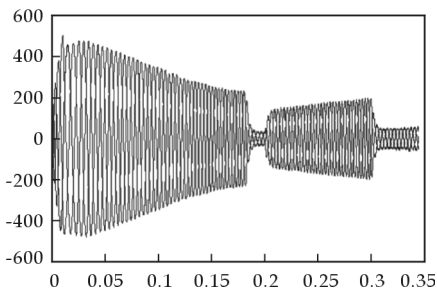


图 9 加减负载下的电流响应曲线

可以看出,基于 SVPWM 的异步电动机矢量控制系统的转矩脉动降低,电流畸变减小,体现了 SVPWM 的优势,证明了本文所提出的交流异步电机仿真建模方法的合理性和有效性.

4 结束语

本文采用 SVPWM 取代常规的 SPWM 和电流滞环,并在 Matlab/Simulink 中对基于 SVPWM 的异步电动机矢量控制系统进行了仿真. 仿真结果表明,系统动态性能更好,响应时间更快,转矩的脉动降低,电流的畸变减小,证明了将 SVPWM 运用到矢量控制系统中的可行性和有效性. 采用该交流异步电机仿真模型,可以十分便捷地实现和验证控制算法,且只需对部分功能模块进行替换或修改就可实现控制策略的改换或改进,不仅可以节省控制方案的设计周期,快速验证所设计的控制算法,而且可以充分利用计算机仿真的优越性,通过修改系统参变量或人为加入不同扰动因素来考察不同实验条件下电机系统的动、静态性能,或者模拟相同的实验条件,比较不同控制策略的优劣,为分析和设计交流异步电机控制系统提供了有效的手段和工具,也为实际电机控制系统的设计和调试提供了新的思路.

参 考 文 献

[1] 陈伯时. 电力拖动自动控制系统-运动控制(第 3 版)[M]. 北京: 机械工业出版社,2003.
[2] 华风雷. 基于 Mat lab/S im ulink 语言的交流调速系统仿真[J]. 包头钢铁学院学报,1998,(1): 88-92.
[3] 张纯江,漆汉宏. 空间矢量 PWM 与正弦 PWM 的比较研究[J]. 信息技术,2000,(5):64-67.
[4] 杨 勇,张建峡,许德志. 基于 MATLAB/ SIMULINK 交流调速系统的仿真研究[J]. 贵州工业大学学报,2005,(4):37-41.
[5] 毛晓英,罗文广. 基于 MATLAB/ SIMULINK 的异步电动机矢量控制调速系统仿真[J]. 东北电力技术,2004,(1):14-16.

SIMULATION OF ASYNCHRONOUS MOTOR
SVPWM VECTOR CONTROL SYSTEM

DUAN Jun

(Department of Electrical Engineering, Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000,China)

Abstract: This paper analyze asynchronous motor mathematical model, puts forward the new method to build simulation mathematical model of asynchronous motor control system, arrives at the asynchronous motor SVPWM vector control system mathematical model, and simulate using Matlab/Simulink. The mathematical model's structure is a simple model to tuning parameter. This paper gets the simulation result, and the result proves system's torque impulse and current distortion falling, dynamic property and static performance promoting, and the mathematical model possess feasibility.

Key words: AC governing system; vector control; SVPWM; Simulation

省教育厅考察我校 2011 年产业化培育项目

6 月 14 日,省教育厅科学技术处处长甘世平、副处长杨晓研一行,来校现场考察 2011 年我校在省教育厅承担的四项产业化培育项目,即《应用电弧离子镀规模化生产高性能钢领技术的开发》、《有机硅乳液型消泡剂应用技术研究》、《倍半硅氧烷杂化水性氟碳涂料的研究与产品试制》、《浓缩果汁厂在线回收制备苹果多酚工艺研究及中试》. 我校科技处负责人陪同参加了现场考察.

在认真听取项目负责人的汇报后,甘世平一行对四个项目所依托的重点实验室进行了现场考察,并对我校 2010 年立项的产业化培育项目进行了中期进展情况检查. 最后,甘世平充分肯定了我校 2010 年产业化项目的研究进展情况,指出高校的科研工作必须要与企业相结合,努力挖掘项目的产业化潜能,并转化为现实的经济效益.

光传送网中的故障定位算法研究

朱国晖¹, 张煜²

(1. 西安邮电学院通信工程系, 陕西 西安 710061; 2. 陕西省电信公司钟楼分局, 陕西 西安 710001)

摘要:在光传送网(OTN)中的任何故障均会造成网络服务质量的降低,如已经建立的连接突然中断或传输质量下降等.在 OTN 的基础上,作者研究了故障定位算法,并考虑了网络发生单个和多个故障情况下的故障定位问题,基于已有的二进制树算法提出了改进的思路,采用四叉树的方法,提高了故障定位的效率,进而提高了整个网络的有效性和可靠性.

关键词:故障定位;告警;光传送网

中图法分类号:TN915.07

文献标识码:A

0 引言

从光纤通信技术来看,光网络是一个非常活跃的领域.光网络技术的进一步发展,给我们带来了更高的带宽和更多的业务量,但同时在故障监控管理上也给网络运营商带来了新的挑战^[1-3].由于 OTN 中一旦有一个故障产生就会触发多个报警,因此必须找到有效的方法来定位故障,提高网络整体的使用效率.

1 OTN 故障定位概述

网络的保护恢复对时间有严格的要求,保护一般在 50 ms 内完成,恢复要求在 200 ms 内完成^[1].对于全光网而言,如果网络得不到及时的保护和恢复,将造成业务的大量损失;而保护和恢复都依赖于故障准确定位,所以故障定位必须要在最短时间内准确完成.

在 OTN 中,生存性的重要性日益突出.对故障定位提出了新的要求,即要将故障定位分为实时和非实时两个部分,实时的部分主要解决生存性,而非实时的部分主要解决故障的维护和管理.因为生存性是靠网络的保护和恢复机制来保证的,而保护和恢复都是靠资源的重新选择和分配来完成的,所以为生存性故障定位仅仅需要定位到具体的链路、光纤、波长和节点这些具体的资源即可.在 OTN 中,实时的故障定位可以通过控制信息来完成,非实时的部分主要由网管和网络操作者来解决.

2 基于二进制树故障定位算法的参数的定义与假设

算法中的元件包括以下 3 种^[4]:

(1)设备 CP:定义包括:①它属于某个分类,②是某分类中的某个设备.定义这样的一系列网络设备为 N.

(2)告警 A:定义包括:①告警的发出设备,②告警的内容.

(3)信道 $CH_i = \{CP_j\}$:可以看出是许多设备的一个集合.这里规定信道都是单向的,双向的视为一对单向信道.同时,定义一个位置函数 $Pos(CP, CH_i)$,表示在信道 CH_i 上的 CP 的位置.若 CP 不在 CH_i

* 收稿日期:2011-05-21

作者简介:朱国晖(1969—),男,北京市人,副教授,硕士,研究方向:网络管理及生存性技术
基金项目:陕西省教育厅项目(批准号:07JK377)

上,则 $\text{Pos}(\text{CP}, \text{CHi}) = 0$.

算法的输入有 5 种:

- (1)设备序列:当网络建立或更改时,它的值会有添加、修改或者删除.
- (2)信道序列:当信道建立或更改时,它的值会有添加、修改或者删除.
- (3)告警序列:管理器接收到新告警信息,则算法会给出可能故障的设备.
- (4)漏报警门限:定义为 $m1$,根据具体情况设定.
- (5)误报警门限:定义为 $m2$,根据具体情况设定.

$m1$ 和 $m2$ 被统称为不匹配门限,它们的存在使二进制故障定位算法的实用性得到加强.

3 基于二进制树的故障定位算法

3.1 单故障的定位

整个算法的实施可以分为两步. 第一步是预运算(PCP)^[4],也是整个算法的核心步骤. 在预运算过程中,要完成对各个元件软硬件故障告警设备集的计算,并建立起二进制树;第二步是故障定位,即在遍历二进制树后,通过对叶子节点的查询,确定故障发生的位置.

在预运算过程中,会用到 4 个参数,分别是硬故障告警设备集 $\text{HD}(\text{CP})$ 、合并告警设备集 Ct 、二进制转换向量集合 $\text{Bin}(\text{Ct})$ 、可能故障设备集 $\text{U}(\text{Ct})$.

(1)计算告警设备集. 由图 1 及上一节中的运算函数可以计算出每个元件发生故障时的告警设备集:

$\text{HD}(\text{P1}) = \{\text{E3}, \text{E4}\}$, $\text{HD}(\text{P2}) = \{\text{E3}, \text{E4}\}$, $\text{HD}(\text{P3}) = \{\text{E1}, \text{E3}, \text{E4}\}$, $\text{HD}(\text{P4}) = \{\text{E1}\}$, $\text{HD}(\text{P5}) = \{\text{E1}\}$, $\text{HD}(\text{P6}) = \{\text{E4}\}$, $\text{HD}(\text{P7}) = \{\text{E2}, \text{E4}\}$, $\text{HD}(\text{P8}) = \{\text{E2}\}$, $\text{HD}(\text{P9}) = \{\text{E2}\}$, $\text{HD}(\text{E1}) = \text{NULL}$, $\text{HD}(\text{E2}) = \text{NULL}$, $\text{HD}(\text{E3}) = \{\text{E4}\}$, $\text{HD}(\text{E4}) = \text{NULL}$.

(2)合并告警设备集. 将告警设备集相同的情况进行合并,以尽可能地减少储存空间. 合并后如下:

$\text{C1} = \text{HD}\{\text{P1}\} = \text{HD}\{\text{P2}\} = \text{HD}\{\text{E3}, \text{E4}\}$, $\text{C2} = \text{HD}\{\text{P3}\} = \{\text{E1}, \text{E3}, \text{E4}\}$, $\text{C3} = \text{HD}\{\text{P4}\} = \text{HD}\{\text{P5}\} = \{\text{E1}\}$, $\text{C4} = \text{HD}\{\text{P6}\} = \text{HD}\{\text{E3}\} = \{\text{E4}\}$, $\text{C5} = \text{HD}\{\text{P7}\} = \{\text{E2}, \text{E4}\}$, $\text{C6} = \text{HD}\{\text{P8}\} = \text{HD}\{\text{P9}\} = \{\text{E2}\}$.

(3)构建二进制转换向量. 将上一步所得到的集合进行二进位化,即变为一个二进制向量. 向量中的 1 是上一步集合中的 Ei . 若集合中存在 Ei ,则向量第 i 位为 1,否则为 0. 因此也可以知道,向量的长短即取决于告警设备的个数: $\text{Bin}(\text{C1}) = (0011)$, $\text{Bin}(\text{C2}) = (1011)$, $\text{Bin}(\text{C3}) = (1000)$, $\text{Bin}(\text{C4}) = (0001)$, $\text{Bin}(\text{C5}) = (0101)$, $\text{Bin}(\text{C6}) = (0100)$.

(4)由(3)中的 $\text{Bin}(\text{Ct})$,再根据(2)中的等式,可以得到可能故障的设备集: $\text{U}(\text{C1}) = \{\text{P1}, \text{P2}\}$, $\text{U}(\text{C2}) = \{\text{P3}\}$, $\text{U}(\text{C3}) = \{\text{P4}, \text{P5}\}$, $\text{U}(\text{C4}) = \{\text{P6}, \text{E3}\}$, $\text{U}(\text{C5}) = \{\text{P7}\}$, $\text{U}(\text{C6}) = \{\text{P8}, \text{P9}\}$.

(5)通过(3)、(4)构建二进制故障树,如图 2 所示. 二进制树的深度就是二进制向量的长,也就是告警设备个数. 在网络内发生故障时,通过查询二进制树的路径,到达某一节点,便可找到对应的可能发生故障的设备集,从而定位故障.

举例来说,假设管理器接收到了 E1 、 E3 和 E4 的报警,那么可得二进制向量为 $\text{Bin}(\text{Ct}) = (1011)$,对应的叶节点为

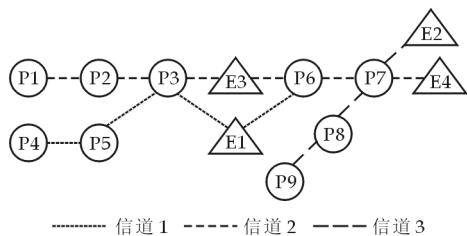


图 1 单故障定位的网络模型

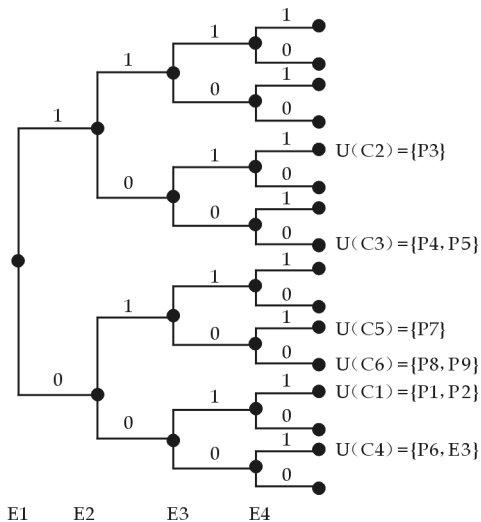


图 2 理想状况下单故障的二进制故障树

$U(C2) = \{P3\}$, 则可知故障元件为 P7.

在非理想状况下, 如图 2 中的情况, 有些向量所对应的节点是空的. 如果最终定位在这些空节点, 则说明在定位过程中发生了错误. 这样的错误可能是误报警或者漏报警, 那么这时便要引入不匹配门限 $m1$ 和 $m2$ 了.

①当 $m1=1, m2=0$ 时. 这种状况表示有漏报警情况, 将这种状况下转换来的二进制向量记作 $Bin1(Ct)$, 此时可根据以下公式得到 $Bin(Ct)$ 对应的 $Bin1(Ct)$:

$$Bin1(Ct) \text{ OR } Bin(Ct) = Bin(Ct), W[Bin1(Ct)] = W[Bin(Ct)] - m1$$

其中 $W[Bin(Ct)]$ 表示码字的重量.

②当 $m1=0, m2=1$ 时. 这种状况表示有误报警情况, 转换来的二进制向量记作 $Bin2(Ct)$, 此时:

$$Bin2(Ct) \text{ OR } Bin(Ct) = Bin2(Ct), W[Bin2(Ct)] = W[Bin(Ct)] + m2$$

③当 $m1=1, m2=1$ 时. 这种状况表示既有漏报警也有误报警的情况, 转换的二进制向量记作 $Bin3(Ct)$, 此时:

$$W[Bin(Ct) \oplus Bin3(Ct)] = m1 + m2, W[Bin(Ct)] = W[Bin3(Ct)] + m1 - m2$$

4 多故障的定位算法

一般来说, 同时发生 3 个及以上故障的可能性较低^[5], 这里将以发生 2 个故障的例子来说明多故障的情况.

4.1 多重故障时的告警设备集

假设两个元件 CP_i 和 CP_j , 其告警设备集为 C_i, C_j , 当它们同时故障时, 其告警设备集为 C_k , 则可以发现 $C_k = C_i \cup C_j$. 进一步可知转化的二进制向量: $Bin(C_k) = Bin(C_i \cup C_j) = Bin(C_i) \cup Bin(C_j)$, 由此不难得到合并后的可能故障设备集: $U(C_k) = U(C_i \cup C_j) = \{CP_i, CP_j\}$, 此时 $U(C_k)$ 对应的 $Bin(C_k)$ 有两种可能: 第一种是 $Bin(C_k)$ 和已存在的某个故障的 $Bin(C_i)$ 一样: $Bin(C_i) \cup Bin(C_j) = Bin(C_i)$ 或 $Bin(C_i) \cup Bin(C_j) = Bin(C_j)$; 第二种是 $Bin(C_k)$ 完全不同于之前的向量, 此时就是一个新的叶子节点: $Bin(C_i) \cup Bin(C_j) = Bin(C_k)$.

将其加入二进制树的空节点, 之后继续填充, 若 2 个故障的情况讨论完后仍有空着的叶子节点, 则可以考虑发生了更多故障的情况^[6].

下面给出发生 2 个故障时的具体的建树过程(参考图 1).

(1) 计算告警设备集:

$HD(P1) = \{E3, E4\}, HD(P2) = \{E3, E4\}, HD(P3) = \{E1, E3, E4\}, HD(P4) = \{E1\}, HD(P5) = \{E1\}, HD(P6) = \{E4\}, HD(P7) = \{E2, E4\}, HD(P8) = \{E2\}, HD(P9) = \{E2\}, HD(E1) = NULL, HD(E2) = NULL, HD(E3) = \{E4\}, HD(E4) = NULL.$

(2) 合并告警设备集:

$C1 = HD\{P1\} = HD\{P2\} = HD\{E3, E4\}, C2 = HD\{P3\} = \{E1, E3, E4\}, C3 = HD\{P4\} = HD\{P5\} = \{E1\}, C4 = HD\{P6\} = HD\{E3\} = \{E4\}, C5 = HD\{P7\} = \{E2, E4\}, C6 = HD\{P8\} = HD\{P9\} = \{E2\}.$

(3) 计算发生 2 个故障的告警设备集:

$C1 \cup C2 = \{E1, E3, E4\}, C1 \cup C3 = \{E1, E3, E4\}, C1 \cup C4 = \{E3, E4\}, C1 \cup C5 = \{E2, E3, E4\}, C1 \cup C6 = \{E2, E3, E4\}, C2 \cup C3 = \{E1, E3, E4\}, C2 \cup C4 = \{E1, E3, E4\}, C2 \cup C5 = \{E1, E2, E3, E4\}, C2 \cup C6 = \{E1, E2, E3, E4\}, C3 \cup C4 = \{E1, E4\}, C3 \cup C5 = \{E1, E2, E4\}, C3 \cup C6 = \{E1, E2\}, C4 \cup C5 = \{E2, E4\}, C4 \cup C6 = \{E2, E4\}, C5 \cup C6 = \{E2, E4\}.$

(4) 合并相同的告警设备集:

$C3 = \{E1\}, C4 = \{E4\}, C6 = \{E2\}, C7 = C3 \cup C6 = \{E1, E2\}, C8 = C5 = C4 \cup C5 = C4 \cup C6 = C5 \cup C6 = \{E2, E4\}, C9 = C1 = C1 \cup C4 = \{E3, E4\}, C10 = C3 \cup C4 = \{E1, E4\}, C11 = C3 \cup C5 = \{E1, E2, E4\}, C12 = C2 = C1 \cup C2 = C1 \cup C3 = C2 \cup C3 = C2 \cup C4 = \{E1, E3, E4\}, C13 = C1 \cup C5 = C1 \cup C6 = \{E2, E3, E4\},$

$C14 = C2 \cup C5 = C2 \cup C6 = \{E1, E2, E3, E4\}$.

(5) 二进制转换:

$\text{Bin}(C3) = (1000)$, $\text{Bin}(C4) = (0001)$, $\text{Bin}(C6) = (0100)$, $\text{Bin}(C7) = (1100)$, $\text{Bin}(C8) = (0101)$, $\text{Bin}(C9) = (0011)$, $\text{Bin}(C10) = (1001)$, $\text{Bin}(C11) = (1101)$, $\text{Bin}(C12) = (1011)$, $\text{Bin}(C13) = (0111)$, $\text{Bin}(C14) = (1111)$.

4.2 多种设备的故障定位

这里所说的多种设备包括 P, A1, A2, A3, M, 其故障定位的思路与两种设备时基本相同. 下面, 按照给出的图 3 为例来说明多设备时基于二进制树的故障定位算法^[7,8].

这里对图 3 的几个元件进行分析. 首先写出告警设备集并进行合并:

$C1 = \text{HD}\{E1\} = \{E1, E3, E8, E9\}$, $C2 = \text{SD}\{E1\} = \{E3, E8\}$, $C3 = \text{HD}\{E2\} = \{E2, E3, E5, E6\}$, $C4 = \text{SD}\{E2\} = \{E3, E5\}$, $C5 = \text{HD}\{E3\} = \text{HD}\{P1\} = \{E3, E5, E6, E8, E9\}$, $C6 = \text{SD}\{E3\} = \text{SD}\{P1\} = \{E3, E5, E8\}$, $C7 = \text{HD}\{E4\} = \{E4, E5, E6, E8, E9\}$, $C8 = \text{SD}\{E4\} = \text{SD}\{P2\} = \{E5, E8\}$, $C9 = \text{HD}\{E5\} = \{E5, E6\}$, $C10 = \text{SD}\{E5\} = \{E5\}$, $C11 = \text{HD}\{P2\} = \{C5, C6, C8, C9\}$, $C12 = \text{HD}\{E7\} = \{E7, E8, E9\}$, $C13 = \text{SD}\{E7\} = \text{SD}\{P4\} = \{E8\}$, $C14 = \text{HD}\{E8\} = \text{HD}\{P4\} = \{E8, E9\}$.

相应二进制转换: $\text{Bin}(C1) = (101000011)$, $\text{Bin}(C2) = (001000010)$, $\text{Bin}(C3) = (011011000)$, $\text{Bin}(C4) = (001010000)$, $\text{Bin}(C5) = (001011011)$, $\text{Bin}(C6) = (001010010)$, $\text{Bin}(C7) = (000111011)$, $\text{Bin}(C8) = (000010010)$, $\text{Bin}(C9) = (000011000)$, $\text{Bin}(C10) = (000010000)$, $\text{Bin}(C11) = (000011011)$, $\text{Bin}(C12) = (000000111)$, $\text{Bin}(C13) = (000000010)$, $\text{Bin}(C14) = (000000011)$.

据此便可构建出深度为 9 的二进制故障树, 再通过遍历此树来确定故障元件以实现定位. 例如, 经遍历后路径为 011011000, 那么可以断定故障的设备可能是 E2, E3, E5, E6.

4.3 关于二进制树故障定位算法的改进思路

在多设备故障定位中, 如果 P4 同时发生硬故障和软故障, 那么在定位时就可能要去排查 E7 和 E8 两个可能故障的元件, 虽然这样做在理论上来讲是可以的, 但如果假设实际的网络情况更加复杂的话, 那么可能涉及到的需要排查的元件会更多, 这就大大增加了维护人员的工作量^[9]. 针对这种情况, 将每个报警设备的状态改为两位二进制数字, 这两位分别代表硬故障和软故障, 这样便可以使工作量在一定程度上有所减少. 用 00 表示无故障, 10 表示有硬故障, 01 表示有软故障, 11 表示同时有硬故障和软故障. 对于图 3, 通过上述方法重新定义的告警设备集用 XD(CP) 表示, 经合并后最终有:

$\text{Bin}(C1) = \text{Bin}(\text{XD}\{E1\}) = (10\ 00\ 11\ 00\ 00\ 00\ 00\ 11\ 10)$, $\text{Bin}(C2) = \text{Bin}(\text{XD}\{E2\}) = (00\ 10\ 11\ 00\ 11\ 10\ 00\ 00\ 00)$, $\text{Bin}(C3) = \text{Bin}(\text{XD}\{E3\}) = \text{Bin}(\text{XD}\{P1\}) = (00\ 00\ 11\ 00\ 11\ 10\ 00\ 11\ 10)$, $\text{Bin}(C4) = \text{Bin}(\text{XD}\{E4\}) = (00\ 00\ 00\ 10\ 11\ 10\ 00\ 11\ 10)$, $\text{Bin}(C5) = \text{Bin}(\text{XD}\{E5\}) = (00\ 00\ 00\ 00\ 11\ 10\ 00\ 00\ 00)$, $\text{Bin}(C6) = \text{Bin}(\text{XD}\{P2\}) = (00\ 00\ 00\ 00\ 11\ 10\ 00\ 11\ 10)$, $\text{Bin}(C7) = \text{Bin}(\text{XD}\{E7\}) = (00\ 00\ 00\ 00\ 00\ 00\ 10\ 11\ 10)$, $\text{Bin}(C8) = \text{Bin}(\text{XD}\{P4\}) = (00\ 00\ 00\ 00\ 00\ 00\ 00\ 00\ 11\ 10)$.

如果按照这样的话, 那么建树的时候其实也就变成了四叉树, 如图 4 所示(未给出完全树图). 每个节点

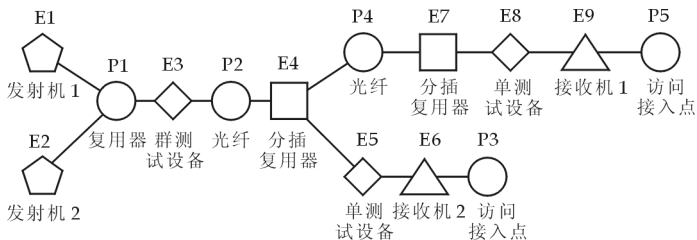


图 3 多故障定位的网络模型

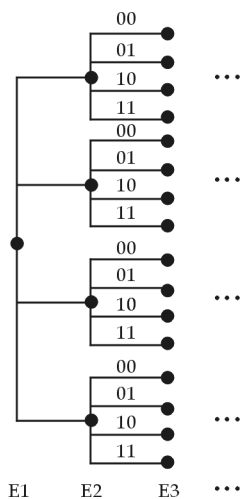


图 4 二进制四叉故障树示意图

会分出 4 个新的节点,虽然图会稍显复杂,但在定位故障时却更高效了,更容易直接确定到元件的故障^[10]。

需要说明的是,在上面的叙述中,其实考虑的情况只是某元件同时发生软故障和硬故障,因此上面给出的告警设备集也不是完全的情况,甚至只是一少部分叶子节点。在很多情况下,某元件只有硬故障告警设备集或软故障告警设备集,例如 E8 只有硬故障告警集,则第二位均为 0: $\text{Bin}(C9) = \text{Bin}(\text{HD}\{E8\}) = (00\ 00\ 00\ 00\ 00\ 00\ 00\ 10\ 10)$ 。

即我们同时还要定义 4.2 中的那些告警设备集,只是第一位或第二位要定义全 0,以 E1 为例,除了本节中定义的设备及外,还要有: $\text{Bin}(C10) = \text{Bin}(\text{HD}\{E1\}) = (10\ 00\ 10\ 00\ 00\ 00\ 00\ 10\ 10)$, $\text{Bin}(C11) = \text{Bin}(\text{SD}\{E1\}) = (00\ 00\ 01\ 00\ 00\ 00\ 00\ 01\ 10)$ 。其它元件也是如此,这里不再详细给出。

5 结束语

本文研究了基于二进制树的故障定位算法,实现了理想状况下和非理想状况下两种简单设备的单故障定位、多故障定位,并进一步扩展到了对多设备网络信道模型的故障定位,同时提出了利用两位二进制构建四叉故障树的改良思路。

实际网络中,一旦组网情况复杂起来,该算法要求的存储量还是比较大的,尤其是在改进的思路中,虽然提高了定位的准确性,但是也相应地提高了存储量的要求,这是需要进一步改进的。

参 考 文 献

- [1] 张 杰,宋鸿升.自动交换光网络(ASON)[R].北京邮电大学,2002.
- [2] 赵季红,曲 桦.多层传送网的故障定位算法[J].南京邮电学院学报,2003,(23)(3):20-24.
- [3] Carmen Mas,Patricr Thiran. An efficient algorithm for soft and hard failures in WDM networks[R]. IEEE,2000.
- [4] Carmen Mas,Patrick Thiran. An efficient fault localization algorithm for IP/WDM networks[Z]. ICA EPFL,2010.
- [5] 张晓艳.下一代智能光网络故障定位算法的研究[R].国防科学技术大学研究生院,2005.
- [6] Hongqing Zeng,Alex Vukovic,Changcheng Huang. Fast fault detection and localization in WDM networks[R]. SPIE Newsroom, 2006.
- [7] 李明芳. WDM 网络的故障定位[J]. 光通信研究,2005,(37):52-55.
- [8] CAO Xiao-jun,ANAND Vishal,QIAO Chunming. A waveband switching architecture and algorithm[J]. IEEE Communications Letters,2003,(4):61-65.
- [9] Haradak,Shimizu,Kudout,*et al.* Hierarchical optical path cross-connect systems for large scale WDM network[C]. Proc. OFC, 1999.
- [10] 周厚清,张 杰,桂 烜.多粒度光网络故障定位[J]. 光通信技术,2006,(1):78-82.

RESEARCH OF FAULT LOCATION ALGORITHM IN OPTICAL TRANSMISSION NETWORK

ZHU Guo-hui¹, ZHANG Yu²

(1. Department of Communications Engineering, Xi'an Institute of Posts and Telecommunications, Xi'an 710061, China; 2. Shaanxi Telecomm Bell Tower Bureau, Xi'an 710001, China)

Abstract: Any fault in OTN can results in the decrease of network service of quality, such as the established connection are suddenly interrupted; or degrade the quality of transmission. This paper researched the algorithm of localizing failures based on OTN, and considered single fault and multi faults. Based on the existing binary tree algorithm was put forward on the basis of improving ideas, we adopt the quadtree method and improve the efficiency of the fault location, so as to improve the efficiency and reliability of the whole network.

Key words: fault localization; alarm; OTN

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0077-05

通信信号盲源分离的高效算法研究

艾朝霞¹, 刘卫菠²

(1. 榆林学院能源工程学院, 陕西 榆林 719000; 2. 西安电子科技大学通信学院, 陕西 西安 710071)

摘 要:针对通信信号的特点,着重研究了适合于通信信号盲源分离的联合对角化方法.首先研究了两种自适应盲源分离算法——自然梯度算法和 FastICA 算法,分析了算法在处理通信信号时存在分离性能低和收敛速度慢等问题的原因;然后用非正交联合对角化方法进行改进,给出了一种基于非正交联合对角化(FAJD)的盲源分离方法.仿真结果表明改进的算法在低信噪比条件下的分离性能有明显的提高.

关键词:盲源分离;二阶统计量;联合对角化

中图法分类号:TN911.23

文献标识码:A

0 引 言

盲源分离的算法构造过程一般是首先选择恰当的代价函数,然后采用某种优化方法来搜索代价函数的极值点,当代价函数达到极值点时各路源信号得到分离.按照优化方法的不同,可以将盲源分离算法分为自适应算法和批处理算法两类.自适应是盲源分离方法的一种重要的基本类型.自适应过程通常通过梯度来实现学习更新,其中自然梯度算法和 FastICA 算法是两种经典的自适应算法.

1 自然梯度算法和 FastICA 算法存在的问题分析

自然梯度算法^[1,2]是随机梯度算法的一种改进算法,它是由信息极大化原理^[2]推导出来的,自然梯度算法的自适应更新公式为:

$$W(k+1) = W(k) + \mu_k [I - \phi(y(k))y^T(k)]W(k) \quad (1)$$

FastICA 算法^[3,4]是建立在使提取信号的非高斯性最大化基础上的一种串行更新的自适应算法,该算法计算量小、收敛速度快, FastICA 算法的迭代更新公式为:

$$\begin{aligned} w_i^* &= E[zg(w_i^T z)] - E[g'(w_i^T z)]w_i \\ w_i &= \frac{w_i^*}{\|w_i^*\|} \end{aligned} \quad (2)$$

式中 w_i^* 表示 w_i 更新后的值.为了提高解的稳定性,式(2)对 w_i 进行了归一化处理.

对于自然梯度算法,如果源信号数目是未知的,采用超定方式接收,则混合矩阵是 $m \times n$ 矩阵,分离矩阵为 $m \times m$ 方阵,此时输出的 m 路信号中除了存在 n 路源信号的拷贝外,还有 $m - n$ 路冗余信号,它们是源信号的线性变换,通常以噪声的形式输出.这种情况下,互信息的极大值点并不是算法的平衡点,无法稳定收敛.另外,自然梯度算法需要源信号的概率密度函数估计,在噪声影响下或者源信号本身比较复杂的情况下无法很好地模拟(比如含复杂调制方式的通信信号),因此将自然梯度算法应用于通信信号的分离不能得到较满意的结果,特别是在低信噪比条件下,而且自然梯度算法本身有收敛速度较慢的问题,不适

* 收稿日期:2011-04-24

作者简介:艾朝霞(1979—),女,陕西省榆林市人,讲师,硕士,研究方向:信号与信息处理

合对通信信号进行实时分离。

对 FastICA 算法,算法要求源信号为平稳的随机信号,对于非平稳或循环平稳随机信号,由于无法确定源信号的概率密度函数,从而无法对非线性函数做出相对合理的估计,导致算法性能下降。对于通信信号,大多数为数字调制信号,如 ASK、MPSK、MQAM 等,这些信号一般具有循环平稳性,无法对其概率密度函数做出准确的估计,如果用 FastICA 算法进行分离,性能将会严重下降。

2 自然梯度算法和 FastICA 算法的仿真分析

下面通过仿真实验对以上分析进行验证。在仿真中,选取如下 4 路源信号:2ASK 调制信号、4FSK 制信号(PM)、16QAM 调制信号、256 个子载波选用 QPSK 映射的 OFDM 信号。信号的采样点数为 10 000 个,首先用 4 跟接收天线进行接收,也就是适定情况下对信号进行分离。我们用性能指标串音误差对算法的收敛性进行分析,图 1 和图 2 分别给出了两种算法所对应的串音误差。

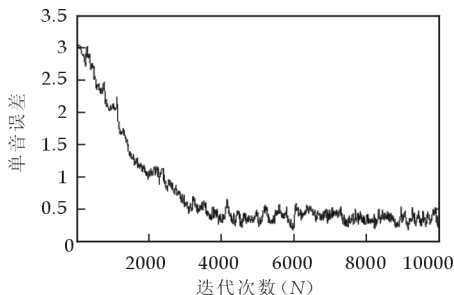


图 1 自然梯度算法的串音误差

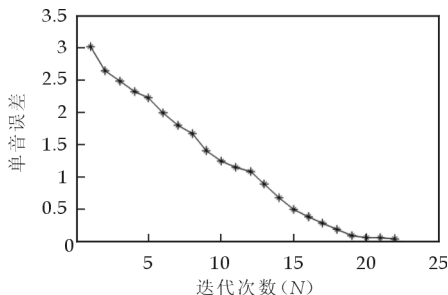


图 2 FastICA 算法的串音误差

串音误差表征了系统矩阵与理想情况单位矩阵的偏离程度,对于自适应盲源分离算法,从串音误差曲线可以清楚地看出算法在每一时刻的学习过程。由图 1 看出,自然梯度算法在处理过程中需要将近 4 000 次的迭代才接近收敛,可见其运算量很大,处理效率较低,不适合对通信信号进行实时分离。而 FastICA 算法仅需要 20 几次的迭代便可达到收敛,其运算量小,处理效率较高。

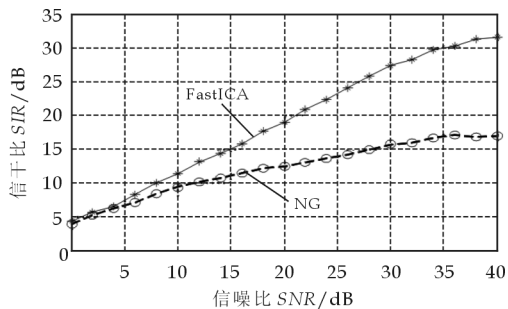


图 3 两种算法信干比随信噪比变化的曲线

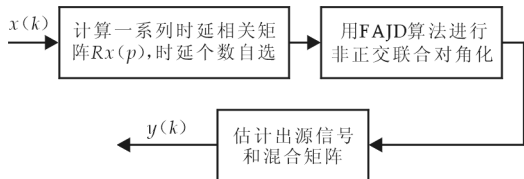


图 4 基于二阶统计量非正交联合对角化算法的流程

如果用 5 根接收天线进行接收,即混合矩阵是一个的随机矩阵,这种超定情况下的盲分离如果采用自然梯度算法来进行,则经过仿真发现,算法在收敛一段时间后又重新趋于发散了,这说明自然梯度算法不能用于解决超定情况下的盲分离。

下面对两种算法的分离性能进行仿真分析,仿真条件不变,用信干比来衡量分离效果,图 3 表示了两种算法在不同信噪比条件下对接收信号进行分离的平均信干比,在每个信噪比条件下算法独立运行 500 次,然后取算术平均得到平均信干比。

信干比描述的是系统矩阵与理想单位矩阵的偏离程度,也即系统矩阵的系数程度,平均信干比越大,分离性能也越好。由图 3 可以看出,用两种算法对通信信号进行分离,FastICA 算法的性能优于自然梯度算法。但是当信噪比较低时(<10 dB),两种算法的性能都不太理想。因此,对于通信信号,用传统的自适应算法分离不能得到理想的效果。

3 改进的基于非正交联合对角化的盲分离算法

联合对角化就是对于一组 k 个 $m \times m$ 目标阵列 $M = \{M_1, \dots, M_k\}$ (一般为方阵),寻求对角化变化矩阵

V , 使 $V^T M_k V$ 均接近对角阵. 联合对角化作为一种信号处理工具越来越引起了人们的注意, 在盲源分离中也得到了非常广泛的应用, 很多算法都引入了联合对角化来解决盲源分离问题, 从而得到了各种联合对角化盲源分离算法.

基于正交联合对角化的盲源分离算法通常需要对混合信号进行预白化处理, 而预白化处理会扰乱 WLS 准则, 从而影响分离性能, 降低算法的分离精度. 基于此, 非正交联合对角化^[5-7] 的概念被提出, 由于非正交联合对角化方法中不要求变换矩阵 V 为正交矩阵, 并且不需要预白化处理, 因此非正交联合对角化算法具有更好的分离性能, 我们采用一种改进的非正交联合对角化盲源分离方法^[8]. 基于二阶统计量非正交联合对角化 FAJD 的盲源分离算法其处理框图如图 4 所示.

4 FastICA 算法和 FAJD 算法仿真实验和性能分析

选取如下 4 路源信号: 2ASK 调制信号、4FSK 制信号 (PM)、16QAM 调制信号、256 个子载波选用 QPSK 映射的 OFDM 信号, 其中每一路信号的具体参数设置如表 1 所示.

表 1 各路源信号参数设置

信号	采样点数 (N)	载波频率 (f_c)/Hz	采样频率 (f_s)/Hz	频率偏移 (df)	信噪比 (snr)	码元速率 (RB)	子载波数	CP 比例	映射方式
2ASK	10 000	1e6	1e7		100	5e5			
4FSK	10 000	1.4e6	1e7	3e5	100	5e5			
16QAM	10 000	1.6e6	1e7		100	5e5			
OFDM	10 000	1.8e6	1e7		100	5e5	256	0.3	BPSK

为了仿真证明在源信号数量动态变化时算法同样能将信号成功分离, 在第三路 16QAM 信号前 600 个点加入信号, 在 600 个点以后将信号去掉, 每路信号取 10 000 个采样点, 源信号波形如图 5 所示, 为了便于观察比较, 本文只画出了前 1 000 个点的波形.

为了仿真证明算法在超定情况下同样能够成功将信号分离, 我们采用 5 根传感器接收, 即混合矩阵为 5×4 随机矩阵, 这样可以得到 5 路混合信号, 在每一路混合信号中加入加性高斯白噪声, 首先对每一路接收信号加入加性高斯白噪声, 信噪比为 25 dB, 那么 5 路混合信号波形如图 6 所示.

用经典 FastICA 算法和 FAJD 算法进行处理分离后, 仿真结果所得的分离输出波形如图 7、图 8 所示.

仅从波形上, 很难对算法的分离性能进行进一步的比较, 为了更加量化地比较算法的性能, 我们计算出信干比 SIR 来衡量算法性能.

图 9 及图 10 中每一个柱图分别代表系统矩阵中对应的一对源信号与分离输出的一行信号的信干比, 具体意义是该行最大元素的平方与其它元素的平方和的比值, 该比值越大就代表该行越稀疏, 系统矩阵的该行就越接近理想情况, 恢复的信号受其它信号的干扰就越小. 通常对每行的信干比求平均值, 称为平均信干比, 用平均信干比来衡量算法的整体性能, 平均信干比越高, 算法性能就越好.

从以上对比看出, 在信噪比为 25 dB 的噪声背景下, FastI-

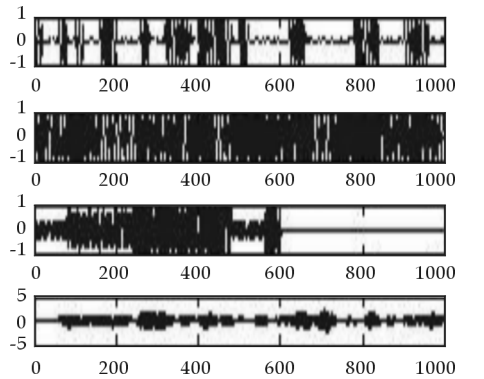


图 5 4 路源信号

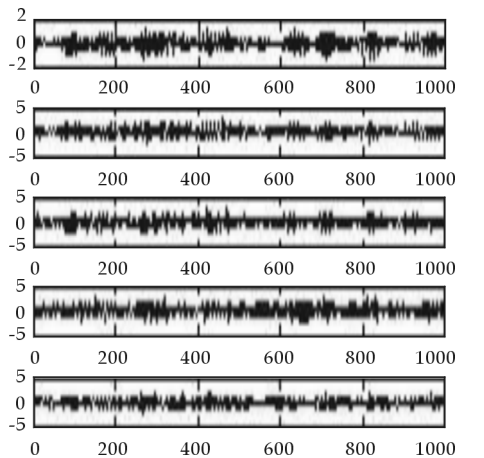


图 6 5 路混合信号

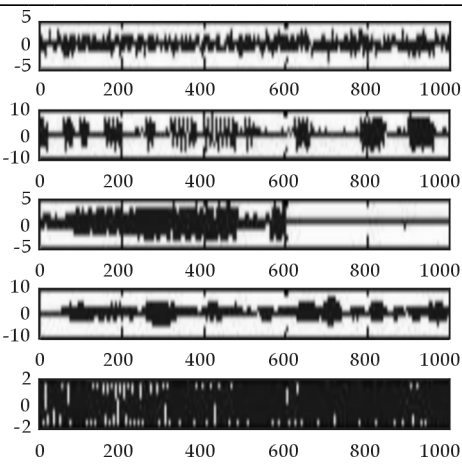


图 7 FastICA 算法分离输出信号图

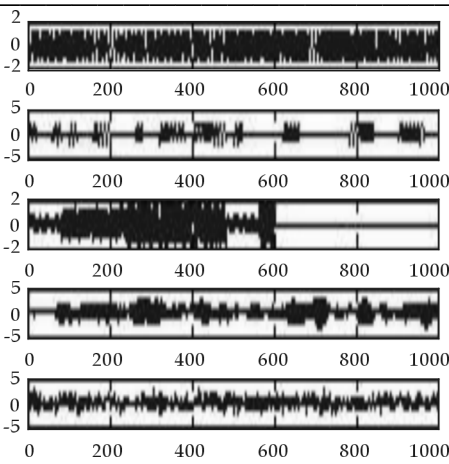


图 8 FAJD 算法分离输出信号

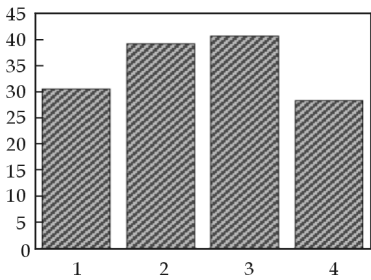


图 9 FastICA 算法的信干比 SIR

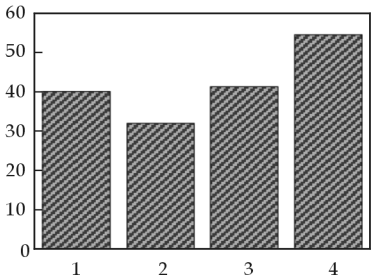


图 10 FAJD 算法的信干比 SIR

CA 算法和改进的非正交联合对角化 FAJD 算法都能成功地实现通信信号的盲分离任务。但是,改进的非正交联合对角化算法比 FastICA 算法的信干比更高一些,因此改进的非正交联合对角化 FAJD 算法比 FastICA 算法具有更好的分离性能。

表 2 不同信噪比下两种算法的平均信干比

信噪比	平均信干比	
	非正交联合对角化 FAJD 算法	FastICA 算法
25	32.386 4	34.365 8
20	30.125 6	27.584 6
15	27.782 3	18.465 7
10	24.587 8	14.387 5

干比的变化情况,就可清楚地看出改进后

表 3 不同信噪比下两种算法的平均相似系数

		平均相似系数			
		信噪比/25	信噪比/20	信噪比/15	信噪比/10
FastICA 算法	ρ_{2ASK}	0.995 4	0.943 7	0.875 4	0.843 6
	ρ_{4FSK}	0.992 6	0.915 6	0.838 5	0.854 7
	ρ_{16QAM}	0.996 7	0.950 8	0.875 7	0.743 1
	ρ_{OFDM}	0.986 5	0.882 6	0.752 7	0.712 5
FAJD 算法	ρ_{2ASK}	0.998 8	0.982 6	0.899 7	0.902 5
	ρ_{4FSK}	0.996 8	0.975 3	0.921 6	0.914 9
	ρ_{16QAM}	0.997 3	0.978 0	0.933 0	0.875 6
	ρ_{OFDM}	0.995 3	0.962 1	0.875 2	0.843 8

把信噪比降为 20 dB,15 dB,10 dB,重复做上面的仿真实验,同样显示采用改进后的 FAJD 算法比 FastICA 算法处理的性能有明显提高。在信噪比降为 10 dB 时,改进后的 FAJD 算法的盲分离结果虽然没有高信噪比情况下那么理想,但仍然可以实现源通信信号的盲分离任务。

为便于更直观地比较两种算法的分离性能,用表 2 记录了对上述各仿真实验分别独立运行 200 次然后取平均后所得的平均信干比,通过观察表中所记录的平均信

的 FAJD 算法在低噪声环境下分离性能显著提高。

下面再以相似系数作为评价指标,对两种算法进行比较。两种算法在不同信噪比下的平均相似系数如表 3 所示。

表 3 进一步证明了改进的非正交联合对角化 FAJD 算法比 FastICA 算法具有更好的盲分离性能,尤其是在低信噪比背景下,改进的非正交联合对角化算法仍然能够实现数字调制通信信号的

盲分离任务.

5 结束语

自然梯度算法和 FastICA 算法在处理通信信号时存在分离性能低和收敛速度慢的问题,本文用非正交联合对角化方法对其进行了改进,给出了基于 FAJD 的盲源分离算法,能够针对复杂数字调制方式的通信信号且信号数目未知且动态变化的情况下,在可接受的噪声范围内,采用超定方式,实现有效的分离.仿真结果表明,改进的算法在低信噪比条件下的分离性能有明显的提高.

参 考 文 献

[1] Bell A J, Sejnowski T J. An information-maximization approach to blind separation and blind deconvolution[J]. *Neural Computation*,1995,7(6):1 129-1 159.

[2] Amari S. Natural gradient works efficiently in learning[J]. *Neural Computation*,1998,10(2):251-276.

[3] Hyvarinen A. Fast and robust fixed-point algorithms for independent component analysis[J]. *IEEE Trans Neural Networks*,1999,10(3):626-634.

[4] Hyvarinen A, Oja E. Independent component analysis:algorithms and application[J]. *Neural Computation*,2000,(13):411-430.

[5] Vollgraf R and Obermayer K. Quadratic optimization for simultaneous matrix diagonalization[J]. *IEEE Trans Signal Process*,2006,54(9):3 270-3 278.

[6] F WANG, Z LIU, J ZHANG. Nonorthogonal joint diagonalization algorithm based on trigonometric parametrization[J]. *IEEE Trans. Signal Process*,2007,55(11):5 299-5 308.

[7] Petr Tichavsk and A. Yeredor. Fast approximate joint diagonalization incorporating weight matrices[J]. *IEEE Trans. Signal Process*,2009,57(3):878-891.

[8] Xi-Lin Li, Xian-Da Zhang. Nonorthogonal joint diagonalization free of degenerate solution[J]. *IEEE Transactions on Signal Processing*,2007,55(5):1 805-1 808.

RESEARCH ON HIGH-EFFICIENT ALGORITHMS FOR BLIND SOURCE SEPARATION OF COMMUNICATION SIGNALS

AI Zhao-xia¹, LIU Wei-bo²

(1. School of Energy Engineering, Yulin University, Yulin 719000, China; 2. School of Telecommunications Engineering, Xidian University, Xi'an 710071, China)

Abstract: Based on the characteristic of communication signals, the paper emphatically investigated the joint diagonalization method, which was suitable for the separation of communication signals. Two adaptive blind source separation algorithms were studied firstly and the problem when applied to communication signals separation was analyzed. Then, we realized the improved algorithm based on non-orthogonal joint diagonalization of second order statistics, which improved the performance especially in noisy environment. Simulation results shown effectiveness of the improved algorithm.

Key words: blind source separation (BSS); second order statistics; joint diagonalization

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0082-03

一种 Buck 电路的电磁兼容分析^Ⅱ

冯德虎¹, 史永胜², 赵慧荣²

(1. 陕西工业职业技术学院机电学院, 陕西 咸阳 712000; 2. 陕西科技大学电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要:开关电源工作在几十 kHz 到 1 MHz 的开关频率,高频的通断状态下产生的电磁干扰(EMI)通过传输通道耦合到系统内外,对系统内外的敏感设备造成了危害,导致系统的电磁兼容性能下降.作者通过在 Saber 中建立开关电源 DC-DC 变换电路 Buck 电路的仿真模型,对各支路的电流信号进行了时域频域分析,研究发现了 DC-DC 变换电路的主要骚扰源和骚扰途径.此方法可在产品开发前期找出电路电磁骚扰源,降低电磁骚扰程度,减小研究开发成本.

关键词:开关电源;电磁兼容;Saber;DC-DC 变换电路

中图法分类号:TM15 **文献标识码:**A

0 引 言

开关电源用半导体功率器件作为开关,通过改变开/关的时间比来控制输出电压的大小,其基本构成如图 1 所示.在开关元件通断前后产生了大幅度的电压和电流跳变,因而会产生很大的电磁干扰.开关电源工作在几十 kHz 到 1 MHz 的开关频率,高频的通断状态下产生的电磁干扰(EMI)通过传输通道耦合到系统内外,对系统内外的敏感设备造成了危害,导致系统的电磁兼容性能下降.主要骚扰源的研究是实现电磁兼容设计的关键,在产品设计初期利用电子软件找到其主要骚扰途径,将干扰程度降低到最低,可大大缩短产品的设计周期.本文在 Saber 中建立了开关电源 DC-DC 变换电路 Buck 电路的仿真模型,研究了各支路电流的时域和频域特性,找出了其主要骚扰途径,实现了其 EMC 设计.

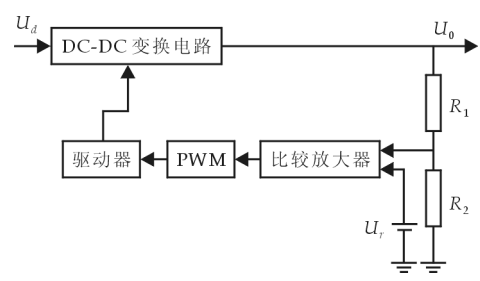


图 1 开关电源的基本构成

1 Saber 软件介绍

Saber 仿真软件是美国 Analogy 公司开发的功能强大的电力电子系统仿真软件之一,可用于电子、电力电子、机电一体化、机械、水力、控制等领域的系统设计和仿真.

Saber 的分析功能是比较强的,主要有 5 种:(1)DC analysis (直流分析),用于计算设计的工作点;(2)Transient(瞬态分析),分析确定系统的时域响应;(3)AC(频响分析),分析系统随频率变化的响应特性;(4)Fourier 和 FFT(傅里叶和快速傅里叶变换

分析),将时域波形变换成频谱;(5)IFFT(反快速傅里叶变换分析),将频域波形变换成时域波形.

2 Buck 电路仿真

降压式(Buck)DC-DC 变换器是构成包括开关电源等电力电子装置的重要电路,本文研究的 Buck 等效电路如图 2 所示,以占空比 D 工作的脉冲信号和转换开关代替场效应管与二极管 D、电感 L、电容 C、电

* 收稿日期:2011-04-14

作者简介:冯德虎(1962—),男,陕西省扶风县人,副教授,硕士,研究方向:机电一体化理论与应用

阻 R 组成 Buck 变换电路. 当开关管导通时, 有电流 $i_s = i_L$ 流过电感线圈 L , 在电感线圈未饱和前, 电流线性增加, 在负载 R 上流过电流 i_0 , 两端输出电压 V_0 , 极性为上正下负. 当 $i_s > i_0$ 时, 电容在充电状态, 这时二极管 D_1 承受反向电压. 经时间 DT_s 后 ($D = t_{on}/T_s$, t_{on} 为开关导通时间, T_s 为周期), 当开关管截止时, 线圈 L 中的磁场将改变线圈 L 两端的电压极性, 以保持其电流不变. 负载 R 两端的电压仍是上正下负. 在 $i_L < i_0$ 时电容处在放电状态, 有利于维持 i_0 、 V_0 不变, 此时续流二极管 D 承受正向偏压为电流 i_0 构成通路. 变换器输出电压 V_0 小于电源电压 U_s , 故为降压式变换器.

输入直流电源 U_i 设为 10 V, 脉冲信号源幅度 $U_s = 5$ V, 上升时间 $T_\mu = 0.1$ ns, 下降时间 $T_F = 0.1$ ns, 脉冲宽度 $P_w = 1$ ns, 周期 $P_{ER} = 2$ μ s.

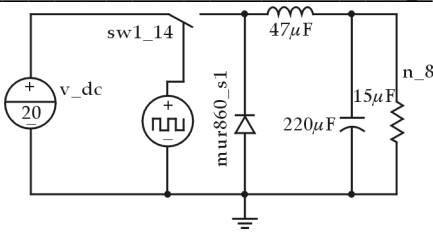


图 2 Buck 电路图

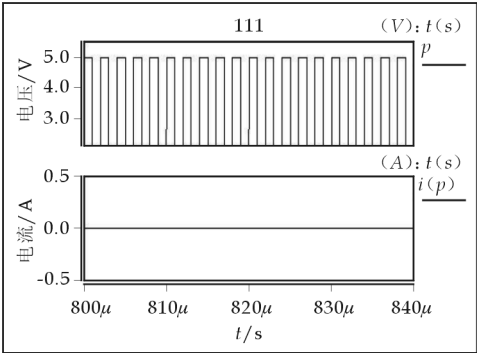


图 3 脉冲信号上的电压电流

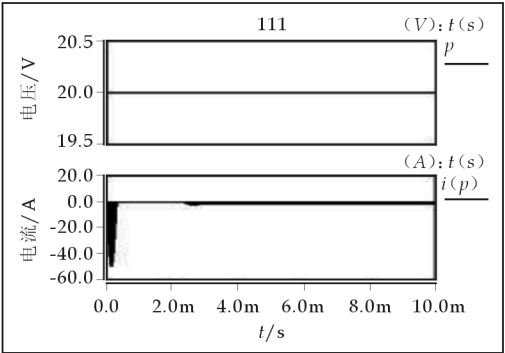


图 4 直流电源上的电压电流

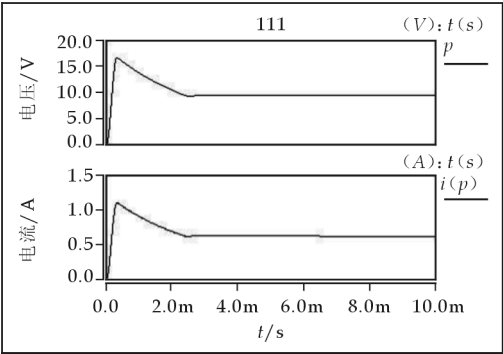


图 5(a) 电阻上的电流电压

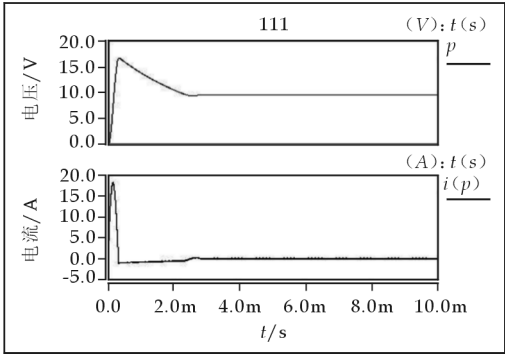


图 5(b) 电容上的电流电压

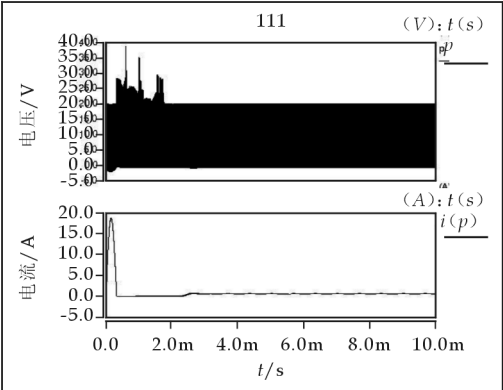


图 5(c) 电感上的电流电压

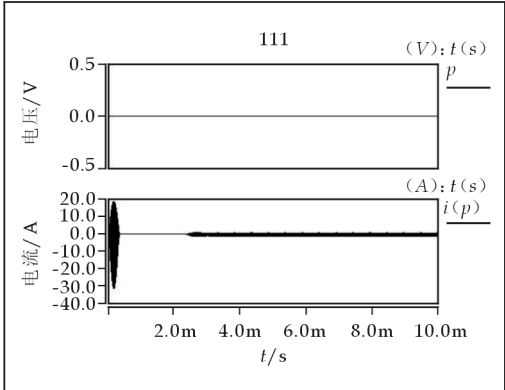


图 5(d) 二极管两端的电流电压

3 结果与分析

分析以上各支路的电流频谱可以得到以下结果(如图 3~图 5 所示):

(1)在降压式(Buck)DC-DC 变换电路导通瞬间,流经电感、电容、二极管的电流明显比流经电阻的电流大很多,在分析此电路的电流辐射场时,可以把电感、电容、二极管支路电流作为主要辐射源.

(2)电感、电容、二极管支路电流在时间 $t=153.06 \mu\text{s}$ 时出现较大峰值. 在相同的频率下,它们的电流幅值近似相等,可以认为它们在 $t=153.06 \mu\text{s}$ 时刻组成了一个高频电流环路.

(3)电感、电容、二极管支路电流从时间 $t=326.81 \mu\text{s}$ 开始在零值上下波动,电阻支路电流从时间 $t=2.3973 \text{ ms}$ 在 0.62845 A 左右波动,可以认为在时间 $t=326.81 \mu\text{s}$ 后电路的主要骚扰源来自于电阻,而电阻中的电流仅有 0.62845 A ,它带来的电磁骚扰可以忽略不计,因此我们在进行此电路的电磁兼容设计时主要考虑时间 $0\sim 326.81 \mu\text{s}$ 的电磁干扰.

4 结束语

电子电路的 EMI 分析是一门边缘性的学科,涉及到的学科很广泛,值得深入研究的问题也很多. 本文通过在 Saber 中建立 DC-DC 变换电路 Buck 电路的仿真模型,进行了支路电流信号的时域分析,发现了电路的主要骚扰源和骚扰途径,可在产品设计前将电磁骚扰程度降低到最低,降低产品的研发成本.

