

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0001-04

BaSnO₃ 掺杂对 BaTiO₃-Nb₂O₅-Co₃O₄ 系统介电性能的影响

赵 新, 蒲永平, 陈小龙

(陕西科技大学材料科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要:采用固相法制备了 BaSnO₃ 掺杂的 BaTiO₃-Nb₂O₅-Co₃O₄ (BNC) 系统陶瓷, 研究了 BaSnO₃ 掺杂量(0.80 mol%, 1.20 mol%, 1.80 mol%, 2.15 mol%, 2.40 mol%) 以及烧结温度(1 300 °C、1 320 °C、1 340 °C、1 360 °C) 对 BNC 致密度及介电性能的影响. 结果表明: 随着 BaSnO₃ 在 BNC 陶瓷中掺杂量的增加, BNC 系统陶瓷密度以及致密度逐渐降低; 而随着烧结温度的升高, 其密度以及致密度逐渐提高; 随着 BaSnO₃ 含量的逐渐增加, 陶瓷的室温介电常数呈现出减小的趋势, 损耗则逐渐增加; 烧结温度的提高有利于其介电性能的改善.

关键词: 锡酸钡掺杂; 介电性能; 钛酸钡基陶瓷

中图法分类号: TQ174.75⁺6 **文献标识码:** A

0 引 言

BaTiO₃ (BT) 介质材料因其具有高的介电常数, 且不含铅对环境无害而被广泛应用于电子元器件的生产中. Nb₂O₅、Co 氧化物掺杂 BaTiO₃ 介质瓷料因具有高的介电常数和良好的介电常数温度稳定性而广泛用作 Y5P、X7R 等多层陶瓷电容器 (MLCC). 该系统陶瓷烧结体具有“核-壳”的微观结构^[1-4]. 核为纯的铁电性 BaTiO₃, 壳为改性离子不同浓度梯度分布形成的固溶体, “核-壳”两相相互制约使介电常数温度特性保持稳定. “核-壳”结构的稳定程度主要取决于掺杂离子向 BaTiO₃ 晶粒内部的扩散程度, 通过控制固相反应形成适当比例的“核-壳”结构有利于改善介电常数的温度稳定特性^[5].

BaTiO₃-Nb₂O₅-Co₃O₄ (BNC) 系统瓷料是一种晶粒细小而均匀的铁电瓷料^[6], 这种细晶结构所带来的介电性能上的优势是具有较高的电容温度特性. 由于稀土元素离子化学性质的特殊性, 应用其对 BaTiO₃ 系介质材料进行掺杂改性具有很好的功效, 研究发现 Co₃O₄ 和 Nb₂O₅ 的复合掺杂可以使 BaTiO₃ 陶瓷的居里峰受到压抑并展宽, 并且证明对 BaTiO₃ 陶瓷进行稀土氧化物的复合掺杂较单独掺杂效果好. 然而, BNC 系统瓷料的介电常数一直不能令人满意^[7-8]. 在通常的制备工艺中, 掺杂改性一直是制备高性能介质陶瓷的有效手段^[9]. 立方钙钛矿结构的 BaSnO₃ 作为一种有发展潜力的电子陶瓷材料, 晶粒生长完好, 具有明显的晶界效应、较高的介电常数、较低的损耗等特征^[10]. 本文采用固相法工艺合成的 BaSnO₃ 粉体作为添加剂制备了 BNC-BaSnO₃ 陶瓷, 研究了 BaSnO₃ 对 BNC 体系烧结及介电性能的影响.

1 实验部分

以 SnO₂ 和 BaCO₃ 为原料, 按照 SnO₂ : BaCO₃ = 1 : 1, 称料混合后在有机行星磨中以 1 000 r/min

* 收稿日期: 2011-01-29
作者简介: 赵 新(1986—), 女, 山东省菏泽市人, 在读硕士生, 研究方向: 电子陶瓷材料
基金项目: 国家自然科学基金项目(51072106), 陕西省科技攻关项目(2010K10-14), 陕西省教育厅科研专项(2010JK427), 陕西科技大学研究生创新基金

混磨 8 h, 研磨介质为蒸馏水, 干燥后预压柱状, 在高温电阻炉中于 $1\ 300\ ^\circ\text{C}$ 预烧 4 h, 预合成 BaSnO_3 粉体, 图 1 中 X-射线衍射(XRD)分析表明产物纯度较高。然后按照化学式 $(1-x)(0.99\text{BaTiO}_3 + 0.008\text{Nb}_2\text{O}_5 + 0.002\text{Co}_3\text{O}_4) + x\text{BaSnO}_3$ (x 为 $0.008 \sim 0.024$, 摩尔分数), 称取一定量的 BaTiO_3 、 Nb_2O_5 、 Co_3O_4 和 BaSnO_3 。按照传统的氧化物混合工艺称料混合后在有机行星磨中以 $1\ 000\ \text{r/min}$ 混磨 4 h, 研磨介质为蒸馏水。在电热恒温鼓风干燥箱中干燥后造粒, 干压成 $\phi 14\ \text{mm} \times 1.8\ \text{mm}$ 的圆片, 高温箱式电阻炉中按一定温度 ($1\ 300 \sim 1\ 360\ ^\circ\text{C}$) 烧成。

烧成的陶瓷试样被银电极通过日本 ALFA MIRAGE 电子密度天平测试其密度, 采用 Aligent 4980A 电容测量分选仪测定 $1\ \text{kHz}$ 、 $1\ \text{V}_{\text{rms}}$ 下的介温谱。

2 结果与讨论

2.1 预合成 BaSnO_3 粉体的 XRD 图

图 1 为预合成 BaSnO_3 粉体的 XRD 图。从图中可以看出, 实验制备的粉体衍射峰清晰尖锐, 未见其他物相的杂峰出现, 说明合成了纯的 BaSnO_3 粉体。

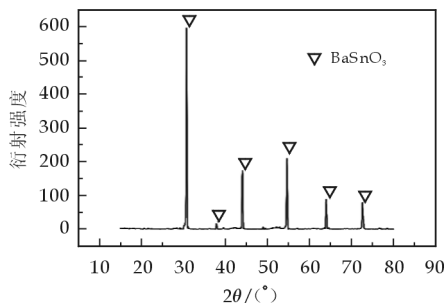


图 1 预合成 BaSnO_3 粉体的 XRD

2.2 BaSnO_3 掺杂对 BNC 系统陶瓷致密度的影响

图 2 为烧结温度对 BaSnO_3 掺杂 BNC 系统陶瓷直径收缩率和密度的影响图。从图 2(a)、(b) 中可以得出, BaSnO_3 掺杂 BNC 陶瓷试样随着烧结温度的升高, 收缩率依次增大, 密度逐渐增大。随着 BaSnO_3 掺杂量的增加, 陶瓷试样密度和直径收缩率呈现降低的趋势。 BaSnO_3 的加入降低了陶瓷的致密度。 BaSnO_3 的熔点高达 $2\ 060\ ^\circ\text{C}$, BaSnO_3 基陶瓷难以烧结且致密度较差, 陶瓷存在气孔, 这一缺点限制了 BaSnO_3 基陶瓷的开发和应用^[6], 其高的熔点在烧结过程中难以形成液相, 传质阻力大, 因此同温度下 BaSnO_3 含量越高, 其致密度越低。

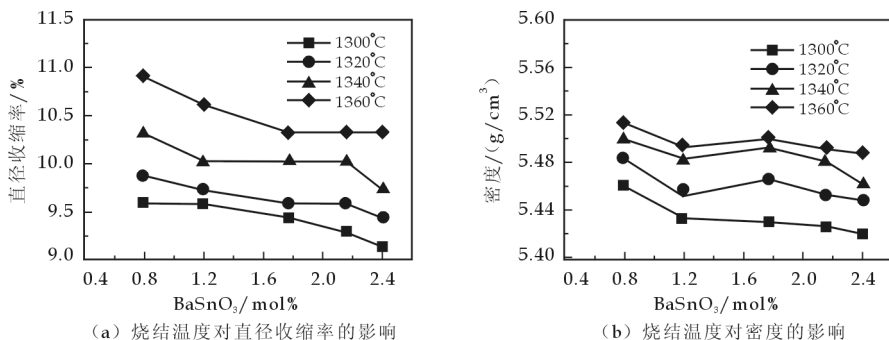


图 2 烧结温度对 BaSnO_3 掺杂 BNC 系统陶瓷直径收缩率和密度的影响

2.3 BaSnO_3 添加量对 BNC 系统陶瓷介电性能的影响

图 3 为 BaSnO_3 掺杂 BNC 系统陶瓷在 $1\ \text{kHz}$ 、 $1\ \text{V}_{\text{rms}}$ 测试的介温图和温度-损耗图。图 3(a) 为 $1\ 360\ ^\circ\text{C}$ 下烧结的不同浓度 BaSnO_3 掺杂 BNC 陶瓷的介电常数温度图, 图 3(b) 为 $1\ 360\ ^\circ\text{C}$ 下烧结的不同浓度 BaSnO_3 掺杂 BNC 系统陶瓷的温度损耗图。由图 3(a) 可以看出, 随 BaSnO_3 掺杂量的增加, 试样的介电常数呈现减小的趋势。由于在系统中, $\text{Nb}_2\text{O}_5/\text{Co}_3\text{O}_4 = 3:1$, 当掺入 BaSnO_3 时, 因其是 B 位取代, 故发生取代 Ti^{4+} 离子的反应。当 BaSnO_3 的掺杂量较小时, 是 Nb_2O_5 和 Co_3O_4 的共同取代起作用。随着 BaSnO_3 量的增加, BaSnO_3 的取代开始起作用。 Sn^{4+} 离子取代 Ti^{4+} 离子使氧八面体收缩, 晶格结构的轴率即 c/a 降低, 导致 Ti^{4+} 离子的位移困难, 减弱了陶瓷的铁电性, 这就解释了随着 BaSnO_3 掺杂量的增加陶瓷的介电常数逐渐减小。

从图 3(b)中可以看出陶瓷试样的损耗随着测试温度的升高逐渐降低,不同 BaSnO₃ 掺杂量的陶瓷试样测试温度大于 100 ℃时,介电损耗一致;而测试温度低于 100 ℃时,介电损耗随着 BaSnO₃ 含量的增加呈现增大的趋势. BaSnO₃ 的熔点高达 2 060 ℃,BaSnO₃ 基陶瓷难以烧结且致密度较差,陶瓷存在气孔,这一缺陷使增加 BaSnO₃ 的添加量不利于 BNC 系统损耗的降低. BaSnO₃ 的添加降低了 BNC 系统的介电常数,增加了介电损耗,不利于 BNC 系统电性能的改善.

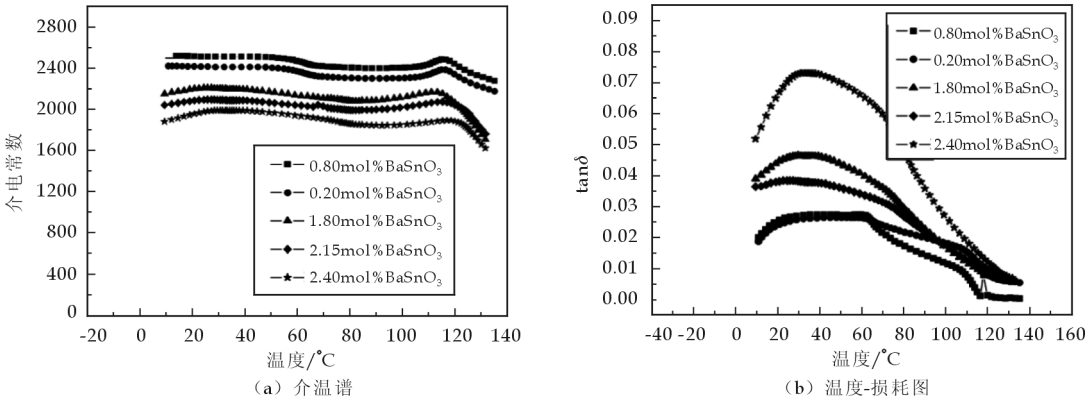


图 3 1 360 ℃下烧结的不同浓度 BaSnO₃ 掺杂 BNC 系统陶瓷的介电常数和损耗图

2.4 烧结温度对 BaSnO₃ 掺杂 BNC 系统陶瓷介电性能的影响

图 4 为不同温度下烧结的掺杂 0.8 mol% BaSnO₃ 的 BNC 系统陶瓷的介温图和损耗图. 从图 4(a)可以看出,当 BaSnO₃ 掺杂量一定时,随着烧结温度的升高,介电常数呈现先增加后降低的趋势. 从图 2(a)、(b)中可知,烧结温度的提高,其密度和直径收缩率均增大. 合适的烧结温度,有利于陶瓷致密度的提高和缺陷的减少,使陶瓷晶粒均匀,有利于介电常数的提高. 烧结温度过高,液相增加,其晶粒异常生长,会恶化陶瓷的介电性能. 烧结温度过低,不能使陶瓷充分烧结,不利于 BNC 系统陶瓷“壳-核”结构的形成,从而不利于介电性能的提高. 从图 4(b)可知,当 BaSnO₃ 掺杂量一定时,BNC 陶瓷的介电损耗随着烧结温度提高逐渐降低,说明较高的烧结温度使陶瓷较致密,缺陷减少,从而陶瓷的介电损耗降低.

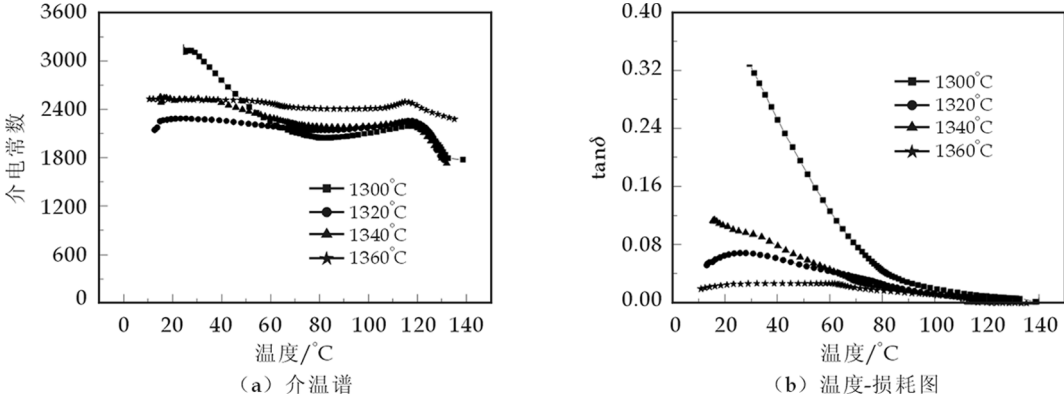


图 4 掺杂 0.8 mol% BaSnO₃ 的 BNC 系统陶瓷在不同温度下烧结的介电常数和损耗图

3 结束语

所制备的 BaSnO₃ 掺杂的 BNC 系统陶瓷的致密度随着 BaSnO₃ 加入量的增加而降低,介电常数和损耗逐渐降低. BaSnO₃ 的加入有利于介电损耗的降低,但不利于介电常数的提高和 BNC 系统陶瓷的烧结. 掺杂 0.8 mol% BaSnO₃ 的 BNC 系统陶瓷随着烧结温度的升高(1 300 ℃,1 320 ℃,1 340 ℃,1 360 ℃),BNC 系统陶瓷致密度和介电常数逐渐增大,损耗则呈现降低的趋势. 提高烧结温度有利于 BaSnO₃ 掺杂 BNC 系统陶瓷介电常数的提高和损耗的降低.

参 考 文 献

- [1] G. Arlt, P. Sasko. Domain-configuration and equilibrium size of domains in BaTiO₃ ceramics[J]. Journal of the Appl. Physics, 1980, 51 (11):4 956-4 961.
- [2] D. F. K. Hennings, B. S. Schreinemacher. Temperature-stable dielectric materials in the system BaTiO₃-Nb₂O₅-Co₃O₄[J]. Journal of the European Ceramic Society, 1994, 14(2): 463-471.
- [3] D. Hennings, G. Rosenstein. Temperature-stable dielectrics based on chemically inhomogeneous BaTiO₃[J]. Journal of the American Ceramic Society, 1984, 67(4): 249-254.
- [4] Sea-Fue Wang. Dielectric properties of fine-grained barium titanate based X7R materials[J]. Journal of the American Ceramic Society, 1999, 82(10): 2 677-2 682.
- [5] 杨公安, 蒲永平, 王瑾菲, 等. BaTiO₃-Nb₂O₅-Fe₂O₃ 陶瓷介电性能的研究[J]. 人工晶体学报, 2008, 27(4): 1 029-1 032.
- [6] D. F. K. Hennings, B. S. Schreinemacher. Temperature-stable dielectric materials in the system BaTiO₃-Nb₂O₅-Co₃O₄[J]. Journal of the European Ceramic Society, 1994, 14(2): 463-471.
- [7] Hirokazu Chazono, Hiroshi Kishi. Sintering characteristics in BaTiO₃-Nb₂O₅-Co₃O₄ ternary system: I, electrical properties and microstructure[J]. Journal of the American Ceramic Society, 1999, 82 (10): 2 689-2 697.
- [8] Wen Li, Qi Jian-quan, Wang Yong-li, *et al.* Doping behaviors of Nb₂O₅ and Co₂O₃ in temperature stable BaTiO₃-based ceramics [J]. Materials Letters, 2002, 57: 1-5.
- [9] 梁鸿东, 梁海燕, 周方桥, 等. 受主掺杂对 BaSnO₃ 电阻的电学性能影响[J]. 山西师范大学学报(自然科学版), 2009, 23(2): 62-64.
- [10] 王肖燕, 周方桥, 王正宇. Mn 掺杂对 BaSnO₃ 陶瓷的 NTC 特性的影响[J]. 电子元件与材料, 2006, 12: 44-46.

EFFECTS OF BaSnO₃ ADDITIVE ON THE PROPERTIES OF DIELECTRICAL OF BaTiO₃-Nb₂O₅-Co₃O₄ CERAMICS SYSTEM

ZHAO Xin, PU Yong-ping, CHEN Xiao-long

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

Abstract: BaSnO₃-doped BaTiO₃-Nb₂O₅-Co₃O₄ (BNC) ceramics were prepared by solid-state reaction technology. The influence of various BaSnO₃ additive (0.80 mol%, 1.20 mol%, 1.80 mol%, 2.15 mol%, 2.40 mol%) amount and sintering temperature (1 300 °C, 1 320 °C, 1 340 °C, 1 360 °C) on density and dielectric properties of BNC ceramics was investigated. The results showed that the density decreased with BaSnO₃ additive amount increasing and increased with the sintering temperature. The dielectric constant minished with doping BaSnO₃, and tanδ is worse. The sintering temperature was propitious to the the dielectric properties.

Key words: BaSnO₃-doped; dielectric properties; BaTiO₃ based ceramics

勘 误 申 明

本刊 2010 年第 28 卷第 6 期《基于 Matlab 的科里奥利力对抛体运动的影响》一文编排有误,第 106 页“作者简介:李继军(1977—),男,内蒙古自治区呼和浩特市人,讲师,在读博士生,研究方向:理论力学通讯”,应更正为:“通讯作者简介:李继军(1977—),男,内蒙古自治区呼和浩特市人,讲师,在读博士生,研究方向:理论力学”,特此申明。

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0005-03

合成碳羟磷灰石对六价铬离子的吸附研究

杨明珍, 殷海荣, 陈国平, 祖全先, 冯敏鸽, 汪 涛

(陕西科技大学材料科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

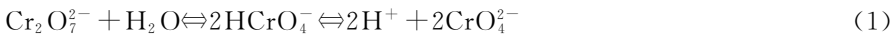
摘 要: 利用沉淀法制备了碳羟基磷灰石(CHAP),并用它作吸附剂,以去除溶液中的六价铬,讨论了 pH 值、吸附时间、吸附温度、CHAP 用量等因素对吸附效果的影响.结果表明:常温下,溶液 pH 值为 5,用一定量 5 g/L 的 CHAP,搅拌吸附时间为 30 min 时,对 Cr^{6+} 的吸附去除基本上达到平衡,去除率可达 94.16%,最大吸附量为 23.54 mg/g.

关键词: 碳羟基磷灰石; 吸附性能; 六价铬离子

中图法分类号: TQ028.1⁺5 **文献标识码:** A

0 前 言

环境中常见的铬元素主要有三价铬(Cr^{3+})和六价铬(Cr^{6+}),其中 Cr^{6+} 有很强的毒性. Cr^{6+} 的溶解度和毒性都比 Cr^{3+} 强,很易被人体吸收,并在人体中积蓄,如果摄入过多则可能会致癌、致畸、致突变.由于 Cr^{6+} 的毒性危害,对它的处理一直是研究热点^[1,2]. 在水体中,六价铬一般是以 CrO_4^{2-} 、 HCrO_4^{2-} 、 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 3 种阴离子形式存在,在水溶液中存在着以下的平衡^[3]:



如果水溶液中酸、碱度变化,则平衡移动,在酸性溶液中主要以 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 离子存在,在碱性溶液中则主要以 CrO_4^{2-} 离子存在,在中性溶液中一般以 CrO_4^{2-} 、 HCrO_4^{2-} 、 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 存在. 处理溶液中 Cr^{6+} 常用的方法有化学沉淀法、离子交换法、吸附法等,其中吸附法被认为是最有效的方法. 碳羟基磷灰石(CHAP)作为价格低廉、原料广普、制备工艺简单、再生容易且无二次污染的吸附剂越来越受到关注. 本文利用沉淀法自制 CHAP,吸附去除溶液中的 Cr^{6+} ,并讨论了 pH 值、吸附时间、吸附温度、CHAP 等影响因素对 CHAP 吸附作用的影响.

1 实验部分

1.1 实验原料和实验仪器

自制合成 CHAP. 由重铬酸钾和去离子水配制 Cr^{6+} 溶液. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、 K_3PO_4 、 KOH 、 K_2CO_3 、 HCl 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 均为分析纯试剂.

实验仪器主要有:Z-2000 型偏振塞曼原子吸收光度计;JJ-1 型定时电动搅拌器;HH-2 型电热恒温水浴锅;101-1 型电热鼓风干燥箱;JEM-3010 型高分辨透射电子显微镜;D/max 2000PC 型 X 射线衍射仪.

1.2 CHAP 的制备

首先将 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、 K_3PO_4 、 KOH 分别溶于去离子水中,配成一定浓度(如 1 mol/L)溶液. 在不断搅

* 收稿日期:2011-01-07

作者简介:杨明珍(1984—),女,湖北省枣阳市人,在读硕士生,研究方向:生物材料制备

拌的 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 溶液中按 5 : 3 的比例(Ca/P 摩尔比)缓慢滴入 K_3PO_4 溶液,用 KOH 溶液调节 pH 值到 10,陈化 4 h 后,加入一定量的 K_2CO_3 ,搅拌 4 h,再用 KOH 溶液调节 pH 值到 10,陈化 48 h. 整个过程都是在 80 °C 恒温水浴中进行的. 陈化后的沉淀物用去离子水反复清洗至中性,在 100 °C 下干燥约 24 h,由此制得碳羟基磷灰石.

1.3 实验方法

首先配制 Cr^{6+} 标准溶液,绘制 Cr^{6+} 标准曲线,然后稀释标准溶液配制实验所需不同浓度的 Cr^{6+} 溶液,最后分别取 6 份等量不同浓度的 Cr^{6+} 溶液进行吸附实验,用 KOH 和 HCl 调节 pH 值,用分光光度计测定 Cr^{6+} 残余浓度,计算吸附容量和去除率^[4].

2 结果与讨论

2.1 CHAP 的表征

CHAP 的傅里叶红外光谱图如图 1 所示. 从图中可以看出,565.1 cm^{-1} 、603.7 cm^{-1} 和 962.4 cm^{-1} 是 PO_4^{3-} 的振动吸收峰,1 413.7 cm^{-1} 和 1 452.3 cm^{-1} 是 CO_3^{2-} 的 2 个分裂吸收峰,这两个分裂峰是 HAP 中含有 CO_3^{2-} 的重要标志,相区别于碳酸盐中 CO_3^{2-} 的单峰^[5],证明了所制备的样品是 CHAP. CHAP 样品吸附前的 TEM 图如图 2 所示. 由于 CO_3^{2-} 的掺入,使 CHAP 的结晶度下降,颗粒更加细微,分散性好,因此更有利于 CHAP 对重金属离子的吸附去除.

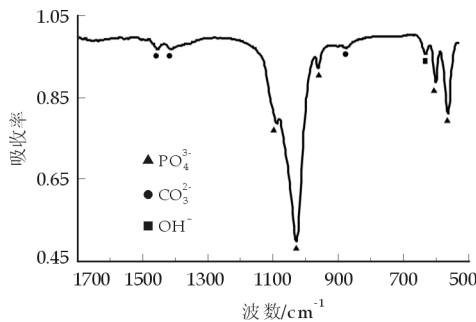


图 1 CHAP 的 FTIR 图谱

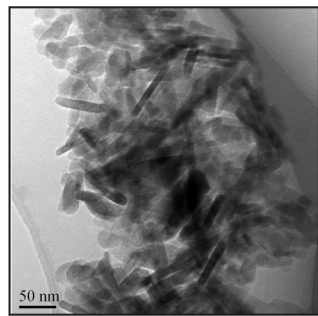


图 2 CHAP 的 TEM 图谱

2.2 pH 值对吸附作用的影响

常温下,取 7 份等量同浓度的 Cr^{6+} 溶液,调节其 pH 值,加入等量的 CHAP,搅拌吸附时间为 30 min,静置 60 min 后取上层清液测定其 Cr^{6+} 的残余浓度,计算其去除率,实验结果如图 3 所示. 由图 3 可知,pH 值对 CHAP 吸附去除 Cr^{6+} 的影响很大,当 pH 值在 3.0~6.0 范围内时,CHAP 对 Cr^{6+} 具有较好的去除作用. 当 pH 小于 3 或大于 6 时,CHAP 对 Cr^{6+} 的去除率均下降. 这是因为溶液的 pH 值影响了 CHAP 的溶解度以及 CHAP 表面的一OH 利用静电吸附对 Cr^{6+} 的化学吸附、 Cr^{6+} 在溶液中的存在形式. 当 pH 小于 3 时, Cr^{6+} 主要以 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 和部分 HCrO_4^- 两种形态存在,由于溶液中 H^+ 浓度较大,CHAP 表面的部分一OH 被中和了,从而降低了对 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的吸附去除率;当 pH 大于 5 时, Cr^{6+} 主要以 CrO_4^{2-} 和少部分 HCrO_4^- 两种形态存在,由于溶液中 OH^- 的增加影响了 CHAP 表面一OH 对 CrO_4^{2-} 的吸附力,从而减小了其吸附作用^[6].

2.3 吸附时间对吸附作用的影响

常温下,取 7 份等量同浓度的 Cr^{6+} 溶液,在一定 pH 值下加入等量的 CHAP,改变搅拌吸附时间,静置 60 min,取上层清液测定其 Cr^{6+} 的残余浓度,计算其去除率,实验结果如图 4 所示. 由图 4 可知,当吸附搅拌时间为 30 min 时,CHAP 对 Cr^{6+} 的去除率达到了一定程度. 当搅拌吸附时间大于 30 min 时,CHAP 对 Cr^{6+} 的去除率随着时间的延长增加不明显,由此可以认为吸附反应在 30 min 时已经基本达到平衡.

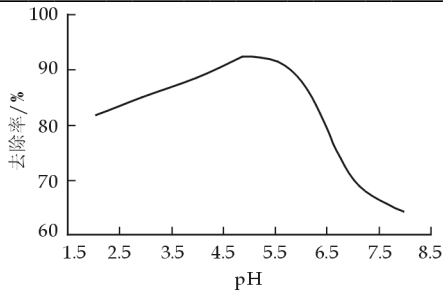


图 3 pH 值对 Cr⁶⁺ 去除率的影响

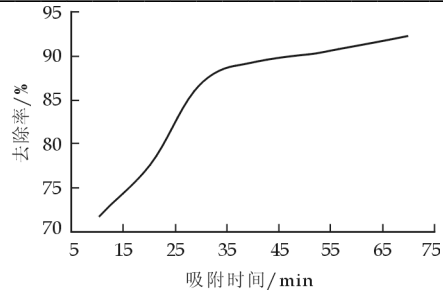


图 4 吸附时间对 Cr⁶⁺ 去除率的影响

2.4 吸附温度对吸附作用的影响

在不同温度下,取 4 份等量同浓度的 Cr⁶⁺ 溶液,在一定 pH 值下,加入等量的 CHAP,搅拌吸附时间为 30 min,静置 60 min,取上层清液测定其 Cr⁶⁺ 的残余浓度,计算其去除率,实验结果如图 5 所示.由图 5 可知,温度对 CHAP 吸附去除 Cr⁶⁺ 的影响不大,因此在常温下 CHAP 对 Cr⁶⁺ 就能产生很好的吸附作用.

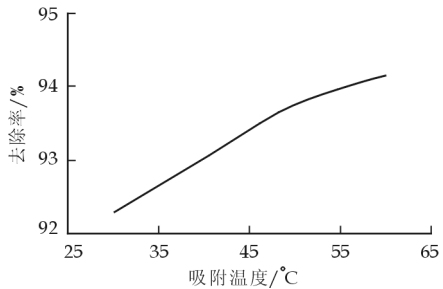


图 5 吸附温度对 Cr⁶⁺ 去除率的影响

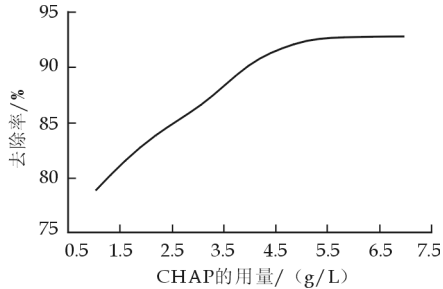


图 6 CHAP 用量对 Cr⁶⁺ 去除率的影响

2.5 CHAP 用量对吸附作用的影响

常温下,取 7 份等量同浓度的 Cr⁶⁺ 溶液,在一定 pH 值下加入不同量的 CHAP,搅拌吸附时间为 30 min,静置 60 min 后,取上层清液测定其 Cr⁶⁺ 的残余浓度,计算其去除率,实验结果如图 6 所示.由图 6 可知,随着 CHAP 添加量的增加,其对 Cr⁶⁺ 的去除率也不断提高.当 CHAP 添加量达到一定值时,其对 Cr⁶⁺ 的去除率增加量很小,说明只需用少量的 CHAP 吸附去除一定浓度的 Cr⁶⁺ 就能产生很好的去除效果,这也说明了 CHAP 是一种吸附性强而且吸附容量大的吸附剂.

3 结 论

CHAP 是一种新型环境矿物吸附材料,具有良好的吸附性能,对溶液中的重金属离子有很好的吸附去除效果.研究表明,利用沉淀法制备的 CHAP,原料易得,工艺简单,成本低. CHAP 对溶液中 Cr⁶⁺ 的最佳吸附去除条件是:常温下,pH 值为 5,搅拌吸附时间为 30 min,用一定量 5 g/L 的 CHAP 吸附去除溶液中 Cr⁶⁺,去除率可以达到 94.16%,最大吸附量为 23.54 mg/g,说明 CHAP 是一种吸附性强且吸附容量大的吸附剂.

参 考 文 献

[1] 彭 聘,刘 旋,刘大银,等. 铬盐行业清洁生产审核探讨[J]. 环境科学与技术,2008,31(2):128-131.
[2] Dakiky M, Khamis M, Manassar A, *et al.*. Selective adsorption of chromium in industrial wastewater using low-cost abundantly available adsorbents[J]. Advances in Environmental Research, 2002, 6(4): 533-540.
[3] 环境保护部科技标准司. 水污染连续自动监测系统运行管理(试用)[M]. 北京:化学工业出版社,2008:36-41.
[4] 唐文清,曾荣英,冯泳兰,等. 不同 Ca/P 摩尔比碳羟基磷灰石对 Cu²⁺ 的吸附特性[J]. 应用化学,2009,26(7):807-810.
[5] Landi E,Celotti G,Logroscino G,*et al.*. Carbonated hydroxyapatite as bone substitute[J]. European Ceramic Society,2003. 23:2 931-2 937.
[6] 刘明星,曾荣英. 碳羟基磷灰石对水中 Cr(VI) 的吸附性能研究[J]. 环境污染与防治,2009,31(1):55-58.

液相沉积法制备多覆层云母铁珠光颜料的研究

李运涛, 王志超

(陕西科技大学化学与化工学院, 陕西 西安 710021)

摘要:对多覆层云母铁珠光颜料的制备条件进行了研究,得出了制备云母铁珠光颜料的较佳工艺条件为:pH 值控制在 3~4 之间,反应温度 70 ℃,铁盐浓度 20%,水解反应时间 3 h. 实验表明, Fe_2O_3 理论包覆率控制在 10% 的云母铁珠光颜料珠光效果最好,煅烧温度 700 ℃,煅烧时间 1.5 h,所得云母铁珠光颜料颜色呈金黄色,珠光效果最佳,具有高耐酸碱性,且耐光性好、耐热性能佳.

关键词:云母铁;珠光颜料;液相化学沉积法

中图法分类号:TQ620.6

文献标识码:A

0 引言

珠光颜料在涂料、塑料、油墨、印刷、汽车工业、皮革、橡胶和化妆品等行业获得了广泛应用. 目前我国云母钛珠光颜料的科研、生产和应用和工业发达国家相比均处于初级发展阶段,无论产品的产量、质量和应用技术都处于一个较低的层次. 国产产品多用在建筑涂料、家具漆行业、塑料等中低档领域,而市场潜力很大的轿车漆、油墨等高端应用领域尚得不到认可,市场均被国外产品所占领. 这种现状只有通过加强研究和提高产品质量才能得以改变. 所以,云母珠光颜料的研制开发,在我国的关键问题是加强理论性和应用性的研究,尽快提高产品质量、档次和增加种类^[1-4].

目前所开发的云母珠光颜料从结构上看大多为单覆层结构,即在云母基片上仅覆盖一层无色透明或有色的金属氧化物膜. 单覆层云母珠光颜料开发早,技术比较成熟,但单覆层云母珠光颜料由于其遮盖能力差,在某些特殊场合的应用上受到一定限制^[5].

双覆层云母珠光颜料与单覆层的相比,不仅包覆对产生珠光有干涉作用的无色透明金属氧化物膜,还具有着色的金属氧化物膜,因而具有较强的珠光光泽,又有较高的遮盖力,同时还具有一定的着色力.

双覆层云母珠光颜料因其结构的改善具有比单覆层颜料优越的性能,如着色力强、遮盖力高,同时具有金属闪光效果和珠光效果,能满足某些特殊场合的应用,经济附加值高,比单覆层具有明显优点. 本实验在已制备的单覆层云母钛珠光颜料的表面再包覆一层三氧化二铁,以改进和提高云母钛珠光颜料的光泽、遮盖力、着色力等性能,并采用加入尿素缓冲剂及加碱中和联合控制溶液 pH 值的方法,在制备云母珠光颜料方法中很少报道.

1 实验部分

1.1 主要仪器和试剂

1.1.1 主要仪器 DRZ-5 马福炉(沈阳市电炉厂),SC-80 全自动色差仪(上海特惠仪器设备有限公司);SDT2960 型热分析仪、2910 型示差扫描热仪(美国杜邦公司),D/max2000pc X 射线衍射仪(广州艾威仪

* 收稿日期:2011-01-05

作者简介:李运涛(1965—),男,陕西省西安市人,教授,硕士,研究方向:轻化工助剂制备

器科技有限公司).

1.1.2 实验试剂

磷酸(A. R.),盐酸(A. R.),氢氧化钠(A. R.),三氯化铁(A. R.),尿素(C. P.),结晶四氯化锡(A. R.),云母钛珠光粉(自制).

1.2 液相沉积法制备云母铁实验步骤

(1)量取 5 mL 质量分数为 10%的盐酸溶液,将计算量的三氯化铁缓慢滴入上述盐酸溶液中,制成淡黄色透明的三氯化铁酸性溶液,再加入计算量的去离子水配成质量分数为 20%的三氯化铁溶液,置于恒压滴液漏斗中待用.

(2)称取计量数的氢氧化钠,制成与三氯化铁溶液等体积的质量分数为 10%的氢氧化钠水溶液,置于另一恒压滴液漏斗中待用.

(3)称取 10 g 云母钛珠光粉,用去离子水配制成质量分数为 10%的浆液,加入三口烧瓶中,并用少量盐酸调节浆液 pH 值为 3,水浴恒温在 65~75 ℃之间.加入缓冲调节剂尿素 3 g 左右,搅拌使溶解混匀.反应时间控制在 3 h,搅拌并控制 pH 值为 3~4,保温在 65~75 ℃之间.

(4)过滤、洗涤:将(3)中溶液进行抽滤,所得滤饼用去离子水反复洗涤,用硝酸银检测滤液,直至无氯离子.

(5)干燥:将滤饼置于恒温干燥箱中,在 100 ℃烘干 8 h.干燥后的滤饼为白色.

(6)焙烧:将滤饼分置于陶瓷坩埚内,在马福炉中煅烧.控制升温速度,在 120~200 ℃和 600~650 ℃之间分别恒温 30 min 和 60 min,以充分脱去水和氯离子.待温度缓慢升至 700 ℃时恒温 1.5 h.

2 结果与讨论

2.1 pH 值对产品性能的影响

溶液 pH 值对 FeCl₃ 水解生成 Fe(OH)₃ 有很大影响.控制理论包覆率为 15%,反应温度为 70 ℃,反应时间为 3 h,采用铁离子浓度为 20%的溶液制备云母氧化铁珠光颜料.从表 1 可以看出,随着溶液 pH 值的增大,产品的颜色逐渐加深,颜料的明度值逐渐减小.当 pH 值在 3~4 范围内时,形成的晶粒大小适宜,在云母钛表面形成表面光滑的连续膜层,颜料的珠光效果最好.

表 1 pH 值对产品性能的影响

样品	pH	X	Y	Z	x	y	H	V/C	颜色	珠光效果
1	1~2	63.16	61.35	30.73	0.406 8	0.395 2	2.0Y	8.15/6.0	浅黄	较
2	2~3	59.18	59.71	40.62	0.371 0	0.374 3	2.35Y	8.05/4.15	浅黄	较好
3	3~4	53.40	48.84	22.88	0.426 8	0.390 3	8.75YR	7.38/6.62	金黄	好
4	4~5	40.14	35.70	17.30	0.430 5	0.383 3	3.75YR	6.45/7.00	金红	较好

注:孟塞尔颜色标号:H/V/C=色调、明度值/彩度.测定样品的三刺激值 X、Y、Z,计算出色度坐标 x、y,由 Y 值对应孟塞尔明度值 V 与亮度因素 Y 关系表中查出对应的明度值 V,利用 CIE1931 色度图可将亮度因素 Y 和色度坐标 x、y 的颜色样品换算成孟塞尔标号^[7].

2.2 反应温度对产品性能影响

控制 pH 值为 3~4,理论包覆率为 15%,反应时间 3 h,采用铁离子浓度为 20%的溶液,改变不同反应温度,制备云母氧化铁珠光颜料.由表 2 可以看出,包覆的温度一般应高于 60 ℃.当温度低于 50 ℃时,氧化铁表面无明显变化.随着温度的升高,水解程度增大.颜料颜色逐渐加深,当反应温度控制在 70 ℃时,珠光颜料的珠光效果最佳.

表 2 温度对产品性能的影响

样品	温度/℃	X	Y	Z	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>H</i>	V/C	颜色	珠光效果
1	50	62.23	64.15	36.37	0.382 3	0.394 1	3.25Y	8.28/5.20	浅黄	较差
2	60	54.67	53.31	37.82	0.375 0	0.365 6	9.15YR	7.67/2.90	浅黄	较好
3	70	52.37	46.52	21.16	0.436 2	0.387 5	6.00YR	7.23/6.82	金黄	好
4	80	40.10	36.24	21.68	0.439 7	0.369 7	6.10YR	6.51/5.10	金黄	较好
5	90	45.33	38.02	19.17	0.442 1	0.367 2	3.25YR	6.63/6.78	金黄	较好

2.3 铁离子浓度对产品性能的影响

FeCl₃ 水解遵循一般反应的规律,即溶液越稀,水解程度越大;反之,溶液越浓、水解程度减少.向溶液中加入碱促进水解反应,在滴加 FeCl₃ 液时,要严格控制加料时间,即控制溶液中 FeCl₃ 溶液的浓度.控制 pH 值 3~4,理论包覆率 15%,反应温度 70 ℃,反应时间 3 h,分别配制铁离子浓度为 10%、15%、20%、25%的溶液制备云母氧化铁珠光颜料.由表 3 可以发现,当铁离子浓度控制在 20%时,珠光颜料的珠光效果最佳.

表 3 铁离子浓度对产品性能的影响

样品	铁离子浓度/%	X	Y	Z	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>H</i>	V/C	颜色	珠光效果
1	10	50.37	44.02	21.11	0.436 1	0.381 1	6.45YR	7.07/6.95	金黄	较好
2	15	54.62	46.47	21.22	0.446 5	0.379 9	5.00YR	7.23/8.15	金黄	较好
3	20	57.96	48.65	21.85	0.451 2	0.378 7	4.95YR	7.37/8.22	金黄	好
4	25	54.53	46.13	21.31	0.447 1	0.378 2	4.87YR	7.21/8.35	金黄	较好

2.4 反应时间对产品性能的影响

控制 pH 值 3~4,理论包覆率 15%,反应温度 70 ℃,铁离子浓度控制在 20%,对比不同反应时间对云母氧化铁珠光颜料颜色和光泽影响.从表 4 中各样品孟塞尔标号可以看出,随着反应时间的增加,样品颜色由黄色一金黄色逐渐加深,当反应时间超过 3 h 时,样品颜色变化趋于稳定.因此,反应时间控制在 3 h,样品的颜色和珠光效果均达到最佳.

表 4 反应时间对产品性能的影响

样品	反应时间/h	X	Y	Z	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>H</i>	V/C	颜色	珠光效果
1	1	52.89	49.09	28.40	0.405 7	0.376 5	7.5YR	7.4/5.87	浅黄	较差
2	2	48.82	42.84	20.40	0.435 7	0.382 3	6.85YR	6.97/6.40	金黄	较好
3	3	51.37	45.26	23.87	0.426 3	0.375 6	5YR	7.15/6.90	金黄	好
4	4	51.26	45.15	23.64	0.427 0	0.376 1	5YR	7.13/6.95	金黄	好

2.5 Fe₂O₃ 涂覆率对云母氧化铁珠光颜料颜色和光泽的影响

颜料的颜色取决于云母钛表面包覆的 Fe₂O₃ 的量.控制 Fe₂O₃ 理论包覆率为 5%、10%、20%、30%制备云母铁珠光颜料,产品经过滤、洗涤、干燥、煅烧后,用色差仪测定三刺激值.从表 5 中的孟塞尔 HV/C 数值可以看出,随着包覆率的增加,颜色逐渐加深,颜料从金黄色、金红色、红色、红褐色,而颜料的明度值逐渐减小,即光泽度逐渐下降.这是由于着色型珠光颜料兼有两方面特征,一是具有珠光效应,由于基质表面包覆一层均匀而透明的极薄的膜,对光产生了反射与干涉效应所致,而其具有的颜色是由于涂层吸收了部分可见光波长的光而显示与其互补光的颜色,包覆率愈大,说明膜层愈厚.根据光学原理入射光强度 $I = S + T + D + A$,其中 S 、 T 、 D 、 A 分别表示镜面反射光、透射光、散射光及吸收光的强度.在 I 一定时,镜面反射层越厚,则透射光强度越弱,即通过涂层到达云母钛基片表面的光越少,因此在其界面上产生光的

反射强度越弱,式中 S 、 T 值均减小从而使光的干涉作用相应减弱,珠光效应下降.另外,膜层越厚,式中 A 值越大,显示其互补光的颜色越饱和,即颜色加深.随着膜层厚度的变化,对光的反射、透射及吸收的强度均不同,因此呈现出不同的色调.