参 考 文 献

- [1] 龚尧尧,王子强,陈建明,等. 电子电路中的电磁兼容设计[J]. 电子科学,2010,(2):17-18.
- [2] 方清城,李先祥. 高频开关电源的 EMC 设计[J]. 现代电子技术,2009,(8):170-172.
- [3] 宋 烨. 开关电源电磁兼容技术的现状与解决方法[J]. 中国科技信息,2005,(14):42-44.
- [4] 张 聪,何 劲,张 慧. 浅论高频开关电源的电磁兼容控制技术[J]. 船电技术,2005,(3):18-20.
- [5] 周建春,李新民,徐国林,等. 高电磁兼容性新型母线排的设计[J]. 电子工程师,2008,(8):38-43.
- [6] 刘 捷,漆兰芬. 高频干扰对 PCB 电磁兼容性影响的仿真分析与 PCB 优化设计[J]. 电子质量,2006,(4):59-63.
- [7] 钱照明,袁义生. 开关电源 EMC 设计研究现状及发展[J]. 电子产品世界,2003,(7):51-54.
- [8] E. Q. A. Larsson, M. H. J. Bollen. Some consequences for the power grid of high densities of electronic equipment[R]. EMC on Site, Sweden.
- [9] Michael K. W. Wu, C. K. Tse, O. B. Peter Chan. Development of an integrated CAD tool for switching power supply design with EMC performance evaluation[J]. IEEE Transaction on Industry Applications,1998(2):364-373.

ANALYSIS THE ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF A BUCK CIRCUIT

FENG De-hu¹, SHI Yong-sheng², ZHAO Hui-rong²

(1. Institute of Mechanical Engineering, Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000, China; 2. School of Electrical and Information Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: Switching power works between dozens of kHz and 1 MHz. The electromagnetic interference (EMI) can generate coupling with the system through the transmission channel, which may harm the sensitive equipments and decrease the electromagnetic compatibility of system. In this paper, a simulation model of switching power supply DC-DC buck converter circuit is established in Saber, and the current in every branch is analysed in time domain and frequency domain. From the study, the sources and ways of harassment can be found. This method can be utilized to find out the sources of electromagnetic interference in the prophase of product development, which can reduce the level of electromagnetic interference and the cost of research.

Key words: switch mode power supply; electromagnetic compatibility; Saber; DC-DC converter

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0085-04

461 nm 半导体激光器系统的稳频研究

赵亚楠

(陕西广播电视大学工程管理学系, 陕西 西安 710119)

摘要:结合激光冷却与俘获 Sr 原子的实验工作,分析了 461 nm 半导体激光器的结构、工作原理和 Lock-In 稳频原理;利用激光诱导荧光光谱技术确定了 461 nm 半导体激光器稳频光学系统的实验方案,最后闭环锁定了 461 nm 激光器,获得了高功率、窄线宽、稳定的蓝光,其频率漂移为 710 kHz/min,满足实验要求.

关键词:461 nm 激光器; Lock-In 稳频; 荧光光谱

中图法分类号:TN248.4

文献标识码:A

0 引言

半导体激光稳频技术是半导体激光的一种重要技术,它不但可用于长度的精密测量,而且在激光通讯、原子钟、纳米计测、三维精密控制以及原子、分子结构的精密测量和能态的标定、物理基本常数的精密测量等方面有着广泛的应用^[1].

1 激光稳频原理

在很多冷原子物理实验中,常采用半导体激光器作为冷却与俘获光源以及再泵浦光源,但是半导体激光器在自由运转下频率偏移以及跳动较大,不能满足冷原子实验要求,因此通常需要对半导体激光器进行频率锁定^[2].

用于激光冷却与俘获研究系统中的半导体激光器,其频率锁定通常选定原子吸收谱线或荧光谱线的中心频率作为参考频率标准,用饱和吸收谱或荧光谱装置提供参考信号^[3].而锁频环路中的反馈则可以通过半导体的注入电流或外部反馈控制元件如控制光栅反馈角度的压电陶瓷施加,还可以利用电流和压电陶瓷不同的响应带宽用滤波器对反馈的信号分频并适当调整,相位相同时把高频信号反馈入电流,低频信号反馈回压电陶瓷.在闭环锁定以后激光器的频率波动都能够小于 1 MHz.

设激光频率为 ν ,加入频率调制后,激光频率的变化量为 $m\sin(\Omega t)$,其中 Ω 为调制频率, m 为调制系数,则加入频率调制后的激光频率可表示为: $\nu+m\sin(\Omega t)$.当探测光束通过原子汽室后,被原子样品吸收,输出光强可用 $I_T[\nu+m\sin(\Omega t)]$ 表示.在调制较弱且调制频率较低的情况下($m, \Omega < \tau, \tau$ 为吸收谱线线宽),可将探测光的透射光强表达式作 Taylor 展开:

$$\begin{aligned} I_T[\nu+m\sin(\Omega t)] &= I_T(\nu) + m\sin(\Omega t) \frac{dI_T}{d\nu} + \frac{m^2}{2!} \frac{1-\cos(2\Omega t)}{2} \frac{d^2 I_T}{d\nu^2} + \frac{m^3}{3!} \frac{3\sin(\Omega t) - \sin(3\Omega t)}{4} \frac{d^3 I_T}{d\nu^3} \\ &+ \frac{m^4}{4!} \frac{3-4\cos(2\Omega t) + \cos(4\Omega t)}{8} \frac{d^4 I_T}{d\nu^4} + \frac{m^5}{5!} \frac{10\sin(\Omega t) - 5\sin(3\Omega t) + \sin(5\Omega t)}{16} \frac{d^5 I_T}{d\nu^5} + \dots \end{aligned} \quad (1)$$

* 收稿日期:2011-05-07

作者简介:赵亚楠(1984—),女,山东省聊城市人,助教,硕士,研究方向:激光技术

合并 Ω 的同类项后可得到:

$$I_T[v + m\sin(\Omega t)] = [I_T(v) + \frac{m^2}{4} \frac{d^2 I_T}{dv^2} + \frac{m^4}{64} \frac{d^4 I_T}{dv^4} + \dots] + \sin(\Omega t) [m \frac{dI_T}{dv} + \frac{m^3}{8} \frac{d^3 I_T}{dv^3} + \frac{m^5}{192} \frac{d^5 I_T}{dv^5} + \dots] + \cos(2\Omega t) [-\frac{m^2}{4} \frac{d^2 I_T}{dv^2} - \frac{m^4}{48} \frac{d^4 I_T}{dv^4} + \dots] + \sin(3\Omega t) [-\frac{m^3}{24} \frac{d^3 I_T}{dv^3} - \frac{m^5}{384} \frac{d^5 I_T}{dv^5} + \dots] \quad (2)$$

若在频率 Ω 处采用相敏检波技术,如采用锁相放大器 Lock-In 在调制信号的一次谐波 Ω 处解调,即可检出(2)式中 $\sin(\Omega t)$ 项的系数. 由于调制系数 m 较小, $\sin(\Omega t)$ 的系数中后面的各项均很小可忽略,因此就近似得到了透射信号的一阶微分项. 同理,在 3 次谐波 3Ω 处进行相敏检波,可以得到透射信号的三阶微分项. 由于吸收谱线的奇数阶微分曲线具有类色散型的特点,因此可用作稳频的鉴频曲线. 将吸收峰的微分信号反馈回激光器,即可将激光频率锁定到微分信号的电平零点.

2 461 nm 半导体激光器稳频实验装置

2.1 461nm 激光器

实验中使用的 461 nm 激光器系统是由德国 Toptica Photonics 公司研制的 TA/DL-SHG110 高功率环形倍频激光器. 如图 1 为 TA/DL-SHG110 光学系统的结构示意图,其主要由两部分组成,第一部分是 DL100 半导体激光器,产生高功率波长为 922 nm 激光(主激光);第二部分是 SHG110 系统,利用环形腔作为倍频腔,以 PP-KTP 准相位匹配晶体作为倍频晶体,利用二次谐波原理(SHG)对 922 nm 红外光激光进行倍频,从而获得稳定的 461 nm 蓝光.

环形倍频腔的跟踪锁定系统由 PID110 控制模块、PDD110 模块及快光电探测器、慢光电探测器(固定在环形腔镜 RM3 上)、压电陶瓷(固定在环形腔镜 RM2 上)组成. 通过这些锁定元素,环形腔的腔长通过 Pound-Drever-Hall 方法与基波波长相匹配,以实现倍频腔与主激光器之间的跟踪与锁定.

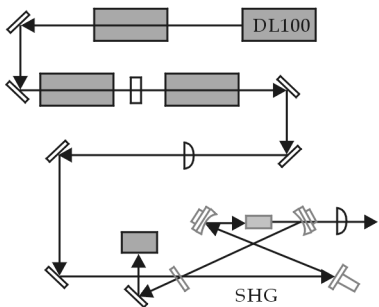


图 1 TA/DL-SHG 110 光学系统结构图

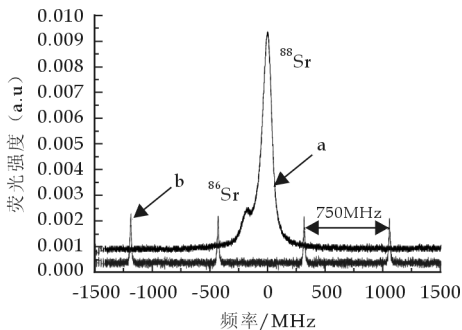


图 2 激光垂直入射时 Sr 热原子的荧光光谱

2.2 Sr 热原子荧光谱

在 461 nm 激光器稳频的实验过程中,用于激光稳频的参考频率可以通过选择 Sr 热原子的饱和吸收光谱信号或荧光光谱信号获得,我们在实验中选择激光诱导激发荧光光谱信号作为参考频率. 激光诱导激发荧光光谱方法是激光作用于样品池中的原子,通过扫描激光波长,在样品池中产生的辐射荧光直接由探测器光电倍增管接收(或者先经过特定波长的滤波片选择探测从上态到某个下态的分支荧光),再进行处理和记录而获得样品光谱,所获得的光谱等效于吸收光谱. 荧光光谱非常稳定,可以作为激光稳频的绝对标准,因此荧光光谱技术在激光稳频方面具有重要的应用价值.

在稳频实验中,通过探测到的 Sr 热原子荧光光谱信号来改善激光频率的稳定性. 图 2 曲线 a 为入射激光与原子束垂直作用时测得的 Sr 热原子荧光光谱,曲线峰值强度较大的为 ^{88}Sr 的谱线信号,峰值强度较小的为 ^{86}Sr 的谱线信号,同位素 ^{88}Sr 和 ^{86}Sr 跃迁谱线间的频移量为 124.8 MHz. 曲线 b 为自制 F-P 腔的激光透射峰, F-P 腔纵模间隔为 750 MHz. 利用该 F-P 腔测量得到 Sr 原子 $^1S_0 \rightarrow ^1P_1$ 能级跃迁的荧光光谱

线宽为 110 MHz,与理论计算得到的荧光光谱线宽的结果吻合.

2.3 Lock-In 稳频的实验装置

461 nm 激光器的锁频系统利用了德国 Toptica 公司的 LIR110 稳频模块,它包括调制源、输入信号放大器、相敏检波部分、PID 模块,图 3 为 Lock-In 稳频的简略框图(虚线框内为 LIR110 模块的内部电路结构图). 光电探测器探测到的荧光光谱信号进入 LIR110 模块即可进行激光稳频,通过调节 LIR110 模块的 modulation output 按钮可观察经过信号放大器放大的荧光光谱信号及相应的一次微分信号.

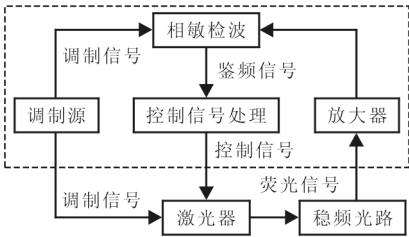


图 3 Lock-In 稳频框图

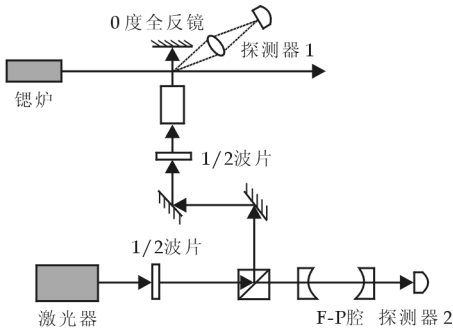


图 4 461 nm 激光器系统荧光稳频装置

图 4 为荧光稳频实验装置,实验过程中铯炉加热至 630 ℃,系统的真空度维持在 1.0×10^{-6} Pa. 激光源为 TA/DL-SHG 461 nm 的倍频半导体激光器,激光功率为 240 mW,激光线宽小于 2 MHz,扫描范围约为 20 GHz. 激光依次经过二分之一波片及 PBS 分束镜、10 倍扩束镜、圆形光阑、两个 45° 高反镜作用于 Sr 热原子束. 由两个焦距 $f=5$ cm 的凸透镜组合而成的复合透镜系统收集荧光信号,用型号为 DET10 A/M 的高灵敏度探测器 2 探测荧光信号.

3 稳频结果及讨论

下面结合 Lock-In 稳频框图和稳频实验中的荧光光谱稳频装置简单介绍 LIR110 模块的工作原理及调节步骤.

经过光电探测器 1 后的荧光信号进入 LIR110 模块的输入信号放大器,将信号放大 30 倍并选择 DC 直流耦合方式,然后由调制源对激光频率 ν_0 进行调制,激光频率变化量为 $\Delta\nu$,我们选用的正弦频率调制信号为 4.3 kHz. 在把 461 nm 激光器的频率锁定在 Sr 原子精细跃迁谱线的过程中,首先要选定适当的调制频率和相位,使得鉴频信号信噪比最高,然后适当调节调制信号的幅度,再调节低通滤波得到较好的鉴频信号.

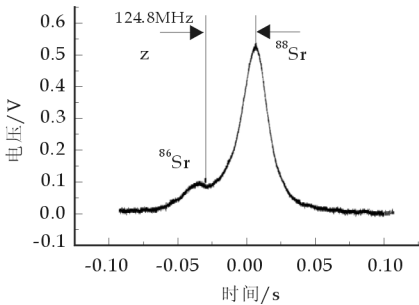


图 5 Sr 热原子的荧光光谱(加调制信号)

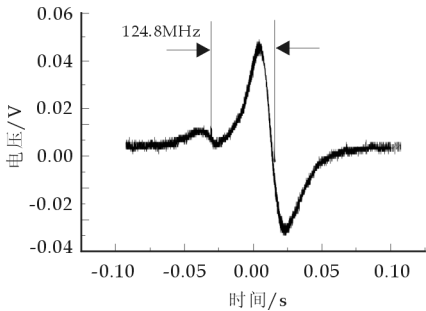


图 6 一阶微分曲线

图 5 为加调制信号后的 Sr 原子的荧光光谱,其中同位素 ^{88}Sr 和 ^{86}Sr 跃迁谱线间的频移量为 124.8 MHz. 图 6 为稳频实验中得到的典型的经过一次谐波探测,由锁相放大器相敏检波获得的一阶微分曲线(用于稳频的类色散鉴频曲线).

图 6 的一次微分曲线中出现了两个不同的一次微分信号,较小的一次微分信号对应于 Sr 原子荧光光谱中峰值强度较小的 ^{86}Sr 的谱线信号,较大的一次微分信号对应于 Sr 原子荧光光谱中峰值强度较大的 ^{88}Sr 的谱线信号. 实验中采用的是峰值强度较大的 ^{88}Sr 的谱线信号对应的一次微分信号. 已知同位素 ^{88}Sr 和 ^{86}Sr 跃迁谱线间的频移量为 124.8 MHz,可以估测出图 6 中对应的跃迁线中间的曲线形部分的频率跨度为 50 MHz,测得其对应纵轴方向的电压幅度为 90 mV,斜率为 655 kHz/mV.

继续减小激光器的扫频范围,并配合调节光栅外腔的压电陶瓷上的偏置电压,使所选定的参考频率标准对应的类色散信号一直处在示波器的中央,并仔细检查类色散信号的中心点是否有偏移,可以通过调节比例积分电路的直流偏置进行补偿. 将 SC 110 的扫描电压减小到零,此时纠偏信号反馈到激光器驱动电流源,实现闭环锁定,激光频率锁定在 ^{88}Sr 原子荧光光谱的峰值上,图 8 为激光器闭环锁定后的荧光谱线,适当调节比例积分电路的增益和积分时间常数可获得更稳定的激光频率.

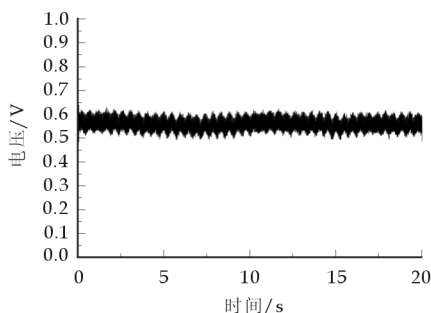


图 7 激光自由运转时的荧光光谱信号

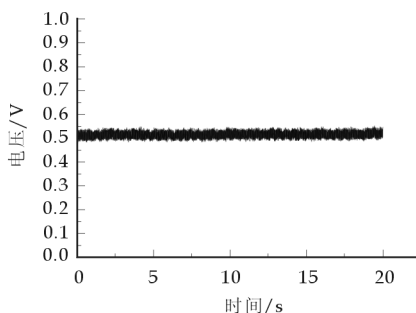


图 8 激光器闭环锁定后的荧光光谱信号

图 7 为激光自由运转时的荧光光谱信号,此时的频率漂移大约 7 MHz/min. 图 8 为激光器闭环锁定后 20 s 内记录到的典型跃迁峰值信号,闭环锁定后激光器的频率起伏得到了显著的抑制,频率起伏约 710 kHz/min. 激光器可在闭环锁定状态下稳定运转数小时而不失锁,可以满足激光冷却和俘获铯原子的实验要求.

4 结束语

本文利用激光诱导荧光光谱的技术闭环锁定了 461 nm 激光器,获得了高功率、窄线宽、稳定的蓝光,其频率漂移 710 kHz/min,满足实验要求.

在本文的稳频方案中,谱线多普勒背景对一阶微分曲线零点(即频率参考点)的确定有一定的影响. 对此,我们可以在荧光稳频装置中引入零度高反镜,通过探测光与反射光信号相减的方法在一定程度上削弱多普勒背景,同时提高荧光信号的强度值^[5]. 另外,人们提出了 3 次乃至 5 次谐波探测法以获得 3 次(或五阶)微分鉴频曲线^[4]来有效地降低多普勒背景的影响,并且可以避开系统在低频 Ω 处比 3Ω 处高的 $1/f$ 噪声,原则上可提高系统频率锁定的稳定性^[6].

参考文献

- [1] 蓝信炬. 激光技术[M]. 北京:科学出版社,2008:252-296.
- [2] T. Day, F. Luecke, M. Brownell. Continuously tunable diode lasers[J]. Lasers and Optronics, 1993, (6):15-17.
- [3] 陈景标,朱程锦,王凤芝,等. 斜入射激光抽运铯外频标中的光频移[J]. 光电子·激光, 2001, (12):51-54.
- [4] C. J. Hawthorn, K. P. Weber, R. E. Scholtena. Littrow configuration tunable external cavity diode laser with fixed direction output beam[J]. Rev. Sci. Instrum., 2001, (72):4 477-4 479.
- [5] 陈徐宗. 半导体激光器稳频原理及技术[D]. 北京:北京大学信息科学技术学院量子电子学研究所硕士学位论文, 2009.
- [6] 臧二军,曹建平,钟明琛,等. 用单块激光器和环形外腔获得稳定的 532 nm 激光[J]. 光学学报, 2003, 3(23):335-340.

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0089-04

支撑向量机的若干医学应用研究

胡灵芝

(陕西中医学院基础医学院, 陕西 咸阳 712046)

摘要:在医学领域中常用支撑向量机算法对不同的病情症状进行正确的分类和识别. 针对所处理数据的不同特征而采用恰当的算法, 选择不同的核函数, 能够在很大程度上减少计算量, 提高分类和识别的速度. 如舌色、苔色识别采用线性和非线性结合的交叉训练法, 识别率可达 93.87%; 肿瘤形状特征分类和肾结石分类均采用非线性算法, 所用核函数为高斯核函数, 准确率可达 95% 以上.

关键词:支撑向量机; 核函数; 舌色识别; 肿瘤; 肾结石分类

中图法分类号:TP182 **文献标识码:**A

0 引言

标准的支撑向量机因具有数学形式简单、几何解释直观、全局最优、学习速度快、泛化能力优良、适合处理高维数据等特点而被成功地用于许多分类和回归的问题中. 在医学上, 利用模式识别技术对不同的病情症状进行正确的分类和识别时, 常用的算法是支撑向量机. 但在不同的研究领域, 根据其样本和要求的不同, 应采用不同的训练方法, 现以舌色、肿瘤等几个例子说明不同领域中所用到的不同的支撑向量机训练过程.

1 算法原理

支撑向量机是基于线性可分情况下的最优超平面提出的, 其基本思想概括为: 首先通过非线性变换将输入空间变换到一个高维空间, 然后在这个新空间中求最优线性超平面, 而线性变换是通过核函数实现的.

线性支撑向量机的算法如下:

- (1) 用 $H = D[A \quad -e]$ 定义矩阵 H ;
- (2) 用 $\mu = (\frac{1}{v} + HH')^{-1}e$ 计算 μ ;
- (3) 利用 μ 计算 $\omega = A'D\mu, \lambda = -e'D\mu, y = \frac{\mu}{v}$;
- (4) 用线性分类器 $x'\omega - y \begin{cases} > 0 & x \in A^+ \\ = 0 & x \in A^+ \text{ or } A^- \\ < 0 & x \in A^- \end{cases}$ 对新样本进行分类.

非线性支撑向量机的算法如下:

- (1) 选择一个核函数 $K(A, A')$;

* 收稿日期:2011-05-12
作者简介:胡灵芝(1977—), 女, 浙江省宁波市人, 讲师, 研究方向:计算数学

(2) 用算式定义 $G = D[K - e]$;

(3) 计算拉格朗日乘子 v ;

(4) 用 $K(x', A')D\mu - \gamma = K(x', A')DDK(A, A')'Dv + e'Dv = (K(x', A')K(A, A')' + e')Dv = 0$ 得到非线性 SVM 分类超平面;

(5) 用 $(K(x', A')K(A, A')' + e')Dv \begin{cases} > 0 & x \in A^+ \\ < 0 & x \in A^- \\ = 0 & x \in A^+ \end{cases}$ or A^- 对新样本进行分类.

构造支撑向量机分类器首先要确定核函数的类型,采用不同的核函数将导致不同的支撑向量算法,目前得到的核函数形式主要有:线性核函数: $K(x, y) = (x \cdot y)$ 、多项式核函数: $k(x, y) = (x \cdot y + 1)^p$ 、高斯核函数: $k(x, y) = \exp(-\gamma |x - y|^2)$ 、S 型核函数: $k(x, y) = \tan(kx \cdot y - \delta)$.

2 支撑向量机在医学领域的应用研究

2.1 中医舌色苔色识别

舌诊是中医四诊中望诊的重要内容,是中医临床诊断的主要依据之一.传统的舌诊是根据中医医生观察来诊断病情的,诊断结果和医生的知识水平、诊断经验密切相关.为了有一个确切的诊断依据,必须将舌诊客观化,即解决舌诊的模糊性和不确定问题.计算机数字图像处理技术在这一方面具有独特的优势.

针对舌色、苔色分类与识别不仅要求具有较高的识别率,而且要求经过的分类器个数尽可能少的特点,在训练分类器的过程中,根据部分类别之间的线性可分,另一部分类别线性不可分的特点,采用不同的核函数.对于线性可分的两类问题如果采用非线性核函数,不仅计算量大,而且获得的支撑向量比较多,从而会影响识别速度和正确识别率,为此可优先采用线性核函数,在两类问题线性不可分的情况下,采用非线性核函数.如何判断两类问题是否线性可分可归结为求解如下问题:

$$\min_{\alpha} \frac{1}{2} \alpha^T Q \alpha - e^T \alpha, \quad 0 \leq \alpha_i \leq C, (i = 1, \dots, l), \quad y^T \alpha = 0$$

其中 α 为拉格朗日系数矢量, α_i 为各个样本所对应的拉格朗日系数, C 为惩罚项, y_i 为样本对应的类别标号(1 或 -1), Q 为核函数矩阵, N 为样本总数.所得两类分类器为:

$$f(x) = \sum_{i=1}^l y_i \alpha_i (x_i \cdot x) + b_0$$

当 $\alpha_i = C, f(x) < 0$ 的样本,称为错分样本.采用线性核函数对样本训练完毕后,判断其是否存在错分样本,存在即线性可分,否则线性不可分.

对于舌色、苔色识别是类别数 $K = 15$ 的多类识别问题,训练过程采用一对一的方法需要构造 $C_{15}^2 = 105$ 个两类分类问题.在训练多类 SVM 分类器时,采用交叉选择核函数的策略,同时每个两类问题的核函数参数采用交叉验证法来确定.训练的具体过程是:对 15 个类别构造多个两类分类器,先采用线性核函数进行训练,然后对这些样本进行测试,如果错分样本的比率大于一定的阈值,则采用非线性核函数.接下来对这些样本采用高斯核函数重新进行训练.

核函数的参数选取采用交叉验证法.如样本量为 750,则属于 15 类,每两类组合为 100 个样本,把这 100 个样本分为 5 组,每次取出一组作为测试数据,其他 4 组作为训练数据,以此类推,可得核函数参数 $p_1 = 10$,惩罚因子 $C = 100$,平均正确识别率为 93.87%.

2.2 肿瘤形状特征分类

通常临床根据肿瘤的形态、内部回声分布等超声图像的特征对肿瘤进行良恶性的识别.利用超声图像的特征进行肿瘤良恶性的识别可采用支撑向量机.利用支撑向量机解决此类问题采用的是非线性算法,先求得其标准线性 SVM 如下:

$$\text{Min} \quad w y + \frac{1}{2} \omega' \omega \quad v \text{ 是大于 } 0 \text{ 的参数}$$

$$s. t. \quad D(A\omega - e\gamma) + y \geq e, y \geq 0$$

相应的线性分类器为:

$$x'\omega - \gamma \begin{cases} > 0 & x \in A^+ \\ = 0 & x \in A^+ \text{ or } A^- \\ < 0 & x \in A^- \end{cases}$$

通过优化分类面的方向和位置来确定最优分类面,得到新的支撑向量机如下:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \frac{v}{2} \|y\|^2 + \frac{1}{2}(\omega'\omega + \gamma^2) \\ s. t. \quad & D(A\omega - e\gamma) + y = e \end{aligned}$$

采用拉格朗日乘子法对 ω, γ, μ, y 分别求梯度,并令其为零而得到 KKT 条件为 $\omega = A'D\mu, \gamma = -e'D\mu,$

$$y = \frac{\mu}{v}, D(A\omega - e\gamma) + y - e = 0.$$

为了得到非线性分类器,将 $\omega = A'D\mu$ 代入上面限制条件中,并用非线性核函数 $K(A, A')$ 代替 AA' ,得到下式:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \frac{v}{2} \|y\|^2 + \frac{1}{2}(\mu'\mu + \gamma^2) \\ s. t. \quad & D(K(AA')D\mu - e\gamma) + y = e \end{aligned}$$

以下用 K 代替 $K(A, A')$,得到如下的拉格朗日函数(v 为拉格朗日乘子):

$$L(\omega, \gamma, \mu, y) = \frac{v}{2} \|y\|^2 + \frac{1}{2} \left\| \begin{bmatrix} \mu \\ \gamma \end{bmatrix} \right\|^2 - v'(D(KD\mu - e\gamma) + y - e)$$

从 KKT 条件得出 γ, μ, y 及拉格朗日乘子 v ,即

$$\mu = DK'Dv, \gamma = -e'Dv, y = \frac{\mu}{v}, D(KD\mu - e\gamma) + y = e \tag{1}$$

$$v = \left(\frac{1}{v} + D(KK' + ee') \right) D^{-1}e = \left(\frac{1}{v} + GG' \right)^{-1}e, G = D[K \quad -e]$$

非线性 SVM 分类面可以从线性分类面的公式中推导出来,即 $x'A'D\mu - \gamma = 0$. 用 $K(x', A')$ 代替式中的内积 $x'A'$,并将式(1)中的 μ 和 γ 代入,得到如下非线性 SVM 分类超平面,即

$$K(x', A')D\mu - \gamma = K(x', A')DDK(A, A')'Dv + e'Dv = (K(x', A')K(A, A')' + e'e)Dv = 0$$

相应的非线性 SVMs 分类器为:

$$(K(x', A')K(A, A')' + e'e)Dv \begin{cases} > 0 & x \in A^+ \\ < 0 & x \in A^- \text{ or } A^+ \\ = 0 & x \in A^- \end{cases}$$

可以使用上式对肿瘤样本进行分类,当良性肿瘤样本超过恶性肿瘤样本时,此算法的分类精度明显下降,反过来亦如此.

此处的核函数可选择高斯核函数,以达到较好的泛化能力和较少的参数调整.

2.3 肾结石分类

肾结石病发病率近年来呈上升趋势,同时由于该病的复发率比较高,因此探讨肾结石病的形成原因对治疗和预防具有重要的意义. SVM 作为一种新型的机器学习工具被用于进行肾结石的分类.

基于肾结石病数据的特点,设线性可分样本集为 $(y_1, x_1), (y_2, x_2), \dots, (y_l, x_l), x \in R^N, y \in \{-1, +1\}$. H 维空间中线性判别函数的一般形式为 $g(x) = \omega \cdot x + b$,分类面方程为 $\omega \cdot x + b = 0$,满足 $y_i(\omega \cdot x_i + b) - 1 \geq 0, i = 1, \dots, l$ 且使 $\|\omega\|$ 最小的分类面是最优超平面,利用支持向量求解最优超平面得到最优分类函数为 $f(x) = \text{sign}(\sum_{i=1}^l y_i \cdot \alpha_i K(x, x_i) + b)$,其基本思想是首先通过非线性变换将输入空间变换到一个高维空间,然后在这个空间中求取最优线性超平面,这种非线性变换是通过核函数实现的,这里也采用

泛化能力较高和参数调整较少的高斯核函数。

在实际训练过程中,如采用 2 501 个样本,可随机分成两类:用于调整模型参数的 2 000 个样本的训练集和用于评估预测能力的 501 个样本的测试集。实现 SVM 的计算程序可写入 R 文件中,用专用编译器编译,并在微机上运行。当参数 $C=1\ 000$,核函数变量为 1,支撑向量的数目为 17 时,SVM 的分类准确度达到了 99.95%,可见 SVM 对分类问题有很好的适应性。

3 结束语

线性分类器是基于数据输入空间实现分类,而非线性分类器则是基于高维特征空间用核函数代替非线性映射来实现分类,为非线性预测提供了可能。在处理不同类型的数据时,应先分析数据的空间特征,判定是否线性可分,进而采用恰当的算法,选择不同的核函数,以减少病情症状分类和识别的计算量,提高速度。支撑向量机在医学上除了上述几个应用领域之外,还可用于药物设计、蛋白质结构预测、基因识别、血细胞的分类、定量构效关系数据分析等等。

参 考 文 献

- [1] 张新峰. 多类支撑向量机在中医舌质、舌苔分类和识别的应用研究[J]. 电路与系统学报, 2004, 9(5): 110-113.
- [2] 王 冰. 基于线性判别式和支撑向量机的肾结石分类方法[J]. 兰州大学学报, 2006, 42(2): 77-80.
- [3] Burbidge R, Totter M, Buxton B, *et al.* Drugdesign by machine learning: support vector machines for pharmaceutical data analysis [J]. Computer Chem., 2001, (26): 5-14.
- [4] 边肇祺, 张学工. 模式识别[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [5] 卫保国, 王爱民. 一种新的多类模式识别支撑矢量机[J]. 模式识别与人工智能, 2002, 15(2): 178-181.

THE NUMBER OF MEDICAL SUPPORT VECTOR MACHINE APPLIED RESEARCH

HU Ling-zhi

(Shaanxi College of Traditional Chinese Medicine, Xianyang 712046, China)

Abstract: Commonly used in the medical field support vector machines for different symptoms of the disease and identify the correct classification. However, the data processing for different characteristics, the algorithm should be used properly, choose a different kernel function, can significantly reduce the amount of computation, thereby increasing speed. Such as the tongue color, fur color identification using a combination of linear and nonlinear cross-training method, recognition rate is 93.87%; tumor classification and shape of the stones are non-linear classification algorithm, the kernel function used for the Gaussian kernel, accuracy rate of up to 95%.

Key words: support vector machine; kernel function; tongue color recognition; cancer; kidney stones category

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0093-04

基于 Flexsim 仿真软件的生产调度建模及优化方案

栾 飞, 杨 玮

(陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要:对于机床制造企业来说,其生产调度问题属于离散变量的组合优化问题.该类型企业生产过程复杂多变,加工任务类型多样,具有作业车间调度的特点.作者从项目实践出发,对某机床制造企业的生产状况进行了深入调研和分析,重点对总装厂生产线进行了分析和研究,运用 Flexsim 软件建立了该厂的相应仿真模型并进行了模拟运行,通过分析系统各环节的运行结果情况,查找到了系统的瓶颈环节,最后采取了相应措施优化模型,将优化后的模型运行结果与原模型进行对比发现系统各方面的效率都得到了明显提高,进而可以为该厂的实际优化改善工作提供数据参考和方案建议.

关键词:调度; 仿真; 建模

中图法分类号:F406

文献标识码:A

0 引 言

生产作为企业价值创造的主体,是实现企业利润最大化的重要环节.在尽量满足市场需求的前提下,科学、合理地安排生产计划,充分利用生产资料,提高生产效率和产品质量,降低生产过程中的物料、能源消耗,是生产部的主要目标^[1].

生产调度主要是针对产品制造工作,探讨在尽可能满足交货期、工艺路线、制造资源等约束条件下,通过制造资源的合理安排、加工时间及加工顺序的确定,达到车间制造系统性能的最优化.在理论研究中,车间生产调度问题通常被称为加工排序问题或制造资源调度分配问题,好的生产调度能够有效地提高制造资源利用率和生产管理水平,生产出具有竞争力的产品^[2].

国内对车间调度问题的研究起步较晚,智能调度系统隶属于企业资源计划(ERP)的决策支持系统,而决策支持是目前 ERP 发展的热点之一.近年来许多企业已经实施了完整的 ERP 系统,并已经形成了准确、及时、完整的管理决策基础数据.如何有效利用和挖掘这些信息数据,参与决策,实现决策支持已成为当前及今后 ERP 的发展趋势和目标.大部分工厂由于技术上的制约,目前还没有找到好的车间作业调度方法,基本上是靠调度人员的经验进行车间作业分配和调度^[3].

本文对于车间调度问题的分析优化着重于 Flexsim 软件的应用,虽然 Flexsim 更多运用在物流系统中,但是现在运用 Flexsim 来做生产调度也逐渐形成了一种趋势.

1 基于 Flexsim 的装配厂生产调度系统的建模与仿真

1.1 Flexsim 仿真软件的基本原理

Flexsim 是一个强有力的分析工具,可以帮助工程师和设计人员在系统设计与运作中做出智能决策.

* 收稿日期:2011-05-29

作者简介:栾 飞(1983—),男,陕西省榆林市人,助教,硕士,研究方向:现代物流工程与技术、车间调度
基金项目:陕西省教育厅自然科学专项项目(2010JK428)

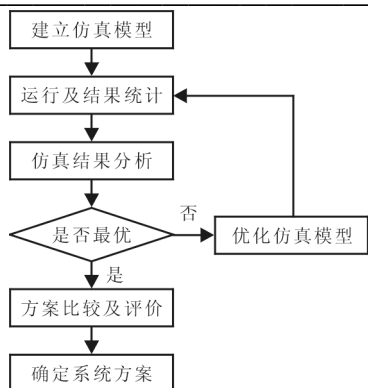


图 1 仿真流程

采用 Flexsim, 可以建立一个真实系统的 3D 计算机模型, 然后用比在真实系统上更短的时间或者更低的成本来研究系统, 其仿真建模流程如图 1 所示。

作为通用的可视化交互集成仿真环境, Flexsim 的应用范围十分广泛, 几乎覆盖可视化的所有领域。Flexsim 仿真系统被广泛应用在例如交通路线规划、交通流量控制分析、生产能力仿真与分析、港口、机场、物流中心设计等多个领域^[4]。

1.2 某装配厂简介及其装配工艺流程

桂林机床股份有限公司的装配三厂是用于多种型号强力铣的装配总成, 由一系列制造系统组成的装配系统, 它有 6 条主装配线和很多装

配总成组成。各个装配总成把来自机械一厂的小件、其它装配车间的零件、通用件、专用件以及外协件, 按

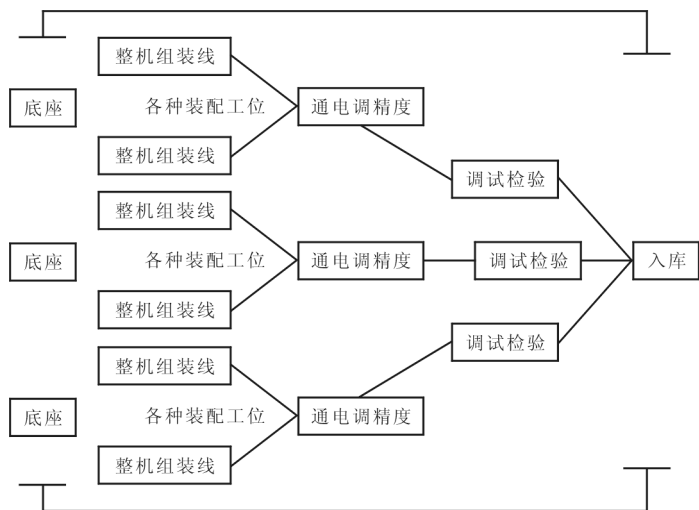


图 2 装配线的平面布局图

照生产工艺装配成不同型号的零件。装配总成之间的关系是相互独立的, 且一个总成的制造与其它总成的制造是并行的, 依据生产计划和生产工艺装配成不同型号的数控机床。两条整机组装线与一条通电调精度线组成一个上下游串行制造系统, 它的特点是设备按工艺顺序依次排列, 用辅助装置将其连接并把各个总成加工完成的工件组装起来, 通过电气、液压或气动等控制装置使整个系统按规定的程序与节拍进行工作, 其大致的平面布局如图 2 所示。

机床产品的装配总工艺流程为: 床身和基座的安装→主轴箱的安装→工作台的相关安装→丝杆的安装→电器柜的安装→

尾座的安装→刀架的安装→调精度。

1.3 基于 Flexsim 的装配线仿真模型的建立

为了实现对仿真模型统一有效的管理, 仿真模型管理系统平台主要包括仿真模型运行模块、模型运行参数模块、模型生产计划模块、零件表和总成加工模块和读写 Excel 表模块。

装配线的制造环境是由制造过程中必备的生产要素组成, 如加工装配处理器、输送带、缓冲区、部件、叉车等, 装配线的可视化设计就是将这些要素建模^[5]。因此, 要创建装配线就要对上面提出的各类实体进行建模, 以便在仿真系统的时候调入使用。模型库中的模型分成二维和三维两种。二维模型用以实现装配线各个模型在仿真时的模型操作控制、结果显示以及任务安排、相关对象的逻辑关系。三维模型可以很逼真地反映装配线中的各个设备对象。对于二维实体, 在装配线中没有有形实体与之对应, 只具有框型线条, 但是其模型仅仅是相应对象的逻辑显示, 除显示的形式不同之外内容与二维的模型完全相似。对于三维实体, 在生产线上有形实体与之对应, 它们的几何外型对装配线的仿真研究至关重要。

根据机床产品装配工艺的特点, 该车间的布局采用流水线的布局方式, 并按照产品的工艺路线^[6]来对厂进行布局, 厂的布局形式尽可能将相邻加工工序置于邻近位置。对装配厂运用 Flexsim 软件建立其仿真的二维模型图, 如图 3 所示, 其三维动画模型如图 4 所示。

1.4 装配线模型的仿真及结果分析

将各种参数设置完成, 搬运路线连接顺畅, 经过编译、重置后则可以运行模型, 运行的时间设置为 11 000 s, 对上述模型进行仿真的结果如图 5 所示, 通过对系统运行过程的统计分析, 得出其存在的瓶颈问

题如表 1 所示。为了解决瓶颈问题,结合公司的实际情况,进行了相关参数的修改,使模型得以优化,优化后运行结果如图 6 所示。

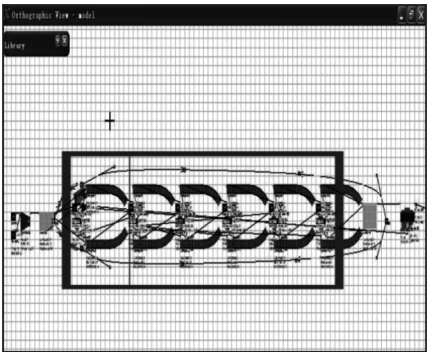


图 3 装配厂装配线的平面模型

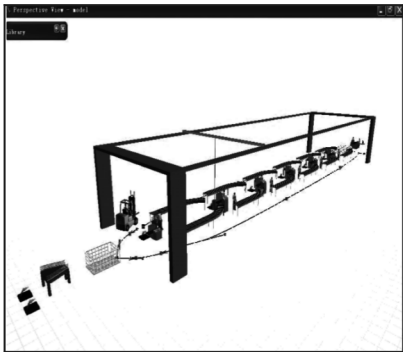


图 4 装配线的仿真模型

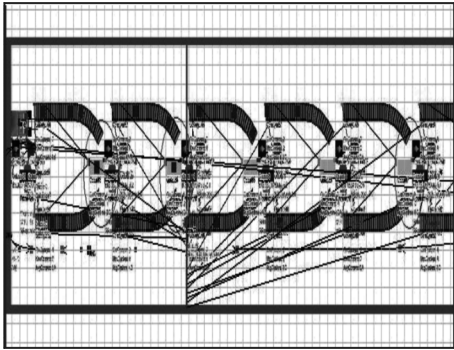


图 5 模型运行结果

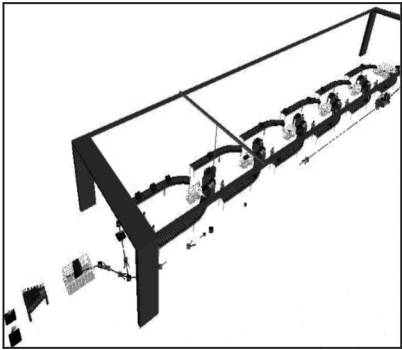


图 6 优化后运行的结果图

表 1 瓶颈问题

瓶颈问题	产生的主要问题	导致的后果
发件瓶颈	前面送来的部件量过大、装配速度过慢	部件在装配流水线上发生积压及拥堵,造成一系列的瓶颈
运输设备	处理速度慢、设备数量少	部件在暂存区形成积压,给企业带来不必要的成本

对比优化前后系统模型的床身装配后的主要参数和系统各个处理器的变化情况如表 2、表 3 所示。

表 2 床身装配后的主要参数相对百分比

参数	装配的数量增加百分比	平均停留时间减少百分比	积压的最大值减少百分比
床身装配	3.75%	4.93%	50%

表 3 处理器主要参数相对百分比

参数	处理器 01	处理器 02	处理器 03	处理器 04	处理器 05	处理器 06
平均等待时间减少百分比	5.03%	4.28%	11.18%	9.29%	12.21%	12.43%
等待运输减少百分比(装配效率提高)	6.9%	0%	8.1%	7.4%	1.58%	2.85%

由表 2 和表 3 可以看出,优化后的系统模型在等待运输设备、装配效率、入货量上均改善了许多。将优化前与优化后系统方案进行比较,结果如表 4 所示。

通过以上的分析,得到了一个比以前更为合理的方案。该方案提高了装配作业效率,实现了充分利用企业现有的资源来降低装配成本、库存成本以及满足生产计划的要求、消除瓶颈的目的。

表 4 优化前与优化后系统方案的比较

方案	有无瓶颈	装配效率	等待时间	装配整机的数量
优化前	有	低	长	40 台
优化后	无	高	短	45 台

2 结束语

制造系统的计算机仿真日益成为制造系统的规划、评价和优化不可或缺的重要环节,所谓制造系统仿真就是在制造系统的模型初步方案确定之后,利用仿真工具建立制造系统模型,然后在计算机中进行一系列仿真行为,以获得相应数据.本文在仿真实理论的指导下,以桂林机床股份有限公司的装配三厂为研究对象,通过实地调研企业装配生产线各工位的实际运行数据,运用 Flexsim 软件建立了系统的模型,对其进行了模拟运行,并分析了其环节的运行状态,找到了瓶颈环节,最后通过相应措施优化和完善了仿真模型,将优化后的模型与原模型的运行结果对比发现其解决了系统的瓶颈问题,提高了运行效率,进而为实际系统的优化改善提供了数据参考和方案建议,节约了企业解决类似问题的成本,提高了企业对自身进行优化改善的效率.

参 考 文 献

- [1] 郑 峰,孙树栋.混合型企业生产调度问题综述[J].制造业自动化,2004,26(2):1-4.
- [2] 叶何文,饶运清,邓建养,等.车间作业调度问题的研究与应用[J].桂林航天工业高等专科学校学报,2002,26(2):1-7.
- [3] 蔡 兰.制造业车间生产调度及评估理论的研究和应用[D].武汉:武汉理工大学硕士学位论文,2008.
- [4] 张晓萍.系统仿真软件 Flexsim3.0 实用教程[M].北京:清华大学出版社,2006.
- [5] T. L. Saaty. The Analytic Hierarchy Process[M]. McGraw Hill, Inc., 1980.
- [6] Temiz, Izzettin, Erol, Serpil. Fuzzy branch-and-bound algorithm for flow shop scheduling[J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2004, (15):15-19.

BASED ON FLEXSIM SIMULATION SOFTWARE PRODUCTION SCHEDULING MODELING AND OPTIMIZATION SCHEME

LUAN Fei, YANG Wei

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

Abstract: For the machine tools manufacturing enterprises, the production scheduling problem belongs to the combination of discrete variable optimization which is the typical job shop scheduling problem. This kind of enterprises, having the characteristics of a job shop scheduling, contain the features of complex production process, various types of processing tasks. Based on project practice, this thesis thoroughly surveyed and analyzed the production status of a machine tools manufacturing enterprises, especially analyzed and researched the production line of general assemble plant, with the application of Flexsim, built the related simulation model and made the simulation run, checked and analyzed the result of actual run in different system chain, track down the bottleneck chain in system. Finally this thesis took effective measure to optimize established model, and the comparison between optimized model and origin model shows the efficiency in every single aspect of the system has risen greatly, therefore this could provide data reference and concrete proposal for the practical and optimized improving work of the factory.

Key words: scheduling; simulation; modeling

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0097-04

机柜用混装连接器射频性能应用实例

王小爱

(陕西工业职业技术学院机械工程学院, 陕西 咸阳 712000)

摘要:为适应设备的模块化发展和解决多个螺纹连接器的操作困难及占用空间的问题,设计了直插式同轴连接器.该连接器具备螺纹式同轴连接器的射频性能,而直插式的连接带来的主要影响是在振动条件下射频信号的电压驻波比、插入损耗和相位的变化.作者对用户使用的S6、S7机柜用连接器进行了改进,在现有连接器的基础上设计了8#同轴接触件,满足了用户的使用要求.

关键词:机柜用连接器;电压驻波比;插入损耗;隔离度;相位漂移

中图法分类号:TH122 **文献标识码:**A

0 引言

电连接器在国外已有100多年的发展历史,其工艺技术已经非常成熟.而同轴连接器由于同轴电缆的插入损耗大,因而限制了其发展,直到20世纪70年代美国对通用电缆连接器和精密同轴连接器做了大量标准化工作之后同轴连接器才得到了深入发展.电连接器在我国建国初期主要依赖从原苏联进口,在研制初期基于原苏联的标准研制开发了一系列电连接器和射频同轴连接器.近年来随着国家对外开放的不断扩大,越来越多的民用电子仪器仪表需要和欧美产品对接,因此原来自行定制的标准逐步被淘汰,在引进相应的国际标准的基础上正在形成我国的产品标准.

1 研究方法

1.1 建模

根据技术要求,结合产品的特点进行产品结构设计,对结构设计中的射频传输线路能够出现阻抗不连续的点进行分析,确定补偿结构.结合电子设备与安装架的安装要求确定出需要补偿的轴向尺寸,最终确定射频传输接触件的结构尺寸.

1.2 三维电磁仿真优化

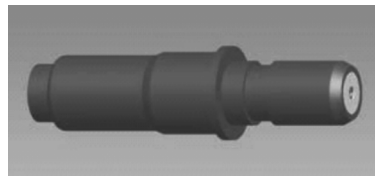
在模型的基础上进行三维电磁仿真优化,采用ANSOFT HFSS软件对产品结构的射频性能进行仿真优化,并设置同轴接触件介质的介电常数、传输线上零件的材料属性,对其进行仿真优化,以保证同轴接触件的阻抗匹配,同时在台阶突变和焊接电缆处采用错位补偿结构实现阻抗的连续,最大程度地降低反射损耗.在产品按照设计要求完成加工后进行射频性能的试验,在工作频率DC~18GHz的范围内测量.从安装架的输入接口到输出接口,采用网络分析仪进行射频传输线的电压驻波比、插入损耗、相位一致性、相邻射频传输线之间的隔离度测量.

* 收稿日期:2011-04-11
作者简介:王小爱(1976—),女,陕西省咸阳市人,讲师,硕士,研究方向:机械设计

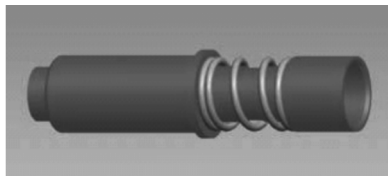
2 研究内容

某项目采用模块化设计,所有的射频线路均采用直插式连接形式,连接器选用 S6、S7 系列,在 S6、S7 连接器中增加同轴接触件,其主要指标如下:工作频率:0~18 GHz,电压驻波比: ≤ 1.2 ,插入损耗: ≤ 0.3 ,相位一致性: $\pm 5^\circ$,振动条件下的相位一致性: $\pm 3^\circ$.

2.1 接触件设计



插针结构

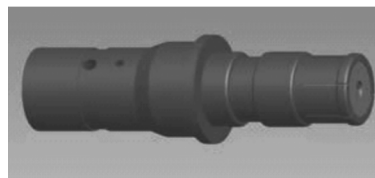


插孔结构

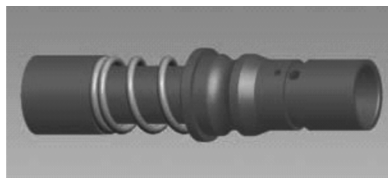
图 1 方案一的接触件设计

并且电缆选择的是 SFT-50-3 半刚电缆,与接触件焊接连接,从而在电缆固定的情况下会失去浮动的效果.

在实际试验过程中,由于接触件的接触为无弹性接触,因此在产品振动情况下出现了驻波突变,并且在振动 0.5 h 后电缆焊接处与接触件分离,试验失效.



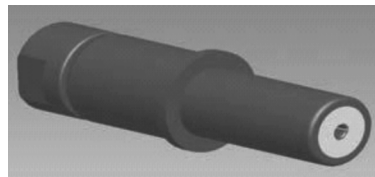
插针结构



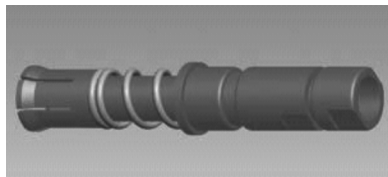
插孔结构

图 2 方案二的接触件设计

的电压驻波比增大,并且开槽结构会出现射频泄漏.在产品装配后,由于插针开槽在插针、插孔对插时插入力非常大,而在接触件没有插合的情况下已经压缩了弹簧,造成中心接触件无法接触上,插合面不能贴紧,阻抗和插损均不能满足要求,因此该结构没有进行振动条件下的试验.



插针结构



插孔结构

图 3 方案三的接触件设计

保证了弹性可靠接触,又避免了阻抗不连续.接触件配接 IW1801 软电缆,能够实现在装好电缆的情况下浮动,装接方式采用焊接后螺母固定,避免了电缆在受力情况下的松动.该结构焊接电缆的操作在完全可视的情况下进行,焊接的位置采用工具保证,且焊点的好坏可以直接观察到.

实际装配证明该结构容易操作,尤其是在高频段,一点点的装配误差都会造成驻波、插损、相位的较大变化,而装配的状态是否一致,该结构均可以观察到,试验结果证明该结构可满足用户指标要求.

2.2 机箱与托架锁紧方式选择

本次试验中机箱与托架锁紧方式分为 A 类(符合 GJB780)和 B 类(符合 SJ20971),在前两次的振动试验中均采用 A 类锁紧,且托架后端无固定销.由于模拟机箱的质量较大,在振动的过程中机箱剧烈晃动,造成托架上的螺钉振动脱落,第一次采用 1.2 mm 厚的托架仅振动 0.5 h 试验就失效.第二次采用 3 mm

(1)方案一.如图 1 所示,该结构在插孔端设计了弹簧,避免了接触件装入连接器时由于连接器的轴向位置移动所造成的同轴传输的阻抗不连续,但由于插针、插孔没有设计弹性接触,因此在振动的条件下会出现射频泄漏,

(2)方案二.如图 2 所示,该结构在插孔端设计了弹簧,避免了接触件装入连接器时由于连接器的轴向偏差移动所造成的同轴传输的阻抗不连续,其插针端设计为开槽形式,与插孔弹性接触,开槽结构导致阻抗不连续所带来的

(3)方案三.如图 3 所示,该结构在插孔端设计了弹簧,避免了接触件装入连接器时由于连接器的轴向位置移动所造成的同轴传输的阻抗不连续.将开槽设计在插孔端,在接触件的最外层(即不在微波信号传输的电路上),既

厚的托架,振动了 3.5 h,试验仍然失效.分析原因为机箱与托架的固定方式不合理,造成振动过程中机箱与托架之间存在窜动,并且随着振动时间的加长,窜动量越来越大,最终导致机箱与托架分离.第三次试验采用 B 类锁紧,并在托架后增加固定销,保证机箱与托架之间的牢靠固定,在整个振动过程中无松动现象.

在选用了 B 类锁紧装置后,不但解决了机箱与托架之间的锁紧,而且由于助推扳手能够起到杠杆作用,减小了推动机箱的力,因此在使用多个连接器的情况下依然能够轻松推入.

由于本次模拟机箱的质量为 20 kg,而在 SJ20971 中明确规定了 B 类锁紧装置只适用最大为 20 kg 的夹持,因此在保证设计余量的情况下采用两只锁紧装置,如图 4 所示.

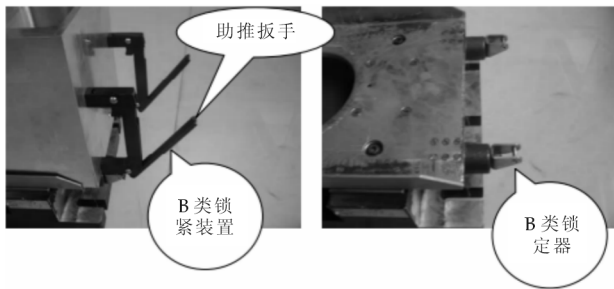


图 4 机箱与托架采用 B 类锁紧方式实物图

圆锥销与圆柱孔配合的结构.

2.3 托架定位销选择

托架定位销与机箱的配合有两种形式:(1)柱销与圆柱孔配合;(2)锥销与圆柱孔配合.由于机械公差的存在两种配合都是线接触,区别在于圆柱销与圆柱孔的配合是沿轴向的一条线,在径向的位置不确定;而圆锥销与圆柱孔的配合是沿圆周的一条线,位置唯一确定,如图 5、图 6 所示.

考虑机箱的总质量和振动的量级(随机振动,功率谱密度为 0.07,3 个方向各 6 h),最终选择了

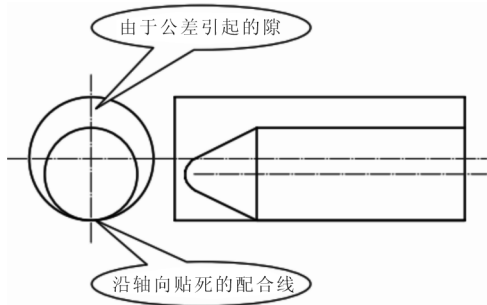


图 5 圆柱销与圆柱孔配合示意图

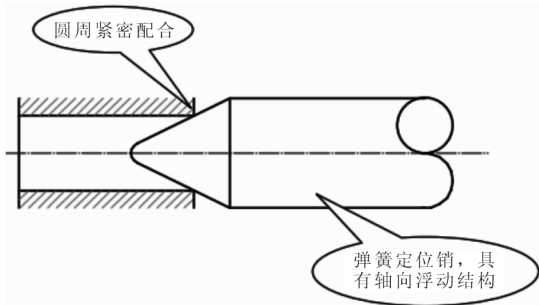


图 6 圆锥销与圆柱孔配合示意图

2.4 机箱选择

为避免其它结构所造成的影响,尽可能真实地反映连接器的性能,机箱采用了一体加工.

经过综合分析后,重新设计、加工过的整套试验夹具承受住了 18 h 的振动,实现了对连接器的指标整个过程的监控.

2.5 试验过程分析

(1)驻波变化.影响驻波的主要因素是阻抗不连续.由于机箱、托架之间的固定牢靠,且接触件采用了弹簧的浮动结构,在机箱、托架锁紧到位时接触件最小压缩了 1.22 mm,在振动过程中不会出现接触件插合面的分离,不存在阻抗的变化,因此驻波仅出现了轻微颤动,在 1.12 ~1.18 之间变化.

(2)插损的变化.影响插损的主要因素同样是阻抗不连续,由于固定结构的牢靠,不存在阻抗的变化,同样插损也只是随振动环境出现微小变化,插损在 10.2 ~10.8 dB 之间变化,计算后接触件的插损小于 0.3 dB.

(3)隔离度的测试方法.由于目前国内没有测量隔离度的方法,在本次试验中咨询了安捷伦,测试过程中一般设置中频带宽为 100 Hz,功率为 0 dB · mW,测得的接触件隔离度为 -90 dB.

为确定测试方法的真实性,又咨询了相关厂家,得到了第 2 种方法:采用网络分析仪作为信号发射源,频谱仪作为接收,被测电缆接负载,测试结果与网络分析仪测试相同,为 -90 dB.

(4)相位漂移的原因.在振动条件下监控相位时,发现相位的变化在 $\pm 3^\circ$ 围内,满足用户要求,而随着振动时间的加长相位变化的中值会偏移,如原来在 $90 \pm 3^\circ$ 间变化,振动时间加长后

慢慢在 $95 \pm 3^\circ$ 范围内变化,这种现象称之为相位漂移.在进行了仔细观察和进行了 9 个接触件试验后总结了规律,在振动前 0.5 h 范围内会产生相位漂移,之后相位稳定在一个范围内变化,并且停止振动后相位不会变化.

通过试验对所有的锁紧结构进行了分析,确定影响相位漂移的因素是机箱、托架、连接器、接触件之间的 8 个固定点,在锁紧时这 8 个点不可能同时在最理想的位置上,因此存在着过定位或欠定位,在振动的过程中会随着时间加长最终找到平衡位置.

3 结 论

试验表明,直插式高低频混装连接器能够达到较高的射频指标:工作频率:0~18 GHz,压驻波比: ≤ 1.2 ,入损耗: ≤ 0.3 ,位一致性: $\pm 5^\circ$,动条件下的相位一致性: $\pm 3^\circ$.

直插式连接器的性能指标与机箱、托架、接触件的固定结构息息相关,仅仅靠连接器中接触件的浮动固定不能满足用户的要求.

本次试验中得到了隔离度的两种测试方法,并确认了两种测试方法得出的结果一致,这在射频行业中首次被验证.

参 考 文 献

- [1] IEC 1141 射频同轴连接器上限频率 ARINC600 标准, MIL-DTL-83527B 标准[S], 1992.
- [2] 王超群.低损耗射频同轴电连接器设计与开发[D].石家庄:华北电力学院硕士学位论文, 2006.
- [3] 李 军.射频同轴连接器的阻抗补偿[J].北京电力高等专科学校学报, 2009, (9): 57-61.

CABINET CONNECTORS RF PERFORMANCE WITH A MIXED APPLICATION EXAMPLE

WANG Xiao-ai

(Institute of Mechanical Engineering, Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000, China)

Abstract: To meet the device's modular development and operation of multiple threaded connector problems and space issues, raised-line coaxial connector, the connector should have a screw-type RF coaxial connector performance, the connection-line impact is mainly caused by the vibration conditions, the RF signal voltage standing wave ratio, insertion loss and phase changes. For users of the S6, S7 connector for cabinet to improve the existing design of the connector, based on coaxial contacts 8, to achieve the user's requirement.

Key words: cabinet with a connector; VSWR; insertion loss; isolation; phase shift

我校殷海荣教授获“十一五”高校科技管理先进个人称号

近日,教育部科学技术司在广州召开 2011 年高等学校科技工作会议.会议对“十一五”期间为构建和完善高校创新体系、提升高校创新能力、服务国家目标和区域经济社会发展做出重要贡献的科技管理团队及个人进行了表彰,我校科技处副处长殷海荣被授予“十一五”高校科技管理先进个人称号.

本次会议既是“十一五”高校科技工作的研讨会和部署会,也是贯彻落实胡锦涛总书记在清华大学百年校庆重要讲话精神的动员会.通过会议、交流和讨论,代表们进一步增强了高校科技工作的紧迫感和使命感,更加明确了今后科技工作的思路 and 方向.

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0101-04

基于 Agent 的垂直疏散模型研究

余 雷, 段晨东

(长安大学电子与控制工程学院, 陕西 西安 710064)

摘 要:基于 Agent 的微观模型仿真相对于宏观模型来说在仿真中针对人群中不同的个体可以设置不同的参数及行为规则,从而真实地反映出人群组成的异质性,另外个体行为是依照其所处环境动态决定的,可以真实体现个体之间的相互作用.作者通过基于 Agent 的微观疏散模型对人群垂直疏散进行了仿真研究,并且进行了相应优化,把引导人员引入模型,并考虑了从众行为对目标选择的影响,仿真结果比较真实的反映了突发状况下人群的疏散行为.

关键词: Agent; 垂直疏散; 仿真

中图法分类号: TP18

文献标识码: A

0 引 言

近年来在国际国内各种自然灾害事件频有发生,给人们的生命财产安全造成了极大危害.为了能够可靠有效地应对突发灾害事故,国内外开展了不少关于人群疏散方面的研究.人群疏散仿真是人群疏散研究的一个重要组成部分,其仿真模型一般分为宏观和微观两大类,早期的研究以宏观模型为主,这类模型注重疏散人群的整体行为特征,它的优点是对计算机运算能力要求低,缺点是无法描述个体的特征以及个体之间的区别,特别是对于突发事件情况无法描述高度复杂和不确定性的人员疏散动态过程.相对于宏观模型来说,微观模型具有很多优点,在仿真中针对人群中不同的个体可以设置不同的参数及行为规则,从而真实地反映出人群组成的异质性,另外个体行为是依照其所处环境动态决定的,可以真实体现个体之间的相互作用.目前,微观仿真研究逐渐成为人群疏散仿真研究的主流.本文以 Agent 仿真软件 NetLogo 为基础对人群垂直疏散模型进行了研究.

1 Agent 技术及 NetLogo 仿真

智能体(Agent)是分布式人工智能(DAI)领域的一个基本术语,它是由美国学者明斯基于 20 世纪 80 年代提出的^[1].智能体(Agent)是一个物理或抽象的、能在一定环境下运行的实体,它能作用于自身和环境,并对环境作出反应^[2].智能体具有知识、目标和能力:知识主要包括领域知识、通讯知识、控制知识等;目标可以根据变化情况分为静态目标和动态目标,并可以通过算法编入或显示给定,或通过通讯获得;能力是指智能体具有推理、决策、规划和控制等的能力.其能力的获得可以显示给定、学习或通过通讯获得.智能体具有如下特性:自治性、社会性和反应性.多智能体仿真的基本思想是:用程序展示行为,而这些行为则完全通过其内部机制来描述.通过把一个个体链接到一个程序上,就有可能模拟一个充满着相互作用的过程的人工世界,因此就有可能用人工对应物来置换真实系统里的成员总体.总体里的每个成员都由一个 Agent 来代表.多智能体仿真具有优于传统数值模拟技术的特点.传统的数值模拟基于数学或随机模型,通常是静态数学模型,而多智能体仿真提供了形象的可视化显示,使用户(模拟设计者)能够在模拟过

* 收稿日期:2011-05-10

作者简介:余 雷(1975—),男,湖北省秭归市人,讲师,博士,研究方向:复杂系统仿真

程中直观地评估 Agent 的行为,因此多智能体系统具有在空间上分布式的、并行的,且系统的容错能力较强等特点。

NetLogo 是一个用来对自然和社会现象进行仿真的可编程建模环境,它是由 Uri Wilensky 在 1999 年发起的,由连接学习和计算机建模中心(CCL)负责持续开发. NetLogo 特别适合对随时间演化的复杂系统进行建模. 建模人员能够向成百上千的独立运行的“主体”(Agent)发出指令,这就使得探究微观层面上的个体行为与宏观模式之间的联系成为可能,这些宏观模式是由许多个体之间的交互涌现出来的^[3].

2 系统建模

为了模拟在发生突发灾害情况下人群的反应,本系统中所建模型为真实模型的简化.

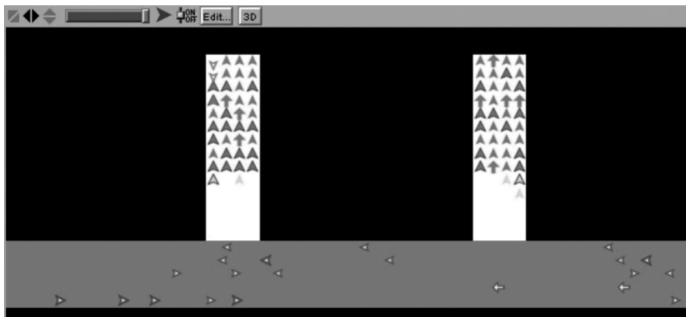


图 1 仿真环境

(1)运行环境:运行环境代表了人员疏散过程中个体所在的空间,空间采用连续的二维空间模型. 在本模型中整个模拟环境为 50 m×21 m 的二维空间,如图 1 所示,其中包括两个部分:灰色水平部分为街道,宽度为 4 m,白色垂直部分为疏散建筑,建筑物宽度为 5 m.

(2)个体:即疏散人群. 在某些疏散方案中,通常会安排工作人员对应急疏散人员进行引导,为了解释引导对人员疏散的影响及

其发挥的作用,在本模型中设定了两种不同的个体:普通居民和引导人员.

①普通疏散居民 Agent. 对于这群疏散个体 Agent $A_k(k=1,2,\cdots,N)$,其属性定义为

speed	个体运行速度
direction	运行方向
x_i	所在位置的横坐标
y_i	所在位置的纵坐标
safety	安全程度
belief	信任度

②引导人员 Agent. 对于这群疏散个体 Agent $A_k(k=1,2,\cdots,N)$,其属性定义为

speed	个体运行速度
direction	运行方向
x_i	所在位置的横坐标
y_i	所在位置的纵坐标
safety	安全程度
credibility	可信度

在这两类个体的属性定义中个体的运行速度 speed、运行方向 direction、所在的物理位置 (x_i, y_i) 标识个体在环境中运行的空间属性. 从图 1 中我们可以看到个体在运行过程中的图示,其中箭头代表行进方向,实心箭头代表正在寻找安全楼层区域的个体 uppers(个体会向上移动以寻找安全区域),空心箭头代表正在寻找街道避难场所的个体 outers. 个体的安全程度 safety 用颜色来表示:绿色代表处于安全状态,黄色代表处于冒险状态,红色代表正处于危险状态.

引导人员是指熟悉居民区环境和疏散通道,能够在紧急情况发生时承担起引导居民迅速撤离现场任务的人员. 引导人员的作用就是试图让其他人模仿他的行为. 事实上,在突发事件发生时,如果有熟悉周边环境和疏散路径的人员对应急疏散人员加以引导,就可以充分减小疏散人员的恐慌和混乱,保证迅速而有序地撤离现场,提高疏散效率,减轻灾害损失. 当引导人员在楼层中时,他将引导其他居民向上移动;如果

引导人员在街上时,他将引导其他居民向街道移动. 如果普通居民 Agent 受到引导人员 Agent 影响,他将改变自己原来的疏散行为而听从引导人员的安排.

引导人员只能影响他周围的邻居区域. 每个引导人员具有一个可信度因子 *credibility*,而每个非引导者具有一个信任因子 *belief*,这样使得可信度因子高的引导员更容易被信任,信任因子高的非引导者更容易信任别人. 在仿真中,处于建筑物中的引导者比街道上引导者可信度因子更高.

- (3)行为规则.
- ①所有疏散人群将一直向前移动直到遇上其他人或者需要转弯的情况(比如由街道进入建筑物或者由建筑物进入街道). 所有人员可以根据道路堵塞情况降低速度或者提高速度,当疏散时有最快速度限定: $v \leq v_{\max}$.
- ②当某个个体在行进过程中周围发生堵塞的情况下,他将减慢速度,或者绕过阻碍. 在程序设计中个体主要选择从左边绕过个体,但在某些情况下也会选择绕过右边,比如个体对相反方向个体让位时他也会选择从右边进行避让.
- ③当个体被堵塞太长时间时,他将选择转身并试图从相反方向进行尝试. 另外整个街道处于循环状态,这样可以使得个体在其中一端消失而在另外一端出现.
- ④uppers 个体在街道上时将向前移动寻找遇到建筑物入口,当遇到建筑物入口的时候转弯并试图进入建筑物,一旦进入建筑物他们将继续向上以寻找安全地带.
- ⑤outers 个体会寻找街道方向并向街道疏散,所以他将一直向前移动到街道. 到了街道以后将随机选择移动方向直到遇到阻碍.

3 系统仿真

对所建模型进行仿真,模型基本参数设定为:安全高度为 5 m,初始人数为 $n=100$ 人. 图 2 为初始 uppers 人数占 50%且没有引导人员情况下的仿真过程人员分布状况,图 3 为初始 uppers 人数占 50%且有引导人员时的人员分布状况.

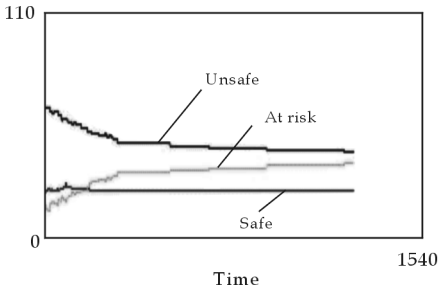


图 2 初始 uppers 人数占 50%且无引导人员时的人员分布状况

从两幅图的比较我们可以看出,当没有引导人员时,由于 Agent 需要自己选择疏散路线及目的地,而导致处于危险状态的人群很难逃离危险区域,而当有了引导人员后,从仿真结果可以看到,当下达疏散指令后,由于存在引导信息时绝大多数应急疏散人员不需要自己选择疏散路线及其疏散目的地,而是通常会跟随引导人员选择离自己最近的避难场所作为逃生目的地,而且当有人指引时居民在逃生过程中表现得比较理性,使得处于危险状态的人员数量急剧减少. 由此可见,存在引导信息时的疏散效率远大于没有引导信

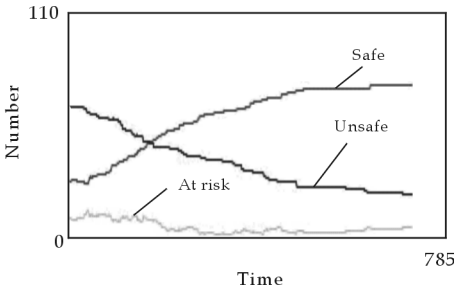


图 3 初始 uppers 人数占 50%且有引导人员时的人员分布状况

表 1 疏散所占时间及平均安全人数分布图

uppers 人数 所占比例	引导员	平均时间	平均安全人数
75%	有	795	71
75%	无	1 052	64
50%	有	719	56
50%	无	1 262	43
25%	有	693	35
25%	无	1 131	25
最优情况		124	72

息时居民自行疏散的疏散效率。

表 1 为不同比例下人群疏散所用时间及安全人数对比,其中第 7 项“最优情况”是指在假设所有 Agent 完全理性通过下计算得到的,在此情况下所有 Agent 都从两栋建筑物的中点开始向建筑物移动并移向建筑物安全地带。该计算假设所有 Agent 以匀速移动,所以此情况为疏散的最快模式。从表中我们也可看出随着 uppers 人数所占比例的逐渐提高,平均安全人数也逐渐提高,到 75% 的时候,在有引导人员的情况下平均安全人数已经快接近最优情况下的安全人数,也就是说此时已经达到饱和,同时从表中还可看出在有引导人员的情况下平均时间大幅缩短,而同时平均安全人数大幅提高。

4 结论及建议

现实的应急疏散安全问题促进了对疏散系统进行科学系统的研究,因疏散系统及人员的高度不确定性、动态性、与众多因素相关的复杂性决定了它是一个复杂的不确定性系统^[4],这给本领域的研究者提出了一个巨大的挑战。疏散系统仿真从早期的以观察定性总结为主的经验研究发展到后来的数学模型计算,直到现在借助计算机仿真进行人员疏散研究,并从最初人群宏观模型的研究发展到如今的 Agent 智能体的微观模型研究。

本文在以往研究的基础上,把引导人员引入模型,考虑了从众行为对目标选择的影响,能够比较真实地反映出突发状况下人群的疏散行为。但是在真实情况下人群的疏散行为是一个非常复杂的行为,它受个体身体素质、心理素质等多方面的影响,在以后的研究中还有待于考虑更多的因素和行为。

参 考 文 献

- [1] S. Franklin, A. Graesser. Is it an agent, or just a program? A taxonomy for autonomous agents[C]. Proceedings of the Third International Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages, Berlin, 1996.
- [2] A. Hendrik, H. C. van Veen, K. Hartwig, Distler. Navigating through havirtualcity: using virtual reality technology to study human action and perception[J]. Future Generation Computer Systems, 1998, 14(2): 231-242.
- [3] 童 梅, 杨晓光, 吴志周. NetLogo——一个方便实用的交通仿真建模工具[C]. 第一届中国智能交通年会论文集, 2005.
- [4] 王 霞, 谢智敏, 关贤军. 恐慌状态下人群疏散的微观仿真研究[C]. 2010 International Conference on Future Information Technology and Management Engineering, 2010: 40-43.

RESEARCH OF VERTICAL EVACUATION SIMULATION BASED ON AGENT

YU Lei, DUAN Chen-dong

(School of Electronic and Control Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: Compare to macro model, agent-based model simulation can define different parameters and rules and it can reflect the real word. Individual behavior is applied dynamically according to its environment and it can reflect the real interaction between individuals. This research built an agent-based model of crowd vertical evacuation and optimized it accordingly. In the simulation we also add the situation of having directors. It can reflect the real evacuation behavior.

Key words: agent; vertical evacuation; simulation

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0105-03

考虑空气阻力时大角度单摆的周期研究

肖波齐, 兰金标, 张伟, 李秋杰

(三明学院物理与机电工程系, 福建 三明 365004)

摘要:分析了考虑空气阻力时大角度的单摆运动,建立了单摆的运动学方程,运用泰勒级数展开 $\sin\theta$,进行大角近似,通过近似方法,简化 $\sin\theta$,用微分方法计算单摆的运动学方程,得到了单摆的运动周期 T ,通过计算周期 T_0 (理想情况时的周期)与 T 的比值,确定了角度(θ)与阻尼系数(β)的关系,得到了 T_0/T 的曲线图像,从该图像分析其运动规律,讨论了其物理意义.

关键词:单摆;大角度;周期

中图法分类号:O32

文献标识码:A

0 引言

单摆的周期是物理学中的一个重要问题.在大学物理的力学教学中都要研究单摆,单摆周期的求解有许多种近似方法^[1-9],如余弦函数近似法、抛物线函数近似法、叠代法等^[1].建立物理模型是研究和解决物理问题的关键,而单摆模型是讨论和处理有关单摆运动必不可少的要素,尤其是对于研究单摆的运动周期.由于单摆或者类单摆的运动都是在一定的环境中进行,在运动过程中或多或少会受到阻力的作用,而笔者所看到的很多有阻力的单摆的研究文献都是基于小角度情况下的,因此具有一定的局限性.在小角度下,一般在 $\theta \leq 5^\circ$ 考虑,过于简单和理想化,而在很多情况下单摆的摆角都是大于 5° .

在研究单摆问题时,大部分的学者都是运用近似方法对 $\sin\theta$ 角度近似(角度近似也都是通过三角函数近似或者二倍角近似),最终使单摆公式简化,得到比较简单的单摆运动学方程,从而分析其周期 T 和一些因素(摆角、摆长、小球半径、阻尼介质等)的关系.也有的是直接分析所得到的单摆运动学方程,然后经过计算机模拟得到其运动轨迹图像,从图像中来研究单摆现象.

笔者在本文中通过对空气阻力大摆角单摆的方程进行近似,运用泰勒级数展开 $\sin\theta$,用大角近似,然后运用导数微分方法计算单摆的运动学方程,通过严格的数学推导计算出周期 T_0 ,该方法避免了在解周期 T 时十分复杂和困难的积分运算.在空气阻力下大角度的研究对单摆周期的理论有重要的意义和科学价值,本文的研究成果对单摆的理论认识具有很好的指导作用.

1 考虑空气阻力时大角度单摆运动学方程及其解析解

与理想的单摆的模型相比,本模型考虑到空气阻力及单摆运动的角度较大($90^\circ > \theta > 5^\circ$).单摆在受到阻力、驱动力下由牛顿第二定理可知运动学方程为:

$$\ddot{\theta} + 2\beta\dot{\theta} + \omega_0^2 \sin\theta = F \cos(pt) \quad (1)$$

公式(1)中 β 为阻尼系数, $\beta = \gamma/2m$; 固有频率 $\omega_0^2 = g/l$.

公式(1)在没有驱动力的情况下可以转化为:

* 收稿日期:2011-04-25

作者简介:肖波齐(1980—),男,湖北省孝感市人,讲师,硕士,研究方向:大学物理及纳米流体性质

基金项目:三明学院 2009 年教学改革资助项目(L0910/Q),三明学院服务海西建设重点工程项目(HX200804)

$$\ddot{\theta} + 2\beta\dot{\theta} + \omega_0^2 \sin\theta = 0 \quad (2)$$

在大摆角情况下 $\sin\theta$ 可按级数展开:

$$\sin\theta = \theta - \theta^3/3! + \theta^5/5! - \dots \quad (3)$$

当 $\theta = \pi/2$ 时, $\theta^3/3! \approx 0.645$, $\theta^5/5! \approx 0.0795 < 0.645$, $\theta^7/7! \approx 0.004665 < 0.0795$, $\theta^9/9! < 0.004665, \dots$, 所以如果 θ 的取值范围在 $\theta < \pi/2$ 时, 该级数是收敛的, 我们后面的讨论也是在 $\theta < \pi/2$ 的范围内进行的, 这样可以省略(3)式 5 次方以上的项, 得到:

$$\sin\theta = \theta - \theta^3/3! \quad (4)$$

将(4)式代入(2)式中得:

$$\ddot{\theta} + 2\beta\dot{\theta} + \omega_0^2(\theta - \theta^3/6) = 0 \quad (5)$$

已有文献得到在大角度和有阻尼时单摆的运动方程的解析解为^[3]:

$$\theta = \theta_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t) \quad (6)$$

对(6)式求一阶和二阶导数:

$$\dot{\theta} = -\beta\theta_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t) + \omega\theta_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t) \quad (7)$$

$$\ddot{\theta} = -\omega^2\theta_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t) - 2\beta\omega\theta_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t) + \beta^2\theta_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t) \quad (8)$$

式(8)中 $\beta > 0$, $t > 0$, 可知 $e^{-\beta t}$ 和 $e^{-3\beta t}$ 指数函数图像取右端的一部分, 它们在 $[0 \sim 1]$ 取值, 故在误差范围内误差比较小, 可近似得到:

$$e^{-\beta t} \approx e^{-3\beta t} \quad (9)$$

分别将(6)式与(9)式代入(4)式近似得到:

$$\sin\theta = \theta_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t) - [\theta_0^3 e^{-\beta t} \sin^3(\omega t)]/6 \quad (10)$$

又因为:

$$\sin^3(\omega t) = [3\sin(\omega t) - \sin(3\omega t)]/4 \quad (11)$$

将(11)式代入(10)式进行近似得到:

$$\sin\theta = \theta_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t) - \theta_0^3 e^{-\beta t} \sin(\omega t)/8 \quad (12)$$

然后将(7)、(8)及(12)式一起代入(2)式可得:

$$-\omega^2\theta_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t) - 2\beta\omega\theta_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t) + \beta^2\theta_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t) + 2\beta[-\beta\theta_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t) + \omega\theta_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t)] + \omega_0^2[\theta_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t) - \theta_0^3 e^{-\beta t} \sin(\omega t)/8] = 0 \quad (13)$$

(13)式两边同时除以(6)式可得:

$$-\omega^2 - \beta^2 + \omega_0^2 - \omega_0^2\theta_0^2/8 = 0 \quad (14)$$

整理(14)式可得:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2 - \omega_0^2\theta_0^2/8} \quad (15)$$

又由周期 $T = 2\pi/\omega$, 可以得到在考虑空气阻力下大角度单摆的周期为:

$$T = 2\pi / \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2 - \omega_0^2\theta_0^2/8} \quad (16)$$

在理想情况下单摆的周期为:

$$T_0 = 2\pi/\omega_0 \quad (17)$$

在考虑空气阻力下大角度单摆的周期 T 与在理想情况下单摆的周期 T_0 的比值为:

$$T_0/T = \sqrt{1 - \beta^2/\omega_0^2 - \theta_0^2/8} \quad (18)$$

从公式(18)我们可以定性分析此结果的正确性. 理想情况下不考虑空气阻力, 且 $\theta \leq 5^\circ$, 而我们考虑的是计入空气阻力, 且 $\theta > 5^\circ$, 这样我们得到的周期应该比理想情况下大, 而 $T_0/T = \sqrt{1 - \beta^2/\omega_0^2 - \theta_0^2/8} < 1 \Rightarrow T_0 < T$, 说明我们在考虑空气阻力, 且 $\theta > 5^\circ$ 时得到的周期应该比理想情况下大, 这样正好证明了我们得到的结果是正确的.

2 结果分析

在 $\theta_0 = 6^\circ \sim 90^\circ$ 之间取值, 设 $\theta_0\pi/180$ 为 x , T_0/T 为 y , β^2/ω_0^2 为 z , 应用 matlab 程序计算出 y 的值, 其

数据与曲线图像分别如表 1 和图 1 所示.

表 1 $x=\theta_0\pi/180$ 与 $y=T_0/T$ 的关系

x	0.104 7	0.154 7	0.204 7	0.254 7	0.304 7	0.354 7
y	0.948 0	0.947 1	0.945 9	0.944 4	0.942 5	0.940 4
x	0.404 7	0.454 7	0.504 7	0.554 7	0.604 7	0.654 7
y	0.937 8	0.935 0	0.931 7	0.928 2	0.924 3	0.920 0
x	0.704 7	0.754 7	0.804 7	0.854 7	0.904 7	0.954 7
y	0.915 4	0.910 4	0.905 0	0.899 3	0.893 1	0.886 6
x	1.004 7	1.054 7	1.104 7	1.154 7	1.204 7	1.254 7
y	0.879 7	0.872 3	0.864 6	0.856 3	0.847 7	0.838 6
x	1.304 7	1.354 7	1.404 7	1.454 7	1.504 7	1.554 7
y	0.829 0	0.818 9	0.808 3	0.797 2	0.785 5	0.773 2

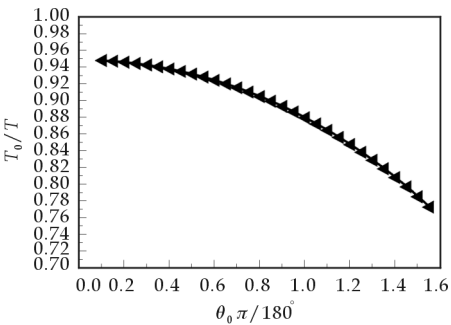


图 1 $y=T_0/T$ 与 $x=\theta_0\pi/180$ 的关系曲线

从图 1 可以看出,随着弧度的增大, T_0/T 的值是减小的. T_0/T 与 θ_0 的关系曲线呈下降趋势,这是与实际情况符合的,因为如果我们考虑空气阻力,则大角度单摆的周期 T 是随着角度的增大而增大的.

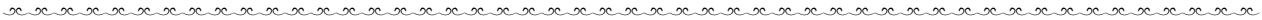
3 结束语

本文在考虑空气阻力情况下推导出大角度单摆的动力学方程近似解,在这里进行近似的目的是为了将大角度单摆的动力学方程用数学方法来简化,运用导数与微分的方法来计算单摆的运动学方程,通过严格的数学推导得到其周期 T ,该方法避免了解周期 T 时十分复杂和困难的积分运算.在空气阻力下的大角度的研究对单摆周期的理论有重要的意义和科学价值.本文的研究成果对单摆的理论认识具有很好的指导作用,有助于日常生活中一些类单摆的动力学运动问题的解决.有空气阻力大摆角单摆的运动学研究充实了对单摆的研究,而且该近似方法的运用能够使一些复杂的问题和公式得以简化.当然本问题的近似解与精确解相比还存在一定的误差,这也是今后需要改进的,有待于我们进行进一步的研究.

参 考 文 献

[1] 熊化高,陈 浩.有阻尼单摆的冲击波解[J].大学物理,2007,26(12):18-21.
[2] 陈向华,赵国忠.非线性单摆运动的数值解[J].内蒙古科技大学学报,2007,26(1):94-96.
[3] 刘国跃,龚劲涛,吴 英,等.单摆运动的非谐振和弱阻尼修正[J].绵阳师范学院学报,2007,26(2):38-41.
[4] 谭志中.大摆角单摆运动周期的三个公式[J].广西物理,2003,24(3):28-30.
[5] 叶慧群.单摆周期近似解法综述[J].浙江师范大学学报(自然科学版),2004,27(3):246-250.
[6] 孙春峰.非线性单摆的格林函数解法[J].大学物理,2004,23(1):9-11.
[7] 谭志中.求大摆角单摆周期近似解的“局部常化”方法[J].大学物理,2005,24(12):14-17.
[8] 张风雷,鞠衍清.另一个单摆周期近似公式[J].齐齐哈尔大学学报(自然科学版),2008,24(5):76-78.

(下转 112 页)



我校教师获四项陕西高校人文社科优秀成果奖

2011 年度陕西高校人文社会科学研究优秀成果奖励评审工作日前结束,我校 4 项成果获奖,其中二等奖 2 项、三等奖 2 项.

此次评奖涉及全省高校的哲学、经济学、文学、法学、历史学等 20 多个人文社科领域,竞争异常激烈.经过各高校推荐、评审委员会专家认真评选和公示,共评出获奖项目 305 项,其中一等奖 34 项、二等奖 98 项,三等奖 173 项.

我校获得二等奖的成果有 2 项:大学文化与先进文化建设的多维透析(完成人:李长真、贾钢涛)、证券公司内部控制论(完成人:马广奇);获得三等奖的成果有 2 项:构建未成年人思想道德建设长效机制的思考(完成人:贾钢涛、武端利)、我国农业科技推广体系改革与创新(完成人:黄天柱、曹义锋、范立春、张彤璞、白清平).

一类 Riccati 型方程的可积条件及通积分

王玉萍

(陕西科技大学理学院, 陕西 西安 710021)

摘要:利用变量代换的方法, 给出了一类 Riccati 型方程可积性的一些新的充分条件及其对应的通积分, 此结果包含了已有文献中的一些结论, 并通过例题验证了所得结论的正确性.

关键词: Riccati 型方程; Riccati 方程; 可积条件; 通积分

中图法分类号: O175

文献标识码: A

0 引言

法国数学家刘维尔(Liouville)在 1841 年证明了著名的黎卡提(Riccati)方程

$$\frac{dy}{dx} = P(x)y^2 + Q(x)y + R(x) \quad (1)$$

一般是不可积的, 即不能用初等积分法求解. 由于它在流体力学和弹性振动理论等领域有广泛的应用, 因此, 对 Riccati 方程的求解仍不失时代意义. 许多学者对 Riccati 方程的可积性做过大量研究^[1-8]. 本文将 Riccati 方程(1)推广成 Riccati 型方程:

$$f'(y) \frac{dy}{dx} = P(x)f^2(y) + Q(x)f(y) + R(x) \quad (2)$$

利用变量代换的方法, 给出其可积性的几个充分条件及其对应的通积分. 值得一提的是, 所得一些结果既包含了已有文献中的一些结论, 同时也丰富了 Riccati 方程的可积性理论.

为了书写方便, 我们记: $P(x) = P, Q(x) = Q, R(x) = R$ 均连续, 并用“ \int ”表示被积函数的任一个确定的原函数, 因此, 所有不定积分均不加常数 C .

1 主要结论

定理 1 若存在可微函数 $\varphi = \varphi(x)$ 满足:

$$R = \frac{\varphi}{P}(Q - \varphi) - \left(\frac{\varphi}{P}\right)' \quad (3)$$

则方程(2)可积且对应的通积分为

$$f(y) = \frac{e^{\int (Q-2\varphi) dx}}{C - \int P e^{\int (Q-2\varphi) dx} dx} - \frac{\varphi}{P} \quad (4)$$

证明 作变换

$$y = u - \frac{\varphi}{P} \quad (5)$$

* 收稿日期: 2011-05-06

作者简介: 王玉萍(1978—), 女, 陕西省西安市人, 讲师, 硕士, 研究方向: 微分方程
基金项目: 国家自然科学基金项目(NSFC10771168)

则
$$y' = u' - \left(\frac{\varphi}{P}\right)'$$

把 y, y' 代入方程(2) 得

$$u' - \left(\frac{\varphi}{P}\right)' = P(u - \frac{\varphi}{P})^2 + Q(u - \frac{\varphi}{P}) + R$$

整理得

$$u' = Pu^2 + (Q - 2\varphi)u + \frac{\varphi}{P}(\varphi - Q) + \left(\frac{\varphi}{P}\right)' + R$$

由条件(3) 得, $u' = Pu^2 + (Q - 2\varphi)u$, 这是伯努利方程, 其通解为

$$u = \frac{e^{\int (Q-2\varphi) dx}}{C - \int P e^{\int (Q-2\varphi) dx} dx}$$

故方程(2) 可积, 由式(5) 得式(2) 的通积分为式(4).

推论 1.1 若 $\left(\frac{Q}{P}\right)' = -R$, 则方程(2) 可积且其通积分为

$$f(y) = \frac{e^{-\int Q dx}}{C - \int P e^{-\int Q dx} dx} - \frac{Q}{P}$$

证明 在定理 1 中令 $\varphi = Q$ 即得.

注 在推论中取 $f(y) = y$, 可得方程(1) 可积的条件及通积分.

推论 1.2 若 $R = Q - P$, 则方程(2) 可积且通积分为

$$f(y) = \frac{e^{\int (Q-2P) dx}}{C - \int P e^{\int (Q-2P) dx} dx} - 1$$

证明 在定理 1 中令 $\varphi = P$ 即得.

推论 1.3 若 $R = \frac{R}{P}(Q - R) - \left(\frac{R}{P}\right)'$, 则方程(2) 可积且通积分为

$$f(y) = \frac{e^{\int (Q-2R) dx}}{C - \int P e^{\int (Q-2R) dx} dx} - \frac{R}{P}$$

证明 在定理 1 中令 $\varphi = R$ 即得.

推论 1.4 若 $R = Q^2(1 - P) - Q'$, 则方程(2) 可积且通积分为

$$f(y) = \frac{e^{\int Q(1-2P) dx}}{C - \int P e^{\int Q(1-2P) dx} dx} - Q$$

证明 在定理 1 中令 $\varphi = PQ$ 即得.

推论 1.5 若 $4R = \frac{Q^2}{P} - 2\left(\frac{Q}{P}\right)'$, 则方程(2) 可积且通积分为

$$f(y) = \frac{1}{C - \int P dx} - \frac{Q}{2P}$$

证明 在定理 1 中令 $\varphi = Q/2$ 即得.

注: 在推论 1.5 中令 $f(y) = y$, 则结论为文献[7] 的定理 4.

引理^[6] 若 $\left(\frac{Q}{R}\right)' = P$, 则方程(1) 可积且通积分为

$$y = \frac{C + \int R e^{\int Q dx} dx}{e^{\int Q dx} - (C + \int R e^{\int Q dx} dx) \cdot \int P dx}$$

定理 2 若存在函数 $\varphi = \varphi(x)$ 满足

$$\left(\frac{Q-\varphi}{R}e^{\int \varphi dx}\right)' = Pe^{\int \varphi dx} \quad (6)$$

则方程(2)可积且通积分为

$$f(y) = \frac{C + \int Re^{\int Q dx} dx}{e^{\int Q dx} - (C + \int Re^{\int Q dx} dx) \cdot \int P dx} \quad (7)$$

证明 作变换 $f(y) = ue^{\int \varphi dx}$, 两边关于 x 求导得

$$f'(y) \frac{dy}{dx} = u'e^{\int \varphi dx} + \varphi ue^{\int \varphi dx} = (u' + \varphi u)e^{\int \varphi dx} \quad (8)$$

将式(7)、(8)代入方程(2)得

$$(u' + \varphi u)e^{\int \varphi dx} = Pe^{2\int \varphi dx} u^2 + Qe^{\int \varphi dx} u + R$$

所以

$$u' = Pe^{\int \varphi dx} u^2 + (Q - \varphi)u + Re^{-\int \varphi dx} \quad (9)$$

这是一个以 u 为未知元的 Riccati 方程, 由条件(6)及引理知方程(9)可积且其通积分为

$$u = \frac{C + \int Re^{-\int \varphi dx} \cdot e^{\int (Q-\varphi) dx} dx}{e^{\int (Q-\varphi) dx} - (C + \int Re^{-\int \varphi dx} \cdot e^{\int (Q-\varphi) dx} dx) \cdot \int Pe^{\int \varphi dx} dx}$$

即

$$u = \frac{C + \int Re^{\int (Q-2\varphi) dx} dx}{e^{\int (Q-\varphi) dx} - (C + \int Re^{\int (Q-2\varphi) dx} dx) \cdot \int Pe^{\int \varphi dx} dx}$$

由式(7)得方程(2)的通积分为

$$f(y) = \frac{(C + \int Re^{\int (Q-2\varphi) dx} dx) \cdot e^{\int \varphi dx}}{e^{\int (Q-\varphi) dx} - (C + \int Re^{\int (Q-2\varphi) dx} dx) \cdot \int Pe^{\int \varphi dx} dx}.$$

推论 2.1 若 $\left(\frac{Q}{R}\right)' = P$, 则方程(2)可积且通积分为

$$f(y) = \frac{C + \int Re^{\int Q dx} dx}{e^{\int Q dx} - (C + \int Re^{\int Q dx} dx) \cdot \int P dx}$$

证明 在定理 2 中令 $\varphi = 0$ 即得.

注: 在定理 2 中令 $f(y) = y$ 即得引理, 显然引理是定理 2 的推广.

推论 2.2 若 $\left(\frac{2Q}{R}e^{-\int Q dx}\right)' = Pe^{-\int Q dx}$, 则方程(2)可积且通积分为

$$f(y) = \frac{(C + \int Re^{3\int Q dx} dx) \cdot e^{-\int Q dx}}{e^{2\int Q dx} - (C + \int Re^{3\int Q dx} dx) \cdot \int Pe^{-\int Q dx} dx}$$

证明 在定理 2 中令 $\varphi = -Q$ 即得.

推论 2.3 若存在 $k \neq 0$, 使得 $P = kQ - k^2R$, 则方程(2)可积.

证明 在定理 2 中令 $\varphi = Q - kR$ ($k \neq 0$ 常数) 即得.

注: 当取 $k=1$, 得 $R=Q-P$ 时可积, 这与推论 1.2 可积性结论一致. 当取 $k=1/K$, 则结论为文献[3]

定理 4.

推论 2.4 若存在常数 k_0 , 使得 $R = -k_0^2 Pe^{2\int Q dx}$ ($k_0 \neq 0$ 常数), 则方程(2)可积.

证明 在定理 2 中令 $\varphi = Q - \frac{1}{k_0} R e^{-\int Q dx}$ ($k_0 \neq 0$ 常数), 代入式(6) 得

$$\left[\frac{1}{k_0} e^{-\int Q dx} e^{\int (Q - \frac{1}{k_0} R e^{-\int Q dx}) dx} \right]' = P e^{\int (Q - \frac{1}{k_0} R e^{-\int Q dx}) dx}$$

整理得

$$\frac{1}{k_0} e^{-\frac{1}{k_0} \int R e^{-\int Q dx} dx} \left(-\frac{1}{k_0} R e^{-\int Q dx} \right) = P e^{\int Q dx} e^{-\frac{1}{k_0} \int R e^{-\int Q dx} dx}$$

即 $R = -k_0^2 P e^{2 \int Q dx}$ ($k_0 \neq 0$ 常数), 故方程(2) 可积.

注: 此推论中取 $f(y) = y$, 结论恰为文献[7] 的定理 1. 结合文献[8] 中得到的结果 $R = k_0^2 P e^{2 \int Q dx}$, 可以得到 D. Mitrorich 于 1938 年得到的结果: $R = k P e^{2 \int Q dx}$ (k 为实常数).

注: 在定理及推论中取 $f(y) = y$, 可得方程(1) 可积的一系列条件, 从而扩大了 Riccati 方程可解的范围.

2 举例

例 1
$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{x^2} e^y + \frac{2}{x^3} + \left(\frac{1}{x^2} + \frac{1}{x^4} \right) e^{-y}$$

解 该方程变形为

$$e^y \frac{dy}{dx} = \frac{1}{x^2} (e^y)^2 + \frac{2}{x^3} e^y + \left(\frac{1}{x^2} + \frac{1}{x^4} \right) \quad (10)$$

$f(y) = e^y, P = \frac{1}{x^2}, Q = \frac{2}{x^3}, R = \frac{1}{x^2} + \frac{1}{x^4}, \varphi = \frac{Q}{2} = \frac{1}{x^3}$ 满足条件(3), 由定理 1 知, 该方程(10) 可积且对应的通积分为

$$e^y = \frac{1}{C - \int \frac{1}{x^2} dx} - \frac{\frac{2}{x^3}}{2 \frac{1}{x^2}} = \frac{1}{\frac{1}{x} + C} - \frac{1}{x} = \frac{x^2 - Cx - 1}{Cx^2 + x}$$

例 2
$$\frac{dy}{dx} = -\left(\frac{1}{x} + \frac{1}{x^2} \right) y^3 + \frac{1}{2} y + \frac{x}{2} \frac{1}{y} \quad (11)$$

解 该方程可变形为 $2y \frac{dy}{dx} = \frac{dy^2}{dx} = -2\left(\frac{1}{x} + \frac{1}{x^2} \right) (y^2)^2 + y^2 + x, f(y) = y^2, P = -2\left(\frac{1}{x} + \frac{1}{x^2} \right), Q = 1, R = x$, 则适合推论 1.2, 于是方程(11) 可积且通积分为

$$y^2 = \frac{(C + \int x e^{3x} dx) \cdot e^{-x}}{e^{2x} - (C + \int x e^{3x} dx) \cdot \int -2\left(\frac{1}{x} + \frac{1}{x^2} \right) e^{-x} dx} = \frac{[C + \frac{1}{3}(x - \frac{1}{3})e^{3x}] \cdot e^{-x}}{e^{2x} - [C + \frac{1}{3}(x - \frac{1}{3})e^{3x}] \cdot \frac{2}{x} e^{-x}}$$

参考文献

- [1] 冯录祥. 关于一类 Riccati 方程可积性条件的注记[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(18): 4 469-4 471.
- [2] ZHAO Lin-long. The intergrable condition of Riccati differential equation[J]. Chinese Quarterly Journal of Mathematics, 1999, 14 (3): 67-70.
- [3] 冯录祥. 一类 Riccati 方程的推广[J]. 数学的实践与认识, 2000, 30(2): 235-239.
- [4] 窦霁虹. Riccati 方程的可积性条件[J]. 纯粹数学与应用数学, 2006, 22(1): 19-24.
- [5] 王玉萍. Riccati 型微分方程可积性的充分条件[J]. 陕西科技大学学报, 2006, (6): 141-143.
- [6] 冯录祥, 魏列萍. Riccati 方程可积的若干充分条件[J]. 咸阳师范学院学报, 2000, (3): 16-18.
- [7] 赵有为. Riccati 方程可积的一些可积形式[J]. 益阳师专学报, 2000, 17(5): 6-8.
- [8] Li Hongxiang. Elementary quadratures of ordinary differential equations[J]. Amer. Math. Monthly, 1982, 89(3): 198-208.

INTEGRAL CONDITIONS AND GENERAL INTEGRAL OF RICCATI-TYPE EQUATION

WANG Yu-ping

(Faculty of Science, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: With the method of variable transformation, some new sufficient conditions and their generalizations of Riccati-type equation have been obtained. Many results in the past are derived that they are the particular case of the theorems in this paper. Finally, some examples are given to verify the theory.

Key words: Riccati-type equation; Riccati equation; integral conditions; general integral

(上接第 88 页)

FREQUENCY STABILIZATION SYSTEM OF 461 nm DIODE LASER

ZHAO Ya-nan

(Department of Engineering Management, Shannxi Radio & TV University, Xi'an 710119, China)

Abstract: This paper is based on the laser cooling and trapping technic, we analyse the structures, the work and Lock-In stabilization principle about 461 nm laser; we construct a optical system of 461 nm laser stabilization with fluorescence spectroscopy technic. The last, we get the high power, narrow line width, stable blue light, the frequency variations of 461 nm laser is 710 kHz/min.

Key words: 461 nm diode laser; Lock-In stabilization principle; fluorescence spectroscopy

(上接第 107 页)

CYCLE RESEARCH OF SIMPLE PENDULUM FOR LARGE ANGLE CONSIDERING AIR RESISTANCE

XIAO Bo-qi, LAN Jin-biao, ZHANG Wei, LI Qiu-jie

(Department of Physics and Electromechanical Engineering, Sanming University, Sanming 365004, China)

Abstract: The movement of simple pendulum for large angle is analyzed considering air resistance. Kinematical equation of simple pendulum for large angle is derived. $\sin\theta$ is expansion in Taylor series. Using large angle approximation and approximate method, simplifying $\sin\theta$, kinematical equation of simple pendulum for large angle is calculated by using differential. The cycle of motion (T_0) of simple pendulum for large angle is obtained. The ratio of T_0 and T (ideally) is discussed. The relation is determined between angle (θ) and damping factor (β). The curve image of T_0/T is derived. The motion law is analyzed from the curve image. And physical significance of the curve image is discussed.

Key words: pendulum damping; large-angle; cycle

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0113-05

高阶变系数线性微分方程可解的充分条件

史胜楠

(陕西科技大学理学院, 陕西 西安 710021)

摘 要:利用带导数的变量代换,讨论了三阶、四阶和五阶变系数线性微分方程常系数化的充分条件,从而得到了高阶变系数线性微分方程新的可解类型,并总结其变化规律得到了 n 阶变系数线性微分方程的一个新的可积类型,最后给出了相应的实例.

关键词:变系数线性微分方程;带导数的变量代换;常系数微分方程;通解

中图法分类号:O175. 1

文献标识码:A

0 引 言

线性微分方程在很多科技领域有着广泛而重要的应用,如生态学、空间技术以及弹道计算等.目前对一阶线性微分方程的通解公式、常系数线性微分方程的求解方法和线性微分方程解的结构已有确定的结论^[1-3],但在实际应用中我们经常会遇到高阶变系数线性微分方程,一般情况下这类方程无法利用初等积分法求解,而一些特殊类型的高阶变系数线性微分方程可以通过变量代换等方法求得通解,例如欧拉方程.为了满足理论研究和实际应用的需要,人们不断地利用各种方法来研究高阶变系数线性微分方程的可解性,并且给出了很多可解类型^[4-10].本文利用带导数的变量代换,讨论了三阶、四阶和五阶变系数线性微分方程常系数化的充分条件,总结其变化规律最终得到了 n 阶变系数线性微分方程的一个新的可积类型,同时给出实例加以验证.

1 预备知识

令 $z = y' - uy$, 则有

$$y' = z + uy$$

$$y'' = z' + u'y + uy' = z' + uz + (u' + u^2)y$$

$$y''' = z'' + uz' + (2u' + u^2)z + (u'' + 3uu' + u^3)y$$

$$y^{(4)} = z''' + uz'' + (3u' + u^2)z' + (3u'' + 5uu' + u^3)z + [u''' + 3(u')^2 + 4uu'' + 6u^2u' + u^4]y$$

可见, $y^{(n+1)}$ 可用 $z^{(n)}$ 、 $z^{(n-1)}$ 、 \cdots 、 z' 、 z 、 y 线性表示,表示规律如下:

$$(1) y^{(n+1)} \text{ 中 } z^{(n)} \text{ 的系数为 } 1. \quad (n=0, 1, 2, \cdots)$$

$$(2) y^{(n+1)} \text{ 中 } z^{(k)} \text{ 的系数} = [y^{(n)} \text{ 中 } z^{(k-1)} \text{ 的系数}] + [y^{(n)} \text{ 中 } z^{(k)} \text{ 系数的导数}]. \quad (k=1, 2, \cdots, n-1; n=0, 1, 2, \cdots)$$

$$(3) y^{(n+1)} \text{ 中 } z \text{ 的系数} = [y^{(n)} \text{ 中 } y \text{ 的系数}] + [y^{(n)} \text{ 中 } z \text{ 系数的导数}]. \quad (n=1, 2, \cdots)$$

$$(4) y^{(n+1)} \text{ 中 } y \text{ 的系数} = [y^{(n)} \text{ 中 } y \text{ 系数的导数}] + u \times [y^{(n)} \text{ 中 } y \text{ 的系数}]. \quad (n=0, 1, 2, \cdots)$$

根据以上递推规律,可由 $y^{(n)}$ 的表达式推出 $y^{(n+1)}$ 的表达式.

* 收稿日期:2011-05-24

作者简介:史胜楠(1982—),女,陕西省西安市人,讲师,硕士,研究方向:常微分方程的可解性与稳定性
基金项目:国家自然科学基金资助项目(NSFC10771168),陕西科技大学校级自选科研项目(ZX09-40)

例如:已知 $y^{(4)}$ 的表达式,利用以上规律可得

$$y^{(5)} = z^{(4)} + uz''' + (4u' + u^2)z'' + (6u'' + 7uu' + u^3)z' + [4u''' + 8(u')^2 + 9uu'' + 9u^2u' + u^4]z + [u^{(4)} + 10u'u'' + 5uu''' + 15u(u')^2 + 10u^2u'' + 10u^3u' + u^5]y$$

经检验 $y^{(5)}$ 的表达式是正确的.

2 主要内容

对于一般形式的三阶变系数线性微分方程

$$P_3(x)y''' + P_2(x)y'' + P_1(x)y' + P_0(x)y = f(x) \quad (1)$$

作变换

$$z = y' - uy \quad (2)$$

方程(1)被转化为

$$Q_3z'' + Q_2z' + Q_1z + \Delta_1y = f(x) \quad (3)$$

其中 $Q_3 = P_3$

$$Q_2 = P_3u + P_2 = uQ_3 + P_2$$

$$Q_1 = 2u'P_3 + P_3u^2 + P_2u + P_1 = 2u'Q_3 + Q_2u + P_1$$

$$\Delta_1 = P_3u'' + 3P_3uu' + P_3u^3 + P_2u' + P_2u^2 + P_1u + P_0 = u''Q_3 + u'Q_2 + uQ_1 + P_0$$

$$\text{令} \begin{cases} Q_2 = c_2 Q_3 \\ Q_1 = c_1 Q_3, \text{ 也就是} \\ \Delta_1 = 0 \end{cases} \begin{cases} u = c_2 - \frac{P_2}{P_3} \\ P_1 = P_3 \left[2 \left(\frac{P_2}{P_3} \right)' + c_2 \frac{P_2}{P_3} + c_1 - c_2^2 \right] \\ P_0 = P_3 \left[\left(\frac{P_2}{P_3} \right)'' + c_2 \left(\frac{P_2}{P_3} \right)' + c_1 \frac{P_2}{P_3} - c_1 c_2 \right] \end{cases}$$

当以上 3 式同时成立时,方程(3)可化简为

$$z'' + c_2z' + c_1z = f(x)/P_3 \quad (P_3 \neq 0) \quad (4)$$

如上推导可得以下结论.

定理 1:一般形式的三阶变系数线性微分方程

$$P_3(x)y''' + P_2(x)y'' + P_1(x)y' + P_0(x)y = f(x) \quad (1)$$

的系数满足关系式

$$\frac{P_1}{P_3} = 2 \left(\frac{P_2}{P_3} \right)' + c_2 \frac{P_2}{P_3} + c_1 - c_2^2, \quad \frac{P_0}{P_3} = \left(\frac{P_2}{P_3} \right)'' + c_2 \left(\frac{P_2}{P_3} \right)' + c_1 \frac{P_2}{P_3} - c_1 c_2$$

则方程(1)可通过变换 $z = y' - (c_2 - \frac{P_2}{P_3})y$ 转化为

$$z'' + c_2z' + c_1z = f(x)/P_3 \quad (P_3 \neq 0) \quad (4)$$

注:定理 1 中方程(4)为二阶常系数线性微分方程,求出通解后,将其代入变换 $z = y' - uy$ 中,此变换是关于 y 的一阶线性微分方程,可求通解.

利用以上方法还可以得到四阶、五阶变系数线性微分方程可解的充分条件.

定理 2:一般形式的四阶变系数线性微分方程

$$P_4(x)y^{(4)} + P_3(x)y''' + P_2(x)y'' + P_1(x)y' + P_0(x)y = f(x) \quad (5)$$

的系数满足以下关系式

$$\frac{P_2}{P_4} = 3 \left(\frac{P_3}{P_4} \right)' + c_3 \frac{P_3}{P_4} + c_2 - c_3^2, \quad \frac{P_1}{P_4} = 3 \left(\frac{P_3}{P_4} \right)'' + 2c_3 \left(\frac{P_3}{P_4} \right)' + c_2 \frac{P_3}{P_4} + c_1 - c_2 c_3$$

$$\frac{P_0}{P_4} = \left(\frac{P_3}{P_4} \right)''' + c_3 \left(\frac{P_3}{P_4} \right)'' + c_2 \left(\frac{P_3}{P_4} \right)' + c_1 \frac{P_3}{P_4} - c_1 c_3$$

则方程(5)可通过变换 $z = y' - (c_3 - \frac{P_3}{P_4})y$ 转化为

$$z''' + c_3z'' + c_2z' + c_1z = f(x)/P_4 \quad (P_4 \neq 0) \quad (6)$$

定理 3:一般形式的五阶变系数线性微分方程

$$P_5(x)y^{(5)} + P_4(x)y^{(4)} + P_3(x)y''' + P_2(x)y'' + P_1(x)y' + P_0(x)y = f(x) \quad (7)$$

系数满足以下关系式

$$\begin{aligned} \frac{P_3}{P_5} &= 4\left(\frac{P_4}{P_5}\right)' + c_4 \frac{P_4}{P_5} + c_3 - c_4^2 \\ \frac{P_2}{P_5} &= 6\left(\frac{P_4}{P_5}\right)'' + 3c_4\left(\frac{P_4}{P_5}\right)' + c_3 \frac{P_4}{P_5} + c_2 - c_3c_4 \\ \frac{P_1}{P_5} &= 4\left(\frac{P_4}{P_5}\right)''' + 3c_4\left(\frac{P_4}{P_5}\right)'' + 2c_3\left(\frac{P_4}{P_5}\right)' + c_2 \frac{P_4}{P_5} + c_1 - c_2c_4 \\ \frac{P_0}{P_5} &= \left(\frac{P_4}{P_5}\right)^{(4)} + c_4\left(\frac{P_4}{P_5}\right)''' + c_3\left(\frac{P_4}{P_5}\right)'' + c_2\left(\frac{P_4}{P_5}\right)' + c_1 \frac{P_4}{P_5} - c_1c_4 \end{aligned}$$

则方程(7)可通过变换 $z = y' - (c_4 - \frac{P_4}{P_5})y$ 转化为

$$z^{(4)} + c_4 z''' + c_3 z'' + c_2 z' + c_1 z = f(x)/P_5 \quad (P_5 \neq 0) \quad (8)$$

观察总结一般形式的三阶、四阶和五阶变系数线性微分方程可解条件的规律,可得 n 阶变系数线性微分方程可解的充分条件如下:

设一般形式的 n 阶变系数线性微分方程

$$P_n(x)y^{(n)} + P_{n-1}(x)y^{(n-1)} + \cdots + P_1(x)y' + P_0(x)y = f(x) \quad (9)$$

定理4:如果 $\frac{P_k}{P_n}$ 可以被 $(\frac{P_{n-1}}{P_n})^{(n-m)}$ 与常数1线性表出,且表示系数满足以下规律,则方程(9)就可以通过变换 $z = y' - (c_{n-1} - \frac{P_{n-1}}{P_n})y$ 转化为

$$z^{(n-1)} + c_{n-1}z^{(n-2)} + \cdots + c_2 z' + c_1 z = f(x)/P_n \quad (P_n \neq 0) \quad (k=0,1,2,\cdots,n-1; m=1,2,\cdots,n) \quad (10)$$

以下陈述 $\frac{P_k}{P_n}$ 被 $(\frac{P_{n-1}}{P_n})^{(n-m)}$ 与常数1线性表出的表示系数要求满足的规律($k=0,1,2,\cdots,n-1; m=1,2,\cdots,n$):

(1) 表示系数记作 a_{ij} , 以 a_{ij} 为元素构成一个系数矩阵 $A_{n(n+1)} = (a_{ij})_{n(n+1)}$, 其中 a_{ij} 表示 $\frac{P_{i-1}}{P_n}$ 的表达式中 $(\frac{P_{n-1}}{P_n})^{(n-j)}$ 的系数, $a_{i(n+1)}$ 表示 $\frac{P_{i-1}}{P_n}$ 的表达式中的常数项. ($i=1,2,\cdots,n; j=1,2,\cdots,n$)

(2) 在 $A_{n(n+1)}$ 中: $a_{ij} = 0$ ($i > j$); $a_{i(n+1)} = c_{i-1} - c_i c_{n-1}$ ($i=1,2,\cdots,n$), 规定 $c_n = 1, c_0 = 0$.

(3) 由 a_{ij} ($i=1,2,\cdots,n; j=1,2,\cdots,n$) 构成一个 n 阶方阵 $B_n = (a_{ij})_n$, 该方阵关于副对角线对称.

(4) 在 B_n 中: $a_{1j} = c_{n+1-j} = a_{(n+1-j)n}$ ($j=1,2,\cdots,n$).

(5) B_n 中的其余元素 a_{ij} 可由 $a_{(i-1)j}$ 和 $a_{i(j+1)}$ 确定.

根据 B_n 关于副对角线对称的性质, 可设 $a_{(i-1)j} = k_1 c_m, a_{i(j+1)} = k_2 c_m$, 则有 $a_{ij} = (k_1 + k_2)c_{m+1}$.

综上所述 B_n 为一个上三角矩阵, 且 c_i ($i=1,2,\cdots,n$) 的系数排列满足杨辉三角形的规律.

按以上规律可直接得到六阶变系数线性微分方程可解的充分条件:

定理5:一般形式的六阶变系数线性微分方程

$$P_6(x)y^{(6)} + P_{(5)}(x)y^{(5)} + \cdots + P_1(x)y' + P_0(x)y = f(x) \quad (11)$$

系数满足以下规律($k=0,1,2,\cdots,4; m=1,2,\cdots,6$):

$$\begin{aligned} \frac{P_4}{P_6} &= 5\left(\frac{P_5}{P_6}\right)' + c_5 \frac{P_5}{P_6} + c_4 - c_5^2 \\ \frac{P_3}{P_6} &= 10\left(\frac{P_5}{P_6}\right)'' + 4c_5\left(\frac{P_5}{P_6}\right)' + c_4 \frac{P_5}{P_6} + c_3 - c_4c_5 \\ \frac{P_2}{P_6} &= 10\left(\frac{P_5}{P_6}\right)''' + 6c_5\left(\frac{P_5}{P_6}\right)'' + 3c_4\left(\frac{P_5}{P_6}\right)' + c_3 \frac{P_5}{P_6} + c_2 - c_3c_5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{P_1}{P_6} &= 5\left(\frac{P_5}{P_6}\right)^{(4)} + 4c_5\left(\frac{P_5}{P_6}\right)''' + 3c_4\left(\frac{P_5}{P_6}\right)'' + 2c_3\left(\frac{P_5}{P_6}\right)' + c_2\frac{P_5}{P_6} + c_2 - c_2c_5 \\ \frac{P_0}{P_6} &= \left(\frac{P_5}{P_6}\right)^{(5)} + c_5\left(\frac{P_5}{P_6}\right)^{(4)} + c_4\left(\frac{P_5}{P_6}\right)''' + c_3\left(\frac{P_5}{P_6}\right)'' + c_2\left(\frac{P_5}{P_6}\right)' + c_1\frac{P_5}{P_6} - c_1c_5\end{aligned}$$

则方程(11)可通过变换 $z = y' - (c_5 - \frac{P_5}{P_6})y$ 转化为

$$z^{(5)} + c_5 z^{(4)} + c_4 z''' + c_3 z'' + c_2 z' + c_1 z = f(x)/P_6 \quad (P_6 \neq 0) \quad (12)$$

据以上结论,可得到 n 阶变系数线性微分方程一个新的可解类型.

推论 1:对于一般形式的 n 阶变系数线性微分方程

$$P_n(x)y^{(n)} + P_{(n-1)}(x)y^{(n-1)} + \cdots + P_1(x)y' + P_0(x)y = f(x) \quad (9)$$

当系数满足如下规律时:

$$\begin{cases} \frac{P_{n-2}}{P_n} = C_{n-1}^{n-2} \left(\frac{P_{n-1}}{P_n}\right)' \\ \frac{P_{n-3}}{P_n} = C_{n-1}^{n-3} \left(\frac{P_{n-1}}{P_n}\right)'' \\ \dots\dots \\ \frac{P_0}{P_n} = C_{n-1}^0 \left(\frac{P_{n-1}}{P_n}\right)^{(n-1)} \end{cases}$$

方程(9)可通过变换 $z = y' + \frac{P_{n-1}}{P_n}y$ 转化为 $z^{(n-1)} = f(x)/P_n \quad (P_n \neq 0)$.