表 5 Fe_2O_3 涂覆率与色调间的关系

样品	包覆率/%	X	Y	Z	x	y	H	V/C	色调	珠光效果
1	5	54.11	47.13	24.73	0.429 5	0.374 1	6YR	7.28/7.18	金黄	最好
2	10	46.97	42.23	23.04	0.418 3	0.376 2	5.13YR	6.93/6.95	金黄	好
3	20	27.72	20.86	6.81	0.500 4	0.376 6	0.82YR	5.16/9.20	红	好
4	30	24.42	17.76	5.99	0.490 8	0.358 7	0.40YR	4.78/9.42	红褐	较好

2.6 煅烧工艺参数的确定

2.6.1 煅烧温度

将同样条件下制备的颜料前躯体于不同温度下煅烧同样的时间,所得数据见表 6.由表 6 的数据看出,随温度的升高,色调开始逐渐加深,至 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 及其以上颜色又变浅,而在 $600\sim 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ 煅烧,颜色红相增多,黄相减少,且明度与饱和度也相对较大.当温度不小于 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,红相又减少.可能是由于高于 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以后,在 Fe_2O_3 包覆层与 TiO_2 包覆层的相界面间生成了一层铁板钛矿型包覆层,其化学组成为 Fe_2TiO_5 ,从而使 Fe_2O_3 包覆层变薄而导致颜色变浅.

表 6 煅烧温度与颜料色调之间的关系

样品	煅烧温度/ $^{\circ}\text{C}$	X	Y	Z	x	y	H	V/C	颜色	珠光效果
1	500	54.32	53.35	37.10	0.375 2	0.368 5	7.92YR	7.66/4.00	浅黄	较差
2	600	53.83	54.51	35.40	0.374 5	0.379 2	7.50YR	7.74/4.50	浅黄	较好
3	700	57.68	55.83	37.33	0.382 4	0.370 1	7.10YR	7.80/4.80	金黄	好
4	800	58.00	57.70	37.34	0.379 0	0.377 0	8.00YR	7.92/3.90	金黄	较好

2.6.2 煅烧时间

煅烧温度 $700\text{ }^{\circ}\text{C}$,将相同条件下制备的颜料前躯体于同样温度下煅烧不同的时间,颜料的色调变化如表 7 所示.可见煅烧 1.5 h 后颜色趋于稳定,开始的颜色变化是由于时间短还未完全失去结构水所致.

表 7 煅烧时间与颜料色调之间的关系

样品	煅烧时间/h	X	Y	Z	x	y	H	V/C	颜色	珠光效果
1	0.5	47.97	46.52	31.68	0.380 2	0.368 7	5.74YR	8.41/4.67	金黄	较好
2	1.0	46.96	45.83	30.31	0.381 5	0.372 3	6.67YR	8.36/5.00	金黄	好
3	1.5	49.14	47.72	32.28	0.380 5	0.369 5	7.50YR	8.47/4.67	金黄	好
4	2.0	48.14	46.83	31.15	0.381 7	0.371 3	7.50YR	8.42/4.67	金黄	好

2.7 云母铁珠光颜料的热重和差热分析

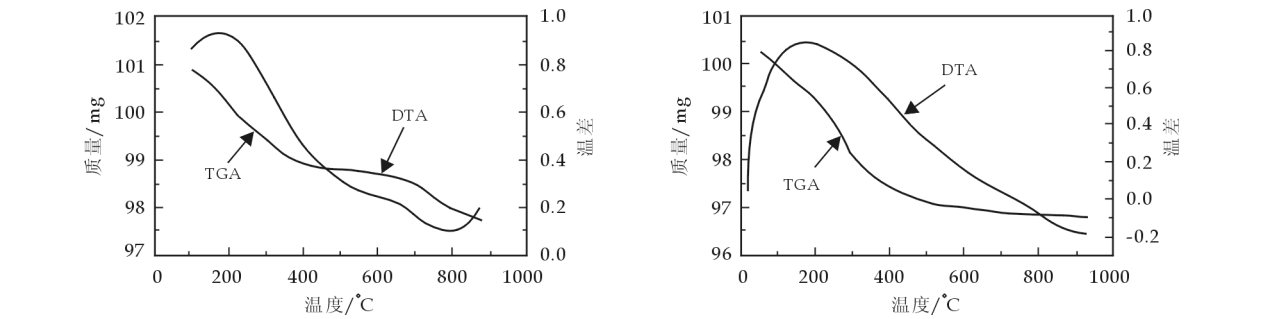


图 1a 理论包覆率为 10% 云母铁珠光颜料热重分析

图 1b 理论包覆率为 20% 云母铁珠光颜料热重分析

通过对制备的云母铁珠光颜料进行热重和差热分析实验,以确定云母铁珠光颜料的最佳煅烧条件. 差热分析结果见图 1.

图 1a、图 1b 中 TGA 代表样品的热重分析曲线,DTA 代表样品的差热分析曲线,从以上两图中可以看出在热重分析中样品的质量一直在减少,并且在 $100\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间差热分析曲线出现了一个 DAT 峰,此时样品失重较快,此阶段为脱水阶段,因此样品在煅烧时在 $100\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 应缓慢升温保持一段时间. 图 1a 中在 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有一波谷,说明此时样品失重速率较慢. 通过上述分析可以看出,云母铁珠光颜料在煅烧时温度超过 $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以后,样品变化较小.

2.8 产品稳定性试验

将制备的珠光颜料分别在 $1.8\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的盐酸溶液和 $1.8\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的氢氧化钠溶液中以 5% 的质量体积比浓度进行浸泡,24 h 后观察,对比发现珠光颜料的颜色未发生变化.

将制备的珠光颜料于铝板上压平,然后使用 125 W 高压汞灯在距离样品表面 20 cm 处照射 20 h,对比观察发现样品颜色无变化.

将制备的珠光颜料放置于瓷坩埚中,然后将盛有样品的坩埚放入马福炉中,分别于 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 加热 2 h,对比观察发现样品颜色无明显变化.

2.9 云母铁珠光颜料的 X-衍射分析

取包覆率为 10% 和 20% 的云母铁珠光颜料两个样品进行 X-衍射分析,结果见图 2.

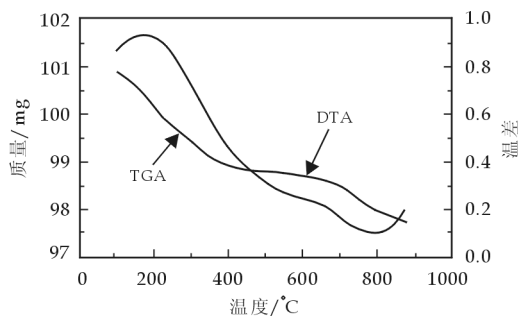


图 2a 包覆率 10%

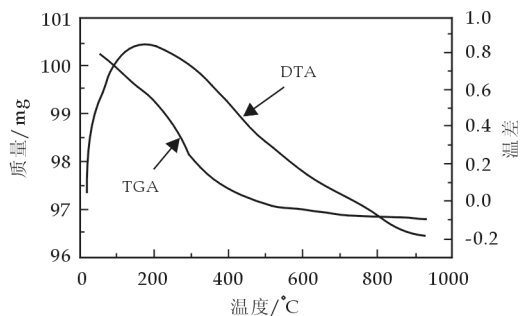


图 2b 包覆率 20%

由图 2a、图 2b 两个 X-衍射图可以看出,样品在 $2\theta=33.11^{\circ}$ 处产生较强特征衍射峰,对照氧化铁的标准图谱,可以得出制备的云母铁珠光颜料中包覆的氧化铁是以 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 晶型形式存在.

3 结 论

通过实验得出多覆层云母铁珠光颜料的较佳工艺条件为:

(1) 制备实验的 pH 值宜控制在 3~4 之间,温度为 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$,水解反应时间 3 h,铁离子浓度为 20%, Fe_2O_3 理论包覆率控制在 10% 时,云母珠光颜料为金黄色,此时制备的颜料珠光效果最好.

(2) 制备的云母铁珠光颜料经过过滤、洗涤,在烘箱中 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 干燥 8 h,加入马福炉中煅烧,在 $100\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 应缓慢升温 30 min,保证颜料完全脱水,继续升温至 $700\text{ }^{\circ}\text{C}$,煅烧 1.5 h.

(3) 制备的云母珠光颜料具有良好的耐酸碱,耐光、耐热性能.

参 考 文 献

- [1] 朱骥良,吴申年主编. 颜料工艺学[M]. 北京:化学工业出版社,2002:392-418.
- [2] P. Nowak, S. Noviski. 90 年代及未来的汽车用珠光颜料[J]. 中国涂料,1999,(1):24-26.
- [3] 谢金根,肖 菁. 非金属云母钛彩色珠光油墨的研究[J]. 江西科学,1997, 15(1):56-59.
- [4] 徐扬群. 云母钛珠光颜料及其在塑料工业中的应用[J]. 塑料科技,1997,(2):48-51.
- [5] 钟盛文. 云母钛珠光颜料的研究方法和新进展[J]. 中国钨业,2001,16(4):33-36.

[6] 辛 忠,吴 军,戴干策,等. 液相化学沉积法制备云母钛珠光颜料[J]. 华东理工大学学报,1997, 23(3):332-338.
[7] 徐扬群. 云母钛珠光颜料光学特性的分析及应用[J]. 中国涂料,1996,(6):37-40.
[8] Aizawa Shigeru. Trnsfer Material[P]. JP58167194, 1983-10-03.
[9] Takeuchi Masagi Yoshio, Suzuki Keita, Minohara Aketoshi. Pigmentary Ceramic Substrates Bearing Metal Dots[P]. EP0313281, 1989-04-26.
[10] 张庆勋. 夹心层包膜彩色珠光颜料的研制[J]. 锦州师范学院学报,2000,(12):18.
[11] Deluca Carmine V Jr,Miller Harold A, Waitkins George R. Rutile-coated mica nacreous pigments and process for the preparation [P]. US:4038099,1997.

PREPARATION OF THE NACREOUS PIGMENT OF IRON TITANIUM
WITH LIQUID PHASE DEPOSITION

LI Yun-tao, WANG Zhi-chao

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

Abstract: This paper studied on preparation condition of the mica iron pearly luster pigment preparation process. Best craft condition was obtained, that prepares mica iron pearly luster pigment is: the pH value control between 3~4, the temperature should control in 70 ℃ about, iron ion concentration control in 20%, hydrolytic reaction time 3 hours. The Fe₂O₃ theory gable rate control is best in 10% mica iron pearly luster pigment pearly luster effect. The calcining heat 700 ℃, calcines burns time 1 h. Controls the above condition, prepares the mica iron pearly luster pigment color golden yellow, the pearly luster effect is best. Through the application experiment, it is obtained that the preparation the mica pearly luster pigment has the very good acid proof alkalinity, very good fast light, heat-resisting performance.

Key words: mica iron; nacreous pigment; liquid phase deposition (LPD)

(上接第 7 页)

STUDY ON ADSORPTION CHARACTERISTIC OF CARBONATE
HYDROXYLAPATITE FOR HEXAVALENT CHROMIUM
ION FROM AQUOUS SOLUTION

YANG Ming-zhen, YIN Hai-rong, CHEN Guo-ping, ZU Quan-xian, FENG Min-ge, WANG Tao

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

Abstract: Carbonate hydroxyapatite (CHAP) synthesized by precipitation method is used as a sorbent to remove hexavalent chromium in solution, and the effects of pH value, adsorption time, adsorption temperature, CHAP dosage on the adsorption result are discussed in the work. The results show that: at room temperature, 5 of pH value of solution, stirring adsorpted 30 min with a certain amount of 5 g/L CHAP, the adsorption removal of Cr⁶⁺ basically reach to the equilibrium, the removal is up to 94.16%, the maximum adsorption capacity is to 23.54 mg/g.

Key words: carbon hydroxyapatite; adsorption; hexavalent chromium ion

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0014-03

溶胶-凝胶法制备 Sm^{3+} 掺杂 TiO_2 薄膜

卢 靖, 黄剑锋, 吴建鹏, 曹丽云, 黄毅成

(陕西科技大学材料科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要:以钛酸丁酯、氯化钐和乙醇为主要原料,采用溶胶-凝胶法制备出 Sm^{3+} 掺杂的 TiO_2 薄膜.考察了薄膜煅烧温度、前驱体 pH 值、 Sm^{3+} 掺杂量对薄膜制备的影响,并采用 X 射线衍射仪、扫描电子显微镜对所制备薄膜的物相组成,显微结构进行了表征.结果表明:煅烧温度为 $550\text{ }^\circ\text{C}$ 可使薄膜充分晶化,前驱体 $\text{pH}=3.0$ 时成膜性最好, Sm^{3+} 掺杂改变了 TiO_2 薄膜的晶格尺寸,且改善了薄膜表面气泡的大小和分布, Sm^{3+} 的最佳掺杂量为 $0.5\%\text{mol}$.

关键词: TiO_2 薄膜; Sm^{3+} 掺杂; 溶胶-凝胶法

中图法分类号: TB 43; TB 383

文献标识码: A

0 引 言

稀土元素掺杂二氧化钛由于改变了 TiO_2 固有的晶格结构,晶体中存在的缺陷更有利于抑制空穴电子对的复合,从而使其比单纯 TiO_2 的光能利用率高,光催化降解效果更好^[1-3],是一种理想的环保型高效催化剂.溶胶-凝胶(Sol-gel)法制备薄膜反应条件温和,成膜均匀,而且可在分子水平上实现均匀可控掺杂,是目前最常用的一种薄膜制备技术^[4].本研究采用 Sol-gel 法制备出稀土 Sm^{3+} 掺杂 TiO_2 薄膜,并系统研究了工艺因素对薄膜制备的影响.

1 实验

1.1 Sm^{3+} 掺杂 TiO_2 薄膜的制备

将分析纯的钛酸丁酯和无水乙醇按 1:25 的摩尔配比混合均匀,加入适量水和水解抑制剂二乙醇胺制得混合溶液.向混合溶液中缓慢加入 SmCl_3 ,使稀土掺杂量分别为 $0.5\%\text{mol}$, $1.0\%\text{mol}$ 和 $1.5\%\text{mol}$.用 HCl 调节溶液 pH 值范围为 2.5~4.5,室温磁力搅拌 2 h 后形成均匀溶胶,陈化 24 h 作为镀膜液备用.实验采用浸渍-提拉法镀膜,镀膜前玻璃基板在丙酮、乙醇混合溶液中超声清洗 2 h,薄膜的厚度由镀膜的层数决定.湿膜在 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 下干燥,随后在马弗炉中 $400\sim 550\text{ }^\circ\text{C}$ 煅烧 2 h,随炉冷却得到最终产物,XRD 测试所需粉体的制备方法与薄膜完全一致,陈化得到的凝胶直接干燥、煅烧即得粉体.

1.2 薄膜的表征

薄膜的物相组成采用日本 Rigaku 公司生产 D/max 2200PC 型 X 射线衍射仪测定,用荷兰 Philips-FEI 公司生产 Quanta 200 型扫描电镜观察薄膜的微观结构与表面形貌.

2 结果分析与讨论

* 收稿日期:2011-01-24

作者简介:卢 靖(1981—),女,河南省清丰县人,讲师,在读博士生,研究方向:材料物理与化学
基金项目:陕西科技大学自然科学基金项目(ZX09-16)

2.1 前驱体 pH 值对成膜性能的影响

前驱体 pH 值的变化对薄膜成膜性能有较大影响,光学显微镜下观察不同 pH 值溶胶的成膜情况如表 1 所示.当 pH 值为 5.0 时,溶胶呈无色半透明状,此时由于酞酸丁酯水解不完全,溶胶粘度太小而成膜性很差.随着 pH 值降低到 3.0 左右,溶胶转变为亮黄色,且粘度增大,陈化后生成均匀的溶胶,所制备出的薄膜均匀平整,结合力强,成膜性能最好. pH 值继续降低,胶体颜色加深,所制备的薄膜存在裂纹,且有颗粒生成.故制备 Sm^{3+} 掺杂 TiO_2 薄膜的前驱体最佳 pH 值为 3.0.

2.2 煅烧温度对薄膜制备的影响

因玻璃基底噪声较大,采用薄膜直接测试得到的 XRD 信号较弱,因此通常测定相同制备条件粉末的 XRD 来表征样品的物相组成.图 1 为不同煅烧温度下 TiO_2 粉末的 X 射线衍射谱.如图所示,400 $^{\circ}\text{C}$ 下曲线 a 中没有明显的特征衍射峰出现,所得到的产物为非晶态.当热处理温度上升到 550 $^{\circ}\text{C}$ 时,(101)、(200)、(004)、(105)、(211)、(204)晶面特征衍射峰出现,归属于锐钛矿型 TiO_2 ,衍射图谱与标准 JCPDS 卡片 (21-1272) 相吻合.说明随着温度的升高,薄膜的结晶性能提高.煅烧温度为 550 $^{\circ}\text{C}$ 可以制备出 Sm^{3+} 掺杂 TiO_2 薄膜.

表 1 不同 pH 值前驱体的成膜特征 (0.5%mol Sm^{3+})

编号	溶胶 pH 值	溶胶颜色	成膜性能
1 $^{\#}$	2.0	橙黄色,透明	有颗粒,不均匀
2 $^{\#}$	2.5	橙黄色,透明	有颗粒,不均匀
3 $^{\#}$	3.0	黄色,透明	均匀
4 $^{\#}$	4.0	淡黄色,透明	成膜性差
5 $^{\#}$	5.0	无色,半透明	成膜性差

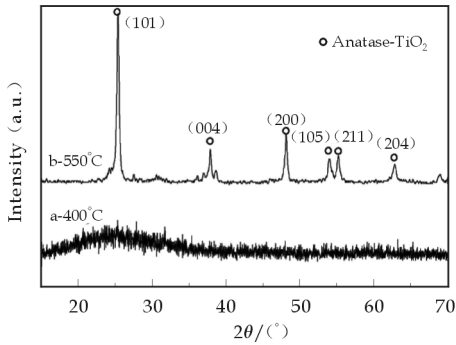


图 1 不同煅烧温度下 TiO_2 粉末的 XRD 图谱

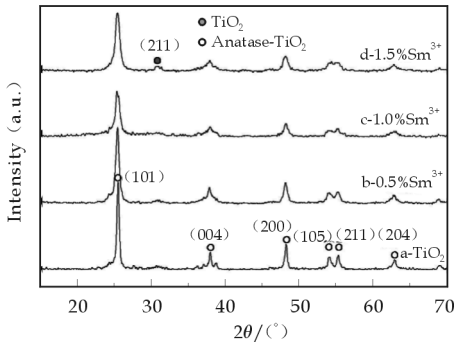


图 2 不同浓度 Sm^{3+} 掺杂 TiO_2 粉末的 XRD 图谱

2.3 Sm^{3+} 掺杂量对薄膜制备的影响

取不同 Sm^{3+} 掺杂量 TiO_2 粉体表征薄膜的物相组成,XRD 衍射如图 2 所示.纯 TiO_2 分别于 $2\theta=25.46^{\circ},37.46^{\circ},48.18^{\circ},54.24^{\circ}$ 出现衍射峰,分别属于锐钛矿型 TiO_2 (101)、(400)、(200)和(105)面衍射峰,表明薄膜的 TiO_2 具有锐钛矿相结构.0.5%mol 和 1.0%mol 掺杂的衍射花样与纯 TiO_2 相同,但衍射峰强度有一定的变弱,同时(101)面衍射峰的半峰宽增宽.这可能是因为掺杂的 Sm^{3+} 进入了晶格格位,取代了正常格位上的 Ti^{4+} 离子,从而使得 XRD 的衍射峰强度明显变弱^[5];也有可能是由于 Sm^{3+} 和被置换出来的 Ti^{4+} 在半径与电荷方面存在差异,造成了新的晶格畸变和缺陷位,从而导致衍射峰强度减弱.衍射峰的半峰宽增宽可能是由于 Sm^{3+} 掺入后导致 TiO_2 粒子变小的结果.当掺杂量达到 1.5%mol 时,(211)晶面出现衍射峰,显示出产物中有 TiO_2 新相出现,这说明掺杂已达到“饱和”状态,掺杂量不宜超过 1.5%mol.

2.4 Sm^{3+} 掺杂量对薄膜显微结构的影响

为了更好的了解载波片基底上薄膜的形貌及生长情况,用扫描电子显微镜对纯 TiO_2 与不同 Sm^{3+} 掺杂量 TiO_2 薄膜形貌进行了表征,结果示如图 3 所示.从图中可以看出:a,b,c,d,4 幅照片中,薄膜表面均无裂纹出现,成膜较均匀. TiO_2 薄膜表面凸凹不平,有很多孔洞,随着 Sm^{3+} 掺杂量的增大,薄膜表面的气孔分布趋于均匀,且渐渐缩小.这些气孔往往是溶胶-凝胶法合成 TiO_2 过程中所形成的聚合物在煅烧过程中热分解而产生的^[6].图 3 说明钐的引入在一定程度上改善了 TiO_2 膜表面气孔的产生和分布,特别当

掺杂量达到 1.5%mol 时,薄膜表面气孔显著缩小,

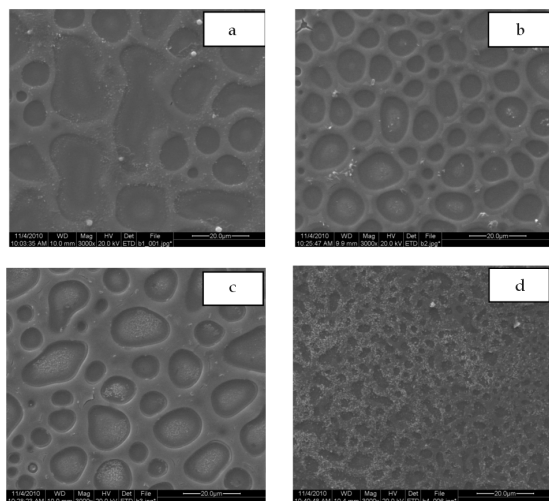


图 3 不同浓度 Sm^{3+} 掺杂 TiO_2 薄膜的 SEM 图

a: 纯 TiO_2 , b: 0.5% Sm^{3+} - TiO_2 ,

c: 1.0% Sm^{3+} - TiO_2 , d: 1.5% Sm^{3+} - TiO_2

但由于此时掺杂量较大,导致薄膜出现杂相(图 2 所示),破坏了锐钛矿型 TiO_2 薄膜的晶格结构,这对于其光催化效果反而会有不利的影响. 综上所述, Sm^{3+} 掺杂量选择 0.5% mol 为宜.

3 结 论

(1) 以钛酸丁酯、氯化钐和乙醇为主要原料,采用溶胶-凝胶法制备出 Sm^{3+} 掺杂的锐钛矿型 TiO_2 薄膜.

(2) 溶胶前驱体的组成、状态对薄膜制备影响较大,当前驱体 $\text{pH}=3.0$ 时成膜性最好. 溶胶中 Sm^{3+} 的加入改变了 TiO_2 晶格尺寸,且改善了薄膜表面气泡的大小和分布, Sm^{3+} 的最佳掺杂量为 0.5%mol.

参 考 文 献

- [1] Ebitani K, Hirano Y, Morikawa A. Rare-earth ions as heterogeneous photocatalysts for the ecomposition of dinitrogen monoxide [J]. J. Catal., 1995, 157(1): 262-265.
- [2] 李 辉,王金淑,李洪义,等. 氮硫掺杂介孔 TiO_2 薄膜结构及其光催化性能[J]. 无机材料学报, 2009, 24(5): 909-914.
- [3] 陈其凤,姜 东,徐 耀,等. 溶胶-凝胶-水热法制备 Ce-Si/ TiO_2 及其可见光催化性能[J]. 物理化学学报, 2009, 25(4): 617-623.
- [4] 周雪峰,钱清华,胡煜艳,等. 溶胶凝胶法制备平整 TiO_2 薄膜及其表征[J]. 南京工业大学学报, 2006, 28(1): 22-26.
- [5] 兰允祥,刘小珍,何 杰. Fe^{3+} 掺杂 TiO_2 薄膜材料的制备与光催化性能研究[J]. 广东化工, 2010, 37(5): 76-77.
- [6] 孙 剑,刘守新. La 掺杂 TiO_2 膜的制备及其对甲苯的去除性能[J]. 无机材料学报, 2010, 25(9): 928-934.

PREPARATION OF Sm^{3+} DOPED TiO_2 FILM BY SOL-GEL METHOD

LU Jing, HUANG Jian-feng, WU Jian-peng, CAO Li-yun, HUANG Yi-cheng

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

Abstract: The Sm^{3+} doped TiO_2 film were prepared from $\text{Ti}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ and SmCl_3 by sol-gel method. The effect of sintering temperature, precursor pH value and the doping amount of Sm^{3+} on preparation were investigated. The film were characterized by XRD and SEM. The result show that the anatase- TiO_2 film were obtained from 550 °C. When the precursor $\text{pH}=3.0$ is fit for film forming. Sm^{3+} changed the lattice size of TiO_2 and the distribution of stoma on the film. The best doping amount is 0.5%mol.

Key words: TiO_2 film; Sm^{3+} doped; sol-gel method

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0017-04

乙酰基二茂铁缩甘氨酸 Schiff 碱金属配合物的合成及抑菌活性研究

尹大伟¹, 王 青², 刘玉婷¹

(1. 陕西科技大学化学与化工学院, 陕西 西安 710021; 2. 商丘医学高等专科学校, 河南 商丘 476100)

摘 要:以乙酰基二茂铁缩甘氨酸 Schiff 碱配体(L)与过渡金属铜、钴、锌、铁的盐反应,合成了6种新型含二茂铁的 Schiff 碱过渡金属配合物(I₁~I₆),采用元素分析、红外光谱、摩尔电导、热重分析等对其进行了表征,确定了结构.利用热重分析得出配合物的热稳定性次序为:Zn 配合物>Cu 配合物>Co 配合物≈Fe 配合物.初步的生物活性实验表明配合物与配体相比,配合物的抑菌活性显著提高.

关键词:乙酰基二茂铁;甘氨酸;络合物;合成;抑菌活性

中图法分类:O627.8 **文献标识码:**A

0 引 言

Schiff 碱是羰基化合物与氨基缩合形成的具有碳氮双键的一类化合物.早在 1864 年 Schiff Hugo 首次报道了伯胺与醛、酮类活泼羰基化合物的缩合反应,生成了含亚胺基(Azomthine group)(-RC=N-)的一类化合物,后人称之为 Schiff 碱,从此拉开了人们研究 Schiff 碱的帷幕. Schiff 碱合成相对容易,能够灵活地选择各种胺类及带有羰基的不同醛和酮进行反应,改变连接的取代基,并改变给予体原子本性及位置,可开拓出许多从链状到环合、从单齿到多齿、性能不同、结构多变的配体及金属配合物^[1]. 大量的文献报道, Schiff 碱可与过渡金属离子、部分主族金属与稀土元素形成配合物,该类配合物具有很强的生理活性,可作为抗菌、抗癌、抗肿瘤、抗结核等的药物;该类配合物还具有较高的催化活性,对氧负离子有很好的抑制作用^[2],可广泛应用于医学治疗、合成、生物调节剂、热敏或压敏材料中的染料、聚合物改性、分析试剂、螯合剂等领域.本文合成了6种新型的含二茂铁基的甘氨酸 Schiff 碱过渡金属配合物(如图 1 所示),并对其抑菌活性进行了初步探索.

1 实验部分

1.1 仪器与试剂

红外光谱采用德国 Bruker 公司 VECTOR22 型傅立叶变换红外光谱仪测定, KBr 压片;元素分析采用德国 Elementar 公司 Vario EL III 型元素分析仪测定;电导率采用上海精密仪器科学有限公司 DDS-

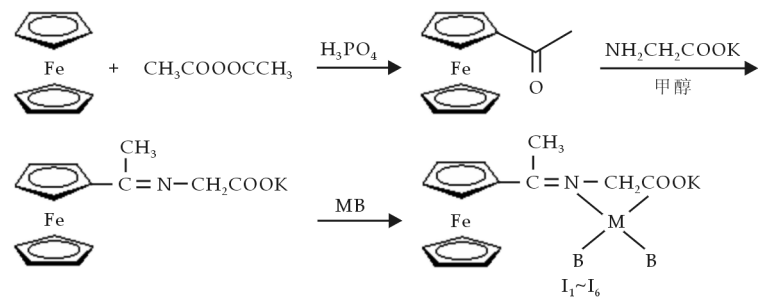


图 1 含二茂铁基的甘氨酸 Schiff 碱过渡金属配合物的合成反应式
(MB₁:醋酸铜;MB₂:醋酸锌;MB₃:氯化铜;MB₄:氯化钴;MB₅:氯化锌;MB₆:硝酸铁)

* 收稿日期:2010-12-25
作者简介:尹大伟(1970-),男,陕西省富平县人,工程师,研究方向:有机合成

307 型电导率仪测定;热重分析采用美国 TA 公司 SDTQ 600V 80Build 95 热分析仪测定,在氮气气氛下测量,温度范围为 25~800 ℃,升温速率 10.0 ℃/min;熔点采用北京泰克仪器有限公司 X-4 数字显示显微熔点测定仪,温度计未经校正.

所用试剂均为分析纯,乙酰基二茂铁按文献[3]合成, m. p. : 84~85 ℃(文献[3]值: 85±1 ℃);乙酰基二茂铁缩甘氨酸 Schiff 碱按文献[4]合成, m. p. : 271~272 ℃(文献[4]值: 272 ℃).

1.2 过渡金属配合物 I₁~I₆ 的合成

将 1 mmol 乙酰基二茂铁缩甘氨酸 Schiff 碱溶于 10 mL 无水甲醇中,搅拌下滴加含有 1 mmol 无机盐(MB₁~MB₆)的无水甲醇溶液,在氮气保护下回流反应 5 h,反应完毕后冷却,抽滤,无水乙醇,乙醚洗涤,真空干燥.

- I₁ 为墨绿色土黄色粉末状固体,产率:59.1%, m. p.:283~286 ℃;
- I₂ 为浅土黄色粉末状固体,产率:51.4%, m. p.:291 ℃变黄,未见溶化;
- I₃ 为浅蓝色粉末状具有荧光的固体,产率:53.3%, m. p.:350 ℃,未见熔化;
- I₄ 为玫红色粉末状固体,产率:60.2%, m. p.:303 ℃,变成泡状;
- I₅ 为浅土色粉末状固体,产率:49.5%, m. p.:282~283 ℃;
- I₆ 为褐色粉末状固体,产率: 65.4%, m. p.:350 ℃,未见溶化.

1.3 抑菌活性测试

采用滤纸片法对目标化合物进行抑菌活性测试.

将用无水乙醇溶解的目标化合物的药物原液平铺于含菌的平皿上,放入培养箱中培养,在 28 ℃下培养 48 h 后观察,测量抑菌圈直径(抑菌环为琼脂培养基上透明的圆环,未生长细菌部分),同时进行空白对照.出现抑菌圈直径大,说明该化合物抑菌活性强.实验菌株为金黄色葡萄糖菌、大肠杆菌、放线菌、酵母菌.

2 结果与讨论

2.1 化合物表征

2.1.1 配体及配合物的元素分析及性质

表 1 配体和配合物的元素分析数据(括号内为计算值)

配体及配合物		C/%	H/%	N/%
L	C ₁₄ H ₂₄ FeKNO ₂	52.84(52.01)	4.15(4.33)	4.12(4.33)
CuL(I ₁)	C ₁₈ H ₂₄ FeCuNO ₈	43.56(43.02)	4.51(4.78)	2.61(2.79)
ZnL(I ₂)	C ₁₈ H ₂₄ FeZnNO ₈	42.82(42.94)	4.70(4.77)	2.82(2.78)
CuL(I ₃)	C ₁₄ H ₂₅ FeCuNO _{7.5} Cl ₂	31.97(32.43)	4.88(4.83)	2.65(2.70)
CoL(I ₄)	C ₁₄ H ₁₉ FeCoNO _{4.5} Cl ₂	37.06(36.60)	4.30(4.14)	3.12(3.05)
ZnL(I ₅)	C ₁₄ H ₁₈ FeZnNO ₄ Cl ₂	36.12(36.84)	3.78(3.95)	3.15(3.07)
FeL(I ₆)	C ₁₄ H ₂₈ FeN ₄ O ₁₃	29.12(29.89)	3.02(3.20)	9.68(9.96)

配体配合物元素分析数据列于表 1.

从表中可以看出,元素分析的测定值与理论值基本吻合.配体在空气中不太稳定,配体易溶于氯仿、DMF、DMSO、甲醇、乙醇,难溶于乙醚、异丙醇.配合物均是过渡金属

盐与相应的 Schiff 碱 1 : 1 反应的产物.配合物在空气中较稳定.

2.1.2 配体及配合物的摩尔电导

配体及配合物元素的摩尔电导数据列于表 2.

表 2 配体和配合物的摩尔电导数据

配体及配合物	L	CuL(I ₁)	ZnL(I ₂)	CuL(I ₃)	CoL(I ₄)	ZnL(I ₅)	FeL(I ₆)
$\Delta m/(s \cdot cm^2 \cdot mol^{-1})$	12.1	24.5	16.7	19.5	15.8	10.1	85.3

在室温下浓度为 1.0×10⁻³ mol · L⁻¹ 的水溶液(配体在乙醇中)中测定摩尔电导,结果表明:除硝酸铁配合物外,其他配合物均为非电解质(与小于 42.5 s · cm⁻² · mol⁻¹ 的范围相一致^[5]),说明 Cl⁻、Ac⁻ 在

内界,硝酸铁配合物为 1 : 1 型电解质,2 个硝酸根在内界,1 个硝酸根在外界.

2.1.3 红外光谱分析

配体及配合物的红外光谱数据列于表 3.

将乙酰基二茂铁与

表 3 配体及配合物的主要红外光谱数据 (cm⁻¹)

配体及配合物	$\nu_s(\text{C}=\text{N})$	$\nu_{as}(\text{COO}^-)$	$\nu_s(\text{COO}^-)$	NO_3^-
L	1 612	1 567	1 336	
CuL(I ₁)	1 615	1 615	1 369	
ZnL(I ₂)	1 599	1 599	1 345	
CuL(I ₃)	1 616	1 616	1 391	
CoL(I ₄)	1 587	1 587	1 346	
ZnL(I ₅)	1 592	1 588	1 343	
FeL(I ₆)	1 628	1 497	1 384	1 497, 1 384, 1 287, 1 041, 832

配体的红外光谱图比较,可以看出它们的 IR 光谱发生了较大的变化,在 1 665 cm⁻¹ 处的 C=O 伸缩振动吸收峰已经消失,在 1 612 cm⁻¹ 处出现了新的吸收峰,这说明 C=O 键已经转变为 C=N 键.

比较配合物与相应的 Schiff 碱的红外光谱可以发现:配体中 1 612 cm⁻¹ 处的 C=N 伸缩振动吸收峰 $\nu_{\text{C}=\text{N}}$ 在生成配合物后发生了位移,表明配体中的亚胺基团上的 N 原子也参与了配位. 另外,与羧酸根,在配合物中的 $\nu_{as}(\text{COO}^-)$ 、 $\nu_s(\text{COO}^-)$ 与配体相比较,波数均发生了变化,说明羧酸根参与了配位. 从羧酸对称和反对称频率之差且 $\Delta \nu(\nu_{as} - \nu_s) > 200 \text{ cm}^{-1}$,可推知在这些化合物中羧酸根以单齿配位^[6]. 硝酸铁配合物在 1 497、1 384、1 287、1 041、8 32 cm⁻¹ 附近出现了 NO₃⁻ 吸收峰,其中 1 384、832 cm⁻¹ 附近的振动峰,表明配合物中存在自由的 NO₃⁻,而 1 497、1 287、1 041 cm⁻¹ 振动峰的出现,表明配合物中存在配位的 NO₃⁻ 且 1 497 cm⁻¹ 和 1 287 cm⁻¹ 相差约 210 cm⁻¹,说明配合物内界有以双齿形式配位的 NO₃⁻ 存在^[7,8]. 配合中有水分子存在,这与元素分析和热重分析结果相吻合.

2.1.4 配合物的热重分析^[9].

采用 SDT 型热分析系统,在氮气气氛中进行,以 Al₂O₃ 为参比物,升温速度为 10 °C/min,在室温至 800 °C 区间内对配合物进行了热重分析. 部分配合物的热重分析数据列于表 4.

从表 4 可以看出所有配合物中组成水都为结晶水. 从失重比率可以看到,这些配合物热分解最终产物均为铁和金属的混合物. 利用差热分析对配合物的热稳定性进行了研究,得出热稳定性次序为:Zn 配合物 > Cu 配合物 > Co 配合物 ≈ Fe 配合物 (Zn 配合物的最终分解温度大于 800 °C, Cu 配合物约为 620 °C, Co 配合物约为 600 °C).

表 4 配合物的热分析数据

配合物	失水温度/°C	失重率/%	相当水分子数	放热峰温度/°C	总失重率/%
ZnL(I ₂)	96.33	8.083	2	250~775	66.55
CuL(I ₃)	88.83	18.88	5.5	450~572	75.87
CoL(I ₄)	98.56	10.11	2.5	231~404	74.65
ZnL(I ₅)	113.9	8.145	2	263~790	76.27
FeL(I ₆)	75	6.645	2	166~439.6	79.6

2.2 目标化合物的活性

配体及其过渡金属配合物的抑菌活性(抑菌圈直径)结果见表 5.

配合物对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌均有不同程度的抑制作用;对放线菌、酵母菌无抑制作用,而对革兰氏阳性菌类金黄色葡萄球菌的抑制作用较显著;与配体相比,配合物的抑菌活性显著的提高,这可能

表 5 配体及其过渡金属配合物的抑菌活性/抑菌圈直径:mm

配体及配合物	编号	金黄色葡萄球菌	大肠杆菌	放线菌	酵母菌
L	1	13.6	14.8	...	...
CuL(I1)	2	38.2	...	...	...
ZnL(I2)	3	38.4	18.1	...	...
CuL(I3)	4	36.1	15.3	...	...
CoL(I4)	5	19.6	14.3	...	...
ZnL(I5)	6	28.1	10.6	...	...
FeL(I6)	7	...	10.2	...	...

注:“...”表示未发现抑菌圈.

是因为配合物比配体更容易穿透细菌细胞膜,提高了膜内药物浓度,改变了细胞膜的电性质,从而干扰了细菌细胞膜的正常功能,抑制了细菌的生长^[10]. 配合物对测试菌种的抑制作用有一定的选择性,其作用机理还不十分清楚,尚需要进一步深入研究.

3 结束语

本文以乙酰基二茂铁缩甘氨酸 Schiff 碱配体与过渡金属铜、钴、锌、铁等的盐反应,合成了 6 种新型含二茂铁基的 Schiff 碱过渡金属配合物,并通过表征了确定化合物的结构. 对目标产物进行的生物活性的实验结果表明配合物与配体相比,配合物的抑菌活性显著提高.

参 考 文 献

- [1] 郑匀飞,陈文纳,李德昌,等. Schiff 碱及其配合物的应用研究进展[J]. 化工技术与开发, 2004, 33(4): 26-29.
- [2] 李建章,秦圣英,李仲辉,等. 冠醚化单和双 Schiff 碱的合成及其钴配合物的氧加合性能[J]. 合成化学, 1998, 6(2): 137-148.
- [3] 刘玉婷. 有机合成化学实验[M]. 长春: 吉林大学出版社, 2006: 117-119.
- [4] 孙为银. 配位化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 31-35.
- [5] Geary WJ. Use of conductivity measnrements in organic solvents for characterization of coordination compounds[J]. Coord Chem Rev., 1971, (7): 81.
- [6] Nakamoto K. Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds[M]. 4th Ed, New York: Wiley & Sons, 1986.
- [7] 中本一雄著,黄德如译. 无机和配位化学物的红外和拉曼光谱[M]. 北京: 化学工业出版社, 1986: 208-237.
- [8] 刘宝殿,徐永祥. 混合二烷基二氯化锡与水杨醛缩苯胺类 Schiff 碱配合物的合成和表征[J]. 高等化学学报, 1994, 15(9): 1 322-1 326.
- [9] 沈 兴. 差热、热重分析与非等温固相反应动力学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1995: 22-96.
- [10] 赵雁武,周振中,王宪伟. 3,4-二羟基苯甲醛缩氨基硫脲锌(Ⅱ)配合物合成、表征与抑菌活性[J]. 武警工程学院学报, 2003, 19(2): 13-14.

SYNTHESIS AND ANTIBACTERIAL ACTIVITIES OF ACETYL FERROCENE GLYCINE SCHIFF BASE METAL COMPLEXES

YIN Da-wei¹, WANG Qing², LIU Yu-ting¹

(1. School of Chemistry & Chemical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China; 2. Shangqiu Medical College, Shangqiu 476100, China)

Abstract: Six novel transition metal complexes containing ferrocenyl Schiff base ($I_1 \sim I_6$) were synthesized by acetyl ferrocene glycine Schiff base ligand (L) with the transition metal salts such as copper, cobalt, zinc, iron. The structures were confirmed by elemental analysis, IR, molar conductance, thermogravimetric analysis. Thermal stability of the complex order was obtained by thermal analysis: Zn complexes > Cu complexes > Co complexes \approx Fe complexes. The preliminary biological activity tests showed that antifungal activities of the complexes was significantly improved.

Key words: acetyl ferrocene; glycine; complex; synthetic antibacterial activity

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0021-03

混合溶盐对玻璃化学蚀刻的研究

刘存海, 石 晶, 喻 英

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

摘 要:采用扫描电镜及其附带 X 射线能谱仪研究了氟化铵、硫酸铵、草酸、水的混合溶盐对硅酸盐玻璃的侵蚀, 对其影响因素进行了探讨, 并且与氢氟酸侵蚀的形貌作了对比. 结果表明: 采用混合溶盐法在 28 ℃ 下侵蚀 4 h, 玻璃受侵蚀较明显, 并且相同条件下要比氢氟酸侵蚀效果好.

关键词: 化学蚀刻; 表面形貌; 蚀刻液; 正交实验

中图法分类号: TQ171.6⁺87 **文献标识码:** A

0 引 言

当前, 玻璃不仅仅是一种功能性材料, 在各种形式的装饰工程中被大量使用, 尤其是蚀刻有各种花纹图案、书法字体的玻璃深受消费者的欢迎. 在玻璃表面处理技术中, 化学蚀刻方法具有设备简单、原料易购、成本低廉、产品附加值高等优点, 对于小本产业加工条件更易实现, 因此研制一种低成本、高效益、低耗能并且绿色环保的玻璃蚀刻液极具市场前景.

众所周知, 玻璃易被氢氟酸腐蚀, 但氢氟酸很容易挥发, 对人危害性很大, 且对设备侵蚀性强, 环境污染严重, 操作者要戴防护口罩和手套密闭操作. 氢氟酸对玻璃的侵蚀机理及影响因素已有较多的研究报道^[1,2]. 在这里我们研究了应用氟化铵、硫酸铵、草酸及水的混合溶盐在不同温度、不同时间下对玻璃的腐蚀速率, 在此基础上用扫描电镜及其附带的 JED- 2200 型 X 射线能谱仪分析了受腐蚀玻璃的表面组成, 同时探讨了用混合溶盐代替氢氟酸对钠钙硅酸盐平板玻璃表面进行化学蒙砂的可能性.

1 实验部分

1.1 主要试剂及仪器

氟化铵(AR, 上海市奉贤奉承试剂厂), 硫酸铵(AR, 天津耀华化学试剂有限公司), 草酸(AR, 天津市红岩化学试剂厂), 氢氟酸(AR, 天津华达化工有限公司), BaSO₄ (AR, 天津市天大化学试剂厂), 甘油(AR, 天津市红岩化学试剂厂).

FORMAT JEOL 的 JSM-6390 型扫描电镜, JED- 2200 型 X 射线能谱仪.

1.2 实验材料

采用钠钙硅酸盐平板玻璃作为基片, 其成分的质量分数分别为: SiO₂ 72.4% , Al₂O₃ 1.5% , Fe₂O₃ 0.2% , CaO 7.2% , MgO 4.2% , R₂O (Na₂O + K₂O) 14.5% . 将平板玻璃裁成 400 mm×400 mm 的基片.

1.3 实验步骤

将玻璃样品用丙酮和酒精超声波清洗 5 min, 再用铬酸洗液浸泡一天, 以去除其表面的油污, 用去离

* 收稿日期: 2011- 02-25

作者简介: 刘存海(1955-), 男, 陕西省周至县人, 副教授, 研究方向: 环境化学及水处理工程

子水冲洗干净,然后放在 130 ℃ 的烘箱内烘干 1 h,增强玻璃表面活性.

把氟化铵、硫酸铵、草酸、水按一定的比例配置并分别置于塑料坩埚内,再放入玻璃基片,加盖密封后放入水浴锅,加热到不同温度并保持一定时间,然后取出用去离子水清洗、干燥,测定其侵蚀后的失重.

混合腐蚀液的配制用正交试验法,设计 7 因素(温度、时间、溶盐组成),选用 $L_8(2^7)$ 安排,通过试验得到最佳配方.

玻璃被侵蚀表征用单位面积、单位时间的质量减少量来计腐蚀速率和表面形貌测定结果.用电子天平称量侵蚀前后玻璃基片的质量.侵蚀后样品形貌用 FORMAT JEOL 的 JSM-6390 型扫描电镜及其附带的 JED-2200 型 X 射线能谱仪分析其表面组成.