3 例 题

例 1 求解下列方程

$$\begin{aligned}y^{(5)} + \frac{a}{ax+b}y^{(4)} + [2 - \frac{4a^2}{(ax+b)^2}]y''' + [\frac{12a^3}{(ax+b)^3} + \frac{2a}{ax+b}]y'' + [1 - \frac{24a^4}{(ax+b)^4} - \frac{4a^2}{(ax+b)^2}]y' \\ + [\frac{24a^5}{(ax+b)^5} + \frac{4a^3}{(ax+b)^3} + \frac{a}{ax+b}]y = kx + m\end{aligned} \quad (13)$$

解:已知 $\frac{P_4}{P_5} = \frac{a}{ax+b}$,经检验方程系数满足以下关系式

$$\begin{aligned}\frac{P_3}{P_5} &= 4\left(\frac{P_4}{P_5}\right)' + c_4\frac{P_4}{P_5} + c_3 - c_4^2 \\ \frac{P_2}{P_5} &= 6\left(\frac{P_4}{P_5}\right)'' + 3c_4\left(\frac{P_4}{P_5}\right)' + c_3\frac{P_4}{P_5} + c_2 - c_3c_4 \\ \frac{P_1}{P_5} &= 4\left(\frac{P_4}{P_5}\right)''' + 3c_4\left(\frac{P_4}{P_5}\right)'' + 2c_3\left(\frac{P_4}{P_5}\right)' + c_2\frac{P_4}{P_5} + c_1 - c_2c_4 \\ \frac{P_0}{P_5} &= \left(\frac{P_4}{P_5}\right)^{(4)} + c_4\left(\frac{P_4}{P_5}\right)''' + c_3\left(\frac{P_4}{P_5}\right)'' + c_2\left(\frac{P_4}{P_5}\right)' + c_1\frac{P_4}{P_5} - c_1c_4\end{aligned}$$

其中 $c_1=1, c_2=0, c_3=2, c_4=0$,故方程(13)可解.

做变量代换

$$z = y' + \frac{a}{ax+b}y \quad (14)$$

代入方程(13)中,可将原方程转化为

$$z^{(4)} + 2z'' + z = kx + m \quad (15)$$

方程(15)的通解为 $z = (d_1 + d_2x)\cos x + (d_3 + d_4x)\sin x + kx + m$,将其代入(14)式可得 $y' + \frac{a}{ax+b}y$

$= (d_1 + d_2x)\cos x + (d_3 + d_4x)\sin x + kx + m$,该方程是关于 y 的一阶线性微分方程,求其通解为

$$\begin{aligned}y &= \frac{1}{ax+b} \{ [d_2ax^2 + (d_1a + d_2b + 2d_4a)x + d_1b - 2d_2a + d_3a + d_4b] \sin x \\ &\quad + [-d_4ax^2 + (2d_2a - d_3a - d_4b)x + d_1a + d_2b - d_3b + 2d_4a] \cos x\end{aligned}$$

$$+\frac{1}{3}kax^3+(\frac{1}{2}ma+\frac{1}{2}kb)x^2+mbx+d_5\}$$

4 结束语

本文利用带导数的变量代换讨论了三阶、四阶和五阶变系数线性微分方程可解的充分条件,观察其中规律,最终得到了一般形式 n 阶变系数线性微分方程的一个新的可解类型. 本文所做变量代换仅含有未知函数的一阶导数,在以后的研究中,作者会尝试利用带高阶导数的变量代换来处理三阶以及三阶以上的变系数线性微分方程,期望得到更多高阶变系数线性微分方程的可解类型.

参 考 文 献

[1] 王建锋. 求高阶常系数非齐次线性微分方程特解的新方法[J]. 数学的实践与认识,2007,37(12): 193-196.
[2] N. Г. 彼得罗夫斯基著,黄克欧译. 常微分方程[M]. 北京:高等教育出版社,1957.
[3] 伍卓群,李勇译. 常微分方程[M]. 北京:高等教育出版社,2005.
[4] 曹根牛. 二阶变系数齐次线性微分方程与黎卡提方程[J]. 西安科技大学学报,2004,24(2): 247-249.
[5] 张学元. 变系数二阶线性微分方程的一个新的可积类型[J]. 大学数学,2003,19(1): 96-98.
[6] 阎恩让. 变系数二阶线性微分方程可解得充要条件[J]. 西安电子科技大学学报(自然科学版),2004,31(5): 796-802.
[7] 章联生. 高阶变系数线性微分方程的一些新的可积类型[J]. 数学的实践与认识,2009,39(15): 229-234.
[8] 权大学,赵临龙. 变系数二阶线性微分方程一个新的可解类型再讨论[J]. 大学数学,2007,23(3): 121-124.
[9] 赵临龙. 常微分方程研究新论[M]. 西安:西安地图出版社,2000.
[10] 王黎辉. 一类二阶变系数线性微分方程及其解的构造方法[J]. 大学数学,2006,22(5): 146-149.

A SOLVABLE SUFFICIENT CONDITION FOR THE HIGHER ORDER
LINEAR DIFFERENTIAL EQUATION WITH VARIABLE COEFFICIENTS

SHI Sheng-nan

(Faculty of Science, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: By means of transformation with derivative, several classes of higher order linear differential equations with variable coefficients are turned into linear differential equations with constant coefficients. Thus, general solutions of equations mentioned above can be obtained, meanwhile, some predecessor's results on this issue are expanded.

Key words: linear differential equations with variable coefficients; transformation with derivative; linear differential equations with constant coefficients; general solutions

吕嘉桢教授获省第七届高等学校教学名师奖

近日,陕西省教育厅发文(陕教高教〔2011〕19号)公布陕西省第七届高等学校教学名师奖名单,我校生命学院吕嘉桢教授名列其中. 截至目前,我校共有10名教师获"陕西省普通高等学校教学名师奖"称号.

吕嘉桢现为生命科学与工程学院教授,研究生导师,食品科学学术带头人,微生物学省级精品课程负责人. 主要从事食品、生物、发酵等专业的教学、科研及研究生指导工作. 承担本科生的《微生物学》、《微生物遗传与育种》和研究生的《现代微生物学》、《微生物生理学》、《现代微生物实验技术》等八门课程的教学工作. 荣获省级教改项目一项,省级教学成果二等奖一项,校级教学成果一等奖三项. 主编出版《食品微生物学》、《微生物学》等教材和著作八部,发表教学研究论文七篇,科研学术论文百余篇.

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0118-03

利用改进的正则化方法求解声波散射问题

姚支聪, 王桃正

(西北大学数学系, 陕西 西安 710127)

摘要:利用单层位势理论将声波散射外问题转化为第一类边界积分方程,并采用改进的 Tikhonov 正则化方法求解声波散射问题,给出了数值例子,结果表明该方法可行,具有较高的精度.

关键词:Helmholtz 方程; 第一类积分方程; 远场模式; 声波散射

中图法分类号:O175

文献标识码:A

0 引言

在均匀介质中,对软介质表面障碍时间调和声波散射问题归结为 Helmholtz 方程的 Dirichlet 外问题^[1,2],可以利用单层位势理论将问题转化为第一类积分方程,应用正则化方法进行求解^[4].本文应用改进的 Tikhonov 正则化方法求解声波散射问题,并给出了数值例子,结果表明该方法有效,简单,且具有较高的精度.

1 第一类积分方程

考虑在均匀介质中传播的声波,此波碰到一个障碍发生散射,设入射波为 u^i ,散射波为 u^s ,我们需要求散射 u^s ,此声波碰到一个无穷长的柱体,柱体截面 $D \subset R^2, \Gamma = \partial D$,母线平行于 Z 轴,设入射波是平面波, $u^i = e^{ikx \cdot a}, x \in R^2, k > 0$ 是波数, a 是单位向量,记总体场为 $u = u^i + u^s$,总体场满足 Dirichlet 边界条件,控制方程为 Helmholtz 方程.正散射问题是求解 $u \in C^2(\subset R^2 \setminus \bar{D} \cap (R^2 \setminus D))$ 满足

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \sqrt{r} \left(\frac{\partial u}{\partial r} - iku \right) = 0, r = |x| \quad (1)$$

(1) 式称为 Sommerfeld 辐射条件,在所有 $x/|x|$ 方向一致成立,由 Rellich's 和 Freholm 选择定理^[1],辐射条件保证了问题解的存在唯一性.由:

$$\Delta u + k^2 u = 0 \text{ in } R^2 \setminus \bar{D} \quad (2)$$

$$u = 0 \text{ on } \partial D \quad (3)$$

寻求式(3)的单层位势的解: $u^x = \int_{\Gamma} \phi(x, y) \varphi(y) ds(y), x \in \Gamma, \phi(x, y)$ 是二维 Helmholtz 方程的基本解,由单层位势理论的连续性,即求密度函数 $\varphi \in C(\Gamma)$ 使其满足第一类边界积分方程:

$$(s\varphi)(x) = f(x) \quad (4)$$

其中 $s: C(\Gamma) \rightarrow C(\Gamma), (s\varphi)(x) = \int_{\Gamma} \phi(x, y) \varphi(y) ds(y), x \in \Gamma, f(x) = -e^{ikx \cdot a}$. 式(4)是不适定的,但是由定理(1)知,算子 $s: C^2(\Gamma) \rightarrow C^2(\Gamma)$ 有稠密的值域,利用正则化方法可求得(4)式的逼近解.

定理 1^[2] 设 k^2 不是 D 内负 Laplace 算子的 Dirichlet 特征值,则算子 $s: C(\Gamma) \subset L^2(\Gamma) \rightarrow L^2(\Gamma)$ 是

* 收稿日期:2011-05-22

作者简介:姚支聪(1986—),男,陕西省汉中市人,在读硕士生,研究方向:数学物理反问题

单射的且有稠密的值域.

利用 Tikhonov 正则化方法求解第一类算子(4) 就是求解如下极小问题:

$$\|S\varphi_a - f\|_{L^2(\Gamma)}^2 + \alpha \|\varphi_a\|_{L^2(\Gamma)}^2 = \inf_{\varphi \in L^2(\Gamma)} \|S\varphi_a - f\|_{L^2(\Gamma)}^2 + \alpha \|\varphi_a\|_{L^2(\Gamma)}^2$$

其中 $\alpha > 0$ 为正则参数,由文献[2] 知,上述极小化问题的解存在并且唯一.

讨论积分方程在二维情况下的参数化. 假设 Γ 可用参数方程表示为 $x(t) = (x_1(t), x_2(t)), 0 \leq t \leq 2\pi$, t 延逆时针方向, 假定 $[x'_1(t)]^2 + [x'_2(t)]^2 > 0$, 那么式(4) 可表示为参数形式 $\int_0^{2\pi} M(t, \tau) \psi(\tau) d\tau = g(t)$, 其中: $M(t, \tau) = \frac{i}{4} H_0^{(1)}(kr(t, \tau)) \sqrt{[x'_1(\tau)]^2 + [x'_2(\tau)]^2}$, $H_0^{(1)} = J_0 + iY_0$, J_0, Y_0 分别表示零阶 Bessel 函数和 Neumann 函数^[7], $r(t, \tau) = \sqrt{(x_1(\tau) - x_1(t))^2 + (x_2(\tau) - x_2(t))^2}$; $\psi(t) = \varphi(x(t))$; $g(t) = f(x(t))$. 由于 $M(t, \tau)$ 在 $t = \tau$ 处具有对数奇性, 为有效的进行数值计算, 将它分解为:

$$\begin{aligned} M(t, \tau) &= M_1(t, \tau) \ln\left(4\sin^2 \frac{t - \tau}{2}\right) \\ M_1(t, \tau) &= -\frac{1}{4\pi} J_0(kr(t, \tau)) \sqrt{[x'_1(\tau)]^2 + [x'_2(\tau)]^2} \\ M_2(t, \tau) &= M(t, \tau) - M_1(t, \tau) \ln\left(4\sin^2 \frac{t - \tau}{2}\right) \end{aligned}$$

若 Γ 是解析的, 则 M_1, M_2 也是解析的, 由 J_0, Y_0 的级数表示则有:

$$M_2(t, \tau) = \left\{ \frac{i}{4} - \frac{C}{2\pi} - \frac{1}{4\pi} \ln\left(\frac{k^2}{4} \{ [x'_1(t)]^2 + [x'_2(t)]^2 \} \right) \right\} \sqrt{[x'_1(\tau)]^2 + [x'_2(\tau)]^2}$$

$C = 0.577\ 21$ 表示 Euler 常数.

2 改进的 Tikhonov 正则化方法

对于第一类算子方程

$$kx = y \tag{5}$$

求解的问题, 其中 $k: x \rightarrow y$ 是线性有界算子, x, y 是 Hilbert 空间, 通常情况下, 当 k 为紧算子时, 方程(1) 的解是不适定的^[8,9], Tikhonov 正则化常用的数值方法, 但是其正则解的渐进收敛阶不够高^[9,10], 研究算子方程的正则化方法就是研究正则化算子的方法, 以及相应正则化参数的选取方法, 使得正则逼近收敛于精确解并且具有最好的收敛率.

对于算子方程(5), 考虑定义的迭代的 Tikhonov 正则化方法:

$$\begin{aligned} x_a^0 &= 0 \\ (\alpha I + K^* K) x a^m &= K^* y a x_a^{m-1}, m = 1, 2, \dots \end{aligned} \tag{6}$$

当 $m=1$ 时就是通常的 Tikhonov 正则化方法, 迭代的正则化方法保证了误差估计总可达到阶数最优. 本文求解声波散射问题取 $m=2$, 对于第一类积分方程(4), 则有

$$(\alpha I + S^* S)^{-1} \varphi_a^2 = S^* f + \alpha \varphi_a^1$$

其中: $\varphi_a^1 = (\alpha I + S^* S)^{-1} S^* f$.

离散(6) 式可得到线性方程组

$$(X^* X + \alpha A^* A)^2 \mu = (2\alpha A^* A + X^* X) X^* b \tag{7}$$

其中 $X = (x_{sj}), x_{sj} = \sum_{k=0}^{2n-1} \left[R_{|s-k|}(n) M_1(t_s, t_k) + \frac{\pi}{n} M_2(t_s, t_k) \right] e^{ijt_k}; A = (a_{sj}), a_{sj} = e^{ijt}, s = 0, 1, \dots, 2n-1, j = -n_1, \dots, n_1; \mu = (\mu_{-n_1}, \dots, \mu_{n_1})^T; b = (f_0, \dots, f_{2n-1})^T, f_j = f(x_1(t_j), x_2(t_j)), j = 0, 1, \dots, 2n-1$.

改进的 Tikhonov 正则化方法, 第一类算子方程(4) 的正则化求解公式为:

$$(\alpha I + (S^* S)^{\sigma/2}) \varphi^a = (S^* S)^{\frac{\sigma}{2}-1} S^* f \tag{8}$$

这里 $\sigma = 4$, 则式(8) 离散化的线性方程组为

$$(X^*X)^2\psi+aI\psi=(X^*X)^2X^*b$$

(9)

式中: $X=x_{ij},\sigma_{ij}=R_{ij}(n)M_1(t_i,t_j)+\frac{\pi}{n}M_2(t_i,t_j);I$ 为单位矩阵; $\psi=(\psi_0,\cdots,\psi_{2n-1})^T,\psi_j=(\psi(t_j)),j=0,1,\cdots,2n-1;b=(f_0,\cdots,f_{2n-1})^T,f_i=f(x_1(t_i),x_2(t_i)),i=0,1,\cdots,2n-1$. 由 Hankel 函数的渐进性得到远场模式为:

$$u_{\infty}(\hat{x})=\frac{e^{\frac{i\pi}{4}}}{\sqrt{8\pi k}}\int_{\Gamma}e^{-ik\hat{x}\cdot y}\varphi(y)ds(y)$$

(10)

求解线性方程组(9) 得到 ψ ,带入式(10) 得到远场模式.

下面给出数值例子以比较两种方法,设 Γ 的参数方程表示:

$$x(t)=(\cos t+0.65\cos 2t-0.65,1.5\sin t),0\leqslant t\leqslant 2\pi$$

入射方向取 $d=(0,1),n=64$,应用迭代的方法得到的结果如表 1、表 2 所示.

表 1 应用迭代 Tikhonov 的正则化方法求得的远场模式数值解

	n	$Reu_{\infty}(d)$	$Imu_{\infty}(d)$	$Reu_{\infty}(-d)$	$Imu_{\infty}(-d)$
$k=1$	16	-1.285 486 04	0.306 870 37	-0.530 193 20	-0.411 023 93
	32	-1.285 493 04	0.306 866 54	-0.530 209 20	-0.410 967 55
	64	-1.285 493 50	0.306 866 29	-0.530 210 19	-0.410 963 90
$k=5$	16	-1.746 574 01	1.075 813 81	-0.194 116 038	-0.194 775 17
	32	-1.746 563 37	1.075 657 55	-0.194 292 40	-0.194 548 65
	64	-1.746 563 06	1.075 657 38	-0.194 296 41	-0.194 534 69

表 2 应用改进的 Tikhonov 的正则化方法求得的远场模式数值解

	n	$Reu_{\infty}(d)$	$Imu_{\infty}(d)$	$Reu_{\infty}(-d)$	$Imu_{\infty}(-d)$
$k=1$	16	-1.285 485 04	0.306 872 37	-0.530 193 11	-0.411 023 43
	32	-1.285 492 74	0.306 866 54	-0.530 209 49	-0.410 967 62
	64	-1.285 493 21	0.306 866 29	-0.530 210 44	-0.410 963 19
$k=5$	16	-1.746 574 46	1.075 813 14	-0.194 116 025	-0.194 775 23
	32	-1.746 563 44	1.075 657 25	-0.194 292 33	-0.194 541 23
	64	-1.746 563 86	1.075 657 69	-0.194 296 55	-0.194 534 56

参 考 文 献

[1] Kress R. Linner IntergralEquation[M]. NewYork:Springer-Verlag,1989.
[2] Colton D. Kress R. Inverse Acoustic and Electromagnetic Scattering Theroy[M]. NewYork:Springer-Verlag,1992.
[3] ColtonD. Kress R. Integral Equation Methods in Scattering Theroy[M]. New York:WileY-interscience Publication,1983.
[4] 王连堂. 用正则化方法求解声波散射问题[J]. 西北大学学报(自然科学版),2001,(5):369-371.
[5] 李功胜,马逸尘. 应用正则化建立求解不适定问题的正则化方法的探讨[J]. 数学进展,2000,29(6):531-541.
[6] 傅初黎,李洪芳. 不适定问题的迭代 Tikhonov 正则化方法[J]. 计算数学,2008,28(3):237-246.
[7] Greotsch C W. The Theory of Tikhonov Regularization for Equation of the First Kind[M]. Pitman Advanced Publishing Program, 1984.
[8] KirschA. An Introduction to the Mathematical Theory of Problem[M]. New York: Applied Mathematical Sciences Springer, 1996.
[9] Engl HW, Hankle M Neubauer. A Regularization of Inverse Problems[M]. Dordrecht;Kluwer Academic Publishers,1996.
[10] 李功胜,马逸尘. 应用改进的 Tikhonov 正则化求解 Symm 积分方程的数值分析[J]. 工程数学学报,2004,5(21):825-828.

(下转第 128 页)

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0121-04

基于变异和交叉的改进粒子群算法

闫元元, 高兴宝, 周喜虎

(陕西师范大学数学与信息科学学院, 陕西 西安 710062)

摘要:为克服粒子群算法早熟收敛的缺点,通过引入变异和交叉算子,设计了一种新的粒子群算法.通过对常用测试函数的数值试验,说明了新算法不仅能有效地避免早熟收敛,而且具有更好的收敛速度.

关键词:变异;交叉;粒子群算法;优化;早熟收敛

中图法分类号:TP301

文献标识码:A

0 引言

1995年,通过对鸟群捕食行为的研究,Eberhart和Kennedy^[1,2]提出了粒子群优化算法(PSO),它基于群体智能理论,通过群体中粒子跟踪自己和群体所发现的最优值,修正前进的方向和速度,实现寻优.PSO算法简单,需调整的参数少且易于实现,因此广泛应用于函数优化、神经网络优化、模糊系统控制以及其它领域^[3].但是粒子群算法同其它进化算法一样存在早熟收敛的缺点,其原因主要在于群体多样性的丧失.本文首先介绍了标准粒子群算法,然后基于变异和交叉提出了一种新的算法,用4个基准函数测试,试验结果表明新算法提高了标准粒子群算法克服早熟收敛的能力,加快了收敛速度.

1 标准粒子群算法

标准粒子群算法首先对群体初始化,然后通过迭代找到最优解.在每一次迭代中,每个粒子考虑自身搜索到的最优位置以及群体搜索到的最优位置进行速度与位置的更新.在 D 维目标搜索空间中,由种群数 N 的粒子组成群体,其中第 i 个粒子的位置为 $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})$,飞行速度为 $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD})$,该粒子当前搜索到的最优位置为 $p_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iD})$,整个粒子群的最优位置为 $p_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gD})$.标准粒子群算法迭代公式如下:

$$v_{id}(t+1) = \omega v_{id}(t) + c_1 r_1 (p_{id} - x_{id}(t)) + c_2 r_2 (p_{gd} - x_{id}(t)) \quad (1)$$

$$x_{id}(t+1) = x_{id}(t) + v_{id}(t+1) \quad (2)$$

其中 $i=1,2,3,\dots,N$; $d=1,2,3,\dots,D$; t 是当前迭代次数;学习因子 c_1, c_2 为非负常数,描述了粒子向自己搜索到的最优位置及群体搜索到的最优位置的靠近程度; r_1 和 r_2 为 $[0,1]$ 上均匀分布的伪随机数,其随机性使得整个粒子群表现出极复杂的特性; ω 为非负数,称作惯性权重,描述了上次迭代速度对当前速度的影响. ω 较大时算法有较强的全局搜索能力, ω 较小时算法有较强的局部搜索能力.文献[4]通过大量试验表明,如果 ω 随算法迭代的进行而线性减小,则将显著改善算法的收敛性能.设 T_{Max} 为最大迭代次数, ω_{End} 为迭代至最大迭代次数时的惯性权重, ω_{In} 为初始惯性权重,则有

$$\omega(t) = (\omega_{\text{In}} - \omega_{\text{End}})(T_{\text{Max}} - t)/T_{\text{Max}} + \omega_{\text{End}} \quad (3)$$

* 收稿日期:2011-05-15

作者简介:闫元元(1985—),男,河北省邯郸市人,在读硕士生,研究方向:运筹学与控制论,智能计算
基金项目:国家自然科学基金资助项目(60671063; 10902062)

2 改进的 PSO 算法(TPSO)

早熟收敛是指在算法早期,由于群体最优的吸引,群体中大多数粒子聚集在群体最优的周围,使得算法的寻优停滞在局部邻域而无法继续搜索全局最优.因此,在算法迭代过程中,要克服早熟收敛问题,就要增加种群的粒子数或者减弱粒子对当前种群搜索到的局部最优位置的追逐^[5].因为增加种群的粒子数量,使得计算量大幅度提高,因此本文的改进主要体现在减弱粒子对当前种群搜索到的群体最优的追逐.根据式(1)和式(2),粒子下一时刻的位置由当前位置和当前速度共同决定,速度大小决定粒子移动距离,速度方向决定粒子前进方向.根据式(1),粒子当前速度由 3 部分决定:第一部分是粒子的原来速度,说明了粒子目前的状态;第二部分是认知项,表示粒子自身的思考;第三部分是社会部分,体现了粒子间的信息共享与相互合作,它引导粒子飞向粒子群中的最优位置.因此,如果将粒子飞向粒子群中最优位置修改为与最优位置反向,即将式(1)中的 $(p_{gd} - x_{id}(t))$ 修改为 $(p_{gd} + x_{id}(t))$,就可以改变粒子的前进方向和速度,从而使粒子进入其它区域进行搜索,算法就可能发现新的个体极值 p_i 以及全局极值 p_g .我们把上述的操作称为速度变异操作.其次考虑到粒子追随当前 p_g 可能发现更好的位置,因此新算法将速度变异操作设计成一个随机算子,即对种群中粒子按一定的概率进行速度变异.为了使粒子在迭代搜索前期有较强的全局搜索能力,将搜索空间充满整个解空间,我们在前期设计一个较大的变异概率,后期则设计一个较小的变异概率,以使更多粒子能在所发现的最优位置附近进行搜索.通过以上分析,我们设计变异概率如下:

$$p_k = p_{k_0} / t \quad (4)$$

其中, t 是迭代次数, p_{k_0} 是初始变异概率.当群体中粒子发生速度变异时,其速度更新公式修改为:

$$v_{id}(t+1) = wv_{id}(t) + c_1 r_1 (p_{id} - x_{id}(t)) + c_2 r_2 (p_{gd} + x_{id}(t)) \quad (5)$$

另一方面受黑洞原理的启发,我们将最优个体适应值吸收半径引入到算法中.黑洞由于其密度较大,靠近它的物体将被它的引力所约束.类似地,对于粒子群,由于 p_g 点处的适应值较大,则接近它的粒子将受到它的约束,使探索能力减弱,从而将 p_g 看做一个黑洞,吸收一定范围内的粒子.特别的,为刻画其特性,我们引入吸收半径,即适应值吸收半径 r . p_g 将吸收与其适应值之差小于半径 r 的粒子,但为了保持种群规模,我们将被吸收的粒子重新初始化.在本文中,为了使算法后期收敛不受影响,我们只将黑洞引入前期迭代中,即 $k_0 T$ 次迭代中($0 < k_0 < 1$),并将吸收半径定义为一个常数,这个常数是我们在经验选取的,不能太大亦不能太小,在本文中我们取 $r = 0.001$.

此外,由于在速度更新公式中加入了变异,速度有可能过大,因此在算法中引入了算术交叉算子来减缓位置的变化.算术交叉算子作用在 $x_i(t)$ 和更新后的位置 $x_i(t+1)$ 上,特别的通过上面两个位置的线性组合产生新的位置,作为下次迭代的初始位置,即:

$$x_i(t+1) = \alpha x_i(t+1) + (1 - \alpha)x_i(t) \quad (6)$$

在本文中,我们取 $\alpha = 1/2$.

算法流程如下:

步 1 随机初始化种群中每个粒子的位置和速度.

步 2 计算每个粒子的适应值,初始化粒子群的当前全局最优 $p_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gD})$ 以及每个个体的当前全局最优 $p_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iD})$.

步 3 用(4)式更新 p_k 及用(3)式更新 w , 针对变异概率 p_k , 采用轮盘赌的方式判断粒子是否发生变异,发生变异时利用(5)式进行速度更新,否则用(1)式进行速度更新.

步 4 用(2)式进行位置更新,用(6)式作用于当前的位置和更新后的位置上.

步 5 判断粒子的适应值是否在最优个体适应值吸收半径内,如果不在,转到步 7.

步 6 对粒子位置进行初始化.

步 7 对每个粒子,将其适应值与 p_i 点处的适应值作比较,如果较好,则将其作为当前的最优位置,并比较 p_i 和 p_g 点处的适应值,进行 p_g 更新.

步 8 检验是否满足结束条件,如果当前的迭代次数达到初始的最大次数,则停止迭代,输出最优

解, 否则转到步 3.

3 试验分析

下面通过 4 个基准函数^[6,7] 优化问题(求解最小值), 来测试本文算法的性能, 4 个优化函数如下所示, 其中 $f_1(x)$ 为单峰可分二次函数; $f_2(x)$ 为旋转、不可分离的多峰函数; $f_3(x)$ 为具有大量局部最优点的不可分离函数; $f_4(x)$ 为具有强烈振荡的多峰函数.

F1: Sphere function

$$f_1(x) = \sum_{i=1}^n x_i^2 \quad (n=30, x_i \in [10,10]) \quad \min f_1 = 0$$

F2: Griewank function

$$f_6(x) = \frac{1}{4\,000} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \prod_{i=1}^n \cos(\lfloor \frac{x_i}{\sqrt{i}} \rfloor) + 1 \quad (n=30, x_i \in [-600,600]) \quad \min f_6 = 0$$

F3: Ackley function

$$f_6(x) = -20(\exp(-0.2(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^D x_i^2}{30}}))) - \exp(\frac{1}{30}(\sum_{i=1}^D \cos(2\pi x_i))) + 20 + e$$

$$(n=30, x_i \in [-32,32]) \quad \min f_6 = 0$$

F4: Schafer's function

$$f_5(x) = 0.5 + \frac{\sin^2(\sqrt{x_1^2 + x_2^2}) - 0.5}{(1.0 + 0.001(x_1^2 + x_2^2))^2} \quad (n=2, x_i \in [-10,10]) \quad \min f_5 = 0$$

在试验中, 选取标准粒子群算法(linWPSO) 作为对比算法. 试验参数设置如下: 两种算法的种群大小均为 30, 最大迭代次数为 1 000, 学习因子 c_1 、 c_2 均为 2.0; 两种算法中 $w_{\text{Ini}}=0.9$, $w_{\text{End}}=0.4$; 在 TPSO 算法中, p_{k_0} 和 k_0 均取为 1/2; 为了消除随机干扰, 对每个优化函数独立运行 30 次. 所有试验均在 lenovo 昭阳 E43A 具有 windows xp 操作系统的计算机上运行, 使用 MATLAB 7.6 编程.

数值试验结果见表 1. 从表中可以看出, 对于所有测试函数, 本文算法的优化结果好于对比算法, 其中对于 $f_1(x)$ 、 $f_3(x)$, 本文算法并没有达到理论最优值, 但在 30 次平均最优和最优上要明显好于标准粒子群算法; 对于 $f_2(x)$, 本文算法在 30 次中均达到了理论最优值, 而标准粒子群算法在运行中均未达到理论最优值; 对于 $f_4(x)$, 本文算法的优越性并不明显, 但在 30 次运行中, 本文算法有 6 次达到了理论最优值, 而标准粒子群算法仅有 1 次达到了理论最优.

表 1 函数运行 30 次比较表

	TPSO			linWPSO		
	means	max	min	min	means	max
F1	3.57E-23	1.07E-21	1.47E-53	0.744 98	2.481 0	0.164 9
F2	0	0	0	1.659 2	2.115 2	1.202 0
F3	1.55E-13	3.9E-12	8.88E-16	4.381 6	19.966 7	2.911 6
F4	0.000 821	0.000 985	0	0.000 953	0.000 985	0

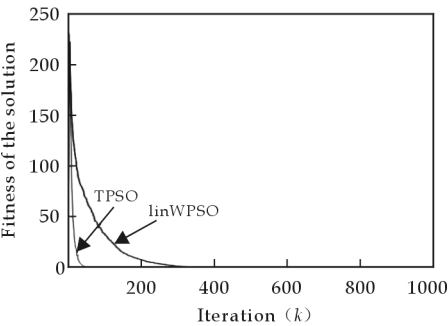


图 1 Sphere

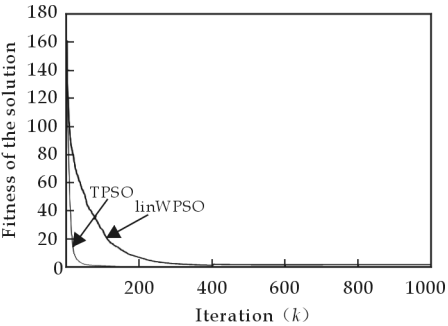


图 2 Griewank

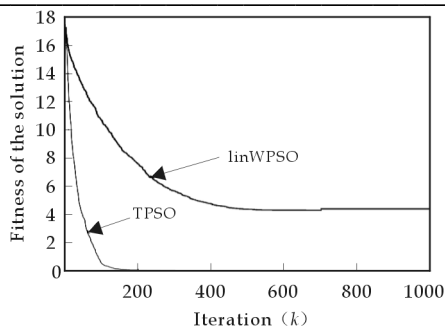


图 3 Ackley

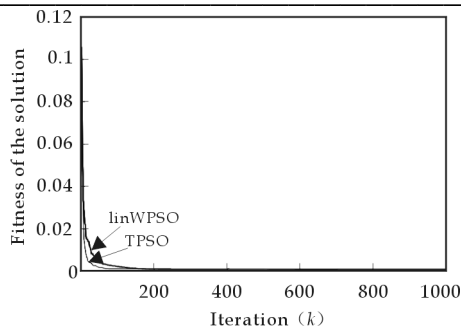


图 4 Schaffer

为了更加直观的了解两种算法的性能差异,图 1 至图 4 给出了 4 个测试函数对于两种算法的最优函数值进化曲线图。从曲线图中可以看出,对于 $f_1(x)$ 、 $f_2(x)$ 、 $f_3(x)$ 本文算法明显克服了早熟收敛,并且收敛速度较标准粒子群算法加快;对于 $f_4(x)$,本文算法在收敛速度上明显快于标准粒子群算法,但收敛精度同标准粒子群基本相同。

4 结束语

针对粒子群优化算法的早熟收敛问题,本文提出了一种改进的算法(TPSO)。在新算法中,引入了变异和交叉操作,分别用 4 个基准函数进行了试验,并与标准粒子群算法做了比较,结果表明新算法提高了标准粒子群算法克服早熟收敛的能力和收敛速率。

参考文献

- [1] J. Kennedy, R. Eberhart. Particle Swarm Optimization[C]. Proc. IEEE International Conf. on Neural Networks, Perth, Australia, 1995: 1 943-1 948.
- [2] Eberhart R C, Kennedy J. A New Optimizer Using Particles Warm Theory[A]. Proc. of the Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science[C]. Nagoya, 1995: 39-43.
- [3] Eberhart R. C, Shi Y. Particle Swarm Optimizer; Developments, Applications and Resources[C]. Proceeding of IEEE Congress on Evolutionary Computation, 2001: 81-86.
- [4] Shi Y H, Eberhart R C. A Modified Particle Swarm Optimizer[A]. IEEE World Congress on Computational Intelligence[C]. Anchorage, 1998: 69-73.
- [5] 刘丽芳. 粒子群算法的改进及应用[D]. 太原: 太原理工大学硕士学位论文, 2008.
- [6] 纪震, 廖惠连, 吴青华. 粒子群算法及应用(第 1 版)[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [7] 刘伟, 周育人. 一种改进惯性权重的算法[J]. 计算机工程与应用, 2009, 22(45): 46-48.

PARTICLE SWARM OPTIMIZATION BASED ON MUTATION AND Crossover

YAN Yuan-yuan, GAO Xing-bao, ZHOU Xi-hu

(College of Mathematics and Information Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: In order to overcome the premature convergence of particle swarm optimization algorithm, an improved new algorithm is proposed by introducing mutation and crossover operators. Several benchmark functions are tested and the experimental results show that the new algorithm not only effectively solves the premature convergence problem, but also significantly speeds up the convergence.

Key words: mutation; crossover; particle swarm; optimization; premature convergence

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0125-04

论 Coreldraw 在虚拟产品多向曲面表现中的应用

桑 振, 袁小娟

(陕西科技大学设计与艺术学院, 陕西 西安 710021)

摘 要:虚拟产品的多向曲面在 Coreldraw 内进行表现一直以来有相当大的难度,而衔接法、交互式调和法、位图模糊法、透明交互式调和法、交互式透明填补法和交互式网状填充法等 6 种方法即是解决这一难题的最佳途径,且表现的效果相当完善与完美,尽管还有个别方面的不足有待改进。

关键词:Coreldraw; 虚拟产品; 多向曲面; 表现方法

中图法分类号:TB47; TP391.41

文献标识码:A

0 引 言

Coreldraw 全称 Coreldraw Graphics Suite,是一款由世界顶尖软件公司之一的加拿大 Corel 公司开发的图形图像软件,多年来以其非凡的设计能力而广泛地应用于产品模型绘制、商标设计、标志制作、插图描画、排版及分色输出等诸多领域^[1]。由于 Coreldraw 具有以下优点,近年来它在虚拟产品造型表现中的应用越来越广泛:

(1)超强的曲线编辑功能.由于 Coreldraw 是矢量软件,所以它在表现复杂产品造型时,其曲线强大的编辑功能是达到完美表现的最大技术支撑点.比如它的倒圆角功能,可以很简单地导出不同度数的圆角^[2]。(2)Coreldraw 的线框和填充体分离功能以及线框的复编辑功能大大增强了产品造型表现的灵活性和交互性^[3]。(3)关系明确、变换自由的尺寸标注功能强化了产品造型表现的准确性和统一性。(4)强大的交互式工具给产品造型表现增添了无限的魔力和强度。(5)较小的文件储量使大型产品造型表现操作轻松方便。

Coreldraw 在虚拟产品造型表现方面的 5 大优势造就了它在产品设计表现中无可替代的地位.但是,尽管 Coreldraw 的表现能力极其强大,它还是有自己的不足,其最大的不足就是在虚拟产品造型的多向曲面表达上.怎样解决这个问题将是本文讨论的重点。

1 Coreldraw 在虚拟产品多向曲面上的表现方法

1.1 Coreldraw 在虚拟产品曲面表现上的不足

多向曲面指的是虚拟产品的造型曲面向 2 个以上方向延伸所形成的复杂形体曲面^[4]。Coreldraw 表现多向曲面时,相较于平面或直面,有较大的难度和技术难点,表现如下:

(1)多向曲面的方向限制性较强. Coreldraw 对单向曲面的表现比较方便(如图 1 所示的单向曲面),但对多向曲面的表现则是个难点(如图 2 所示的多向曲面)。

(2)多向曲面的编辑性较差. Coreldraw 制作虚拟产品的多向曲面后一般不能够再次编辑,造成了修复功能的缺失。

(3)多向曲面编辑不具有数据可控性. Coreldraw 的多向曲面编辑没有数据的支持,如此产生的后果

* 收稿日期:2011-06-09

作者简介:桑 振(1975—),男,河南省周口市人,讲师,硕士,研究方向:工业设计

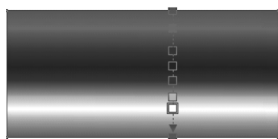


图 1 单向曲面



图 2 多向曲面

就是多向曲面的形体缺乏准确性.

1.2 虚拟产品曲面的表现方法

Coreldraw 一次性表现虚拟产品的曲面有一定的难度,但是通过多次衔接或叠加等方法仍然能够制作出相当完美的曲面来,方法如下:

(1)衔接法.衔接法就是根据虚拟产品的曲面构造,将曲面分成若干部分进行分体制作,然后对分体进行衔接而形成整个曲面造型的方式.如图 3 所示为衔接法绘制多向曲面的过程.

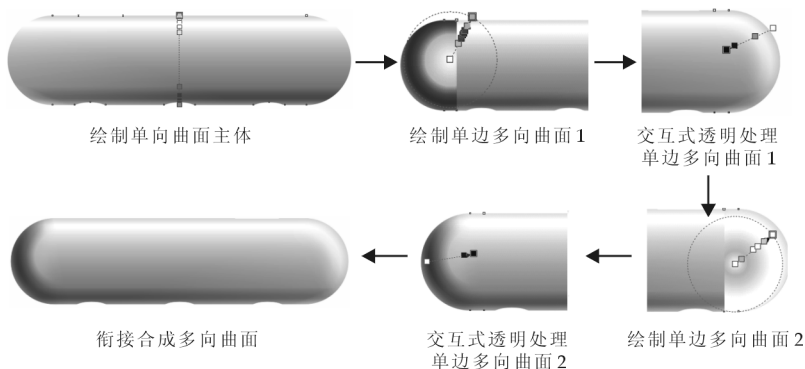


图 3 衔接法绘制多向曲面的过程

(2)交互式调和法.交互调和法就是利用 Coreldraw 的交互式调和工具绘制图形多向曲面的表现方法^[6].如图 4 所示为交互式调和法绘制多向曲面的过程.

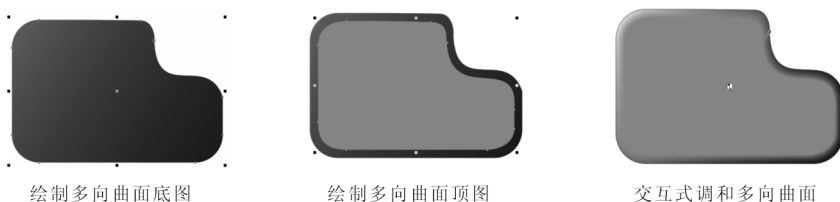


图 4 交互式调和法绘制多向曲面的过程

(3)位图模糊法.位图模糊法也即将多向曲面的上层图形进行位图转化,然后对其执行菜单命令“位图/模糊/高斯模糊”进行效果处理,如图 5 所示为位图模糊法绘制多向曲面的过程.



图 5 位图模糊法绘制多向曲面的过程

(4)透明交互式调和法.透明交互式调和法是在交互式调和法的基础上添加交互式透明的一种方法,它更容易与底层图形融为一体,如图 6 所示为透明交互式调和法绘制多向曲面的过程.

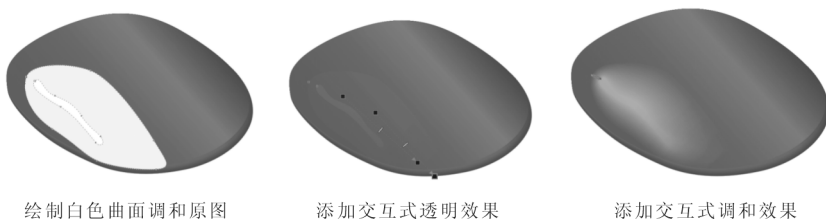


图 6 透明交互式调和法绘制多向曲面的过程

(5)交互式透明填补法. 交互式透明填补法是将未完成的多向曲面的局部进行交互式透明填补,以达到完整的曲面造型. 如图 7 所示为交互式透明填补法绘制多向曲面的过程.

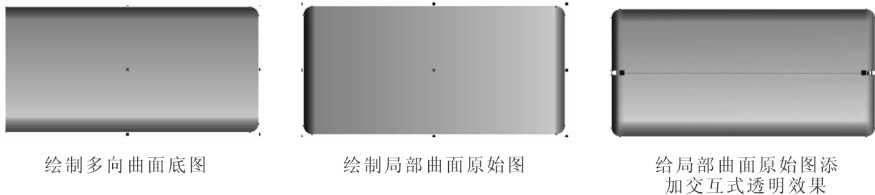


图 7 交互式透明填补法绘制多向曲面的过程

(6)交互式网状填充法. 交互式网状填充法是指运用交互式网状填充工具对多向性曲面原始图形进行编辑,以产生多向曲面的效果^[6]. 如图 8 所示为交互式网状填充法绘制多向曲面的过程.

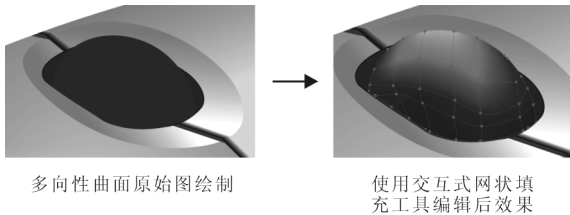


图 8 交互式网状填充法绘制多向曲面的过程

2.3 实例

Coreldraw 在多向曲面的表现上虽然有各种各样的难点,但是掌握住以上 6 种方法表现复杂形态的虚拟产品的曲面造型则还是游刃有余、得心应手,且表现复杂曲面的结果相当不错,图 9~图 13 展示了应用 Coreldraw 各种多向曲面表现方法完成的虚拟产品造型的表达效果.



图 9 衔接法



图 10 交互式调和法



图 11 位图模糊法



图 12 透明交互式调和法和
交互式网状填充法

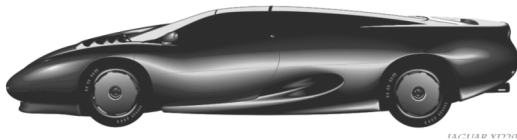


图 13 交互式透明填补法

3 结束语

从以上探讨可以看出,Coreldraw 对虚拟产品多向曲面的表现尽管有一定的难度,但运用 6 种表现方法所表现出来的效果还是比较令人满意. 不过,由于 Coreldraw 先天的矢量图特征缺陷,它所表现的多向曲面还是具有色彩失真和材质表现力度不足的缺陷,这一缺陷目前仅靠 Coreldraw 还无法解决,如果结合其他位图绘图软件,可能会完全或部分提高它的多向曲面表现质量. 看来,要彻底解决这个难题,仍需要进一步进行虚拟产品多向曲面的表现研究.

参 考 文 献

- [1] 姚 炬. CorelDRAW 在图形编辑中的运用[J]. 海洋测绘, 2004, (12): 61-63.
- [2] 赵 楠. 图形处理软件 CORELDRAW 和 PHOTOSHOP 晒几点比较[J]. 计算机与网络, 2010, (4): 55-57.
- [3] 解修波. CorelDRAW 课程教学的探索[J]. 天津职业院校联合学报, 2009, (5): 93-95.
- [4] 蔡曾谔. 对 Corel DRAW 设计软件在课堂中创新教学的探讨[J]. 中国现代教育装备, 2009, (6): 38-41.

ON THE APPLICATION OF CORELDRAW IN THE MULTI-CURVED SURFACE PERFORMANCE OF VIRTUAL PRODUCT

SANG Zhen, YUAN Xiao-juan

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

Abstract: Virtual product surface in multilateral within Coreldraw has been a considerable performance, and the difficulty of cohesive method, interactive stirring, bitmap fuzzy method, transparent interactive stirring, interactive transparent fill method and interactive mesh filling method six methods to solve the puzzle is that the best way to show results, and quite well and perfection, even though and individual deficiency needs to be improved.

Key words: Coreldraw; virtual product; multi-curved surface; techniques of expression

(上接第 120 页)

A MODIFIED TIKHONOV REGULARIZATION METHOD FOR ACOUSTIC WAVE SCATTERING PROBLEM

YAO Zhi-cong, WANG Tao-zheng

(Department of Mathematics, Northwest University, Xi'an 710069, China)

Abstract: The single-layer potential theory is used to transfer the exterior boundary value problem into the boundary integral equation of the first kind. And a modified Tikhonov regularization method is applied to solve the time-harmonic acoustic wave scattering problem. Numerical examples are given, the results show that the method is feasible and has good accuracy.

Key words: Helmholtz equation; the first kind integral equation; far-field pattern; acoustic scattering

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0129-04

基于用户体验的产品界面设计研究

任倩慧, 王坤茜

(昆明理工大学艺术与传媒学院, 云南 昆明 650500)

摘要:界面是设计师与用户之间信息交流的平台,是设计成败的关键因素.作者从用户体验的角度出发,针对工业产品使用过程中的非宜人因素,对工业产品的界面设计进行了研究,总结了产品界面设计的原则和方法,并以 ATM 为例,通过对设计对象的用户进行研究,构建用户模型,实现了产品界面设计的信息同构,建立了合理、有效、易用的产品界面.

关键词:用户体验;产品界面设计;信息同构;用户模型

中图法分类号:TB472

文献标识码:A

0 引言

随着互联网的普及和通信技术的高速发展,人类社会发生了深刻的变革,踏入了一个以信息化为标志的体验经济时代,这就对设计师提出了新的挑战,因为人们已经不仅仅满足于产品物质层面上的使用功能,而是更关注精神层面上的心理体验.从使用到体验,体现了人们对现代产品的非物质需求.设计师也不再是设计产品,而是设计一种新的生活方式.在这种情况下,现代设计师有必要对传统产品设计的思想和方法进行反思,充分理解和认识体验经济时代下新的设计理念.

1 用户体验与产品界面设计

1.1 用户体验

用户体验(User Experience)是指用户在使用产品或享受服务过程中建立起来的心理感受,涉及人与产品(包含产品提供的服务)交互过程中的所有方面^[1].日本学者 Masaaki Kurosu 和 Kaori Kashimura 对 ATM 进行了一个很有趣的实验,调查研究后发现,尽管功能和操作完全相同,但是人们总是会认为那些界面设计好的机械好用,这一结果有力地说明了用户体验将是设计成败的关键.

好的设计用户体验是一个长期的、循环的过程(如图 1),而那些非宜人的设计则是一次性的、直线的.设计师总是期望用户体验能够形成良性的循环,使用户再次使用产品,形成对产品的忠诚度.

用户的动机是用户体验生命周期的第一步,用户需要什么样的产品以实现什么目的;第二步,什么样的产品才能吸引用户;第三步,用户在与产品交互过程中的感觉如何,产品是否易于使用,用户是否产生愉悦的体验;第四步,用户是否愿意继续使用产品,是否对产品及其提供的服务逐渐熟悉;第五步,用户是否习惯于使用该产品,是否对该产品产生依赖;第六步,用户能否形成忠诚度,拥护该产品并向其朋友推荐.



图 1 用户体验生命周期模型

* 收稿日期:2011-04-30

作者简介:任倩慧(1986—),女,山东省烟台市人,在读硕士生,研究方向:产品开发与设计研究

的思维模型,使产品界面设计同用户的操作行为联系起来,以 ATM 为例用户思维模型包括:(1)从用户的操作角度而不是设计者的角度来研究用户与各实体的关系,包括用户、银行职员和保安等其他相关人员、ATM 机、社会环境、操作环境以及操作情景之间的关系。(2)用户对 ATM 的使用知识和其他必要知识。这是用户学习和使用 ATM 的基础,ATM 界面设计中必须要减少用户必须学习的知识量和难度。(3)用户行动的组成因素,包括感知行动、思维行动、意志行动、体力行动和情绪。在 ATM 界面设计中要创造和满足用户所需的行为条件。

构建用户思维模型可以清晰的了解用户的认知、思维、学习等能力,指导界面设计。用户的认知、思维和学习能力都是有限度的,因此在 ATM 界面设计中要减少用户使用 ATM 的难度,ATM 界面应尽量简洁(图 3),并采用多通道用户界面。例如 ATM 机屏幕上显示操作流程的同时,对用户操作提供语音提示;插卡口附近设有图形符号提示,同时也有闪光提示等等。



图 3 ATM 概念机

4.2 构建用户任务模型

任务模型也称操作过程模型,指用户为了完成各种任务所采取的有目的行动过程^[3]。用户面对任务时,其理性操作总是按照一定的方法、说明和步骤来进行的。以 ATM 为例该模型的研究一般包含:(1)用户使用 ATM 的动机和目的。用户对 ATM 机的功能及服务的兴趣和期待点在哪里?怎样把一个复杂的目的分解成若干个简单的子目的?(2)用户的行动计划。用户为了实现提款、存款、汇款、查询等目的,何时、何地采取何种类型的 ATM?怎样操作?怎样思考和选择操作过程?(3)用户的具体操作过程。包括用户怎样开始操作?遇到吞卡、误操作等问题,用什么策略去解决?(4)任务评估。用户完成提款、查询等任务后要检验和评价使用 ATM 的结果,如用什么方法来评价?评价结果如何?使用 ATM 过程遇到什么困难?有什么方法改正操作错误?

通过构建 ATM 用户任务模型可以了解用户使用 ATM 机的主要目的是取款、转账还是查询,以及他们是否希望在 ATM 上办理交水电费、买彩票、还贷等业务。用户在 ATM 上交易操作流程一般为:客户将银行卡插入 ATM 机、输入密码、进入功能选择界面、选择所需的服务(提款、转账、查询等)。交易流程应符合用户的操作习惯,减少不必要的流程(如选择语言)等等。

4.3 构建用户语意模型

产品语意学认为设计不应该以机械功能为出发点,而应当以人为出发点,产品应当自己会“说话”,告诉用户它适合什么样的人群、有什么功能、怎么操作,因此在产品界面设计中设计师应具备有关用户的知识,使设计的产品一看就明白,而不需要花费大量的精力重新学习。以 ATM 为例用户语意模型应包括:(1)用户对 ATM 的操作使用经验知识;(2)用户操作 ATM 常使用的词语;(3)用户发展形成的对 ATM 的逻辑思想。这些词语的动作内容构成了用户语意模型,为设计师提供依据,使 ATM 的界面提供这些操作条件,并准确表达它的含义。



图 4 儿童专用 ATM



图 5 老年人专用 ATM

如图 4 儿童专用 ATM 和图 5 老年人专用 ATM 具有不同的用户语意模型. 儿童 ATM 是专门为 7~11 岁儿童设计的, 只有取款功能, 最低取款额为 1 元, 每日取款最高限额为 20 元, 主要是为了培养孩子的独立精神和理财意识, 因此界面设计侧重点在于满足儿童的生理和心理需求, 如 ATM 机色彩要鲜艳, 操作界面简单易懂, 能够引起小朋友的兴趣, 获得小朋友的喜爱. 老年人 ATM 是专为老年人设计的, 充分考虑到老年人的心理和身体特征, 用指纹取代密码, 按键统一放大, 操纵区域集中, 功能也进行了简化, 还引进了 110 报警服务.

4.4 构建非理性用户模型

人的理性有一定的限度, 超出这个限度后就表现为非理性行为. 所谓“非理性”, 指人的行为不再严格受行为目的、动机及行为规则的控制, 这种非理性表现在知觉、动作、思维、意志和情绪的各个方面以及用户操作出错上. 如, 人的知觉(视觉、听觉、触觉等)能力是非理性的; 用户的思维往往也是非理性的; 用户常常有自己操作 ATM 的习惯, 不存在所谓“标准”操作方式; 用户容易遗忘事情, 如忘记密码、忘记取回银行卡等等; 用户可能会对 ATM 上服务项目的含义理解错误; 用户异常操作 ATM 等等. 因此, ATM 界面设计应具有一定的容错性, 能够检测出错误并提供简单的、容易理解处理错误的方法. 构建非理性用户模型主要是为 ATM 软界面设计中各种提示界面的设计提供指导, 如密码输入错误提示重新输入界面、银行卡插入错误界面、金额输入错误界面等等, 并给出错误原因和解决方法.

5 结束语

用户体验引导着产品与服务, 已成为决定设计成败的关键因素. 在产品界面设计中, 设计师与用户之间应搭建沟通的桥梁, 深入地对用户进行研究, 构建合理的用户思维模型、用户任务模型、用户语意模型并重视用户的非理性模型, 从而使产品界面中设计信息能够在设计师和用户之间快速地传递, 准确地被用户认知、理解, 让人们在使用产品时产生愉快的、有趣的体验, 形成用户体验生命周期的良性循环.

参 考 文 献

- [1] 罗仕鉴, 朱上上. 用户体验与产品创新设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [2] 王坤茜, 林捷晖, 徐人平. 产品界面设计中的信息同构[J]. 包装工程, 2006, 27(3): 151-152.
- [3] 李乐山. 工业设计思想基础[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- [4] 欧阳波, 贺 赞. 用户研究和用户体验设计[J]. 江苏大学学报, 2006, 27(5A): 55-57.

STUDY OF PRODUCT INTERFACE DESIGN BASED ON USER EXPERIENCE

REN Qian-hui, WANG Kun-qian

(Faculty of Art and Communication, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China)

Abstract: Interface is a platform of information exchanging between designer and user. It's a critical factor which determines the success or failure of the design. According to the unpleasant factors in using industrial products, study the interface design of industrial product from the perspective of the user experience and summary the principle and method about it. Take ATM for example, structure user models though study of user experience to achieve information resonance of product interface design. Finally set up a reasonable, effective and easy-to-use product interface.

Key words: user experience; product interface design; information resonance; user model

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0133-05

人力资本与社会连带对创新行为的影响: 团队心理安全的中介作用

顾颖婷

(上海交通大学安泰经济与管理学院, 上海 200052)

摘要:采用实证研究的方法探讨了我国科研人员的人力资本与个体社会连带对创新行为的影响. 结果发现:科研人员人力资本(教育程度、工作经验)以及个体社会连带两维度(工具连带和情感连带)对创新行为产生了积极、显著的影响;团队心理安全对教育程度创新行为有完全中介作用;对其他变量有部分中介作用.

关键词:人力资本; 社会连带; 团队心理安全; 创新行为

中图法分类号:C936

文献标识码:A

0 引言

在知识经济时代及全球高度竞争的商业环境下,为了快速响应市场需求,增强企业的产品或服务研发能力就成为获取竞争优势的关键,而不重视新产品或服务研发会导致市场进入迟钝、市场份额的永久丧失以及利润的侵蚀(Kotler, 1988). 创新作为一种组织行为,是个人、团队与组织因素的社会化交互过程. 个体创新行为是组织创造力和创新绩效的基础,并且是组织创新的一个出发点(Amabile, 1988).

本研究以企业科研人员为研究对象,研究了人力资本、社会连带如何影响创新行为以及团队心理安全在其中的中介作用.

1 理论与假设

1.1 人力资本

Schultz 被奉为“人力资本理论之父”,他认为人力资本主要指凝集在劳动者本身的知识、技能及其所表现出来的劳动能力. 人力,包括知识和技能的形成,是投资的结果. Becker(1965)研究指出:教育和经验是人力资本概念的关键特征,教育增加个体的信息、知识、技能的存量,经验包括工作经验,也包括在职的实践性学习以及培训等非正式教育,拥有更多或高质量的人力资本则会获得更多想要的收益.

人力资本与创新密切相关. 创新是知识积累和运用的产出,而知识存量与运用能力又与个体人力资本存量紧密相关(王莉红等, 2009). Marvel & Lumpkin(2007)研究了科技创业者的人力资本及对基础创新的影响,发现创业者的相关工作经验和正规教育水平平均对基础创新有积极的显著影响. 根据以上讨论,我们提出科研人员社会资本与创新行为的假设:

假设 1a:科研人员的教育程度对其创新行为有显著的正向作用.

假设 1b:科研人员的工作经验对其创新行为有显著的正向作用.

* 收稿日期:2011-04-23

作者简介:顾颖婷(1986—),女,上海市人,在读硕士生,研究方向:组织管理、组织行为学
基金项目:国家自然科学基金资助项目(70771064)

1.2 社会连带

社会连带在社会理论领域有很深的基础(Manev 和 Stevenson,2001),它被看作是人际关系的过程和结构,其可以为了双方的利益促进或阻碍资源的运用(Coleman,1990;Putnam,1993).

研究者通常基于连带的内容区分社会连带:工具连带和情感连带(Ibarra,1993 等).工具连带涉及一个人工作所必须的收集信息、建议和资源,它是工作相关的建议的通路(Ibarra,1993),主要传递工作相关的信息.工具连带可以来源于正式的关系(比如上下级),这种连带下交换的内容主要是与完成工作相关的信息或知识.情感连带反映的是友谊,更充满感情,这些连带是重要的,表达社会支持和价值观的通道(Ibarra,1993).情感连带能提供友谊和社会支持.积极的情感连带能提供一种归属感(Coleman 1988,1990).总的来说,情感连带是规范的,基于结果的;而工具连带是信息,是基于认知的.

本论文主要研究个体人际互动网络的社会连带.Pirola-Merlo 和 Mann(2004)研究认为,在项目中独立工作的个人可以产生创新行为,同时项目团队中成员间的互动也可以引发创新行为,如成员一起分享、扩大、批评/过滤各种想法.这种成员间的互动行为会激励个人产生创新性的想法.根据以上讨论,我们提出科研人员社会资本与创新行为的假设:

假设 2a:科研人员的工具连带对其创新行为有显著的正向作用.

假设 2b:科研人员的情感连带对其创新行为有显著的正向作用.

1.3 团队心理安全

Edmondson(1999)首次在团队学习研究中引入了心理安全的概念.团队心理安全指的是一个人对于在他/她提出问题、要求反馈、报告错误或者提出新想法时其他人会有什么反映的信念.一个人会评判上述行为的人际结果,即如果我说错了或者报告了一个错误,组织里的其他人会不会伤害我或者以某种方式让我尴尬(Edmondson,2004).

Siemsen,Roth,Balasubramanian 和 Anand(2009)发现人们对于自己掌握知识的信心越大,团队心理安全对于知识共享的重要性就越小,而所掌握知识反映的正是人力资本的存量.另一方面,在中国的人才评价机制中,学历和任职年限一直是一项重要的考核内容.学历高、工作经验丰富的员工通常受到更多的尊重,更容易成为某一方面的权威.因此他们在团队中如果犯了错,人们就更倾向于包容他们的错误.因此,我们提出以下假设:

假设 3a:科研人员的教育程度对其团队心理安全有显著的正向作用.