2 结果与讨论

2.1 单因素试验

氟化铵、硫酸铵、草酸和水的用量以及温度、反应时间与腐蚀速率的关系曲线分别见图 1~6.

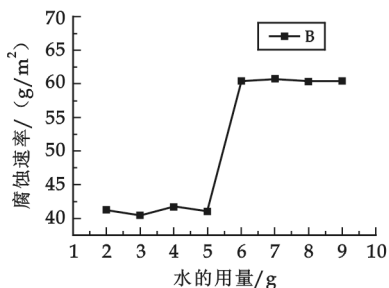


图 1 水的用量对腐蚀速率的影响

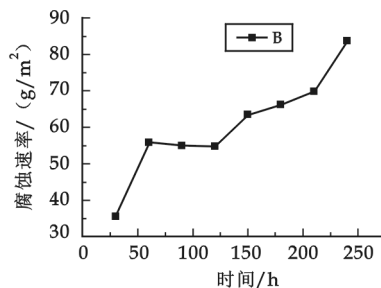


图 2 时间对腐蚀速率的影响

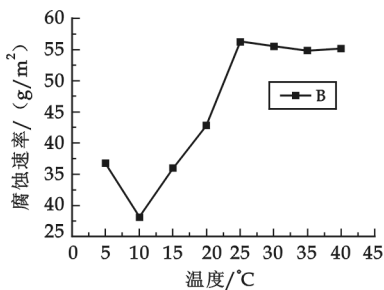


图 3 蚀刻温度对腐蚀速率的影响

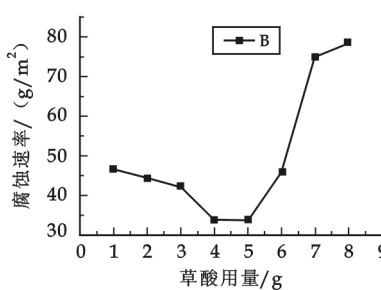


图 4 草酸用量对腐蚀速率的影响

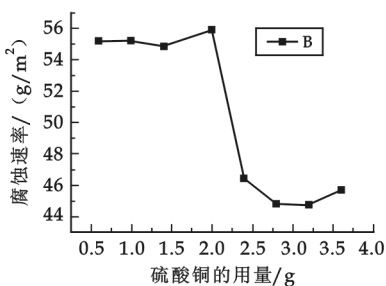


图 5 硫酸铵用量对腐蚀速率的影响

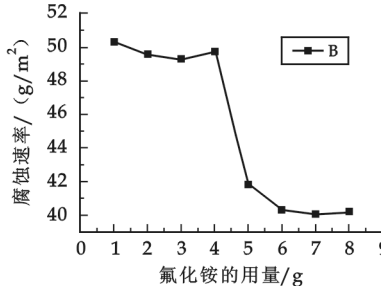


图 6 氟化铵用量对腐蚀速率的影响

由以上单因素试验可见,以氟化铵 4.00 g 左右、硫酸铵 2.00 g 左右、草酸 7.00 g 混合的铵盐侵蚀效果较为明显。

本文中样品的侵蚀温度为 28 ℃,时间为 4 h.图 7 为玻璃受氢氟酸侵蚀后的扫描电镜照片,图 8 为玻璃受混合盐侵蚀后的扫描电镜照片。

由图 7 与图 8 对比可以发现,钠钙硅酸盐玻璃受氢氟酸侵蚀后表面粗糙不平,并且有凹坑,不平整,而受混合溶盐侵蚀后的表面较平整,侵蚀均匀,效果要比前者好.图 9 为玻璃受氢氟酸侵蚀后表面的 EDX 谱图,图 10 为玻璃受混合溶盐侵蚀后表面的 EDX 谱图.从谱图数据可以看出玻璃受混合溶盐侵蚀后 Si/O 原子相对浓度要比受氢氟酸腐蚀的变化大,但较侵蚀前二者的 Si/O 比降低,表明玻璃表面富氧,非桥氧和游离氧增加.由图 9 和图 10 相对应的计算机数据得出受氢氟酸侵蚀后玻璃表面氧硅摩尔比 O/Si 约为 1.85,而受混合溶盐侵蚀后玻璃中 O/Si 约为 2.2,两种侵蚀方法的侵蚀程度相近,但是从侵蚀效果来看,混合溶盐效果较好。

3 结束语

用氟化铵、硫酸铵、草酸和水按一定比例配制的混合溶液,在同一侵蚀条件下进行侵蚀,玻璃基片被侵蚀情况比氢氟酸要严重并且均匀.随着温度

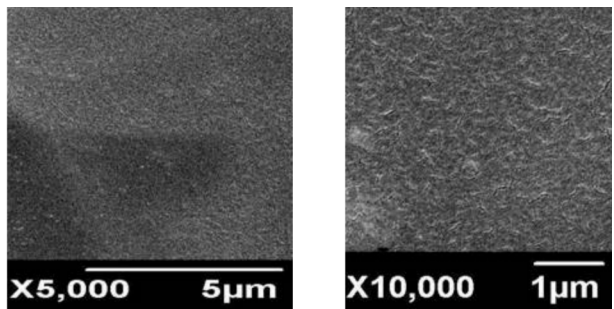


图 7 玻璃受氢氟酸侵蚀后的 SEM 照片

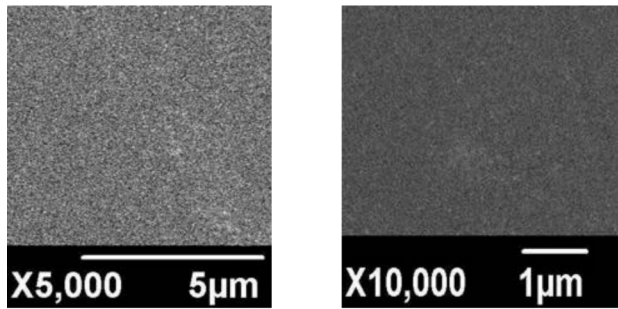


图 8 玻璃受混合溶盐侵蚀后的 SEM 照片

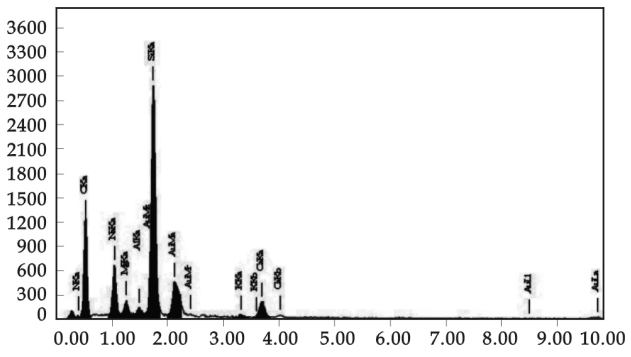


图 9 氢氟酸侵蚀后玻璃表面的 EDX 谱图

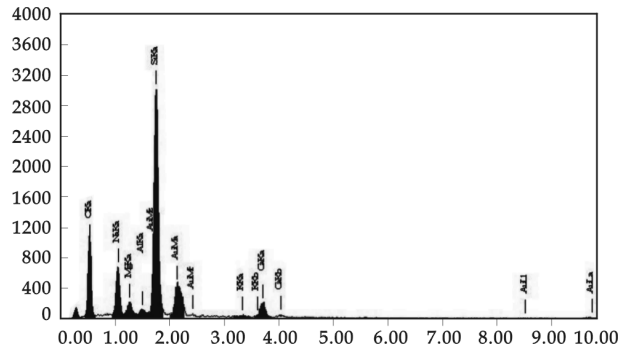


图 10 混合溶盐侵蚀后玻璃表面的 EDX 谱图

升高,侵蚀加剧,在 28 ℃下侵蚀 4 h,可以得到半透明具有蒙砂效果的玻璃.侵蚀过程中混合盐类与氢氟酸相比无挥发,从而减少了对环境的污染,符合绿色生产的要求,并且侵蚀速率较快,蚀刻深度较大、均匀性好、安全性高,可达到蒙砂生产的实用要求。

参 考 文 献

[1] 王 芬,张超武,黄剑锋.硅酸盐制品的装饰及装饰材料[M].北京:化学工业出版社,2004:352-362.
[2] 王承遇,陶 瑛.中国传统艺术玻璃的制造[J].玻璃艺术,2005,(5):36-46.
[3] Shoji S, Kikuchi H, Torigo H. Anodicbonding below 180 ℃ for packaging and assembling of MEMS using lithium aluminosilicate-β-quartz glass-ceramic[A]. Proc MEMS 97[C]. Piscataway (USA):IEEE,1997:482-487.

螺旋纳米碳纤维的电磁吸收特性研究

王 丽

(华南理工大学广州汽车学院, 广东 广州 510800)

摘 要:研究了用化学气相沉积法制备螺旋纳米碳纤维的方法:以 C_2H_2 、 H_2 、Ar 为反应气体, 石英为基片, Ni 为催化剂, 高温下在 Ni 粉上析出了纳米碳纤维. 用反射法测得不同条件下制备的螺旋纳米碳纤维的电磁吸收特性, 结果表明其吸波性能很好.

关键词: 纳米碳纤维; 化学气相沉积; 电磁吸收特性

中图法分类号: O441.6

文献标识码: A

0 引 言

19 世纪末, 人们在研究类热解时, 发现在催化剂表面生成物中混有极小的纤维状物质, 这是纳米碳纤维(CNFS)的最早发现. 20 世纪 90 年代 S. Iijima 发现纳米碳管以后, 人们才开始有目的地合成纳米碳纤维, 其质量轻、厚度薄、韧性好、强度大、导电性强、低密度、宽频带的多功能特性受到了极大关注. 通过几十年的发展, CNFS 的研究已越来越广泛, 且技术也越来越完善, 制备的性能也越来越好, 应用也越来越广泛.

1 螺旋纳米碳纤维的制备方法及其特点

制备螺旋 CNFS 的方法采用化学气相沉积法(CVD 法), 该方法主要以低碳烃化合物乙炔(C_2H_2)为碳源, 含硫化合物为生长促进剂, Ni 为催化剂, H_2 和 Ar 为载气, 石英舟作基片. CVD 法有以下几个优点:

(1) 设备简单: 无须高真空和高温加热设备, 优化了实验装置, 有利于实验的快速进行.

(2) 成本较低, 可就地取材.

(3) 用途广泛: 我们制备的螺旋纳米碳纤维用途是很广泛的. 如用于电磁信息发射, 可防止信息泄露, 避免政治、经济、国防、科技等方面因信息泄露而造成的损失.

设备组装好后制备 CNFS, 要使石英管内源源不断地供应气体, 而又不使气体压强过大影响实验结果, 则应使流入反应管内的气体量与流出的气体量保持平衡. 不同工艺条件制备的 CNFS 其性能如表 1 所示.

纳米碳纤维的形貌(特别是直径)和微观结构对其物理、化学性质有着极大的影响, 在不同的制备方法和工艺条件下可以得到各种不同形貌和微观结构的纳米碳纤维.

2 螺旋纳米碳纤维的电磁吸收特性研究

2.1 材料吸收特性的基本规律

真空中的电磁场为

* 收稿日期: 2010-12-22

作者简介: 王 丽(1979—), 女, 湖北省荆门市人, 助教, 硕士, 研究方向: 碳纤维制备及性能测试

表 1 不同工艺条件制备的 CNFS

样品 编号	温度 /℃	本底真空 /Pa	H ₂ : Ar : C ₂ H ₂ /(mL/min)	反应时间, /min	反应压强 /MPa	Ni 粉 /目	宏观形貌和其他特性
1 [#]	630±30	2.9	2 : 1 : 2	52	< 1	> 200	产率约为 40%,呈海绵状,有弹性、导电性、磁性.
2 [#]	587±20	2.9	3 : 1 : 2	90	< 1	> 200	产率约为 79%,呈海绵状,有弹性、导电性、磁性.
3 [#]	560±10	2.9	10 : 3 : 5.5	75	< 1	> 200	产率约为 83%,呈海绵状,有弹性、导电性、磁性.
4 [#]	535±15	2.8	8 : 3 : 6	95	< 1	> 200	产率为 82%,海绵状,有弹性、导电性、磁性.
5 [#]	540±20	2.4	20 : 10 : 11	70	< 1	> 200	产率约为 83%,海绵状,有弹性、导电性、磁性.
6 [#]	545±5	2.6	20 : 10 : 11	80	< 1	200	产率约为 89%,海绵状,产物在石英舟的两端多,中间少,弹性好,有导电性、磁性.
7 [#]	570±20	3.0	8 : 3 : 3	35	<1	200	产率约为 82%,产物在石英舟的两端多,中间很少,有弹性、导电性、磁性.

$D = \epsilon_0 E, B = \mu_0 H$ (1)

式中 E 为电场强度, D 为电感应强度, H 为磁场强度, B 为磁感应强度, ϵ_0 和 μ_0 均为常数.

类似得到物质方程式:

$D = \epsilon \epsilon_0 E, B = \mu \mu_0 H$ (2)

$\epsilon = 1 + x_E, \mu = 1 + x_I$ (3)

x_E 和 x_I 分别称为电介质的极化率和磁化率. 确定电感应强度 D 和磁感应强度 B 与电场强度 E' 磁场强度 H 之间关系的等式(2) 称为物质方程. x_E 和 x_I 表征了材料内部存在电磁场的实际介质以及相应的性质. 还有另外一个物质方程, 以使传导电流密度 I 与电场强度联系起来, 即

$I = \sigma E$ (4)

式中 σ 为材料的电导率, 电导率是材料电阻率的倒数.

把 ϵ 和 μ 表示为复数:

$\epsilon = \epsilon' - j\epsilon'', \mu = \mu' - j\mu''$ (5)

上式中 ϵ' 和 μ' 分别为在电场或磁场作用下产生的极化和磁化程度的变量, 而 ϵ'' 是外加电场作用下材料电偶矩产生重排引起损耗的程度, μ'' 是外加磁场作用下材料磁偶矩产生重排引起损耗的量度. 其损耗角正切分别为:

$\text{tg}\delta_E = \frac{\epsilon''}{\epsilon'}, \text{tg}\delta_M = \frac{\mu''}{\mu'}$ (6)

通常也可表示为:

$\text{tg}\delta_E = \frac{\sigma}{\omega \epsilon_0 \epsilon'}$ (7)

式中 ω 为角频率. 这些参数也可用复波数(或传播常数) k 表示:

$k = \omega \sqrt{\epsilon \epsilon_0 \mu \mu_0} = \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon \mu}$ (8)

式中 c 为真空中的光速.

一般来说, 材料的性质都借助于综合参数 ϵ 和 μ 来表征, 这两个参数决定着介质中电磁能的积蓄和消耗^[1]. 根据 ϵ 和 μ 特性的不同, 材料对电磁波辐射的吸收能力也不一样. 理想电解质的介电常数和磁导率是实数, 因此不能吸收电磁波辐射, 但在一般情况下介质或材料的介电常数和磁导率具有参数性质. 如果其介电常数和磁导率的虚部与实部相比很小, 则可忽略不计, 因此仍不能吸收电磁波辐射, 这类介质或材料

为透波介质或透波材料. 当介质或材料的介电常数和磁导率的虚部不能忽略时, 便具有吸收电磁波的辐射的性质, 称其为吸波介质或吸波材料^[2]. 由此可见, 虚部主要承担对电磁波辐射的吸收.

除了 ϵ 和 μ 以外还常常采用表征同一现象的其他一些参数, 其中一个参数是介质损耗角正切 $\text{tg}\delta$. 在损耗取决于电导率 σ 时,

$$\text{tg}\delta = \frac{\epsilon''}{\epsilon'} = \frac{\sigma}{\omega\epsilon_0\epsilon'} = \frac{\text{传导电流密度}}{\text{位移电流密度}} \quad (9)$$

为了评价介质的质量, 常采用 Q 值, 它称为品质因数, 即

$$Q = \frac{1}{\text{tg}\delta} \quad (10)$$

在计算中, 常常用来描述材料特征的另一个参数是复波数,

$$k = k' - jk'' = |k| e^{-\frac{j(\delta_E + \delta_M)}{2}} \quad (11)$$

如果没有磁损耗 ($\mu'' = 0$), 则复波数的实部和虚部为

$$\begin{aligned} k' &= \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon' \mu'} \sqrt{\frac{1}{2}(1 + \sqrt{1 + \text{tg}^2 \delta})} \\ k'' &= \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon' \mu'} \sqrt{\frac{1}{2}(-1 + \sqrt{1 + \text{tg}^2 \delta})} \end{aligned} \quad (12)$$

2.2 电磁波吸收的基本原理

对电磁波的传播过程可简称如下: 当电磁波在空气中传播而遇到媒质时, 由于媒质的阻抗与自由空间的阻抗不匹配则电磁波在媒质与空气的前界面发生反射. 除反射波外, 透射波进入媒质内部并在其中传播. 在传播中, 由于电磁波与媒质相互作用而发生能量损耗. 当电磁波遇到与空气的后界面时, 再次出现阻抗不匹配, 从而一部分电磁波出射进入空气, 另外一部分被后界面反射回而继续在媒质中重复上述过程. 而最后电磁波吸收性能与材料的性质—电磁参数: 复介电常数和复磁导率相关^[3].

2.3 螺旋 CNFS 的电磁吸收特性测试

测试方法为一个比较经典的方法—反射法. 其测试原理主要依据 3.1 与 3.2 中所述原理. 在这种方法中, 将介质试样置于测量系统的末端, 其输出端接短路板或开路器以产生全反射, 根据试样引起的驻波节点和驻波系数, 可确定试样的相对介电常数和损耗因子.

在装有介质试样的终端短路波导中, 从介质试样的输入端面输入的等效阻抗 Z_1 为: $Z_1 = Z_c l h \gamma l_t$, 式中 Z_c 为介质波导的特性阻抗, $\gamma = \alpha + j\beta$ 为波在介质波导中的传播系数, l_t 为介质的长度. Z_1 也可看作空气中波导的负载阻抗, 而这个阻抗由驻波系数和驻波最小点离开负载端(即介质试样的输入端面)的距离 d 来决定, 它们是:

$$Z_1 = Z_c \frac{1 - jp \lg \beta_0 d}{p - j \lg \beta_0 d}$$

式中 Z_c 为空波导的特性阻抗. $\beta_0 = \frac{2\pi}{\lambda}$ 为空气波导中的相位常数. 由于以上两式表述的是同一端面的同一阻抗值应相等, 这样就可以得到短路法测定 ϵ_r 的公式:

$$\frac{lh\gamma l_\epsilon}{\gamma l_\epsilon} = \frac{1}{j\beta_0 l_t} \left(\frac{1 - jp \lg \beta_0 d}{p - j \lg \beta_0 d} \right)$$

其中 $Z_c = \frac{j\omega\mu}{\gamma}$, $Z_c = \frac{\omega\mu}{\beta_0}$.

由此超越方程解出 γ 后, 则可得到生物组织试样的相对介电常数和损耗因子.

在传输 TE_{10} 波的矩形测量系统中

$$\epsilon_r = \epsilon' - j\epsilon'' = \left(\frac{\lambda_0}{2\pi}\right)^2 \left[\left(\frac{\pi}{\alpha}\right)^2 + \beta^2 - \alpha^2 - j2\beta\alpha \right]$$

$$\epsilon' = (\frac{\lambda_0}{2\pi})^2 [(\frac{\pi}{\alpha})^2 + \beta^2 - \alpha^2], \text{tg}\delta = \frac{2\beta\alpha}{(\frac{\pi}{\alpha})^2 + \beta^2 - \alpha^2}$$

式中 λ_0 为自由空间波长, α 为波导的宽边尺寸.

用反射法测试 CNFS 吸波性能时, 所用 PX16 频率计、YM 1123 标准信号发生器产生入射波, 经隔离器调节后, 到达测量线选择驻波节点, 在 YM 13892 选频放大器上观察. 测试数据列于表 2.

表 2 吸波性能测试表

质量/g	厚×长×宽/mm ³	产品号	衰减因子 α	实部	虚部	1 GHz 通过样品后衰减为
0.2	6.28×22.8×10.0	5 [#]	350	4	-6	0.08 GHz(21.7 db)
0.2	6.28×22.8×10.0	6 [#]	300	2	6	0.05 GHz(26.0 db)
0.2	6.28×22.8×10.0	7 [#]	400	2	9	0.018 GHz(35.0 db)

2.4 CNFS 的电磁吸收特性测试数据分析

(1) 由表 2 可见: 材料的介电常数的虚部不为 0, 即 $\epsilon \neq 0$, 而根据文献[4] ϵ 是外加电磁场作用下材料电偶矩产生重排引起损耗的量度, 且文献[2]中所述: 介电常数的虚部存在时, 便具有吸收电磁波的性质, 可见我们测量的材料是有吸波性能的. 对于表 2 中所示的样品, 实部与虚部相差不多, 根据文献[2], 虚部与实部相比不能忽略时, 即相差不大时, 便具有可很好的吸波电磁波的性能, 说明我们制备的 CNFS 稀吸波性能优良.

(2) 从电磁波的衰减来看, 5[#] 产品入射波频率为 1 GHz, 经过 0.628 cm 的 CNFS 衰减到 0.08 GHz, 即相当于 21.7 db, 吸收率达 92%. 对于 6[#] 产品入射频率为 1 GHz, 经过 0.628 cm 的 CNFS 衰减到 0.05 GHz, 即相当于 26 db, 吸收率达 95%. 对于 7[#] 产品, 入射 1 GHz 波后经过 0.628 cm 距离的 CNFS 衰减到了 0.018 GHz, 即相当于 35 db, 吸收率达 98.2%. 由此可见, 相同的入射波在经过相同的距离后 7[#] 产品衰减的最多, 则 7[#] 产品的吸波性能最佳.

3 结束语

制备的螺旋 CNFS 的吸收特性测试结果表明, 其实部与虚部相差不大, 根据文献[4]中的原理, 说明制备的螺旋 CNFS 的吸波性能优良, 且催化剂为 200 目制备的螺旋 CNFS 比催化剂数目大于 200 目的螺旋 CNFS 的吸波性能好. $H_2 : Ar : C_2H_2 = 8 : 3 : 3$ 制备的螺旋 CNFS 的吸波性能要优于 $H_2 : Ar : C_2H_2 = 20 : 10 : 11$ 制备的螺旋 CNFS.

由上述结果, 我们可以设想: 当入射波入射碰到材料后, 经过处理使波全部进入材料达到 98% 衰减后, 经材料的后表面反射再次进入材料又为 98% 的衰减, 这样多次衰减则吸收率可达 99.99%.

参 考 文 献

[1] 吴晓光, 车烨秋. 国外微波吸收材料[M]. 北京: 国防科技出版社, 1992.

[2] 陈会明. 纳米碳管制备、结构、物性及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.

[3] 倪而湖. 材料科学中的介电谱技术[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 180.

[4] 步文博, 徐 洁, 丘 泰, 等. 吸波材料的基础研究及微波损耗机理的探讨[J]. 材料导报, 2001, 15(5): 14.

[5] 刘登友, 何志斌. 定向/有序碳纳米管制备的研究进展[J]. 材料导报, 2003, (2): 38.

[6] 苏 革, 杜金红. 用不同催化剂制备纳米碳纤维的生长机理[J]. 材料研究学报, 2001, (6): 623.

[7] 白 朔. 一种新型储氢材料-纳米碳纤维的制备及其储氢特性[J]. 材料研究学报, 2001, (1): 77.

(下转第 31 页)

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0028-04

杜仲叶提取物清除 DPPH 自由基作用的研究

董文宾, 许先猛

(陕西科技大学生命科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

摘要: 用 95%乙醇、丙酮、甲醇及乙酸乙酯对杜仲叶进行常温震荡提取,采用二苯基苦基肼自由基(DPPH·)法测定各提取物的抗氧化活性.结果表明,各溶剂提取物均有清除自由基的作用,清除能力强弱顺序为 95%乙醇提取物>甲醇提取物>乙酸乙酯提取物>丙酮提取物.在波长 517 nm、样品浓度 0.33 mg/mL、反应时间 30 min 条件下,不同浓度乙醇的杜仲叶提取物对 DPPH·清除率大小顺序为 60% > 95% > 30%(乙醇提取物);用大孔树脂对 60%乙醇提取物进行分离,不同浓度乙醇洗脱物中 60%乙醇洗脱物对 DPPH·清除率最大.

关键词: 杜仲叶; 二苯基苦基肼自由基; 清除作用

中图分类号: R284.1 **文献标识码:** A

0 前言

现代药理研究表明^[1],杜仲含许多药用有效成分,如生物碱、黄酮类、微量元素、维生素、氨基酸等,具有消炎抑菌、抗疲劳、降血压、抗衰老、抗癌、增强免疫功能等诸多功效,而且杜仲作为保健食品原料已获得国家批准.目前,杜仲及杜仲叶中的各功效已经被国内外学者广泛研究,但是在其抗氧化、清除自由基方面的研究很少有报道.本研究测定了杜仲叶不同有机溶剂提取物对 DPPH·的清除能力,对 60%乙醇提取物进行了初步大孔树脂分离纯化,并且测定了初分离物对 DPPH·的清除率,为杜仲叶在抗氧化、清除自由基的研究方面提供了一定的理论依据.

1 实验材料与方法

1.1 材料与仪器

原料:杜仲叶(采自陕西略阳),阴干,粉碎过 60 目筛.

试剂:1,1-二苯基-2-苦基肼自由基, Sigma 公司;95%乙醇,分析纯,天津市红岩化学试剂厂;丙酮、乙酸乙酯,分析纯,利安隆博华医药化学有限公司;甲醇,分析纯,天津市百世化工有限公司.

仪器:754PC 型紫外可见分光光度计、722 型可见分光光度计,上海光谱仪器有限公司;BS-224 型电子天平,德国 SARTORIUS 公司;微量移液器,芬兰 Dragonmed 公司;RE-52AA 型旋转蒸发器、SHZ-III 循环水多用真空泵,上海亚荣生化仪器厂;HYG 摇瓶柜,上海欣蕊自动化设备有限公司^[2].

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程

杜仲叶阴干→粉碎过筛→称取→震荡提取→过滤、离心→浓缩→干燥→测定
└→上柱→乙醇洗脱→浓缩→干燥→测定

1.2.2 操作要点

* 收稿日期:2011-01-14

作者简介:董文宾(1951—),男,陕西省宝鸡市人,教授(博导),研究方向:食品安全性及新材料制备

- (1)原料选择:杜仲叶粉碎,过 60 目筛.
- (2)震荡提取:震荡提取条件为 30 ℃,50 r/min,提取 12 h.
- (3)离心:3 500 r/min,15 min.
- (4)浓缩:浓缩过程中温度不超过 50 ℃.
- (5)上柱:树脂预处理^[3]:选用树脂 XDA-8,取适量(30 g)用 1 mol/L 的 NaOH 溶液浸泡 4 h,用纯净水洗至中性,然后用 1 mol/L 的 HCl 浸泡 24 h,用纯净水冲洗至中性,用 70%乙醇浸泡 24 h 备用.上样:预处理后树脂装柱后用蒸馏水冲洗至无白色混浊、无醇味为止.将 60%乙醇提取浓缩液缓缓加入柱中,恒速(10 mL/min)流出,至流出液与加入液颜色相同为止,多加 1/2 树脂体积的样液,静置吸附 24 h.
- (6)洗脱:蒸馏水洗至基本无色→30%乙醇洗脱(500 mL)→60%乙醇洗脱(500 mL)→90%乙醇洗脱(500 mL).
- (7)测定:操作迅速准确,尽量保证各待测管反应同时进行,确保时间间隔在 5 s 内.

1.2.3 DPPH·清除率的测定^[4]

在试管中加入 4.0 mL 51.54 mg/mL DPPH 乙醇溶液和 1.0 mL 无水乙醇,混匀,反应 30 min 后在 517 nm 处测吸光值,记为 A_0 ;加入 4.0 mL 51.54 mg/mL DPPH 乙醇溶液和 1.0 mL 待测液,混匀,反应 30 min 后测吸光值,记为 A_1 ;加入 4.0 mL 无水乙醇和 1.0 mL 待测液,混匀,反应 30 min 后测吸光值,记为 A_2 .按照下列公式计算自由基清除率.

$$\text{清除率} = 1 - (A_1 - A_2) / A_0$$

2 结果与讨论

2.1 杜仲叶不同溶剂提取物对 DPPH·的清除作用

杜仲叶不同溶剂提取物对 DPPH·的清除作用有所差别,为了评价不同溶剂提取物的抗氧化性能和自由基清除能力,本试验选择清除率为 50%时不同溶剂提取物的质量浓度(EC_{50})作为评价指标, EC_{50} 值越小,提取物清除自由基能力越强.杜仲叶不同溶剂提取物清除率与其质量浓度之间的关系如图 1 所示.

根据提取物清除率与抗氧化剂质量浓度之间的线性关系,计算出杜仲叶不同溶剂提取物的 EC_{50} ,结果如表 1 所示.

表 1 杜仲叶不同溶剂提取物的 EC_{50}

杜仲叶不同溶剂提取物	$EC_{50}/(\text{mg/mL})$
95%乙醇提取物	0.232 9
丙酮提取物	1.185 6
甲醇提取物	0.287 7
乙酸乙酯提取物	0.534 2

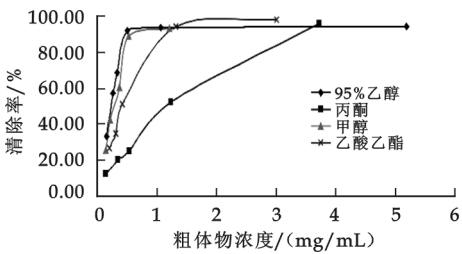


图 1 不同溶剂提取物的清除率曲线

由表 1 可知:不同溶剂提取得到的杜仲叶提取物对 DPPH·均有清除作用,其清除能力大小顺序为 95%乙醇提取物>甲醇提取物>乙酸乙酯提取物>丙酮提取物.随着样品浓度增加,95%乙醇与甲醇提取物对 DPPH·的清除率趋于平衡;乙酸乙酯与丙酮提取物对 DPPH·的清除率可达 98%.综合考虑溶剂安全性及抗氧化能力,本试验对杜仲叶乙醇提取物清除 DPPH·的作用进行进一步研究.

2.2 杜仲叶不同浓度乙醇提取物对 DPPH·的清除作用

研究表明^[4,5],用 DPPH·法测定不同提取物的清除率,30 min 左右反应达到平衡.本试验考察了 0.33 mg/mL 的 30%、60%、95%乙醇提取物 30 min 内时间与提取物对 DPPH·清除率之间的关系,每隔 2 min 测定样品并计算清除率,结果如图 2 所示.

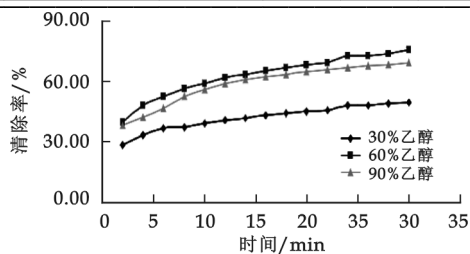


图 2 不同浓度乙醇提取物反应时间与清除率的关系曲线

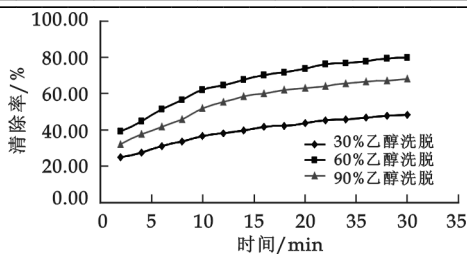


图 3 树脂吸附后不同浓度乙醇洗脱物反应时间与清除率的关系曲线

由图 2 可知:不同浓度乙醇的杜仲叶提取物对 DPPH·清除率大小顺序为 60% > 90% > 30% (乙醇提取物),所以杜仲叶 60% 乙醇提取物抗氧化效果较好,本试验继续对杜仲叶 60% 乙醇提取物清除 DPPH·的作用进行研究。

2.3 大孔树脂分离纯化组分对 DPPH·的清除作用

用 60% 乙醇溶液提取杜仲叶,提取液经浓缩后上柱、吸附,采用不同浓度乙醇进行洗脱,对洗脱液进行浓缩、干燥。配制 0.33 mg/mL 的 30%、60%、90% 乙醇洗脱物,测定各洗脱组分 30 min 内时间与洗脱物对 DPPH·清除率之间的关系,结果如图 3 所示。

由图 3 可知:60% 乙醇提取物经大孔树脂吸附后,不同浓度乙醇洗脱组分对 DPPH·都有一定的清除作用,其清除率大小顺序为 60% > 90% > 30% (乙醇洗脱物)。

3 结 论

(1) 4 种不同溶剂杜仲叶提取物对 DPPH·清除作用大小顺序为:95% 乙醇提取物 > 甲醇提取物 > 乙酸乙酯提取物 > 丙酮提取物。提取物浓度与对 DPPH·的清除率呈现非线性关系,随着浓度的增加,各提取物对 DPPH·的清除率增加速度不同。

(2) 不同浓度乙醇的杜仲叶提取物对 DPPH·的清除率大小顺序为 60% > 90% > 30% (乙醇提取物)。

(3) 60% 乙醇提取物经大孔树脂吸附后,不同浓度乙醇洗脱组分清除率大小顺序为 60% > 90% > 30% (乙醇洗脱物)。

(4) 经大孔树脂初步分离纯化后的组分比粗提物组分对 DPPH·的清除率大。

(5) 杜仲叶提取抗氧化组分在加热条件下和空气中都有较好的稳定性。

参 考 文 献

- [1] 邓素兰,余继宏,管 林,等. 杜仲不同部位总黄酮含量的测定[J]. 生物质化学工程,2007,41(3):37-38.
- [2] 李娟娟,黄克瀛,龚建良,等. 油茶叶乙醇提取物清除 DPPH 自由基作用的研究[J]. 林产化学与工业,2008,28(2):81-86.
- [3] 刘军海,裴爱泳. 大孔吸附树脂提取纯化杜仲叶绿原酸的研究[J]. 山东医药,2004,44(23):1-3.
- [4] 彭 琼,陈丛瑾. 桑叶不同溶剂提取物对 DPPH 自由基的清除作用[J]. 光谱实验室,2008,25(3):307-309.
- [5] 李 红,张元湖. 应用 DPPH·法测定苹果提取物的抗氧化能力[J]. 山东农业大学学报,2004,36(1):35-38.

STUDY ON THE SCAVENGING EFFECT OF *EUCOMMIA ULMOIDES OLIV* LEAVES EXTRACTS ON 2,2-DIPHENYL-1-PICRYLHYDRAZYL RADICAL

DONG Wen-bin, XU Xian-meng

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

Abstract: *Eucommia ulmoides Oliv* leaves were extracted at room temperature by 95% ethanol, acetone, methanol, ethyl acetate, and their antioxidant activities were determined by using 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH ·) method. The results showed that extracts which were extracted with different solvents have effect on DPPH radical scavenging, and the sequence of radical scavenging ability is 95% ethanol extracts > methanol extracts > ethyl acetate extracts > acetone extracts. Extracts that were extracted with different concentrations of alcohol have effect on DPPH radical scavenging and the sequence of free radical scavenging activity is 60% > 95% > 30% (ethanol extracts) under the condition of 517 nm wavelength, 0.33 mg/mL, 30min. 60% ethanol extracts were separated by macroporous resin, and 60% ethanol eluates were the biggest free radical scavenging activity on DPPH.

Key words: *Eucommia ulmoides Oliv* leaves; 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; scavenging effect

(上接第 23 页)

STUDY OF GLASS ETCHING AND APPLICATION

LIU Cun-hai, SHI Jing, YU Ying

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

Abstract: The corrosion factors affecting melted salt including ammonium fluoride, ammonium sulfate, oxalic acid, water attacking on silicate glass are studied by SEM-EDX instrument. The result show that when the temperature is 28 °C and after 4 h, the mixed salt attack silicate glass more visible and strongly than hydrofluoric acid.

Key words: chemical etching; surface morphology; etching solution; orthogonal

(上接第 27 页)

CNFS ELECTROMAGNETIC ABSORPTION CHARACTERISTIC RESEARCH

WANG Li

(Guangzhou Auto College, South China University of Technology, Guangzhou 510800, China)

Abstract: This paper introduced the preparation of helical carbon nano-fibers (CNFS) by means of chemical vapor deposition (CVD), taking C_2H_2 , H_2 , Ar as reaction gas quartz as substrate, Ni as catalyst, then CNFS is separated out Ni at high temperature. The electromagnetic absorption of the spiral CNFS that is prepared under different conditions is tested by reflection, in which the ability of absorption shows good. Finally, according to the above-mentioned result, the best technical condition is probed.

Key words: carbon nano-fibers (CNFS); chemical vapor deposition (CVD); electromagnetic absorption

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0032-04

一株可降解几丁质的 *Bacillus* sp D23 的分离和筛选

缙敬轩^{1,2}, 董文宾^{1,2}, 曾 桥^{1,2}

(1. 浙江温州轻工研究院, 浙江 温州 325003; 2. 陕西科技大学生命科学与工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要:采用透明圈法和 DNS 法测发酵液酶活相结合的办法,从土壤样品中筛选到一株降解几丁质能力强的菌株 D23. 该菌株在分离平板上产生的透明圈和菌落直径的比值为 9, 发酵液的酶活为 0.75 U/mL. 经形态特征及 16S rDNA 序列分析,确定 D23 属于芽孢杆菌属.

关键词:几丁质酶; 筛选; 酶活力

中图分类号:Q939.9 **文献标识码:**A

0 引 言

几丁质(Chitin)又称甲壳素、甲壳质,是以 β -1,4-N-乙酰-D-氨基葡萄糖为基本单位的直链多聚物. 几丁质广泛存在于甲壳纲动物虾、蟹的甲壳,昆虫的甲壳,真菌(酵母,霉菌)的细胞壁中,是地球上蕴藏最丰富的有机物之一,在虾蟹壳中的含量高达 15%~30%^[1].

几丁质的降解产物几丁寡糖、壳聚糖和 N-乙酰氨基葡萄糖具有抗癌、抗菌、调节免疫和植物生长等作用,在医药、农业和食品工业等方面具有广阔的应用前景和经济价值^[2]. 目前这些产品主要用化学降解的方法来制取,造成比较严重的环境污染. 酶降解法具有条件温和、得率高且不污染环境等优点^[3],目前所筛选的产几丁质酶菌株产酶量低,且酶活不稳定,这是微生物产几丁质酶应用中所面临的主要问题. 筛选产酶量高的菌株,寻找合适的发酵工艺,是微生物产几丁质酶研究的当务之急. 由于沿海地区每年生产大量的虾蟹,因此目前筛选用的样品主要采自沿海地带^[2,4,5],而从内陆淡水环境中采集样品并筛选降解虾蟹壳中几丁质的菌株则不多见. 本研究从秦岭山脉中有虾蟹分布的河流采集土壤,从中筛选到产几丁质酶的高产菌株并对其进行初步鉴定.

1 材料和方法

1.1 材料

土壤样品采自源于秦岭的沔河、汉江等河道周围.

1.2 培养基

富集培养基(g/L):蟹壳粉 30.0, NH_4NO_3 5.0, 土壤浸提液 500 mL, 自然 pH.

分离和筛选培养基(g/L):琼脂粉 14~20, KH_2PO_4 0.3, K_2HPO_4 0.7, $\text{FeSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.01, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5, ZnSO_4 0.001, 胶体几丁质 2, 酵母膏 2, pH7.0.

菌种保藏培养基:牛肉膏蛋白胨培养基^[6].

* 收稿日期:2011-01-09

作者简介:缙敬轩(1975—),男,陕西省西安市人,在读博士生,研究方向:应用微生物

基金项目:温州市科技计划项目(H200900332),陕西科技大学自然科学基金项目(ZX10-19)

种子和液体发酵培养基分别是不含琼脂的分离和筛选培养基.

1.3 胶体几丁质的配制

胶体几丁质的配制参考文献[7]的方法并略作修改:称 20 g 几丁质加入 200 mL 浓盐酸,在 40 ℃ 搅拌 3 min,使之溶解.溶液中加入 2 L 5 ℃ 的冷水,几丁质就作为胶体悬浮液沉淀下来.用粗滤纸过滤,过滤后的胶体沉淀用蒸馏水洗涤至中性.

1.4 DNS 试剂的配制

参照宋宏新等的配方配制[8].

1.5 实验方法

1.5.1 富集培养

称取 1 g 土壤样品放入 100 mL 的富集培养基中,于 27 ℃、150 r/min 振荡培养 3 d.

1.5.2 分离和初步筛选

将富集培养液经梯度稀释后,涂布于分离培养基上,27 ℃ 恒温培养 3~5 d,挑出透明圈相对较大的菌株,经多次划线纯化并镜检为纯培养物后于 4 ℃ 斜面保存.根据培养 3 d 后菌株透明圈和菌落直径大小的比值,挑选出酶活力大的菌株进行复筛选.

1.5.3 复筛选

初筛选得到的菌株在种子培养基培养 24 h 后以 3% 接种量加入到发酵培养基中,于 27 ℃、150 r/min 振荡培养 3 d.将发酵液离心后取上清液,通过 DNS 法测定酶活进行复筛选.

1.5.4 酶活测定方法

参照 Antonio 的方法[9]:取 0.5 mL 上清液与 0.5 mL 1% 胶体几丁质混合,于 37 ℃ 恒温 30 min,放入沸水浴 5 min,立即冷却,并用 DNS 法[8]测定还原糖.相同方法制作 N-乙酰氨基葡萄糖(NAG)的标准曲线.酶活力单位定义为:在上述反应条件下,每分钟释放相当于 1 μmol NAG 所需酶量为 1 个酶活力单位(U).

1.5.5 菌株的鉴定

形态学研究:菌株活化后接种分离培养基,于 27 ℃ 恒温培养 2 d 后观察菌落形态;革兰氏染色后于普通光学显微镜下观察菌体的细胞形态.

16S rDNA 序列分析:细菌总 DNA 的提取使用通用基因组小量抽提试剂盒 SK1252(上海生工).PCR 扩增采用 16S rDNA 通用引物[10] 27f 和 1495r.反应体系(50 μL)为:Buffer 1×;Mg²⁺ 2 mmol/L; dNTP 各 0.2 mmol/L;引物各 1 μmol/L;DNA 聚合酶 2U;模板 20 μg/mL.扩增程序:95 ℃、3 min 变性后于 95 ℃、1 min;54 ℃、40 s;72 ℃、1 min 进行 30 个循环,最后于 72 ℃ 维持 10 min.PCR 产物由上海生工进行纯化和测序.将所得序列提交 GenBank 数据库并进行 BLAST 分析比对.

2 结果与分析

2.1 分离和初筛选

富集以后的菌悬液在分离培养基中形成的产透明圈的菌落占总菌落的比例显著高于未经富集培养的土壤菌悬液,证明富集培养可以有效地增加产几丁质酶菌株的数量,从而提高有效菌株的可能性.

根据筛选分离培养基上透明圈的有无及大小,共分离到 200 个产透明圈的菌株,经多次划线分离纯化后接种斜面保存.这些菌株绝大多数为细菌,只有 4 个为放线菌.通过比较透明圈直径(*D*)与菌落直径(*d*)的比值 *R*(见表 1),共选出 *R* 值较大的 5 个菌株进

表 1 初筛选菌株的酶活力比较

菌株编号	<i>R</i>	酶活力/(U/mL)
D23	9.00	0.75
E1	7.00	0.42
A10	5.71	0.24
E12	5.00	0.22
E39	5.00	0.21

R=透明圈直径/菌落直径.

行进一步的筛选,其中 D23 透明圈最大(见图 1),培养

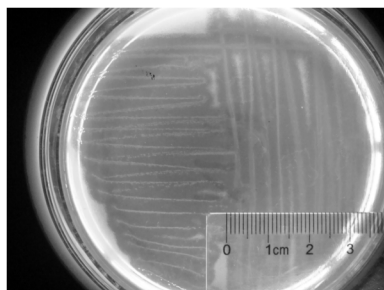


图 1 D23 在筛选培养基
中的生长情况

(由于菌落周围的几丁质被降解,形成透明区域,培养基局部含有几丁质,因此为非透明区域)

研究的基础上,通过优化产酶的发酵条件及酶反应条件,酶的产量和酶活会有更大的提高,D23 具有潜在的较高工业应用价值.

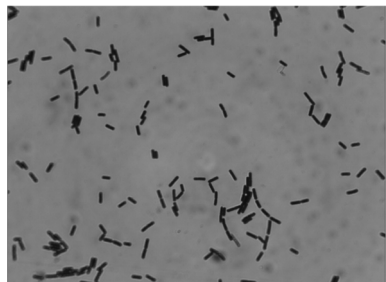


图 2 菌株 D23 的形态学
特征(1 000×)

2.3 菌株的鉴定

2.3.1 菌株的形态观察

菌株 D23 的菌落近似圆形,边缘不整齐,扁平,表面有皱褶不光滑,在液体培养基中生长时形成菌膜.革兰氏染色后在光学显微镜下观察为革兰氏阳性杆菌,其大小为 $3.52 \times 1.23 \mu\text{m}$ 左右(见图 2).

2.3.2 16S rDNA 序列分析

利用 16S rDNA 通用引物对 D23 进行 PCR 扩增,扩增产物电泳结果如图 3 所示,表明扩增产物接近 1 500 bp. 对 PCR 产物进行测序,结果得到 D23 16S rDNA 的序列片段为 1 414 bp. 将所得序列输入 GenBank 中用 Megablast 进行同源性分析,发现相似性较高的 16S rDNA 序列均来自芽孢杆菌属,其中同几个已知的苏云金芽孢杆菌(*Bacillus thuringiensis*)和蜡样芽孢杆菌(*Bacillus cereus*) 16S rDNA 序列相似性达到 99% 以上. 综合形态学和分子生物学分析,推断该菌属于芽孢杆菌属的一个种(*Bacillus sp.*).

3 结束语

本研究采用透明圈法和 DNS 法测发酵液酶活相结合的办法,从土壤样品中筛选到一株产酶能力强,具有较高的潜在工业应用价值的菌株 D23. 通过形态观察以及 16S rDNA 序列分析,确定该菌株属于芽孢杆菌属.

48 h 其 R 值就达到 9.

2.2 复筛选

对初筛选得到的 5 株细菌进行发酵并用 DNS 法测定发酵液的酶活力. 测定结果(见表 1)同初筛选相比,各菌株的酶活力大小顺序是一致的. 菌株 D23 的酶活最大,达到了 0.75 U/mL,超过了目前国际工业化几丁质酶产生菌粘质沙雷氏菌的原始出发菌株^[5].

目前的文献报道有若干菌株在最优条件下得到的发酵液其酶活力比 D23 的酶活力略高^[11,12],但是考虑到以下两个原因:第一,复筛选过程中,D23 的发酵条件并未优化,若采用最佳发酵条件,推测其发酵液的酶活会更高;第二,同已经报道的菌株相比,D23 的透明圈与菌落直径比值明显大一些,预计在进一步

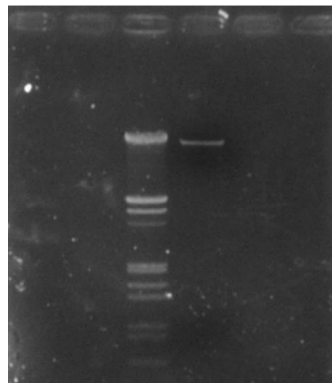


图 3 菌株 D23 的 16S rDNA
的 PCR 产物电泳结果

参 考 文 献

[1] 王爱勤. 甲壳素化学[M]. 北京:科学出版社,2008.

[2] 苏广宇, 李从发,高 阳,等. 产几丁质酶海洋细菌的筛选及发酵条件的优化[J]. 中国新药杂志, 2008,17(17):1 503-1 506.

[3] 周 桂. 微生物几丁质酶与壳聚糖酶的研究与应用[J]. 广西蔗糖,2005, 39(2):32-35.

[4] 王海东,陈 飏,伦镜盛,等. 产几丁质酶菌株 SWCH-6 的筛选、鉴定及其产酶条件的优化研究[J]. 微生物学报, 2008, 35(5):705-711.

[5] 肖 湘,周 樱,王风平. 高效几丁质降解菌 CB101 的分离、鉴定及其几丁质酶系的研究[J]. 海洋学报, 2003, 25(1):138-142.

[6] 钱存柔,黄仪秀. 微生物学实验教程(2 版)[M]. 北京:北京大学出版社, 2008:275.

[7] Sun Chul Kang, Sanggyu Park, Dong Gyu Lee. Purification and characterization of a novel chitinase from the *Entomopathogenic fungus, Metarhizium anisopliae*[J]. J Invertebr Pathol, 1999, 73(3):276-281.

[8] 宋宏新,李敏康. 现代生物化学实验技术教程[M]. 陕西:陕西人民出版社, 2002:142-144.

[9] Antonio Romaguera, Utrich Menge, Roland Breves, *et al.* Chitinases of streptomyces olivaceoviridis and significance of processing for multiplicity[J]. Journal of Bacteriology, 1992, 174(11), 3 450-3 454.

[10] 徐丽华,李文均,刘志恒,等. 放线菌系统学-原理、方法及实践[M]. 北京:科学出版社,2007:119.

[11] 张 明,胡 晓,万津瑜,等. 高产几丁质酶的枯草芽孢杆菌诱变育种及发酵条件研究[J]. 中国农学通报,2010, 26(11):279-283.

[12] 陶 勇,龙章富,金 虹,等. 均匀设计法对产生几丁质酶细菌 C4 发酵条件的优化[J]. 生物技术,2004,(6):44-46.

ISOLATION AND SCREENING A *BACILLUS SP* D23 STRAIN WITH
HIGH CHITINASE ACTIVITY

GOU Jing-xuan^{1,2}, DONG Wen-bin^{1,2}, ZENG Qiao^{1,2}

(1. Zhejiang Wenzhou Research Institute of Light Industry, Wenzhou 325003, China; 2. School of Life Science & Technology, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: In order to screen a new strain with high chitinase activity, the samples around Wei River area were collected, and with method of studying the transparent circle on the plate, and further confirmed by studying the activity of fermentation broth by DNS method, a new strain (D23) with high chitinase activity was isolated. Data shows that the diameter ratio of transient circle and the colony circle in the plate containing colloidal chitin and colony is about as high as 9. Morphology study and sequencing of the 16S rRNA information indicated that strain D23 was *Bacillus sp*.

Key words: chitinase; chitin oligosaccharide; *Bacillus sp*

教育部为我校部级科技查新工作站授牌

3 月 15 日, 第五批教育部科技查新工作站授牌会议在南京理工大学举行, 教育部科技发展中心副主任周静出席授牌会议. 我校图书馆馆长王志杰教授在会上接受了“教育部科技查新工作站”牌匾, 标志着我校成为陕西省属高校首家、西安北城唯一拥有教育部部级科技查新资质的单位.

“陕西科技大学教育部科技查新工作站”将“立足于本校, 依托关天带, 服务于社会”, 为科研课题立项、专利申请、新产品研发、成果鉴定、成果奖励、博士论文开题等方面发挥重要作用, 为高层次人才培养、高水平科技成果的研发做出更大的贡献.

近年来, 在图书馆建设和教育部部级科技查新工作站的申报过程中, 我校高度重视, 多方位支持, 不断加大投入力度, 强化图书馆内涵建设, 使学校图书馆在文献资源、现代化服务手段等软硬件建设方面实现了跨越式发展. 经过教育部专家的函评、实地测评和综合鉴定评审, 我校与其他 10 所高校被确定为第五批教育部部级科技查新工作站, 成为全国 78 所设立教育部部级科技查新站的高校之一.

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0036-04

涂布纸涂层表面自由能的 Owens 二液法测定

尤 鹏¹, 吕新莲², 吴海鹏¹

(1. 青岛科技大学化工学院, 山东 青岛 266042; 2. 青岛科技大学环境与安全工程学院, 山东 青岛 266042)

摘 要:涂布纸涂层的表面自由能决定了涂层的表面憎液性能,本实验利用 Owens 二液法研究了两种涂布纸涂层的表面自由能. 实验结果表明,含有防水剂的涂层表面自由能下降了 27.3%,表面自由能的极性力 σ_s^p 降低了 90.5%;添加防水剂后涂层对水的粘附功(W_a)下降了 35.4%,而对苯的粘附功增大了 12.4%,这表明涂层表面的疏水性增强;同时,添加防水剂涂层对水和苯的界面张力分别为 $34.5 \text{ mJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $1.8 \text{ mJ} \cdot \text{m}^{-2}$,说明含有防水剂的涂层具有较好的亲油疏水性.

关键词:涂布纸;涂层;接触角;表面自由能

中图法分类号:TS71 **文献标识码:**A

0 引 言

固体表面上一种流体取代界面上另一种流体的界面现象称为润湿. 一般来说固体表面自由能越高,越易被液体润湿;液体在固体上的接触角越小,润湿性能越好^[1,2],可用液滴在固体表面形成的接触角表示固体的表面能量和固液间的相互作用^[1-7]. 液滴在涂层表面上的接触角反映了液体的表面张力与固体表面自由能之间的差异. 接触角的大小是衡量固体表面润湿性优劣的最为方便的标准,也是评价纸张表面能量的一种非常有效的手段. 涂层表面的表面自由能是影响涂布纸抵抗液体渗透性能的重要因素^[8].

本研究通过测量涂布纸涂层表面的接触角并采用 Owens 二液法(水/苯)测定涂层的表面自由能,探讨了两种涂层的憎液性能.

1 实 验

1.1 实验原料与仪器

高岭土(美国 Huber 公司),重质碳酸钙(GCC)(浙江衢州金鸡化工有限公司),羧基丁苯胶乳(Ciba 精化),分散剂、润滑剂、消泡剂取自广州威达高纸业,CMC(法国 Hercules Aqualon),防水剂由广西某厂提供.

K Control Coater 小型涂布机,ZZ-100 型纸张表面吸水测定仪,JC2000A 静滴接触角测量仪.

1.2 实验方法

1.2.1 涂料制备及涂布

高岭土 80 份,GCC 20 份,胶乳 15 份,分散剂 0.2 份,抗水剂、其他辅助剂、CMC 0.2 份. 涂料配制的目标固含量为 60%,涂料 pH 值调至 8.5~9.0.

* 收稿日期:2011-01-10

作者简介:尤 鹏(1977—),男,山东省青岛市人,讲师,博士,研究方向:造纸涂料、加工纸及造纸化学品
基金项目:青岛科技大学科研启动基金项目

涂布纸均在实验室 K Control Coater 小型涂布机上用 2# 刮棒涂布得到。

涂层 I :不添加防水剂的涂布纸涂层;涂层 II :涂料中添加 5.0 份防水剂的涂布纸涂层。

1.2.2 静态接触角的测量

利用 JC 2000A 静滴接触角测量仪测定涂层的静态接触角(θ),所用液体为蒸馏水.用微量进样器将液滴滴在涂层表面,液滴体积约为 1~2 μL ,在液滴接触涂层表面后迅速拍摄图像,然后用量高法测量液滴的接触角。

1.2.3 Owens 二液法表面自由能测定方法

本实验利用 Owens 二液法^[9]测定涂布纸涂层的表面自由能,在用 Owens 二液法计算表面自由能时,所选择的两种测试液体必须满足如下的条件:

- (1) 两种液体的 δ_L^P/δ_L^D 值不能接近,而且两者的差距越大越好;
- (2) 两种液体必须具有不同的极性,即必须从极性液体中和非极性液体中各选一种液体。
- (3) 测试液体不能使固体的表面发生溶解、膨胀和变形等。

实验采用的两种测试用液体分别为水和苯,两者的表面自由能及表面自由能分量如表 1 所示。

1.2.4 Owens 二液法表面自由能的计算

当液体与固体表面相接触并达到平衡后,液体与固体表面形成一定的夹角即接触角 θ (如图 1),可以用 Young 方程来描述这种气体、液体、固体三相平衡状态:

表 1 水、苯的表面自由能及色散力 δ_L^D 和极性力 δ_L^P 分量值

液体	$\delta_L^P/\text{mJ}\cdot\text{m}^{-2}$	$\delta_L^D/\text{mJ}\cdot\text{m}^{-2}$	$\delta_L/\text{mJ}\cdot\text{m}^{-2}$	δ_L^P/δ_L^D	极性
水	51	21.8	72.8	2.36	极性
苯	0	28.9	28.9	0	非极性

$$\delta_s=\delta_{s-l}+\delta_l\cos\theta \tag{1}$$

另外,液固界面自由能可以用杜普雷方程表示为:

$$\sigma_{s-l}=\sigma_s+\sigma_l-W_a \tag{2}$$

W_a 为液体对固体的粘附功,粘附功来自于两种类型的分子间作用力——分子间的范德华力色散力和极性力,色散力是永远存在的,而极性力只存在于极性分子之间. Owens 等^[10]提出了固液两相的色散力和极性力符合如下公式的表述:

$$\sigma_{s-l}=\sigma_s+\sigma_l-2(\sqrt{\sigma_s^D\cdot\sigma_l^D}+\sqrt{\sigma_s^P\cdot\sigma_l^P}) \tag{3}$$

即
$$W_a=2(\sqrt{\sigma_s^D\cdot\sigma_l^D}+\sqrt{\sigma_s^P\cdot\sigma_l^P})=\sigma_l(1+\cos\theta) \tag{4}$$

固体和液体的表面自由能、色散力和极性力的关系为:

$$\sigma_s=\sigma_s^D+\sigma_s^P \tag{5}$$

$$\sigma_l=\sigma_l^D+\sigma_l^P \tag{6}$$

式中: σ_s 为固体表面自由能,可以分解为色散力 σ_s^D 项和极性力 σ_s^P 项; σ_l 为液体表面自由能,也可以分解为色散力 σ_l^D 项和极性力 σ_l^P 项。

那么,将式(3)、式(5)、式(6)代入式 (1) 可以得到:

$$\sigma_l(1+\cos\theta)=2\sqrt{\sigma_s^D\cdot\sigma_l^D}+2\sqrt{\sigma_s^P\cdot\sigma_l^P} \tag{7}$$

在式 (6)、(7) 中,如果已知液体的表面自由能 σ_l 和其分项 σ_l^D 、 σ_l^P ,并测出液体在固体表面上的接触角 θ ,则公式中还有两个未知数 σ_s^D 和 σ_s^P . 为了求得这两个未知数,就需要两个方程,因此必须采用两种测试液体,获得如下的方程组:

$$\sigma_{l_1}(1+\cos\theta_1)=2(\sqrt{\sigma_s^D\cdot\sigma_{l_1}^D}+\sqrt{\sigma_s^P\cdot\sigma_{l_1}^P}) \tag{8}$$

$$\sigma_{l_2}(1+\cos\theta_2)=2(\sqrt{\sigma_s^D\cdot\sigma_{l_2}^D}+\sqrt{\sigma_s^P\cdot\sigma_{l_2}^P}) \tag{9}$$

由该方程组可以求出 σ_s^D 和 σ_s^P ,进而可以求出固体的表面自由能:

$$\sigma_s=\sigma_s^D+\sigma_s^P$$

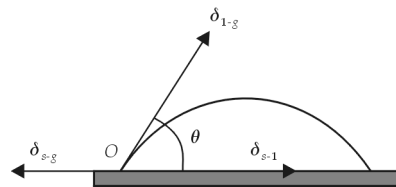


图 1 接触角 θ

2 结果与讨论

2.1 两种涂层表面自由能的测定

应用水和苯作为测试液体,分别测得两种液体在涂层 I 和涂层 II 表面的接触角,利用式 (8) 和式 (9) 计算得到不同涂层的表面自由能与色散及极性分量值,实验结果如表 2 所示.

表 2 不同涂层的表面自由能和色散及极性分量值

涂层	Cobb 值 /(g/m ²)	接触角/°		σ_s^P / mJ · m ⁻²	σ_s^D / mJ · m ⁻²	σ_s / mJ · m ⁻²	σ_s^P / σ_s^D
		θ_1	θ_2				
I 涂层	44.0	65.5	45.5	17.9	20.9	38.8	0.86
II 涂层	10.3	95.0	24.0	1.7	26.5	28.2	0.06

注: θ_1 、 θ_2 分别为水和苯与被测试涂层的接触角.

由表 2 可以看出,涂层的色散力项变化不大,因为固体表面的色散力是由分子间的范德华力形成的,这种

力是永远存在的,因此不受外界的影响;添加防水剂涂层的表面自由能比对比涂层降低了 27.3%, σ_s^P / σ_s^D 明显减小,这表明防水剂的加入使涂层的表面自由能降低,抑制了液滴在涂层表面的扩散,提高了涂层的憎液性能.普通涂布纸涂层表面自由能的极性力项达到 17.9 mJ · m⁻²,说明在未添加防水剂的涂层表面存在着大量的亲水性基团或粒子,如颜料中的粒子、有机高分子中的羟基等,这些亲水性基团的存在使涂层很容易与水接触形成氢键结合,处于润湿状态,从而使涂层的憎水效果较差;添加防水剂后涂层表面自由能的极性力 σ_s^P 下降了 90.5%,这可能是由于防水剂的加入使涂层在形成过程中涂层表面的亲水性基团被封闭,而疏水性组分向涂层表面定向排列形成致密的疏水层,降低了涂层的表面自由能,涂层表面的抗水性明显增强,涂层的表面吸水性能由 44.0 g/m² 下降为 10.3 g/m².

2.2 两种涂层的粘附功 W_a 及界面张力 σ_{s-l} 的测定

由式 (2) 和式 (4) 可以分别计算得到涂层与水、苯的粘附功 W_a 和界面张力 σ_{s-l} ,实验结果如表 3 所示.

表 3 涂层与水、苯的粘附功 W_a 和界面张力 σ_{s-l}

涂层	W_a (水/涂层)	W_a (苯/涂层)	σ_{s-l} (水/涂层)	σ_{s-l} (苯/涂层)
	/mJ · m ⁻²	/mJ · m ⁻²	/mJ · m ⁻²	/mJ · m ⁻²
I 涂层	103	49.2	8.6	18.5
II 涂层	66.5	55.3	34.5	1.8

由表 3 可知,添加防水剂后涂层的界面性质发生了一定程度的变化.添加防水剂的涂层对水的粘附功下降了 35.4%,而对苯的粘附功增大了 12.4%,这表明涂层表面的疏水性增强.同时,添加防水剂后涂层对液体的

界面张力发生了明显变化,普通涂布纸涂层对水和苯的界面张力分别为 8.6 mJ · m⁻² 和 18.5 mJ · m⁻²,而添加防水剂后,防水涂层对水和苯的界面张力分别是 34.5 mJ · m⁻² 和 1.8 mJ · m⁻²,这说明添加防水剂后涂层呈现出较好的亲油疏水性.

3 结 论

(1)采用 Owens 二液法测定涂层的表面自由能,添加防水剂后涂层的表面自由能比普通涂布纸涂层的降低了 27.3%,极性力 σ_s^P 下降了 90.5%, σ_s^P / σ_s^D 明显减小,这表明防水剂的加入使涂层的表面自由能降低,抑制了液滴在涂层表面的扩散,提高了涂层的憎液性能.

(2)添加防水剂的涂层界面性质发生了一定程度的变化.添加防水剂的涂层对水的粘附功下降了 35.4%,而对苯的粘附功增大了 12.4%,这表明涂层表面的疏水性增强;同时,添加防水剂后涂层对液体的界面张力发生明显变化.

参 考 文 献

- [1] Al-Turaif H. , Unertl W. N. , Lepoutre P. . Effect of surface pigmentation on the surface chemistry and surface energy of paper coating binders[C]. Proceedings of the International Printing and Graphic Arts Conference, 1994: 295.
- [2] Garrett P. D. , Lee K. I. . Characterization of polymers for paper surface sizings using contact angle methods[J]. TAPPI Journal, 1998, 81(4): 198-203.
- [3] Shen W. , Filonanko Y. , Truong Y. , *et al.* Contact angle measurement and surface energetics of sized and unsized paper[J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2000, 173(1): 117-126.
- [4] Wagberg L. , Westerlind C. . Spreading of droplets of different liquids on specially structured papers[J]. Nordic Pulp and Paper Research Journal, 2000, 15(5): 598-606.
- [5] Decker E. L. , Frank B. , Suo Y. , *et al.* Physics of contact angle measurement[J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 1999, 156(1-3): 177-189.
- [6] James G. E. , Stephen P. . Contact angle calculations from the contact/maximum diameter of sessile drops[J]. International Journal for Numerical Methods in Fluids, 2000, 32(7): 851-861.
- [7] Chibowski E. , Perea C. R. . Problems of contact angle and solid surface free energy determination[J]. Advances in Colloid and Interface Science, 2002, 98(2): 245-264.
- [8] Thomas S. , Magnus W. , Mikael E. . Coating of surface-modified papers with poly(vinyl alcohol)[J]. Surface and Coating Technology, 2004, 183(1): 96-105.
- [9] Tavana H. , Lam C. N. C. , Grundke K. , *et al.* Contact angle measurements with liquids consisting of bulky molecules[J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2004, 279: 493-502.
- [10] Zenkiewicz M. . Comparative study on the surface free energy of a solid calculated by different methods[J]. Polymer Testing, 2007, 26(1): 14-19.

SURFACE FREE ENERGY OF COATED PAPER MEASURED BY OWENS METHOD

YOU Peng¹, LV Xin-lian², WU Hai-peng¹

(1. College of Chemical Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China;

2. College of Environment and Safety Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: The lyophobic performance of coating layer depends on the surface free energy of coated paper. In this paper, the surface free energy of two kind of coated layers was investigated and measured by Owens method. The results indicated that the surface free energy and polar component(σ_s^P) of the coating layer containing waterproof agent respectively decreased by 27.3% and 90.5% than that of control coated paper. The adhesion work (W_a) of waterproof coating layer to water was decreased by 35.4% and increased by 12.4% compared with that of waterproof coating layer to benzene. At the same time, the surface tensions of coating layer to water and benzene were $34.5 \text{ mJ} \cdot \text{m}^{-2}$ and $1.8 \text{ mJ} \cdot \text{m}^{-2}$, respectively. These results indicated that the coating layer containing waterproof agent had good lipophilicity and hydrophobicity.

Key words: coated paper; coating layer; contact angle; surface free energy

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0040-04

一种新型聚羧酸系水煤浆分散剂的合成及性能研究

任军哲¹, 张安琪², 魏 辉², 张光华²

(1. 陕西煤化能源有限公司, 陕西 长武 713600; 2. 陕西科技大学化学与化工学院, 陕西 西安 710021)

摘 要: 以过硫酸钾为引发剂, 以苯乙烯磺酸钠、甲基丙烯酸为单体, 与自制的衣康酸-聚乙二醇大单体通过溶液聚合制备出一种聚羧酸水煤浆分散剂, 用红外光谱、热分析方法对聚合物进行了表征和分析, 并且探讨了单体配比、反应温度、引发剂用量对分散剂的影响, 确定了较佳反应条件. 结果表明, 制浆浓度为 68% 的水煤浆, 其表观黏度为 783 mPa·s.

关键词: 衣康酸; 水煤浆; 分散剂; 表观黏度

中图法分类号: TQ536.9

文献标识码: A

0 引 言

聚羧酸系水煤浆分散剂作为新一代分散剂, 具有很多独特优点, 是配制高浓度、低黏度、高性能水煤浆的首选分散剂品种. 目前, 合成聚羧酸分散剂的主要技术路线是以聚乙二醇与丙烯酸为主要原料, 先进行酯化反应, 制得活性大单体, 再通过引发剂引发与其他乙烯基单体进行自由基聚合得到聚羧酸系分散剂^[1-3]. 本实验以衣康酸、聚乙二醇制备的大分子单体、对苯乙烯磺酸钠和甲基丙烯酸在水溶液中进行自由基共聚制备出新型聚羧酸系水煤浆分散剂.

1 实验部分

1.1 实验药品及仪器

聚乙二醇 400(PEG-400)、苯乙烯磺酸钠(SSS)、对苯二酚、对甲苯磺酸、甲基丙烯酸(MAA)、过硫酸钾、酚酞、氢氧化钠均为化学纯, 煤样为神府煤.

XM-4 型行星球磨机, 广东佛山科力陶瓷公司; NDJ-4 型旋转式粘度计, 上海精密科学仪器有限公司; 综合热分析系统(美国 TA 公司); EQUINX55 型傅立叶变换红外光谱仪(德国 Brucker 公司).

1.2 衣康酸型水煤浆分散剂的合成

将准确称量的聚乙二醇和衣康酸加入带有搅拌器的三口烧瓶中, 然后将催化剂对甲苯磺酸投入烧瓶中, 开动搅拌机并加热, 将温度控制在 85℃ 左右, 反应进行 3.5 h 时加入阻聚剂对苯二酚, 继续反应 1.5 h, 合成大单体. 在装有搅拌器、回流冷凝器和两个滴液漏斗的 250 mL 四口烧瓶中加入一定量的去离子水、大单体和对苯乙烯磺酸钠, 搅拌溶解, 然后在不断搅拌下加热升温至一定温度时开始分别滴加甲基丙烯酸和引发剂过硫酸钾水溶液, 并在 1.5 h 内滴加完毕. 之后保温反应一定时间. 反应完毕, 将反应物冷却至 30℃ 左右时, 缓慢加入质量分数为 10% 的氢氧化钠水溶液中和 pH 值至 7~9, 得到黄色透明状目标产物.

* 收稿日期: 2011-02-27

作者简介: 任军哲(1978—), 男, 陕西省咸阳市人, 工程师, 研究方向: 煤化工工艺
基金项目: 陕西省教育厅产业化培育项目(编号: 2010JC03)

1.3 煤质分析

实验选用陕西神府煤,对试验煤种的煤质特性进行分析,其煤质分析为:析水分 M_t :7.68%,灰分 A_d :4.59%,挥发份 V_{daf} :33.01%;煤质元素分析结果如下:C:82.55%,H:4.69%;N:0.91%;S:0.26%.

1.4 水煤浆的制备

本实验的水煤浆采用多峰分布特征的煤粉制成,粒径分布范围为 0.45~0.9 mm,0.125~0.45 mm,0.075~0.125 mm,0.05~0.075 mm,<0.05 mm,质量分数分别为 8%,42%,7%,8%,35%.将研磨好的煤粉按以上比例装入研磨罐中,加一定量的分散剂水溶液,再加入适量研磨球于罐中,在行星球磨机上以转速为 600 r/min 研磨 10 min,取下研磨罐,倒入接收瓶中即得成品水煤浆样品.

1.5 水煤浆的表观黏度及稳定性测定^[4,5]

本实验采用观察法测试水煤浆的稳定性.具体方法如下:取适量水煤浆样品,以转速为 600 r/min 的搅拌速率搅拌 10 min,然后进行下列测试.

(1)析水率:将适量水煤浆装入 50 mL 的量筒中,静置一段时间后观察量筒析水量,测量析水高度与原来煤泥浆高度的百分比.

(2)落棒实验:水煤浆静置一段时间后,将质量约为 50 g、长度为 33.5 cm 的玻璃棒放入盛有水煤浆的烧杯中,观察玻璃棒是否很容易的搅动水煤浆和接触到烧杯底部.

(3)流动性:水煤浆流动性采取目测法,分为 A、B、C、D 4 个等级,每个等级的划分如下:A 级为不间断流动;B 为间断流动且呈稠流体;C 为间断流动且呈稠糊状;D 为不能流动.

2 结果与讨论

2.1 聚羧酸分散剂的结构表征

在 IA-PEG 单酯大单体、SSS 和 MAA 中的官能团中,三者都有不饱和双键,不同点则是分别含有一OH和醚键、苯环和—SO₃、—COOH,在水溶液中主要发生共聚反应,结合谱图 1 分析如下:3 700~3 300 cm⁻¹ 范围内是醇类物质的 O—H 伸缩振动吸收峰;2 928~2 880 cm⁻¹ 为 C—H 键的伸缩振动吸收;2 500~2 000 cm⁻¹ 无吸收峰表明分子中双键基本消失,各单体发生了共聚;1 726.5 cm⁻¹ 和 1 642.8 cm⁻¹ 两处吸收峰证明酯基的存在;1 600~1 450 cm⁻¹ 区间内峰形尖锐且吸收峰多,证明了苯环的存在;1 150~1 060 cm⁻¹ 内的吸收峰说明醚键的存在.从分散剂的热失重谱图 2 可以看出,聚羧酸分散剂在温度高于 200 °C 是才开始分解,到 270 °C 时减重约 6%,表明聚羧酸分散剂具有较好的热稳定性,该分散剂在 270 °C 以下的高温条件下依然可以使用,具有优良的耐高温性能.

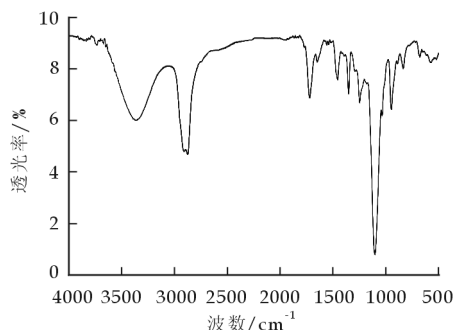


图1 聚羧酸分散剂的红外光谱图

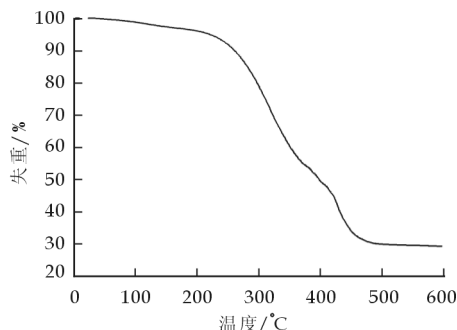


图2 聚羧酸分散剂的热失重图

2.2 单体配比对分散剂性能的影响

为考察单体配比对分散剂性能的影响,以大单体和对苯乙烯磺酸钠的摩尔比为横坐标,以水煤浆表观黏度 η_a 的变化为纵坐标. MAA 的滴加时间为 90 min,引发剂溶液的滴加时间为 110 min,滴加完毕后保

温反应 3 h, 温度 76 °C, 引发剂用量为 3 种单体总质量的 1%. 实验结果如图 3 所示. 由图 3 知, 随着对苯乙烯磺酸钠和大单体的摩尔比的增加, 分散剂的降黏效果增加, 当对苯乙烯磺酸钠和大单体的摩尔比为 1 : 1.5 时, 该分散剂对水煤浆的成浆性能影响最好. 聚羧酸类分散剂是一种水溶性高分子, 随着磺化率增大, 引入的磺酸基数量增加, 导致煤粒子表面负电荷增加. 但是, 并非磺化率越高 CWS 性能就会越好. 磺化率过高时, 煤粒子表面含有过多亲水性基团, 同样也会带来不利的因素. 只有水溶性高分子中的亲水基团和疏水基团比例合适, 才能保证分散剂分子与煤粒达到最佳的相互作用, 在煤粒表面形成较为牢固的高分子吸附层, 使该分散剂处理煤粒和水的界面张力及其吸附量适中, 保证煤粒相对稳定地分散在水中, 达到稳定的粗分散体系.

2.3 反应温度对分散剂性能的影响

反应时间不变, 单体配比为大单体 : 对苯乙烯磺酸钠 : 甲基丙烯酸 = 1.5 : 1 : 3, 引发剂含量为大单体、对苯乙烯磺酸钠和甲基丙烯酸总质量的 1%, 实验结果如图 4 所示.

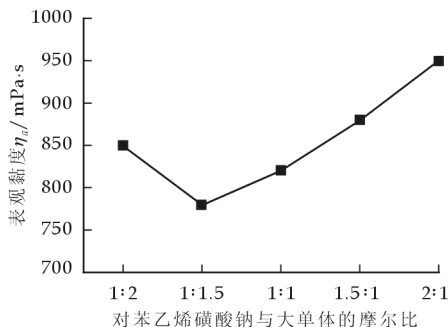


图 3 单体配比对水煤浆表观黏度的影响

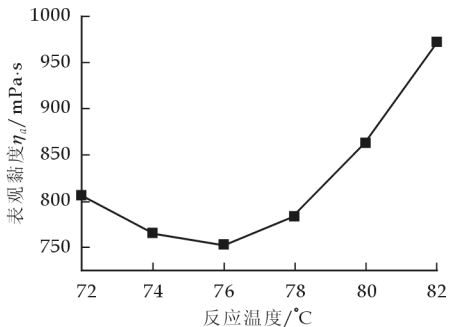


图 4 反应温度对水煤浆表观黏度的影响

由图 4 可知, 当反应温度为 76 °C 时, 分散剂的分散效果较好, 水煤浆的成浆性能较佳, 即水煤浆的表观黏度比较低. 由实验可知, 当反应温度高于 82 °C 时, 反应太剧烈, 放置 1 d 有大量凝胶物质出现.

2.4 引发剂用量对分散剂性能的影响

反应时间不变, 单体配比为大单体 : 对苯乙烯磺酸钠 : 甲基丙烯酸 = 1.5 : 1 : 3, 反应温度为 76 °C, 实验结果如图 5 所示. 由图 5 可知, 随着引发剂用量的增加, 分散剂的降黏效果逐渐增加. 当引发剂含量为 1% 时, 此水煤浆分散剂的分散效果较佳, 随着引发剂用量的继续增大, 分散效果降低. 主要是由于引发剂在反应中有调节相对分子质量的作用, 引发剂含量增加, 分散剂的相对分子质量会适当降低. 当引发剂用量较小时, 聚合反应充分, 分散剂相对分子质量大, 而且分子链的一些构象容易屏蔽羧基和磺酸基, 使煤颗粒表面吸附能力变差, 吸附量就会减少, 静电斥力及空间位阻效应降低, 导致成浆效果很差. 引发剂用量增加时, 反应速率增大, 共聚物的相对分子质量降低, 分散剂的运动能力和分散能力增强, 但是当过硫酸钾的用量大于 3% 以后, 对高分子聚合物的相对分子质量及煤颗粒对分散剂的吸附力影响不大, 宏观上表现为分散性能差异性很小, 引发剂含量为 1% 时较为合适.

2.5 分散剂用量对水煤浆黏度的影响

以分散剂合成的较优条件合成的样品, 改变其在水煤浆中的用量, 测定水煤浆浓度 68% 的表观黏度, 如图 6 所示. 由图 6 可知, 当分散剂用量增加时, 水煤浆黏度逐渐降低, 并在 0.4% (分散剂占浆体质量的百分比) 时降到最低点. 当分散剂用量大于 0.4% 时, 水煤浆黏度随分散剂用量的增加而变化不是很大.

由图 6 可知, 0.4% 为水煤浆分散剂的用量较为合适. 随着分散剂用量的增大, 吸附在煤表面的分散剂分子使得煤表面的负电荷和阻止煤粒聚集的空间位阻效应得到增加, 煤粒间相互排斥力增大, 宏观表现为水煤浆黏度降低, 当煤粒表面吸附分散剂分子后, 多余的分子存在煤粒间, 发挥对煤粒的自由稳定作用, 使表观黏度继续下降^[6].

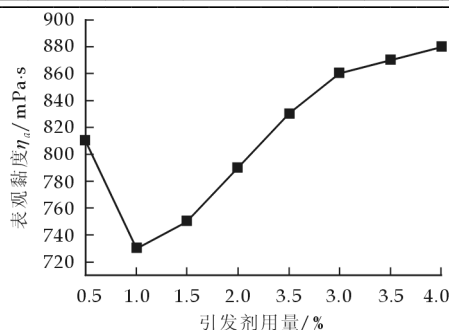


图5 引发剂用量对水煤浆表观黏度的影响

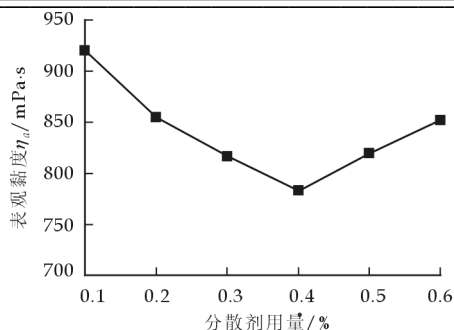


图6 分散剂用量对水煤浆表观黏度的影响

3 结 论

(1)在 IA-PEG(酯化大单体):SSS:MAA=1.5:1:3(摩尔比),反应温度为76℃,引发剂用量为1%(单体总质量),反应时间为5 h,MAA的滴加时间为90 min,引发剂溶液的滴加时间为110 min条件下可以制得到效果理想的聚羧酸盐型水煤浆分散剂。

(2)对于神华煤当制浆浓度为68%时,该分散剂的添加量为水煤浆质量的0.4%时,水煤浆的表观黏度为783 MPa·s;放置2 d后,析水率为8.6%;流动性为B级,表明该种聚羧酸盐水煤浆分散剂是一种分散性和稳定性均良好的添加剂。

参 考 文 献

- [1] 周明松,邱学青,王卫星.水煤浆分散剂的研究进展[J].化工进展,2004,23(8):846-851.
- [2] 王晓春,吴国光,王共远.水煤浆添加剂及其研究进展[J].煤化工,2004,(6):15-18.
- [3] 张光华,齐晶晶,朱雪丹.水煤浆两性离子分散剂合成及制浆性能[J].煤炭转化,2008,31(4):69-71.
- [4] 吴晓华,朱书全,茅晔辉.聚羧酸系列水煤浆添加剂的合成及性能研究[J].选煤技术,2004,(4):37-40.
- [5] 张荣曾.水煤浆制浆技术[M].北京:科学出版社,1996:236.
- [6] 邹立壮,朱书全.不同水煤浆分散剂与煤之间的相互作用规律研究(IV):不同分散剂对煤成浆性的促进作用[J].煤炭学报,2003,28(6):636-640.

SYNTHESIS OF A NOVEL POLYCARBOXYLIC ACID SERIES DISPERSANT AND ITS PROPERTIES

REN Jun-zhe¹, ZHANG An-qi², WEI Hui², ZANG Guang-hua²

(1. Shaanxi Carbonification Energy Co., Ltd, Changwu 713600, China; 2. School of Chemistry and Chemical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: A novel polycarboxylic coal water slurry dispersant was prepared by solution polymerization of polyethylene glycol-itaconic acid ester and styrene sulfonate and methacrylic acid as monomers, with $K_2S_2O_8$ as initiator. The macromolecular polymer was characterized and analyzed by IR, TG-DTA. The effects of the monomer ratio, reaction temperature initiator usage on the dispersant's performance were investigated, which confirmed the optimal reaction condition. The result showed that, when the concentration reached 68% of the CWS, the apparent viscosity would be 968.33 MPa·s.

Key words: itaconic acid; coal water slurry; dispersant; apparent viscosity

文章编号:1000-5811(2011)02-0044-05

高矿化度矿井水复用技术的实验研究

邱瑞芳¹, 程芳琴²

(1. 山西大学环境与资源学院, 山西 太原 030006; 2. 山西大学资源与环境工程研究所, 山西 太原 030006)

摘要:采用混凝-电渗析相结合的方法对山西某高矿化度矿井水进行处理,混凝法旨在去除矿井水的浊度和悬浮物质,经混凝处理后的矿井水再进行电渗析脱盐处理.实验表明,矿井水浊度的去除率达到了96%以上;在工作电压为10 V、工作电流密度为7.86 mA/cm²时,出水完全符合工业水回用和生活杂用水水质要求,且能耗较低,具有实际经济效益.

关键词:矿井水;高矿化度;复用技术;混凝剂;电渗析

中图法分类号:X703.1 **文献标识码:**A

0 引言

我国是一个水资源缺乏的国家.就煤炭行业而言,全国70%矿区及相邻地区用水短缺.山西作为我国的煤炭生产基地,含煤面积达5.7万km²,占全省总面积的37.5%,探明储量、产煤量、外调量均居全国之首.与此同时,山西省平均排放矿井水0.87 m³/t,年矿井水排放量约2.25亿m³,占全省工业总取水量的18%以上.如此大量的矿井水,不仅对矿区地表水、地下水污染严重,使农耕环境退化,生态自然平衡受到严重破坏,而且减少了水资源的可利用量,进一步加剧了山西省水资源严重紧缺的程度.对山西而言,如能有效重复利用矿井水,使之成为生产、生活用水,不仅是实现煤炭行业持续、稳定、协调发展的重要保障,也对缓解山西省缺水之痛,促进全省经济和社会健康发展具有积极意义.本文对矿井水的处理与回用问题进行了实验研究^[1].

1 矿井水特点及处理方法

1.1 水质分析

表1 矿井水水质指标

	悬浮物 (mg/L)	色度 /度	浊度 /NTU	矿化度 (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)
矿井水	30.38	48	20.44	3 166	283	119	2 105

实验用水取自于山西某煤矿,矿井水在水下井仓中有一定的沉淀作用^[2](一般要在井下水仓停留4~8h),较大颗粒的煤粒、岩粒等产生沉淀得以去除,剩

下的是主要是粒径细小的煤粉、岩粉,经分析得出原水水质如表1所示.

从表1可以看出,此矿井水色度和浊度高,总硬度、硫酸盐含量等均不同程度的超标,矿化度较高,需进行有效处理.

1.2 净化处理方法

针对矿井水特征,采用复用技术,即混凝-电渗析联合处理的方法,通过混凝去除原水的色度和浊度,

* 收稿日期:2010-12-27

作者简介:邱瑞芳(1982—),女,山西省静乐县人,助教,在读博士生,研究方向:水污染控制与资源化利用

对于高矿化度则采用电渗析法去除.

2 实验研究

2.1 实验流程

(1)混凝剂及其投加量的选择实验. 在同等实验条件下,改变混凝剂及其投加量,得到各混凝剂的投放量与浊度去除率的变化曲线,进而确定出最佳混凝剂及混凝剂的最佳投量.

(2)膜的预处理及电渗析器的安装. 用蒸馏水和原水分别浸泡阴、阳膜 24 h,安装电渗析器,采用普通电极、短流程、水平固紧型.

(3)改变电压、电流,得出电压-电流密度曲线,确定本实验的极限电流、极限电流密度.

(4)在极限电流密度下,改变电压,得到电压对各离子去除率的变化曲线,考察电压对脱盐效果的影响.

(5)在极限电流密度下,进行等电压实验,得到电流密度对各离子去除率的变化曲线,考察电流密度对脱盐效果的影响.

(6)综合分析电压、电流密度对脱盐能耗的影响,确定最佳反应条件,重复实验进行论证.

2.2 混凝实验研究

本试验选用了 5 种混凝剂^[3]:氯化铝、硫酸铁、聚合氯化铝(PAC)、聚合氯化铝铁(PAFC)、聚丙烯酰胺(PAM). 在实验中通过改变混凝剂种类以及投放量,得到各混凝剂的投放量与浊度去除率的变化曲线,进而确定出最佳混凝剂及混凝剂的最佳投量.

通过混凝实验研究,得到各种不同混凝剂对浊度的去除率曲线分别如图 1、图 2 所示.

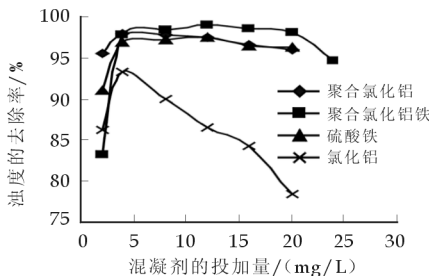


图 1 浊度的去除率随混凝剂浓度的变化曲线

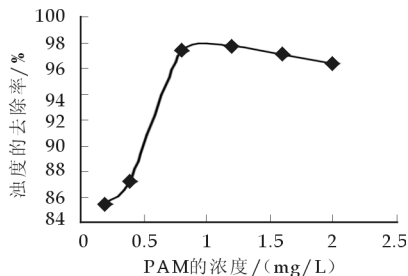


图 2 浊度的去除率随 PAM 浓度的变化曲线

由图 1 可看出,在所选的 4 种絮凝剂中,PAFC 和 PAC 对浊度的去除效果较好.这是因为硫酸铁和氯化铝分别属于铁盐和铝盐的单体,主要靠压缩水中胶体颗粒的双电层及中和胶体电荷来使胶体颗粒脱稳、凝聚;PAFC 和 PAC 都是无机高分子混凝剂,在水溶液中能形成多核羟基配合物,具有更多的电荷和更大的表面积,主要靠吸附架桥作用和网捕作用使松散的絮体变得粗大而密实,从而易于沉淀,其絮凝性能也就更好^[4,5]. 聚合氯化铝(PAC)(分子式为 $[Al_2(OH)_nCl_{6-n}]_m$)能形成 Al^{3+} 、 $[Al(OH)_2]^+$ 、 $Al(OH)_3$ 、 $[Al_2(OH)_4]^{2+}$ 、 $[Al_2(OH)]^{5+}$ 、 $[Al_3(OH)_4]^{5+}$ 、 $[Al_4(OH)_8]^{4+}$ 、 $[Al_6(OH)_{14}]^{4+}$ 、 $[Al_6(OH)_{15}]^{3+}$ 、 $[Al_7(OH)_{17}]^{4+}$ 、 $[Al_8(OH)_{20}]^{4+}$ 、 $[Al_{13}(OH)_{34}]^{5+}$ 、 $[Al_{18}(OH)_{49}]^{5+}$ 等聚合形态,在水溶液中能形成多核羟基配合物,具有更多的电荷和更大的表面积,比较容易接近和吸附带有疏水性基团的煤粒子,使之吸附在表面,由此絮凝性能也就更好^[6,7]. 聚合氯化铝铁(PAFC)是一种复合混凝剂,它既具有铝盐絮凝剂矾花降浊效果好的优良性能,又具有铁盐絮凝剂絮凝体沉降快、易于分离、低温低浊处理性好且设备管路腐蚀小等优点,具有明显的协同增效作用^[8]. PAFC 有较高的相对分子质量,有高度水解-聚合、接近沉淀态而不沉淀的羟基聚离子,具有的铝铁异核金属离子交错排列的稳定长链,长链同时包裹、吸附许多溶胶粒子,即桥长、单元多、絮凝体大而稳定,在架桥的同时发生了卷扫絮凝作用,对胶粒起到了良好的吸附架桥作用;另一方面,PAFC 投入水中后水解生成多核聚合羟基络离子,它们具有较多的正电荷和较大的表面积,能迅速吸附水中带负电荷的胶体微粒及其它悬浮物,发生电中和作用导致胶体颗粒脱稳而聚沉^[9].