假设 3b:科研人员的工作年限对其团队心理安全有显著的正向作用.

Edmondson(1999)在研究中发现当领导营造了一种积极的氛围(比如开放的氛围),进而成员间人际关系良好,那么他们就有一种信念(即心理安全),从而不怕报告错误.Carmeli(2007)通过研究以色列 33 个组织中的 137 个团队,发现如果组织中社会资本很强,那么团队心理安全和错误学习行为就能得到发展.因此,我们提出以下假设:

假设 4a:科研人员的工具连带对其团队心理安全有显著的正向作用.

假设 4b:科研人员的情感连带对其团队心理安全有显著的正向作用.

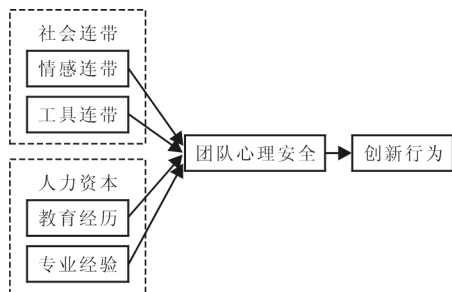


图 1 人力资本、社会连带、团队心理安全与创新行为的关系

West(2002)指出团队可以通过持续发展组内安全,使其更具创造力和创新性.Nemanich 和 Vera(2009)认为,团队心理安全对二元创新即探索性创新和开发性创新有促进作用.结合假设 1~4,可以提出如下假设:

假设 5a:团队心理安全在科研人员的教育程度与其创新行为间起中介作用.

假设 5b:团队心理安全在科研人员的工作经验与其创新行为间起中介作用.

假设 5c:团队心理安全在科研人员的工具连带与其创新行

为间起中介作用.

假设 5d:团队心理安全在科研人员的情感连带与其创新行为间起中介作用.

综上所述和分析,建立本文的研究模型如图 1 所示.

2 研究方法

2.1 数据收集与样本描述

本文主要采用问卷调研法,并采用 SPSS 软件进行数据处理和分析,检验理论模型和研究假设. 问卷由个人基本信息、个人人力资本、个体社会连带、团队心理安全、个体创新行为等部分构成. 其中个人基本信息包括性别、年龄、专业等. 值得指出的是:创新行为的测量为个体的上司给予评分,比较客观.

研究样本以上海贝尔-阿尔卡特、华为等高科技企业的科研人员为调查对象. 研究问卷共发放 334 份,回收有效问卷 305 份,问卷有效率为 91.32%.

2.2 变量测量

个体人力资本依据 Pennings(1998)和 Hitt(2001)的研究,采用了 2 个项目:教育程度、工作经验. 教育程度以学历来衡量,分为大专、本科、硕士、博士 4 个等级分值;工作经验以科研工作人员在其专业领域的实际工作年限来衡量.

个体社会连带、团队心理安全、个体创新行为均采用 5 点式 Likert 量表:1—非常不同意;2—不同意;3—不确定;4—同意;5—非常同意.

个体社会连带参考 Xiao-Ping Chen & Siqing Peng(2008)的量表. 工具连带的测量有 5 个项目:(1)我和同事相互理解;(2)我们在工作中相互支持;(3)我们在工作中想到对方的利益;(4)我们在工作中尊重对方的观点;(5)我们对工作中的问题会充分沟通. 情感连带的测量有 4 个项目:(1)我们有相似的个性特点;(2)我们有共同的兴趣和爱好;(3)我们相互信任;(4)我们总是为对方利益着想. 社会连带的 Cronbach α 信度系数为 0.817,其中工具连带的 Cronbach α 为 0.775,情感连带的 Cronbach α 为 0.700.

团队心理安全参照 Edmonson(1999)的研究,并借鉴其量表,共 10 个项目:(1)我认同团队其他成员;(2)我和团队其他成员有相似之处;(3)团队风格能反映我的个人特点;(4)我认为团队有许多值得骄傲的地方;(5)我觉得团队很不错;(6)我看重团队;(7)我愿意承认我是团队的一员;(8)我愿意继续在该团队中工作;(9)我喜欢成为该团队的一员;(10)我期望加入其他团队. 团队心理安全的 Cronbach α 为 0.701.

创新行为变量的设计主要参考 Zhou & George(2001)的研究,共 8 个项目,由领导给予打分:(1)他/她能提出达成目标的新方法;(2)他/她能想出实用的新点子以提高绩效;(3)他/她能找出新的技术、流程、技巧及产品创意;(4)他/她能提出高质量的新方法;(5)他/她是很好的创意来源;(6)他/她能激发并支持其他人的点子;(7)他/她能针对问题想出有创造性的解决方法;(8)在完成工作时,他/她能提出新方法. 创新行为的 Cronbach α 为 0.902.

3 结果与分析

本研究旨在了解科研人员个体人力资本与社会连带与创新行为的关系,以及团队心理安全对这种关系的中介作用. 表 1 表示这些变量的均值、标准差和相关性.

表 1 变量的均值、标准差及相关性

	均值	标准差	教育程度	工作年限	工具连带	情感连带	团队心理安全
教育程度	2.71	0.578					
工作年限	5.661	6.310 0	-0.328***				
工具连带	4.032 6	0.471 90	0.067	0.039			
情感连带	3.431 1	0.524 65	0.076	0.072	0.551***		
团队心理安全	3.653 7	0.486 52	0.056	0.351***	0.352***	0.376***	
创新行为	3.834 4	0.570 88	0.011	0.346***	0.296***	0.316***	0.409***

利用 PASW 18.0 软件,采用层次回归分析的方法验证各假设,如表 2 所示.模型二在统计上是显著($p<0.001$), R^2 为 0.248,发现教育程度($\beta=0.117, p<0.05$)、工作年限($\beta=0.363, p<0.001$)、工具连带($\beta=0.164, p<0.01$)、情感连带($\beta=0.206, p<0.001$)对创新行为的影响是积极和显著的.由此,假设 1a、1b、2a、2b 均得到支持.较之教育程度与工具连带、工作经验与情感连带对创新行为的影响更强、更显著.

模型一验证了教育程度($\beta=0.139, p<0.01$)、工作年限($\beta=0.383, p<0.001$)、工具连带($\beta=0.197, p<0.001$)、情感连带($\beta=0.236, p<0.001$)与创新行为显著正相关.由此,假设 3a、3b、4a、4b 均得到了支持.模型三验证了团队心理安全与创新行为的显著正相关关系($\beta=0.409, p<0.001$),因此将团队心理安全作为中介变量代入,发现教育程度($\beta=0.088, p>0.05$)与创新行为之间关系的变得不显著,即团队心理安全在教育程度与创新行为的关系中起到完全中介作用,假设 5a 得到了支持,而其他变量与创新行为关系的显著性减弱,因而团队心理安全起到了部分中介作用.

表 2 团队心理安全中介作用的回归分析结果

变量	团队心理安全		创新行为					
	模型一		模型二		模型三		模型四	
	β	T	β	T	β	T	β	T
教育程度	0.139	2.674**	0.117	2.164*			0.088	1.648
工作年限	0.383	7.367***	0.363	6.747***			0.283	4.905***
工具连带	0.197	3.373***	0.164	2.695**			0.122	2.010*
情感连带	0.236	4.019***	0.206	3.376***			0.156	2.533*
团队心理安全					0.409	7.797***	0.213	3.580***
R^2	0.305		0.248		0.168		0.279	
F	32.137***		24.210***		60.786***		22.639***	

4 结论与讨论

本文主要研究结论如下:

(1)人力资本的两个维度:教育程度、工作年限与创新行为呈显著正相关关系.这一结论与 Marvel 和 Lumpkin(2007)、顾琴轩和王莉红(2009)的研究结论相似.团队心理安全在教育程度与创新行为的关系中起到完全中介作用;在工作年限与创新行为的关系中起到部分中介作用.顾琴轩和王莉红(2009)认为科研人员的教育程度反映的是个体的知识的一种存量,更多反映了个体的线性知识的积累;而工作经验表示个体在工作中边干边学而积累的知识,更多反映了个体的隐性知识的积累.而隐性知识是难以通过文字表达的.因而,团队心理安全对反映显性知识的教育程度与创新行为的关系的中介作用更明显.

(2)社会连带的两个维度:工具连带、情感连带与创新行为呈显著正相关关系,这契合了 Pirola-Merlo 和 Mann(2004)的研究,人们通过工具连带和情感连带的互动能激发他们的创新行为.团队心理安全在工具连带、社会连带与创新行为的关系中起到部分中介作用,这表明团队心理安全有助于使工具连带、情感连带对于创新行为的积极作用得以发挥.团队成员在工具连带、情感连带的平台上,因为团队心理安全的存在而可以畅所欲言,由此激发了创新行为.

随着全球竞争日益激烈,创新成为企业谋求持续发展的重要手段,而团队也成为了组织中工作的基本单位(Gerard,1995).因此,团队如何通过成员人力资本和社会连带来激发他们的创新行为是极为迫切的.本研究认为企业应当充分重视发挥团队成员的人力资本和社会连带的积极影响;通过在职培训、脱产学习等方式培育和提升人力资本;创造条件鼓励科研人员与自己团队内部的其他成员加强沟通,为此可增加团队建设的培训以加强情感连带,完善内部网络平台以加强工具连带,进而提高成员的创新行为. Edmondson(1999)认为团队心理安全的一大驱动因素是团队领导的行为,因此提高团队心理安全还需要领导风格的配合.进一步说,建立相应的规章制度鼓励大家畅所欲言,更有利于在制度层面上建设团队心理安全.

参 考 文 献

[1] Amabile T M. A model of creativity and innovation in organizations[J]. Research in Organizational Behavior, 1988, 10(1):123-167.

[2] 王莉红, 顾琴轩, 褚田芬. 人力资本与社会资本对创新行为的影响——跨层次模型研究[J]. 工业工程与管理, 2009, 14(5): 91-97.

[3] Manev, I. M. & Stevenson, W. B. Nationality, cultural distance, and expatriate status: effects on the managerial network in a multinational enterprise[J]. Journal of International Business Studies, 2001, 32(2): 285-303.

[4] Schultz, Theodore W. Investment in human capital[J]. American Economic Review, 1961, (51):1-17.

[5] 顾琴轩, 王莉红. 人力资本与社会资本对创新行为的影响——基于科研人员个体的实证研究[J]. 科学学研究, 2009, 27(10): 1564-1570.

[6] Ibarra, H. & Andrews, S. B. Power, social influence, and sense making: effects of network centrality and proximity on employee perceptions[J]. Administrative Science Quarterly, 1993, (38): 277-303.

[7] Pirola-Merlo A, Mann L. The relationship between individual creativity and team creativity: aggregating across people and time[J]. Journal of Organizational Behavior, 2004, 25(2): 235-257.

[8] Edmondson, A. C. Psychological safety and learning behavior in work teams[J]. Administrative Science Quarterly, 1999, 4(2): 350-383.

[9] Edmondson, A. C. Learning from failure in health care: frequent opportunities, pervasive barriers[J]. Quality and Safety in Health Care, 2004, 13(2): 113-119.

[10] Siemsen, Roth, Balasubramanian & Anand. The influence of psychological safety and confidence in knowledge on employee knowledge sharing[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2009, 11(9): 429-447.

[11] Xiaoping Chen., Siqing Peng. Guanxi dynamics -- shifts in the closeness of ties between Chinese coworkers[J]. Management and Organization Review, 2009, 4(1): 63-80.

[12] Zhou, J., & George, J. M. When job dissatisfaction leads to creativity: encouraging the expression of voice[J]. Academy of Management Journal, 2001, 44(4): 682-696.

IMPACT OF HUMAN CAPITAL AND SOCIAL TIES ON INNOVATIVE BEHAVIOR: THE MEDIATION OF TEAM PSYCHOLOGICAL SAFETY

GU Ying-ting

(Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200052, China)

Abstract: In this paper, we conducted an empirical study on the effects of researchers' human capital and social ties on individual innovative behavior. Results from the study show that researchers' human capital (educational level and work experience) and the social ties (instrumental ties and affective ties) had significantly positive influence on his innovative behavior. And the team psychological safety plays a mediation role in this relationship.

Key words: human capital; social ties; team psychological safety; innovative behavior

我校造纸学院参加第 16 届国际木材、纤维及制浆化学国际会议

第 16 届国际木材、纤维及制浆化学国际会议(The 16th International Symposium on Wood, Fiber and Pulping Chemistry)日前在天津召开. 造纸工程学科带头人张美云教授、李志健教授等师生 12 人参加了本届会议.

会议期间, 来自美国、加拿大、瑞典、芬兰、日本、韩国等共计 22 个国家和地区的近 400 余位专家学者, 就造纸行业进一步实现低碳绿色可持续发展、打造生态型造纸工业进行深度研讨, 共享林产化学领域国际前沿科技成果, 促进制浆造纸科学技术发展. 我校有 10 余篇论文被本届会议收录. 除参加会议学术活动外, 造纸学院院长李志健教授等还参观了天津科技大学制浆造纸工程学科重点实验室, 双方就建设特色学科、打造学科平台、实验室管理和科研团队建设等方面进行了交流探讨.

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0138-06

陕西省棉纺织企业信息化现状及其价值链重构

周 镭, 刘铁岩, 狄艳波

(西安工程大学管理学院, 陕西 西安 710048)

摘 要:随着信息技术的不断发展和在棉纺织业中的深入应用,信息技术引发了企业价值链的诸多变化.在对陕西棉纺织企业信息化现状调查的基础上,详细分析了棉纺织企业价值链的构成及特点,进而构建了基于信息技术的棉纺织企业价值链,并对其层次和内涵进行了分析.从而为企业价值链的优化及管理提供决策参考.

关键词:棉纺织; 信息化; 价值链; 重构

中图法分类号:TS103.7 **文献标识码:** A

0 引 言

棉纺织作为陕西省纺织的主导产业,其产值约占全行业的 75% 以上,但目前已经失去了曾经在全国所占有的优势.据统计,2008 年产量出现了历史上从未有过的负增长,纱产量完成 20.43 万吨,只占全国的 0.95%,分别排在全国各省区和西南西北 10 省区的第 14 和第 3 位;布产量 7.88 亿米,只占全国的 1.42%,分别排在全国各省区和西南西北 10 省区的第 10 和第 2 位.为改变目前的落后状况,在国务院出台了《纺织工业调整和振兴规划》后,陕西省政府也出台了相应的陕西振兴纺织规划,其中一条就是“加快棉纺织产业的技术进步,努力缩小与东部沿海地区装备差距,推广新型、高效、节能的棉纺织技术装备,2011 年,使我省棉纺织行业国内先进水平的技术设备比重力争达到 65%”.

纺织工业“十一五”发展纲要指出“纺织企业要注重引进消化吸收国际上先进的管理理论和运营模式,提高企业管理水平,增强参与国际竞争的能力.以市场为目标,以创新能力和快速反应能力的提高为着眼点,通过业务流程再造和信息系统建设,以信息化技术改造传统的生产过程、营销过程和管理过程,加快对用户和市场反应的速度,提高企业管理效率,推进产业各种生产要素优化整合”^[1],这为传统产业——陕西棉纺业的发展道路指明了方向;只有不失时机地利用信息化改造传统产业价值链活动,以信息化带动工业化,发挥后发优势,实现跨越式发展才能解决陕西棉纺业的突出矛盾——竞争力问题.

1 陕西省棉纺织企业信息化基础资源现状

企业信息化基础资源是企业信息化建设的基础,也是发挥信息资源作用的必要前提.计算机及相关设备是实现信息化的物质基础,局域网的建设反映了企业内部信息共享的程度,与 Internet 的连接方式决定了企业内部网和外部网交互的效率,企业网站是企业品牌和营销渠道的一个组成部分,也发挥着为员工及顾客提供服务等作用.企业信息化基础资源主要包括:计算机及服务器拥有量,企业局域网建设状况,互联网接入方式及应用情况,企业网站建设、维护及应用情况等.作者对具有一定规模的省内 12 家棉纺织企业的信息化现状进行了调查.

* 收稿日期:2011-04-28

作者简介:周 镭(1962—),女,浙江省宁波市人,教授,硕士,研究方向:市场营销
基金项目:陕西省科技厅科学技术研究发展计划项目(编号:2008KR32)

(1)企业计算机及服务器拥有状况. 在 12 家企业中,共有计算机 790 台,平均每个企业 66 台,其中拥有计算机最多的企业是五环股份有限公司,达 300 台,但有的企业仅有 6 台. 12 家企业共有服务器 10 台,平均每个企业不到 1 台. 拥有服务器最多的企业是陕西国棉四厂,有 3 台,而 7 家企业没有服务器,占到企业数的一半多. 从计算机及服务器设备的拥有量上可以看出,陕西棉纺织企业在计算机设备拥有上存在很大的差距,而且无论从总体上还是平均数量上水平都很低,反映了陕西省棉纺织企业信息化建设的基础设施比较薄弱.

(2)企业局域网建设状况. 12 家企业中有 5 家没有局域网,占 41.7%,建成统一的局域网并且全部联网的企业仅有五环股份有限公司 1 家,说明陕西棉纺织企业内部信息化集成程度还相当差.

(3)企业互联网接入方式及应用状况. 12 家企业全部接入互联网,都采用宽带或光纤上网方式. 企业应用互联网主要集中在收发邮件、收集信息和网络营销上,说明目前企业都十分重视通过网络与外界交流,但互联网的应用仍处于最基础的层次.

(4)企业网站建设及应用状况. 在 12 家企业中已经有 7 家建立了自己的网站,有 3 家计划建立,仅有 2 家没有自己的网站,说明企业已经认识到了网站建设的重要性. 7 家已建立网站的企业中有 3 家采用的是虚拟主机的方式,有 2 家采用主机托管的维护方式,2 家是服务器自有自管,这种状况可能是由于企业都为中小型企业,采用虚拟主机可减少设备投资,并且方便快捷. 大部分企业的网络功能都是用来发布企业产品信息、收集客户信息等,这说明企业建立网站的目的只是推销产品,对网站的利用水平还不高,且网站的更新速度较慢.

2 企业信息化系统应用状况

棉纺织企业信息化应用系统主要围绕产品研发设计活动、生产制造活动、企业管理活动和企业的商务活动展开,并为这些活动提供数据支持,其主要包括产品研发信息系统、生产制造系统、企业管理系统、商务信息化系统.

2.1 产品研发信息系统的应用状况

棉纺织企业的产品研发信息系统主要包括计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工程分析(CAE)、计算机辅助工艺规划(CAPP)、计算机辅助制造(CAM)、产品数据管理(PDM)以及虚拟产品开发技术(VPD)等. 在 12 家企业中,有 5 家使用二维 CAD 进行产品设计,另外 3 家虽然本身没有 CAD 系统,但产品也是委托设计公司使用 CAD 软件进行设计,计算机出图率达到了 100%;应用三维 CAD 的企业仅有 2 家,出图率大约为 10%~30%. 此外,CAE、CAPP、CAM、PDM、VPD 的使用率也不高,且使用仅限于简单的数据处理,系统之间的集成和产品研发信息系统的应用状况都很差,说明了陕西棉纺织企业在产品研发上还处于弱势地位,竞争力不强.

2.2 生产制造信息系统应用状况

生产制造信息系统主要包括数字控制系统(NC)、分布式与集散式控制系统(DNS、DCS)、柔性制造系统(FMS)、计算机辅助质量管理系统(CAQ). 陕西省棉纺织企业生产控制过程信息化应用处于非常差的状况,12 家企业中仅有 3 家拥有 NC,只有 1 家使用了 DCS 系统,所有的企业都没有 FMS 和 CAQ.

2.3 企业管理信息系统应用状况

企业管理信息系统主要包括财务管理应用系统、办公自动化系统(OA)、管理信息系统(MIS)、企业资源计划(ERP)、人力资源管理系统(HR).

财务管理系统是很多企业进行信息化的第一步,12 家企业都应用了财务管理系统,但企业使用财务管理系统的水平并不高,大部分企业还只是停留在会计电算化阶段,仅有 3 家企业实现了财务业务一体化的功能.

有 7 家企业拥有 OA,7 家中有 5 家将 OA 联入了企业局域网,另有 3 家接入了互联网,大部分企业仍处于“信息孤岛”阶段. 不同企业 OA 的应用范围有所不同,其中 OA 应用最广泛的是用来进行人事管理和

考勤管理.

12 家企业绝大多数都没有建立 MIS 系统,只有 1 家采用了该系统,但应用效果并不理想,此外有 7 家企业处于开始建立阶段,其余的 4 家尚未采用.

在调查中,所有的企业都意识到 ERP 对企业的重要性,但是由于各种原因,ERP 系统在企业中并没有建立起来.

人力资源管理系统的应用不是很普遍,只有 2 家应用了 HR,10 家处于建设阶段. 调查中发现,企业的 HR 是企业根据自身人力资源的实际情况自主开发的,只有少数企业是外购的.

2.4 企业商务信息系统应用状况

企业商务信息化系统主要包括客户关系管理系统(CRM)和电子商务系统(EB). 调查中发现,所有的企业都非常重视与客户的关系,都在积极地寻找各种途径争取更多的客户. 有 1 家企业已经应用了 CRM 系统,3 家正在建立. 目前,EB 是很多企业频繁提到的名词,但真正发挥其效用的企业却寥寥无几. 12 家企业只有 2 家部分产品实现了电子商务交易方式,说明陕西省棉纺织企业通过电子方式进行业务交易的水平还很低,电子商务还处于萌芽状态.

由上述分析可见,陕西棉纺织企业在信息化的进程中虽然已取得了一定的成绩,但从信息化建设的基础条件以及信息系统的应用状况来看,陕西省棉纺织企业在信息资源获取、掌握及信息技术运用水平等方面还有相当大的差距,这对陕西棉纺织企业以信息化带动工业化战略的实施无疑是十分严峻的挑战. 因此,陕西棉纺织企业应以西部大开发和国家大力推动企业信息化、国务院出台的纺织工业振兴规划为契机,不断加强信息化建设.

3 信息技术环境下的棉纺织企业价值链重构

3.1 信息技术下的棉纺织企业价值链基本活动管理

信息技术下的棉纺织企业价值链基本管理活动主要包括:

3.1.1 生产过程信息化

生产过程信息化即自动化技术在生产过程中的应用,用自动化、智能化手段解决加工过程中的复杂问题,提高生产的质量、精度和规模制造水平. 在棉纺织企业生产过程中的主要应用包括计算机配棉管理系统、自动检测系统、自动监控系统及全厂监控管理系统等.

(1)计算机配棉管理系统. 计算机配棉管理系统由主控模块组成,其中包括 3 个分控制模块,即原棉库存管理、自动配棉和成纱质量分析 3 个子系统^[3]. 各个系统下设若干个具体功能模块,功能模块即可独立地重复自己的操作,也可返回到主控制模块请求命令执行新的操作,如图 1 所示.

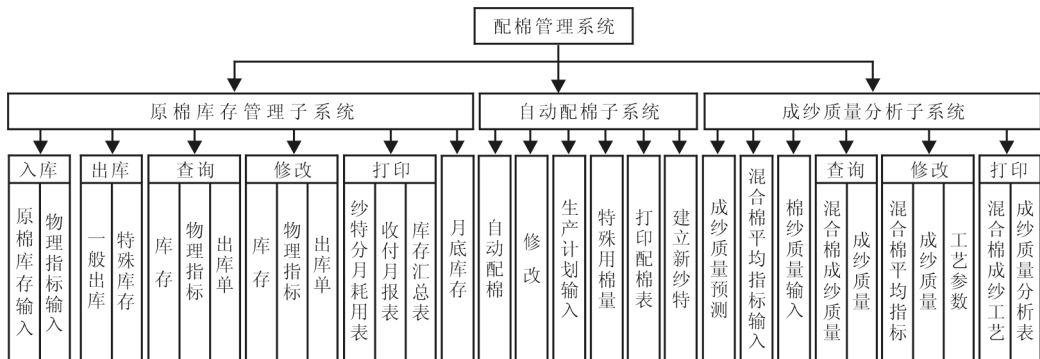


图 1 计算机配棉管理系统框图

①原棉库存管理系统. 其主要功能是管好库存原棉的账目,为配棉提供必要的数据和依据,是计算机配棉的基础.

②自动配棉系统. 其主要功能是根据保证质量、稳定生产和降低成本等配棉工作的基本要求,选用最

佳的接替棉批,确定合适的成份百分比,完成配棉进度表,是计算机配棉的核心。

③成纱质量分析子系统.其主要功能是建立动态数学模型,为分析混合棉性能和工艺参数对成纱质量的影响以及预测成纱质量提供依据,是计算机配棉的关键环节。

(2)自动检测系统.自动检测是指在生产过程中直接对被检测产品的特性进行检测的方法。

①并条机自调匀整系统.在纺纱过程中,线条内存在着各种形式和各种片段的不匀,而自调匀整装置能在一定范围内消除和调节这些不匀.采用并条机自调匀整系统,不但缩短了工艺流程,简化了机构,提高了产品精度,而且匀整效果好,质量稳定。

②络筒机电清纱系统.UQC 电子清纱系统的基本作用 and 传统电清相同,即检测头对纱线进行线检测,获得并处理与纱线质量有关数据,清除符合设定条件的疵点,保证纱线质量。

③络筒机生产监控系统.该系统是一套完整计算机信息管理系统,它既可以对纱线质量、筒纱质量进行监控,对偏离质量标准的有关数据进行报警,又能对络筒机单锭工作参数、捻结器和张力控制器等工作参数进行设定和控制。

(3)自动监控系统.自动监控系统主要有以下作用,即检测喂入原料的变化;机器运转功能的监控,检测本工序产品质量;预测下游工序的质量。

①梳棉机在线监控系统.梳棉机是纺纱工厂的心脏,是成纱质量的中心,好的梳棉机运转功能起到半个纺纱厂的作用.在现代化纺纱厂中,梳棉机单产水平大大提高,产品质量的好坏,对下游工序成纱质量、织物质量更为重要,经过梳棉机的加工,生条棉结含量减少及纤维平行分离程度提高等都十分显著。

②开清棉生产中自动监控系统.现代化的清梳联大都应用了微电子技术,可实现全过程自动监控,使清梳联达到了多包混棉、精细抓取、高效除杂、充分混合、均匀给棉的目的.现代化梳棉机及并条机上配备的自调匀整体系对于生熟条的质量控制有很大作用,这也是自动监控技术的具体应用。

③并条机在线监控系统.并条机上除了自调匀整系统外,还加设了乌斯特棉条粗节监控系统,经传感器及伺服电机联合工作,形成了十分精细的质量监控体系.检测的信号反映了棉条质量的变化情况,也反映出棉条粗节疵点是否产生和存在,应用精密扫描检测体系可对并条机极其微小的质量变化进行监测,并转化为高清晰度的信号在荧屏上予以显示。

(4)全厂监控管理系统.①制造执行系统(MES).MES 的实施,是完成上层信息网络 ERP 和现场作业、生产设备(PLC、DCS、FCS)间的制造信息整合系统,实现了企业生产管理的一体化.制造执行系统还为实现先进控制和远程操作优化提供了支撑环境,如实时数据库、工艺流程监控、先进控制和设备管理等^[4]。

②纺织生产综合自动化.高速和精密的纺织机械快速的发展若不实施自动控制,就会使机器运转潜力与控制能力之间产生巨大的差距.近年来兴起的现场总线技术是计算机数字通信技术向工业自动化领域的延伸,现场总线智能仪表及基于现场总线的控制系统将成为实现纺织生产综合自动化最有效的装备。

3.1.2 物流过程信息化

在建立物流信息化时,棉纺织企业可实现从供应商到客户的所有物流环节的管理,包括采购、仓储、生产、质检、运输、销售等环节;规范物料编码,建立并管理供应商和客户基本资料;控制采购成本,防止物料短缺或积压;动态核算生产成本,量化质量指标,保证及时交货.利用电子商务的方式可以将定单信息流、实体运输物流和交易资金流结合起来,提高业务流转的效率,并形成以管理物流为起点,以财务、业务一体化、协同化为目标的管理软件系统。

3.2 信息技术下的棉纺织企业价值链辅助活动管理

如果把传统的经营活动的部分环节由棉纺织企业内部转向互联网视作“组织进化”,那么电子商务的发展实际上带动了一轮企业转型革命^[5].企业将由此形成全新的价值链,即保留并发展核心业务,而把其余部分交给第三方或者采取合作的形式,并将核心业务和客户关系管理延伸到互联网,与客户进行实时、互动的信息交流.这一组织进化直接导致了新经济时代新的企业价值链——信息化棉纺织企业价值链,信息技术下的棉纺织企业组织结构具有高效的运作能力,且具有精益化、智能化、柔性化特征。

3.3 信息技术环境下的棉纺织企业价值链的特征

信息技术的快速发展大大提高了信息的作用,并且由于每一种价值活动都包括信息的创造、处理和交换,因此信息技术将对棉纺织企业价值链及其价值增值方式带来很大冲击^[6].

对棉纺织企业而言,信息技术在企业内外的应用带来了全新的理念,强调资源重整与内外协作,采用先进高效的信息工具和电子手段,将各个价值点整合在一起形成新的价值链,使得价值链出现了新的特征,并引发了价值链的诸多变形,主要体现在以下几个方面:

(1)信息可创造新的价值,企业价值链虚拟化.信息技术的发展,大大增强了信息的作用,信息将通过聚合、组织、选择、合成和分配后产生新的价值.工业经济时代,价值增值体现在物质产品中;而到了信息时代,价值增值则越来越多地建立在信息和知识的基础上^[7].企业内外部的各种信息影响着棉纺织企业价值活动的方方面面.信息的快捷性可大大缩短价值活动的周期,提高价值活动的效率,降低价值活动的成本,提高价值活动间的沟通有效性与及时性.而外部信息则帮助棉纺织企业更多、更迅速地感知市场的变化,大大提高企业价值活动的反应能力.

(2)顾客需求拉动价值链,形成以顾客为中心的价值链.信息技术是连接企业和顾客的关键环节,在信息技术环境下,制造商领导的“推动”式供应链演变为顾客领导的“拉动”式需求链,棉纺织企业开始更多集中精力于顾客而非生产制造和竞争者.

(3)价值系统内部形成价值网,节点企业横向一体化.信息技术为棉纺织企业的价值系统提供了强大的技术支持,帮助各价值链之间动态地进行最优组合以适应不同的市场要求,这使得价值系统内形成更加错综复杂、动态多变的价值网.

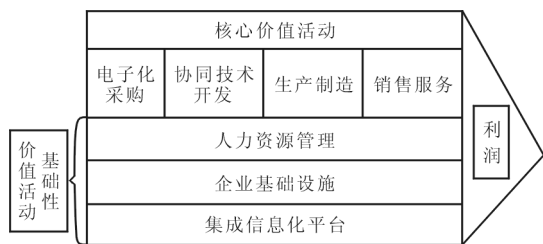


图 2 基于信息技术的棉纺织企业价值链

4 价值链重构

通过以上对价值链的分析,在迈克尔·波特价值链模型的基础上,构建棉纺织企业新的价值链如图 2 所示.

波特强调价值链并不是一些独立活动的集合,而是相互依存的价值活动构成的一个系统,该系统的每一个环节都有可能对竞争者价值链的巨大差异,从而产生

竞争优势.新模型与波特模型相同,仍由 3 部分组成,但各部分的排列顺序及内部组成有所变化.

4.1 新模型层次

新模型由基础性价值活动、核心价值活动和利润 3 大部分组成.

本文认为,在信息技术的影响和整合下,棉纺织企业内部的价值活动演变为“基础性价值活动”和“核心价值活动”,组成这两者的所有价值活动构成了一个价值群.与波特模型不同的是,在新模型中,基础性价值活动在模型下方,它反映了棉纺织企业的基础性价值活动具有纵向的层次性以及其对核心价值活动的支撑作用;核心价值活动在模型上方,它反映了棉纺织企业水平方向上的业务流程;核心价值活动在基础性价值活动的大平台之上运作,二者共同创造价值.模型最右方是企业绩效,与波特模型一样,仍然用“利润”来衡量,它反映价值链上各项价值活动创造的价值之和与从事各项价值活动的总成本之差.

4.2 新模型内涵

与波特模型相比,由于信息技术的发展和引入,新模型中的各项价值活动有了新的内涵,具体分析如下:

基础性价值活动由下至上包括集成化信息平台、企业基础设施、人力资源管理等,是棉纺织企业在信息时代进行价值生产和增值的基本的、平台性的价值活动.其中:集成化信息平台是新模型区别于波特模型的重要特征,包括信息的采集、组织、选择、合成和分配等价值活动,它由棉纺织企业内部的网络架构、数据库系统和各种计算机软硬件构成的信息技术平台提供技术支撑.在信息技术影响下,各价值活动自身及相互之间的联系已实现了电子化、网络化.人力资源管理在信息技术下已经演变为网络化的招聘、培训、考

核等活动,在棉纺织企业正常生产经营期间,基础性价值活动主要作为核心价值活动的平台和基础而存在,并根据核心价值活动的要求进行完善。

核心价值活动从左至右包括:电子化采购、协同技术开发、生产制造、销售服务等,是根据棉纺织企业的产品生产周期来界定的。其中:电子化采购是传统价值链中“采购”和“内部后勤”两种价值活动的整合,棉纺织企业可通过电子商务进行采购商品的信息发布、订单处理与支付、库存管理等价值活动。协同技术开发主要指棉纺织企业借助信息技术加强与合作伙伴的联系与协作,共同进行基础研究、产品设计、新产品开发、工艺装备的设计与改造、服务程序设计等价值活动。在信息技术影响下,技术开发已经成为棉纺织企业价值创造的重要活动而不仅仅是基础活动,部分技术开发活动开始逐步融入生产职能。棉纺织企业的生产过程流主要包括:计算机配棉管理、自动检测、自动监控及全厂监控管理等价值活动。销售服务是传统价值链中“市场营销”和“服务”两种价值活动的整合,因为信息技术的作用使得棉纺织企业能与顾客进行更深入、更实时、更便捷的沟通,在销售环节上,棉纺织企业要求面广、销售网点多,对销售的管理要实现在线管理,企业在销售产品的同时也更加关注顾客价值的实现。

需要注意的是,由于棉纺织企业内外环境的动态变化,本文构建的新价值链模型并不是一成不变的,棉纺织企业内部的业务流程也在不断调整、优化。一方面,在不同的企业生命周期,价值链的重心是不同的。比如,在棉纺织企业的组建阶段,应重点处理企业的基础性价值活动,为企业的后续生产经营搭建组织结构、配备软件设施;在棉纺织企业的正常生产经营阶段,应重点关注产品的生产和销售等价值活动,为创造最大的价值而改善业务流程等。另一方面,在信息技术背景之下,棉纺织企业自身价值链和外部价值链会不断地发生交叉、融合,这些价值链之间关系的不断变化也会导致棉纺织企业价值链形态发生变化。因此,棉纺织企业应根据实际情况,不断调整、优化其价值链,建立竞争优势。

参 考 文 献

- [1] 纺织工业“十一五”发展纲要[R]. 2006-6-28.
- [2] 梅自强. 现代棉纺织技术发展方向[J]. 棉纺织技术, 2004, 32(01): 6-7.
- [3] 杨锁廷. 纺纱学[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2004: 62-63.
- [4] 陈立秋. 纺织工业的管理现代化和生产自动化[J]. 纺织导报, 2005, (6): 39-42.
- [5] Robert Harden. Reliance on manufacturing performance measures- total quality management and organizational performance[J]. Management Accounting Research, 1997, 8(2): 187-206.
- [6] 樊治平, 王 慧, 刘 强. 从价值链看信息技术带给企业的变革[J]. 工业工程与管理, 2001, (04): 20-21.
- [7] 卡尔·W·斯特恩. 价值链的解构-现代企业战略与观念的变迁、成长的理性[M]. 上海: 上海远东出版社, 2000: 376-381.

RESEARCH ON THE INFORMATION PRESENT SITUATION AND THE VALUE CHAIN RECONSTRUCTION OF SHAANXI COTTON TEXTILE ENTERPRISES

ZHOU Lei, LIU Tie-yan, DI Yan-bo

(School of Management, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: With the information technology's developing and in-depth application in the cotton textile industry, it led to many changes in enterprises value chain. Based on the information present situation investigation of Shaanxi, we analyze the cotton textile enterprises value chain's compositions and features seriously. After that build up the cotton textile enterprises value chain on the basis of information technology and analyze its levels and contents, for enterprise value chain's optimization and management are referenced.

Key words: cotton textile; information; value chain; reconstruction

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0144-05

基于社会网络分析的中小企业网络建模研究

李微山, 洪增林, 寇晓东, 翟国涛

(西北工业大学自动化学院, 陕西 西安 710072)

摘 要:基于复杂适应系统理论分析了中小企业网络的复杂性,从复杂网络视角引入了社会网络分析方法,并利用 UCINET 建模工具研究了中小企业网络模型.通过对中小企业网络的属性和结构的分析,发现该网络存在度分布疏散、网络密度小、中心性较弱和凝聚子群分散的问题,据此提出了中小企业网络性能优化的建议,以期为地方政府制定政策提供依据.

关键词:复杂适应系统; 社会网络分析; 中小企业网络; 建模

中图法分类号:TP391.9

文献标识码:A

0 引 言

“压力型体制”下^[1],为了完成上级下达的各项经济指标,地方政府之间展开了经济赶超,不断寻求地方经济发展的支柱,以保持地方经济发展的可持续能力.随着城市化和工业化的快速发展,占我国企业总数 95% 以上的中小企业对地方财政贡献能力逐渐显现,扶持中小企业的发展已经引起了地方政府的高度重视.由于地方政府的可支配财政能力和政策制定空间有限,且市场经济体制下中小企业的发展存在结构性矛盾,致使中小企业目前普遍面临融资难、人才缺乏、市场准入难、自主创新和结构调整难、现代化管理水平低、风险控制能力弱等 6 大难题.为增强扶持中小企业发展的针对性,本文以复杂性研究为理论依据,主要以复杂网络为研究视角,从宏观层面分析了中小企业网络这一对象,以期解决地方政府扶持中小企业针对性不强的缺陷,探寻地方政府扶持中小企业发展的着力点和支撑点.

目前学术界对“中小企业网络”还没有统一的称呼,有的学者称之为产业集群、产业集聚或产业簇群等,全裕吉^[2]对“中小企业网络”的定义是指在中小企业之间,为了一个特定的目标,以一定的方式建立起来的相互依赖、以有形或无形的活动规则维持长久关系的一种方式.罗仲伟^[3]称中小企业网络的基本特点是企业之间有共同的利益,也有各自特定的目标,通过网络互动有高度的相互依赖,以有形或无形的活动规则维持比较长久的信用关系,互补和协作是网络的基础.以上对中小企业网络的定义忽略了地方政府、金融机构、社会中介机构、高校科研院所等在中小企业发展中的作用.作者认为,所谓的中小企业网络 (small and medium-sized enterprises network,简称 SMEN)是指地方政府、金融机构、高校科研院所、社会中介机构与中小企业之间在政策、资金、技术、人才和社会化服务等方面进行的交互联系,基于正式或非正式的行为规则,能够充分利用彼此之间的溢出资源而建立起的一种相对稳定的网络关系.

1 基于 CAS 理论的中小企业网络复杂性分析

复杂适应系统理论 (Complex Adaptive System,简称 CAS)由霍兰教授 (John Holland)于 1994 年提出^[4].CAS 是一类具有代表性的复杂系统,其基本思想是:系统的复杂性起源于其中个体 (Active Agent) 的适应性,正是这些个体与环境以及与其它个体间的相互作用,不断改变着它们自身,同时也改变着环境.

* 收稿日期:2011-04-23

作者简介:李微山(1987—),男,安徽省宿州市人,在读硕士生,研究方向:复杂性科学

复杂适应系统理论的提出对于人们认识、理解、控制、管理复杂系统提供了新的思路,为此本文将该理论应用于中小企业网络的复杂性分析上。

中小企业网络是由若干具有相对独立行为的主体构成,包括中小企业、地方政府、金融机构、社会中介机构和高校科研院所等组织,它们在交互作用与协同发展的过程中表现的复杂性属于复杂适应系统理论的研究范畴。围绕中小企业网络具有适应性、多层次性、开放性、非线性、协同性以及学习性等特征,具体分析如下:

(1)适应性。中小企业网络在复杂的宏观经济环境、政策环境、社会环境和金融环境中具有主动适应性,各主体行为会针对不同的环境制定不同的发展目标,选择不同的经营策略,利用有利的各种资源不断提高自身的适应性,在竞争与合作中保持着优势地位。同时,中小企业网络的结构和行为规则在与环境交互中将不断地进化升级,体现了复杂适应系统不断发展和演化的特点。

(2)多层次性。中小企业网络是一个有不同层次与结构的有机整体。在中小企业网络第一个层次是中小企业的内部,由各个部门及企业员工组成;第二个层次是中小企业与中小企业之间的交互;第三个层次是中小企业与地方政府、金融机构、社会中介机构、科研院所之间的协同进化;第四个层次是各行为主体与复杂外界环境之间的交互。4个层次相互联系,密不可分,共同构成了中小企业网络的多层次结构。

(3)开放性。中小企业网络内各个行为主体为实现各自的目标而形成的组织,由于各行为主体的目标随着环境的变化而不断调整,主体通过搜寻关于环境变化的信息,主动适应复杂开放的环境变化,找到适应自身发展的物质、能量和信息。主体之间竞争与合作关系并存,并存在原有主体的退出和新主体的加入,中小企业选择更好的区域发展,金融机构选择更好的借款主体,科研院所选择更好的合作伙伴,地方政府选择性招商引资都体现了中小企业网络的开放性特征。

(4)非线性。非线性,又称“蝴蝶效应”,即输入的细微差异可能很快成为输出的巨大差别。作为复杂适应系统,中小企业网络内部各个行为主体之间存在非线性关系,非线性相互作用会通过涨落产生关联放大,如果网络中一个行为主体退出,可能导致网络崩溃或者涌现出新的系统特征。

(5)协同性。中小企业网络是不同主体之间的合作,基于实现各自的目标而联接在一起,网络中的溢出资源得到了最大限度的利用,取得整体大于各组成部分简单迭加的网络效应,即“ $1+1>2$ ”,因此具有协同性。

(6)学习性。学习性特征是行为主体为了适应复杂的环境,协同进化,需要不断地强化自身的适应性,以促进中小企业网络主体行为规则的变革,如地方政府制定新的中小企业扶持政策,金融机构出台新的金融政策,企业调整发展战略等。它促使中小企业网络从一种多样性统一形式向另一种多样性统一形式转变,这个具体过程就是行为主体的共同学习性。

综上所述,中小企业网络是内部行为主体为了实现特定目标,不断适应复杂的外部环境和最大限度地利用网络资源的一类复杂适应系统。为了深入剖析中小企业网络这一复杂适应系统,下面结合复杂网络理论分支社会网络分析,通过建模来定量研究中小企业网络的结构及特征。

2 SMEN 建模特征

2.1 研究方法

复杂网络从网络本身拓扑结构和网络动力学特性出发^[5],为研究系统复杂性提供了一种新的理论基础。Watts^[6]和 Strgatz^[7]于1999年发表了万维网的无标度特性之后,学术界掀起了复杂网络的研究热潮,此后复杂网络的研究涉及到物理学、生物学、社会学、计算机科学等众多领域。应用复杂网络理论来定量研究中小企业发展并为地方政府提供决策的文献,目前还不多见。

研究方法采用社会网络分析方法。社会网络分析是在美国社会心理学家莫雷诺提出的社会测量法基础之上发展起来的,用来研究行为者彼此之间的关系,包含了社会理论实体关联研究、数学、统计、图论等学科,目前已经从一种具体的研究方法拓展为一种理论框架^[8]。

研究工具采用可视化社会网络分析软件 UCINET. UCINET 网络分析工具包含一维与二维数据分析的 NetDraw, 以及应用三维展示分析软件 Mage, 同时集成了 Pajek 用于大型网络分析^[8]. 利用 UCINET 软件进行 SMEN 研究, 主要分为整体网络的统计性质分析和网络属性分析, 前者包括度分布、网络中心势等统计性质.

2.2 主要节点介绍

中小企业网络的主要节点包括中小企业、地方政府、金融机构、高校科研院所和社会中介机构等 5 类. 中小企业是中小企业网络中最多的节点, 结点之间以直接或间接的方式通过合作与竞争联系在一起; 地方政府是网络中必不可少的结点, 能有效地改变中小企业网络的生存与发展环境, 如税收环境、行政环境等, 同时提供必要的政策支持和有限的资金扶持; 金融机构是中小企业网络重要的节点, 能为网络发展的提供充足资金支持; 高校科研院所是中小企业网络协同演化升级的动力源之一, 为中小企业提供了技术创新支持; 社会中介机构为中小企业提供了专业的社会化服务.

2.3 模型假设

为了简化模型, 特提出以下建模假设:

(1) 中小企业之间是否有联系, 以企业之间是否存在业务往来为基准;

(2) 建模时, 地方政府作为一个节点, 以中小企业是否获得地方政府的财政资金支持来确定它们之间是否有联系;

(3) 为中小企业提供贷款有不同的金融机构, 在此将所有的金融机构仅作为一个节点来处理, 如果中小企业获得了金融机构贷款, 则它们之间有联系, 反之没有联系;

(4) 因为高校科研院所云集, 在此仅作为一个节点, 它与中小企业之间的联系以是否有技术创新的提供和需求为准则;

(5) 社会中介机构在模型中仅作为一个节点, 它与中小企业之间的联系以是否有专业化服务的提供和需求为准则;

(6) 为了获取数据方便, 假定地方政府、金融机构、高校科研院所和社会中介机构之间没有联系;

(7) 节点“出度”与“入度”的确定, “出度”为前者主动与后者建立联系, “入度”是指后者主动与前者建立联系.

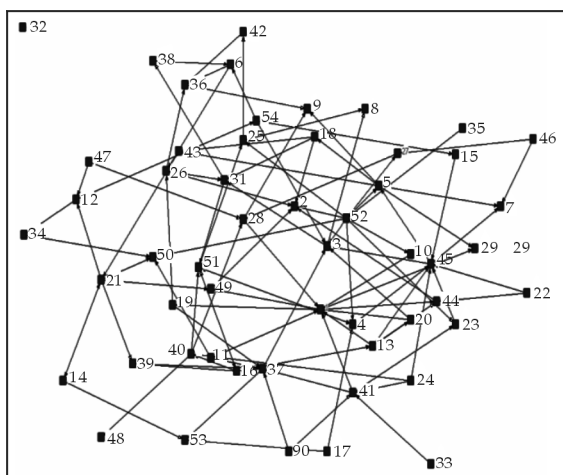


图 1 SMEN 拓扑结构图

2.4 数据来源

研究数据来源于西安市莲湖区桃园开发区. 在莲湖区中小企业促进局和桃园开发区管委会的帮助下, 采用调查问卷的方式, 对开发区内 50 家中小企业进行调查. 考虑到样本数据选择的相对合理性, 选取 10 家中型企业、15 家中小型企业和 25 家小型企业, 同时在调查问卷的设计上, 在遵循上述假设的前提下, 针对中小企业之间以及与地方政府、金融机构、高校科研院所、社会中介机构在政策、资金、技术、社会化服务等方面的交流状况设计了 5 道题目, 由选项可以确定各个行为主体之间有没有联系.

2.5 建立模型

样本数据为 50 家企业, 每个中小企业作为网络中的一个节点, 地方政府、金融机构、社会中介机构以及高校科研院所均作为一个节点. 在调查问卷的基础上, 经过数据整理, 得到主体之间的关系矩阵, 其中 1 代表两个中小企业彼此之间有联系, 0 代表彼此之间没有联系. 在建模过程中使用 1 到 50 的编号表示中小企业, 地方政府编号为 51, 金融机构编号为 52, 社会中

中介机构编号为 53, 高校科研院所编号为 54. 将关系矩阵输入到 UCINET 中, 得出该 SMEN 拓扑结构图, 如图 1 所示.

3 SMEN 分析

3.1 度分布

根据社会网络分析工具建立的 SMEN 模型, 网络中节点的个数 $g=54$, 孤立节点数为 1, 占比为 1.85%. 统计属性如表 1 所示.

按照 SMEN 拓扑结构图得到网络中各个节点的度值, 由公式计算可得点度平均值为 3.741, 其中节点度值大于等于 9 的有两家中小企业, 代号分别为 1 号、45 号, 且均为中型企业; 金融机构度值为 10, 出度为 1, 入度为 9, 表明在 50 家中小企业中, 20% 有融资需求, 但仅有 2% 获得了银行贷款, 18% 的企业从银行融资比较困难; 地方政府节点度值为 5, 入度为 4, 出度为 1, 可见地方政府的政策扶持力度十分有限; 社会中介机构以及高校科研院所的度值都很低, 分别为 4 和 3. 从网络主要结节点度分布可以发现莲湖区桃园开发区的中小企业网络层次还很低.

3.2 密度及中心性分析

网络密度是指网络节点彼此之间联系的紧密程度, 一个 SMEN 可以有紧密关系, 也可以有疏离关系. 紧密网络行为下, 信息流通会比较容易, 工作绩效也会较好. 而关系疏远的网络则常有信息不通、工作满意程度较低等现象. 网络密度的计算公式如下:

$$\lambda = \frac{2L}{g(g-1)}$$

(1)

式中, L 为网络中边的个数, g 为网络节点的数目. λ 值越接近 1, 表明网络节点关系越紧密. UCINET 显示网络中边的个数 $L=101$, 通过网络密度计算公式可以得出网络密度 $Density=0.071$, 说明网络密度较小, 原因是 SMEN 中存在孤立节点, 致使网络的连接关系比较疏散.

网络中心性(Network Centralization)说明了一个网络的内聚性能够在多大程度上围绕某些特定点组织起来. 应用社会网络分析方法对整个网络的中心性进行分析, 结果见表 2.

SMEN 的中心性为 12.26%, 中小企业网络异质性为 2.45%, 反映了中小企业之间合作比较分散, 网络内聚性不强, 目前还没有某个中小企业对整个网络具有较强的影响力, 这将影响整个网络核心竞争力的形成.

3.3 凝聚子群分析

中小企业网络中的小团体承载着政策信息的传播、企业的合作、中小企业的创新和资本的流动, 在中小企业网络的管理中发挥着重要的作用, 凝聚子群中的重要企业脱离网络将对 SMEN 产生严重的打击. 凝聚子群分析以距离计算小团体, 应用 n -cliques 方法, 通过试验 n -cliques, 中小企业网络分组效果并不理想, 网络的连接关系不能很好区分组群. 当 $n=2$, 团体成员个数大于等于 6 时, 我们得到如图 2 所示的结果, 从图中可以看到, 所有的网络节点都聚集为一个团体, 团体的区分度不是很明显.

在以上分析的基础上, 可以得出结论: 西安市莲湖区桃园开发区内的中小企业网络存在网络密度较小、内聚性不强、无法形成良好的凝聚子群等缺陷. 由于中小企业网络存在以上缺陷, 网络中的资金、信息、

表 1 网络统计属性

类型	节点总数	孤立节点数	边的总数
无向	54	1	101

表 2 整个网络的中心性分析结果

Density	Network Centralization	Heterogeneity	Normalized
0.071	12.26%	2.45%	0.61%

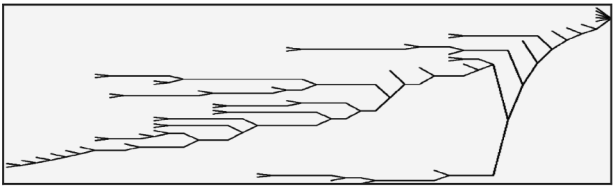


图 2 $n=2$ 、 N 大于等于 6 时的小团体凝聚子群分析结果

技术的流动受阻, SMEN 将不能很好地促进中小企业的发展.

4 SMEN 优化

经过实证分析, 可以看出中小企业网络的功能仍然较差, 为进一步优化 SMEN, 弥补中小企业发展中的不足, 使企业之间关系更加紧密, 网络性能更加完善, 提出以下具体优化措施:

(1) 引导中小企业向园区发展. 在地理空间上加强中小企业之间的联系, 推动 SMEN 发展. 以各类工业园区为载体, 坚持走园区化、新型工业化发展路子. 地方政府通过系统规划、整体布局、有序推进, 形成产业配套合理、专业分工清晰、功能配套齐全、资源共享充分的产业发展格局, 扶持工业园区建设.

(2) 充分发挥社会中介机构作用. 通过举办中介机构与企业联谊沙龙, 充分发挥中介机构作为中小企业之间联系的桥梁与纽带的作用, 对于增加 SMEN 的密度和规模将会产生积极有效地作用. 同时要加强中介机构间的沟通与交流, 单一的咨询机构往往难以解决企业发展中存在的问题, 中介机构之间可形成服务联盟, 建立资源共享平台, 促进网络化的中介机构对 SMEN 的发展服务.

(3) 推动中小企业信息化建设. 中小企业信息化利用计算机技术、计算机网络技术、计算机软件技术和数据库技术集成化, 帮助企业管理所有信息, 实现企业内外部信息的有效利用. 基于 Internet 平台打造服务 SMEN 的网络平台、业务平台、管理信息系统, 及时了解市场需求、销售渠道、人才流动, 资金周转等, 以有效地降低 SMEN 中心势.

(4) 定期举办中小企业家论坛. SMEN 形成大部分是基于企业家的个人社会网络构筑的, 企业家网络是 SMEN 内外部资源获取的重要渠道^[9], 定期举办中小企业家论坛可以促进企业家网络中信息和资源的流动, 使企业家通过网络获取难以通过市场传递的隐性知识, 促进网络创新的生成.

5 结束语

中小企业网络是一个复杂适应系统. 本文以全新的理论视角, 提出了中小企业网络的概念, 以西安市莲湖区桃园开发区内中小企业为实证研究对象, 利用社会网络分析方法建立 SMEN 模型, 对其度分布、密度、中心性和凝聚子群进行了分析, 进一步提出了网络优化的具体措施. 这一定量研究将网络物理意义与现实操作结合起来, 为制定扶持中小企业发展的政策提供了依据.

参 考 文 献

- [1] 荣敬本. 压力型体制向民主合作体制的转变: 县乡两级政治体制改革[M]. 北京: 中央编译出版社, 1998.
- [2] 全裕吉, 贺正楚, 罗永泰. 中小企业网络组织的规模经济分析[J]. 系统工程, 2003, 21(1): 76-77.
- [3] 罗仲伟, 罗美娟. 网络组织对层级组织的替代[J]. 中国工业经济, 2001, (6): 23-30.
- [4] 陈禹, 钟佳桂. 系统科学与方法概论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2005: 56-57.
- [5] 吴金闪, 狄增如. 从统计物理学看复杂网络研究[J]. 物理学进展, 2004, 24(1): 18-46.
- [6] Barabosi A L, Albert R. Emergence of scaling in random networks[J]. Science, 1999, (286): 509-512.
- [7] Watts D. Strgatz S. Collective dynamics of small-world networks[J]. Nature, 1998, (393): 440-442.
- [8] 汪旭晖. 社会网络理论下的企业供应链合作信任机制研究[J]. 现代经济探讨, 2007, (5): 60-61.
- [9] 姚伟坤, 周梅华, 陈金波. 企业家网络驱动集群企业品牌提升的机理研究[J]. 华东科技管理, 2010, 4(24): 64-65.

(下转第 154 页)

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0149-06

论主权财富基金公司治理中的委托代理问题

李宏科, 费一文

(上海交通大学安泰经济与管理学院, 上海 200030)

摘要:委托代理问题是公司治理中的经典话题,而主权财富基金这一特殊投资主体的公司治理尤其被关注.本文旨在区别主权财富基金与其他国有资产管理机构的委托代理问题,并设计有效的激励约束机制来规范其商业化运作.在明确主权财富基金独特属性的基础上,文章改进了私有产权下的委托代理模型,提出了适合主权财富基金的在公有产权下的制度化模型.研究表明,制度不仅左右博弈双方的行为,也左右外生的博弈规则;主权财富基金公司治理中最主要的问题在于激励约束机制的设计,以及存在保障该机制有效运行的制度环境;随着制度建设的深化,主权财富基金的风险敞口和代理成本逐渐降低,从而有望改善公司治理.

关键词:主权财富基金; 公司治理; 委托代理

中图分类号: F830

文献标识码: A

0 引言

20 世纪 90 代以来,许多国家的外汇储备资产急剧增长.但是,当外汇资产总额超过谨慎动机的必要水平时,就会带来边际收益递减和边际成本递增的问题.近年来,各国政府开始致力于寻找更加注重盈利性的有效外汇管理方式,主权财富基金(Sovereign Wealth Fund, 简称 SWF)作为一种相对积极的投资渠道而备受青睐.依据国际货币基金(IMF^[1], 2008)的定义,主权财富基金是由一般政府所有的、具有特殊的投资基金或机构.

据 SWF Institute 统计,目前全球已有 50 只 SWF,资产总额在 2 万亿至 3 万亿美元之间,相当于外汇储备资产的 40%,已经超过对冲基金和私人股权投资基金,如此巨大的规模意味着 SWF 将在国际金融市场中扮演越来越重要的角色.与规模的快速增长形成鲜明对比的是,对 SWF 公司治理的理论研究尚少.委托代理问题广泛存在于所有公司制企业中,如何区别 SWF 与其他机构的委托代理问题,并设计有效的激励约束机制来规范其商业化运作正是本文要讨论的问题.

目前国内外对 SWF 的研究呈现西方和介绍性文献居多、学术性文献相对薄弱的特征,而在学术性文献中则以实证研究为主,理论研究相对匮乏.这里主要介绍 SWF 公司治理和委托代理理论的主要文献.

目前,对 SWF 公司治理的研究主要集中在投资目的和信息披露上.由于 SWF 公司治理的透明程度过低,社会各方对此的质疑从未间断.伦敦国际金融服务局^[2](IFSL, 2008)统计表明,越来越多的 SWF 采用兼并收购或少数股权投资的积极投资策略. Miracky 等^[3](2008)认为 SWF 会在并购活动中力争获得控制权股份,投资并没有集中于政治敏感性行业. Avendaño 和 Santiso^[4](2009)实证对比了 SWF 和共同基金的投资决策过程和结果.研究发现,SWF 和共同基金一样,对被投资国的政体选择没有偏好,其投资行为在于追求商业回报而非战略意图.