絮凝剂的投加量 $\leq 4\text{ mg/L}$ 时,随着药剂投加量的增加,浊度的去除率变化很大,混凝剂浓度每增加 2 mg/L ,浊度的去除率增加 $3\%\sim 13\%$.当 PAC、PAFC 和硫酸铁的浓度为 4 mg/L 时,浊度的去除率分别为 97.7% 、 97.39% 、 96.71% ,随着投加量的继续增加,开始浊度去除率略有增加($< 1\%$),以后随着药剂投加量的增加浊度的去除率呈下降的趋势.一般情况下,混凝效果随着混凝剂用量的增大而增大.但是,当混凝剂的投量达到一定值时会出现一个峰值.峰值前由于混凝剂的投量不足,混凝作用不彻底;超过混凝剂的最佳用量又会使离子电位变成负值,使所形成的絮凝体重新变成稳定的胶体,混凝效果反而下降^[10],而且混凝剂的过量投加会使矾花粒度异常长大,但不密实,不易沉淀,混凝效果不好.此外,铝盐混凝剂过量投加会导致残留铝的环境效应,铁盐混凝剂容易造成腐蚀,所以投加大量混凝剂性价比会很低,药剂并不能发挥很好的作用和价值.实验结果表明,PAFC 和 PAC 在矿井水中的最佳浓度为 4 mg/L .

由图 2 可知,PAM 浓度为 0.8 mg/L 时,浊度的去除率为 96.47% ,随着絮凝剂投加量的继续增加,浊度去除率的变化趋势同 PAC.虽然 PAM 的投加量较小,但价格较高,而且其单体有神经毒性和“三致”效应(致畸,致癌,致突变),因此 PAM 的应用受到很大的限制.

同时,PAC、PAFC、 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 、聚丙烯酰胺(PAM)的吨价比是 $1:1.24:1.80:8.44$.由此可知,对

表 2 矿井水经混凝后水质指标

	悬浮物 /(mg/L)	色度 /度	浊度 /NTU	矿化度 /(mg/L)	Ca^{2+} /(mg/L)	Mg^{2+} /(mg/L)	SO_4^{2-} /(mg/L)
矿井水	9.25	16	0.7	2 586	251	110	1 945

于相同量的同一矿井水,混凝剂的最佳投放量的价格比是 $1:1.24:1.8:1.7$,所以对于本实验矿井水,聚合氯化铝的混凝效果好且经济

实惠,是矿井水处理的优良的混凝剂.

将原水通过混凝工艺后,出水水质如表 2 所示.

2.3 电渗析实验研究

2.3.1 极限电流的确定

将预处理后的矿井水进行电渗析除盐实验.由图 3 可看出,开始时随着电压的上升,电流密度也显著上升.当电压达到一定值后,电流密度上升速度减缓,所施加的电压已不再起太大的作用,在 $7.78\sim 12.29\text{ mA/cm}^2$ 之间为极化过渡区,得出极限电流密度为 12.29 mA/cm^2 .当电流密度超过此值时将发生浓差极化及膜结垢现象^[11],因此操作电流密度必须控制在极限电流密度以下.

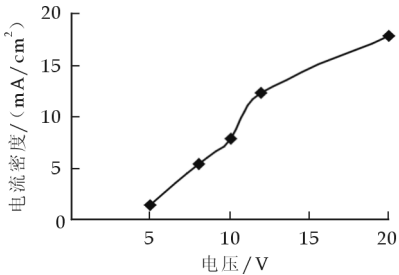


图 3 电压-电流密度曲线

2.3.2 电压对脱盐效果的影响

在电流密度低于 12.29 mA/cm^2 的情况下调节端电压为 5 V 、 8 V 、 10 V 和 12 V 进行恒压脱盐实验.由于原水中主要是 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 含量较高,因此,将此 3 种离子的去除率作为脱盐效果的考核指标.

脱盐率的高低受众多因素影响^[12],如电渗析器本体膜对数、操作电压、进水流量、原水含盐量等.对于一台已知的电渗析器,当原水含盐量和进水流量确定的条件下,脱盐率随操作电压升高而增加,但脱盐率随电压升高而增大主要表现在操作电压为零到极限电压之间.当电压增大到一定程度后,脱盐率随电压的增加几乎没有变化,主要原因是在操作电压由零增加到极限电压这一区间,电渗析器淡水室中的大部分离子在电流作用下向其两侧浓水室渗透而去除.当操作电压超过极限电压后,由于淡水室水中的大部分离子已被去除,所增加的电压主要用于水的电离,电离产物产生的 OH^- 透过膜进入浓水室并与水中 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 产生沉淀附于膜面,使膜电阻增加,此时再增加电压,脱盐率几乎没有增加,主要用于克服膜电阻.

如图 4~图 6 所示,随着处理时间的增长,脱盐率不断增加,当电压增大到 12 V 左右后,脱盐率的增幅明显减缓;在电压为 16 V 和 20 V 的情况下,脱盐效果并不如 12 V 下的.但相同时间段,各电压下脱盐

的效果不尽相同,可以看到电压为 12 V 时处理效果最好.此时, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 SO_4^{2-} 的含量分别降为 22.51 mg/L、11.82 mg/L 和 97.24 mg/L,完全高于工业回用水标准及生活杂用水标准.

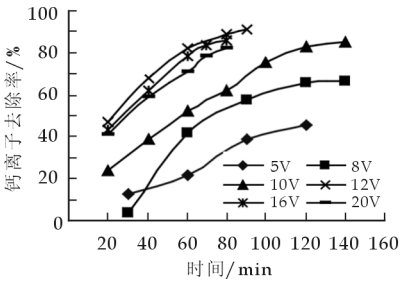


图 4 操作电压对 Ca^{2+} 去除率的影响

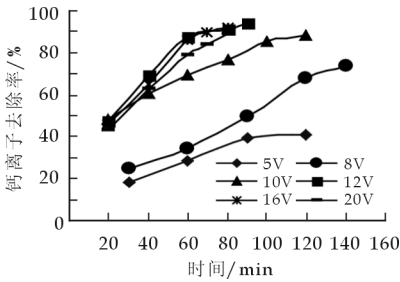


图 5 操作电压对 Mg^{2+} 去除率的影响

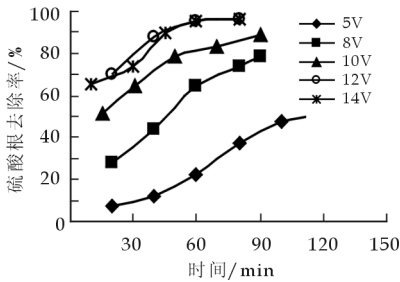


图 6 操作电压对 SO_4^{2-} 去除率的影响

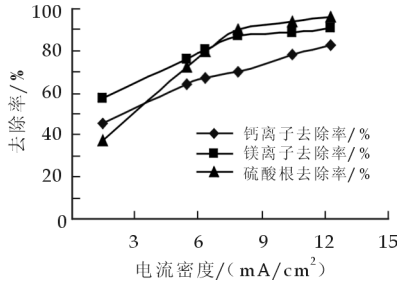


图 7 电流密度对脱盐率的影响

2.3.3 电流密度对脱盐效果的影响

在不超过极限电流密度的基础上,为了比较不同操作条件下的脱盐效果,进行不同电流密度下的脱盐实验.

由图 7 看出,反应初期,电流密度增加,离子迁移的推动力增大,脱盐率随着电流密度的升高而增加得较快,这说明离子通过交换膜的能力和速度都有提高.当电流密度增大到 7.86 mA/cm² 后,增加幅度明显降低,主要原因是反应进入极化过渡区,由于淡水室大部分离子已经被去除,在离子交换膜的表面,不再是溶解盐的离子通过膜进行迁移,而是逐渐发生水的电离,形成 H⁺ 和 OH⁻ 的迁移,即产生极化现象.这时,不仅不能使脱盐率增加,而且 OH⁻ 也会与原水中的 Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 等离子发生反应,生成 CaCO₃ 和 Mg(OH)₂ 等沉淀物.长期如此运行,结垢的沉淀就会堵塞电渗析器,降低处理效率^[13].由实验得出,电流密度最佳值为 7.86 mA/cm²,
 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 SO_4^{2-} 的去除率分别达到 70.24%、87.58% 和 90.54%.

2.3.4 重复实验

实验出水旨在回用于工业用水、生活杂用水,所以只需满足其使用标准(见表 3),无需去除率达到实验中的最大化,同时也减少了能耗,节约了成本.

根据以上实验分析,选择端电压在 10 V 左右,电流密度在 7.86 mA/cm² 以下进行重复实验.当 Ca²⁺ 含量到达 200 mg/L 以下时作为实验终点.处理出水水质见表 4,完全满足回用标准.

表 3 水质标准

	色度 /度	浊度 /NTU	悬浮性固 体/(mg/L)	溶解性固 体/(mg/L)	总硬度(以 碳酸钙计) /(mg/L)	Ca^{2+} /(mg/L)	SO_4^{2-} /(mg/L)
工业循环 冷却水	—	—	≤20	—	55	30~200	≤1 500
生活杂用水	30	5/10	5/10	1 000/1 200	450	—	—

表 4 出水水质指标

	色度 /度	浊度 /NTU	悬浮性固 体/(mg/L)	溶解性固 体/(mg/L)	Mg^{2+} /(mg/L)	Ca^{2+} /(mg/L)	SO_4^{2-} /(mg/L)
出水	4	1	3.6	800	136	196	1 200

3 结 论

(1) 本实验根据所取矿井水的水质特点对比了 5 种混凝剂的混凝效果: 聚合氯化铝(PAC)、聚合氯化铝铁(PAFC)、无水氯化铝(AlCl_3)、硫酸铁($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$)、聚丙烯酰胺(PAM)。实验结果表明, 聚合氯化铝的混凝效果最好, 且吨水处理成本最低, 最佳投量为 4 mg/L , 浊度的去除率达到了 96.71% 。

(2) 通过电渗析实验得出电压-电流密度曲线, 找出本体系的极限电流密度为 12.29 mA/cm^2 , 工艺操作必须控制在极限电流密度下。

(3) 在极限电流密度下进行恒压电渗析操作, 通过综合考虑脱盐去除率和能耗的因素, 确定本体系的最佳操作电压为 10 V , 此时脱盐效果好、能耗较低。

(4) 恒电流电渗析脱盐, 电流密度高, 脱盐速度快, 脱盐率高; 但是高电流密度时, 脱盐能耗增加, 即生产成本增高。因此, 实际操作应在电流密度 7.86 mA/cm^2 下进行。

(5) 用混凝-电渗析工艺处理矿井水, 出水完全符合工业水回用和生活杂用水水质要求, 且能耗低。

参 考 文 献

- [1] 何绪文. 我国矿井水资源化利用存在的问题与解决对策[J]. 煤炭学报, 2008, (1): 63-66.
- [2] 冯启言, 王 华. 华东地区矿井水的水质特征与资源化技术[J]. 中国矿业大学学报, 2004, 33(2): 193-196.
- [3] 王海邻, 贺玉晓. 矿井水资源化混凝试验研究[J]. 河南化工, 2006, (9): 13-15.
- [4] O. Melia, CR1. Coagulation in waste water treatment[R]. In the Scientific Basis of Flocculation, NATO ASI Series, Ires, K J, Ed., Sijthof and Noordhof, Aalphen aan den Rijn, Netherlands, 1978.
- [5] 丛 鑫. 矿井水混凝实验研究[J]. 露天采矿技术, 2007, (4): 67-69.
- [6] 徐海宏, 李 满. PAC 与 PAM 复合絮凝剂处理矿井水的研究[J]. 煤炭科学技术, 2006, (4): 83-85.
- [7] 胡文慧, 王 欣. 聚合氯化铝铁在饮用水处理中的生产性实验研究[J]. 黑龙江水利科技, 2004, (2): 52-53.
- [8] 胡勇有, 顾国维. 新型混凝剂聚合氯化铝铁的混凝特性[J]. 水处理技术, 1993, 19(5): 281-285.
- [9] 李秋博. 混凝剂净化矿井水的试验应用[J]. 煤矿安全, 2007, (11): 42-44.
- [10] 葛岭梅. 煤矿矿井水处理[J]. 西安矿业学院学报, 1999, (4): 322-325.
- [11] 张维润. 电渗析工程学[M]. 北京: 科学出版社, 1995: 2-9.

EXPERIMENTAL RESEARCH ON HIGH MINERALIZED MINE WATER BY MULTIPLEXING TECHNOLOGY

QIU Rui-fang¹, CHENG Fang-qin²

(1. Environment and Resource College, Shanxi University, Taiyuan 030006, China; 2. Resource and Environmental Technology Institute, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

Abstract: The experiment use coagulation-electrodialysis to dispose high mineralized coal mine water of certain mining area of Shanxi. Coagulation method aim to remove turbidity and suspended solids, than using electrodialysis method to desalination. The results of study show that the removal rate of turbidity is over 60% , and on the condition that work voltage is 10 V and current density is 7.86 mA/cm^2 , the outlet can achieve industrial reused water and domestic miscellaneous water quality standards absolutely with low energy consumption, which have well economic benefit.

Key words: coal mine water; high mineralized; coagulant; multiplexing technology; electro-dialysis

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0049-02

超临界水氧化法处理焦化废水的研究

杜琳, 王增长

(太原理工大学环境科学与工程学院, 山西 太原 030024)

摘要: 介绍了焦化废水的来源、组成以及超临界水氧化法的基本原理、特点和工艺流程, 建立了超临界水氧化实验装置, 其最大处理流量为 1 L/h, 考察了超临界水氧化法对废水中 COD、氨氮、氰化物、硫氰化物的处理效果, 并指出了实验存在的问题与困难。

关键词: 焦化废水; 超临界氧化; 实验装置

中图法分类号: X703.1 **文献标识码:** A

0 引言

目前,我国焦炭行业发展迅速,在产生巨大经济效益的同时也带来了重大的环境问题,炼焦、制气过程中产生的焦化废水水质成分复杂,其无机物污染主要是氨氮、氰、硫氰的化合物,而有机污染物主要是酚、油类、萘、吡啶、喹啉、蒽的多环和杂环芳烃等,属于较难生化处理的高浓度工业有机废水,其处理一直是国内外污水处理的重点和难点。

超临界水氧化法(SCWO)是 20 世纪 80 年代中期由美国学者 Modell 提出的一种新型水处理技术^[1-4],适用于处理有毒害和高浓度的有机废水。在超临界条件下($T_c > 374\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_c > 22.0\text{ MPa}$),水成为具有高扩散性和优良传递特性的非极性介质,非极性的有机物和气体能和水形成均相体系,即 SCWO 反应为均相反应,此种情况下,无相间传质、传热阻力,从而可提高反应速度。在一定温度、压力下,几乎所有的有机物在几秒至几分钟时间内都可彻底氧化分解,大大缩短了废水处理的时间,处理装置全封闭,节约空间且无二次污染。

1 实验

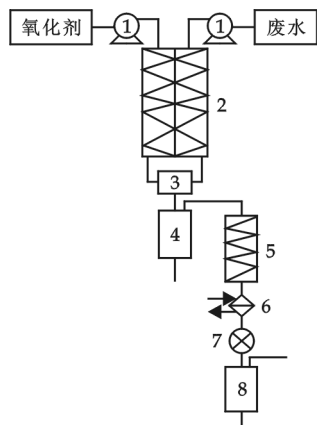
1.1 实验装置及流程

超临界水氧化反应装置流程图如图 1 所示,反应器由 $\varphi 6 \times 2\text{ mm}$ 的 316L 不锈钢管绕制而成,总体积为 10 mL,最高设计温度为 $600\text{ }^{\circ}\text{C}$;高压柱塞泵的最高压力为 35 MPa,流量连续且可调,最大流量为 1 L/h。

用高压柱塞泵按一定比例分别进废水和氧化剂,由预热器预热,混合由除盐装置除盐以后,在反应器中反应,经过冷却、减压装置、气液分离后取液体待测。

1.2 实验条件

实验采用的氧化剂是质量分数为 30% 的过氧化氢溶液,采用某焦化厂的焦化废水,以其中的 4 种污染物(COD、氨



1.高压柱塞泵, 2.预热器, 3.气液混合器, 4.除盐罐
5.反应器, 6.冷却器, 7.背压阀, 8.气液分离器

图 1 超临界水氧化装置流程简图

* 收稿日期:2010-12-23

作者简介:杜琳(1986—),女,湖北省宜昌市人,在读硕士生,研究方向:水污染控制工程

氮、氰化物、硫氰化物)为研究对象,其水质指标如表 1 所示.

实验系统的温度为 400~550 ℃,压力为 24~30 MPa,过氧倍数为 1~3 倍,停留时间为 40 s.

表 1 某焦化厂废水水质指标 (mg/L,pH 除外)

COD	氨氮	氰化物	硫氰化物	pH
3 300	580	6.3	520	8.9

表 2 国家一级排放标准规定值 (mg/L,pH 除外)

COD	氨氮	氰化物	pH
100	15	0.5	6~9

2 实验结果及分析

本套超临界水氧化实验装置建成后,采用上述焦化厂的焦化废水进行实验.

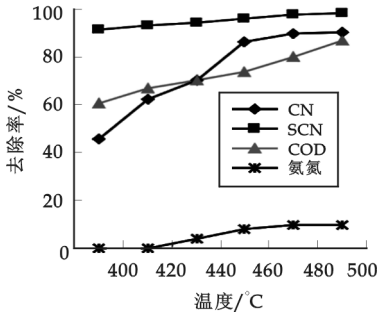


图 2 反应温度对降解率的影响

实验表明,SCWO 对焦化废水中的 COD、氨氮、氰化物、硫氰化物都有一定的去除效果.图 2 所示为在 400~500 ℃、停留时间为 40 s、系统压力为 30 MPa、过氧倍数 2.5 倍的条件下温度与去除效率的关系.在 500 ℃,30 MPa,停留时间 40 s,SCN 去除率达到了 90%,CN 去除率达到了 98.24%,均可达标排放.温度对 SCN 的去除率影响较大,升高温度可大大增加硫氰化物的去除率,温度达到 460 ℃以后趋于稳定;CN 的去除受温度影响不大,在较低温度时氰化物的去除率达到了 91%以上.

在 400~500 ℃的范围内,COD 去除率不高,氨氮去除率很低,出水的 COD、氨氮浓度均达不到国家一级排放标准规定值(表 2).许多研究者研究发现,在 SCWO 反应中,实验参数对 COD、氨氮的影响主要是反应温度、反应压力、反应时间,增加 COD 与氨氮的去除率,最好的方法是通过提高温度和压力来解决^[5,6].

进一步实验研究发现,氧化倍数为 2.5,停留时间为 40 s 的条件下,在压力超过 24 MPa 时,随着压力的加大,COD 与氨氮的去除率增加的幅度不大;但当压力一定时(大于 24 MPa),温度达到 560 ℃以上,其 COD 的去除率才能达到 99%以上;氨氮是最难处理的物质,维持温度在 600 ℃以上,氨氮去除可达到 98%,使出水的氨氮达标排放.

3 结 论

- (1)超临界氧化装置对焦化废水中的 COD、氨氮、氰化物、硫氰化物都有比较好的处理效果,适当调节实验条件,可使处理效果达到国家规定的《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中的一级标准.
- (2)出水的色度接近于自来水的色度,效果好于传统处理方法,可达到国家规定的标准.
- (3)装置处理效果虽好,但运行不稳定,容易发生腐蚀和泄露.因为反应器采用材质为 316L 不锈钢,其耐腐蚀强度不够,在以后的实验中,可采用全镍基合金或工业纯钛作为反应器材料进行实验.
- (4)焦化废水中 COD 与氨氮的去除效果好,对温度和压力要求很高,而高温高压会加剧反应器的腐蚀速度.为了延长反应装置的使用寿命,考虑使用催化剂以降低反应条件,并需要进一步探讨催化剂的二次污染问题.

参 考 文 献

[1] Modell M. A study of resolve model compound by using SCW[J]. Tappi J,1992,75(96):195-201.
[2] Sang-Hwan Lee. Supercritical water oxidation of polychlorinated biphenyls based on the redox reactions promoted by nitrate and nitrate salts[J]. J. of Supercritical Fluids,2006,39:54-62.
[3] 葛红光. 超临界水氧化高浓度含氮有机废水研究[D]. 西安:西安科技大学硕士学位论文,2004.
[4] 卢建树. 超临界水氧化系统中合金腐蚀研究[D]. 杭州:浙江大学硕士学位论文,2001.
[5] 陈新宇. 焦化废水在超临界水中的催化氧化研究[J]. 高校化学工程学报,2007,21(6):1 065-1 071.
[6] 王 涛. 超临界水氧化法去除废水有机氮的工艺和动力学研究[J]. 化工学报,1997,48(5):639-643.

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0051-05

新型一体化污水处理设备的研究

蔡苏宁¹, 董继先², 谈树美³

(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; 3. 宝鸡石油钢管有限责任公司, 陕西 宝鸡 721008)

摘 要:对多种水处理工艺进行了比较,并对国内外多种一体化水处理设备进行了分析,根据某造纸企业对污水处理的要求,设计了集絮凝—沉淀—过滤工艺为一体的新型水处理设备,该设备具有投资少、占地面积小、处理效果较好及操作方便等优点。
关键词:水处理; 新型高效; 一体化处理设备
中图法分类号:X703.3 **文献标识码:**

0 引 言

随着人口的增长、工业的发展,水资源不断受到水体污染、水质恶化的严重威胁. 根据 2005 年中国统计年鉴统计,我国 2000~2004 年排放污水总量从 415 亿吨增长到 482 亿吨,年均污水排放增长率为 3.8%. 未经处理或处理不得当的污水直接排放到自然中严重影响了环境卫生,威胁人们的饮水安全. 因此,水资源保护势在必行. 近年来,污水处理设备朝着小型化的方向发展,一体化污水处理设备应运而生. 我们在研究国内外已有的各种污水处理设备基础上,开发了一种新型、高效、集成的一体化污水处理设备. 由于其投资少,运作和管理方便,费用低,从而缓解了水处理行业对水处理设备的资金压力.

1 国内外一体化污水处理设备发展现状

1.1 国外水处理技术

美国 Pristine 公司开发的 Pristine Aquarius 污水处理系统^[1]是一个简易、轻便和高效的污水处理设备. 德国普罗名特流体控制有限公司(ProMinent Dosiertechnik GmbH)成功开发的以膜过滤系统为基础的污水处理设备,包括反渗透、超滤、微滤等设备^[2],主要处理水中的颗粒物,不溶物或无机盐类浓度要求苛刻的行业,如电子、电力、酿造和饮料等.

1.2 国内一体化污水处理设备的发展

1.2.1 城市污水处理设备

在国家迫切需要治理污水的大环境下,国内出现了许多用于处理城市生活污水的一体化设备. 张秋跃等开发了用于生活小区的一体化水处理设备^[3],采用悬浮填料和潜水曝气技术,对 COD 的去除率可达 80% 以上,并且解决了噪音对周围环境的影响,安装维护方便.

另外一种设备是一体化埋地式生活污水处理设备,它是以 A/O 生化工艺为主,集生物降解污水沉降、氧化消毒等工艺于一体的生活污水及类似生活污水的工业污水处理设备. 埋地式生活污水处理设备结构紧凑、占地少,全部设置于地下,运行经济,抗冲击浓度能力强,处理效率高,管理维修方便.

* 收稿日期:2011-01-05
作者简介:蔡苏宁(1978—),女,陕西省宝鸡市人,讲师,硕士,研究方向:机加工工艺

1.2.2 工业污水处理设备

随着工业的发展,工业污水也成为摆在人们面前的一个大问题.尤其是在化学工业、石油化工、轻纺、制药、食品和造纸等行业中,所排放的污水具有种类多、成分复杂、COD 浓度高、可生化性差和有毒害等特点,如果不能进行有效的处理,将会对环境产生十分严重的污染和破坏^[4,5].

近年来国内工业污水一体化处理设备取得了较大的成绩,例如 FLY-1 型一体化净水器^[6],它是将漩流网格絮凝、小间距斜板沉淀、非溢流滤池等技术有机地集合在一起,具有出水水质稳定、能耗低、占地面积小、造价低、操作简单等优点.

2 新型一体化污水处理设备设计创新点

2.1 工艺流程

某纸厂污水经物化生化法处理后可以达到国家综合污水排放标准的一级标准,但是现在该厂计划扩建新的生产线,新增生产线相应的生产污水排放量约为 2 300 m³/d.但根据要求,在新项目建成投产后,全厂的生产污水总排放量仍须维持在原有的排放水平.因此,必须对部分污水进行深度处理,达到回收利用的要求,从而减少污水排放量,提高水资源利用率.

表 1 原有污水处理系统的进出水水质

项目	COD _{Cr} /mg · L ⁻¹	BOD ₅ /mg · L ⁻¹	SS/mg · L ⁻¹	浊度/NTU
原水	350	135	200	80
安全池出水	50~80	8~10	30~50	20~30

根据工厂的实际情况和对该项目的要求,提出以下工艺方案:污水—格栅—氧化沟—污水一体化处理设备—清水池.其中污水一体化处理设备是本处理工艺的主要部分,利用其对污水进行深度处理.污水一体化处理设备是集絮凝—沉淀—过滤等工艺为一体的设备,处理流程如图 1 所示.

由确定的工艺方案可以得出这样的结

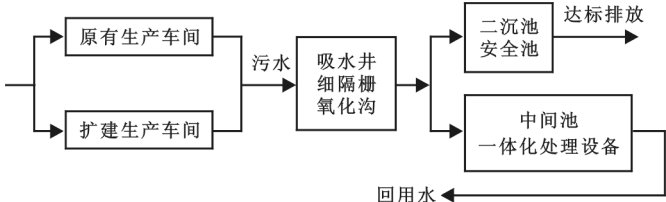


图 1 污水处理工艺流程

论:针对企业新增生产线,一方面污水量有所提高,另一方面由于环保要求,不能增加企业污水排放量,即维持原有的污水排放标准这样一个矛盾的情况,经过深入的调查研究,决定采用在原生物处理系统后增加一体化污水处理设备,对部分污水进行深度处理,从而达到回用和降低污水排放量的目的.

2.2 设计方案

虽然根据处理工艺,我们可以确定污水一体化处理设备的主要部分,但是由于其各个部分机构的不同以及各部分布局方式的不同,污水一体化处理设备根据其布局结构的不同,可以分为立式结构和卧式结构两种.

(1) 立式结构.装置^[7]由混合絮凝区、沉淀区和变速过滤区 3 部分组成.其中:混合絮凝区为锥台体,沉淀区为扇形锥台体,变速过滤区为扇形锥台体.进水由进水管进入配水区,之后进入混合区,利用混合区内置分隔板进行混合;然后直接进入絮凝区,进行网格式絮凝;之后通过集水管出水至斜板沉淀区进行沉淀;接着由集水槽集水至变速过滤区进行过滤,过滤区设置多孔介质,在下部设反洗水管、出水管;最后通过滤池下部的出水管出水.此 3 部分构成一体化净水装置,如图 2 所示.

(2) 卧式结构.卧式结构装置由絮凝池、中间池、沉淀池、过滤池及反冲洗等部分组成.污水经管道进入絮凝池后,在搅拌机构的作用下反应,流入中间池;然后进入斜管沉淀池中,过滤后进入过滤池,最后排出.反冲洗时,关闭进水管,反冲洗水进入过滤池进行冲洗,污泥经排泥管排出,如图 3 所示.

污水一体化处理设备还可以根据构成它的各个部分的不同进行分类.例如根据絮凝池中搅拌机构的

不同,絮凝池即可分为机械絮凝、水力絮凝和增加颗粒絮凝等;根据絮凝机械的布置方式不同,可以分为水平轴机械搅拌絮凝与垂直轴机械搅拌絮凝等。

污水一体化处理设备就整体布局分类大体分为立式和卧式两种.两种方案各有优缺点.方案一,装置具有较好的水力特性,死角少,处理效果相对较好.方案二,除了具有较好的处理效果外,装置呈立方体,各个处理部分加工方便,同时由于卧式分布,整体高度相对低,对厂房、泵等设施要求相对较低。



图 2 立式一体化处理方案

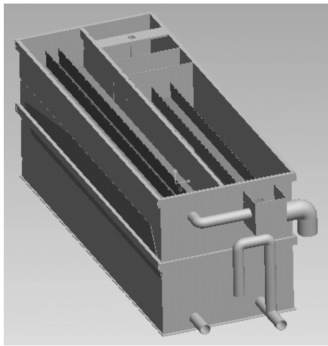


图 3 卧式一体化处理方案

综合考虑,我们选用了方案二,我们在采用卧式结构的同时,尽量提高装置的水力特性,减少死角.其中,絮凝部分采用垂直轴搅拌机构以提高絮凝反应效率;采用异向斜管,提高沉淀效果;采用大水力布水设备,提高整体布水效果;采用气水反冲洗,提高过滤池的使用效果。

2.3 搅拌机构设计

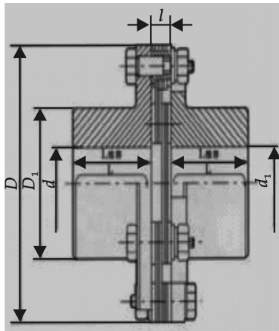
本设计中采用的是机械絮凝池,它是通过电机通过轴带动叶片而使液体运动以完成絮凝过程.本设计中采用垂直轴式、旋转运动方式,通过无级变速电机带动轴转动,具有转速可调、运转平稳等优点。



图 4 搅拌用无级变速电机



图 5 搅拌用联轴器



- (1) 无级变速电机选用上海长城无级变速减速器(MBL07-Y0.55-V1-270),如图 4 所示。
- (2) 联轴器选用 JMⅡ 2 J1 2052/J1 3860,如图 5 所示。
- (3) 轴的设计.由于搅拌叶片与轴焊接,不需要在轴上设计多个轴肩,因此轴除了两端外,为方便设计加工,采用统一直径,一端通过联轴器与无级变速电机连接,另一端利用球轴承固定。

设计结果如图 6 所示: $\phi 38$ 段,长 50 mm; $\phi 50$ 段,长 2 950 mm。

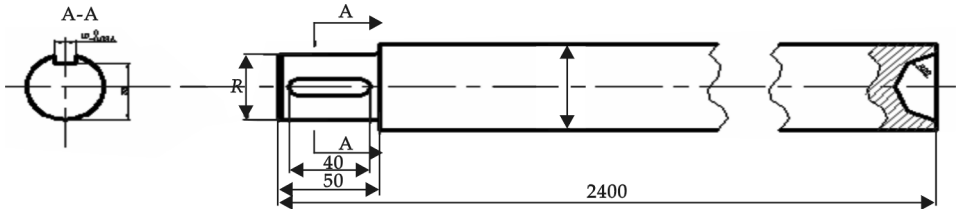


图 6 搅拌用轴

2.4 沉淀池设计

沉淀池是污水处理中重要的装置之一,工程中采用异向流斜管沉淀池.将斜管引入沉淀池的沉淀区可以有效降低其表面负荷.其最大设计流量为 $60\text{ m}^3/\text{h}$,总变化系数 $KZ=1.45$,斜管长度 $l=1\text{ m}$,颗粒有效

速度 $\mu=0.4\text{ mm/s}$, 清水区上升流速 $v=3.0\text{ mm/s}$, 采用升流式异向流斜管沉淀池, 斜管采用 D35 聚丙烯管, 水平倾角为 60° . 为了实现设备的集成, 清水区面积宽度为 2.5 m , 沉淀池长度为 5.3 m . 考虑导管端絮流、积泥等因素, 过渡区采用斜管长度为 200 mm , 斜管总长度为 $1\ 000\text{ mm}$.

采用穿孔管排泥, 一般设计时穿孔管横行布置. 但是在本设计中考虑到作为二次深度处理, 污泥量较小, 并且设备各部分要集成制造, 因此采用纵向布置, 选用 DN200 的穿孔排泥管, 长度比沉淀池长度稍长即可, 取 5.6 m .

2.5 过滤池设计

沉淀池每天工作 24 h , 每次冲洗 6 min , 停留 40 min , 实际工作时间为 23.62 h . 通过计算, 过滤池总高取 3.2 m .

2.6 中间池设计

为了实现各个部分的集成, 使最后形成的设备具有规则的形状, 由以上沉淀池和絮凝池的设计尺寸可以确定中间池的尺寸为 $2.5\text{ m}\times 1.5\text{ m}$.

2.7 反冲洗设计

反冲洗用水量按水洗强度最大时计算. 单独水洗时反冲洗强度最大. 反冲洗水由反冲洗配水干管输送到气水分配管, 由气水分配管底侧的布水方孔配水到滤池底部分水区, 反冲洗水通过配水方孔的流速按反冲洗配水支管的流速取值.

2.8 辅助装置选择

2.8.1 管道混合器的选择

混合设备的设计应根据所用的混凝剂品种, 使药剂与水进行恰当的急剧、充分地混合. 一般混合时间为 $10\sim 30\text{ s}$. 混合方式基本分为两大类, 水力混合和机械混合. 水力混合简单, 但不能适应流量地变化; 机械混合可以进行调节, 能适应各种流量地变化. 具体采用何种混合方式, 应根据处理工艺布置、水质、水量、投加药剂品种及数量以及维修条件等因素确定.

2.8.2 在线浊度仪选择

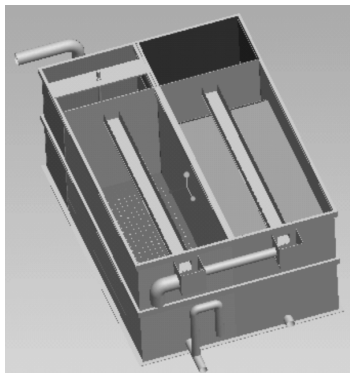


图 7 设备设计图

由于深度处理的水需要回用, 因此对水质要求较高. 在水处理的同时需要对水质实行实时检测, 与要求的处理标准做比较, 反馈比较量, 控制絮凝剂的添加量和污水的输入量, 从而达到比较稳定的处理效果.

设计中采用在线浊度仪, 安装在一体化处理设备的出水管道中, 实时监控排出的水的质量. 由于采用两台一体化处理设备, 因此选用两套在线浊度仪.

2.8.3 消毒设备选择

经一体化处理设备处理后的水, 需经过消毒处理才能排放到清水池中, 从而实现回用. 消毒部分包括二氧化氯发生器、盐酸储存罐、氯酸钠存储间、化料器等设备.

2.8.4 一体化处理设备扶手及梯子设计

为使设备的设计更加符合人机工程学, 方便操作人员管理设备, 利用碳钢制造出扶手, 同时考虑到设备比较高, 需要设备梯子.

将絮凝池、中间池、沉淀池和过滤池集成, 总体布局成矩形. 污水一体化处理设备设计图如图 8 所示.

3 结束语

(1) 采用絮凝—沉淀—过滤处理工艺相结合的方案, 对工业污水进行深度处理, 实际运行表明, 处理工

艺比较合理,能够达到污水排放以及回用的标准.

(2)根据污水水质的不同,本研究在一体化处理设备中集成了新的生物处理模块——氧化沟模块,从而使一体化处理设备具有更大的柔性,不仅可用于处理工业污水,也可以用于对中小型河流水进行净化处理.

参 考 文 献

[1] Pristine. Aquarius Bulk Water Treatment Components[EB/OL]. <http://www.pristine.ca/aquarius.html>,2004-06-20.
[2] Prominent. Productions[EB/OL] <http://www.prominent.com.cn>, 2004-09-06.
[3] 张秋跃,任 伟.生活小区污水处理设备的开发与应用[J]. 环境保护,2004,5:35-38.
[4] Otero M, Calvo L F, Estrada B, *et al.* Thermogravimetry as a technique for establishing the stabilization progress of sludge from wastewater treatment plants[J]. Themochimica Acta, 2002 , 389(1-2):121-132.
[5] Jiang J Q , Lloyd B. Progress in the development and use of ferrate(VI) salt as an oxidant and flocculant for water and wastewater treatment[J]. Water Research, 2002,36:1 397-1 408.
[6] 胡明忠,王小雨,郭红军,等. FLY-1 型一体化净水设备的工艺特点[J]. 中国给水排水,2003,19(6):62-63.
[7] 冯亚兵. 一体化净水装置试验研究[D]. 重庆:重庆大学硕士学位论文,2004.

RESEARCH ON THE INTERGRATED EQUIPMENT FOR
WASTEWATER TREATMENT

CAI Su-ning¹, DONG Ji-xian², TAN Shu-mei³

(1. Institute of Mechanical Engineering, Shannxi Poletechnic Institute, Xianyang 712000, China; 2. School of Mechanical and Electrical Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China; 3. Baoji Petroleum Steel Pipe Co. ,Ltd, Baoji 721008, China)

Abstract:Comparing with some kinds of treatment process, analyzing several integrated equipment in China and abroad, and in order to meet with the enterprise's needs, it is pointed out in the thesis that the integrated equipment for wastewater which integrates the flocculation, deposition and filtration, has a few advantages such as less investment, less room occupied, more efficiently treatment and less complexity on operation.

Key words: disposal process; new and efficient; integrated equipment for wastewater treatment

(上接第 50 页)

STUDY ON TREATMENT OF THE COKING PLANT WASTEWATER
BY SUPERCRITICAL WATER OXIDATION PROCESS

DU Lin, WANG Zeng-zhang

(School of Environmental Science and Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: The paper describes the source and composition of the coking plant wastewater, the basic principles, characteristics and technological process of supercritical water oxidation. Experimental device by using supercritical water oxidation was established, the maximum treatment flow rate is 1 L/h. Investigated the treatment effect of COD, NH₃-N, CN, SCN in coking plant wastewater, and the problems and difficulties in experiment was pointed out.

Key words: the coking plant wastewater; supercritical water oxidation(SCWO); experimental facility

大功率白光 LED 发光效率及电流特性的研究

毕长栋, 张方辉, 靳宝安, 柯昀洁
(陕西科技大学电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要: 通过控制大功率白光 LED 荧光粉的点粉量来检测大功率白光 LED 的发光效率, 同时讨论了不同电流对 LED 光效的影响. 本实验中 LED 白光的产生是通过蓝光 LED 芯片加黄光荧光粉 YAG 实现的, 因而点荧光粉过程中点荧光粉量的改变直接影响了出射光的色坐标, 即白光的纯度. 实验结果表明, 点荧光粉的量在一定范围内可以与蓝光 LED 芯片发出纯度较高的白光; 同一个 LED 驱动电流的改变会引起发光效率的变化; 不同的电流区域其线性关系也不相同, 电流较小的区域对应的发光强度的线性关系较好

关键词: 荧光粉; 大功率白光 LED; 发光效率

中图法分类号: TM923.34 **文献标识码:** A

0 引 言

从白炽灯、荧光灯到目前的半导体照明, 即发射白光的发光二极管——白光 LED(light emitting diodes, LED)^[1], 作为新一代节能光源自其诞生之日起就受到了广泛的关注, 相比于传统光源它具有体积小、效率高、寿命长、环保、节能等优点^[2,3]. 近年来大功率白光 LED 迅速发展, 将有望取代白炽灯和荧光灯, 成为下一代理想的固体照明光源. 白光 LED 的基本思路之一是以近紫外或蓝光 LED 为芯片, 结合合适的荧光转换发光材料来实现白光输出. 目前生产大功率白光 LED 通用的方式之一是蓝光芯片外涂荧光粉的组合方式, 但是这种 LED 器件的发光颜色受驱动电流和荧光粉涂层厚度的影响较大. 由于人眼对 350~410 nm 波段不敏感, 这类白光 LED 的颜色只由荧光粉决定, 因此是一种很好的白光 LED 实现途径^[4]. 目前, 大功率白光 LED 发光效率已经超过了 100 lm/W, 大大领先于传统照明光源^[5]. 同时国家半导体照明工程的启动, 不仅拓展了 LED 的应用领域, 还使我国 LED 产业的薄膜生长、芯片及封装进入了快速发展的新阶段, 但相较而言, 衬底材料的发展则比较缓慢^[6]. 本文以 1 W 大功率白光 LED 为研究对象, 通过改变荧光粉的点粉量, 对大功率白光 LED 的发光效率进行了研究, 发现荧光粉点粉量对大功率白光 LED 的光效有重要影响, 在一定范围内可使大功率白光 LED 光效较大, 白光的纯度较好.

1 实验

实验中通过对蓝光 InGaN-LED 芯片加黄光荧光粉 YAG 使大功率白光 LED 发光^[7-9], 因而点粉过程中点荧光粉的量将直接影响出射光的色坐标, 即白光的纯度. 荧光粉的选择应该与芯片匹配, 以产生最高效、最纯正的白光为原则. 本实验通过对 LED 芯片进行光谱测试, 测得其峰值波长均为 450 nm 左右, 按其波峰处波长选择相匹配的荧光粉 YAG. 对于大功率 LED 而言, 为得到较好的出光效率, 采用硅胶来调和荧光粉, 本实验采用胶与荧光粉的比例为 30 : 1, 此种比例光的出光性较好, 可以得到颜色较纯正的大功率白光 LED. 点粉时, 为了精确控制荧光粉的点粉量, 使用电子天平称其质量来逐渐增加并记录每次的

* 收稿日期:2010-12-09

作者简介:毕长栋(1986—),男,辽宁省大连市人,在读硕士生,研究方向:平板显示

基金项目:国家自然科学基金项目(61076066),陕西省教育厅专项科研项目(07JK191),陕西省 13115 显示器工程中心建设项目(20072DGC-07),浙江省温州市科技计划项目(H20080004),陕西科技大学博士基金项目(BJ09-07)

数据. 通过对 5 个样品所点荧光粉的量的不同, 寻找可使本实验中蓝光 LED 芯片得到较高纯度的白光 LED 的点粉量, 并观察其光谱变化; 同时对第六个样品进行 3 次点粉, 观察同一芯片, 点粉量的改变是否对其光谱特性有较大的影响.

2 分析与讨论

2.1 芯片一致性的测试

实验中所用芯片为 1 W 蓝光 LED 芯片, 由于芯片本身会存在着一定程度上的差异, 故选取了 10 个芯片进行恒流驱动测试, 并对其发光效率进行比较, 分析其一致性. 对于大功率 LED, 当通过大电流时产生较多热量使 LED 温度升高从而使器件损坏. 采用恒流驱动时, 其正向压降会随着温度的升高而下降; 而若采用恒压方式驱动, 则电流会随着温度的升高大幅度上升, 致使 LED 的温度进一步升高, 大大降低 LED 的发光效率, 缩短了 LED 的寿命. 实验中, 为得到较好的实验效果, 采用 250 mA 的电流进行测试, 得到其发光效率分布图如图 1 所示. 通过发光效率示意图可知, 10 个芯片的平均发光效率为 3.891 lm/W, 各芯片的发光效率间存在较大的差异, 最大的光效为 5.51 lm/W, 而最小的光效仅为 2.15 lm/W, 各芯片的发光效率在其平均值附近有较大的浮动, 个体差异性较大.

表 1 5 个 LED 实际点荧光粉量

样品编号	点粉量/g
LED1	0.001 7
LED2	0.001 9
LED3	0.003
LED4	0.002 6
LED5	0.001 8

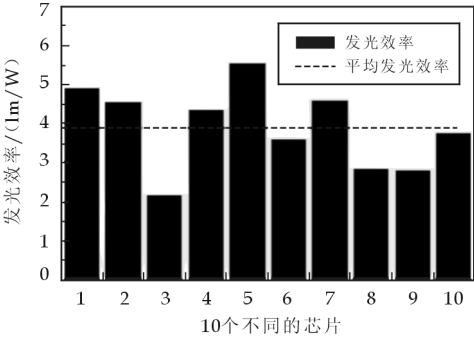


图 1 芯片的发光效率分布图

2.2 不同芯片的点荧光粉量对发光效率的影响

实验中首先挑选 5 个发光效率较相近的芯片进行点荧光粉测试, 在点荧光粉前用电子天平进行称重, 记录下此时的质量, 点荧光粉后再次称重, 并记录, 从而精确计算出每个芯片的实际点荧光粉量, 如表 1 所示.

在 250 mA 的恒流电流驱动下, 测得各芯片的相对光谱曲线图如图 2 所示. 从图中可以看出, LED3、LED4 样品的黄光峰值已超过归一化的蓝光峰值, 且 LED3 较 LED4 超出更多. 对比表 1 可知, LED3、LED4 的点粉量相比其它 3 个 LED 均偏大, 其余 3 个 LED 的相对光谱图的黄光峰值均低于蓝光峰值, 且黄光峰值由高到低依次为 LED5、LED2、LED1. 此外, 点粉量相近的 3 个 LED 依次为 LED2、LED5、LED1, 与光谱图中黄光峰值的高低排序略有差异, 其原因可能是由于 LED 芯片自身的蓝光发光效率不同, 因而对荧光粉的激发效率也存在一定差异. 点粉量越大, 其对应的黄光峰值越高, 且点粉量在某一范围内时, 黄光峰值虽然随点粉量增大而增高, 但依然位于蓝光峰值之下; 若点粉量超过某一范围时, 会出现黄光峰值高于蓝光峰值, 使出射光偏离白光区域, 到达黄光区域. 若想混合出较纯正的白光, 荧光粉的点粉量应该适当, 使蓝光峰值一定范围内高于黄光峰值.

2.3 同一芯片多次点荧光粉对发光效率的影响

为准确考查点粉前后对于 LED 发光效率的影响, 对 LED6 实行逐次点粉, 逐次测试, 检验点荧光粉量的改变对同一 LED 芯片发光效率的影响. 实验中共先后对其进行 3 次点荧光粉, 每次质量及对光效等发光性能的影响如表 2 所示.

表 2 3 次点粉对 LED 发光效率的影响

点粉次数	单次点粉量/g	光通量/lm	光效/(lm/W)
未点粉	0	5.022 3	6.22
第一次	0.001 1	28.986	35.48
第二次	0.000 7	34.892	42.35
第三次	0.005 8	40.193	48.86

从表中可以看出, 未点粉时, 芯片发光为纯蓝色, 由于芯片与空气折射率差异较大, 导致内部临界角较小, 使发光层的光大部分在内部被全反射掉, 因而光通量、光效都很低; 当点荧光粉量的增加时, 使蓝光芯片与空气间的临界角增大, 减少了发光层出光的全反射, 从而使 LED 的光效得到显著提高, 并使出射光为蓝光芯片与黄色荧光粉的混色光; 随着荧光粉的量继续增多, 芯片激发荧光粉的黄光也不断增多, 色坐标

由蓝光区域逐步向白光区域移动,发光效率逐渐提高.但由于第三次加入荧光粉量偏多,虽然 LED 的发光效率得到了明显的提高,但经蓝光芯片激发黄色荧光粉产生的出射光的色坐标已接近黄光区域.

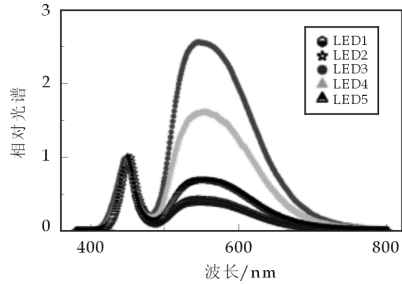


图 2 5 个 LED 点粉后的相对光谱

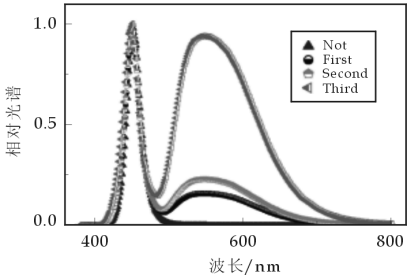


图 3 同一芯片 3 次点粉的发光效率图

图 3 为芯片未点粉及 3 次点荧光粉后的发光效率图,从图中可以看出,未点黄色荧光粉时,芯片光谱图为单峰,纯蓝光出射;第一次加入荧光粉后,在蓝光峰后出现一个黄光峰,但由于加入的荧光粉量较少,故黄光峰很低,相对于蓝光峰而言低于蓝光峰的 1/5 高度;第二次加入荧光粉后,黄光峰较第一次有所提高,但相比蓝光峰而言仍然较低;第三次加入荧光粉后,黄光峰大幅度提高,已接近蓝光峰,致使色坐标偏离白光区域,接近黄光区域,使出射光偏黄光.因此,荧光粉的加入量应全面考虑发光效率、色坐标等特性,适量加入,以便在提高光发光效率的同时得到纯度较高的白光.

2.4 不同驱动电流对 LED 发光强度的影响

表 3 驱动电流对色坐标的影响

电流/mA	色度坐标	
	<i>x</i>	<i>y</i>
50	0.324 0	0.360 5
100	0.322 7	0.356 9
150	0.321 7	0.354 2
200	0.320 8	0.352 1
250	0.320 2	0.350 2
300	0.319 6	0.348 9
350	0.319 4	0.347 6

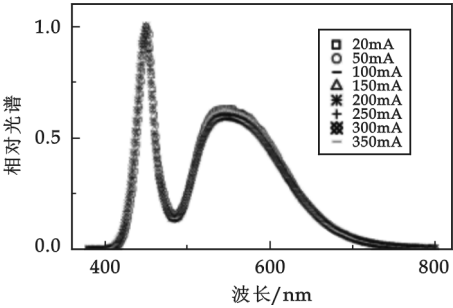


图 4 不同驱动电流下的光谱图

本实验中选取 LED5 作为测试对象,改变驱动电流观察其光谱、色坐标、光通量及发光强度等性能参数的变化.驱动电流变化范围为 20~350 mA,得到的相对光谱如图 4 所示.

从图 4 中可以看到,不同驱动电流对 LED 的相对光谱几乎不产生影响.选取 50~350 mA 间每间隔 50 mA 进行 LED 光通量及光效测试,可得图 5.随着驱动电流的增大,光通量增大,其变化曲线呈现线性关系.当电流继续增大,虽然发出的光子增多,但芯片产生的热量无法及时释放,从而对芯片造成影响,使光通量下降;同时,随着驱动电流的增大,LED 的发光效率在逐渐下降.

驱动电流对于其色坐标的影响如表 3 所示.从表 3 可以看出,随着驱动电流的增大,其色坐标 *x*, *y* 值均减小,但变化幅度不大,说明驱动电流对大功率 LED 的色度影响较小.

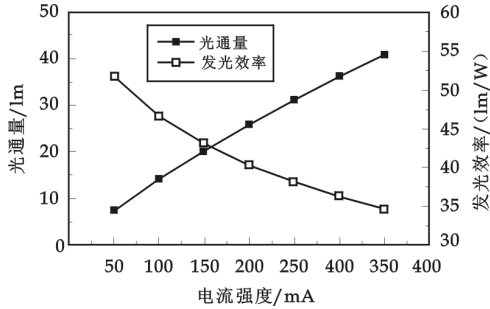


图 5 驱动电流对光通量、光效的影响

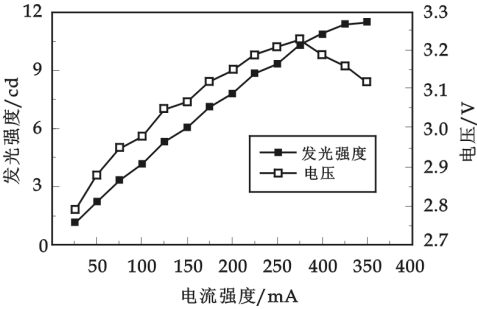


图 6 驱动电流与电压、发光强度的关系

在电流驱动测试LED光强时,作出电压、光强与电流的变化关系如图6所示。从图中可以看出,随着电流的增大,发光强度与电压均在逐渐增大,当电流达到250 mA左右时,继续增大电流,发光强度较缓增加,电压开始迅速下降。因此在一定范围内的驱动电流能较好的增大发光强度,当超出这一范围时则会对LED芯片造成损伤,影响性能。

3 结束语

本文对实验中所使用的1 W蓝光LED芯片进行了一致性测试,通过比较光效可以看到蓝光芯片存在较大的个体差异,一致性较差,故本次实验选择光效较接近450 nm蓝光峰值的芯片。

通过对5个不同芯片的荧光粉相近点粉量和同一芯片的3次不同荧光粉点粉量的比较可以得出:荧光粉的点粉量应控制在一定范围内,本实验为0.001 6~0.002 0 g,使得激发出的黄绿光与芯片自身的蓝光比例适当,混合得出发光效率较高、纯度较好的白光。超过这一范围后,荧光粉量过多会使黄光光峰高于蓝光光峰,此时出射光会为偏向黄光;荧光粉量过少,黄光光峰过低,激发出的黄绿光较少,出射光会呈现偏蓝色。

实验中通过对同一个样品加不同驱动电流,发现在不同驱动电流下对光谱、色坐标的影响不明显,但对发光强度等参数影响较大。随着电流的增大,发光强度、光通量增大,光效下降,电压出现先增大后减小的趋势。

参考文献

- [1] 夏志国,杜海燕,孙家跃,等. 白光LED用 $\text{MSrAl}_3\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ ($M=\text{Y,La,Gd}$)绿色发光材料合成及其光学性能[J]. 功能材料,2009, 9(40):1 432-1 435.
- [2] 陈海燕,赵光华,赵福利. 大功率白光LED的结温与发光光谱特性研究[J]. 中山大学学报,2009,48(3):37-40.
- [3] 张凯,刘河洲,胡文彬. 白光LED用荧光粉的研究进展[J]. 材料导报,2005,19(9):50-53.
- [4] 王志军,李盼来,王颖,等. 白光LED用 $\text{LiBaBO}_3:\text{Eu}^{2+}$ 材料发光特性研究[J]. 物理学报,2009,58(2):1 257-1 260.
- [5] 周长波,钱可元,罗毅. 准确测量大功率LED热阻的新方法[J]. 半导体光电,2009,30(1):43-46.
- [6] 张克华,文东辉,袁巨龙. 高亮度LED衬底材料研究[J]. 功能材料,2009,5(40):709-716.
- [7] Woo-Seuk Song, Yong-Seog Kim, Heesun Yang. Yellow-emitting phosphor of $\text{Sr}_3\text{B}_2\text{O}_6:\text{Eu}^{2+}$ for application to white light-emitting diodes[J]. Materials Chemistry and Physics, 2009, 117:500-503.
- [8] ZHANG Yan-fang, LI Lan, ZHANG Xiao-son, *et al.*. Temperature effects on photoluminescence of $\text{YAG}:\text{Ce}^{3+}$ phosphor and performance in white light-emitting diodes[J]. Journal of Rare Earths, 2008, 26(3): 446-449.
- [9] LI Panlai, WANG Zhijun, YANG Zhiping, *et al.*. Preparation and luminescence characteristics of $\text{Sr}_3\text{SiO}_5:\text{Eu}^{3+}$ Phosphor FOR White LEDs[J]. Journal of The Chinese Ceramic Society, 2009, 37(3):462-464.

LUMINOUS EFFICIENCY ABOUT AMOUNT OF PHOSPHOR ON THE HIGH-POWER WHITE LED

BI Chang-dong, ZHANG Fang-hui, JIN Bao-an, KE Yun-jie

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

Abstract: Through control the amount of the high-power white LED phosphor to detect high-power white LED luminous efficiency. At the same time, discuss the different currents on the light efficiency of LED. This paper in order to get white LED, put yellow phosphor YAG chip on blue LED. So change the amount of phosphor will affect the color coordinates of light emitted. According to the results can get the conclusion that the amount of phosphor in a certain range will make the blue LED chips get high purity white.

Key words: phosphor; high-power white LED; luminous efficiency

850 kW 风力发电机轮毂有限元分析

郑甲红, 李 敏

(陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021)

摘要:采用三维绘图软件对轮毂结构进行了简化,并利用大型有限元软件 ANSYS 对轮毂结构进行了仿真计算,不仅得到了其较为准确的应力应变分布,发现了其应力集中部位所在,而且还可以很方便地对结构进行减重修形.通过分析轮毂各不同质点的应力以及载荷与约束条件,验证其满足强度条件.

关键词: 轮毂; ANSYS Solidworks; 强度条件

中图法分类号: TH114

文献标识码: A

0 引言

现代风力发电机组是集空气动力学、机械工程、计算机控制技术等多学科技术于一身的高科技技术产品,设计如此复杂的系统需要完善的分析技术来支持.风电机组运行在随机变化的自然环境中,受力情况非常复杂.由于风电组的大型化,结构的变形也更加显著,因此风电机组主要部件的静力学问题和动力学问题更加突出.轮毂是风力发电机中连接主轴和叶片的关键部件,承担抵抗风载、传递转矩的作用,体积较大,安装不便,为了提高轮毂的安全性和可靠性,必须保证轮毂在承受静载荷和高应力的情况下具有可靠的强度、刚度、抗疲劳破坏的能力和足够的疲劳寿命,因此对轮毂进行精确地强度分析尤为重要.

本文应用 ANSYS 有限元分析软件对风力发电机的轮毂进行了强度分析,详细探讨了疲劳仿真分析的技术和过程.从仿真分析计算的等效应力云图以及整体变形图中,可以直观地判断出该轮毂的危险区域,为轮毂设计提供有效依据,解决很多实际工程需要解决而理论分析又无法解决的复杂问题.

1 轮毂三维建模



图 1 轮毂模型

根据轮毂的外形特征,在 Solidworks 环境中创建轮毂模型.首先创建轮毂与叶片的接触面,使用拉伸工具,然后是整个球外形的创建,采用旋转命令,旋转轴的创建要正确.轮毂与主轴法兰的连接孔也通过相同的旋转切除工具创建,最后的螺栓孔、倒角等细节可通过阵列和其他实体造型工具完成.轮毂最终的三维模型如图 1 所示.

2 轮毂有限元分析

2.1 有限元模型建立

本文的轮毂模型是通过 SOLID-WORKS 软件导入到 ANSYS 中的.对轮毂模型采用 SOLID-95 单元划分,定义材料属性及导入模型后对实体模型进行网格划分,以生成

* 收稿日期:2011-01-19

作者简介:郑甲红(1963—),男,陕西省武功县人,教授,硕士,研究方向:机械传动系统、机械设计理论及应用
基金项目:陕西省自然科学基金项目(编号:2010JM7017),陕西省教育厅项目(编号:2010JK418)

有限元模型,这里充分利用 ANSYS 提供的功能强大的智能网格划分器对实体模型进行划分.由于网格划分对计算结果有一定的影响,过于密集的网格计算对计算机性能要求高,且耗时过多,这里采用的精度等级为 10 级,可以更快地获得计算结果.轮毂有限元网格划分结果如图 2 所示.

由于轮毂是一个连接件,其强度分析与其连接的零件有很大关系.在对轮毂进行有限元建模时,把轴承和主轴考虑进来,负责加载载荷和约束条件,与轮毂通过螺栓联接.轮毂与主轴相连,为了反映真实的受力状态,并且简化模型,直接将其假设为固定接触,即在全局坐标系下约束轮毂和主轴联接端面节点的 x 、 y 、 z 方向平动自由度.约束施加完成后如图 3 所示.

2.2 轮毂的载荷

轮毂的载荷如表 1 所示.

关于轮毂的载荷加载,可以在轮毂与叶片连接面的中心建立质点,将叶片重力及力矩施加到质点上,最后在质点与轮毂和叶片连接面建立刚性约束.

接下来是对质点模型进行网格划分,以生成有限元模型.在点对象属性分配对话框中,将编号为 1 的单元和材料号为 1 的单元付给实体模型,设置智能网格划分水平后就可对其进行网格划分.网格划分完成后,对该质点加载,定义分析类型→载荷施加,最后在质点与轮毂和叶片连接面建立刚性约束.



图 2 轮毂有限元模型 图 3 自由度约束

表 1 轮毂载荷表

叶片总重/N	叶片力矩/N·m	轴向风载荷/N	轴向陀螺力/N
90 000	198 000	56 000	155 000

2.3 计算结果

在上述载荷及约束条件下,轮毂的等效应力云图见图 4,总变形图见图 5.



图 4 等效应力云图

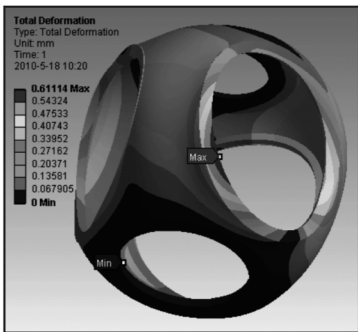


图 5 总变形图

从图中可以看出轮毂与叶片连接区域和轮毂与主轴连接区域应力较大,但最大应力出现在轮毂与主轴连接螺栓处,在这种极限载荷下的最大等效应力 $\sigma_{\max}=53.64\text{ MPa}$,轮毂的抗拉强度为 400 MPa , $\sigma_{\max}<400\text{ MPa}$, 因此轮毂设计满足强度要求.

3 结束语

用 ANSYS 有限元分析软件,在合理简化模型、正确加载与约束下,可以快速和深入地对复杂结构进行分析,提高了计算精度和效率,计算结果形象直观.根据分析结果可以进行结构调整,并且对结构优化设计起到极其重要的作用.

本文采用 ANSYS 有限元分析软件,对风力机的轮毂进行了强度分析.通过分析计算,从图 4 可以看出,轮毂的最大应力点出现在轮毂与主轴连接螺栓处,其主要原因是由于作用在该螺栓连接处的重量较大引起的.建议在此处可适当地加厚加强肋板,以提高底座的安全系数.

(下转第 65 页)

基于 MATLAB 的直列四缸发动机平衡分析及平衡机构设计系统的开发

蔡国轩, 王 彪

(中北大学机械工程与自动化学院, 山西 太原 030051)

摘 要: 针对直列四缸发动机存在的振动问题, 建立了其平衡分析及平衡机构设计系统. 首先应用 MATLAB 软件编程对直列四缸发动机进行平衡分析及平衡机构设计, 然后利用 MATLAB 的 GUI 模块建立人机交互界面. 用户只需通过人机交互界面输入发动机的主要参数, 然后点击相关按钮即可得到分析和设计结果. 该系统对于直列四缸发动机有一定通用性, 并且人机交互界面的建立使得分析和设计过程更加人性化.

关键词: 发动机; 平衡分析; 平衡机构设计; MATLAB; GUI

中图法分类号: TH112

文献标识码: A

0 前 言

发动机的振动与噪声问题一直是影响发动机和车辆性能的一个主要因素. 由于内部不平衡质量的周期运动, 发动机在运行过程中将会产生较大的振动. 发动机的振动不仅会影响发动机的性能, 降低发动机的使用寿命, 而且这种振动也将传递到正在工作的机器上, 影响到相关仪器、仪表的正常工作, 增加零件的磨损, 缩短零件甚至机器的寿命. 对于车辆, 振动问题还会严重影响车辆乘坐的舒适性, 同时振动还会引起噪声, 造成噪声污染^[1], 因此发动机的振动问题是发动机生产厂家必须要解决的一个工程问题. 对发动机进行平衡机构设计, 应用平衡机构平衡掉发动机运行过程中的不平衡力(矩)是从根本上降低发动机振动的一个有效措施^[2].

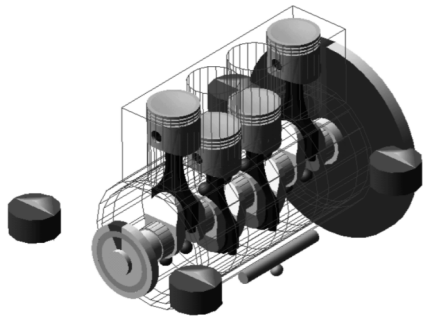


图 1 直列四缸发动机模型

直列四缸发动机是目前应用较多的一种发动机, 该机在运行过程中会产生较大的二阶往复惯性力和倾覆力矩^[3], 这些不平衡力和力矩的存在会引起发动机的剧烈振动, 因此必须对其进行平衡分析及平衡机构设计. 本文以直列四缸发动机为例, 基于 MATLAB 软件编程实现了该类发动机的平衡分析及平衡机构设计, 同时基于 MATLAB 强大的人机交互模块——GUI 模块, 创建了发动机平衡分析及平衡机构设计的用户交互界面, 使得整个分析和设计过程更加人性化、直观化.

1 直列四缸发动机平衡分析

图 1 为本文研究的直列四缸发动机, 该发动机是 4 冲程发动机, 发火顺序是 1—3—4—2, 该发动机在运行过程中会产生较大的二阶往复惯性力和倾覆力矩, 二

* 收稿日期: 2010-12-26

作者简介: 蔡国轩(1979—), 男, 山西省运城市人, 讲师, 在读硕士生, 研究方向: 机械设计及自动化

阶往复惯性力的存在会使发动机产生沿气缸中心线方向上的剧烈振动,倾覆力矩的存在会使发动机产生绕曲轴中心方向的倾覆振动。

1.1 直列四缸发动机平衡分析

图2~图4分别为直列四缸发动机的一阶往复惯性力、二阶往复惯性力、旋转惯性力在某一时刻的受力分析图。由于在发动机整个运行过程中发动机各缸所受力的相对大小、方向是不变的,因此某个时刻发动机的受力分析结果是可以说明在整个运行过程中发动机的受力情况的。由图2可知,各缸一阶往复惯性力总是相互抵销,合力为零,其合力矩也为零。由图3可知,各缸二阶往复惯性力时刻等大同向,合力为各缸二阶往复惯性力的和,同时二阶往复惯性力的合力矩仍为零。由图4可知,各缸旋转惯性力总是相互抵销,合力为零,其合力矩也为零。

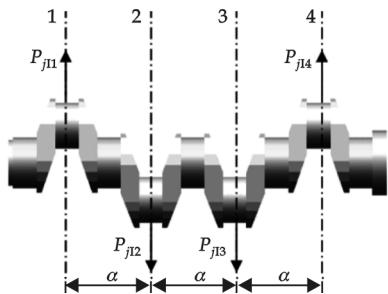


图2 直列四缸发动机一阶往复惯性力分析图

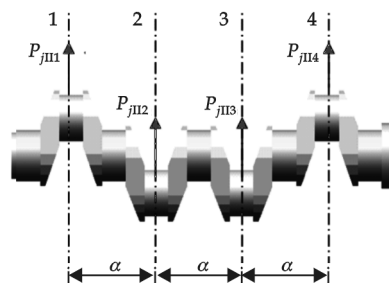


图3 直列四缸发动机二阶往复惯性力分析图

发动机的倾覆力矩是由活塞对机体的侧压力向曲轴中心简化所产生的力矩,即

$$M_f = N(r \cos \alpha + l \cos \beta) \quad (1)$$

经过整理得到:

$$\begin{aligned} M_f &= (P_g + P_j) \sin \beta (\cos \alpha + \cos \beta / \lambda) r / \cos \beta \\ &= (P_g + P_j) (\sin \beta \cos \alpha + \sin \alpha \cos \beta) r / \cos \beta \\ &= (P_g + P_j) \sin(\alpha + \beta) r / \cos \beta \end{aligned} \quad (2)$$

由公式(2)可知,倾覆力矩与气体压力 P_g 、往复惯性力 P_j 、曲柄半径 r 以及系数 $\sin(\alpha + \beta) / \cos \beta$ 有关。其曲线形式比较复杂,一般不会自平衡,需安装平衡机构进行平衡。

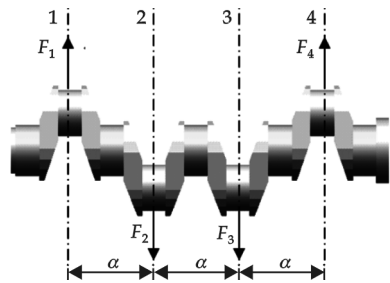


图4 直列四缸发动机旋转惯性力分析图

2 MATLAB 编程思路

2.1 平衡分析

本部分将通过 MATLAB 编程实现直列四缸发动机的平衡分析及平衡机构设计,由于直列四缸发动机只存在较大的二阶往复惯性力和倾覆力矩,因此编程时不考虑其他力或力矩。

首先,对于二阶往复惯性力,根据公式(3)可以直接用 MATLAB 编程即可实现:

$$P_{j\parallel} = P_{j\parallel 1} + P_{j\parallel 2} + P_{j\parallel 3} + P_{j\parallel 4} \quad (3)$$

公式(3)中 1、2、3、4 代表气缸序号。

这里重点研究倾覆力矩。虽然倾覆力矩曲线比较复杂,但发动机整机的倾覆力矩是周期性变化的,它的一个周期为 180° ^[4],这样在分析直列四缸发动机的倾覆力矩时只需计算 $0^\circ \sim 180^\circ$ 曲轴转角范围内的倾覆力矩即可。

再进行进一步分析, $0^\circ \sim 180^\circ$ 曲轴转角范围内的总倾覆力矩为在此转角范围内各缸倾覆力矩的总和,即:

$$\begin{aligned} M_f &= M_{f1} + M_{f2} + M_{f3} + M_{f4} = (P_{g1} + P_{j1}) \sin(\alpha + \beta) r / \cos \beta + (P_{g2} + P_{j2}) \sin(\alpha + \beta) r / \cos \beta \\ &\quad + (P_{g3} + P_{j3}) \sin(\alpha + \beta) r / \cos \beta + (P_{g4} + P_{j4}) \sin(\alpha + \beta) r / \cos \beta \end{aligned} \quad (4)$$

公式(4)中 1、2、3、4 表示气缸序号,这样输入公式中的相关参数应用 MATLAB 进行编程即可得到发动机的整机倾覆力矩曲线。

2.2 平衡机构设计

由于二阶往复惯性力曲线是余弦形式曲线,而平衡轴所产生的附加力也是余弦形式的,因此只要适当调整平衡轴的偏心质量、偏心半径、初始安装角等参数即可实现二阶往复惯性力的完全平衡。

由于倾覆力矩的曲线是不规则的曲线,而平衡轴所产生的附加力矩是规则的正弦或余弦形式的曲线,因此平衡轴机构只能平衡掉部分倾覆力矩。为了达到最优的平衡效果需要找到一条正弦或余弦曲线(目标曲线)使得这条曲线与倾覆力矩曲线合成的新曲线的峰谷值(最大值与最小值之差)最小,即曲线的波动最小,这样才能达到最大程度减小振动的目的,因此这里编程的思路就是通过计算找到这条目标曲线。

在找到目标曲线之后,围绕目标曲线设计、安装平衡轴即可实现完全平衡二阶往复惯性力和最大程度平衡倾覆力矩的目的。

3 人机交互界面的建立

MATLAB 软件不仅拥有强大的工程计算能力,其 GUI 模块还具有强大的用户界面开发功能,与 VisualC++ 相比,MATLAB GUI 模块具有学习起点低、易学易懂、开发周期短的优点,设计出来的界面完全可以与 VisualC++ 编写的界面媲美^[5]。

图 5 为进入系统时的界面,点击确定进入系统,然后根据实际情况输入发动机的主要参数。点击“点击进行平衡分析”按钮进入平衡分析过程,平衡分析完成后可以查看各力或力矩的平衡分析结果,图 6 为分析得到的倾覆力矩结果。

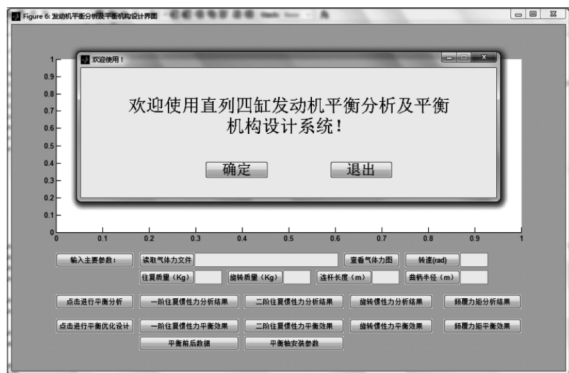


图 5 平衡分析及平衡机构设计系统进入界面

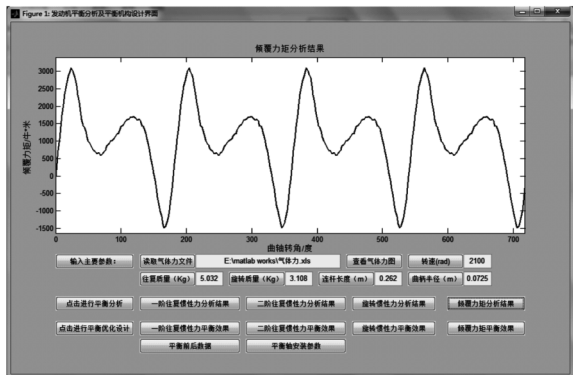


图 6 倾覆力矩分析结果

平衡分析完成之后点击“点击进行平衡优化设计”按钮进行平衡机构的优化计算,计算完成后点击相关按钮可以查看平衡结果,图 7 为平衡设计得到的倾覆力矩平衡效果图,也可以点击“平衡前后数据”查看平衡前后各

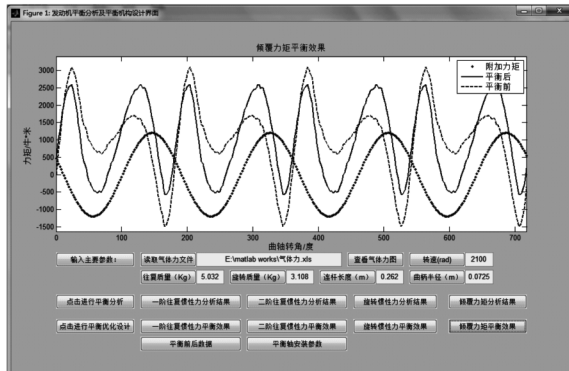


图 7 倾覆力矩平衡效果

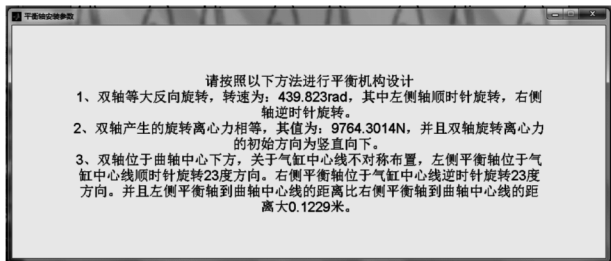


图 8 平衡轴设计、安装参数

力或力矩的值及其变化情况。点击“平衡轴安装参数”按钮即可弹出图 8 所示平衡轴的具体设计、安装参数,工程人员按照其中介绍的设计、安装参数进行平衡轴的设计、安装即可得到相应的平衡效果。

4 结束语

本文针对直列四缸发动机应用 MATLAB 软件编写了其平衡分析及平衡机构设计程序,该程序适用于常见直列四缸发动机。应用 MATLAB 的 GUI 模块建立起人机交互界面使得分析和设计过程更加人性化。

参 考 文 献

- [1] 杨寿藏,陈云彪.现代先进发动机技术——平衡和振动(2)[J].柴油机设计与制造,2003,(2):31-41.
- [2] 樊文欣.V 6 柴油机内部激励载荷抑制技术研究[J].中北大学学报(自然科学版),2007,28(3):202-207.
- [3] 张保成,樊文欣,孟祥伟.双轴平衡机构优化设计及工程实现[J].华北工学院学报,2005,26(3):171-173.
- [4] 陆际清,孟嗣宗.汽车发动机设计[M].北京:清华大学出版社,1990.
- [5] 罗华飞.MATLAB GUI 设计学习手记[M].北京:北京航空航天大学出版社,2009.

DEVELOPMENT OF BALANCE ANALYSIS AND BALANCE MECHANISM DESIGN SYSTEM FOR INLINE-FOUR-CYLINDER ENGINE BASED ON MATLAB

CAI Guo-xuan, WANG Biao

(School of Mechanical Engineering and Automation, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: Aiming at the vibration problem of the inline-four-cylinder engine, the balance analysis and balance mechanism design system is built. Firstly, the balance analysis and balance mechanism design is achieved using MATLAB software, then, the human-computer interface is founded using GUI model of the MATLAB software. Through the interface, users can input the main parameters of the engine, then the analysis and design results are obtained after clicking certain buttons. This system is universal to certain inline-four-cylinder engines, and the building of the interface make the analysis and design process more humanized.

Key words: engine; balance analysis; balance mechanism design; MATLAB; GUI

(上接第 61 页)

参 考 文 献

- [1] 谢 峰,沈维蕾,周必成.风力发电机机舱的静、动态特性有限元分析[J].制造业自动化,2006,25(9):4-6.
- [2] 许 岚,龚曙光,陈艳萍,等.基于有限元风机轮毂结构形状优化与模态分析[Z].湖南,2005.
- [3] 陈新厂.大功率风力发电机组轮毂的结构强度分析及优化设计[D].重庆:重庆大学硕士学位论文,2008.
- [4] 闫 梅,梁初华,王春耀,等.基于 ANSYS 的风能发电机底座的有限元分析[J].机械工程与自动化,2007,(2):68-70.
- [5] 姚兴佳,张晨晨,单光坤,等.基于 ANSYS 的风力发电机机舱底盘的强度分析[J].沈阳工业大学学报,2008,30(1):38-41.
- [6] 郑甲红,柳 毅,杜 翠.850 kW 风力发电机机舱底座的有限元分析[J].机械设计与制造,2009,(3):41-44.

ANALYSIS ON WHEEL HUB OF AERO-GENERATOR BASED ON ANSYS

ZHENG Jia-hong, LI Min

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

Abstract: Primarily through the design of three-dimensional mapping software on the wheel hub, then use of large-scale finite element software. To carry on the grid division in ANSYS to the wheel hub to analyze the wheel hub by difference points, then analyzing the press and grid, to check if it satisfy press requires.

Key words: wheel hub; ANSYS; Solidworks; press requires

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0066-03

基于 Moldflow 摄像头支架热流道注塑成型模拟

董学敏, 葛正浩, 张凯凯, 刘韦华
(陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要: 基于 Moldflow 设计并确定了摄像头支架模具的浇注系统和冷却系统,同时对支架的熔接痕、气孔和翘曲等缺陷进行了模拟分析,最终达到通过优化注塑参数减少制品缺陷的目的.研究表明,在模具制造之前对制件质量进行预测和优化,可大大缩短模具的制造周期,本文的结果具有一定的实际指导意义.

关键词: Moldflow; 摄像头支架; 成型模拟; 注塑; 热流道

中图法分类号: TG375+.4 **文献标识码:** A

0 前 言

目前,摄像头已被广泛运用于视频会议、远程医疗及实时监控等方面.随着计算机网络的普及,普通人也可以彼此通过摄像头在网络上进行有影像、有声音的交谈和沟通.摄像头支架大都由塑料注塑成型.传统的摄像头支架注塑模具的设计与制造需要经历反复的修模和试模,生产周期长、成本高.利用 Moldflow 不仅可以模拟整个注塑过程,而且可以在模具制造之前对塑料产品的设计、生产和质量进行优化,提高制件质量,降低模具的制造成本.

1 制件分析

球形摄像头内侧支架产品制件图如图 1 所示.制品为圆心角为 60°的环形制件,高度小于 18 mm,体积小,表面有 4 个不规则弧形孔,侧面有 4 个装配棱柱,外侧有 3 个凸起.塑料材料为 ABS,成型后要求外表面平整光滑,无明显熔接痕、缩孔、气泡等,且具有一定的使用强度.

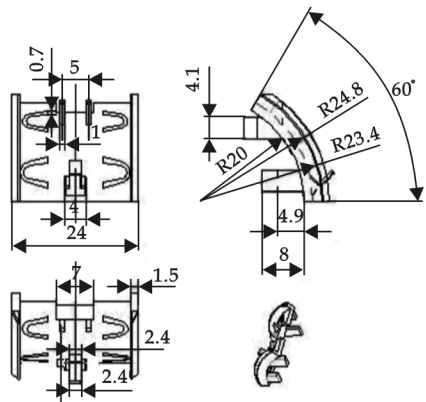


图 1 球形摄像头内侧支架制件图

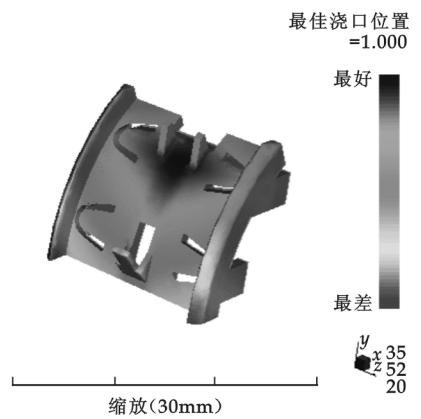


图 2 最佳浇口位置分析结果

* 收稿日期:2011-01-12
作者简介:董学敏(1987—),女,山西省临汾市人,在读硕士生,研究方向:材料加工工程

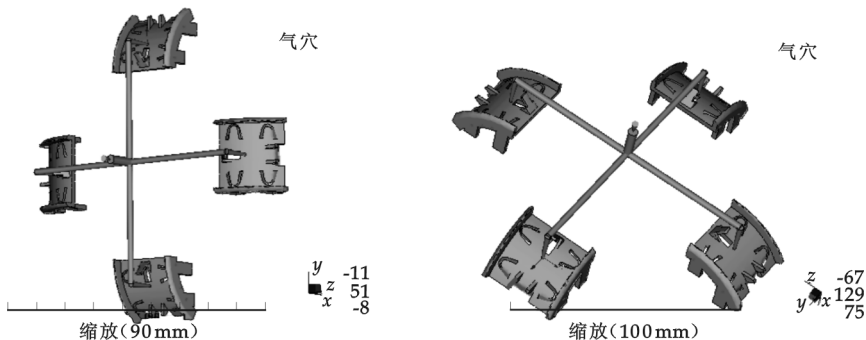
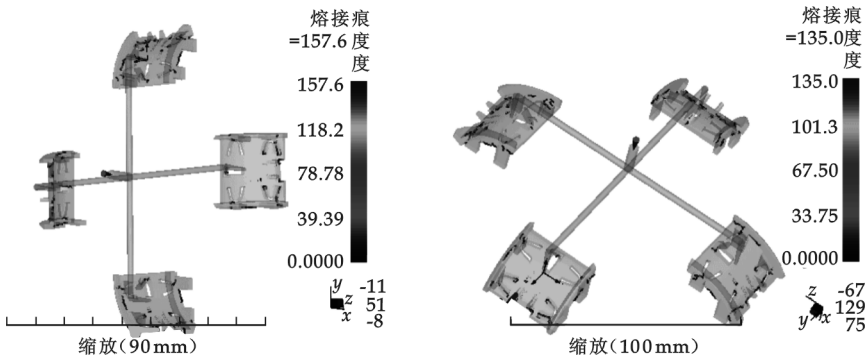
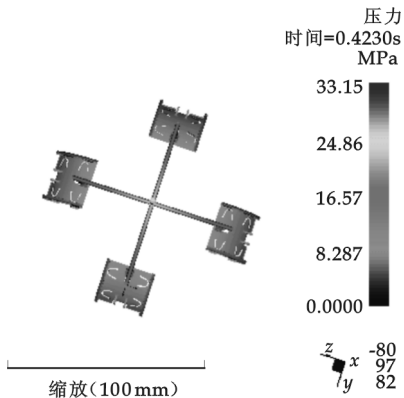
2 浇注系统分析

通过导入模型—划分网格—选择制造商 Monsanto Kasei, 牌号 0% Rubber 的 ABS—设置模具表面温度: 55 ℃, 料温: 220 ℃, 最大注射压力: 180 MPa—立即分析的步骤, 获得最佳浇口位置分析结果, 如图 2 所示. 实际浇口位置最好设置在图示最佳位置处(蓝色), 可以保证注塑过程熔体平衡的填充模腔^[1].

本设计采用一模四腔, 设置流道和浇口分别为热流道和热浇口, 可以节约原材料, 缩短成型周期, 同时提高制品质量^[2]. 采用最佳浇口位置分析时的工艺参数, 对制品进行填充分析, 由图 3 所示压力分析结果可知填充时间为 0.423 0 s, 最大注射压力为 33.15 MPa, 压力分布显示了充填结束时腔内及流道内的压力分布都在 8.287 附近, 压力分布均匀, 有利于得到优质制件.

熔接痕的产生不仅影响制品的外观, 同时造成应力集中, 从而使得该部分的强度降低而导致断裂. 由于该制件外表面有弧形孔和凸起, 因此在制件的局部还是存在厚度不均匀的现象, 这就决定了不可避免要产生熔接痕. 图 4 为优化前后熔接痕在塑件表面的分布情况, 图 5 为优化前后气穴在制件表面的分布图.

优化前, 制件内两股熔流的最大角度是 157.6°, 气孔数较多. 通过优化工艺参数, 设置注射时间为 1.5 s, 注射压力为 120 MPa, 保压控制为保压压力和时间, 分析得到优化后两股熔流的最大角度为 135°, 熔接痕主要出现在侧边和底部内表面弧形孔处, 对外观质量和侧面装配棱柱影响很小; 气穴经优化后侧面棱边处气穴明显减少, 外表面上仅两个平行凸起的顶部棱边存在气穴, 因此气体可以通过模具分型面的间隙排出或在模具的外沿开设排气槽, 从而可有效地避免因气穴形成的塑件表面瑕疵及焦痕等缺陷^[3]. 因此, 通过优化工艺参数后得到的制品熔接痕数量和气穴明显减少, 且其分布不影响制品外观.



此外, 选择图示浇口位置可以简化模具设计, 不仅省去了抽芯部分而由型芯和型腔直接成型, 同时又

可以保证注塑过程的熔体流动的平衡性.

3 冷却+流动+翘曲分析

本设计采用热流道系统,所以必须要设计冷却系统.在型芯板和型腔板分别设置冷却水道,用 Mold-flow 分析模具的冷却系统^[4],得到模具和制品的冷却效果如图 6 所示,模具温度范围为 25~35.17℃,制品的最高温度为 27.80~35.63℃.由于 ABS 的熔点是 170℃,因此此冷却方案完全可以保证制品的冷却和顺利脱模.

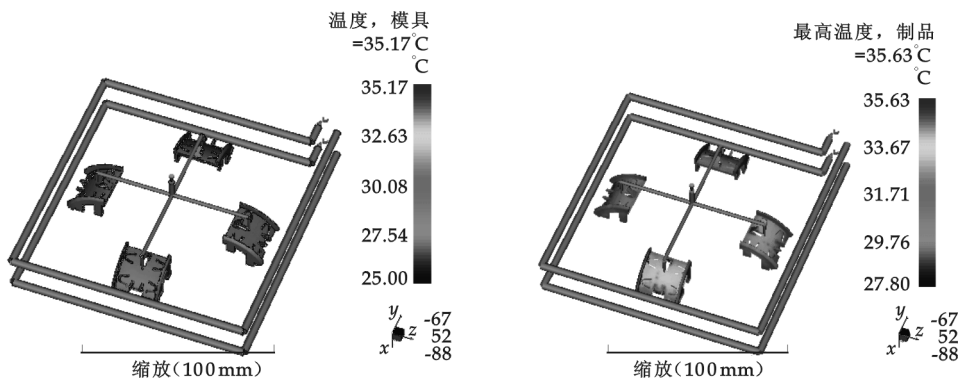


图 6 冷却后模具温度和制品最高温度

翘曲变形与塑件的收缩有关,一般均匀收缩只引起塑件体积上的变化,而不均匀收缩才会引起翘曲变形^[5].制件翘曲变形的原因如下:(1)制件冷却系统不合理造成塑件冷却不均匀;(2)注塑模具浇口影响塑料在模具型腔内的填充状态,从而导致塑件产生变形;(3)注塑参数的设置.图 7 所示为制件的翘曲变形图,变形区域为 0.005 2~0.058 4 mm,外表面变形较小,能确保外形尺寸.由于此制件的尺寸精度要求一般,因此制件的翘曲变形在允许变形范围内,说明了冷却水道设计、浇注系统设计和注塑参数选择均合理可行.

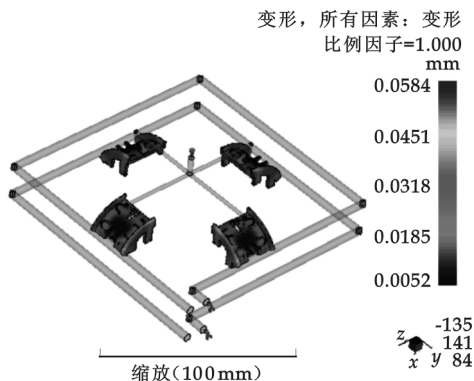


图 7 翘曲变形图

4 结束语

本研究基于 Moldflow 对制件进行了最佳浇口分析、充填流动模拟、冷却和翘曲分析,确定了模具的浇注系统和冷却系统,改进了注塑工艺参数,保证了模具设计的准确性.将 Moldflow 分析结果应用于实际生产中,可以减少试模次数,缩短生产周期,达到了降低生产成本、提高生产效率的目的.