为减轻外界的质疑,各国 SWF 也采取了种种措施来应对,常见的有放弃投票权、禁止部分敏感领域

* 收稿日期:2011-04-05

作者简介:李宏科(1987—),女,上海市人,在读硕士生,研究方向:公司金融

的投资、制定国际公认准则、聘用外部投资经理等。Gilson 和 Milhaupt^[5] (2008) 提出 SWF 可以通过搁置投票权的办法来表明投资的纯商业动机, 而一旦 SWF 未来将股份转让给其他非国有股东, 新股东所持的这部分股份将恢复投票权。André de PALMA 等^[6] (2010) 构建了委托代理模型来考察 SWF 和被投资国 (recipient country) 的关系。研究发现, 当 SWF 有多重目标时, 其投资行为向外界产生的信号可能会被误解。然而, 如果 SWF 通过资产管理中介机构来投资, 则可能协调 SWF 和当局的合作。

有关委托代理问题比较权威的定义是由 Jensen 和 Meckling^[7] (1976) 给出的: “一个人或一些人委托其他人根据委托人的利益从事某些活动, 并相应地授予代理人某些决策权的契约关系。”由于公司的所有权和经营权相分离, 在经营者和股东的利益不完全一致的时候, 会出现委托代理问题, 由此股权代理成本会降低公司的价值。罗正雄、李德和范建国^[8] (2008)、田鹏^[9] (2008) 等通过构建理论模型, 分析了委托人和代理人之间的博弈过程, 提出了优化国有资产监管的对策。

Holmstrom 和 Milgrom (1987) 提出了一个参数化的委托代理模型 (以下简称 HM 模型), 本文对 SWF 委托代理问题的讨论是这个模型的拓展, 这里先对该模型作简要介绍 (张维迎^[10], 2004)。关键假设如下:

(1) 产出函数是线性的, 即 $\pi = a + \theta$, 其中 π 是产出, a 是代理人的努力变量, θ 是服从正态分布 $N(0, \sigma^2)$ 的外生随机变量;

(2) 线性合同下, $s(\pi) = \alpha + \beta\pi$, $s(\pi)$ 为代理人收入, α 是固定收入, β 是单位产出的可变收入;

(3) 委托人是风险中性, 期望效用 v 等于期望收入, 即 $E(v) = -\alpha + (1 - \beta)a$;

(4) 代理人是风险规避的, 效用 u 与收入 W 满足: $u = -e^{-\rho W}$, 其中 ρ 是风险规避系数, W 是收入 $s(\pi)$ 扣除代理人的努力成本 $c(a)$ 后的实际收入; 假定 $c(a) = ba^2/2$, 其中 b 是大于 0 的成本系数, 则代理人实际收入: $W = s(\pi) - c(a)$, 代理人期望收入: $E(W) = \alpha + \beta a - ba^2/2$ 。

(5) 考虑代理人的风险成本 $\rho\beta^2\sigma^2/2$, 则当代理人最大化期望效用函数 $E(u) = -E(e^{-\rho W})$ 时, 等价于最大化如下确定性等价收入 (Certainty Equivalence, 简称 CE): $CE = E(W) - \rho\beta^2\sigma^2/2$ 。

委托代理的模型化问题是在既定约束下最大化委托人期望效用, 用公式表述为:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{a, \beta} E(v) &= -\alpha + (1 - \beta)a \\ s. t. \quad E(W) &= \alpha + \beta a - \rho\beta^2\sigma^2/2 - ba^2/2 \geq W^* \\ a &= \beta/b \end{aligned} \quad \begin{aligned} & \\ & \text{(IR)} \\ & \text{(IC)} \end{aligned}$$

一阶求解得:

$$\beta = \frac{1}{1 + b\rho\sigma^2} > 0$$

1 SWF 的委托代理问题

委托代理问题普遍存在于企业的股东与管理层之间, 委托人的股权属性会对合约的约束效力产生较大影响。国有资产股权的国有属性往往导致监督权力过于分散, 且委托代理层次过多, 进而削弱对代理人的约束效力。不同于介绍性或实证性的研究, 本文从委托代理的视角切入分析, 拓宽了 SWF 领域的理论研究工具; 不同于国内目前对一般国有企业中委托代理问题的研究, 本文以 SWF 作为全新的研究对象。

1.1 国有资产管理机构的委托代理链条

SWF 可理解为隶属于政府, 致力于国民财富保值或增值, 积极运用外币资产进行全球资产的多元化配置的长期投资机构。这也反映了 SWF 的几个属性, 即资产主权性、目的多样性、配置多元性、投资长期性、政府主控性和信息有限性, 以区分 SWF 与其他国有资产管理机构, 如表 1 所示。

表 1 主权财富基金与其他国有资产管理机构的比较

	主权财富基金	国有企业	传统政府养老基金	货币当局
所有权	中央政府	中央政府 / 地方政府	养老金成员	中央政府
资金来源	外汇储备 / 商品出口 收入 / 投资收入	政府划拨 / 企业盈利	由社会成员交纳	外汇储备
投资目的	增值(主要)、战略(次要)	增值 / 盈利 / 战略	缓解未来养老压力	保值 / 稳定币值
投资组合	多元化	多投资于实业	多元化	较单一
投资期限	长期	长期	长期	会进行短期操作
政府控制	完全	重要,但不完全	不明显	完全
信息披露	各有不同(大多不透明)	不定(上市公司需满足信息披露规定)	透明度高	不透明

资料来源:SWF Institute; 谢平、陈超(2010).

主权财富基金与货币当局最相似,二者的委托代理链条都是始于外汇持有者,经由国家政府部门,至国有资产管理机构,再委托给最下游的代理人进行管理.但是,由于 SWF 更具商业属性,经常通过聘用外部职业经理人的方式来减轻外界质



图 1 主权财富基金与一般国企业的委托代理链条

疑;而传统货币当局出于资产安全性为首考虑,一般不会将外汇资产交由外部人管理.综合表 1,可将以上 4 种机构的委托代理链条进行梳理,如图 1 所示.

1.2 SWF 的委托代理模型

上一节已解决的问题是区别了 SWF 与其他机构的委托代理链条,亟待解决的问题是如何将这种差异反映到委托代理模型中,从而考察 SWF 独有的委托代理行为.这里沿用上文 HM 模型中的关键变量假设.

步骤 1:将传统 HM 委托代理模型予以制度化,赋予变量新含义.

首先来看产出函数 $\pi=a+\theta$ 中变量的经济含义.如果分别赋予原模型中的努力变量 a 和外生变量 θ 以“制度成本节约”和“市场投资收益”的含义,且 θ 服从的分布由 $N(0,\sigma_m^2)$ 变为 $N(r_m,\sigma_m^2)$,那么模型就兼顾了 SWF 公司治理的国有背景和投资组合的商业化模式,由此 I 则重新定义为可以利润函数.其中,制度成本节约与努力变量一样,仍然是由代理人 SWF 决定,是指当 SWF 公司治理结构有所改善时,外界对 SWF 的疑虑随之减轻,进而降低 SWF 对外投资时的制度门槛,最终减少投资过程中所涉及的一系列破制成本,具体包括行政费用、经济摩擦开支、人力和时间成本等;市场投资收益的定义非常明显,采用 $N(r_m,\sigma_m^2)$ 的分布主要是因为传统投资组合理论对资产的收益分布一般采用均值-方差假设,其中 r_m 和 σ_m^2 分别代表市场收益和市场风险.

对利润函数进一步定义, $\pi=w\pi_a+(1-w)\pi_\theta$,其中 w 为制度权重, $1-w$ 为市场权重, $w\in(0,1)$. w 也可以说是制度成本的边际节约效应,取决于 SWF 的公司治理.当 SWF 的公司治理越市场化时,外界对 SWF 所宣称的商业化运作模式更具信心,SWF 完善体制的外部压力越小,更多的是源自内部需要,因此公司治理改善所带来制度成本节约的边际效应越小,即制度权重 w 越小.反之,制度权重 w 越大.这也符合经济学中边际效用递减的一般规律.

步骤 2:求解制度化 HM 模型的委托代理合约.保留 HM 模型的其他函数定义,可知:

利润的期望与方差: $E(\pi) = w\alpha + (1-w)r_m$, $\text{var}(\pi) = (1-w)^2\sigma^2$; 委托人期望效用: $E(v) = -\alpha + (1-\beta)E(\pi)$; 确定性等价收入: $CE = E(W) - \rho\beta^2(1-w)^2\sigma^2/2$, 因此 SWF 的委托代理问题可以表示为:

$$\text{Max}_{\alpha, \beta} E(v) = -\alpha + (1-\beta)E(\pi)$$

$$s. t. \quad \alpha + \beta E(\pi) - \rho\beta^2(1-w)^2\sigma^2/2 - ba^2/2 \geq W^* \quad (IR)$$

$$a = \beta w/b \quad (IC)$$

一阶求解得:

$$\beta = \frac{1}{1 + b\rho(\frac{1}{w} - 1)^2\sigma^2}$$

$$a = \frac{w}{b[1 + b\rho(\frac{1}{w} - 1)^2\sigma^2]}$$

可以将代理成本(AC)分拆为风险成本(RC)和激励成本(IC). 其中, 风险成本是由帕累托最优风险分担无法达到而出现的风险成本, 激励成本则是由较低的努力水平导致的期望产出的净损失减去努力成本的节约.

$$\text{风险成本:} \quad RC = \rho\beta^2\sigma^2/2 = \frac{\rho\sigma^2}{2(1 + b\rho(\frac{1}{w} - 1)^2\sigma^2)^2}$$

$$\text{激励成本:} \quad IC = \Delta E(\pi) - \Delta C = \frac{w^2 b[\rho\sigma^2(\frac{1}{w} - 1)^2]^2}{2(1 + b\rho(\frac{1}{w} - 1)^2\sigma^2)^2}$$

步骤 3: 分析表达式的基本经济含义, 制度环境是 SWF 公司治理中的关键变量.

(1) 对 β 求一阶导数, 可得 $\partial\beta/\partial w > 0$, $\partial\beta/\partial\rho < 0$, $\partial\beta/\partial\sigma^2 < 0$, $\partial\beta/\partial b < 0$; 对 a 求一阶导数, $\partial a/\partial w > 0$, 其它变量也均为负数. 重点关注 $\partial\beta/\partial w > 0$ 和 $\partial a/\partial w > 0$, 这表明随着 SWF 利润函数所赋予的制度权重增加, 代理人的风险敞口扩大, 同时制度成本的节约效应也更加显著. 对应的经济含义是: 随着国家制度建设的深化, SWF 的风险敞口会降低. 这种影响作用的机制在于, 国家的制度环境决定 SWF 利润函数中的制度权重 w , 进而通过委托代理的博弈规则影响 SWF 的风险敞口 β 和制度成本节约效应 a , 这个结论在现实中也有踪迹可寻. 许多 SWF 在成立之初公司治理不完善, 制度的边际改善能产生巨大的成本节约, 因而制度权重也较大. 以中投公司为例, 鉴于中投极低的透明度和国企长期遗留的历史诟病, 国际社会对我国国有资产管理方式和效率难免有所疑虑. 在这种背景下, 中投公司在初期理所当然地应赋予更大的制度权重, 以充分发挥制度成本的节约效应, 这种安排也是对总利润的一种最优化选择; 而随着我国各方面环境的完善和国企改革的不断深入, 制度权重有望随着外界信心的提振而降低, 从而在缩小 SWF 风险敞口的同时弱化制度成本节约对总利润的贡献, 而将利润引擎逐渐转移给市场投资收益这一更可持续的驱动力.

(2) 尽管这里没有深入分析激励成本 IC 和总成本 AC 对制度权重 w 的关系, 但不难看出风险成本与制度权重正相关, 即 $\partial RC/\partial w > 0$. 对应的经济含义是: 制度环境的完善能在一定程度上降低 SWF 的代理成本(风险成本), 从而有望改善公司治理. 如果以动态的眼光来看待一国的制度变迁和经济发展, 那么 SWF 以代理成本所衡量的公司治理水平也会随着宏观环境的改善和自身运作模式的成熟不断向积极的方向调整. 虽然一国的制度变迁往往是个漫长的过程, 但不同国家的制度差异还是非常鲜明, 由此可以提供一静态的视角来考察 SWF 在不同制度环境中的委托代理问题.

步骤 4: 拓展表述式的经济含义, 探讨模型在各类国有资产管理机构中的适应性. 这里以制度成本和市场收益为关键变量, 对上述模型结论取极值展开讨论.

市场化管理机构: 当 w 取最小极值 0 时, 利润函数仅取决于“市场投资收益”. 此时, $E(\pi) = r_m$, $a = 0$; 且当 $\beta = 0$ 时, $\text{Max} E(v) = r_m - W^*$. 这似乎意味着, 为防止市场化管理机构中的道德风险, 最优合约应该是固定工资 α , 完全消除风险敞口 β ; $a = 0$ 表明不再存在委托代理问题, 委托人获得市场平均收益. 然而, 现实是它们往往采取固定与绩效相结合的薪酬政策, 因此制度化模型并不适用这类机构.

货币当局:当 w 取最大极值 1 时,利润函数仅取决于“制度成本节约”。此时, $E(\pi) = a = 1/b$; 且当 $\beta = 1$ 时, $\text{Max}E(v) = \frac{1}{2b} - W^*$ 。这似乎意味着,为对代理人形成有效激励,货币当局的最优合约是完全风险敞口,将代理人薪酬与利润完全挂钩。然而,对货币当局而言,尽管存在制度成本节约的利润效应,但这种效应终究缺乏现实基础。这种低透明度主要是出于国家安全考虑,进行体制改善可能性和必要性均不大。与 SWF 相比,货币当局的整体资产配置较为单一,由此限制了经济产出的正态分布假设。

国有企业:制度成本节约和市场投资收益的定义都不适用。因为,外界对国有企业的关注远不如 SWF,尽管前者在公司治理上也有较大的改善空间,但这种改善与其说能立即降低制度门槛,不如说是为投资收益的长期持续增长夯实基础。另外,由于国有企业的投资标的一般为实业,投资收益不服从正态分布。

传统政府养老基金:制度成本节约空间甚小,而市场投资收益的定义适用。与 SWF 形成鲜明对比的是,政府养老基金具有透明度较高、政府控制不明显的特征,因此制度改善所降低的边际成本很小,而且有些国家的养老基金仅针对特定地区的特定人群,呈现规模小而分散的特征,对国际资本市场的影响力都难以与 SWF 相提并论。政府养老基金大多采取多元化的投资策略,符合本文对市场投资收益的定义。

本文对 HM 模型的适用性结论是:制度化模型不适用于其他国有资产管理机构;如果沿用传统 HM 模型,将私有产权下的单个行为人模式移植于公有产权下的国有机构,那么研究结论的应用面将非常有限,至多仅能作为对探索后者行为模式的一个起点。

2 结束语

作为典型的国有资产管理机构,主权财富基金在公司治理中难免滋生公有产权下的委托代理问题。SWF 兼备资产主权性、目的多样性、配置多元性、投资长期性、政府主控性和信息有限性等特征,这些特征反映在委托代理模型的参数上就决定了 SWF 独特的激励规则,即兼顾制度成本节约和市场投资收益的制度化模型。主要研究结论是:(1)SWF 公司治理中最主要的问题在于激励约束机制的设计,以及存在保障该机制有效运行的制度环境;(2)随着国家制度建设的深化,SWF 的风险敞口会降低,且制度环境的完善能在一定程度上降低 SWF 的代理成本,从而有望改善公司治理。本文的研究局限在于:(1)仅考虑了政府与 SWF 之间的关系,而忽略了委托代理链条上的其他环节;(2)虽然指出了现有模型在其他国有机构上的局限性,但没有构建对应的委托代理模型。未来的研究方向可以沿着这两条主线展开。

参考文献

- [1] International Monetary Fund, Sovereign Wealth Funds—A Work Agenda[EB/OL]. <http://www.imf.org/external/np/pp/eng/2008/022908.pdf>.
- [2] IFSL Research, Sovereign Wealth Funds [EB/OL]. <http://www.ifsl.org.uk/output/ReportItem.aspx?NewsID=20>.
- [3] Miracky, W. Assessing the Risks: The Behaviors of Sovereign Wealth Funds in the Global Economy, Monitor Group[EB/OL]. http://www.monitor.com/Portals/0/MonitorContent/documents/Monitor_SWF_report_final.pdf.
- [4] Avendaño R, Santiso J. Are Sovereign Wealth Funds' Investments Politically Biased? A Comparison with Mutual Funds[EB/OL]. <http://ssrn.com/abstract=1525545>.
- [5] Gilson, R., Milhaupt, C. Sovereign Wealth Funds and corporate governance: a minimalist response[J]. Stanford Law Review, 2008, 60(5): 1 345-1 369.
- [6] André de PALMA, Luc LERUTH, Adnan MAZAREI. Regulating Sovereign Wealth Funds Operating Overseas Through an External Fund Manager[EB/OL]. <http://www.economie.polytechnique.edu/>.
- [7] Jensen M. C., Meckling W. H. Theory of the firm: managerial behavior, agency costs and ownership structure[J]. Journal of Financial Economics, 1976, (3): 305-360.
- [8] 罗正雄,李德,范建国.国有企业内部人控制下的公司治理[J].贵州商业高等专科学校学报,2008,21(3):35-37.
- [9] 田鹏.国有资产监管、委托代理与激励约束[J].广东财经职业学院学报,2008,7(5):12-16.
- [10] 张维迎.博弈论与信息经济学[M].上海:格致出版社,2004:235-265.

PRINCIPLE-AGENT PROBLEM IN SOVEREIGN WEALTH FUNDS

LI Hong-ke, FEI Yi-wen

(Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: The paper explores corporate governance in Sovereign Wealth Funds and puts forward an institutionalized principle-agent model in framework of public ownership. Compared by other state-owned assets management institutions, SWFs have several characteristics, such as state-owned assets, diversified investment purposes, long investment horizon, heavily influenced by government, and limited information, etc. It is found that the primary element in SWF's corporate governance lies in an incentive and restraining mechanism, and a favorable institutional environment. Risk exposure in SWF is expected to shrink with improvement in institutional environment, which in turn would save agent costs and improve corporate governance as well.

Key words: Sovereign Wealth Funds; corporate governance; principle-agent problem

~~~~~

(上接第 148 页)

## A STUDY ON SMEN MODELING BASED ON SNA

LI Wei-shan, HONG Zeng-lin, KOU Xiao-dong, ZHAI Guo-tao

(Automation College, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

**Abstract:** Aiming at research of local government supporting development of small and medium-sized enterprises, by applying CAS theory to analyzing complexity of SMEN, and from perspective of complex network, method of SNA (social network analysis) is introduced to study SMEN (small and medium-sized enterprises network) model based on UCINET platform. With property analysis of the built SMEN model, it is found out that problems such as degree distribution evacuation, small network density, weak network centralization and dispersed subgroups exist in the model. To improve the SMEN performance, some specific advice is put forward, which is helpful for policy-making of local governments.

**Key words:** CAS; SNA; SMEN; Model



\* 文章编号:1000-5811(2011)04-0155-04

# 基于 LVQ 神经网络模型的房地产预警研究

朱雅菊

(上海交通大学安泰经济与管理学院, 上海 200030)

**摘 要:** LVQ 神经网络模型具有很好的模式识别特性, 作者选取 1995~2009 年上海市房地产相关数据作为研究样本, 构建了基于 LVQ 神经网络的预警模型, 经过训练测试后, 该模型具有良好的分类功能. 仿真结果表明, 利用 LVQ 网络进行模式识别是合适的, 所构建的预警模型能够有效地预测房地产危机.

**关键词:** 房地产预警; LVQ 网络; 人工神经网络

**中图法分类号:** F224

**文献标识码:** A

## 0 引 言

房地产预警研究一直是理论界和实务界广泛关注的课题, 建立一个房地产预警模型对于保证房地产业的平稳发展以及政府管理部门监控风险都具有重要的现实意义. 目前我国理论界关于房地产预警的研究侧重于采用数学和统计的方法构建预警模型, 然而运用数学和统计的方法有其固有的缺陷, 比如有些模型要求样本数据服从总体正态分布、协方差一致等严格的假设前提, 而现实情况往往难以满足这些假设, 使得构建的模型不能十分有效地进行预测, 得到的结果与实际值相差太远. 基于此, 本文尝试利用统计年鉴的数据, 运用人工神经网络(ANN)的方法构建财务预警模型, 希望能为利用人工神经网络的方法研究房地产预警开辟一条新的路径.

## 1 房地产预警模型的选择

人工神经网络具有良好的容错性、自适应性和很强的泛化功能. 现实中房地产预警问题往往非常复杂, 各项财务指标之间互相影响, 呈现出复杂的非线性关系, 而神经网络正是处理这类非线性问题强有力的工具. 在模式识别的应用中, 单层感知器是能一致逼近线性连续函数空间最简单的神经网络, 但是其局限性为对非线性样本空间不可分. BP 网络是一种应用最为普遍的网络, 但其缺点是采用了基于梯度下降的非线性优化策略, 有可能陷入局部最小问题, 不能保证求出全局最小值<sup>[1]</sup>. 本文尝试用 LVQ 网络(learning vector quantization, 学习矢量量化)来实现模式识别. LVQ 网络是在有教师状态下对竞争层进行训练的一种学习算法. 与其他模式识别和映射方式相比, 其优点在于网络结构简单, 只通过内部单元的相互作用就可以完成十分复杂的分类处理, 也很容易将设计域中的各种繁杂分散的设计条件收敛到结论上来, 而且它不需要对输入向量进行归一化、正交化处理, 只需直接计算输入向量与竞争层之间的距离即可实现模式识别, 因此简单易行<sup>[2]</sup>.

## 2 样本数据的收集与预警指标的选取

\* 收稿日期: 2011-04-21

作者简介: 朱雅菊(1987—), 女, 湖北省天门市人, 在读硕士生, 研究方向: 项目管理

2.1 样本数据的收集

本研究选取了上海市 1995~2009 年房地产市场发展的基本数据,采用模型预警法对 1996~2009 年的房地产市场发展状态进行了分析评价,最终得到预警分析结论并提出了相关建议.

2.2 预警指标的选取

预测模型变量的选取在很大程度上会影响预测模型的预测精度.本文在模型指标的选取上广泛考察了已往国内外相关研究中有显著贡献和具有代表性的预测变量,充分借鉴了前人研究的优秀成果.

梁运斌把房地产景气指标体系分为静态和动态两类<sup>[4]</sup>;袁贤祯分析了房地产监测预警的功能和运作思路,以 4 个检查值为界限确定红、黄、绿、浅蓝和蓝 5 种信号作为预警信号发出的指示标准<sup>[5]</sup>;赵黎明等分析了经济预警中各种方法的特点,采用模糊评价方法进行综合警情的预报<sup>[6]</sup>.

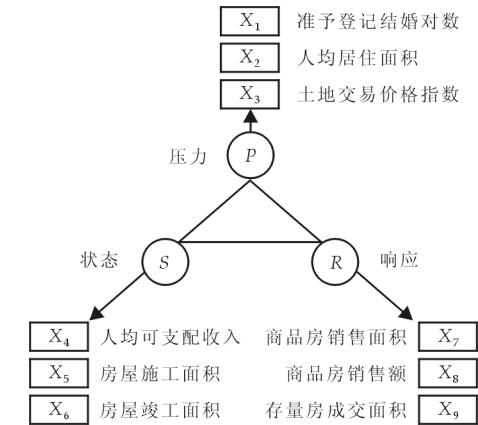


图 1 基于 PSR 的房地产预警指标构建

本文选取了以下 9 个指标作为 LVQ 预警模型的特征向量,如图 1 所示,各指标解释如下:

(1)人口压力:具体用每年的准予登记结婚对数  $x_1$  来表示,单位为万对.

(2)资源压力:具体用市区人均居住面积  $x_2$  和土地交易价格指数  $x_3$  来表示,其中市区人均居住面积  $x_2$  单位为  $\text{m}^2$ ,土地交易价格指数  $x_3$  以 2000 年为 100,前后年份在此基础上加以变化推算.

(3)人口状态:具体用人均可支配收入  $x_4$  来表示,单位为元.

(4)资源状态:具体用房屋施工面积  $x_5$  和房屋竣工面积  $x_6$  来表示,单位为  $10^4 \text{ m}^2$ .

(5)市场响应:具体用商品房销售面积  $x_7$ 、商品房销售额  $x_8$ 、存量房成交面积  $x_9$  来表示,单位分别是  $10^4 \text{ m}^2$ 、亿元、 $10^4 \text{ m}^2$ .

3 上海市房地产行业预警实证研究

3.1 数据预处理

数据预处理就是将所获得的数据进行规范化处理,为了消除季节的影响,警兆指标的值用同比增长率表示,即当期值相对于上年同期值的增长率.在输入神经网络之前应该对每年的 9 个指标进行预处理,处理方法采用增长率来代替指标原始数据.

表 1 数据预处理之后的值

| 年份   | $x_1$   | $x_2$   | $x_3$   | $x_4$    | $x_5$       | $x_6$     | $x_7$     | $x_8$     | $x_9$     |
|------|---------|---------|---------|----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1996 | 0.066 7 | 0.087 5 | 0.07    | 0.137 62 | 0.015 561 6 | 0.051 921 | 0.010 288 | 0.256 695 | 0.351 897 |
| 1997 | -0.013  | 0.069   | 0.004 9 | 0.034 32 | -0.072 281  | 0.110 497 | 0.196 949 | 0.196 577 | 0.973 508 |
| 1998 | -0.031  | 0.043   | -0.045  | 0.039 58 | -0.059 351  | -0.069 11 | 0.663 501 | 0.864 274 | 0.941 071 |
| 1999 | 0.056   | 0.123 7 | -0.067  | 0.246 1  | -0.106 775  | -0.031 76 | 0.163 551 | 0.110 769 | 0.620 531 |
| 2000 | 0.028 7 | 0.082 6 | -0.081  | 0.071 9  | 0.032 4981  | 0.002 747 | 0.172 503 | 0.221 682 | 0.524     |
| 2001 | -0.001  | 0.059 3 | -0.028  | 0.099 42 | -0.005 537  | -0.015 74 | 0.153 267 | 0.250 608 | 0.827 095 |
| 2002 | -0.022  | 0.048   | 0.063   | 0.028 49 | 0.097 447 9 | -0.035 02 | 0.097 309 | 0.173 296 | 0.258 761 |
| 2003 | 0.189   | 0.053 4 | 0.151   | 0.122 04 | 0.169 522 4 | 0.154 647 | 0.205 395 | 0.492 387 | 0.288 065 |
| 2004 | 0.154 3 | 0.072 5 | 0.203   | 0.122 15 | 0.115 081 4 | 0.376 913 | 0.468 082 | 0.861 19  | 0.182 294 |
| 2005 | -0.178  | 0.047 3 | 0.069 2 | 0.117 6  | 0.177 845 2 | -0.011 91 | -0.094 56 | -0.045 29 | -0.276 96 |
| 2006 | 0.612 5 | 0.032 3 | 0.012   | 0.108 5  | 0.008 194 6 | 0.005 671 | -0.042 25 | 0.007 301 | -0.134 26 |
| 2007 | -0.275  | 0.031 3 | 0.078   | 0.142 96 | 0.026 231   | 0.034 071 | 0.221 313 | 0.419 034 | 0.167 435 |
| 2008 | 0.179   | 0.024 2 | 0.078 6 | 0.129 21 | -0.059 806  | -0.244 59 | -0.378 58 | -0.386 46 | -0.290 67 |
| 2009 | 0.058 6 | 0.017 8 | 0.022 2 | 0.08 109 | -0.037 624  | -0.224 06 | 0.468 76  | 1.284 534 | 0.987 711 |

3.2 警度的确定

在此将单指标的预警状态划分为:过高、偏高、正常、偏低、过低,共 5 个状态.考虑到上海市房地产经济的数据连续年限不多,如果选择过大,几乎没有数据落在异常区间;而同时房地产经济的相关数据又具有较大的波动性,选择较小又过于严格,因此结合研究成果和专家意见,选择适当的区间界限,确定单指标预警线值如表 2 所示.

表 2 单指标预警线值

|    | $x_1$   | $x_2$   | $x_3$   | $x_4$    | $x_5$       | $x_6$     | $x_7$     | $x_8$     | $x_9$     |
|----|---------|---------|---------|----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 过高 | 0.279 1 | 0.087 6 | 0.155   | 0.139 21 | 0.118 182 2 | 0.171 419 | 0.544 979 | 0.869 453 | 0.986 945 |
| 偏高 |         |         |         |          |             |           |           |           |           |
| 正常 | 0.132 4 | 0.069 9 | 0.078 3 | 0.125 93 | 0.053 727 8 | 0.052 106 | 0.258 114 | 0.690 608 | 0.647 433 |
| 偏低 |         |         |         |          |             |           |           |           |           |
| 正常 | -0.014  | 0.046 2 | 0.008 9 | 0.085 64 | -0.010 727  | -0.017 21 | 0.071 248 | 0.181 763 | 0.126 921 |
| 偏低 |         |         |         |          |             |           |           |           |           |
| 过低 | -0.181  | 0.025 5 | -0.049  | 0.033 35 | -0.075 181  | -0.156 52 | -0.115 62 | -0.127 08 | -0.283 59 |

对过低、偏低、正常、偏高、过高分别赋值 1,2,3,4,5,得到单指标运行区域分值表如表 3 所示.

3.3 警情分析

表 3 单指标运行区域分值表

|      | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $x_5$ | $x_6$ | $x_7$ | $x_8$ | $x_9$ |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1996 | 3     | 4     | 3     | 4     | 3     | 3     | 2     | 3     | 3     |
| 1997 | 3     | 3     | 2     | 2     | 2     | 4     | 3     | 3     | 4     |
| 1998 | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 5     | 4     | 4     |
| 1999 | 3     | 5     | 1     | 3     | 1     | 2     | 3     | 2     | 3     |
| 2000 | 3     | 4     | 1     | 2     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     |
| 2001 | 3     | 3     | 2     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 4     |
| 2002 | 2     | 3     | 3     | 1     | 4     | 2     | 3     | 2     | 3     |
| 2003 | 4     | 3     | 5     | 3     | 5     | 4     | 3     | 3     | 3     |
| 2004 | 4     | 4     | 4     | 3     | 4     | 5     | 4     | 4     | 2     |
| 2005 | 2     | 3     | 3     | 3     | 4     | 3     | 2     | 2     | 3     |
| 2006 | 5     | 2     | 3     | 3     | 3     | 3     | 2     | 2     | 2     |
| 2007 | 1     | 2     | 3     | 5     | 3     | 3     | 3     | 3     | 2     |
| 2008 | 4     | 1     | 4     | 4     | 2     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| 2009 | 3     | 1     | 3     | 2     | 2     | 1     | 4     | 5     | 5     |

3.4 模型的训练

首先设置 LVQ 神经网络分类器的相关参数,由于样本数据的特征向量是 9 维的,因此设置 LVQ 神经网络的输入层为 9 个输入因子.由于其风险级别共有 3 类,故设置网络的输出结果为 3 种情况,也就是说有 3 个输出因子.利用 LVQ 神经网络算法开始模型训练,训练结束后将会生成相应的神经网络,再通过相关验证数据的输入将计算出的预测值与期望输出进行比较分析,得出相关的结论.下面将通过 MATLAB 7.0 编程进行仿真,经过 283 次的网络训练后,网络训练的误差达到了要求,误差曲线如图 2 所示.

根据专家经验,评判区间为最终得分占总分的比例数值,如表 4 所示,综合考虑上海市房地产特征,得出评判区间为[0, 0.51]、[0.51,0.56]、[0.56,1].

表 4 各年综合评测结果

| 年份   | 得分 | 总分 | 得分 / 总分 | 信号 | 评测结果 |
|------|----|----|---------|----|------|
| 1996 | 28 | 45 | 0.622 2 | 红灯 | 3    |
| 1997 | 26 | 45 | 0.577 8 | 红灯 | 3    |
| 1998 | 25 | 45 | 0.555 6 | 绿灯 | 2    |
| 1999 | 23 | 45 | 0.511 1 | 绿灯 | 2    |
| 2000 | 25 | 45 | 0.555 6 | 绿灯 | 2    |
| 2001 | 27 | 45 | 0.6     | 红灯 | 3    |
| 2002 | 23 | 45 | 0.511 1 | 绿灯 | 2    |
| 2003 | 33 | 45 | 0.733 3 | 红灯 | 3    |
| 2004 | 34 | 45 | 0.755 6 | 红灯 | 3    |
| 2005 | 25 | 45 | 0.555 6 | 绿灯 | 2    |
| 2006 | 25 | 45 | 0.555 6 | 绿灯 | 2    |
| 2007 | 25 | 45 | 0.555 6 | 绿灯 | 2    |
| 2008 | 19 | 45 | 0.422 2 | 蓝灯 | 1    |
| 2009 | 26 | 45 | 0.5778  | 红灯 | 3    |

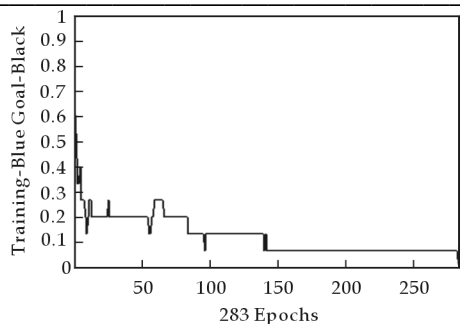


图 2 LVQ 误差曲线图

然后对网络进行仿真,检验设置的网络对数据的分类是否正确,其源代码为:

```
y=sim(net,p);
```

```
yc=vec2ind(y)
```

输出结果为:

```
First yc = 3    2    2    2    3    2    1    3    2    3
test
      0    0
      0    0
      1    1
```

Second yc = 3 3

从输出结果可知  $yc=tc$ , 因此上述设置的网络分类结果是正确的。

## 4 结束语

本文基于 LVQ 神经网络构建了房地产预警模型,并选取上海市房地产业 1995~2009 年的数据作为研究样本进行了实证分析,通过网络训练、仿真与测试,对选取的样本得到了较高的分类精度. 研究表明,利用 LVQ 网络构建的房地产预警模型能够有效地预测危机,同时也验证了 LVQ 网络模型具有很好的模式识别功能,可以被成功地应用到房地产预警的实践中。

## 参 考 文 献

- [1] Juliana Yim, Heather Mitchell. Comparison of country risk models: hybrid neural networks, logit models, discriminant analysis and cluster techniques[J]. *Expert Systems with Applications*, 2005, 28(1): 137-140.
- [2] Riccardo Bigi, Dario Gregori, Lauro Cortigiani, *et al.* Artificial neural networks and robust Bayesian classifiers for risk stratification following uncomplicated myocardial infarction[J]. *International Journal of Cardiology*, 2005, 101(3): 481-487.
- [3] Francesca Viazzi, Giovanna Leoncini, Elena Ratto, *et al.* Predicting cardiovascular risk using creatinine clearance and an artificial neural network in primary hypertension[J]. *American Journal of Hypertension*, 2005, 18(5): 152.
- [4] 梁运斌. 我国房地产业景气指标设置与预警预报系统建设的基本构想[J]. *城市发展研究*, 1996, (3): 41-43.
- [5] 袁贤祯. 房地产业监测预警系统构想[J]. *中国房地产*, 1998, (4): 16-19.
- [6] 赵黎明, 贾云飞, 钱伟荣, 等. 房地产预警系统研究[J]. *天津大学学报(社会科学版)*, 1999, 1(4): 262-265.

# RESEARCH ON THE EARLY WARNING SYSTEM OF REAL ESTATE BASED ON LVQ NEURAL NETWORK

ZHU Ya-ju

(Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China)

**Abstract:** LVQ neural network has the advantage of the pattern identification. In this paper, 1995~2009 year data were selected as the study samples and warning model based on LVQ neural network was set up. After being trained and tested, the model has the excellent function of classifying. The results show that LVQ could be employed in the pattern identification, while the model based on LVQ neural al network could predict real estate crisis efficiently.

**Key words:** early warning; LVQ neural network; artificial neural network

\* 文章编号:1000-5811(2011)04-0159-03

# 西安高端房地产市场细分分析

邢益平, 王念东

(陕西科技大学管理学院, 陕西 西安 710021)

**摘 要:**在全球金融风暴和国内宏观调控的双重影响下,中国房地产行业面临巨大考验,高端房地产以其良好的抗风险能力备受业界和理论界关注.由于历史和地理的原因,西安高端房地产起步较晚,竞争相对较弱,但是作为国家打造的3大国际化都市之一,西安的高端房地产业具有很大的市场发展潜力和市场容量,值得业界和理论界关注.

**关键词:**西安; 高端房地产; 市场分析

**中图法分类号:**F293.35      **文献标识码:**A

## 0 前 言

随着我国经济发展水平的提高和城市化进程的加快,人们对住房的需求和品位也在不断升级,住房档次的提升象征着身份、地位的提升,富裕阶层的激增一直在刺激着房地产的高端消费.

受全球金融风暴和国内宏观调控的双重影响,我国房地产业遭遇到了自20世纪90年代以来最严峻的局面,这对中国房地产业而言是一个考验<sup>[1]</sup>.当传统的房地产已经不能从盈利方式到经营模式上给人们带来太多惊喜的时候,高端房地产良好的抗风险能力逐渐成为了投资者、行业从业人员和理论研究者关注的焦点,也成为了房地产企业曲径通幽的一种有效方式,为企业的生存和发展提供了更大的遐想空间.

## 1 西安房地产业宏观环境分析

2009年12月,陕西省政府在《陕西省土地利用总体规划(2006~2020年)》中延续了以往规划的土地利用战略,提出了加快建成铁路、公路交通网络,推进关中一天水经济区建设的构想,同时将打造以西安大都市圈为中心的关中城市群,将把以西安为中心的内线交通和外线交通有效地结合融汇在一起,将西安高新区、空港、国际港务区、浐灞生态区以及西咸新区等版块串联在一起,形成两环相接、大环包容、环内成网的态势,这将会极大的提升城郊各组团的可达性,促进片区房地产市场的发展.

表1 2010年西安市各物业成交面积及均价一览表<sup>[2]</sup>

|                          | 住宅             | 写字楼           | 商铺            | 别墅            | 地下          | 总计             |
|--------------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|-------------|----------------|
| 销售面积/m <sup>2</sup>      | 12 178 213     | 357 940       | 509 530       | 248 881       | 75 229      | 13 369 794     |
| 成交价格/(元/m <sup>2</sup> ) | 4 701          | 6 034         | 10 548        | 11 932        | 2 730       | 5 083          |
| 销售金额/元                   | 57 243 818 167 | 2 159 887 337 | 5 374 292 148 | 2 969 771 119 | 205 347 123 | 67 953 115 894 |

西安房地产行业近几年来表现出“整体市场需求大,中低端市场竞争日趋激烈,高端市场相对宽松”的发展态势.在国家“保增长、扩内需、调结构”的经济发展战略的指导下,西安城市规划进程顺利,区域规划、板块规划带动了城市全面升级,从而使西安房地产市场供需增幅均有大幅度的回升.作为国家打造的3大

\* 收稿日期:2011-06-10

作者简介:邢益平(1961—),女,海南省文昌市人,副教授,硕士,研究方向:市场营销  
基金项目:陕西科技大学人文社科基金项目(编号 zx05—53)

国际化都市之一,身居二线的西安市房地产市场具有很大的发展潜力.以 2009 年为例,西安商品房市场销售再创历史新高,全年销售达  $13\,369\,794\text{ m}^2$ ,较 2008 年增长了近一倍,创造了 18 年来的单年最高水平(表 1).在众多的房地产产品中,高端房地产以其超强的抗风险能力而备受开发商青睐,发展迅速.

## 2 西安高端房地产发展现状

### 2.1 高端房地产的产生及定义

高端房地产是伴随着国民经济迅速发展而从房地产业中延伸出来的新市场<sup>[3]</sup>.中国经济的快速发展催生了一批以企业高管人员、私营业主、海归、商贸金融人士、外籍人士、房地产业内人士、文艺界人士、能源类从业人士等为代表的高收入人群,普通住宅、商铺已不能满足这群人士对住宅的要求和投资的需求,他们对周边及住区内景观环境、产品品质、配套设施、开发商品品牌、物业管理、商业人脉等方面要求较高,所以一些以别墅、高档社区、高端商铺、高端写字楼为代表的高端房地产项目便应运而生.

广义的高端房地产,是指好地段拥有好环境、好建筑拥有好户型、好物业拥有好服务、好品质拥有好配置的房产产品,这些区域都具有较高的认可度,符合高端客户对于上风上水等地域文脉的认知及与国际接轨的心理特征<sup>[4]</sup>.

### 2.2 高端房地产产品实现形式

高档住宅,从产品本身来看是指户型超过  $140\text{ m}^2$ 、容积率低于 1.0、实际成交价格高于同级别土地上住宅项目 1.2 倍的豪宅.随着房地产市场逐渐进入品牌竞争时代,高端住宅通常为市场满意度较高的知名企业所开发的优质楼盘.

高端商铺,通常位于商业区或城市人流量较大处,该地段有商业运营所需要的大量客户,商业氛围良好,此类商铺价格通常为相同地段住宅的两到三倍,甚至更高.

商务地产,指面向公司的商务活动以及商务需求所产生的不动产,通常位于商务区或城市交通便利处,它的本质是服务业,包括写字楼、商务公寓等,商务地产在整个房地产市场上一直属于高端产品.

## 3 西安高端房地产市场分析

### 3.1 西安高端房地产消费者需求分析

按照购买目的,可以划分为长期居住、旅游度假、投资理财、商务活动 4 类.其中,长期居住占 74.1%,旅游度假占 12.66%,投资理财占 3.38%,商务用途占 1.69%,其余目的不详占 8.1%.

按购买人群分,金融、保险、法律、会计、广告、贸易、商业等服务行业的人群是购买高端房地产的主力军,占到 65.4%;其次,IT 业、生物、医药、挖掘、冶炼等制造业占到 22.8%;其余大约 11%的人群为娱乐业、体育界、教师、医生、政府机关人士.

按年龄层次划分,40 岁至 50 岁的是购买高端房地产的主流人士,这个比例占到高端房地产市场的 52%;31 岁至 40 岁年龄段的购买人群为 35%;51 岁以上的占 8%;30 岁以下的占 5%.

按地理区域来源划分,山西、陕北富裕阶层是西安高端房地产的主要消费群体,占到 51.2%;在一线城市工作的返乡陕西人和西安本地高端阶层,占到 23.4%;外地投资客等其他占据 25.4%.目前,西安市市场每平方米万元以上的高端房地产在南部的曲江板块与北部张家堡行政中心板块居多,同时这两个区域也是外地买家最为钟情的地区.

### 3.2 西安高端房地产区域板块分析

城东区域,去年数据显示,普通住宅的销售总量占整个城东区域销售总量的 97.44%,商务地产、写字楼、别墅等高端地产成交量较少,这也是制约城东区域商品房量和价格上涨的主要原因.

城南区域,去年总的地产成交额度为  $355.63 \times 10^4\text{ m}^2$ ,环比有大幅增长.高端地产占到市场份额的 11.9%,这个区域是西安的文化区,大专院校、科研机构、党政军机关密集,在城区规划、公共设施、生态环



境等方面居于全市前列,为本区发展提供了条件.预计未来南三环区域、曲江区域、韦郭航天基地、郭杜教育产业基地和长宁新区会是开发的热点区域.

高新区域,高新区是西安最近发展起的具备现代化建设规划和快速增长的区域,高新区二次创业 CBD 核心区域是高新区的扩张、城市规模的向外推进的新兴区域,地产巨擘云集,高新管委会入驻、中央商务区未来新城市带的打造都使得二次创业的区域充满了吸引力,高端地产市场前景“不可小觑”.

城西区域,由于传统的城西区域房地产市场发展相对其他城区比较缓慢,可开发土地资源有限,客户购买力不足,但本区地产热点仍处于泛高新版块,唐城墙遗址公园,世纪金花高新购物中心、奥林匹克中心等生活配套设施应有尽有.本区的高端房产较少,普通房产占据了房产销售的绝大部分,所以本区高端市场仍有较为广泛的市场容量.

城北区域,去年城北区总成交面积为 3 545 712 m<sup>2</sup>,其中普通住宅达到了 3 389 053 m<sup>2</sup>、商业地产 94 101 m<sup>2</sup>、写字楼 57 659 m<sup>2</sup>,总销售面积环比增长 122.6%,成为与城南区争夺商品房销售“冠军”的唯一城区.随着市政府搬迁、地铁、道路等设施的建设和发展,北区的发展速度会很快,在高端市场发面具备很强的潜力.

城内区域,整体的房产发展成稳定的态势,土地利用近乎饱和状态,预计城内区域商品房市场销售价格依旧在高位运行,而受城内有限土地约束,销售量上涨的可能性不大.

表 2 西安市部分高端房地产 2010 年 9 月成交概况

| 项目名称   | 成交面积/m <sup>2</sup> | 成交金额/元      | 成交均价/(元/m <sup>2</sup> ) | 竞品组均价/(元/m <sup>2</sup> ) | 均价达成率/% |
|--------|---------------------|-------------|--------------------------|---------------------------|---------|
| 中海国际社区 | 12 947.00           | 171 067 613 | 13 213                   | 11 726                    | 112.68  |
| 金地湖城大境 | 6 072.50            | 74 687 232  | 12 993                   |                           | 110.80  |
| 融侨曲江观邸 | 14 082.49           | 141 714 976 | 10 063                   |                           | 85.82   |
| 鸿基紫韵   | 4 244.78            | 62 516 152  | 14 728                   |                           | 125.60  |
| 8 号府邸  | 2 635.84            | 42 791 758  | 16 235                   |                           | 138.45  |
| 海珀兰轩   | 1 587.39            | 26 547 529  | 16 724                   |                           | 142.62  |
| 万科金域曲江 | 36 455.47           | 395 605 482 | 10 852                   |                           | 92.55   |

3.3 西安相关高端地产企业分析(表 2)

近期,中海地产股份有限公司和曲江新区管委会签署战略合作协议,中海地产将投资 100 亿元承担曲江新区城中村改造和公共基础设施建设项目,开发建设总面积 1 500 亩、建筑总面积 200 多万平方米的 3 处大型城市社区及 20 多万平方米的商业、服务设施.该项目的定位,将凭借中海地产多年的豪宅开发经验,继续发展高尚住宅社区,涵盖别墅、高层、小高层、多层等多种高端房产类型.

万科企业股份有限公司成立于 1984 年 5 月,是目前中国最大的专业住宅开发企业.宣称“2010 年只做精装房”的万科,不久前在西安正式完成 229 亩地的招拍挂程序,可以预见的是,曲江将在不久之后出现一批由万科打造的高端房地产精装房项目.

新地城的成功,让众多地产开发商看到了西安精装房的巨大空间.包括绿地集团、珠江地产、富力地产、紫薇地产、西安天地源公司等地产公司,已经纷纷在西安的核心地段高价打造精装房.作为绿地集团“海珀系”顶级精装豪宅的代表的海珀·兰轩项目,位于西安新的市政中心核心位置,优势地段决定了其高价位.

4 结束语

根据上述分析,西安高端房地产在未来一段时间具有较大的发展潜力和市场容量,产品实现形式应当以高档住宅和高档商铺为主,而城北张家堡行政区板块和城南曲江板块值得关注,陕北、山西及本地富裕阶层有较强的购买力和购买欲望,需求需要进一步引导和分类.

(下转第 166 页)



\* 文章编号:1000-5811(2011)04-0162-05

# 房产中介公司店长领导力对经纪人工作满意度影响的研究

汪 亮, 汪可真

(上海交通大学安泰经济与管理学院, 上海 200052)

**摘 要:** 问卷调查显示房产中介行业, 对店长的满意度与房产经纪人的工作满意度之间有很显著的正向关系. 因子分析结果表明对店长的满意来源于对店长领导力 3 个方面的评价, 这 3 个方面分别为业务指导、情感关怀、时间管理. 3 方面均对工作满意度有显著影响, 业务指导和情感关怀影响尤甚. 因此应加强店长对销售人员的业务指导, 并给予他们情感关怀, 包括理解、信任、激励等.

**关键词:** 房产中介; 领导力; 满意度

**中图法分类号:** F713.50

**文献标识码:** A

## 0 引 言

对于房产中介公司而言, 佣金是其重要的收入来源, 因此经纪人的业务能力是其盈利能力的重要保证. 可以说, 经纪人是其重要的资产. 在房产中介行业, 新员工一般需要经过 3 个月培训期(进行业务法律知识、周围房源知识、销售技巧等方面的培训)、3 个月的适应期之后才可能出业绩. 在前 3 个月, 这些新员工的底薪是很高的, 一般第一个月为 1 800 元, 第二个月为 2 000 元, 第三个月为 2 500 元, 而之后因为具有了一定的业务能力, 底薪一般较低(1 000 元), 主要收入则来源于业绩提成. 一年之后, 员工一般会具有成熟的业务能力, 即有可能被同业挖角. 如果这些具有成熟业务能力的员工被挖走, 那么对房产中介公司而言, 其面临的状况将是付出了前期高额培训成本和底薪成本等却没能获得后期的经济回报, 可谓是为他人做了嫁衣. 因此, 如何留住这些员工对房产中介公司意义重大. 中外研究均显示, 员工流失率和员工满意度之间存在着显著的负相关关系, 即提高员工满意度有助于降低员工流失率. 那些对工作不满意的员工, 当他们觉得到其它组织工作有可能的话, 则必然会采取离职行为(Jockofsky & Peters)<sup>[1]</sup>. 因此, 研究如何提高员工的满意度, 从而降低优秀员工的流失率对房产中介公司而言是有意义的. 那么房产中介的员工满意度受哪些因素的影响呢? 我们了解到, 房产中介机构设置的重要特征是以店面为主. 从访谈中, 总部领导层、区经理和房产经纪人均认为店面的业绩高低在很大程度上取决于店长的领导能力, 而店长通常是从经纪人中提拔出来的, 一般都具有较高的业务能力, 却缺乏相应的管理能力. 本文对中介公司店长领导力与员工(主要是经纪人)工作满意度之间的关系进行了实证研究, 以确定店长领导力各方面对员工满意度的影响程度, 从而为有针对性地改善店长领导力提供参考意见.

## 1 研究方法

### 1.1 研究方法与样本

本文采用访谈与问卷调查相结合的方式.

\* 收稿日期: 2011-04-14

作者简介: 汪 亮(1987—), 湖北省武汉市人, 在读硕士生, 研究方向: 企业管理

访谈对象为上海地区房产中介公司的总部领导层(总经理、业务副总经理、行政副总经理)、行政中心员工(人力资源部经理、培训部经理、秘书部经理等)、区域经理(共 10 个区,业绩水平较高的、业绩水平中等的、业绩水平较差的区经理各 2 名)、店长(从 50 个店经理中,随机挑选 12 个门店的店经理)以及房产经纪人(这 12 个店的经纪人,每个门店分别选择了入职 3 个月的,入职 6 个月的,入职 1 年以上的经纪人各一名)。通过访谈我们发现,被提及最多的,对经纪人工作满意度产生影响的因素是“店长的领导能力”。

因此,接下来,我们通过在全体员工中发放问卷的方式,首先分析了店长领导力对经理人工作满意度的总体影响水平,其次,我们对领导力进行细分,测量了领导力的不同方面对工作满意度的影响程度。共发放问卷 200 份,回收问卷 190 份,有效问卷 175 份,有效问卷率:88.83%。

1.2 测量

1.2.1 工作满意度

工作满意度是指由于对工作特点进行评估而产生的对工作的积极感觉<sup>[2]</sup>。对工作满意度的测量量表来自泰勒和鲍尔斯(Taylor & Bower,1974)编制的量表,该量表属于一项组织问卷调查中的一部分,它通过综合经纪人对工作、同事、管理者、晋升机会、收入、发展和组织的满意度而对整体工作满意度进行了评估<sup>[3]</sup>。本次调查中,我们选用了一个问题来衡量对上级的整体满意度,即“总的来说,你对工作的满意度如何”,这种单个问题的满意度量表在 1997 年已经被验证过有效(Wanous, Reichers, & Hudy, 1997)<sup>[4]</sup>。

1.2.2 上级满意度

对上级满意度的测量量表来自斯卡佩罗和范登堡(Scarpello&Vandenberg,1987)编制的量表,该量表描述了经纪人对他(她)直属上级的满意度,其测量历经 3 年,最初先从 7 个加工公司提取了 2 000 多个样本来制作此量表,然后又在保险工业中挑出 1 000 多名经纪人进行了检验<sup>[5]</sup>。本文采用了 18 个问题来测量对上级领导力各方面的满意度,均采用的是里克特式 7 点量表。由于“我的上级会在工作发生变化之前通知我”这个问题放在页尾,漏填率太高,所以本文在进行数据分析时没有分析该项。数据分析得出该问卷的信度:克隆瓦赫系数=0.936(最大=1,0.9 左右表明数据质量最好),可见信度较好。

以上量表均采用李克特式 7 点量表进行测量,“1=极其不满意”,“7=非常满意”。本文选用的主要数据分析工具为 SPSS 统计软件。

1.2.3 控制变量

本文将性别、年龄、教育程度、职位层级、现在单位的工作年限、与现在上司一起的工作时间这 6 个可能会对公司内部社会化以及人际关系发展产生影响的变量作为控制变量。

2 数据分析

2.1 上级满意度对工作满意度的影响

表 1 均值、标准差、皮尔逊相关数据

|                | 均值    | 标准差   | 1      | 2       | 3     | 4        | 5       | 6      | 7       | 8       |
|----------------|-------|-------|--------|---------|-------|----------|---------|--------|---------|---------|
| 1. 性别          | 1.267 | 0.485 |        |         |       |          |         |        |         |         |
| 2. 年龄          | 2.184 | 0.806 | -0.135 |         |       |          |         |        |         |         |
| 3. 教育程度        | 2.204 | 0.714 | -0.148 | 0.114   |       |          |         |        |         |         |
| 4. 职位等级        | 1.066 | 0.463 | -0.102 | 0.274** | 0.145 |          |         |        |         |         |
| 5. 本公司工作年限     | 1.594 | 0.817 | -0.046 | 0.237** | 0.137 | 0.451**  |         |        |         |         |
| 6. 与现任上司一起工作时间 | 1.966 | 0.673 | -0.038 | 0.159*  | 0.137 | 0.128    | 0.805** |        |         |         |
| 7. 领导力         | 5.653 | 0.680 | 0.017  | -0.001  | 0.036 | -0.207** | -0.084  | 0.016  |         |         |
| 8. 经纪人工作满意度    | 6.046 | 1.067 | -0.017 | -0.046  | 0.035 | -0.105   | -0.105  | -0.028 | 0.721** | 0.395** |

注:\*\*.  $p<0.01$  (双尾),\*.  $p<0.05$  (双尾).

表 1 列出了各变量的均值、标准差以及相关系数,表 2 列出了以“工作满意度”为因变量的线性回归分析结果。本文采用分步回归的方式进行了线性回归分析, $\Delta R^2$  为下一个 Model 的  $R^2$  与前一 Model 的  $R^2$

之差 (Model 1 的  $\Delta R^2$  等于 Model 1 的  $R^2$  减去零),  $F$  为整体方程的方差。

在以“经纪人工作满意度”为因变量的线性回归结果中, Model 1 中仅加入了控制变量 (如表 2 所示),  $\Delta R^2 = -0.015, p > 0.05; F = 0.615, p > 0.05$ , 即性别、年龄、教育程度、职位层级、现单位的工作年限和与现任上司一起工作年限对工作满意度的影响并不显著。在 Model 2 中, 在加入了控制变量的同时, 也加入了自变量“上级满意度” (如表 2 所示)。分析得  $\Delta R^2 = 0.494, p < 0.001; F = 23.144, p < 0.001$ , “上级满意度”的标准化回归系数  $\beta = 0.727, p < 0.001$ 。因此, 我们可以说, “上级满意度”水平越高, “经纪人工作满意度”水平也越高。在房地产中介行业, 上级 (店长) 满意度对经纪人工作满意度有非常显著的影响。因此, 我们有理由相信, 提高经纪人对店长的满意度, 能够大幅提高经纪人对工作的满意度, 从而降低房地产行业的人员流动率。

表 2 分步线性回归结果

| 变量           | 上级满意度-经纪人满意度关系 |           |
|--------------|----------------|-----------|
|              | Model 1        | Model 2   |
| 性别           | 0.007          | -0.020    |
| 年龄           | 0.069          | -0.026    |
| 教育程度         | 0.052          | 0.012     |
| 职位层级         | -0.104         | 0.080     |
| 现在单位的工作年限    | -0.093         | -0.075    |
| 与现任上司一起工作年限  | 0.021          | -0.005    |
| 上级满意度        |                | 0.727***  |
| $\Delta R^2$ | -0.015         | 0.494***  |
| $F$          | 0.615          | 23.144*** |

注: 表中列出的是标准化回归系数以及  $t$  检验的显著性水平, \*\*\*.  $p < (\text{倾听})$  和时间管理。房产中介行业, 店长在

对经纪人进行业务指导、给予经纪人的情感关怀 (对成绩的肯定、倾听和信任)、对经纪人业务时间的管理这 3 个方面的表现影响着经纪人对其满意度的 63.8%。

2.2 上级满意度各方面对工作满意度的影响

在我们的调查中, 选用了 17 句话来测量经纪人对上级的满意度, 这 17 句话实际测量了上级领导力的不同方面。如果能够确定不同方面对经纪人满意度的影响程度, 就能够有针对性、有优先级地对店长进行培训, 提高他们在这些方面的表现。因子分析的结果显示, 我们可以将上级对下级的管理归结为 3 个方面: 业务指导 (包括目标和方法的指导)、情感关怀 (激励、惩罚、

表 3 因子分析结果

|                                   | 解释变量    | 累计解释变量  | Component |       |       |       |
|-----------------------------------|---------|---------|-----------|-------|-------|-------|
|                                   |         |         | 1         | 2     | 3     | 共同性   |
| 11. 我的主管对我的事业进步所表现出来的关注           |         |         | 0.804     | 0.163 | 0.227 | 0.725 |
| 08. 我的主管给予我明确的指导                  |         |         | 0.774     | 0.231 | 0.190 | 0.689 |
| 10. 我的主管对我工作中可能会遇到的问题的理解          |         |         | 0.744     | 0.351 | 0.171 | 0.706 |
| 09. 我的主管解决问题的方式                   |         |         | 0.727     | 0.316 | 0.183 | 0.662 |
| 05. 我的主管对待下属的行为的一致性               | 30.018% | 30.018% | 0.656     | 0.533 | 0.116 | 0.728 |
| 12. 我的主管支持我接受其他人的管理 (例如, 大学长、师傅等) |         |         | 0.636     | 0.308 | 0.224 | 0.550 |
| 02. 我的主管制定了明确的目标                  |         |         | 0.618     | 0.271 | 0.275 | 0.531 |
| 06. 我的主管帮助我把工作做好                  |         |         | 0.544     | 0.423 | 0.198 | 0.514 |
| 03. 当我工作中犯了错误时, 主管对待我的方式          |         |         | 0.125     | 0.800 | 0.177 | 0.687 |
| 04. 我的主管在赞扬我出色的工作表现时的公平性          |         |         | 0.386     | 0.765 | 0.083 | 0.741 |
| 01. 我每次有重要的事情和主管说时, 他 (她) 的倾听方式   | 21.259% | 51.276% | 0.388     | 0.692 | 0.097 | 0.639 |
| 07. 我的主管对我的想法的信任                  |         |         | 0.562     | 0.585 | 0.045 | 0.660 |
| 14. 我主管的业务能力                      |         |         | 0.418     | 0.495 | 0.141 | 0.440 |
| 13. 我因为工作表现出色得到奖励的次数              |         |         | 0.292     | 0.485 | 0.356 | 0.447 |
| 16. 合理规定任务完成所需的时间                 |         |         | 0.195     | 0.071 | 0.877 | 0.812 |
| 17. 我的工作责任已被明确的规定好了               | 12.535% | 63.812% | 0.082     | 0.313 | 0.742 | 0.655 |
| 15. 开始做另外一个任务之前对现在任务的学习时间         |         |         | 0.364     | 0.026 | 0.728 | 0.663 |
| 特征值                               |         |         | 5.103     | 3.614 | 2.131 |       |

除采用因子分析这种方式之外,我们还在限定控制变量的情况下,分别以 17 句话为自变量,经纪人工作满意度为因变量进行线性回归分析,确定了各句话对经纪人满意度的影响百分比,并进行了排序,如表 4 所示. 可以看到,这 17 各方面对工作满意度都有显著影响,与我们前面的分析结论一致. 而结合因子分析结果,我们可以看到时间管理这个维度对经纪人满意度的影响最小,而且相对不那么显著. 而另外两个维度,业务指导和情感关怀几乎处在同等重要的位置. 排名前五的因素中,情感关怀(理解和信任)占据 2 个席位,业务指导(直接指导和间接指导)占据 3 个席位. 理解被放在了第一位,可能与房产中介行业销售人员的工作性质有关. 10 个服务的潜在顾客中,可能最终成交的仅为 1 个.

表 4 领导力各方面的影响百分比

| 领导力各方面                          | 影响百分比  | 显著性   |
|---------------------------------|--------|-------|
| 10. 我的主管对我工作中可能会遇到的问题的理解        | 36.44% | * * * |
| 05. 我的主管对待下属的行为的一致性             | 36.37% | * * * |
| 08. 我的主管给予我明确的指导                | 32.86% | * * * |
| 07. 我的主管对我的想法的信任                | 32.63% | * * * |
| 09. 我的主管解决问题的方式                 | 32.29% | * * * |
| 04. 我的主管在赞扬我出色的工作表现时的公平性        | 31.27% | * * * |
| 11. 我的主管对我的事业进步所表现出来的关注         | 31.21% | * * * |
| 14. 我主管的业务能力                    | 30.58% | * * * |
| 12. 我的主管支持我接受其他人的管理(例如,大学长、师傅等) | 27.94% | * * * |
| 02. 我的主管制定了明确的目标                | 27.66% | * * * |
| 01. 我每次有重要的事情和主管说时,他(她)的倾听方式    | 27.56% | * * * |
| 06. 我的主管帮助我把工作做好                | 26.23% | * * * |
| 13. 我因为工作表现出色得到奖励的次数            | 19.00% | * * * |
| 03. 当我工作中犯了错误时,主管对待我的方式         | 18.87% | * * * |
| 15. 开始做另外一个任务之前对现在任务的学习时间       | 14.93% | * *   |
| 16. 合理规定任务完成所需的时间               | 13.04% | * *   |
| 17. 我的工作责任已被明确的规定好了             | 9.17%  | *     |

\* \* \*.  $p < 0.001$  (双尾), \* \*.  $p < 0.01$  (双尾), \*.  $p < 0.05$  (双尾).

3 结论及建议

从上文的分析,我们可以总结出在房地产中介行业,销售人员对其上级,即店长的满意度对其工作满意度有很显著的影响,而工作满意度与经纪人流失率负相关,因此通过提高对店长的满意度,可以提高经纪人对工作的满意度,从而防止优秀经纪人的流失.

因子分析结果表明对店长的满意来源于对店长领导力 3 个方面的评价,这 3 个方面分别为:业务指导、情感关怀、时间管理. 三方面均对工作满意度有显著影响,业务指导和情感关怀影响尤甚,因此应加强店长对销售人员的业务指导,并给予他们情感关怀,包括理解、信任、激励等.

参 考 文 献

[1] 刘凤瑜,张金成. 员工工作满意度调查问卷的有效性 & 民营企业员工工作满意度影响因素研究[J]. 南开管理评论, 2004, 7(3): 98-104.

[2] 李 原,孙健敏. 组织行为学[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2008: 77.

[3] Cooker, J. D., Hepworth, S. J., Wall, T. D.. The Experience of Work: A Compendium of 249 Measures and Their Use[M]. London: Academic Press, 1981.

[4] Wanous, JP, Reichers, AE, & Hudy, MJ. Overall job satisfaction: how good are single-item measures[J]. Journal of Applied Psychology, 1997, (82): 247-252.

[5] Scarpello, V., & Vandenberg, R. The satisfaction with my supervisor scale: Is utility for research and practical application[J]. Journal of Management, 1987, (3): 451-470.

## STUDY ON THE EFFECT OF MANAGER LEADERSHIP ON JOB SATISFACTION IN REAL ESTATE INDUSTRY

WANG Liang, WANG Ke-zhen

(Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200052, China)

**Abstract:** The survey shows that there is a significant positive relationship between the satisfaction on the manager and that on the job in real estate agency industry. Factor analysis shows that the satisfaction on the manager is affected by the evaluation on three aspects of the leadership of the manager, they are: operational guidance, emotional care and time management. These three aspects have a significant impact on the job satisfaction, especially the former two. Therefore, it is necessary for the manager to strengthen the operational guidance on the sales staff, and give them much more emotional care, such as understanding, trust, motivation and so on.

**Key words:** real estate agency; leadership; satisfaction

(上接第 161 页)

整体来看,由于西安楼市历史和现实的原因,高端房地产市场未来发展趋势还存在一定的变数,但总体趋势将会在现有的基础上强劲反弹。具体而言,如果当前政策不变,按照开发商现有资金实力,预计未来半年内的市场供求量还将维持在  $100 \times 10^4 \text{ m}^2$ , 2011 年下半年季度交易情况会出现较大幅度的提升,但力度仍将会低于 2009 年同期;在价格方面,预计下半年会有较普遍的攀升现象,预计价格将在现有的基础上上调 5%~10% 左右。对于未来的政策走势来说,在当前经济隐含过热、人民币重启升值进程的微妙时刻,预计后期调控力度和范围将在现有基础上继续保持稳定,房产税目前而言仍是政策储备,但若调控效果不佳,则预计将出台,直到市场出现实质性调整。

### 参 考 文 献

- [1] 顾 湘. 房地产市场供给机制策略分析[J]. 现代商业, 2010, (12): 17-19.
- [2] 美城机构市场研发中心. 2009 年西安房地产市场分析[R]. 西安房地产市场年报, 2010.
- [3] 侯玉萍. 我国房地产市场现状浅析[J]. 中国高新技术企业, 2010, (11): 4-5.
- [4] 侯 伟. 后危机时代我国房地产市场的管理策略[J]. 西部财会, 2010, (5): 21-22.

## MARKET ANALYSIS OF XI'AN HIGH-END REAL ESTATE

XING Yi-ping, WANG Nian-dong

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

**Abstract:** In the global financial turmoil and the double impact of domestic macro-control, the Chinese real estate industry is facing tremendous challenges, with its good high-end real estate industry has been the anti-risk ability and theoretical sector is concerned. Due to historical and geographical reasons, a late start in Xi'an high-end real estate, competition is relatively weak, but as a country to build one of the three major international city, Xi'an's high-end real estate market has great development potential and market capacity, should be concerned about the industry and the theorists.

**Key words:** Xi'an; high-end real estate; market analysis



\* 文章编号:1000-5811(2011)04-0167-05

# 关联研究中信息的提取与压缩

郑 勇<sup>1</sup>, 侯燕芳<sup>2</sup>

(1. 陕西科技大学图书馆, 陕西 西安 710021; 2. 陕西省社会科学院, 陕西 西安 710065)

**摘 要:**利用作者同被引分析(ACA)技术研究了产业发展与科技人才群体结构之间的关联。在成功提取了科技人才群体结构的特征之后,选取若干产业发展的指标并进行分类,然后对其数据集的降维与约简进行了较为深入的研究,发现该数据集的固有维数仅为1~2维,因此可以对产业系统的数据结构进行较大的简化,最后对利用经过降维处理、约简的数据集进行关联研究的方法做了探讨。

**关键词:**作者同被引分析; 共引分析; 产业发展; 科技人才群体结构; 关联研究

**中图法分类号:**G353      **文献标识码:**A

## 0 引 言

共引分析自诞生以来,其理论和方法逐渐成熟,由于分析结果的客观性,使得它已成为一种可靠实用的情报研究方法。目前共引分析的应用范围还主要集中在情报学、生物、医学、农业等学科领域,尚少见有与工业等第二产业直接挂钩的<sup>[1]</sup>。特别是在陕西省,这方面的应用研究尚处于空白,因此如能将其应用范围扩大到产业领域,研究产业发展与科技人员群体结构特征之间的直接关联,则对于促进某些产业的健康、快速发展将是一件很有意义的工作。

我们已经利用作者同被引分析(ACA)技术<sup>[2]</sup>完成了对我省典型学科专业的演进研究和典型行业的科技人才群体结构特征的提取方法及地区间的比较研究<sup>[3-5]</sup>。本文将进一步深入地讨论产业发展指标的选取、高维数据集的降维等关联研究中的若干特征之表征问题,并对关联的计算方法进行初步的探讨。

## 1 产业发展指标的选取与分类

产业和科技人才群体是社会-经济大系统里的两个小“系统”,我们可以分别研究这两个系统,也可以在更广大的范围的大系统中将它们作为两个“子系统”来研究它们之间的关联。要想研究产业发展与科技人才群体结构之间的关联,首先要搞清每个系统中包含有哪些起决定性作用的要素,分别提取系统的特征或表征,确定系统内部和它们之间关联的途径,即可确定系统的结构,然后对于表明这些关联的“链条”上的作用强度进行量化和计算,并作出人文社会科学意义下的诠释。只有全部完成了上述任务,才能说是对关联做了完整的、充分的分析与研究。

在科技人才群体这个系统中,要素即是核心作者。在本课题的研究中,认为核心作者之间是以同被引关系作为关联的途径和链条的。正是通过这种同被引关系构成了一种网状结构,组成了一个“群体”,即所谓的“系统”。关于科技人才群体结构的特征及其提取问题,我们已经做过详细的研究,此处不再重复。这些特征可以被用来研究与产业发展的关联。现在的问题是要考察和提取哪些可以表征产业发展的要素与指标。

\* 收稿日期:2011-05-14

作者简介:郑 勇(1964—),女,陕西省西安市人,高级工程师,研究方向:图书馆管理、档案管理、情报研究

基金项目:陕西省科学技术研究发展计划项目(软科学 2008KR94),陕西省社会科学信息学会科研培植项目(SHSHX0816)

在国民经济中,产业通常被划分为第一产业、第二产业和第三产业.第一产业是指农、林、牧、渔业.第二产业是指采矿业、制造业、电力、燃气及水的生产和供应业、建筑业.第三产业是指除第一、二产业以外的其他行业.我们将以第二产业(除了建筑业)的工业企业作为“产业”的代表进行其发展表征与关联研究.国民经济的一些产业的主要经济指标可以从各种统计年鉴等出版物或相关的数据库中找到,但其指标非常庞杂,常给研究工作带来许多困扰,因此需要经过仔细挑选,才能确定对于某项研究所需的要素.

2004 年,我国曾开展了第一次全国经济普查,获得了大量翔实、准确的资料.后来,依据这些资料汇编成《中国经济普查年鉴—2004》一书出版.全书共 3 卷 4 册,即综合卷、第二产业(上、下册)和第三产业卷,并随书提供光盘载体的数据库.我们拟以此年鉴及其数据库作为最主要的数据源之一,给出数字示例来说明产业发展的表征问题.为了研究产业发展的表征及其与科技人才群体结构特征之间的关联,我们拟截取一个横断面,即对全国 31 个省、市、自治区(不包括台、港、澳地区)的全部工业企业的主要经济指标进行考察,从中选出与科学研究和技术开发等方面活动的关系比较密切的项目作为对象进行研究.

表 1 选出的主要经济指标

| 序号 | 编码   | 指 标                    |
|----|------|------------------------|
| 1  | XA01 | 全部从业人员年平均人数            |
| 2  | XA02 | 企业单位数                  |
| 3  | XA03 | 技术改造经费支出               |
| 4  | XA04 | 技术引进经费支出               |
| 5  | XA05 | 消化吸收经费支出               |
| 6  | XA06 | 购买国内技术经费支出             |
| 7  | XA07 | 新产品开发项目数               |
| 8  | XA08 | 新产品开发经费                |
| 9  | XA09 | 科技活动经费筹集总额             |
| 10 | XA10 | (科技活动经费外部支出)对研究院所和高校支出 |
| 11 | XA11 | (科技活动经费外部支出)对其它企业支出    |
| 12 | XA12 | R & D 人员数              |
| 13 | XA13 | R & D 人员折合全时当量         |
| 14 | XA14 | R & D 项目数              |
| 15 | XA15 | R & D 经费内部支出           |
| 16 | XA16 | (工业企业科技项目)经费内部支出       |
| 17 | XA21 | 全部工业总产值                |
| 18 | XA22 | 全部工业总产值之增加值            |
| 19 | XA23 | 主营业务收入                 |
| 20 | XA24 | 主营业务税金及附加              |
| 21 | XA25 | 营业利润                   |
| 22 | XA26 | 新产品产值                  |

如果我们进一步地考察产业系统,就会发现其内部的结构是十分复杂的.因此,在选定其要素时不仅要注意其总的数目,而且要注意到它们的类别.这种类别的区分虽然可以借助于多元统计分析的方法,但更多的时候可能需要经济学方面的知识.通常,我们可以把产业的主要经济指标划分为投入项和产出项,分别选取要素以研究变量间的相关关系.经过缜密地考虑和仔细地挑选,我们选取 16 个投入项,同时选出对于经济效益比较重要的 6 个产出项作为对象进行研究(表 1).

一般来讲,如果“类”划分得正确,那么同一类样品的类内平均距离应当比较小,而类间的平均距离则应当较大.

我们按文献[4]推荐的方法,以上面选出的产业的 16 个投入项和 6 个产出项分别作为两“类”,计算类内和类间的平均距离,得到的结果是投入项和产出项的类内平均距离分别为 4.51 和 3.83,

而两类间的平均距离则为 7.24.由此可见,从产业系统地内部结构来看,投入项与产出项是明显分开的,各自成类的,因此要分别进行研究和应用.

2 数据集的降维与约简

按照我们选取的产业的投入项与产出项的数目,得出所采集到的投入项的数据集是 16 维的,其矩阵形式为 31 行×16 列;类似地,产出项的数据集是 6 维的,其矩阵形式为 31 行×6 列.可见,一个产业的主要经济指标的数据集的维数是比较高的.

显然,随着数据集维数的不断提高,数据将提供有关客观现象更加丰富、细致的信息,但同时又会给随后的数据处理工作带来前所未有的困难.这是因为常用的多元统计分析等方法只在数据集的维数不太高时才能有效地工作.当维数较高时,就必须采取一定的措施才能使处理和计算正常地进行,这类措施就是人们现在越来越多提及的数据集降维方法.



一般地,我们可以认为,无论何时,数据集的“本征维数”(或称作“固有维数”)总是比其“表象维数”小的多.通常的降维处理就是将原始数据集约简成只具有本征维数的新数据集,然后再进行处理.降维处理不仅可获得计算上的优势,还可大大改善数据的可理解性.实际的降维处理中,可采用线性方法,如主成分分析(PCA,Principal Component Analysis)具有简单性、易解释性、可延展性等优点.现今,如何将高维数据表示在低维空间中,并由此发现其内在结构是有关高维信息处理的研究中关键的问题之一<sup>[6]</sup>.

依照高维数据集的降维理论,我们可以推知:并不一定需要将产业的主要经济指标的数据集中的所有变量均作为要素加以收入.实际上,这些数据常被一定数目的基本参数所控制.为说明观察到的数据的基本性质所需要的参数的最小数目被称之为数据集的“固有维数”,也就是所谓的“本征维数”,这些基本参数可能是单一的测量指标,也可能是它们的线性或非线性组合.

在实际问题中,有效的特征主要都是通过研究者的直觉而找到的.固有维数在本质上是数据集在空间中分布的局部特征.因此,如用聚类分析先进行初步的聚类和分类,适当选取某些类中有代表性的样品点作为中心,并在它的周围建立一些小区域,则较容易估计其固有维数.而估计局部区域固有维数最直接的方法是在该区域中计算样本的协方差或相关系数矩阵的诸特征值,然后设定一个阈值,把大于此阈值的特征值的数目作为其固有维数.阈值的选择会影响到对维数的估计,其大小可根据情况取最大特征值的10%,5%或1%.

如果我们根据对数据集固有维数的估计能找到真正有代表性的特征的话,那么对于减少所需测量指标的数目以及快速、深入地研究系统内部之间的关联等都是很有好处的.我们可以依据数据集的固有维数选定此数目的主要经济指标或其组合作为产业系统的要素,并以其数值作为产业发展之表征.

我们对所采集到的投入项和产出项的数据集分别采用 PCA 方法进行了处理<sup>[7]</sup>.投入项和产出项数据集矩阵的前 3 个特征值列于表 2,而投入项和产出项各自的前 2 个因子的载荷则分别列于表 3 和表 4.要指出的是,这些载荷都是因子经过方差最大正交旋转后的载荷,因此较大的载荷向少数几个变量上转移和集中,从而可以获得更明晰的解释.

由表 2 可以看到:对于投入项而言,第三特征值的数值已不到最大特征值的 5%,第一(最大的)特征值的累积方差贡献就达 85.08%,即已超过了阈值 85%,前二个特征值的累积方差贡献更是超过了 90%.因此可以推知,投入项数据集的固有维数最多只有 1~2 维,也就是说,可能只需一、二个指标或其组合就可以把投入项数据集的变化解释清楚.我们还检查过这 16 个投入项之间的相关系数,其数值都很高,绝大部分都在 0.90 以上.因此,可以说它们是“共线性”的,只需根据研究工作的实际需要任意地选定其中的一、二个指标作为系统的要素,应该都是可行的.如果我们再来看表 3 因子载荷表,根据其固有维数为 1~2 维,可以选因子 I 作为系统的要素.在因子 I 的变量组合中,依照载荷从大到小的排序,可以推知重要的及对于因子 I 所起作用之强度较大的前 5 项是:1.技术改造经费支出(XA03,因子载荷 0.905),2.(科技活动经费外部支出)对研究院所和高校支出(XA10,因子载荷 0.877),3.新产品开发项目数(XA07,因子载荷 0.845),4.R & D 项目数(XA14,因子载荷 0.821),5.企业单位数(XA02,因子载荷 0.792).

同样地,由表 2 还可以看到:对于产出项而言,第三特征值

表 2 投入项和产出项数据集矩阵的前 3 个特征值

| 序号 | 投入项    |        |       | 产出项   |        |       |
|----|--------|--------|-------|-------|--------|-------|
|    | 特征值    | %      | 累积%   | 特征值   | %      | 累积%   |
| 1  | 13.610 | 100.00 | 85.08 | 5.486 | 100.00 | 91.43 |
| 2  | 0.978  | 7.16   | 91.19 | 0.321 | 5.85   | 96.79 |
| 3  | 0.416  | 3.06   | 93.79 | 0.122 | 2.22   | 98.82 |

表 3 投入项数据集的因子载荷

| 序号 | 编码   | 因子载荷  |       |
|----|------|-------|-------|
|    |      | 因子 I  | 因子 II |
| 1  | XA01 | 0.623 | 0.328 |
| 2  | XA02 | 0.792 | 0.322 |
| 3  | XA03 | 0.905 | 0.247 |
| 4  | XA04 | 0.429 | 0.884 |
| 5  | XA05 | 0.409 | 0.756 |
| 6  | XA06 | 0.737 | 0.420 |
| 7  | XA07 | 0.845 | 0.389 |
| 8  | XA08 | 0.657 | 0.638 |
| 9  | XA09 | 0.663 | 0.579 |
| 10 | XA10 | 0.877 | 0.352 |
| 11 | XA11 | 0.169 | 0.803 |
| 12 | XA12 | 0.710 | 0.432 |
| 13 | XA13 | 0.730 | 0.441 |
| 14 | XA14 | 0.821 | 0.440 |
| 15 | XA15 | 0.597 | 0.578 |
| 16 | XA16 | 0.675 | 0.572 |

的数值也已不到最大特征值的 5%，且第一(最大的)特征值的累积方差贡献就高达 91.43%，因此可以推知：产出项数据集的固有维数也只有 1~2 维。若再参看表 4，可以判定产出项数据集的因子 I 应该是可以作为系统要素的一个变量组合，其中重要的，且作用强度较大的前 3 名指标是：1. 新产品产值(XA26，因子载荷 0.847)，2. 主营业务收入(XA23，因子载荷 0.684)，3. 全部工业总产值(XA21，因子载荷 0.674)。

通过以上分析和讨论可见，利用高维数据集降维理论及多元统计分析技术确实可以使产业系统大为简化，使我们有可能只用很少数的几个指标就可以完整地表征该系统的特征。而且，也使我们有可能去进一步地探究该系统的内部结构。

3 关联研究的方法

产业发展之表征与科技人才群体结构特征之间的关联，从数学上讲也主要是一种相关关系。对于变量(组)之间的相关关系，过去多采用相关分析或方差分析等方法进行研究。但由于一个完整的多元回归分析中包含了相关分析、方差分析和回归分析等几方面的内容，因此研究人员越来越愿意使用多元回归分析及其衍生方法进行计算与分析。在考察这种特定的关联时，对于单(因变量)对多(自变量)的关联，可借用多元回归分析等方法进行计算，而对于多(变量)对多(变量)的两组变量间的关联，则可以采用典型相关分析方法进行计算。

表 4 产出项数据集的因子载荷

| 序号 | 编码   | 因子载荷  |       |
|----|------|-------|-------|
|    |      | 因子 I  | 因子 II |
| 1  | XA21 | 0.674 | 0.408 |
| 2  | XA22 | 0.601 | 0.444 |
| 3  | XA23 | 0.684 | 0.407 |
| 4  | XA24 | 0.341 | 0.875 |
| 5  | XA25 | 0.483 | 0.465 |
| 6  | XA26 | 0.847 | 0.349 |

在上面的工作中，我们已经确认在产业系统中，不论是投入项还是产出项，它们的数据集的固有维数都只有 1~2 维，因而数据结构可以被大大地简化。一般地，只要选 1~2 个指标就已经有了充分的代表性。这就使我们有可能借用多元回归分析方法，将产业系统中的投入项或产出项中的某一项假设作“因变量”，而把几个群体结构特征设为“自变量”来考察因变量与自变量群之间的相关关系。我们知道：相关紧密程度的度量，并不会因为被设作因变量或自变量而改变，更不因此而改变变量间固有的、内在的因果关系。所以，如果仅仅是为了考察其相关关系的话，那么回归分析方法

方法应当是可以借用的。由这些相关分析的结果，使我们有可能去进一步地探究该系统内部的关联状况，即系统的结构。有关系统结构的研究将另文专述。总之，要想研究产业发展与科技人才群体结构之间的关联，首先要搞清每个系统中包含有哪些起决定性作用的要素，分别提取系统的特征或表征，确定系统内部和它们之间的关联的途径，即确定系统的结构，然后对表明这些关联的“链条”上的作用强度进行量化和计算，并作出人文社会科学意义下的诠释。只有全部完成了上述任务，才能说是对关联做了完整的、充分的分析与研究。

4 结束语

本工作以系统论的观点，从情报学领域的引文分析入手，利用作者同被引分析(ACA)技术，将产业和科技人才群体作为两个系统一起放入社会-经济大系统中来考察它们之间的关联。本文介绍了产业发展指标的选取，并应用数理统计方法，更多地参照实际情况，对表征产业系统发展数据集进行了降维处理，找出其固有维数。因为该固有维数较低或很低，从而可大大简化产业系统的结构，仅用少数或极少数指标即可表征系统的特性，从而使后面的关联研究变得十分简单。只需调用一些比较简单的多元统计分析方法，如多元回归分析等就可定量地研究产业发展与科技人才群体结构特征之间关联的作用强度。还可以使研究者有可能进一步构建起社会-经济大系统的因果关系模型，并且更容易给出在人文社会科学意义下的诠释。这一技术路线的成功实现，对于关联研究是至关重要的。

参 考 文 献

[1] 耿海英,肖仙桃.国外共引分析研究进展及发展趋势[J].情报杂志,2006,(12):68-69,72.

- [2] 马费成,宋恩梅.我国情报学研究分析:以 ACA 为方法[J].情报学报,2006,25(3):259-268.
- [3] 方小容,艾学涛,蒋林宙,等.陕西皮革科技人才群体两个十年的同被引分析与比较[J].陕西科技大学学报,2010,28(3):175-180.
- [4] 方小容.利用作者同被引分析技术对科技人才群体结构特征提取方法的研究[J].现代图书情报技术,2010,(s):58-62.
- [5] 方小容,高档妮.基于同被引技术的科技人才群体结构特征的比较研究[J].情报杂志,2010,29(9):21-24.
- [6] 谭 璐.高维数据的降维理论及应用[D].长沙:国防科学技术大学博士学位论文,2005.
- [7] 郭志刚.社会统计分析方法——SPSS 软件应用[M].北京:中国人民大学出版社,1999:87-115.

## EXTRACTION AND REDUCTION OF INFORMATION TO RELATIONSHIP STUDY

ZHENG Yong<sup>1</sup>, HOU Yan-fang<sup>2</sup>

(1. Library of Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China; 2. Shaanxi Academy of Social Sciences, Xi'an 710065, China)

**Abstract:** First of all, the characteristics of researcher group structure have been extracted by ACA, and then classified indexes of industries have been selected. We found that intrinsic dimensions of the high-dimensional data set are just 1 or 2 by dimension reduction and obtained simple data structure of the industries. And then the relationship study has been done with reduced data set which is one of the key technologies. This work is available for reference in the informatics and economics fields.

**Key words:** author co-citation analysis; co-citation analysis; industry development; researcher group structure; relationship study

### 省科技厅厅长奚正平一行来我校及农研院考察调研

7月21日上午,省委科技工委书记、省科技厅厅长奚正平在省科技厅总工程师赵怀斌、省科技厅机关产业处等主要负责人的陪同下,来我校及陕西农产品加工技术研究院考察调研。校党委书记潘中伟,校长、农研院理事长沈一丁及农研院、科技处、宣传部、生命科学与工程学院等有关负责人参加了调研会。调研会由副校长、农研院院长张美云主持。

奚正平一行首先在沈一丁、张美云的陪同下参观考察了我校校史馆、生命学院科技成果展、校现代仪器分析中心、设计与艺术学院成果展,了解了我校发展建设情况,并对学校轻工特色、科技研发和成果转化、科研平台建设及学校对农研院的支持等方面给予充分的肯定。

在随后举行的调研会上,沈一丁全面介绍了学校的基本情况,农研院常务副院长陈合详细介绍了农研院在机制建设、运行模式探索、科技开发与成果转化、公共技术平台建设、组建经济实体等方面开展的工作。期间,与会人员就农研院的机制建设、运行模式、经费及人才来源、学校与农研院的合作关系、经济实体孵化运作等方面开展了广泛沟通与讨论。

奚正平指出,陕西省建立工研院旨在加快推动全省高校科技成果的转化工作,通过工研院的工作给高校及全省产业发展带来较大的回报,成果转化不仅要依靠高校还要利用好社会资源。他建议农研院可在杨凌及其他地市建立分院,并通过成立科技公司的数量、推广技术的市场价值、重大技术成熟度等方面来综合评定农研院的工作。

潘中伟代表我校就科技厅对学校工作的关心与支持表示感谢,就奚厅长提出的学校及农研院发展建设、科研项目申报、科技成果知识产权归属等新的理念表示赞同。他表示,我校在今后的项目申报、科技成果知识产权归属等问题上要进一步认真做好研究部署,着力提升学校科技成果转化的效益和效果。

# 提高教师对本科教学积极性的思考和对策

辛 钧

(华南理工大学材料科学与工程学院, 广东 广州 510641)

**摘 要:**本科教育是高校的立校之本,而本科教学在本科教育中占有绝对重要的地位.教育大计,教师为本.教师教学的积极性直接影响到本科教学质量,进而影响到学校培养的人才质量.研究型高校也应把本科教学提升到与科研同等重要的高度,深化本科教学改革,加大本科教学投入,重奖在本科教学中做出突出成绩的优秀教师,并在称职晋升评定要求条件中加大本科教学的权重,对教师实行更为民主、人性化的教学管理,这将是提高大学教师对本科教学积极性的有效途径.

**关键词:**本科教学;教师;积极性;考评和考核体系

**中图法分类号:**G642.0

**文献标识码:**A

## 0 引 言

大学,在本质上就是实施高等教育的机构和组织.无论过去、现在还是将来,培养人才都是大学最根本、最一般的使命和任务,这是大学永恒的办学理念.本科教育在高校各种层次的教育中处于基础性地位,因而是立校之本.5年为一周期的教育部本科教学工作水平评估促使国内高校对本科教学工作越来越重视,不断深化教学改革和创新,采取强有力措施保证教学质量,推动教育事业的发展,培养高素质人才,教师是关键.教师,作为知识、文化的主要传承者和创造者,视教书育人为天职,“授业、释疑、解惑”为己任.教师教学的积极性必将直接影响到本科教学质量,进而影响到学校培养的人才质量.笔者所在的学校为一所985高校,近年来学校重视师资队伍建设和建立了教师评教考核体系和激励约束机制,并不断完善教师队伍的管理制度.然而,教师考评和考核制度、管理制度以及激励约束机制设置的合理性对教师从事本科教学的积极性有显著的影响,为此作者对本校本科教学目前存在的问题和如何提高教师本科教学的积极性进行了分析与探讨.

## 1 完善评教体系

现在很多高校都越来越重视学生对老师的评价,甚至把学生对老师的评价当作评价教师的唯一依据.从2008年开始,笔者所在学校也建立了本科生评教考核系统,学生从以下12个指标给授课教师量化评分:1.为人师表,注重教书育人,严格管理和要求学生;2.备课充分,讲课熟练;3.认真批改作业,耐心答疑;4.教材选用得当;5.循序渐进,重点突出,难点剖析清楚;6.内容充实,信息量大;7.理论联系实际;8.善于启发,注重师生交流和学习方法指导;9.讲课语言规范、清晰、准确、逻辑性强;10.积极有效地利用各种教学辅助手段;11.课堂气氛活跃;12.从本课程学到了许多知识.该评教系统涉及教学态度、教学内容、教学方法、教学水平和教学效果五大方面,客观地讲,评教内容应该是精要恰当的.学生评教在一定程度上对教师教学质量的提高、教学方法的改进和教学态度的转变起到了积极的引导作用.

\* 收稿日期:2011-04-15

作者简介:辛 钧(1967—),女,广东省广州市人,研究实习员,研究方向:本科教学管理

学校规定,对学生在网络上进行教学评价的结果,凡是在学院连续两次排名最后百分之五的教师要经专家委员会研究讨论,决定其通过培训再上岗或转岗,在此之前不能继续从事教学工作;并且学校在对教师申报副教授以上技术职称时也明确规定,本科生评教结果平均分不得低于4.2分。然而,笔者认为,把学生对老师的评价当作评价教师的唯一依据,是片面的和局限的,学生评教的结果只能部分而不能全部反映教师的教学效果。实际上学生对教师进行评教的动机也是复杂的,学生对那些在考试前能提供一定明确“指示”的老师往往给予较高的评价;对那些严格要求学生,希望学生能真正学到知识的老师给予的评分却不一定高。所以学生评教在很大程度上受个人喜好及个人价值体系的影响,从而直接影响了对于一个教师评价的客观和真实性。能否对教师进行客观、公正的评价是影响教师本科教学积极性的因素之一,因此不应把学生对老师的评价当作评价教师的唯一依据,应结合同行评价以及党政领导、教学督导听课结果进行综合性、整体性的评价,同时注重考察教师的职业道德和敬业精神,充分信任教师,对教师实行更为民主、人性化的教学管理,是提高教师对本科教学积极性的对策之一。

## 2 教师考核和职称评聘不应重科研轻教学

笔者所在学校从2000年9月开始实施兴华人才工程和对所有教师进行量化考核,教师所获得的各类科研和教学项目经费、项目鉴定、发表学术论文和申请专利、科研和教学获奖、给本科生或研究生授课以及指导各类学生的学位论文等等都可以按一定的权重系数折合成工作量分。对教师的考核中有一条要求是在聘期内应完成一定标准学时的教学工作量,但是其中并没有规定具体的本科教学工作量。由于学校教务处规定教师不能随意更改本科教学上课时间,并且经常有教学督导检查本科教学情况,因此教师更乐意讲授要求相对宽松的研究生课程或通过多招收研究生来完成所需的教学工作量。本科教学工作量分低也是影响教师本科教学积极性的因素之一,例如,一个教授给60名本科生讲授36个学时课程折算成工作量分只有5分,而其在理工类国内核心或统计源刊物发表一篇学术论文也可获得5个工作量分,在上述期刊上发表一篇学术论文对于一个教授来说太容易了,如果该教授在国际期刊上发表一篇SCI收录论文,则其可获得高达27.5个工作量分。在对教师的考核中还有一条单独规定是必须获得一定数额的研究经费,例如3年聘期内教授和副教授必须要分别获得45万和35万研究经费,这是必要条件。从对教师的考核不难看出,学校还是存在重科研轻教学的现象,有个别教师虽然教学工作量没有达到考核要求,甚至没有任何教学工作量,但只要有足够的科研经费同样能通过考核。教师考核过于重视科研经费的价值导向导致不少教师特别是教授、博导将大部分精力放在了课题申请和科研上。大幅度提高本科教学的工作量分并且不是以研究经费而是以本科教学工作量和教学成果作为考核的必要条件是提高教师本科教学积极性的对策之一。

重科研而轻教学还表现在教师的技术职称评聘过程中,目前国内研究型高校绝大多数教师都具有博士学位,申报副教授特别是教授岗位的竞争越趋激烈,而科研项目级别和经费、SCI论文的数量与影响因子是职称评聘最重要的判定依据。然而,职称评聘对教学特别是本科教学要求不高,笔者所在高校对评聘教授职称的教学要求为:以科研为主的教师,全程系统讲授过1门本科或研究生全日制课程;教学和科研并重的教师,全程系统讲授过1门本科或2门研究生全日制课程,年均授课120实际学时,其中年均均为全日制本科生授课64实际学时。教学与科研无疑是高校教师职称评聘指标体系中两个最基本的要素,对高校教师的职称评聘要求既不同于中学教师(注重教学),又不同于科研单位的专职科研人员(注重科研),职称评聘要着眼于教师的全面考核,教学与科研应齐头并进,但重科研轻教学是目前高校技术职称评聘中存在的普遍现象。职称评聘涉及高校教师的切身利益,适当提高本科教学及教学成果在职称评聘要求中的权重,有利于调动广大教师对本科教学的积极性。

## 3 配备教学助手批改作业和答疑

本科专业基础课课时多,教师一般每周要上6~8个学时课,上专业基础课的教授和副教授日常工作除了备课与上课外,主要忙于科研工作和其他事务,所以一般不会给每位学生批改作业,只是在课堂上抽查个别学生的作业,然后再给全班学生做解答,也没有单独的答疑时间,一般是在课间休息时和下课后给



提出疑问的学生答疑,这样难以保证学生及时巩固和消化所学知识.认真批改作业和答疑能及时了解学生的实际情况,进而帮助教师及时发现教学中存在的问题,调整教学策略,而且能促使学生创造性地学习,更好地提高学习效率,解决教与学的矛盾.笔者认为,在师资允许的情况下,助教和讲师最好不要单独给本科生授课,或只讲授部分课程内容,应要求所有的在编教授和副教授站在本科教学的第一线,特别是对于专业基础课和主干专业课,讲师和助教可以作为教学助手给学生批改作业和答疑,鼓励老教师在师德、学术、教学经验方面对年轻教师进行传帮带.可以规定,作为教学助手的讲师和助教的教学考核工作量可等同主讲教授或副教授的教学考核工作量.

#### 4 适当提高课时补贴和教学优秀奖奖金,增加毕业实习经费

适当的物质奖励对提高教师本科教学的积极性具有良好的促进作用,然而目前本校的现状是课时补贴和教学优秀奖奖金较低.例如,给 60 名本科生讲授 36 个学时课程的课时补贴约 300 元左右,本校的课时补贴与本省其他兄弟院校相比是最低的,另外学校每年奖励 10% 的承担本科教学的教师(其中教学一等奖和二等奖所占比例分别为 2% 和 8%),但是教学一等奖和二等奖奖金金额分别只有 500 元和 300 元,这对于能拿到科研项目的教师来说没有太大的吸引力.为了进一步提高教师对本科教学的积极性,学校应适当提高课时补贴和教学优秀奖奖金.

毕业实习是本科教学计划中的重要环节,也是培养应用型人才的重要手段,其目的是使学生综合运用所学的基础理论和专业知识,受到较全面的训练,以提高分析问题和解决实际问题的能力.同时,能提高学生与人相处的能力,是学生迈向社会极好的一次锻炼机会,也是学生难得的一份人生经历.教学计划安排本科毕业实习时间为 4 周,由于学校管理部门对毕业实习不够重视,经费投入严重不足,指导教师只能凭自己的关系联系实习厂家,厂家还要免费提供学生的食宿.长此以往,影响了指导教师对本科毕业实习的积极性,4 周的毕业实习往往被指导教师缩短成一天的认识实习,走马观花了事,违背了毕业实习的教学宗旨.因此,学校应加大大本科教学投入,增加毕业实习经费,同时要加强厂校合作,建立稳定的毕业实习基地,这些举措是提高指导教师对本科毕业实习积极性和保证学生毕业实习顺利进行的前提.

#### 5 结束语

近日在全国性的一个研讨会上,开着价值 50 多万元的宝马来,手机号码有 7 个 8,身兼 3 家上市公司独立董事的云南大学副教授尹晓冰提醒同行:“大学教师全心投入教学是种毁灭,仅会讲课的教师是处于金字塔底端”.此语一出,引发了社会各界广泛、激烈的争议,有人称他“有个性”,但更多人斥责“宝马教授”太狂妄、太功利,严重违背了教师起码的职业道德.尹教授的“狂言”也折射出国内高校普遍存在的重科研轻教学的现象.教书育人是高校最根本的使命,高校应把本科教育提升到与科研同等重要的高度,不断深化本科教学改革,进一步完善教师考评和考核制度、管理制度以及激励约束机制,不断优化教学环境、教学条件,加大大本科教学投入,重奖在本科教学中做出突出成绩的优秀教师,在称职晋升评定要求条件中加大大本科教学及教学成果的权重,对教师实行更为民主、人性化的教学管理,充分信任教师,使广大教师真正做到把教书育人作为自己的第一天职,主动乐意把更多的时间、精力、兴趣和热情投入到人才培养尤其是本科教学上来.

#### 参 考 文 献

- [1] 白新欢. 教师评价的导向及其对教学改革的影响[J]. 华南理工大学学报(社会科学版), 2010, (1): 83-87.
- [2] 白新欢, 张树旺. 教师评价体系的导向与大学精神文明建设[J]. 集美大学学报, 2011, (1): 13-16.
- [3] 王 栋. 完善学生评教体系的思考[J]. 文学教育, 2010, (3): 66-67.
- [4] 唐 霞. 浅析学生评教系统中存在的问题[J]. 教学管理, 2009, (6): 45-46.
- [5] 闫晓天. 优化执教环境, 提高大学教师投身本科教学的积极性[J]. 成都中医药大学学报(教育科学版), 2006, (2): 17-18.
- [6] 庄沪娟. 高校教师职务评聘工作中的问题及其解决办法[J]. 鹭江职业大学学报, 2003, (2): 265-67.

\* 文章编号:1000-5811(2011)04-0175-04

# 我校实施《国家学生体质健康标准》 测试成绩的分析

徐桂玲

(陕西科技大学体育部, 陕西 西安 710021)

**摘要:**对我校4个年级大学生2009年10月参加《国家学生体质健康标准》测试的成绩进行了统计分析,具体包括学生测试总分的评价等级以及肺活量体重指数、身体标准体重、台阶试验、立定跳远和握力等项指标的统计.分析结果表明,我校大学生在身体形态、身体机能和立定跳等项指标反映的素质不容乐观,应引起相关部门注意.全面了解我校大学生的体质健康状况,对于进一步深化体育教学改革具有重要的意义,据此作者对体育教学和学生体质测试工作提出了相关建议.

**关键词:**国家学生体质健康标准;测试分析;建议

**中图法分类号:**G807

**文献标识码:**A

## 0 引言

目前,我国国民体质状况不容乐观,尤其是青少年体质水平呈逐年下降趋势.2007年4月教育部、国家体育总局在认真总结《学生体质健康标准》(试行《标准》)试行工作的基础上,根据新的形势对《学生体质健康标准》进行了修订完善,颁布了新的《国家学生体质健康标准》(以下简称新《标准》).新《标准》在测试指标体系上做了权重调整<sup>[1]</sup>,它的实施有利于目的明确地帮助和督导学生实现健康目标;促进学校在“健康第一”思想指导下的体育课程全面改革,转变课程结构和教学策略,激励学生和教师上好体育课,全面实现体育与健康课程目标;有利于激发学生自觉参加体育锻炼,养成一生追求健康生活方式的行为和习惯.本文通过对我校大学生新《标准》测试成绩的统计分析,力求全面了解我校大学生的实际体质健康状况,为新世纪高校的体育教学改革提供理论依据.

## 1 研究对象

我校2009级、2008级、2007级和2006级的全体大学生,共计15 254人.其中男生8 409、女生6 845.男生有26人申请免测,女生有28人申请免测.实际参加人数男生8 383人,女生6 817人.

## 2 研究方式方法

(1)文献资料法.通过计算机检索和查阅相关文献资料,了解国内外学生体质健康研究现状和研究成果,为本课题的研究提供参考.发放学生调查问卷了解体育教师对新《标准》的讲解状况.

(2)仪器测试.进行身高、体重、肺活量、台阶试验、立定跳远、握力5项测试.测试仪器选用国家教委指定的产品——中体同方智能化体质健康测试系统.

\* 收稿日期:2011-05-11

作者简介:徐桂玲(1964—),女,河南省温县人,教授,研究方向:高校体育教学与训练、学生体质健康研究  
基金项目:陕西省教育厅人文社会科技项目(编号11JK0435)



(3)研究方法. 将我校大学生首次参加各项测试的成绩进行收集与整理(不含补测成绩),采用数理统计法,在 Windows XP 操作系统下用 Excel 办公软件进行数理统计和分析研究.

3 结果与分析

(1)体育教师对《国家学生体质健康标准》评价方法的讲解调查. 新《标准》的评价是激励学生积极参与体育锻炼的教育手段,它不是以选拔和鉴别学生体质健康的好坏为目的,而是通过评价将结果反馈给学生使学生知道自身还存在哪些不足,应该怎样努力达到目标. 因此,评价既可以帮助学生形成正确的体育意识和态度,加深体育锻炼对促进身心健康的认识,也可以提高对体育的情意、态度和价值观,有利于学生终身体育锻炼.

对我校学生了解《标准》的调查显示,没有得到评价知识讲解的学生占 58.85%,接受过部分评价知识的学生有 28.17%,进行过评价讲解的学生有 12.98%. 由此表明,有一半以上的学生没有得到《标准》评价知识的教育,这对《标准》中要求学校体育课程教学从“技能教学”向全面增进学生身心健康素质方向转化造成了不利的影响,同时对提高学生体质健康意识、对体育的情感投入都造成了潜在的消极影响.

(2)我校学生《标准》总体评价等级统计. 我校 200~2010 学年在校大学生 2009、2008、2007 及 2006 等年级 15 200 学生的测试统计结果如表 1 所示.

表 1 我校学生《标准》总体评价与设计比例的比较

|        | 不及格率  | 及格率   | 良好率   | 优秀率  |
|--------|-------|-------|-------|------|
|        | /%    | /%    | /%    | /%   |
| 设计比例   | 15    | 35    | 40    | 10   |
| 我校学生总体 | 15.36 | 47.02 | 34.70 | 2.92 |
| 我校男生   | 18.91 | 47.37 | 32.52 | 1.20 |
| 我校女生   | 10.99 | 46.59 | 37.39 | 5.03 |

注:设计比例来源于文献[2].

从表 1 可以看出,我校《标准》测试成绩不及格率略高于设计比例,优秀率与良好率均低于设计比例,优秀率仅为 2.92%,而及格率超出设计指标 12.02%. 从总体成绩看,我校女生成绩要比男生成绩好些,女生不及格率低于设计比例 4.01%,男生则高于设计比例 3.91%,男、女生优秀率分别低于设计比例 8.80%和 4.97%,这说明我校大学生的体质健康状况基本达标,但优良以上水平较差,特别是优秀率低于设计比例 7.08%.

(3)我校学生身高标准体重的统计. 身高标准体重是反映人体基本匀称度的一项指标,表 2 是我校学生身高标准体重的测试统计结果.

表 2 我校学生与全国学生身高标准体重的对比

|        | 样本个数       | 营养不良率/% | 较轻体重率/% | 标准体重率/% | 超重体重率/% | 肥胖体重率/% |
|--------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 设计比例   |            | 2       | 13      | 70      | 13      | 2       |
| 全国学生总体 | 12 208 910 | 7.88    | 45.53   | 35.15   | 4.11    | 7.33    |
| 我校学生总体 | 15 200     | 7.42    | 40.77   | 37.58   | 5.22    | 9.01    |
| 全国男生   | 6 445 022  | 9.11    | 48.9    | 29.37   | 3.95    | 8.65    |
| 全国女生   | 5 763 884  | 6.5     | 41.75   | 41.6    | 4.28    | 5.85    |
| 我校男生   | 8 383      | 8.35    | 34.90   | 37.19   | 6.70    | 12.86   |
| 我校女生   | 6 817      | 6.28    | 47.98   | 38.05   | 3.40    | 4.29    |

注:数据来源于文献[3].

从表 2 可以看出,我校学生总体标准体重率仅为 37.58%,虽然高出全国学生总体数值,但与设计比例相差较大,并且低于较轻体重率. 而我校学生总体在超重体重与肥胖体重率上均超出了全国学生总体数值,特别是肥胖率超出设计比例 7.01%,高于全国学生

总体肥胖率 1.68%. 我校男生标准体重率虽高于全国学生总体标准率 2.04%,但在超重和肥胖率上也均高出全国学生总体和全国男生的超重和肥胖率,特别是肥胖率高于全国学生总体 5.53%,高于全国男生 4.21%. 我校女生除在较轻体重率上高于全国女生的较轻体重率外,其它各项均低于全国女生的指标率. 身高标准体重测试结果充分反映出我校学生的身体形态状况不容乐观,说明学生的自我保健意识淡漠,平时的膳食营养结构不合理,这与他们不良的生活习惯有关,必须加以指导. 但这里也存在一个问题,对比发