参 考 文 献

- [1] 周其炎. Moldflow5.0 基础与典型范例[M]. 北京:电子工业出版社,2007:178-182.
- [2] 元庆凯,葛正浩,苏鹏刚,等. 基于 UG 的减速器斜齿轮热流道注塑模具设计[J]. 塑料,2009, 38(6):18-19.
- [3] 孙立新. 基于 MoldFlow 的接插件注射模设计[J]. 模具制造,2010, (1):6-8.
- [4] 赖 鹏,彭影响,陈己明. Moldflow 冷却分析在注塑模中的应用[J]. 塑料工业,2007, 35(6):29-31.
- [5] 周大路,何柏林,李树桢,等. 基于 Moldflow 的注射器翘曲分析[J]. 塑料,2007, 36(2):95-98.

(下转第 77 页)

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0069-06

多车场满载车辆路径问题遗传算法

范昌胜¹, 郭强², 岳爱峰³

(1. 陕西广播电视大学工程管理部, 陕西 西安 710068; 2. 西北工业大学理学院, 陕西 西安 710129; 3. 山东师范大学图书馆, 山东 济南 250014)

摘要:研究了多车场多配送中心车辆的路径问题,以提高物流配送效率.在分析了问题有效解的基础上,制定了相应的染色体分段编码,给出了合适的适应值函数,使杂交变异得到的新基因具有更好的健壮性.为了克服传统遗传算法早熟的缺点,作者结合模拟退火算法和小生境遗传算法,以无序的方式进行杂交和随机点的基因变异,保证了进化后的种群多样性,并且杂交选择方式使得算法收敛性较佳.通过实例检验,在可行解的集合内该方法收敛于近似最优解.

关键词: 物流; 遗传算法; 满载运输; 车辆路径问题; 优化

中图法分类号: O22 **文献标识码:** A

0 引言

VRP(Vehicle Routing Problem)是一个典型的 NP-hard 问题,属于经典的复杂组合优化问题^[1].图 1 所示为有两个车场两个配送中心的车辆路径问题.研究求解约束条件下 VRP 问题的有效算法具有现实意义.

一般地,很难找到 VRP 问题的最优解,或者花费很多的时间才可寻找到最优解^[2].即使在规模比较小的情况下,求解也比较困难.研究车辆路径问题(VRP)的方法,有针对小规模问题的精确算法、启发式算法和人工智能优化算法^[3-12].启发式算法在求解车辆路径问题中占有重要地位.近些年来,模拟退火^[12]、遗传算法^[6,10]、禁忌搜索算法^[5]、蚁群算法^[9]以及它们之间结合形成的混合算法等仿生学智能优化算法^[13,15]的兴起,为解决 VRP 提供了新的工具.禁忌搜索被普遍认为是解决 VRP 问题的最快的算法,而遗传算法则在快速搜索能力和全局最优性上有着明显的优势.本文将问题的数学模型做了更贴近实际的改进,将模拟退火算法和小生境遗传算法结合求解,不仅克服了遗传算法容易早熟、不稳定等缺点,而且可以很好地控制其早熟.在染色体编码上,与目前出现的编码方式不同^[6],充分利用车辆路径问题解的特点,采用分段编码,使杂交变异方便有效,加快获得近似最优解.

1 完整的问题描述与数学模型

多车场、多个配送中心、整车配送、多用户的 VRP 问题描述:(1)物流配送网络是由相互连通的多个车场、多个配送中心和多用户组成,车场的车足够用,配送中心的货物足够多;(2)车辆从车场出发到配送中心装货,完成整车配送任务后可返回任意车场;(3)要求完成任务前后每个车场车辆数目保持不变;(4)优化目标为车辆完成所有配送任务的总运输成本(或路程)最低.

1.1 数学描述

将车场、配送点、用户点都视为同一个网络上的节点,并视为连接相邻两个节点之间弧上的权值,一般

* 收稿日期:2011-01-08
作者简介:范昌胜(1979—),男,山东省汶上县人,讲师,硕士,研究方向:运筹与网络规划、最优化方法及其应用

网络上的多车场多配送中心车辆路径问题的描述如下:

定义用户节点 v_1, v_2, \dots, v_n , 两相邻节点 v_i 与 v_j 间的单位货物运费为 R_{ij} (元/单位); 节点 C_i 为车场, 停有车辆 c_i 辆 ($i=1, 2, \dots, m$); 节点 A_j 为配送中心, 存储的货物可供 a_j 辆整车装载 ($j=m+1, m+2, \dots, m+p$), 并且满足 $\sum_{i=1}^m c_i \geq \sum_{j=m+1}^{m+p} a_j$; 节点 B_k 为用户点, 需要 b_k 辆整车的货物 ($k=m+p+1, m+p+2, \dots, m+p+q$), 同时满足 $\sum_{j=m+1}^{m+p} a_j \geq \sum_{k=m+p+1}^{m+p+q} b_k$; 其余节点为中间点, 即 $m+p+q \leq n$. 在完成配送任务的前提下, 研究如何合理安排每辆车的行驶路径, 使得总运费最少.

1.2 数学模型

根据问题的描述, 建立的数学模型如下:

$$\min z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n S_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$s. t. \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq c_i \quad i=1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i \quad i=m+1, \dots, m+p \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = b_i \quad i=m+p+1, \dots, m+p+q \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = \sum_{j=1}^n x_{ji} \quad i=1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad i, j=1, 2, \dots, n \quad (6)$$

此模型中, x_{ij} 表示从节点 i 到节点 j 的发车数目. 其中, (1) 式是目标函数, 也即所有派出车辆花费的总费用; 不等式 (2) 保证了从车场发出的车不超过其拥有的车辆数目; 不等式 (3) 保证配送中心发出的货不超过其存放的货物量; 等式 (4) 要求满足用户的货物需求量; 等式 (5) 保证每个节点进出的车数前后保持不变.

2 算法设计

在运输网络中, 为了使总运费最小, 从车场派往配送中心、从配送中心到用户、从用户返回车场的车辆都会选择走两点间的最小费用路. 在现有文献中, 几乎所有的多车场问题都转化为单车场来处理, 即对每个车场首先确定它所服务的任务. 如 sweep 算法, 根据就近分配的原则, 通过计算每个任务点离车场最近距离与次近距离的比值, 按比值从大到小的顺序, 将任务分派给车场. 又如 Saving 算法, 类似 TSP 的节约算法, 首先将每个点分派给最近的车场, 然后根据节约值修改初始分派. 文献[11]结合 sweep 算法和 Saving 算法将多车场转化为单车场.

这种转化既不方便, 而且当规模较大时也不易被计算机所操作, 因此我们可以在原始运输网络中用 Floyd 算法求解任意两点间的最小运送费用, 同时在 Floyd 算法的表中寻找一辆车从节点 i 派往节点 j 的最小费用路径, 于是我们可以用两点间的最小费用 S_{ij} (元/单位) 作为两点间的运费, 两点之间的运输路径就是最小费用路径.

由于该问题是整车配送问题, 车场的车足够用, 配送中心的货物足够多, 根据用户的需求量, 可以确定出整个运输所需的车辆数为 $N = \sum_{k=1}^q b_{m+p+k}$, 因此解决的关键问题是这 N 辆车从哪些车场调出, 这些车到哪些配送中心装载货物, 再运送到哪些用户, 最后如何返回车场.

2.1 染色体编码及其对应的解

基于此, 我们设计了一个长度为 $3N$ 的自然数染色体编码: 前 N 个基因接收车场发出车辆的配送中心号码, 接下来的 N 个基因接收货物的用户号码, 最后 N 个基因接收返回车辆的车场号码. 为了获得更

多的可行解,在编码中要求对应用户的 N 个基因满足用户需求,即每个用户号码出现的次数跟它需要的整车货物数相等.

由于每个节点进出车辆数一样,给定一个个体 s ,根据最后 N 个基因可以计算出每个车场发出了多少辆车,得到一个长为 m 的向量 $(N_{c_1}, N_{c_2}, \dots, N_{c_m})$,其中 N_{c_i} 表示车场 c_i 发出的车辆数目,且有 $\sum_{i=1}^m N_{c_i} = N$. 个体对应的配送中心基因段中前 N_{c_1} 个配送中心的货物由车场 c_1 派出的车运送,接下来的 N_{c_2} 个配送中心的货由 c_2 车场运送,这样可以依次完成车场到配送中心的派车任务. 由于 $\sum_{i=1}^m N_{c_i} = N$,给所有的车场分配配送中心后,刚好分配完前 N 个基因. 根据配送中心对应的前 N 个基因,可以得到一个长为 p 的向量 $(N_{a_1}, N_{a_2}, \dots, N_{a_p})$,其中 N_{a_i} 表示配送中心 a_i 发出的车辆数目,且有 $\sum_{i=1}^p N_{a_i} = N$. 个体对应的用户基因段的前 N_{a_1} 个用户所需货物由配送中心 a_1 提供,接下来的 N_{a_2} 个用户所需货物由配送中心 a_2 提供,依次分配下去,给每个配送中心分配用户后,刚好用完用户段对应的 N 个基因. 按照同样的方法可以确定用户点处车辆返回车场的对应分配.

对一个有 2 个车场、2 个配送中心、3 个用户的运送网络,如果用户需求向量为 $(1, 1, 2)$,对染色体 $(3334 \ 5677 \ 1212)$,由车场基因段 1212 ,可知两个车场发出的车数为 $(2, 2)$,于是在配送中心段 3334 中,前 2 个配送中心 (33) 接受车场 1 发出的车,接下来的 2 个配送中心 (34) 接受车场 2 发出的车;由配送中心段 3334 ,可知配送中心 3 和 4 分别提供 3 车货物和 1 车货,于是在用户段 5677 中,前 3 个用户 (567) 接收配送中心 3 的货物,同时用户 7 接收配送中心 4 的货物. 同理可以知道车辆返回车场的情况:用户 5 的车返回车场 1,用户 6 的车返回车场 2,用户 7 分别向车场 1、2 返回一辆车. 这个分配方案对应模型的一个解,如图 1 所示.

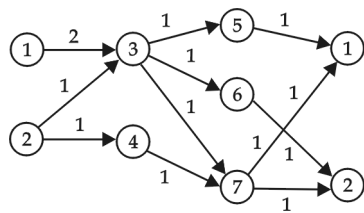


图 1 2 个车场、2 个配送中心、3 个用户的网络

这种将同类点放在一个基因段的编码方法方便了杂交变异操作,在不考虑车数约束时,任意的一个编码对应一个车辆运输方案,使得杂交变异在可行运输域进行.

2.2 适应值函数

给定一个个体 s ,该个体对应一个派送方案,即对应着模型的一个解 $x(s)$,从而对应一个目标函数值 $z(x(s))$. 由于目标函数是求最小值的, $z(x(s))$ 越小的个体,其适应性更强. 由于目标函数不会出现负值,我们可以用 $z(x(s))$ 的倒数作为对应的适应值. 但有些个体对应的解 $x(s)$ 不一定是可行解,上例中如果配送中心 3 只有 2 个整车的货物,个体 $(3334 \ 5677 \ 1212)$ 对应的解不满足约束(3),就不是可行解. 显然,非可行解的适应值较小,于是我们可以给它的目标函数加上一个较大的惩罚函数 $M(x(s))$,这样其适应值就相应地变的较小了.

对每个个体 s ,适应值函数可以表示如下: $f(s) = z(x(s)) + M(x(s))$,其中 $z(x(s)) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x(s)_{ij} S_{ij}$, $M(x(s)) = M \sum_{i=1}^{m+p} \delta_i$, δ_i 表示车场 i 发出的车超过 c_i 的量或者配送中心 i 配送出的货物超过其存货 a_i 的量.

2.3 个体的选择

从给定种群中选择杂交的父代,选择机制的设定非常重要,常用的选择算法有轮盘赌选择法、随机遍历抽样法、局部截断选择法和锦标赛选择法,这些基于适应度的方法各有优劣,并且会造成早熟或者随机搜索的后果. 本算法采用轮盘赌选择法,为了克服其早熟或者随机搜索的缺点,引入模拟退火思想,将适应值做如下尺度变换: $f_i = e_i (\sum_{i=1}^{pn} e_i)^{-1}$,其中 $e_i = e^{f_i/T}$, $T = T_0 (0.99^{sep-1})$. 这样的变换在进化前期,适应度相近个体被选择的概率相近;在进化后期,由于拉伸作用,相近的适应度差距被放大,使优秀个体更突出.

2.4 杂交和变异

依据编码的特性,在此使用改进的单点杂交方法.当杂交点在车场基因段或配送中心段的时候,采用一般的单点杂交,将两个父代的染色体在杂交点处交叉,得到两个子代,如图 2 所示.当杂交点在用户基因段的时候,直接将两个父代的用户基因段交换得到两个子代,如图 3 所示.显然,如果杂交点随机选取,用户段交换的概率是比较大的,这样会使得杂交集中在用户基因段,对产生新个体不利.因此,减小杂交点在用户段出现的概率是必要的,根据试验,发现将杂交点在用户段出现的概率设为其他基因段的 $1/3$ 是合适的.



图 2 一般的单点杂交



图 3 父代用户基因段的交换

模仿生物界变异特点,在进化早期,变异比较频繁,以后变异概率逐渐变小,趋于稳定的小概率.可以取 $p_m = (50 \times \text{step})^{-1}$ ($\text{step} \leq 20$),到 20 步的时候就已经到了 0.001 的较小概率,以后就保持这个较小的概率 $p_m = 0.001$ 进行变异.

选择了变异基因位置 i_m 后,如果这个位置在用户基因段,则进行循环变异,从 i_m 处将用户段基因分开,然后首尾对接构成新的基因段;如果 i_m 不在用户段,则直接将 i_m 处基因改变,如图 4 所示.

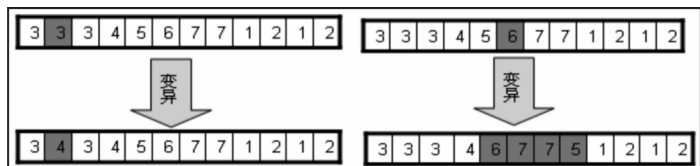


图 4 变异

2.5 小生境遗传算法

为了在进化过程中保持种群个体的多样性,父代产生的新个体中,适应度比父代高的子代替换父代中适应度低的那个,而不代替其他适应度低的个体,这样就避免了那些适应度高的个体排挤适应度低的个体,使得种群中隐藏在适应度较低个体中的优良基因过早地遗失,而得不到满意的解,因为最优解有可能从两个适应度低的个体杂交得到.

根据以上分析,该问题的算法步骤如下:

Step 1: 给定遗传代数 Gen_N ,种群大小 Pop_N ,选择概率 P_s ,杂交概率 P_c ,变异概率 P_m .

Step 2: 随机选取 Pop_N 个个体构成初始种群,计算每个个体的适应值,令 $\text{step} = 1$.

Step 3: 若 $\text{step} \geq Gen_N$,当前适应值最大的个体作为近似最优解;否则转 Step 4.

Step 4: 所有个体适应值尺度变换

$$f'_i = e^{f_i/T} \left(\sum_{j=1}^{Pop_N} e^{f_j/T} \right)^{-1}, \text{其中 } T = T_0 (0.99\text{step}^{-1})$$

然后用轮盘赌方法以概率 P_s 选择个体作为父代个体,转 Step 5.

Step 5: 对选择的父代按 2.4 的方法杂交变异,得到新的种群,转 Step 6.
Step 6: 计算新种群的适应值,令 $step=step+1$,转 Step 3.

3 实例计算与实验结果

按照上述算法,在一个有 12 个节点的网络中,表 1 给出了车场停车数目、配送中心存放的货物数和每个用户点需要的货物数,图 5 给出了原始运输网络的连接状况和相邻两节点间的单车行驶费用,寻找最优运送方案.

表 1 实例中的配送网络

节点	车场(车)		配送中心(整车货物)			用户点(需求整车)						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
供需车数	8	9	7	2	4	1	2	1	2	1	2	1

取遗传代数 $Gen_step=200$,种群大小 $Pop_Num=500$,选择概率 $P_c=0.6$,模拟退火初始温度 $T=500$,计算得到近似最优解 70,对应的染色体为:(3,5,3,4,3,3,3,5,5,4,11,11,9,8,9,6,10,12,7,7,2,2,1,1,1,1,2,1,1,1).

根据染色体编码特性,得到 3 个基因段,车场基因段:2,2,1,1,1,1,2,1,1,1;配送中心基因段:11,11,9,8,9,6,10,12;用户基因段:3,5,3,4,3,3,3,5,5,4. 根据编码特征解码后,得到相应的车辆路径如表 2 所示.

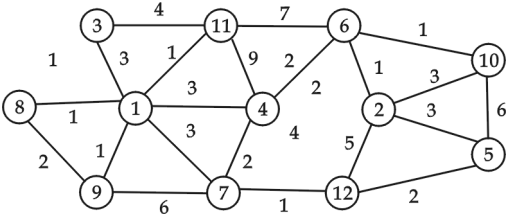


图 5 实例中的运输网络和单位费用情况

4 算法比较

在现有文献中,几乎所有的多车场问题都是将多车场转化为单车场来处理,即对每个车场首先确定它所服务的任务. 基于单车场的转化处理方法既不方便,而且当规模较大时也不易被计算机所操作. 使用遗传算法的编码方式都是基于用户的编码方式,没有考虑到车场的匹配,更没有考虑车场和配送中心分离的情况.

本文设计的遗传算法中,初始基因都是有效解,并且后续杂交变异得到的新基因也是有效解,具有更好的健壮性;无序的杂交方式和随机点的基因变异,保证了种群的多样性;杂交选择方式决定了算法的收敛性. 这 3 个方面保证了本算法在可行解的集合内收敛于最优解.

5 结束语

本文利用小生境遗传算法同时结合模拟退火算法,成功解决了多车场多用户整车配送问题. 求解过程中为了克服普通遗传算法早熟或不收敛的缺点,制

表 2 编码特征解码后相应的车辆路径

车号	出发车场	取货点	服务用户	车辆行驶路径
No. 1	1	3	8	1...8...3...8...1
No. 2	1	3	9	1...8...3...8...9...1
No. 3	1	3	9	1...8...3...8...9...1
No. 4	1	3	11	1...8...3...8...1...11...1
No. 5	1	3	11	1...8...3...8...1...11...1
No. 6	1	4	6	1...4...6...2
No. 7	1	5	7	1...9...5...12...7...1
No. 8	2	4	6	2...4...6...10...6...2
No. 9	2	5	4	2...5...12...7...4...2
No. 10	2	5	7	2...5...12...7...1

定了特别的染色体编码方案,设定了合适的适应值函数,设计了新的选择进化方案. 实例证明该算法可以很好地解决整车 MDVRP 问题. 在实际操作中,运送的货物不一定是整车,而且用户还会有特别的要求,如配送车辆有最大配送距离约束和容量约束;配送车辆有多种车型,每种车型容量不同;每个配送对有服

务时间窗约束,要求配送车辆在时间窗内到达客户点等要求;这就使得问题变得更复杂,有待于更进一步的研究。

参 考 文 献

- [1] Hipolito, Hernandez Perez. A branch-and-cut algorithm for a traveling salesman problem with pick-up and delivery[J]. Discrete Applied Mathematics, 2004, 145(1): 126-139.
- [2] Toth P, Vigo D. Exact solution of the vehicle routing problem[M]. Fleet Management and Logistics. Dordrecht: Kluwer, 1998: 1-31.
- [3] Gillett B E, Miller L R. A heuristic algorithm for the vehicle dispatch problem[J]. Operations Research, 1974, 22(2): 340-349.
- [4] 邹 彤, 李 宁. 多车场车辆路径问题的遗传算法[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(21): 82-83.
- [5] 邓 欣, 朱征宇, 曾凡超. 多车场车辆路径问题的单亲遗传算法[J]. 交通与计算机 2007, 1(25): 31-47.
- [6] 陈新庄, 郭 强. 多车场满载车辆路径优化算法[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(22): 5 866-5 871.
- [7] 陈美军, 张志胜, 陈春咏, 等. 多车场车辆路径问题的新型聚类蚁群算法[J]. 中国制造业信息化, 2008, 37(11): 1-5.
- [8] 屈 援, 汪 波, 钟石泉. 单车场多送货点车辆路径问题的改进遗传算法[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(25): 237-239.
- [9] 张思伟. 单车场多送货点车辆调度优化的一种改进禁忌算法[J]. 工业工程, 2006, 9 (3): 55-58.
- [10] 许国平, 叶效峰, 鲍立威. 基于模拟退火遗传算法车辆问题研究[J]. 工业控制计算机, 2004, 17(6): 49-50.
- [11] H. Paessens. The savings algorithm for the vehicle routing problem[J]. European Journal of Operational Research, 1998, 34(3): 336-344.
- [12] Guo. Z. G., Mac K L. A heuristic algorithm for the stochastic vehicle routing problems with soft time windows[C]. Proc of the 2004 Congress on Evolutionary Computation, CEC2004, Portland, 2004: 1 449-1 456.

GENETIC ALGORITHM FOR VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH MULTI-DEPOTS AND FULL LOADS

FAN Chang-sheng¹, GUO Qiang², YUE Ai-feng³

(1. Department of Project Management, Shaanxi Radio and TV University, Xi'an 710068, China; 2. School of Science, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China; 3. Shandong Normal University Library, Jinan 250014, China)

Abstract: Studying VRP of multi-depots and multi-distribution centers can improve efficiency of logistics and distribution. Corresponding code of chromosome segment is set in the analysis of effective solutions for the problem. The appropriate fitness function ensures that the hybrid gene mutation has better robustness. Combined with simulated annealing algorithm and niche genetic algorithm disorderly hybrid approach and mutations of random point are used overcoming the premature shortcoming of the traditional genetic algorithm. Population diversity reserves as to this evolution and the method of hybrid determines the convergence of the algorithm. The instance shows that this algorithm could find approximate optimal solution efficiently.

Key words: logistics; genetic algorithm; full loaded transportation; vehicle routing problem; optimize

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0075-03

钻机负载敏感系统的功率键合图模型

宋海涛

(煤炭科学研究总院西安研究院, 陕西 西安 710077)

摘要: 负载敏感液压系统的动态特性是影响钻机性能和效率的重要因素,为了研究其动态特性,作者建立了负载敏感系统的功率键合图,以期改进和完善钻机的性能、提高系统的可靠性奠定基础。

关键词: 钻机; 负载敏感; 功率键合图

中图法分类号: TD421 **文献标识码:** A

0 前言

负载敏感液压系统由于其对流量和压力的复合控制,使系统的流量和压力自动适应负载的需求而达到节能的目的,在工程机械领域得到了广泛的应用. 为了研究负载敏感液压系统的动态特性,本文利用功率键合图法对 ZDY1200L 钻机的负载敏感液压系统进行了分析建模。

1 负载敏感液压系统的原理

钻机回转回路负载敏感液压系统的简化原理图如图 1 所示,系统主要由负载敏感泵、节流阀和马达组成。负载敏感液压系统的工作原理是通过节流阀前后的压差控制负载敏感阀来调节泵的流量输出,而不受负载压力变化的影响. 泵的出口压力仅比负载压力高出一定值(该压差值通常为 0.7~2.1 MPa),在最高限压范围内能自动适应负载的变化. 液压泵只需提供与执行元件负载相匹配的压力、流量,液压系统中不产生过剩压力和过剩流量,因而系统具有显著的节能效果。

2 功率键合图的特点

功率键合图(Power Bond Graphs)简称“键图”是一种图示方法,它表示系统中的功率流程,即功率的流向、汇集、分配和能量的转换等,是在 20 世纪 60 年代末和 70 年代初发展起来的一种动力学方法. 这种方法简明易懂,层次清楚,可描述到系统的每一个角落. 凡是描述到的地方,它都能把有关的参数和变量卷入其中. 在液压系统的任何一个结点上,均可建立以功率输出输入相平衡为基点的各种变量因素的相互关系,从而得出被考查因素的数学模型。

该方法可将液压系统各部分能量的构成及各种形式能量之间的转换关系以简明直观的逻辑图的形式表达出来,特别适合于不是一种能量范畴而是多种能量范畴耦合而成的机、电、液一体化的复合系统,对复

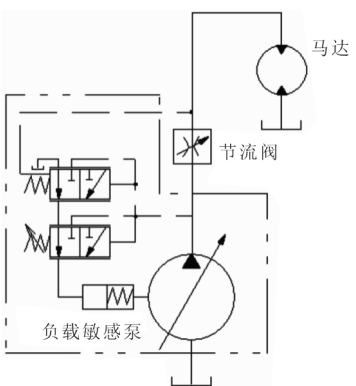


图 1 负载敏感系统的简化原理图

* 收稿日期:2010-12-27
作者简介:宋海涛(1983—),男,河南省漯河市人,助理工程师,硕士,研究方向:煤矿井下坑道钻机的研究开发

杂液压系统的分析尤其适用,目前在液压系统领域的动态特性分析研究中得到了广泛的应用^[1]。

功率键合图是一种信号流图,它的理论基础是能量守恒定律,将一个系统看成由多个子系统组成,相互作用的子系统之间在其相互联接的地方(通口)进行着功率的传递,按系统中各部分的物理规律建立相应子系统的动力学模型,然后将各子系统的功率键合图模型按照一定的规律连接起来,形成系统完整的功率键合图模型。

在标准键合图理论中,有 3 类作用不同的元件,一是源元件,包括势源 S_e 和流源 S_f ,是至少有一个功率变量不受系统影响的元件;二是结点元件,包括 0 结点、1 结点、变换器 TF 和回转器 GF,结点元件表征了系统中功率的转换与汇合;三是状态元件,包括阻性元 R (消耗功率)、容性元 C 和惯性元 I (均不消耗功率,但在动态系统中完成能量的存储与释放),由它们决定系统的状态。一般系统的键合图模型都是由这 9 种基本元件构造的^[2]。

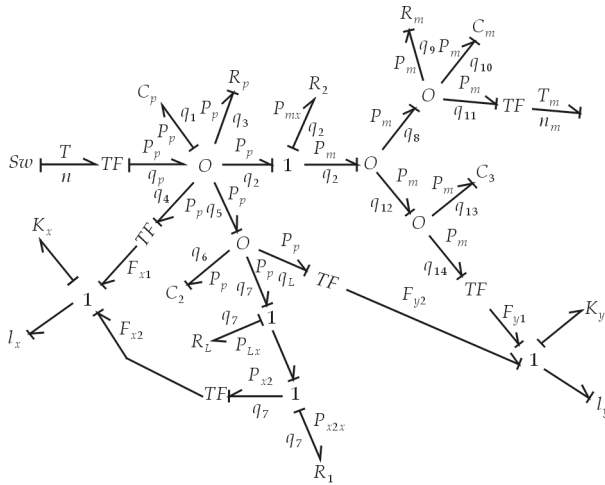


图 2 系统恒流工况时的功率键合图

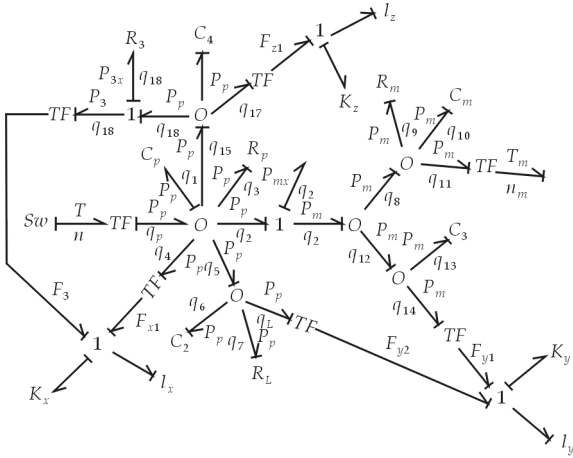


图 3 系统恒压工况时的功率键合图

3 系统的功率键合图建模

负载敏感液压系统工作时有两个工况,即恒流工况和恒压工况。

(1)系统恒流工况时的功率键合图。负载敏感变量泵在恒流状况下工作时,限压阀处于不工作状态,此时泵的功率键合图如图 2 所示。

图 2 中表明了系统各元件之间物理量的运算和它们相互作用的关系。决定动态特性的作用元有: R 表示阻力元(阻尼器), I 表示惯性元(质量), C 表示储能元(弹簧刚度、液容)。

(2)系统恒压工况时的功率键合图。负载敏感泵在恒压状况下工作时,限压阀处于工作状态,此时泵的功率键合图如图 3 所示。

功率键合图内各符号的意义如下:

- (1) S_w 为电动机功率,此处作为恒流源。
- (2) T, n 分别为电动机输出的转矩和转速。
- (3) P_p, q_p 分别为泵输出的压力和流量。
- (4) C_p 为泵的内部容腔容积, q_1 为泵内的压缩流量, q_2 为流向节流阀的流量, R_p, q_3 分别为泵的泄漏液阻及泄漏的流量, q_4 为小活塞运动引起的流量, q_5 为流向敏感阀支路的流量。

(5) F_{x1} 为小活塞端的作用力, C_2 为敏感阀内腔的液容, q_6 为敏感阀腔的压缩流量, q_7 为通过敏感阀的流量, R_L 为敏感阀的液阻, P_{Lx} 为经敏感阀的压力损失, P_{x2} 为作用在大活塞端的压力, R_1, P_{x2x} 分别为大活塞油缸的液阻和压力损失, F_{x2} 为作用在大活塞端的力, K_x 为活塞弹簧的刚度, I_x 为活塞杆的质量。

(6) P_m 为流过节流阀的压力, R_2, P_{mx} 分别为经过节流阀的液阻和压力损失, q_8 为流向马达的流量, R_m 为马达泄漏的液阻, q_9 为马达泄漏流量, C_m, q_{10} 分别为马达内腔的液容和压缩流量, q_{11} 为通过马达柱塞的流量。

(7) T_m, n_m 分别为马达的输出转矩和转速, q_{12} 为流向敏感阀负载端的流量。

(8) C_3 为负载反馈油管的液容, q_{13} 为通过负载反馈油管的压缩流量, q_{14} 为流向负载敏感阀有弹簧一

端的流量, F_{y1} 为敏感阀弹簧端的油压作用力.

(9) q_{1L} 为流向敏感阀无弹簧一端的流量, F_{y2} 为敏感阀无弹簧一端的油压作用力, K_y 为负载敏感阀的弹簧刚度, I_y 为敏感阀阀芯的质量.

(10) C_4 为限压阀的液容, q_{16} 为限压阀内腔油液的压缩量, q_{17} 为压缩后的流量, F_{z1} 为限压阀阀芯受到的液压作用力, K_z 为右端的弹簧刚度, I_z 为阀芯的质量.

(11) q_{18} 为流向斜盘调角油缸活塞的流量, P_{3x} 、 R_3 分别为液压油经过限压阀的压力损失和液阻, P_3 为流入斜盘调角油缸活塞的压力, F_3 为作用在调角油缸活塞的液压力.

4 结束语

利用功率键合图方法建立了钻机负载敏感液压系统的功率键合图模型, 利用所建立的功率键合图模型可计算分析钻机负载敏感液压系统的动态特性, 为研究该系统的动态性能及钻机回转系统的可靠性奠定了基础.

参 考 文 献

- [1] 李永堂, 雷步芳, 高雨苗. 液压系统建模与仿真[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2003.
- [2] 黄安怡, 容一鸣, 孙 军, 等. 系统科学方法与功率键合图[J]. 武汉汽车工业大学学报, 1998, 20(5): 9-12.
- [3] 邵 娜, 李晓豁, 齐传刚. 掘进机装运机构液压系统的功率键图模型[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2006, 25(supp.): 241-242.

POWER BOND GRAPHS OF DRILLING LOAD SENSING SYSTEM

SONG Hai-tao

(Xi'an Branch of China Coal Research Institute, Xi'an 710077, China)

Abstract: Load sensing control system is important for the energy saving of drilling. The dynamic performance of the system is the significant factor to the drilling efficiency and performance. The Power Bond Graphs of the hydraulic system is constructed to research the dynamic performance of the drilling.

Key words: drilling; load sensing; Power Bond Graphs

(上接第 68 页)

MOLDING SIMULATION OF CAMERA HOLDER HOT RUNNER MOULD BASED ON MOLDFLOW

DONG Xue-min, GE Zheng-hao, ZHANG Kai-kai, LIU Wei-hua

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

Abstract: The casting system and cooling system of the camera holder mould was designed and determine based on Moldflow. The weld line, air traps and warping defects of the holder were simulated and analyzed. The defects can be reduced through optimizing injection parameters. Therefore the product quality can be predicted and optimized before the mould manufacturing, the cycle of mould manufacturing has been shorten, which has great practical guiding significance.

Key words: Moldflow; camera holder; molding simulation; injection molding; hot runner

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0078-03

基于 MCGS 的 AI 调节仪 三容水箱液位定值控制系统研究

丁 涛¹, 王 芳²

(1. 延安大学化工学院, 陕西 延安 716000; 2. 延安大学能源与环境学院, 陕西 延安 716000)

摘 要:介绍了基于 MCGS 的三容水箱液位定值控制系统的硬件组成及系统的实现. 以 THJ-3 高级过程控制实验装置为基础, 以上、中、下 3 只水箱串联作为被控对象, 下水箱的液位高度为系统的被控变量. 系统采用 AI 智能调节仪并运用 PID 控制算法在组态软件 MCGS 中进行了实验测试, 实现了对过程参数的无稳态误差控制, 具有良好的稳态性能和动态性能.

关键词: 液位; 智能调节仪; PID 控制; 组态软件

中图法分类号: TP273

文献标识码: A

0 引 言

在工业现场过程控制中, 液位作为工业过程 4 大参数之一, 经常被作为被控变量的一个重要模拟量参数, 例如在溶液过滤、化工生产等多种行业的生产加工过程中都需要对液位进行适当的控制. 对液位的测量和控制效果直接影响到产品的质量, 甚至影响到生产设备的安全运行.

本文以 THJ-3 高级过程控制实验装置为基础, 采用 AI 智能调节仪表的 PID 控制算法来设计液位控制方案, 并利用 MCGS 组态软件来实现计算机监控, 使控制系统具有良好的稳态性能和动态性能.

MCGS(Monitor and Control Generated System)组态软件作为上位机监控组态软件, MCGS5.1 提供了解决实际工程问题的方案和开发平台, 并能够完成现场的数据采集、实时和历史数据处理、报警和安全机制、流程控制、动画显示、趋势曲线和报表输出及企业监控网络等功能.

1 三容水箱液位定值控制系统方案设计与硬件介绍

基于 MCGS 组态软件的智能仪表液位控制系统采用由主控、副控两个回路组成的串级控制系统.

此控制系统中, 主控回路中的智能调节仪表为主调节仪表(即主调节器), 控制对象为下水箱, 下水箱的液位为系统的主控制量; 副控回路中的调节仪表为副调节仪表(即副调节器), 控制对象为上水箱与中水箱, 中水箱的液位为系统的副控制量; 主调节器的输出作为副调节器的给定, 因而副控回路是一个随动系统, 副调节器的输出直接驱动电动调节阀, 从而达到控制下水箱液位的目的.

1.1 控制系统硬件组成

此串级控制系统的方框图如图 1 所示, 由主、副控制器、电动阀、3 个被控对象和 2 个传感器构成.

1.1.1 液位传感器

此系统采用了工业用的扩散硅压力变送器, 带不锈钢隔离膜片, 同时采用信号隔离技术, 对传感器温度漂移跟随补偿. 采用标准二线制传输方式, 工作时需提供 24 V 直流电源, 输出为 4~20 mA DC.

1.1.2 电动调节阀

* 收稿日期: 2010-12-18

作者简介: 丁 涛(1982—), 男, 陕西省渭南市人, 助教, 硕士, 研究方向: 过程装备控制工程

采用智能直行程电动调节阀,用来对控制回路的流量进行调节,型号为:QSVP-16K,其具有精度高、技术先进、体积小、质量轻、推动力大、功能强、控制单元与电动执行机构一体化、可靠性高等优点.电源为单相 220 V,控制信号为 4~20 mA DC 或 1~5 V DC,输出为 4~20 mA DC 的阀位信号.

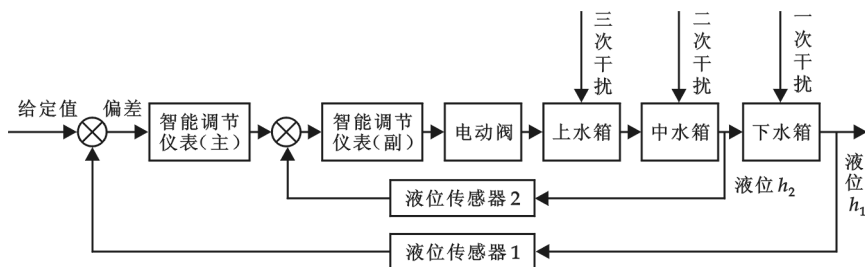


图 1 三容水箱液位定值控制系统方框图

1.1.3 智能调节仪表

控制系统采用了上海万迅仪表有限公司生产的 AI 系列全通用人工智能调节仪表,使用其中 SA-12 智能调节仪控制挂件,其为 AI-808 型. AI-808 型仪表为 PID 控制型,输出为 4~20 mA DC 信号. AI 系列仪表通过 RS485 串口通信协议与上位计算机通讯,从而实现系统的实时监控.

此液位串级控制系统中仪表参数设置如下: $Ctrl=1$, 控制方式选为 AI 人工智能调节/PID 调节; $S_n=33$ (主), $1\sim 5\text{ V DC}$ 电压输入; $S_n=32$ (副), $0.2\sim 1\text{ V DC}$ 电压输入; $DIL=0$, 输入下限显示值; $DIH=50$, 输入上限值; $OPI=4$, 输出为 $4\sim 20\text{ mA}$ 的线性电流; $CF=0$ (主调节器), 内部给定, 反作用调节; $CF=8$ (副调节器), 外内部给定, 反作用调节; $Addr=1$ (主), 通讯地址; $Addr=2$ (副), 通讯地址. P 、 I 、 D 参数根据实验进行调整.

2 控制系统的数学模型与控制算法

三容水箱的数学模型^[1]为:

$$G(S) = \frac{K_1 \times K_2 \times K_3}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)(T_3s + 1)} \quad (1)$$

式中 K_1, K_2, K_3 为三容水箱的放大系数; T_1, T_2, T_3 分别为 3 个水箱的时间常数.

为了实现系统在阶跃给定和阶跃扰动作用下的无静差控制,系统的主调节器应为 PI 或 PID 控制. 由于副控回路的输出要求能快速、准确地复现主调节器输出信号的变化规律,对副参数的动态性能和余差无特殊要求,因而副调节器可采用 P 调节器.

在三容水箱液位控制系统中,被控对象的液位变化是连续的,在远程数据采集系统中计算机利用的是离散的信号,所以要对模拟 PID 控制器进行离散化处理.在模拟控制系统中 PID 控制规律的表达式为:

$$U(t) = K_p [e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt}] \quad (2)$$

将积分与微分项分别改写为数字形式差分方程,由此得到数字 PID 控制器算式为:

$$U(k) = K_p [e(k) + \frac{T}{T} \sum_{i=0}^k e(i) + T_d \frac{e(k) - e(k-1)}{T}] \quad (3)$$

式中 T 为采样周期, k 为采样序号, $e(k-1)$ 和 $e(k)$ 为第 $k-1$ 和第 k 次采样时刻的控制偏差量, 其中 $u(k)$ 为第 k 采样时刻调节器的输出数字量^[1,2].

3 基于组态软件的液位控制系统的实现

3.1 控制信号传输原理及硬件结构

本实验采用了两套压力传感器和两套智能调节仪,如图 1 控制系统的方框图所示,串级控制系统分为主控回路(控制下水箱液位)与副控回路(控制中水箱液位).在副控回路中,测量中水箱液位的液位传感器

2 把采集到的液位信号经 A/D 转换后,变为 0.2~1 V DC 传输给副调节器,副调节器及时对上水箱与中水箱的扰动进行调节,提高了系统的响应时间,减少对主控变量的影响;在 主控回路中,测量下水箱液位的液位传感器 1 把采集到的液位信号 1~5 V DC 电压信号传输给主调节器,主调节器将其变为 4~20 mA 电流信号,传输给副调节器作为副调节器的给定信号,该数字信号经 RS485 总线传送给上位机,上位机采集到的数字信号在组态软件中由 PID 控制器进行处理得出控制信号,控制信号经 RS485 送给 D/A 转换器,最后转换得到的模拟信号驱动调节阀工作,硬件结构如图 2 所示。

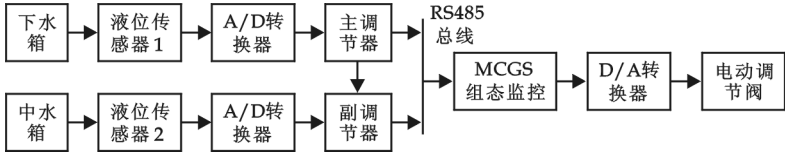


图 2 控制系统硬件结构图

3.2 组态监控

如图 3 所示为基于 MCGS 的串级控制系统的下水箱液位控制界面。主控 PID 参数如下:比例系数 $P=50$,积分时间 $I=20$,微分时间 $D=10$;副控 PID 参数如下:比例系数 $P=40$,积分时间 I 与微分时间 D 皆为零。

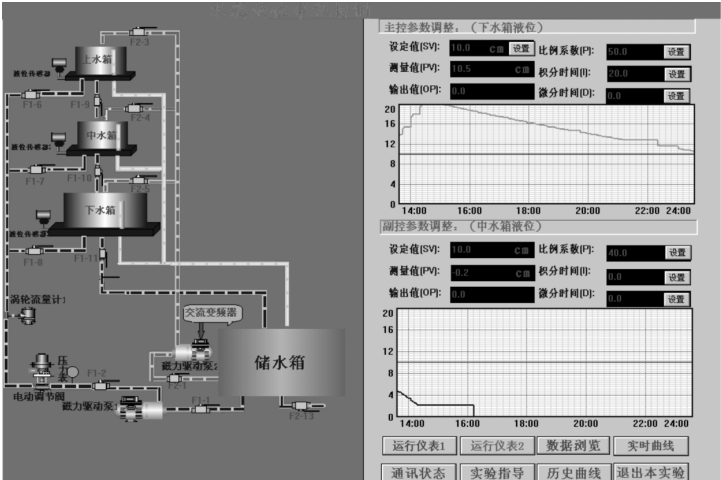


图 3 基于 MCGS 组态的监控界面

图 4 为下水箱在阶跃干扰下最终达到设定值 $SV=10\text{ cm}$ 的响应曲线。

4 结束语

基于 MCGS 组态监控的 PID 控制可以取得良好的动、静态特性,在系统的仿真过程中,控制器参数切换为硬切换,会对执行器造成冲击,为除此缺点,进一步考虑引入模糊控制来实现参数的软切换^[3-6]。

(下转第 84 页)

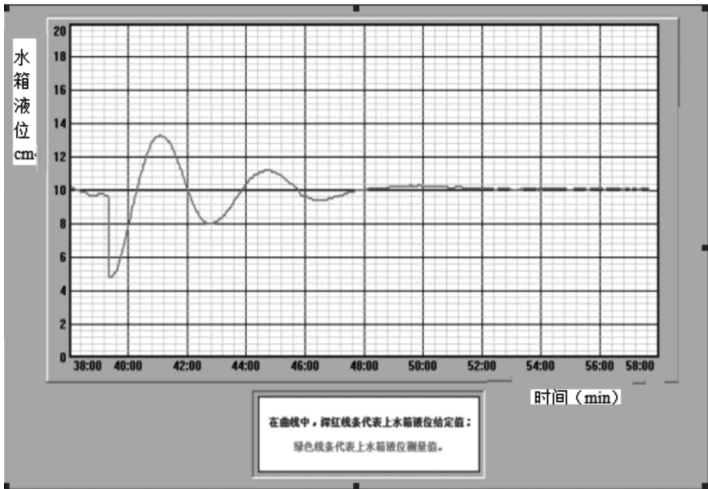


图 4 下水箱液位阶跃响应曲线

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0081-04

基于 PRO/E 斜齿轮传动的建模、装配及受力分析

屈 毅, 葛正浩, 李艳妮, 张凯凯
(陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要:研究了在 Pro/Engineer Wildfire 4.0 环境下对渐开线斜齿轮进行参数化设计的方法, 保证了齿廓的准确性, 同时在该环境下进行了虚拟装配和运动仿真, 观察了齿轮的运动状态, 最后借助此软件的分析模块对斜齿轮传动进行了受力分析, 结果表明大大提高了设计效率.