现新《标准》身体体重指数评价表中,女生的评价表与试行《标准》的评价表是一样的,没有调整;而男生评价表调整较大,原来标准的体重,在新《标准》中就可能是超重或肥胖,所以这也是影响男生评价的一个因素。

另外,身高/体重指标虽然可以较好的评价学生的身体形态及营养水平,但不能有效地评价身体内脂肪的含量。大量研究表明:体脂成分过少,说明营养不良;体脂成分过多,说明营养过剩或有内分泌疾病。通过测量人体脂肪含量,不仅可以评价学生的营养状况和发育水平,而且还能科学指导膳食营养,为有效地控制体重提供客观依据<sup>[4]</sup>。

(4)我校学生肺活量体重指数的统计。肺活量体重指数是相对于体重的肺活量数,反映肺的容积和扩张能力,能比较客观地评价人体肺功能的优劣,是评价人体呼吸系统机能状况的一个重要指标。新《标准》将试行《标准》中的肺活量体重指数和台阶试验、1 000 米 /800 米的分值,由原来的 15 分和 20 分提高到了 20 分和 30 分,说明国家意识到这两项指标已经严重影响了学生的最终体质健康水平。这两项权重的调整,是为了鼓励学生积极参加锻炼,以锻炼来促进学生身体机能的发展。

从表 3 中数据可以得出,我校学生身体呼吸机能状况不容乐观,肺活量体重指数不及格率为 23.80%,高出设计比例 8.8%,虽然优秀率高出了设计比例,但良好率低于设计比例 17.37%,及格率低于设计比例 1.81%。我校女生优良率合计为 53.47%,高出设计比例优良率 3.47%,男生优良率合计 34.5%,低于设计

表 3 我校学生肺活量体重指数统计

|      | 总人数    | 不及格/% | 及格率/% | 良好/%  | 优秀/%  |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 设计比例 |        | 15    | 35    | 40    | 10    |
| 男生   | 8 383  | 24.31 | 41.19 | 23.02 | 11.48 |
| 女生   | 6 817  | 23.18 | 23.35 | 22.14 | 31.33 |
| 合计   | 15 200 | 23.80 | 33.19 | 22.63 | 20.38 |

比例的优良率 15.5%。男、女生不及格率均高出设计比例 9.31%和 8.18%。从数据总体反映出女生的身体机能比男生好一些。数据提醒我们在体育教学中应注意加大耐力素质的练习。然而,影响肺活量大小的因素不仅仅只有体重,身高、胸围等也是影响肺活量大小的因素,因此全面考虑身高、体重、胸围对肺活量的影响,建立一个多元回归评价模型对学生呼吸机能进行评价,可能比肺活量体重指数更具合理性<sup>[5]</sup>。

(5)我校学生身体素质各项得分的统计。台阶试验是一种定量负荷试验,测量心血管机能潜力,最终反映的是人体心血管系统的机能水平,可以间接推断机体的耐力<sup>[6]</sup>;立定跳远是测试下肢爆发力的项目;握力反映的是上肢肌肉力量素质,这 3 项测试都反映了学生的身体素质。我校学生身体素质成绩统计结果如表 4 所示。

从表 4 中数据可以看出,我校学生总体在台阶试验和握力成绩的优良率上均高出设计比例的优良率,不及格率也远比设计比例低很多。但在立定跳远成绩上不及格率达到了 34.89%,而优良率仅为 27.51%。我校女生的台阶测试、握力成绩的优良率分别为 70.14%、65.52%,都比设计比例高,不及格率也远低于设计比例。但立定跳不及格率却高

表 4 我校学生身体素质测试项成绩统计

|      | 总数     | 项目类别 | 不及格/% | 及格/%  | 良好/%  | 优秀/%  |
|------|--------|------|-------|-------|-------|-------|
| 设计比例 |        |      | 15    | 35    | 40    | 10    |
| 女生   | 6 587  | 台阶试验 | 2.13  | 27.74 | 28.77 | 41.37 |
|      |        | 握力   | 3.21  | 31.17 | 34.27 | 31.25 |
|      |        | 立定跳  | 33.17 | 38.08 | 28.75 | 0     |
| 男生   | 8 383  | 台阶试验 | 9.90  | 25.17 | 30.12 | 34.80 |
|      |        | 握力   | 4.69  | 36.81 | 35.18 | 23.32 |
|      |        | 立定跳  | 36.29 | 37.22 | 23.73 | 2.77  |
| 全校总体 | 15 200 | 台阶试验 | 6.41  | 26.32 | 29.51 | 37.75 |
|      |        | 握力   | 4.03  | 34.28 | 34.77 | 26.92 |
|      |        | 立定跳  | 34.89 | 37.61 | 25.98 | 1.53  |

达 33.17%,高出设计比例 18.17%,良好率与设计比例相差也很大,优秀率为 0%。我校男生的台阶测试、握力成绩的优良率分别为 64.92%、58.5%,均比设计比例高,不及格率则分别低于设计比例,但立定跳不及格率达 36.29%,高出设计比例 21.29%,良好和优秀率都与设计比例相差很大。数据反映出我校学生的身体素质发展水平不均衡,在心血管系统的机能水平和上肢肌肉力量方面均良好,但下肢爆发力则较差,这将是我们的体育教学改革的重点。

## 4 结 论

通过对我校学生《标准》测试成绩的分析统计,反映出我校学生在身体形态和身体呼吸机能方面不容乐观,标准体重率低于较轻体重率,肥胖率高于超重率.学生的身体形态已经影响到他们的身体机能,导致肺活量体重指数不及格率升高.当然,这与学生平时的自我保健意识淡漠,膳食营养结构不合理,以及他们不良的生活习惯有关.也可能与评价体系有关,还需进一步研究.从身体素质的 3 项测试成绩可以看出,我校学生在心血管系统的机能水平和上肢肌肉力量方面均良好,但下肢爆发力量很差,所以我校学生耐力素质和下肢爆发力量素质的提高将是我们体育教学改革的重点.

## 5 建 议

(1)增加大学生体育理论教学课时.学生对于体育理论知识的了解,有助于区分健康素质和运动素质,并有助于大学生树立“健康第一”的思想,真实评价他们的体质健康水平,加深体育锻炼对促进身心健康认识,也可以提高对体育的情意、态度和价值观,有利于学生终身体育锻炼.

(2)继续加强学生体质健康状况的研究工作,建立高校学生体质健康监测网络体系,并针对存在的问题及时给予纠正.

(3)不断修正《标准》体系,对选测项进行科学分析,更好地解决选测项目测试结果差异性大、相关性低的问题,建立一个多元回归评价模型对学生呼吸机能进行评价,同时应注意男、女生评分标准的均衡问题.

## 参 考 文 献

- [1] 教育部,国家体育总局.《国家学生体质健康标准》通知及实施办法—教体艺[2007]8号[S],2008.
- [2] 甄志平,毛振明.《国家学生体质健康标准》指标体系结构与嬗变研究[J].西安体育学院学报,2008,2(25):1-9.
- [3] 全国《学生体质健康标准》数据管理中心.2005年全国《学生体质健康标准》数据统计分析报告[DB/OL].中国学生体质健康网,2007-1-22.
- [4] 马 蔚.大学生体质健康测试指标研究[D].武汉:华中师范大学硕士学位论文,2007.
- [5] 肖夕君,王冬冬.大学生体质健康评测指标体系的实证研究[J],山东体育学院学报,2010,10(26):66-69.
- [6] 王景贤,于春艳.《国家学生体质健康标准》中心血管机能评价指标同质性的研究[J].山东体育学院学报,2008,10(24):51-55.

# ANALYSIS OF TEST SCORE AFTER IMPLEMENTING THE NATIONAL STUDENT PHYSICAL HEALTH STANDARD IN OUR UNIVERSITY

XU Gui-ling

(P. E. Department, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** The test scores obtained by four grades students participating in national student physical health in our university on October 2009 were statistically analyzed. The indexes contained evaluation level of students' test scores, vital capacity/body mass index, standard weight, sidestep test, standing long jump and grip strength. The results showed that the evaluation on body shape, physical function and physical quality of undergraduates in our university was poor, which should be paid more attention by relative departments. The students' physical health status was comprehensively understood, which provided theoretical basis and made recommendations for further deepen the reform of physical education. Basing on above study, the author put forward relative suggestions for P. E. education and test work of students' physical health.

**Key words:** National Student Physical Health Standard; testing analysis; suggestion

\* 文章编号:1000-5811(2011)04-0179-04

# “多维创新”教学理论的构建及应用

任平社

(陕西科技大学体育部, 陕西 西安 710021)

**摘要:**为了摆脱传统的体育教学训练模式的束缚,培养学生的创新精神,构建学生积极主动学习的新模式,作者提出了“多维创新”教学理论,从教学理论、教学方法、教学评价3方面对其进行了研究分析,并通过实验法验证了“多维创新”教学理论对教学的影响.结果表明:“多维创新”教学理论是对现有教学的有益补充,能有效提高教学效果,促进学生成绩的提高和技术的掌握.

**关键词:**多维创新; 体育教学; 教学模式

**中图法分类号:**G807.04      **文献标识码:**A

## 0 前 言

创新是发展提高的主要动力,开拓体育教学新模式是提高教学效果的有效手段之一.目前高校体育教学方法单一陈旧,教学方式公式化,学生喜爱的体育教学模式不多.教师以完成教学课时为目的,脱离学生实际情况,忽视学生“学”的兴趣,不善于调动学生上体育课的积极性和培养学生的创新精神,造成学生“喜欢体育,但不喜欢体育课”.目前高校体育课教学基本完成了选项课教学的转变,中学也正在新课改的指导下逐步落实选项课教学,但在实际调查中发现,上课形式虽然彻底转变了,但是教学理论及教学模式还在沿用传统的方法,受学生喜爱的体育教学模式还有待探索与构建.基于此,本文提出并构建了“多维创新”理论,以期切实改变学生被动学习体育的局面,更好地培养学生的创新精神和实践能力.

## 1 “多维创新”的内涵及构成

“多维创新”的核心意义是创新,通过创新调动学生的学习积极性,改进教学效果.其主要包括教学理论创新、教学方法创新、教学评价创新3大模块,三者相互促进相互发展.三者关系如图1所示,教学过程中以理论创新为基础,以教学方法创新为突破口,以教学评价创新为平台,全面整合教学资源,创建全新教学模式.

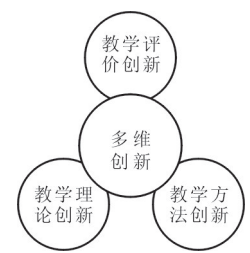


图1 “多维创新”教学模式示意图

### 1.1 教学理论创新

依据系统论的观点提出“动态可控式”教学,是教学理论的一次创新尝试,它是在系统论的基础上把教学看作一个循环的信息反馈和调整的完整系统,从而使教学系统始终处于最优的动态平衡状态,重视信息的反馈和传递,随时修正教学训练目标,以最大程度地发掘学生的运动天赋,并通过反馈控制系统训练原理,有效地排除教学训练中的各种干扰,使教学训练工作朝着预定的目标进行.通过“动态可控式”教学训练法来指导练习,旨在减少教学训练过程中的盲目性,更好地掌握教学

\* 收稿日期:2011-05-20  
作者简介:任平社(1974—),男,陕西省兴平市人,讲师,硕士,研究方向:高校体育教学  
基金项目:陕西省教育厅专项科研计划项目(编号:11JK0435),陕西科技大学人文社科资助项目(编号:ZX09—55)



训练的本质规律,以取得最优的教学训练效果.动态可控式”教学理论模式如图 2 所示.

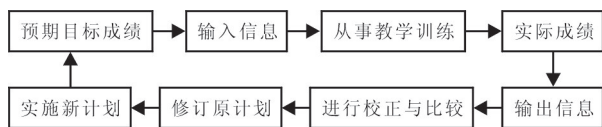


图 2 “动态可控式”教学理论示意图

宏观上:在教学训练整体控制上,根据实际情况制定预期目标,并根据目标制定多级教学训练指标予以实施.一个教学训练周期后,把预期成绩和实际成绩进行对比分析,重新修订教学训练计划,制定新的目标.

微观上:在现场进行技术指导时,在学生完成技术动作之后,教师根据学生完成情况和预期最高标准相比较之后找出差距,选择最关键、最有效的信息作为新的指令传达给学生,即把实际完成动作作为新的输入信息去控制学生的技术练习,形成一个相对封闭的动态的教学训练系统.

“动态可控式”训练理论的应用,在教学训练中引进了系统论的观点,把预期目标和实际成绩分别作为输入信息和输出信息调控教学训练,重视信息的传递、反馈、放大、综合辩证作用,建立学生信息库,根据学生反馈的信息选择对应的训练手段,使对学生的教学训练过程一直处于相对封闭的动态平衡之中.

### 1.2 教学方法创新

注重学生创新能力的培养,根据教学内容启发学生思考,借助学生的创新思维改善教学手段,设计符合学生心理、生理的教学手段,如采用“小组合作学习”模式,促进学生主动学习并学会合作、学会交流,增进学生的社会意识以及创造能力的发展.在练习方法上把常用的教学训练方法分为不同的 3 个渐进层次:初级阶段初步建立技术的动作结构,学习技术动作的要领、动作要素和动作结构.在教学训练的中级阶段主要任务是能初步进行完整练习,并能对各技术环节进行分解模仿和整体模仿.高级阶段是要熟练掌握各技术动作环节之间的内在联系,能够使动作协调一体化.熟练阶段强调形成合理的动作节奏,反复练习使动作技能实现自动化.阶段教学法更加完善了体育课的教学方法体系,能够调动学生的积极思维,最大程度地发挥学生的主观能动性和创造性以及教师在教学过程中的积极性,从而达到提高训练质量、优化训练效果的目的.这种方法能够更好的体现系统科学的全面性,根据学生掌握情况和教学需要还可采用一些新颖的教学训练方法,如连接法、线形渐进法、递加法、金字塔法、过渡动作保持法与去除法等,以提高学生的学习兴趣,促进学生技术的掌握.

### 1.3 教学评价系统创新

为使高校体育课教学适应 21 世纪教育“个性化、生活化、终生化体育”的需要,要求教师合理科学地运用现代化教学手段和方法,量化、细化教学内容,建立高效的学习反馈评价体系,提高教学效果评价的科技含量.通过不断的学习评价反馈,不仅可以实时了解教师的教学情况,而且可以了解学生的掌握情况,同时有利于教师改进教学手段,更有利于学生进一步学习.学习反馈评价是整个教育评价的核心所在,要提高教学效果就必须建立一套科学的学生技术掌握发展综合评价指标体系.教学效果评价要改变旧的以学生身体素质成绩、技术动作作为成绩的单一评价,新的评价体系要整合身体素质、心理素质和实践能力等进行多维性评价,并将结果评价和过程评价结合起来,注重过程评价,力求做到定量与定性相结合.评价的目的是激发学生努力向上的竞争意识.

表 1 实验前两组学生身体素质测试指标的比较 (  $n=150$  )

|          | 身高/m      | 体重/kg     | 50 m 跑/s  | 立定跳远/m    | 1 000 m 跑/s |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| 实验组      | 1.73±0.31 | 58.7±2.65 | 7.92±0.12 | 2.11±0.53 | 239±2.81    |
| 对照组      | 1.72±0.43 | 59.1±2.13 | 7.93±0.09 | 2.10±0.41 | 237±2.73    |
| <i>P</i> | > 0.05    | > 0.05    | > 0.05    | > 0.05    | > 0.05      |

## 2 应用研究

### 2.1 实验对象选取

本研究以陕西科技大学 2008 级 150 名跆拳道选项课男生为实验对象,实验前进行素质

测试和形态测量后进行配对分组,对两组进行检验,不存在差异性,测试结果如表 1 所示.实验周期为 15 周.实验地点:陕西科技大学西安校区体育馆.

### 2.2 实验方法、内容及过程的控制

实验前不告诉实验者任何相关实验信息,把实验者主观因素的影响控制到最小. 实验期间实验组和对照组的 教学由同一老师负责教授. 在教学实施过程中注意控制实验组和对照组,使所有参与实验的学生 准备活动、练习时间、练习组数、运动负荷尽量一致,尽可能保证两组在条件相同的情况下进行实验. 在实 验期间两组只是教学模式不同,对照组采用传统的教学模式,实验组则采用“多维创新”理论为支撑的教学 方法. 实验结束后由体育部组织 3 名老师进行统一考试,考试标准严格按教学大纲执行,最后成绩取 3 位 老师所给分数的平均分. 采用数理统计法对两组学生的成绩进行比较分析.

2.3 实验结果分析

由表 2 可以看出,经过 15 周的 教学实验后两组的考试成绩存在一 定的差异,下劈技术两组不存在显 著性差异,可能是由于这两种技术 都采用直线型腿法,符合人们常用 动作习惯,所以两组学生没有存在 显著性差异,但横踢和前踢两组之间存在显著性差异,可能是由于横踢和前踢是一种摆踢型腿法,有一定 的技术难度. 事后经过询问考试老师,两组在横踢技术上存在差异主要是由于对照组动作路线存在一定 的问题,存在直腿斜踢、武术的鞭腿等错误,其次是在转髋弹腿时容易出现停顿动作,两组在踢击力量上差 异不大,可以推断由于两种教学方法的不同,从而导致两组在测试结果上存在差异. 两组在前踢上的差异 主要是提膝前摆时没有转髋,存在直接前踢和转髋滞后的错误动作. 在对 3 种腿法的考试情况进行分析后 可以发现,越是技术难度高的动作,不同的教学方法越容易产生差异,从而可以间接推断出两种教学方法 会产生不同的实验效应.“多维创新”教学模式明显可以调动学生练习的积极性,优于传统教学模式.

| 表 2 实验后实验组和对照组成员成绩比较分析 |          |          |          |            |
|------------------------|----------|----------|----------|------------|
|                        | 下劈(15 分) | 横踢(15 分) | 前踢(15 分) | 柔韧素质(15 分) |
| 实验组                    | 13±0.56  | 13±0.35  | 13±0.36  | 13±0.35    |
| 对照组                    | 13±0.32  | 11±0.42  | 11±0.52  | 13±0.26    |
| P                      | >0.05    | <0.05    | <0.05    | >0.05      |

2.4 “多维创新”优于传统教学的分析

对照组延续传统的教学观念,采用传统的教学模式,突出教师对教学的控制作用,而忽视了教学主体 及其内在心理因素的挖掘,教师讲解示范完整的技术动作,学生进行长时间的反复练习,教师纠正错误动 作,这种教学方法有利于掌握各个技术动作,并有利于身体练习,但学生难以抓住技术动作的重点和本质, 无法建立正确的认知结构,容易出现错误动作,不利于形成正确的技术动作定型,而且过多的分解练习容 易导致学生忽视了技术的完整性和有机性,容易出现二次发力动作,导致动作不连贯,技术脱节.

“多维创新”教学模式在理论上依据“动态可控式”教学理论,把教学看作是一个循环的信息反馈和调 整的完整系统,把常用的教学训练方法分为不同的 3 个渐进层次,对不同学习阶段的教学内容进行了严密 的安排,并根据学生水平制定了具体的操作要求及操作方法,提高了学生学习的积极性. 在教学方法上, 根据教学内容启发学生思考,借助学生的创新思维改善教学手段,设计符合学生心理、生理的教学手段. 教学评价上将结果评价和过程评价结合起来,并注重过程评价,力求做到定量与定性相结合. 评价的目的是 激发学生努力向上的竞争意识.

3 结论和建议

- (1)“多维创新”理论是体育教学改革的一次有益尝试. 教学实验结果表明,“多维创新”教学方法可以 明显改善教学,提高教学效果.
- (2)“动态可控式”教学重视信息的传递、反馈、放大、综合辩证作用,根据学生反馈的信息选择对应的 教学训练手段,使学生的教学训练过程一直处于相对封闭的动态平衡之中.
- (3)要提高高校体育课教学质量,必须在教学内容、教学方法、教学手段、教学模式等方面进行大胆的 尝试和改革,改革必须适应现代教学要求,必须有利于学生全面发展.

参 考 文 献

[1] 王 林. 高校体育课程内容体系的弊端与改革思路[J]. 体育与科学,2003,24:28-31.

- [2] 教育部. 全国普通高等学校体育课程教学指导纲要[R], 2002:8.
- [3] 程致屏. 体育统计学[M]. 西安:西北大学出版社, 1998.
- [4] 杨锡让. 实用运动生理学[M]. 北京:北京体育大学出版社, 1998.
- [5] 朱继华. 大学体育课程教学模式的构建与整合[J]. 体育学刊, 2004, (6):85-87.

## THE THEORY OF “MULTI-DIMENSIONAL INNOVATION” CONSTRUCTION AND APPLICATION

REN Ping-she

(P. E. Department, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** In order to change the traditional mode of teaching and training and improve the innovative spirit of students, we have created a new active learning model. In this essay, I will propose “multi-dimensional innovation” teaching theory from three aspects into the research and analysis, which includes theories of teaching, methods of teaching, teaching evaluation, meanwhile we will use experimental method to validate “multi-dimensional innovation” teaching theory to impact on teaching. The result of the research is that “multi-dimensional innovation” teaching theory is a useful complement to teaching, which can effectively improve teaching and promote the students achievement and technical mastery.

**Key words:** multi-dimensional innovation; physical education; teaching mode

(上接第 174 页)

- [7] 解飞厚. 科学计量与专家评审[J]. 高等教育研究, 2000, (3):69-73.
- [8] 潘柳燕. 加强毕业实习管理, 提高实习质量[J]. 高教论坛, 2004, (1):139-142.

## POSITIVE THINKING AND COUNERMEASURES OF IMPROVING UNDERGRADUATE TEACHING

XIN Jun

(College of Materials Science and Engineering, South China Univ. of Tech., Guangzhou 510641, China)

**Abstract:** Undergraduate education is the base in colleges and universities. Undergraduate teaching, as one part of undergraduate education, plays an essential role in undergraduate education. A proverb says, “Education plans, teacher-centered.” Teachers’ teaching enthusiasm can directly affect the quality of undergraduate teaching, and will affect the development of talented persons who were fostered by the school. Top colleges and universities for research should pay enough attention to the undergraduate teaching same as scientific research; deepen the reformation; increase the investment; give awards to the teachers who made outstanding achievements; increase the weight of the professional evaluation and promotion with a democratic and humanized management, which is the effective way to improve teachers’ enthusiasm in undergraduate teaching.

**Key words:** undergraduate teaching; teachers; enthusiasm; evaluation and assessment



\* 文章编号:1000-5811(2011)04-0183-03

# 多球练习法在高校网球选项课教学中的应用

张 鑫

(陕西科技大学体育部, 陕西 西安 710021)

**摘 要:**对多球练习法在普通高校网球选项课教学中的运用进行了实验研究,结果表明:多球练习法能提高大学生的学习兴趣,对其掌握网球基本技术、提高实战能力和反应速度等专项身体素质以及身体机能等方面有较好的作用.多球练习法简单实用,能解决高校网球选项课普遍存在的人多、球少、时间少、场地少等问题.

**关键词:**网球;多球练习法;选项课;教学

**中图法分类号:**G807.04; G845

**文献标识码:**A

## 0 引 言

网球运动是一项高雅时尚、富有乐趣且观赏性很强的体育运动,同时还是一项技术性较强的项目.随着我国女子网球运动员在国际大赛上不断取得优异的成绩和由此产生的明星效应,大学生对网球运动开始表现出非常浓厚的兴趣,高校开设网球选项课学生选课非常积极踊跃.但普通高校开设网球选项课往往存在学生多而场地少、上课课时有限等诸多不利因素,怎样使学生更好地掌握网球的基本技术动作,提高教学效果已成为一个急待解决的问题.多球练习是指在单位时间内,通过连续、反复多次击球动作来增加练习强度和密度的一种教学手段.通过对我校网球选项课部分班级的实验研究,采用多球教学法在教学和训练中均收到了良好的效果,多名学生代表学校参加了省大学生暨“校长杯”网球比赛并取得了优异的成绩.

## 1 研究对象与方法

(1)研究对象:陕西科技大学2007级网球选项课4个班,共162人,按选项班随机分为实验班2个班和对照班2个班.

(2)研究方法:采用实验对比法、技术统计法.在学生初始学习水平、身体素质、教学场地条件、教学内容相同的情况下,实验班采用多球练习法,教师连续送出包括定点和移动位置的球,学生在底线进行反复练习.对照班沿用传统教学方法进行教学.

(3)测试项目:网球技术的正手底线击球、反手底线击球以及立定跳远、握力、肺活量、台阶指数.

(4)测试时间和方法.在第14周进行网球技术测试.教师隔网送球,学生每人每10球为1组,测试网球技术的正手底线击球、反手底线击球2项技术,学生将球打到规定区域内,统计成绩,在第15周进行体质测试,测试结果分别如表1、表2所示.

## 2 结果与分析

\* 收稿日期:2011-06-06

作者简介:张 鑫(1975—),男,陕西省咸阳市人,讲师,研究方向:高校体育教学

2.1 研究结果

从表 1 可以看到,实验班正手底线击球、反手底线击球的成绩分别为 86.26 和 80.52,而对照班为 78.28和 75.48,差异有显著性,说明通过多球练习可以提高学生底线的正、反手击球技术,而传统教学法训练的学生成功率明显低于实验组。

表 1 实验班与对照班技术评定成绩结果比较(X±S)

| 技术指标   | 对照班(N=80)  | 实验班(N=82)  |
|--------|------------|------------|
| 正手底线击球 | 78.28±8.45 | 86.82±7.34 |
| 反手底线击球 | 75.45±9.26 | 85.52±8.65 |

注:实验班与对照班比较, $P<0.05$ .

表 2 实验后实验班与对照班身体素质、机能指标比较(X±S)

| 指标      | 对照班(N=80)    | 实验班(N=82)    |
|---------|--------------|--------------|
| 立定跳远/cm | 236.47±24.18 | 250.26±20.22 |
| 握力体重指数  | 70.13±8.43   | 86.56±7.34   |
| 肺活量体重指数 | 68.42±14.24  | 84.27±18.42  |
| 台阶实验指数  | 54.62±9.23   | 65.38±14.26  |

注:实验班与对照班比较, $P<0.05$ .

在实际练习中,球的落点通过视觉器官反馈到大脑,使练习者及时调整站位并击球,并使击球动作、拍型、落点三者合一,有利于建立正确的动作定型.初学者在技术动作形成的过程中,很容易出现一些错误的动作,如底线击球时易出现击球点判断不准以及引拍过高、引拍不充分等,在单球练习时很难及时有效的纠正.但在多球练习时老师可一边喂球、一边观察,发现问题能及时予以提醒和纠正,随着练习次数的增多,学生就能较快地掌握正确的技术.而传统的教学方法,学生由于单位时间内练习次数不够多,练习强度和密度不够大,对肌肉的刺激相对较小,不利于形成正确的动作定型或者形成正确的动作定型的时间较长,加上普通高校网球选项课人数多、场地条件有限等因素的影响,很难有效的提高教学效果。

2.2.2 多球练习有利于激发学生的学习兴趣,树立自信心

多球训练趣味性、刺激性强,能够使学生注意力更加集中.练习中要求学生相应的区域内击球,尽可能使球落入相对应的区域,使单调、乏味的练习充满了趣味性.对于接受能力比较差的学生,多采用单一固定点的练习,喂球时可慢些、难度小些,让他们先找到对球的感觉、击球点的位置、动作的要领,随着技术掌握程度的提高,再结合步法进行移动多球练习及前后场的连续多球练习,在教学中多给予鼓励,使他们增强自信心,尽快地掌握技术动作.对于接受能力较强的学生,在教学中主要是以提高技战术意识和技术的熟练性、稳定性为主。

2.2.3 多球练习有利于提高教学质量

提高教学质量的前提是要掌握合理的技术动作,多球练习的优势就在于“时间短,见效快”,它可以使初学者在较短的时间内建立正确的动作定型,提高击球成功率.击球的成功率提高了,又会反过来使学生在单位时内练习的次数增多,更能有效地缓解或解决人数多、场地条件有限等因素的影响,从而使教学质量明显提高。

2.2.4 多球练习有利于提高学生的身体素质和身体机能

多球练习可以增加运动强度,提高学生的判断能力、移动速度、击球速度、击球力量,并提高学生的心肺功能、耐力素质,而传统的练习手段因来回球的速度节奏比较平稳,学生有较充裕的时间准备击球,因此运动强度往往不大。

3 结 论

多球练习法是网球基本技术训练的较好方法之一,在普通高校网球选项课教学中可起到积极的作用,

从表 2 可以看出,实验班的立定跳远、握力体重指数、肺活量体重指数、台阶指数等指标与对照班相比,差异有显著性( $P<0.05$ ).实验结果表明,多球练习提高了学生的判断能力、移动速度、击球速度,加大了击球力量,增加了练习的难度、运动的强度和密度,从而促进了学生身体素质和机能的提高。

2.2 分析与讨论

2.2.1 多球练习有利于网球运动技术的快速掌握

多球练习落点相对固定,单位时间内练习次数多、密度大、强度大,使大脑皮层短时间记忆储存加强,可弱化不良动作,强化正确的技术动作,学生能更快、更好的学习技术动作。

既可以形成正确的动作定型,增加击球的成功率,又可以缩短形成正确的动作定型的时间,有利于网球运动技术的快速掌握、提高及运用,从而提高教学质量,同时合理有效地解决了普通高校网球选项课中普遍存在的人多而课时少、场地少等问题。

#### 4 建 议

多球练习前,应做好充分的准备活动,避免因多球练习密度高、强度大而可能造成的运动损伤,还应注意合理安排学生的分组情况,如一组打球时,另一组依次拣球和挥拍模仿练习,避免造成多球练习时密度和强度的减小。

在多球练习中,教师应注意喂球的稳定性和多变性,对于初学者要将球送得慢而稳,使他们能轻松打到球,这有助于提高他们的打球兴趣;对有一定基础的学生则应采取多变的线路,使他们能动起来打球,提高实战能力。另外,要合理分配多球练习与单球练习的比例,在初学阶段多球练习比例可大些(占课时的70%),单球练习为辅,随着技术动作的完善、水平的提高应逐渐增加单球的练习量。

多球练习时教师要及时与学生进行交流和沟通,并及时纠正错误技术动作。语言简明扼要、形象生动、重点突出,以便使学生迅速得到回馈,形成正确的动作定型。

多球练习时教师要注意“质”与“量”的结合,“量”应根据学生的性别、自身条件和技术掌握情况而有所不同,一般以大强度、短间歇的练习方法为主,有一定的“量”后,就应强调击球的命中率和质量。

多球练习时要强调互帮互学,培养大学生的集体主义精神和团结协作意识,增进学生之间的友谊。

#### 参 考 文 献

- [1] 陶志翔. 网球运动教程(M). 北京:北京体育大学出版社,2007.
- [2] 陈勇,李皿. 非体育专业高校提高网球教学质量的思考[J]. 北京体育大学学报,2005,(9):47-50.
- [3] 宫晓丽. 我国普通高校大学生网球运动开展现状研究[J]. 山东体育学院学报,2004,(5):62-64.
- [4] 季敦山. 我国高校网球运动现状调查与研究 [J]. 首都体育学院学报,2006,(2):53-55.
- [5] 王小云,孙志鹏. 提高我国普通高校网球教学质量的思考[J]. 中国科技博览,2008,(18):38-41.
- [6] 陆永江. 普通高校网球选项课的特点及教学探讨[J]. 安徽体育科技,2005,(6):44-45.

## APPLICATION OF THE MULTI-BALL PRACTICE METHODS IN COLLEGE TENNIS ELECTIVE COURSE TEACHING

ZHANG Xin

(P. E. Department, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** In college tennis elective course teaching, applying the multi-ball practice methods to do experimental research. The results show: the multi-ball practice methods can improve undergraduates' learning interest, and having a better effect on mastering tennis fundamental skills, improving actual ability and reaction speed in special physical quality and functions. The multi-ball practice method are simple and practical, it can solve the problem of the more people with the less class hours and the lack of site.

**Key words:** tennis; the multi-ball practice method; elective course; teaching

# 非英语专业大学生英语阅读元认知能力的实证研究

刘 丽

(西安工程大学人文学院外语系, 陕西 西安 710048)

**摘 要:**基于元认知理论和互动式阅读理论,采用问卷调查和阅读测试,考察和分析了非英语专业大学生在英语阅读理解方面的元认知知识储备和元认知策略的使用情况;深入研究了元认知能力与英语阅读水平和英语语言水平之间的相关性,从而更加明确地指导高校英语阅读教学.提出高校英语阅读课堂教学改革应把元认知能力作为培养和提高学生英语技能必不可少的重要组成部分,使学生成为独立自主的、高效的外语学习者.

**关键词:**元认知能力; 互动式阅读理论; 英语阅读水平

**中图法分类号:**H08

**文献标识码:**A

## 0 引言

受行为主义的影响,传统外语教学的研究重点主要集中在教学过程、教学环境和教学方法上,而在很大程度上忽视了学习主体本身的特点和其主观能动作用.随着现代认知语言学、心理语言学和信息论等学科的发展,20 世纪 70 年代美国儿童心理学家弗莱维尔(J. F. Flavell)<sup>[1]</sup>在《认知发展》一书中明确提出了元认知概念,即认知主体对自身认知活动或心理意识的宏观管理.元认知便成为心理学研究和外语教学研究的热点.阅读作为外语学习最重要的技能和手段之一,一开始便成为元认知研究的重要领域.众多国外学者如 Barnett<sup>[2]</sup>、Block<sup>[3]</sup>和 Carrell<sup>[4]</sup>等通过研究表明元认知对二语习得中的学生的阅读理解有积极影响.在国内,一部分学者(文秋芳<sup>[5]</sup>、吕中舌、涂远程<sup>[6]</sup>、王文宇<sup>[7]</sup>)则把目光集中在了英语学习策略研究及元认知策略研究方面;还有一部分学者提出将元认知理论应用到中国英语教学实践中去(郭世明<sup>[8]</sup>、杨小虎、张文鹏<sup>[9]</sup>).

本研究将通过实证研究,深入和全面地了解非英语专业大学生在实际英语阅读理解过程中所具备的元认知能力,同时考察元认知能力与阅读水平和英语语言水平的相关性,从而更加明确地指导高校英语阅读教学.

## 1 元认知与英语阅读理解

20 世纪 70 年代中期,阅读研究的焦点从解码阶段转移到交互式阅读阶段,这大大提升和丰富了人们对阅读过程的认识.阅读理解不再只是准确解码而已,其解码的有效性和高效率才是最重要的.在信息处理过程中,研究人员发现读者能够积极主动地通过使用一系列元认知策略掌控他们的阅读过程,梳理通过大脑的信息流,调整和管理认知活动,以确保阅读过程的有效性和高效率. Irwin<sup>[10]</sup>指出阅读是一个在读者和语篇之间进行的积极主动的语义建构过程,这个过程可以由读者根据自己的阅读目的来计划、控制和调节.因此,元认知能力在阅读理解中起着非常重要的作用.

\* 收稿日期:2011-04-21

作者简介:刘 丽(1973—),女,陕西省蓝田县人,讲师,硕士,研究方向:应用语言学

### 1.1 元认知与前阅读阶段

前阅读阶段的元认知能力主要体现在学生对自身的认识、熟悉阅读任务及选择要采取的元认知策略。学生关于个体认知方面的知识包括其语言水平、学习能力、背景知识、记忆特点、学习风格和学习习惯等。它对学生英语阅读的影响集中体现在学生的自我效能感上,即自己是否有能力、有信心完成某一阅读任务。其次是学生对阅读任务的认知,包括阅读任务的目标、性质、内容、结构特点、要求及制约因素等。学生对阅读任务的认知程度将决定其在阅读过程中认知策略和元认知策略的选择。在前阅读阶段,学生通过预读可了解和认识阅读任务,激活已知知识来预测阅读内容,为完成阅读任务做好准备。最后,学生根据已掌握的个体及任务元认知知识,即读者、文本和具体的情景特点,计划将采取的元认知阅读策略。简而言之,整体全面地计划和制定元认知策略是完成特定阅读任务前提和保障。

### 1.2 元认知与阅读阶段

阅读理解最重要的阶段是读者构建语义的元认知过程,也被称为阅读的监控阶段。Collins & Smith<sup>[11]</sup>把理解监控定义为“学生在阅读过程中评估阅读进程的能力和阅读过程遭遇困难能及时采取挽救措施的能力”,其元认知能力主要体现在对阅读过程的监控能力方面。读者根据自己的元认知体验(理解、不甚理解或不理解等)和阅读目标,通过不断地、积极地反省和自测发现阅读障碍,调整阅读速度和策略、补救修正理解失误、评估理解水平,从而有效的保证阅读任务的完成。任何情境下的阅读理解的成功不仅要依赖于娴熟的使用阅读技巧,而且更依赖于对阅读进程的监控能力<sup>[12]</sup>。因此,自我监控是学生对自我的阅读活动积极地、自觉地、宏观地进行控制、调节、反馈、修补、评价和完善,是体现学生阅读能力的主要方面和重要特征。

### 1.3 元认知与后阅读阶段

后阅读阶段是指对阅读任务完成情况的评估,包括检查和评定读者的理解水平,即是否清楚和完整地掌握阅读材料、总结阅读内容和得出合理的推断和结论、评估在阅读过程中使用的策略、总结经验教训以及对今后学习的启示和重新规划等。

任何成功的阅读教学都应建立在对阅读理解过程充分认识的基础之上。阅读理解实际上是一个交互式的语义构建过程,它要求学生在这个过程中进行不断地自我监控、自我修正、自我评价和自我完善。

## 2 研究方法和结果分析

### 2.1 研究目的、对象和设计

本研究针对以下问题而展开:(1)非英语专业大学生的阅读元认知知识和策略使用的总体状况如何?(2)不同英语阅读水平的学生是否在元认知能力方面存在显著差异?(3)元认知、英语阅读水平与英语语言水平三者间是如何相互影响的?

本研究采取整群随机抽样的方法,从西安工程大学计算机学院、电信学院、人文学院和服装学院选取了120名非英语专业的大一新生参加了问卷调查及标准英语阅读测试。

### 2.2 研究工具

在本研究中,学生的元认知能力通过元认知策略调查问卷获得,参照国内外相关研究作者自行设计了元认知策略调查问卷,其内部一致性信度系数 $\alpha$ 达到0.83。该问卷包括35个项目:题项1~6为前阅读阶段的元认知策略;题项7~30为监控阅读中的元认知策略;题项31~35为后阅读阶段的元认知策略。

阅读测试考查的是学生的阅读水平,考题选自全国大学英语测试题库(一级)试题,包括两部分:客观题(共两篇文章占50分)和主观题(一篇文章占50分)。试题未超出被试者的能力范围。

第三,被试者的英语语言水平由其2009年全国普通高考英语科目的考试成绩来反映,其内部一致性信度经过专家认可,可以认定与被试学生当时真实的英语水平基本一致。

### 2.3 数据统计和分析

本研究使用SPSS11.0进行数据录入、整理和分析。除去无效试卷后,共有100份调查问卷和阅读测

试试卷被用来进行数据统计分析,  $\alpha=0.05$  被定为显著值.

2.3.1 问卷调查结果

根据表 1 和表 2, 被试者在前阅读阶段表现得不够积极, 较少对阅读任务进行全面的整体分析, 较少考察阅读任务的性质特点和可选择的阅读策略. 究其原因, 学生是测试型的语言学习者, 平时接触的阅读材料多是典型的以多选题为考察手段的考试型材料, 没有标题和其他文体格式上的特征. 学生通常不会考察阅读任务的性质特点而直接进行阅读, 结果造成学生至少 4 个方面元认知能力的缺失: 缺乏对阅读任务目标的认识; 没能有效激活已有知识来帮助自己理解未知信息; 缺乏对阅读任务性质特点的认识; 缺乏对阅读材料的预判和分析. 其中被试者在选择他们较喜欢的预览方法时, 56% 的人选择预习生单词, 由此可见被试者过分拘泥于词汇层面的问题, 过分注重或更习惯于进行自下而上的、从细节到总体的阅读活动. 因此, 在前阅读阶段, 被试者是较为被动的阅读者.

表 1 元认知知识调查问卷各部分得分情况

| 类别   | 题项       | 人数  | 最小值 | 最大值 | 平均值   | 项平均值 | 标准偏差  |
|------|----------|-----|-----|-----|-------|------|-------|
| 第一部分 | 1~6(1)   | 100 | 8   | 22  | 15.83 | 2.63 | 3.19  |
| 第二部分 | 7~30     | 100 | 44  | 88  | 68.18 | 2.83 | 9.90  |
| 第三部分 | 31(1)~35 | 100 | 7   | 20  | 12.48 | 2.50 | 3.15  |
| 总计   | 1~35     | 100 | 65  | 126 | 96.53 | 2.76 | 14.39 |

表 2 元认知知识调查问卷各题项得分情况

| 题项   | 平均值  | 标准偏差 | 题项 | 平均值  | 标准偏差 | 题项 | 平均值  | 标准偏差 | 题项    | 平均值  | 标准偏差 |
|------|------|------|----|------|------|----|------|------|-------|------|------|
| 1    | 3.15 | 0.88 | 10 | 2.97 | 0.89 | 19 | 3.35 | 0.82 | 28    | 2.84 | 0.85 |
| 2    | 2.64 | 0.96 | 11 | 2.69 | 1.06 | 20 | 3.29 | 0.77 | 29    | 3.18 | 0.78 |
| 3    | 2.45 | 0.94 | 12 | 2.82 | 1.03 | 21 | 2.66 | 0.89 | 30    | 3.09 | 0.87 |
| 4    | 2.39 | 1.00 | 13 | 2.38 | 1.14 | 22 | 2.85 | 0.85 | 31(1) | 3.10 | 0.97 |
| 5    | 2.30 | 0.96 | 14 | 3.10 | 0.88 | 23 | 2.35 | 1.07 | 32    | 2.60 | 1.00 |
| 6(1) | 2.87 | 0.98 | 15 | 2.60 | 0.89 | 24 | 2.77 | 0.93 | 33    | 2.33 | 0.90 |
| 7    | 2.98 | 0.91 | 16 | 1.95 | 0.99 | 25 | 3.04 | 0.91 | 34    | 2.13 | 0.90 |
| 8    | 3.29 | 0.84 | 17 | 2.65 | 0.89 | 26 | 3.11 | 1.05 | 35    | 2.32 | 0.91 |
| 9    | 2.96 | 1.00 | 18 | 3.41 | 0.75 | 27 | 1.92 | 0.81 |       |      |      |

表 3  $t$  检验: 使用解决问题元认知策略方面的差异

| 题项  | 英语水平    | 学生数 | 平均数  | 标准偏差 | $t$ 值 | Sig.  |
|-----|---------|-----|------|------|-------|-------|
| V9  | 105~119 | 19  | 3.63 | 0.60 | 5.31  | 0.000 |
|     | 75~89   | 20  | 2.35 | 0.86 |       |       |
| V14 | 105~119 | 19  | 3.21 | 0.92 | 0.90  | 0.373 |
|     | 75~89   | 20  | 2.95 | 0.89 |       |       |
| V15 | 105~119 | 19  | 3.21 | 0.63 | 4.44  | 0.000 |
|     | 75~89   | 20  | 2.25 | 0.72 |       |       |
| V17 | 105~119 | 19  | 3.26 | 0.65 | 4.38  | 0.000 |
|     | 75~89   | 20  | 2.10 | 0.97 |       |       |
| V18 | 105~119 | 19  | 3.74 | 0.45 | 4.18  | 0.000 |
|     | 75~89   | 20  | 2.85 | 0.81 |       |       |
| V19 | 105~119 | 19  | 3.37 | 0.83 | 0.41  | 0.685 |
|     | 75~89   | 20  | 3.25 | 0.97 |       |       |
| V20 | 105~119 | 19  | 3.37 | 0.90 | 0.46  | 0.650 |
|     | 75~89   | 20  | 3.25 | 0.72 |       |       |
| V22 | 105~119 | 19  | 3.11 | 0.74 | 2.61  | 0.013 |
|     | 75~89   | 20  | 2.45 | 0.83 |       |       |
| V29 | 105~119 | 19  | 3.53 | 0.51 | 2.94  | 0.006 |
|     | 75~89   | 20  | 2.80 | 0.95 |       |       |

问卷第二部分对元认知监控考察的结果表明被试者能较主动和灵活地使用元认知策略(表 2). 大多数被试者都能积极熟练地使用元认知策略进行语义构建(如第 7, 8, 10, 11, 12, 21, 24, 25, 28 和 30 项)和解决问题(如第 9, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22 和 29 项), 毕竟阅读理解最终的目标就是要读者构建对他们有用的语义; 但他们却较少选择使用支持阅读策略(如第 13, 16, 23, 26 和 27 项).

本研究选择了高考成绩在 75~89 之间的被试者为劣等生(20)和高考成绩在 105~119 之间的为优等生(19), 分别进行了语义构建和解决问题元认知策略  $t$  检验(表 3). 结果表明, 优等生和劣等生在使用语义构建元认知策略方面表现相差无几, 但在使用解决问题元认知策略方面表现出显著差异. 优等



生能熟练使用各种元认知策略,灵活处理各种问题,而劣等生在出现问题时则显得手足无措。

问卷的最后一部分是阅读理解的评价策略,包括检验学习效果(第 31 项)、总结阅读过程(第 32,33 项)、评估阅读策略(第 34 项)和调整学习计划(第 35 项)。根据表 1 和表 2,后阅读阶段是最消极的阅读阶段。除第 31 项外,多数被试者没有对阅读效果进行全面总结和评价,这反映了学生深受应试教育的影响,检验阅读效果就是阅读理解的终结,而忽视了对阅读活动积极地、自觉地和宏观地进行评价、总结和规划。

整体上,优等生和劣等生在元认知阅读策略上表现出较大差异(表 4)。优等生在元认知阅读策略方面得到的所有数据的平均值都远远高于劣等生,表明优等生较劣等生更频繁地使用各种元认知策略,他们目标明确,更关注阅读任务本质,在选择和执行阅读策略方面表现更积极,分配时间更合理,对潜在问题更敏感,解决问题更积极,对改进阅读能力更负责。

2.3.2 阅读测试结果分析

阅读测试旨在证实被试者认可的阅读元认知策略的使用情况(表 5)。阅读测试两部分的平均值和标准偏差都非常接近,说明其保持了很高的内部可信度。多选题的平均成绩稍高于主观题,但标准偏差稍低于主观题,说明被试者在多选题部分表现较好。一方面,学生非常熟悉多选题,且这类题总是让学生有猜测校正的机会;另一方面,说明主观题能较全面考察学生的英语产出性技能,要求学生对阅读理解有更明确的认识,更多地使用策略来构建语义,解决问题和评估阅读进程。

表 5 阅读测试的描述性报告

| 题项   | 人数  | 平均值   | 标准差   | 题项   | 人数  | 平均值   | 标准差  |
|------|-----|-------|-------|------|-----|-------|------|
| 1    | 100 | 3.70  | 2.20  | 11   | 100 | 2.73  | 2.49 |
| 2    | 100 | 2.15  | 2.49  | 12   | 100 | 1.93  | 2.43 |
| 3    | 100 | 2.35  | 2.51  | 13   | 100 | 2.25  | 2.44 |
| 4    | 100 | 2.70  | 2.51  | 14   | 100 | 3.30  | 2.25 |
| 5    | 100 | 3.70  | 2.20  | 15   | 100 | 2.58  | 2.44 |
| 6    | 100 | 2.45  | 2.51  | 16   | 100 | 3.57  | 2.22 |
| 7    | 100 | 3.00  | 2.46  | 17   | 100 | 0.86  | 1.86 |
| 8    | 100 | 3.50  | 2.30  | 18   | 100 | 2.46  | 2.49 |
| 9    | 100 | 2.30  | 2.51  | 19   | 100 | 3.74  | 1.99 |
| 10   | 100 | 1.85  | 2.43  | 20   | 100 | 3.88  | 2.01 |
| 第一部分 | 100 | 27.80 | 9.30  | 第二部分 | 100 | 27.22 | 9.60 |
| 总计   | 100 | 55.05 | 15.26 |      |     |       |      |

根据被试者元认知能力得分(即每项得分的平均值),为充分扩大和平衡两组被试者人数以提高可信度,本研究选择 2.82 为分界线进行  $t$  检验(表 6):得分大于等于 2.82 的为元认知能力高分组(49 人);得分小于 2.82 的为元认知能力低分组(51 人)。就整个阅读测试而言,元认知能力不同的两组在阅读理解方面具有显著差异:

元认知能力高分组能更好地控制和管理阅读过程,取得更好的成绩。多选题  $t$  值低于主观题  $t$  值,说明不同元认知能力的学生在主观题部分的表现存在显著差异。

表 4  $t$  检验:被试者在元认知阅读策略方面的差异

| 类别     | 英语水平    | 学生数 | 平均值   | 标准差   | $t$ 值 | $p$   |
|--------|---------|-----|-------|-------|-------|-------|
| Part 1 | 105~119 | 19  | 18.00 | 2.96  | 3.11  | 0.004 |
|        | 75~89   | 20  | 15.30 | 2.45  |       |       |
| Part 2 | 105~119 | 19  | 77.00 | 6.42  | 6.97  | 0.000 |
|        | 75~89   | 20  | 61.25 | 7.61  |       |       |
| Part 3 | 105~119 | 19  | 15.00 | 2.603 | 4.32  | 0.000 |
|        | 75~89   | 20  | 11.40 | 2.604 |       |       |

表 6  $t$  检验:阅读元认知能力高分组和低分组的差异

|      | Aver.  | MST  | 人数 | 平均值   | 标准差   | $t$ 值 | Sig.  |
|------|--------|------|----|-------|-------|-------|-------|
| 阅读理解 | $\geq$ | 2.82 | 49 | 65.69 | 9.34  | 9.37  | 0.000 |
|      | $<$    | 2.82 | 51 | 44.82 | 12.63 |       |       |
| 第一部分 | $\geq$ | 2.82 | 49 | 32.35 | 5.69  | 5.44  | 0.000 |
|      | $<$    | 2.82 | 51 | 23.43 | 10.02 |       |       |
| 第二部分 | $\geq$ | 2.82 | 49 | 33.43 | 7.25  | 8.18  | 0.000 |
|      | $<$    | 2.82 | 51 | 21.25 | 7.33  |       |       |



2.3.3 元认知、英语水平和阅读理解

本研究中有 3 个重要的变量:元认知能力、英语水平和阅读理解能力,这 3 个变量的  $t$  检验结果(表 7)表明:(1)优秀读者在阅读中能使用较多的元认知策略;(2)英语水平高的学生元认知能力更强;(3)英语水平高的学生的阅读理解能力更强;(4)元认知能力强的学生和元认知能力差的学生在阅读理解和英语水平方面表现出巨大差异,即元认知能力强的学生往往英语水平较高,阅读理解能力较强,反之则较弱。

表 7 元认知、英语水平和阅读理解的  $t$  检验结果

| 变量   | 阅读理解                | 人数 | 平均值    | 标准差    | $t$ 值 | Sig.  |
|------|---------------------|----|--------|--------|-------|-------|
| 元认知  | $\geq 60$ (好读者)     | 47 | 107.00 | 9.122  | 9.397 | 0.000 |
|      | $< 60$ (差读者)        | 53 | 87.25  | 11.569 |       |       |
| 变量   | 英语水平                | 人数 | 平均值    | 标准差    | $t$ 值 | Sig.  |
| 元认知  | $\geq 92$ (水平高的)    | 48 | 106.54 | 9.867  | 8.975 | 0.000 |
|      | $< 92$ (水平低的)       | 52 | 87.29  | 11.445 |       |       |
| 变量   | 英语水平                | 人数 | 平均值    | 标准差    | $t$ 值 | Sig.  |
| 阅读理解 | $\geq 92$ (水平高的)    | 48 | 65.94  | 9.021  | 9.412 | 0.000 |
|      | $< 92$ (水平低的)       | 52 | 45.00  | 12.742 |       |       |
| 变量   | 元认知                 | 人数 | 平均值    | 标准差    | $t$ 值 | Sig.  |
| 阅读理解 | $\geq 99$ (元认知能力强的) | 49 | 65.69  | 9.335  | 9.365 | 0.000 |
|      | $< 99$ (元认知能力低的)    | 51 | 44.82  | 12.633 |       |       |
| 变量   | 元认知                 | 人数 | 平均值    | 标准差    | $t$ 值 | Sig.  |
| 英语水平 | $\geq 99$ (元认知能力强的) | 49 | 100.12 | 10.523 | 8.929 | 0.000 |
|      | $< 99$ (元认知能力低的)    | 51 | 76.39  | 15.480 |       |       |

表 8 元认知、英语水平和阅读理解的相关性

| 变量   |                     | 英语水平    | 阅读理解    | 元认知     |
|------|---------------------|---------|---------|---------|
| 元认知  | Pearson Correlation | 0.710** | 0.676** | 1       |
|      | Sig. (2-tailed)     | 0.000   | 0.000   | 0.0     |
|      | N                   | 100     | 100     | 100     |
| 英语水平 | Pearson Correlation | 1       | 0.762** | 0.710** |
|      | Sig. (2-tailed)     | 0.0     | 0.000   | 0.000   |
|      | N                   | 100     | 100     | 100     |
| 阅读理解 | Pearson Correlation | 0.762** | 1       | 0.676** |
|      | Sig. (2-tailed)     | 0.000   | 0.0     | 0.000   |
|      | N                   | 100     | 100     | 100     |

\*\* 相关系数显著水平达到了 0.01 (2-tailed).  
为自变量,多元回归分析结果如下(表 9):

表 9 多元回归分析:元认知和英语水平对阅读理解的影响

| 模型   | B     | Beta  | $t$   | Sig.  |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 英语水平 | 0.369 | 0.431 | 4.788 | 0.000 |
| 元认知  | 0.446 | 0.421 | 4.672 | 0.000 |

注: $R^2=0.625$ ,  $f=80.81$ ,  $p=0.05$ .

表 10 单元回归分析:元认知对英语水平的影响

| 模型  | B     | Beta  | $t$    | Sig.  |
|-----|-------|-------|--------|-------|
| 元认知 | 0.894 | 0.723 | 10.365 | 0.000 |

注: $R^2=0.623$ ,  $f=107.44$ ,  $p=0.05$ .

本研究对 3 大变量又进行了相关性分析.当 3 组相关系数显著水平都达到了 0.01:元认知与英语水平的相关系数为 0.710,元认知与阅读理解的相关系数为 0.676,英语水平与阅读理解的相关系数为 0.762,统计结果出现的概率达 99%,因此这 3 个变量两两之间呈显著的正相关关系.为验证它们之间是否存在着因果关系,本研究又采用回归分析来计算出在多大程度上通过两个自变量(元认知和英语水平)可预测学生的阅读理解能力.以阅读理解为变量,元认知和英语水平

根据 Beta 的绝对值,我们可以较准确地通过学生的元认知能力和英语水平来实际预测他们的阅读成绩,多元回归等式如下所示:

阅读理解 = 0.431 × 英语水平 + 0.421 × 元认知能力

同时以英语水平为变量,元认知能力为自变量的单元回归分析结果(表 10)证实学生的元认知能力对其英语水平是一重要的预测指标,回归方程式为:

英语水平 = 0.723 × 元认知

回归分析结果表明 3 变量之间紧密相关:(1)元认知可直接影响阅读理解;(2)英语水平直接影响阅读理解;(3)元认知可通过英语水平对阅读理解间接施加影响.由此可见,元认知

是提高阅读理解和英语水平的重要因素.

3 结束语

良好的阅读者是积极主动的、有策略的、高效自主的英语学习者. 元认知不仅对学生的阅读能力, 而且对学生的整个英语学习发展起着重要的作用. 因此, 大学英语阅读教学应鼓励学生不仅重视语义构建, 更重要的是从元认知能力的角度加强学生发现问题和解决问题的能力, 全面培养其元认知能力以提高阅读水平. 现行的英语教学大纲应把元认知能力作为培养和提高学生英语技能必不可少的重要组成部分.

参 考 文 献

[1] Flavell, J. H. Metacognitive Aspects of Problem Solving. In L. B. Resnick(Ed. ), The Nature of Intelligence[M]. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1976: 34.

[2] Barnett, M. A. Reading through context; How real and perceived strategy use affects L2 comprehension[J]. The Modern Language Journal, 1988, (2): 50-162.

[3] Block, E. L. See how they read: comprehension monitoring of L1 and L2 readers[J]. TESOL Quarterly, 1992, (26): 319-343.

[4] Carrell, P. L. Metacognitive awareness and second language reading[J]. Modern Language Journal, 1989, (73): 121-134.

[5] 文秋芳. 传统和非传统学习方法与英语成绩的关系[J]. 现代外语, 1996, (1): 37-43.

[6] 吕中舌, 涂远程. 中国学生英语阅读策略研究[J]. 清华大学教育研究, 1998, (4): 74-81.

[7] 王文宇. 观念、策略与英语词汇记忆[J]. 外语教学与研究, 1998, (1): 47-52.

[8] 郭世明. 元认知理论与 ESL 阅读教学[J]. 大学外语增刊: 外语教学观点与方法, 1996, (4): 61-65.

[9] 杨小虎, 张文鹏. 元认知与外语阅读理解[J]. 中国矿业大学学报(社科版), 2001, (3): 151-156.

[10] Irwin, Judith W. Teaching Reading Comprehension Processes (2nd Edition) [M]. London: Allyn and Bacon, 1986: 28-59.

[11] Collins, A. & Smith, E. E. Teaching the Process of Reading Comprehension (Technical Report No. 182) [M]. Urbana-Champaign: Center for the Study of Reading, University of Illinois, 1980: 30-85.

[12] Brown, A. L. Metacognitive Development and Reading. In R. j. Spiro, B. Bruce, & W. Brewes (Eds. ), Theoretical Issues in Reading Comprehension[M]. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1980: 156-168.

RESEARCH ON METACOGNITIVE ABILITY OF  
NON-ENGLISH MAJORS IN ENGLISH READING COMPREHENSION

LIU Li

(College of Humanities and Social Science, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** Metacognition, as a major focus of research in education and psychology, is a significant factor for students in academic success. The paper attempts to explore the metacognitive ability of non-English majors in English reading comprehension, as well as the correlation among metacognition, English proficiency and English reading comprehension, in an effort to emphasize the importance of facilitation of metacognition and to call for more efforts to increase learners' metacognitive awareness in English reading so as to help students to become independent, efficient and successful language readers.

**Key words:** metacognitive ability; interactive reading theory; English reading comprehension

\* 文章编号:1000-5811(2011)04-0192-04

# 瑜伽运动处方对女大学生痛经状况的改善

张 雷

(宝鸡文理学院体育系, 陕西 宝鸡 721013)

**摘 要:**大学女生痛经的发生率已越来越高,直接影响到她们的学习和生活质量.针对当今大学生体质健康不容乐观的状况,作者对 53 名有不同程度痛经史的学生进行了瑜伽运动处方的治疗,研究了瑜伽对痛经状况的改善作用,为女大学生解决和预防痛经提供了一个新的方式,同时也为增强大学生体质、提升心理素质提供了一个适合终身锻炼的体育项目.

**关键词:**瑜伽;运动处方;痛经

**中图法分类号:**R455

**文献标识码:**A

## 0 引 言

痛经是妇科的常见病,多发于未婚女性,临床以经期或经前后小腹疼痛为主,或痛引腰骶、甚至昏厥,伴随月经周期发作,其发病率约占女性患者的 33.19%<sup>[1]</sup>.有研究表明高校女生中痛经患者已高达 29%<sup>[2]</sup>,严重影响了她们的学习效率和生活质量.而她们对于痛经现象的处理大部分采用饮食调理和药物治疗方法,并且是在经期前后进行治疗,运用运动处方治疗的几乎没有.本研究以瑜伽对神经系统良好的调节功效为依据,对上述痛经患者进行了运动处方治疗的探索.

## 1 研究对象

筛选宝鸡文理学院 53 名有不同程度痛经的女大学生为研究对象,年龄在 19~23 岁,痛经史为 8 个月~3 年,到医院妇科进行检查均为原发性疼痛(原发性痛经是指从有月经开始就发生的腹痛),且没有其他疾病.

## 2 研究方法

### 2.1 问卷调查法

根据研究内容和目的自行设计问卷,并通过信度和效度的检验,在实验前后分别进行问卷发放,对实验效果进行调查,实验前后问卷回收率均为 100%.

### 2.2 实验法

#### 2.2.1 实验方法

实验人群采用设计好的运动处方进行连续干预锻炼,以哈努曼式、脊柱伸展式、背部伸展式、花环式、蝴蝶式、猫伸展式、眼镜蛇式、束角式等体位法为主要练习内容,采取为期 15 周,每周 3 次,每次 70~80 min 的隔天练习方法.鉴于瑜伽本身的项目特点,设定的基本部分心率为 120~140 次/min,在基本部分中进行两次即刻 10 s 脉搏测量,以监测运动强度.

\* 收稿日期:2011-04-09

作者简介:张 雷(1978—),女,河南省禹州市人,讲师,硕士,研究方向:体育教学与研究

基金项目:陕西省体育局课题(编号:10051),陕西省教育厅课题(编号:11JK0458)

2.2.2 实验要求

在瑜伽训练初期(前 1~2 星期),首先让受试者完全掌握瑜伽呼吸法,因为呼吸是连接生理和心理的桥梁,是瑜伽修炼的灵魂,瑜伽呼吸法掌握的好坏直接影响到体位法训练的结果.其次让受试者充分理解每一个动作体位法的精髓,使体位法和呼吸两者达到完美结合.最后使受试者充分体验瑜伽的真谛——冥想,最大限度的用心关注、感受自己的身体.

3 研究结果与分析

3.1 研究结果

在实验前和实验后 4 个月,分别按“中药治疗痛经的临床研究指导原则<sup>[3]</sup>”及“国际疼痛会新标准<sup>[4]</sup>”将学生的痛经程度分为轻度、中度和重度,分别对实验前后的疼痛情况进行统计,从表 1 可以看出重度、中度疼痛率均明显降低,无疼痛率显著增加,说明瑜伽运动处方对痛经疼痛的改善是有明显作用的.

表 1 瑜伽运动处方对疼痛度的改善

|     | 总人数 | 重度        | 中度         | 轻度         | 无疼痛        |
|-----|-----|-----------|------------|------------|------------|
| 实验前 | 53  | 9(16.98%) | 28(52.83%) | 16(30.19%) | 0          |
| 实验后 | 53  | 3(5.66%)  | 11(20.75%) | 25(47.17%) | 14(26.42%) |

通过问卷调查,从表 2 疗效情况可以看出,瑜伽运动处方对痛经状况的改善率为 90.57%,说明瑜伽运动处方对痛经的疗效明显.

表 2 瑜伽运动处方对痛经的疗效

| 人数 | 痊愈         | 效果明显       | 效果一般但有效    | 根本无效     | 有效率    |
|----|------------|------------|------------|----------|--------|
| 53 | 14(26.42%) | 23(43.40%) | 11(20.75%) | 5(9.43%) | 90.57% |

3.2 分析

3.2.1 痛经的原因分析

月经期间发生剧烈的小肚子痛,月经过后自然消失的现象,叫做痛经.痛经分为原发性痛经和继发性痛经两种.原发性痛经是生殖器官无器质性病变所致的痛经,一般认为与精神神经性因素、内分泌因素及子宫因素所引起的子宫过度收缩、子宫缺血、缺氧等有关<sup>[5]</sup>.继发性痛经一般则是由于疾病造成的.引起痛经的因素很多,如:(1)子宫颈管狭窄,主要是月经外流受阻,引起痛经.(2)子宫发育不良,子宫发育不佳容易合并血液供应异常,造成子宫缺血、缺氧而引起痛经.(3)子宫位置异常,若妇女子宫位置极度后屈或前屈,则可影响经血通畅而致痛经.(4)精神、神经因素,部分妇女对疼痛过分敏感.(5)遗传因素,女儿发生痛经与母亲痛经有一定的关系.(6)内分泌因素,月经期腹痛与黄体期孕酮升高有关.(7)妇科病,如子宫内膜异位症、盆腔炎、子宫腺肌症、子宫肌瘤等.目前认为,子宫内膜和血液中前列腺素含量增高是痛经的主要原因.因为大量前列腺素对子宫有兴奋作用,可以引起子宫肌肉的强烈收缩,子宫缺血、缺氧而产生较剧烈的疼痛,所以有痛经.

对于痛经来讲,一般认为主要是由于血流不畅的瘀血痛和子宫肌肉收缩的痉挛痛造成的.在西医中,痛经的产生认为主要与内分泌、神经、精神(如紧张、恐惧、忧郁)等因素有关<sup>[6]</sup>.中医认为其病理是虚实兼夹,即经期以实为主,经间期以虚为主.所谓“实”是指各种因素所致的冲任、胞宫气血瘀滞不通则痛;所谓“虚”是指气血志虚,肝肾不足.青春期女子正处在生长发育前段,气血旺而未盛,肾气盛而未充,机体成而未壮,故气血亏虚,肝肾不足,胞宫失于濡养,不通则痛<sup>[7]</sup>.女性到了月经周期,经血非常充盈,这个时候生理的自然机能就是要疏泄掉.人体中肝是起疏泄作用的重要器官,只有肝的疏泄功能正常,经血才能排出体外.如果肝的功能不正常,那么可能这个时候,经血和气脉就会产生很大的压力,这个压力作用于腹部就引起了腹部疼痛,这就是痛经的原因.

3.2.2 女大学生产生痛经的原因分析

根据问卷调查结果显示,多数学生的痛经出现在月经时,部分学生出现在月经前 3~2 天,月经来潮后疼痛有所加重,但月经过后则一切恢复正常,其腹痛的时间和月经周期有着密切的关系,并且大部分学生

反映,在学期始末学习压力较大和心情较低落阶段其痛经症状较其他时间稍为严重.女大学生产生痛经的原因,一方面是由于学习生活等压力造成的精神紧张疲劳,导致内分泌失调,气血运行不畅,经血和气脉就产生了很大的压力,这个压力作用于腹部造成了腹部疼痛引起痛经;另一方面是由于未婚女性子宫发育不完善、子宫狭小或经血中含有血块、带有大片的子宫内膜而引起的小肚子疼引起的痛经.

### 3.2.3 瑜伽缓解改善痛经症状原理分析

女大学生的痛经归根结底其实就是因为经血的疏泄功能出现了问题,是经血不能正常排放引起的,要治疗痛经就要改善这种疏泻功能.人体中起疏泄作用的是肝,也就是说只有肝的疏泄功能正常,经血才能排出体外.改善这种疏泻功能就要调节肝脏,这里肝脏不是指解剖学上的肝脏,而是指的肝气.

本套瑜伽运动处方的设计主要是针对痛经的部位而进行的,通过对腹部的按、压、摩,臀部的提、放,盆部的收、展,腰部扭、转等动作,并配以意、气、神合一,再加上对子宫、三阴交、关元、中极、气海等穴位的按、压、摩,达到改善腰部、腹部、盆腔、子宫等部位的血液循环、缓解痉挛、止痛的效果.其次,瑜伽练习运用冥想意念结合体位法注重用意念引导动作中身体的感受,并强调呼吸的结合统一,在体位法和呼吸的正确结合下,练习瑜伽的过程中呼吸会减慢和加深,呼出气体中的  $O_2$  减少,  $CO_2$  增加,使气体代谢率明显减低,能帮助人保持一个健康的神经系统.借助呼吸放松,身心舒展、平和安逸,既可消除思想和行动上的紧张和疲劳,调节心态、精神愉悦,也改善了神经系统功能,缓解了来自社会、学习等各方面的精神压力,消除了紧张心理,使人的心理达到一种平和安静的状态,神经系统也因此平稳正常,从而缓解因精神紧张、焦虑、抑郁等心理原因而造成的痛经现象.再次,瑜伽体位间接地给予某些腺体按摩和刺激,有助于消除疲劳,建立良好的周身血液循环与重新调整静态血液分配的条件反射,使毛细血管扩张,增强血液携氧量,促进子宫区域的血液循环,活血化瘀,使血管壁上的沉积物被带走排出,有效减轻月经期子宫充血程度和缩短子宫收缩的时间,解除与缓解痛经症状.并且有研究表明,痛经患者在月经期子宫内膜和月经血中  $PGF_{2\alpha}$  含量明显增高,  $PGF_{2\alpha}$  可引起子宫平滑肌过强收缩,甚至呈痉挛性收缩,故  $PGF_{2\alpha}$  含量增高是造成痛经的主要因素.而瑜伽体位与呼吸、冥想的统一结合,可以很好的改善身体内循环机能,使  $PGF_{2\alpha}$  含量保持稳定,抑制子宫兴奋而产生的子宫肌肉强烈收缩,建立良好的周身血液循环,有效减轻月经期子宫充血程度和缩短子宫收缩时间,达到有效的缓解痛经的效果.

## 4 结束语

瑜伽运动因其冥想与动作姿势相结合,注重用意念引导动作中身体的感受,能帮助人保持一个健康的神经系统,有效调节机体内分泌,促进血液循环和新陈代谢,提升心理精神能量,使心理平和宁静,平衡阴阳、调和气血、疏通经络,保持、加强和促进人体各系统发挥正常的功能,对痛经患者具有较好的疗效,可以作为痛经患者运动处方的首选方案.

建议将瑜伽课程在高校公共课中进行普及,或建立瑜伽俱乐部,积极宣传瑜伽理论知识,讲授瑜伽的饮食观以及健康生活的理念,使更多的学生认识了解瑜伽并参与进来.

## 参 考 文 献

- [1] 王淑贞主编.实用妇产科学[M].北京:人民卫生出版社,1995:802-803.
- [2] 张春美.不同运动处方治疗女大学生痛经疗效观察[J].中国运动医学杂志,2003,21(2):217.
- [3] 陈贵廷.最新国内外疾病诊疗标准[S],1991:871-877.
- [4] 吴在德.外科学[M].北京:人民卫生出版社,2005:129-130.
- [5] 袁艳红.中西医结合治疗原发性痛经 47 例总结[J].湖南中医杂志,2010,26(2):37.
- [6] 郑慧芳.运动处方对治疗女大学生痛经的疗效观察[J].中国健康教育,2004,20(3):248.
- [7] 刘绍阻.痛经片治疗功能性痛经的实验研究[J].中成药杂志,1993,15(4):23.

# YOGA EXERCISE PRESCRIPTION FOR IMPROVING THE SITUATION OF FEMALE STUDENTS DYSMENORRHEA

ZHANG Lei

(P. E. Dept. of Baoji Institute of Arts and Sciences, Baoji 721013, China)

**Abstract:** The incidence rate of dysmenorrhea female college students increasingly direct impact on their learning, quality of life. For physical health of college students today the situation is not optimistic, the paper has different levels of 53 students in the history of dysmenorrhea, Yoga exercise prescription for treatment, study Yoga to improve the situation of the role of dysmenorrhea, as the settlement and prevention of dysmenorrhea female college students to provide a new way, but also to enhance the students physical fitness, improve the quality of a mental sport for life-long exercise.

**Key words:** Yoga; exercise prescription; dysmenorrhea

## 我校两个省级重点实验室顺利通过省科技厅现场评估

6月17日,陕西省科技厅对依托我校的“陕西省造纸技术及特种纸品开发重点实验室”和“陕西省轻化工助剂重点实验室”进行了现场评估。省科技厅基础处副处长苗长贵,省教育厅科技与产业处处长甘世平,西安交通大学、西北工业大学、长安大学、西北大学、陕西师范大学、西安建筑科技大学、西安理工大学和我校等专家出席了会议。我校校长沈一丁、副校长张美云、科技处、造纸工程学院、化学与化工学院主要负责人、陕西省重点实验室主任等相关人员参加了本次评估会。

评估会分为预备会和评审会两部分。预备会由苗长贵主持,他首先介绍了与会领导及专家组成员,同时就省科技厅组织这次重点实验室评估的目的、意义以及今后科技厅对省级重点实验室建设、管理的思路和发展战略设想进行了说明。

沈一丁代表学校对省科技厅、教育厅有关领导及评估专家莅临我校对重点实验室进行现场评估表示欢迎,并简要介绍了我校的科研基本情况和重点实验室建设状况。他恳切希望通过本次评估,专家们能对依托我校2个省级重点实验室的工作提出宝贵的意见和建议,便于在今后的建设中予以改进,使我校省级重点实验室的水平和实力进一步提升。

预备会后,2个重点实验室的评审会分别由专家组组长张定华教授和李华教授主持,专家组分别听取了“陕西省造纸技术及特种纸品开发重点实验室”副主任张安龙教授及“陕西省轻化工助剂重点实验室”副主任张光华教授的工作汇报,2个重点实验室还分别作了3个代表性成果报告,专家组对有关问题进行了质询,开展了实地考察,最后形成了现场考察评议意见。

本次评估是为规范和加强陕西省重点实验室的建设与运行管理,检查实验室的整体运行状况,总结经验、发现问题、促其发展,更好地发挥省重点实验室创新平台的作用。陕西省科技厅本年度内将对81个已正式运行或到验收期尚未验收的省重点实验室进行评估,为“十二五”期间省科技厅择优支持省重点实验室、以及向国家推荐省部共建国家重点实验室培育基地或国家重点实验室提供主要依据。