关键词:斜齿轮; 建模; 装配; 受力分析
中图法分类号:TH132.413 **文献标识码:**A

0 引 言

齿轮传动可以达到很高的圆周速度(300 m/s)和转速(105 r/min), 传递功率达到了 105 kW. 目前齿轮向着高硬度、高精度、大功率、高速度的方向发展, 其设计与制造技术发展很快. 齿轮的机械加工、热处理、测量所用的工具、加工和测量设备、材料等都是比较复杂的, 有时因具体条件限制而对设计者有较大的制约, 设计齿轮必须全面考虑齿轮的强度、硬度、精度和寿命要求. 采用适当可行的加工方法和测量方法, 选定合适的材料和热处理以及润滑剂和润滑方法, 设计合理结构, 以保证质量和满足使用要求.

1 斜齿轮渐开线的创建

渐开线是由一条线段绕齿轮的基圆旋转而成的曲线, 渐开线的几何分析如图 1 所示, 线段 s 绕圆弧旋转, 其一端点 A 划过一条轨迹即为渐开线^[1]. 如图 1 所示, 点 (x_c, y_c) 的坐标为 $x_c = r \cos \theta, y_c = r \sin \theta$ (r 为基圆半径).

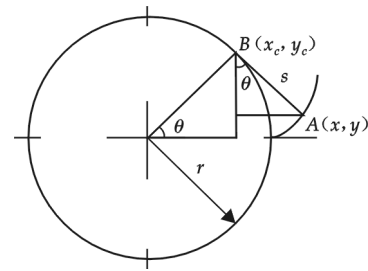


图 1 渐开线的几何分析图

首先打开 Pro/E4.0 软件, 新建名称为 gear_prt 的文件, 选择 mmns_part_solid 模式, 进入零件设计环境, 点击工具栏中的图标(曲线), 在弹出的对话框中点击“从方程”→“完成”, 系统提示要选择笛卡尔坐标系, 之后打开记事本, 再次输入如图 2 所示的渐开线方程. 对于 Pro/E 中的关系式, 系统存在一个变量 t , t 的变换范围为 $0 \sim 1$, 可以通过点 $B(x_c, y_c)$ 建立点 $A(x, y)$ 的坐标, 即为渐开线方程:

$$\theta = 90 \cdot t, r = \frac{db}{2}, s = p_i \cdot r \cdot t/2, x_c = r \cdot \cos \theta, y_c = r \cdot \sin \theta, x = x_c + s \cdot \sin \theta, y = y_c - s \cdot \cos \theta, z = 0$$

以上定义为 XY 平面上的渐开线方程, 也可通过修改 X, Y, Z 的坐标关系来定义其他面的坐标方程.

2 斜齿轮传动的装配

2.1 正确啮合条件

平行轴斜齿轮在端面内的啮合相当于直齿轮的啮合, 所以其正确啮合的条件为端面模数及端面压力角相等. 平行轴斜齿轮传动的两基圆柱螺旋角必须相等, $\beta_1 = \pm \beta_2$, 因外啮合齿轮的螺旋角大小相等, 方向相

* 收稿日期:2011-01-13
作者简介:屈 毅(1985—)男,陕西省户县人,在读硕士生,研究方向:凸轮机构的 CAD/CAE

反,而内啮合时方向相同,故式中负号用于外啮合,正号用于内啮合,于是得到平行轴斜齿轮正确啮合条件:

$$\begin{cases} \alpha_{n1} = \alpha_{n2} \\ m_{n1} = m_{n2} \\ \beta_1 = \pm \beta_2 \end{cases} \quad \text{或} \quad \begin{cases} \alpha_{t1} = \alpha_{t2} \\ m_{t1} = m_{t2} \\ \beta_1 = \pm \beta_2 \end{cases} \quad (1)$$

所以,对于所要装配的齿轮组,在建模的过程中应完全满足正确的啮合条件.

2.2 标准齿轮的安装

对于一对模数、压力角和螺旋角分别相等的外啮合标准斜齿轮,其分度圆上的齿厚等于齿槽宽.若把两轮安装成其分度圆相切的状态,也就是两轮的节圆与分度圆重合,则能实现无侧隙啮合传动,这时的啮合角等于分度圆的压力角,而中心距称为标准中心距.因两轮轮齿间无侧隙存在,故标准中心距就是标准齿轮外啮合的最小中心距,其值为:

$$a = r_1 + r_2 = \frac{m_n(z_1 + z_2)}{2} \quad (2)$$

对齿轮啮合时,为了避免一轮的齿顶端与另一轮的齿槽底相抵触,并能有一定的空隙储存润滑油,则应使一轮的齿顶圆与另一轮的齿根圆之间留有一定的空隙,此空隙沿半径方向测量,称为顶隙.齿顶隙为:

$$c_t^* = c_n^* \cos \beta \quad (3)$$

此时顶隙为标准值.

启动 Pro/E4.0 后,建立一个名为 gear_asm 的装配文件,选用 mmns_asm_design 模板,进入零件装配的模式进行标准安装.在工具栏中点击图标(装配),在弹出的路径中选择所需的零件,首先选择机架,机架上的安装距离是根据公式(2)得到的齿轮中心距,接下来在装配面板中选择“销钉”的连接方式,在绘图界面中选择齿轮的轴线和机架上安装齿轮的轴线,之后选择齿轮端面与机架端面的匹配,输入相应的距离,利用主菜单中的“应用程序”→“机构”,进入机构

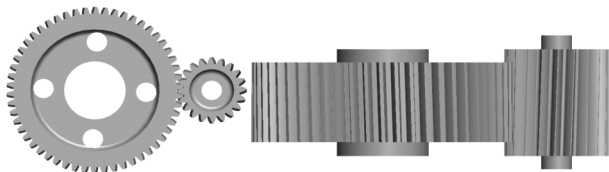


图 2 装配结果

仿真环境,利用凸轮副的连接方式,使齿轮的啮合面接触,点击工具栏中的图标(凸轮),系统弹出“凸轮从动机构连接定义”对话框,选择两个啮合面,单击“确定”,此时两齿轮进入啮合,然后在“连接定义”中删除凸轮副,从而完成装配,如图 2 所示.

3 斜齿轮传动的动力学分析

3.1 轮齿及轴的受力分析

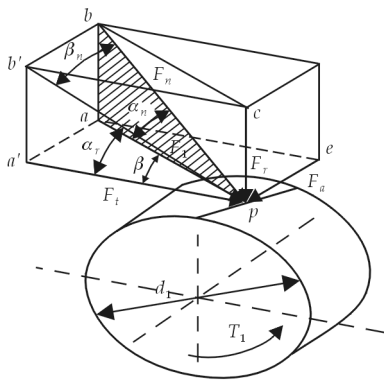
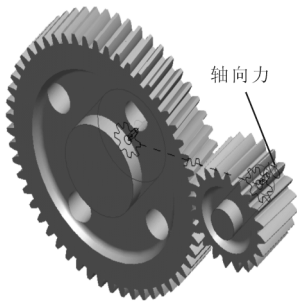


图 3 齿轮的受力分析

在斜齿轮传动中,作用在齿面上的法向载荷 F_n 仍垂直于齿面,如图 3 所示, F_n 位于发面 $pabc$ 内,与节圆柱的切面 $pa'ae$ 倾斜一法向啮合角 α_n ,力 F_n 可沿齿轮的周向、径向及轴向分解为 3 个相互垂直的分力.首先,将力 F_n 在法线内分解为沿径向的分力(径向力) F_r 和在 $pa'ae$ 面内的分力 F' ,然后再将力 F' 在 $pa'ae$ 面内分解为沿周向的分力(圆周力) F_t 及沿轴向的分力(轴向力) F_a [2].各力的方向如图 3 所示.



$$F_t = \frac{2T}{d_1}, F_r = \frac{F_t \tan \alpha_n}{\cos \beta}, F_a = F_t \tan \beta, F_n = \frac{F_t}{\cos \alpha_n \cos \beta} = \frac{F_t}{\cos \alpha_t \cos \beta_b} \quad (4)$$

式中: β —节圆螺旋角,对于标准斜齿轮即分度圆螺旋角; β_b —啮合平面螺旋角,亦即基圆螺旋角; α_n —法向压力角,对于标准斜齿轮为 20° ; α_t —端面压力角。

从动轮轮齿上的载荷也可解分为 F_t 、 F_a 和 F_r 各力,它们分别与主动轮上的各力大小相等方向相反。

3.2 仿真结果及分析

机构运动(Mechanism),可以把静态设计转换为活动的虚拟模型,并借助运动仿真,观察它们如何动作。既然组件要运动,在组件组装时就不能被锁死即完全约束,而是要部分约束。但是,所谓部分约束并不是组装不完全,而是根据各组件的运动形态及彼此间的相对运动情况,通过各种连接的设定来限制组件的运动自由度^[3]。具体过程如下:

(1)首先打开名为 gear_asm 的装配文件。

(2)对于在 Pro/E 中进行动力学分析时,必须给装配环境定义重力场,定义组件的质量属性,给系统添加相应的阻尼和在小齿轮的旋转轴上定义伺服电机(Servomotor1)。

依次点击主菜单中“应用程序”→“机构”,进入运动仿真环境。依次分别单击工具栏中的图标(重力、质量属性、阻尼器和伺服电机),定义这些基本的参数,进行运动结果分析,从而建立齿轮机构的动力学模型。

(3)点击工具栏中的图标(机构分析),建立名称为 AnalysisDefinition1 的分析结果,在“类型”的下拉菜单中选择“动态”,设定仿真时间、帧数、帧间隔、仿真的初始状态,然后点击“运行”按钮以查看运动状态。

可以看出,主动轮与从动轮沿着相反的方向转动。点击工具栏中的图标(测量),系统弹出如图 4 所示的“测量结果”对话框,建立所需的轴向力、扭矩等相关测量,系统会自动计算数值,轴向力会以如图 3 所示的红色箭头显示在相应的位置。最终在图形工具中显示测量结果,如图 5 所示,这些测量结果都为标准斜齿轮传动的强度计算提供了数据。

(4)根据测量结果所得的轴向力 F_a 与公式(4),便能计算出径向力 F_r 和圆周力 F_t ,并能更好地为后



图 4 测量结果对话框

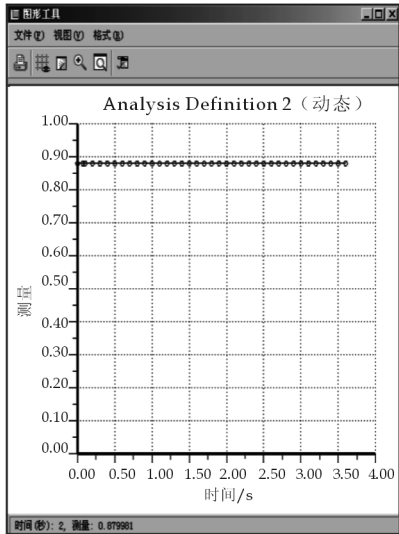


图 5 图形工具对话框

续齿轮机构的干涉检验、有限元分析提供帮助。

4 结束语

Pro/E 技术的广泛应用为复杂机械零件的设计提供了一个很好的解决方案,不仅提高了产品的设计质量和设计效率,降低了设计成本,而且大大缩短了产品从设计到进入市场的时间,提高了企业的市场竞争力。本文综述了齿轮传动的特点,应用 Pro/E 技术实时的模拟出一对平行斜齿轮的啮合状态,预测了该机构的动力性能,从而有助于更有效、更经济灵活地组织制造生产。

参 考 文 献

- [1] 郑文伟, 吴克坚. 机械原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997: 157-166.
- [2] 濮良贵, 纪名刚. 机械设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 213-223.
- [3] 葛正浩, 杨芙莲. Pro/Engineer Wildfire 3.0 机构运动仿真与动力分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 139-182.
- [4] 解梦秋. 齿轮传动在汽车上的应用[J]. 现代零部件, 2010, (9): 72-75.
- [5] 朱建勇. 渐开线圆柱齿轮传动的优化设计[J]. 电子机械工程, 2001, (4): 59-62.

MODELING, ASSEMBLAGE AND FORCE ANALYSIS FOR THE HELICAL GEAR TRANSMISSION BASED ON PRO/E

QU Yi, GE Zheng-hao, LI Yan-ni, ZHANG Kai-kai

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

Abstract: This paper introduces the methodology for the involute helical gear in environment of Pro/Engineer Wildfire 4.0, it can ensure the accuracy of the involute gear shape. The virtual assemblage and dynamic simulation of gear are finished and dynamic state is observed in this environment. Finally, the force analysis of helical gear is finished by the analysis module of Pro/E 4.0. The method of design can improve the design efficiency.

Key words: helical gear; modeling; assemblage; force analysis

（上接第 80 页）

参 考 文 献

- [1] 王 毅, 张早校主编. 过程装备控制技术的应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [2] 刘金琨. 先进 PID 控制 MATLAB 仿真(第二版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004: 2-7.
- [3] 李洪兴, 王加银, 苗志宏. 模糊控制系统的建模[J]. 中国科学(A 辑), 2002, 32(9): 772-781.
- [4] 李洪兴, 王加银, 苗志宏. 模糊控制系统的建模中的边缘线性化方法[J]. 自然科学进展, 2003, 13(5): 466-472.
- [5] 俞海珍, 史旭华, 徐建瑜. 模糊自适应 PID 控制在过程控制实验系统上的应用[J]. 实验技术与管理, 2010, 27(1): 69-72.
- [6] 林 屹, 叶小岭. 模糊自校正 PID 液位串级控制系统设计与仿真[J]. 实验室研究与探索, 2010, 29(3): 17-20.

RESEARCH OF INTELLIGENT REGULATOR THREE TANK LIQUID-LEVEL CONTROL SYSTEM BASED ON MCGS

DING Tao¹, WANG Fang²

(1. Institute of Chemical Engineering, Yan'an University, Yan'an 716000, China; 2. Institute of Energy and Environment, Yan'an University, Yan'an 716000, China)

Abstract: Description of the three tank liquid-level control system components and the implementation based on MCGS. The three water tank is controlled object and under the tank liquid-level is the main control variable. The system is based on the THJ-3 Advanced process control device. This system carries out experiments in the configuration software MCGS. The process parameters achieve a steady-state error-free control, with good steady state performance and dynamic performance.

Key words: liquid-Level; intelligent regulator; PID-control; configuration software

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0085-04

水泵开式台性能自动测试系统硬件采集模块的设计及装置选型

蔡礼权

(福建工程学院环境与设备工程系, 福建 福州 350000)

摘 要:针对水泵开式实验台研究了其自动测试系统中的数据采集模块,根据设计要求给出了试验台测试系统设计方案,并对数据采集模块的仪器选型进行了论证,最终选择主要测量仪器为 LWGY 系列涡轮流量传感器、EAJ 110A 型电磁式压力变送器、NJ 型转速转矩仪与 NC 型微机扭矩仪配套使用,以及 8902F 型三相电参数测量仪。

关键词: 水泵; 开式台; 自动测试系统; 数据采集模块; 测量仪器。

中图法分类号:TH311 **文献标识码:** A

0 引 言

水泵开式自动测试系统旨在研究一种较为通用的水泵自动测试平台,用于离心泵、混流泵等不同规格、不同功率等级的泵的性能试验、汽蚀性能试验以及出厂试验,为泵类的测试提供一套切实可行的方法。对水泵测试系统来说,硬件设计是系统实现的基础是整个系统成败的关键。其硬件设计主要包括实验管路的设计;硬件布局和结构的设计;电气系统的设计;通信系统的设计;采集模块的设计及选型等。软件设计是测控系统的核心部分,与计算机软件不同的是测控系统的应用软件开发与硬件平台有很大的相关性,即软件需要直接与硬件进行通信或固化其中^[1]。本文主要研究硬件采集模块的设计及装置选型,以构建一个可用于测量不同功率、不同类型和不同管径泵的测试平台。

1 水泵开式台自动测试系统的总体设计要求

水泵开式台自动测试系统主要用于不同规格的离心泵、混流泵的性能试验、汽蚀性能试验以及出厂试验。系统须满足以下的设计条件^[2,3]:

- (1)符合国家标准 GB/T3216《离心泵、混流泵、轴流泵和旋涡泵试验方法》、GB/T3214《水泵流量的测定方法》,试验精度达到国家 B 级。
 - (2)可对试验管径范围为 $\varphi 25 \sim \varphi 250$ mm 的离心泵、混流泵进行性能试验、汽蚀性能试验和出厂试验。
 - (3)可实现全自动、半自动和手动 3 种操作模式,要求操作简便,维护方便。
 - (4)能够自动采集、分析、处理数据,能准确拟合、绘制试验曲线并生成、输出试验报表,并能对试泵的性能合格与否进行自动判别。
 - (5)可实现试验数据的管理和查询功能。
- 而数据采集模块是完成自动测试系统功能的前提和保障。

* 收稿日期:2010-12-20
作者简介:蔡礼权(1974—),男,福建省古田市人,高级实验师,研究方向:流体力学及流体机械
基金项目:福建工程学院科研项目(GY-Z09088)

2 硬件系统方案的设计

自动测试系统的设计,需要在满足用户要求的前提下考虑系统的稳定性、拓展性、经济性,使设计的系统具有较高的适应性和性价比,且能够长期稳定可靠的运行.

2.1 自动测试系统需采集的参数

由离心泵工作原理及其基本试验方法可知,水泵性能试验的目的是要得到规定转速下的扬程与流量的曲线 $H=f(Q)$ 、轴功率与流量的曲线 $P_a=f(Q)$ 以及效率与流量的曲线 $\eta=f(Q)$,然后依据国标 GB3216 的规定,用椭圆方程和实测效率值判断被试泵的性能是否合格.测试系统的硬件方案框图如图 1 所示.水泵性能试验的测试方法用常规扭矩法.扭矩法是将相位差转速转矩仪安装在泵与电机之间,通过微机扭矩仪读出泵的转速、转矩以及功率^[4].

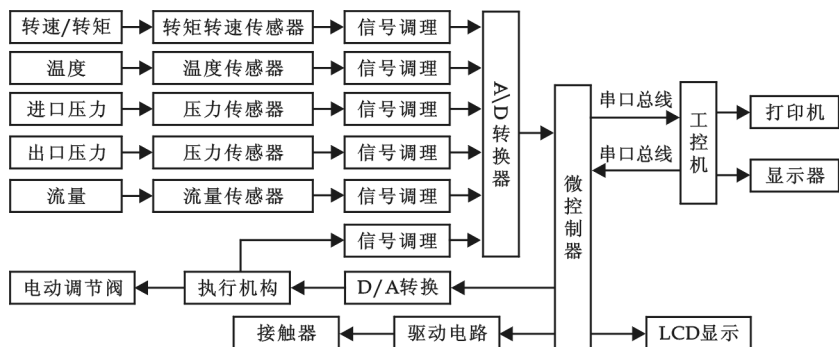


图 1 测试系统硬件方案框图

综上所述,水泵的性能试验需要现场采集的变量有流量 Q 、进口压力 P_1 、出口压力 P_2 、转矩 M 、转速 n 、三相电流 I_N 、三相电压 U_N 、电机输入功率 P_g 以及液体的温度 T 等参数.

2.2 试验装置

泵试验装置是测试系统的工作载体,按循环管路系统分为开式和闭式两种.开式试验台结构简单,使用方便,稳定性好且散热条件好,但调节进口阀进行汽蚀试验时容易造成泵进口的流动不稳定.闭式试验装置系统中的液体与外界空气隔绝,构成封闭循环系统,其优点是汽蚀试验精度高,缺点是结构复杂,不易安装被试泵.总的来说,两种形式的装置各有优劣,需要根据实际情况选择.

本文采用开式试验装置.开式试验台装置的上下游水面是敞开的(与大气相接触),图 2 所示为一典型的开式试验台^[5].

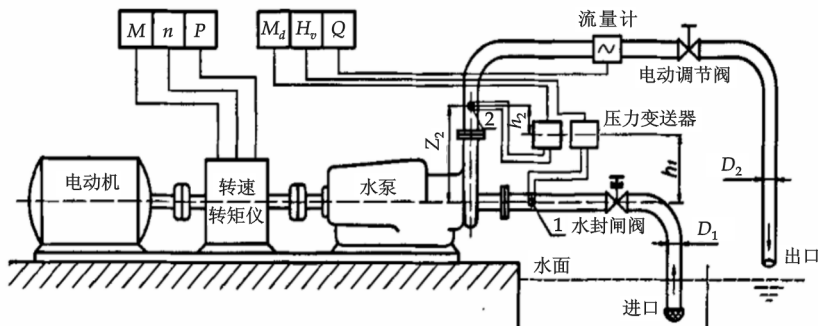


图 2 泵开式试验系统

本文研究的目的是要构建一个水泵测试平台,用于测量不同功率、不同类型和不同管径的泵.因此,系统设计时就必须考虑到不同功率电机的启动、管线的布置、仪表的选择与匹配以及被试泵的安装方式等一系列问题.在开式系统中,扭矩法的试验装置如图 3 所示^[6].

试验时,水由水池经进水阀门和管路流入被测泵,被测泵的出水经流量计、出口流量调节阀流回水池,形成一个回路.压力变送器完成进口压力和出口压力的测量,扭矩测量仪完成轴功率和转速的测量,而流量计则完成流量的测量.

3 采集模块硬件方案设计及装置选型

采集处理模块主要用于现场数据的采集、处理和分析.数据的采集是水泵测试系统中的重要环节,只

有准确采集到水泵的性能参数,才能对水泵的性能进行分析和比较. 数据采集模块由现场的各种测量仪表、通信设备和上位机 IPC 构成,三者之间由总线联系起来,其中,测量仪表主要包括流量计、压力变送器、转速转矩仪、电参数采集仪等. 通信设备是测量仪表和上位机 IPC 之间的桥梁,通过它完成数据的交换. 通信设备可以选用独立的设备,也可以使用 PLC 里面的一个通信模块. 采集处理模块的组成及数据流向如图 4 所示.

3.1 流量测量方案设计及装置

水泵流量的测量仪器有差压式流量计、浮子流量计、容积式流量计、超声流量计、热式流量计、涡轮流量计、涡街流量计等数种.

在这些流量测量仪表中,差压式流量计、浮子流量计、容积式流量计和超声流量计很难实现测量的自动化和数据与计算机之间传输,因此在现在泵自动测量系统中很少使用,但在对流量传感器的标定过程中,容积法还是经常应用的. 热式流量计一般用于气体流量测量. 后两种已经有相应的传感器或变送器,测量精度高,并且容易被计算机获取,进而实现测量的自动化,因此使用较多. 而涡街变送器多用于气体测量.

涡轮流量计是速度式流量计中的主要种类,它采用多叶片的转子(涡轮)感受流体平均流速,从而推导出流量或总量. LWGY 系列涡轮流量传感器是吸取了国内外流量仪表先进技术并经过了优化设计,具有结构简单、轻巧、精度高、复现性好、反应灵敏,安装维护使用方便等特点的新一代涡轮流量计,广泛用于测量封闭管道中与不锈钢 1Cr₁₈Ni₉Ti、2Cr₁₃ 及刚玉 Al₂O₃、硬质合金不起腐蚀作用,且无纤维、颗粒等杂质,工作温度下运动粘度小于 5×10⁻⁶ m²/s 的液体,对于运动粘度大于 5×10⁻⁶ m²/s 的液体,可对流量计进行实液标定后使用. 若与具有特殊功能的显示仪表配套,还可以进行定量控制、超量报警等,是流量计量和节能的理想仪表. 该类涡轮流量产品本身不具备现场显示功能,仅将流量信号以脉冲的形式远传输出. 仪表价格低廉,集成度高,体积小巧,特别适用于与二次显示仪、PLC、DCS 等计算机控制系统配合使用^[7].

涡轮流量计是速度式流量计中的主要种类,它采用多叶片的转子(涡轮)感受流体平均流速,从而推导出流量或总量. LWGY 系列涡轮流量传感器是吸取了国内外流量仪表先进技术并经过了优化设计,具有结构简单、轻巧、精度高、复现性好、反应灵敏,安装维护使用方便等特点的新一代涡轮流量计,广泛用于测量封闭管道中与不锈钢 1Cr₁₈Ni₉Ti、2Cr₁₃ 及刚玉 Al₂O₃、硬质合金不起腐蚀作用,且无纤维、颗粒等杂质,工作温度下运动粘度小于 5×10⁻⁶ m²/s 的液体,对于运动粘度大于 5×10⁻⁶ m²/s 的液体,可对流量计进行实液标定后使用. 若与具有特殊功能的显示仪表配套,还可以进行定量控制、超量报警等,是流量计量和节能的理想仪表. 该类涡轮流量产品本身不具备现场显示功能,仅将流量信号以脉冲的形式远传输出. 仪表价格低廉,集成度高,体积小巧,特别适用于与二次显示仪、PLC、DCS 等计算机控制系统配合使用^[7].

结合实际系统需要,综合分析比较,最终选择上海自动化仪表股份有限公司的 LWGY 系列涡轮流量传感器测量水泵抽送液体的流量,其性能参数如表 1 所示.

3.2 压力测量方案设计及装置

压力传感器是直接感知测量点的压力的大小和变化,并按某一物理效应转换为力或者电信号的元件. 常用压力传感器包括弹性元件压力表、数字压力计、液体压力计、活塞式压力计、和压力传感器等.

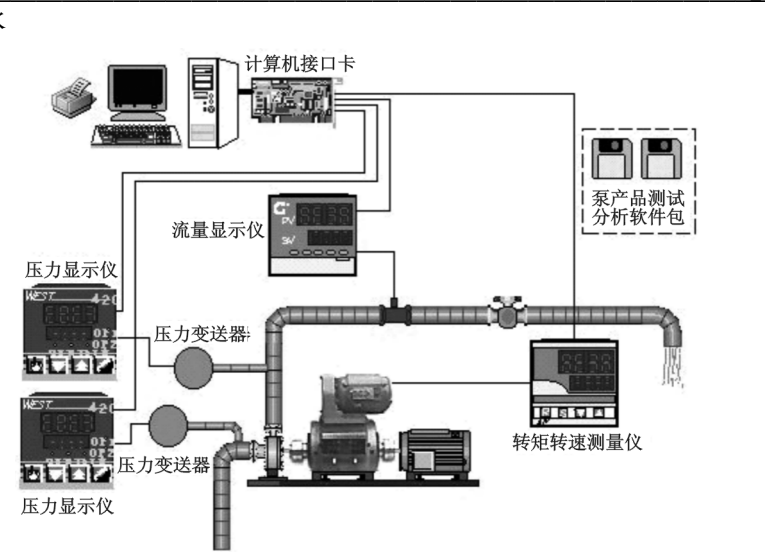


图 3 扭矩法的试验装置示意图

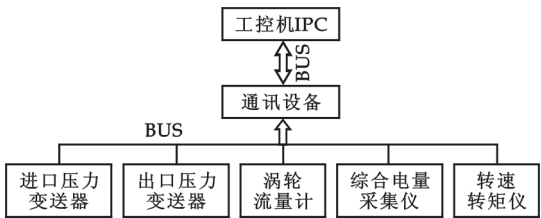


图 4 采集模块的组成及数据流向

表 1 LWGY 系列涡轮流量传感器主要性能参数

项目	指标	项目	指标
工作温度	-20~+120 ℃	环境温度	-25~+55 ℃
供电	24 V DC	安装形式	螺纹/法兰
精度	0.2、0.5	输出信号	4~20 mA、0~5 V DC
公称压力	1.6~40 MPa	公称直径	25~250 mm

上述压力测量仪表中,弹性元件压力表、活塞式压力计和液体压力计在实现测量的动化上比较困难,数字压力计在实现数据与计算机之间传输上也比较麻烦.另外,在汽蚀试验中,泵进、出口的压力变化较快,所以综合比较后,选用惯性小、灵敏度高的电磁式压力传感器.电磁式压力传感器依据感测量的不同又分为电阻应变式传感器、半导体压阻式压力传感器、电容式压力传感器以及霍尔传感器.本文选择南京凯曼仪器仪表有限责任公司的 EAJ 110A 型电磁式压力变送器,其主要性能参数如表 2 所示.

3.3 转速转矩仪方案设计及装置

表 2 EAJ 110A 型压力变送器主要性能指标参数

型号	精度	工作温度/℃	供电电源	输出信号	通信方式
EAJ 110A	±0.2%	−40~80	±15 V DC	4~20 mA	RS485

转速转矩传感器广泛应用于电

动机、内燃机、水泵、风机、卷扬机等众多的旋转动力系统.转速转矩仪用于测量泵轴的转速和转矩,其选

择应从如下 3 个方面考虑:(1)最大转速和转矩;(2)测量环境及精度;(3)信号输出形式及通讯方式.

选择转速转矩仪时,转速 n 须大于电机的同步转速,转矩 M 计算公式如下^[8]:

$$M>\frac{30P_g(\text{kW})}{\pi n(\text{rpm})}\times 10^3\text{ (N}\cdot\text{m)}$$

式中, P_g 为电动机的额定功率.

为了保证测试精度,被测值应尽可能在传感器的最佳测量范围内.最佳测量范围一般为满量程的 60%~100%.另外,选型时还须考虑泵的最大转矩和过载情况,最大转矩一般不能大于仪表额定转矩的 150%.经综合比较,选择四川诚邦测控技术有限公司 NJ 型转速转矩仪与 NC 型微机扭矩仪配套使用,其主要性能参数如表 3 所示.

表 3 转速转矩仪的主要性能参数

型号	转速精度	转矩精度	输出信号	通信方式
NJ 型	±0.1%	±0.2%	4~20 mA	RS485

3.4 电参数采集仪的选型

电参数测量仪又名数字功率计,是新一代的测量仪器,它可以同时测量单、三相用电设备的电压、电流、功率、功率

因数、频率、电能、谐波等参数,精度为 0.5 级,测量精确,显示直观,测量内容丰富,具有量程范围宽,预置报警、打印、锁存和通讯等功能,已广泛地应用于电机、家用电器、电动工具、水泵、变压器、电源、照明、电力等领域.

电量采集仪的选型应从如下两个方面考虑^[9]:(1)测量方式、精度及量程;(2)采集信号通讯方式及输出形式.

经过综合考虑,选择上海伊测电子科技有限公司的 8902F 型三相电参数测量仪,其主要性能参数如表 4 所示.

表 4 电参数采集仪的主要性能参数

型号	准确度等级	接线方式	信号输入	信号输出方式
8902F 型	±0.5%	三相三线制/ 三相四线制	PT、CT	RS232C/RS485

4 结束语

本研究将如何保证测量精度和可靠性与设备选型的经济性密切联系起来,针对开式试验台,提出了其建设过

程中的设备方案设计及装置选型,并对其测试系统的硬件设计中核心的数据采集模块及实现进行了着重研究.通过对离心泵试验国家标准进行深入理解,对常用的测试系统结构模式进行分析比较,结合实际测试所要,列出了系统硬件采集模块设计的总体方案,确定满足该开始试验台设计要求的主要测量仪器为:LWGY 系列涡轮流量传感器、EAJ 110A 型电磁式压力变送器、NJ 型转速转矩仪与 NC 型微机扭矩仪配套使用,以及 8902F 型三相电参数测量仪.

(下转第 112 页)

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0089-04

分数阶双卷混沌系统的复杂性演化仿真研究

辛宝贵^{1,2}, 马军海¹, 陈 通¹

(1. 天津大学管理与经济学部, 天津 300072; 2. 山东科技大学经济管理学院, 山东 青岛 266510)

摘 要: 分数阶动力系统的复杂动力学行为受到了越来越多学者的关注,许多有趣的研究成果是通过数值仿真的方式得到的. 作者运用亚当斯-巴什福斯-莫尔顿预估-校正的有限差分法,通过分岔图、相图和时间序列图对一个分数阶双卷混沌系统的复杂性演化行为进行了仿真研究.

关键词: 分数阶微分方程; 双卷混沌吸引子; 亚当斯-巴什福斯-莫尔顿预估-校正法; 复杂动力学

中图法分类号: N93; O193 文献标识码: A

0 引 言

混沌与分岔是存在于自然和社会系统中的一种复杂现象,系统由简单的状态,如均衡状态、周期性运动状态和拟周期运动状态,进入混沌状态的方式是复杂性研究中的一个重要研究课题^[1,2]. 系统中的混沌意味着系统内在的不稳定性. 就目前的研究结果来看,前人通过定性分析和数值模拟等方法已经发现了 4 条具有典型代表性的通向混沌的道路:倍周期分岔通向混沌、阵发性通向混沌、拟周期通向混沌、KAM 环面破裂通向混沌^[3].

2001 年,Elwakil 和 Kennedy^[4]建立了一个能够产生双卷混沌吸引子的整数阶系统:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = y, \\ \frac{dy}{dt} = z, \\ \frac{dz}{dt} = -\alpha(x+y+z-\operatorname{sgn}x) \end{cases} \quad (1)$$

其中, $\operatorname{sgn}x = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases}$ 是一个奇对称型函数, x, y, z 是状态变量, α 是唯一的参数. 当 $\alpha = 0.8$ 时,系统(1)存在一个双卷混沌吸引子(详见文献[5]),如图 1 所示.

定义 1: 函数 $f(t)$ 关于时间 t 的 α 阶 Riemann-Liouville 分数导数^[6]可表示为:

$$\frac{d^\alpha f(t)}{dt^\alpha} = \frac{1}{\Gamma(n-\alpha)} \frac{d^n}{dt^n} \int_0^t \frac{f(\tau)}{(t-\tau)^{\alpha-n+1}} d\tau$$

其中, $t > 0, \Gamma(\cdot)$ 是一个 Gamma 函数, n 是整数且 $n-1 \leq \alpha < n$.

把上述分数阶微分算子引入系统(1),我们可以得到更一般的形式——分数阶双卷混沌系统,如下所

* 收稿日期:2010-12-10
作者简介:辛宝贵(1971—),男,山东省青岛市人,博士,研究方向:非线性动力系统建模与仿真
基金项目:中国博士后科学基金(20100470783),高等学校博士学科点专项科研基金(2009022110031)

示:

$$\begin{cases} \frac{d^{q_1} x}{dt^{q_1}} = y, \\ \frac{d^{q_2} y}{dt^{q_2}} = z, \\ \frac{d^{q_3} z}{dt^{q_3}} = -a(x+y+z-\operatorname{sgn} x) \end{cases} \quad (2)$$

其中 $0 < q_1, q_2, q_3 < 1$. 若 $q_1 = q_2 = q_3 = 1$, 则系统(2)可以退化成系统(1).

1 分数阶双卷混沌系统的数值解法

本文采用最常见的数值求解分数阶微分方程的方法: 亚当斯-巴什福斯-莫尔顿预估-校正的有限差分法^[7,8]. 对于系统(2), 我们可以数值求解如下:

初值为 $(x_0^{(k)}, y_0^{(k)}, z_0^{(k)})$, $k=0, 1, \dots, m-1$ 的系统(2)等价于如下沃尔泰拉方程组:

$$\begin{cases} x(t) = \sum_{k=0}^{m-1} x_0^{(k)} \frac{t^k}{k!} + \frac{1}{\Gamma(q_1)} \int_0^t (t-\tau)^{q_1-1} y(\tau) d\tau, \\ y(t) = \sum_{k=0}^{m-1} y_0^{(k)} \frac{t^k}{k!} + \frac{1}{\Gamma(q_2)} \int_0^t (t-\tau)^{q_2-1} z(\tau) d\tau, \\ z(t) = \sum_{k=0}^{m-1} z_0^{(k)} \frac{t^k}{k!} - \frac{a}{\Gamma(q_3)} \int_0^t (t-\tau)^{q_3-1} (x(\tau) + y(\tau) + z(\tau) - \operatorname{sgn} x(\tau)) d\tau \end{cases} \quad (3)$$

设 $h = T/N$, $t_n = h$, $n=0, 1, \dots, N \in \mathbb{Z}^+$, 系统(3)可以近似成如下差分方程组:

$$\begin{cases} x_{n+1} = x_0 + \frac{h^{q_1}}{\Gamma(q_1+2)} y_{n+1}^p + \frac{h^{q_1}}{\Gamma(q_1+2)} \sum_{j=0}^n \alpha_{1,j,n+1} y_j, \\ y_{n+1} = y_0 + \frac{h^{q_2}}{\Gamma(q_2+2)} z_{n+1}^p + \frac{h^{q_2}}{\Gamma(q_2+2)} \sum_{j=0}^n \alpha_{2,j,n+1} z_j, \\ z_{n+1} = z_0 - \frac{ah^{q_3}}{\Gamma(q_3+2)} (x_{n+1}^p + y_{n+1}^p + z_{n+1}^p - \operatorname{sgn} x_{n+1}^p) - \frac{ah^{q_3}}{\Gamma(q_3+2)} \sum_{j=0}^n \alpha_{3,j,n+1} (x_j + y_j + z_j - \operatorname{sgn} x_j) \end{cases}$$

其中,

$$\begin{cases} x_{n+1}^p = x_0 + \frac{1}{\Gamma(q_1)} \sum_{j=0}^n \beta_{1,j,n+1} y_j, \\ y_{n+1}^p = y_0 + \frac{1}{\Gamma(q_2)} \sum_{j=0}^n \beta_{2,j,n+1} z_j, \\ z_{n+1}^p = z_0 - \frac{a}{\Gamma(q_3)} \sum_{j=0}^n \beta_{3,j,n+1} (x_j + y_j + z_j - \operatorname{sgn} x_j) \end{cases}$$

$$\alpha_{i,j,n+1} = \begin{cases} n^{q_i+1} - (n-q_i)(n+1)^{q_i}, & j=0 \\ (n-j+2)^{q_i+1} + (n-j)^{q_i+1} - 2(n-j+1)^{q_i+1}, & 1 \leq j \leq n, \\ 1, & j=n+1 \end{cases}$$

$$\beta_{i,j,n+1} = \frac{h^{q_i}}{q_i} (n-j+1)^{q_i} - \frac{h^{q_i}}{q_i} (n-j)^{q_i}, 0 \leq j \leq n, i=1, 2, 3.$$

2 分数阶双卷混沌系统复杂性演化仿真

本文运用亚当斯-巴什福斯-莫尔顿预估-校正有限差分法^[7,8]对系统(2)进行复杂性仿真研究. 设定 $q_1 = 0.97$, $q_2 = 0.91$ 和 $q_3 = 0.88$, 另取初值为 $(x_0, y_0, z_0) = (0, 0, 0.01)$. 当我们将 $a \in [0.6, 2]$ 调整时, 我们可以分别画出系统(2)中 x, y, z 的分岔图, 如图 2~4 所示. 从这 3 个分岔图可以发现, 系统(2)的复杂性随着我们对 $a \in [0.6, 2]$ 调整而发生相应的变化.

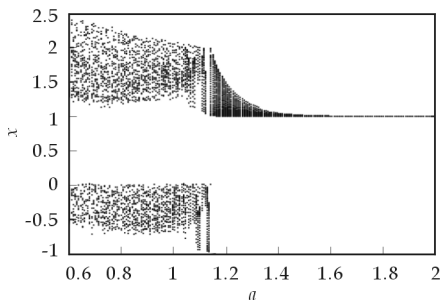


图 2 系统(2)的 x 随 a 变化的分岔图

若我们取 $a=0.9$, 系统(2)的相图如图 4 所示, x 的时间序列图如图 5 所示, 结合分岔图 2~4, 可以发现该系统变化比较剧烈, 正处于混沌状态。

若我们取 $a=1.17$, 系统(2)的相图如图 7 所示, x 的时间序列图如图 8 所示, 结合分岔图 2~4, 可以发现该系统在 $a=1.17$ 时处于拟周期性运动变化状态。

若我们取 $a=1.7$, 系统(2)的相图如图 9 所示, x 的时程图如图 10 所示, 结合分岔图 2~4, 可以说

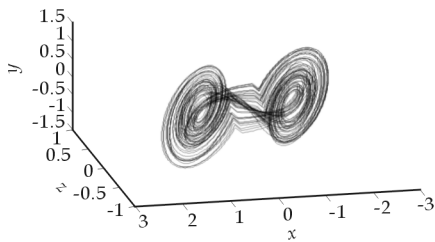


图 5 $a=0.9$ 时系统(2)的相图

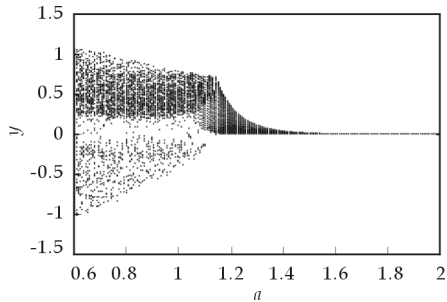


图 3 系统(2)的 y 随 a 变化的分岔图

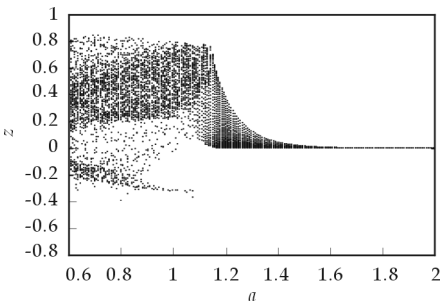


图 4 系统(2)的 z 随 a 变化的分岔图

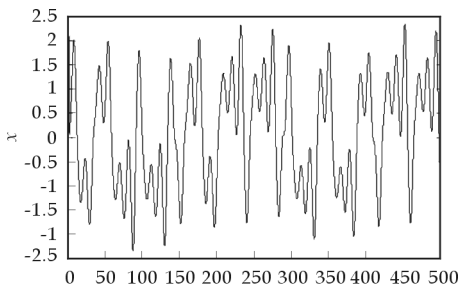


图 6 $a=0.9$ 时系统(2)中 x 的时间序列图

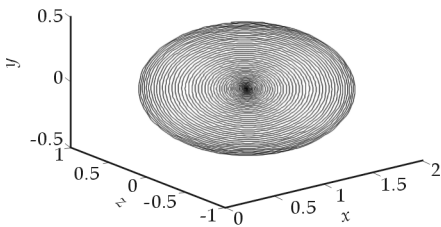


图 7 $a=1.17$ 时系统(2)中 x 的时间序列图

明当 $a=1.7$ 时该系统趋向于渐近稳定均衡状态。

总之, 当 a 从 0.6 向 2 变化时, 系统(2)经由不稳定的混沌状态、拟周期运动, 最后进入渐近稳定的均衡状态。

3 结束语

本文运用亚当斯-巴什福斯-莫尔顿预估-校正的有限差分的数值仿真方法, 通过分岔图、相图和时间序列图, 演示了分数阶双卷混沌系统的唯一参数 a 对其复杂性的影响, 得出了一些有趣的研究结果, 可以

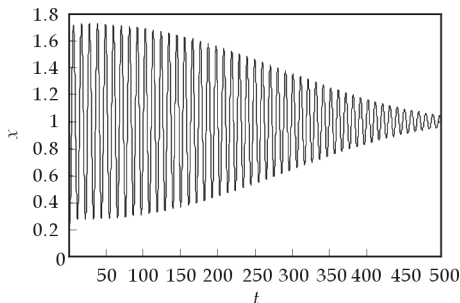


图 8 $a=1.17$ 时系统(2)的相图

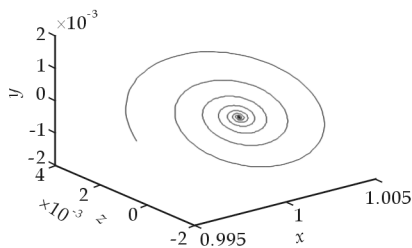


图 9 $a=1.7$ 时系统(2)的相图

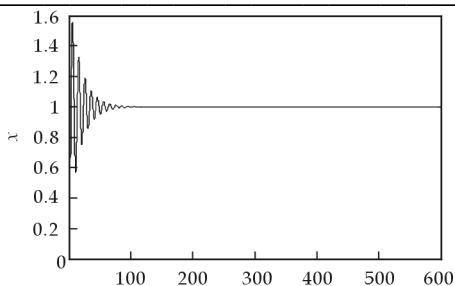


图 10 $a=1.7$ 时系统(2) x 的时间序列图

应用于保密通信等领域.

参 考 文 献

- [1] Puu T. Nonlinear Economic dynamics[M]. Springer Verlag, 1997.
- [2] Xin BG, Ma JH, Qin G. The complexity of an investment competition dynamical model with imperfect information in a security market[J]. Chaos, Solitons & Fractals, 2009, 42(4): 2 425-2 438.
- [3] Sprott J. Chaos and Time-series Analysis[M]. New York: Oxford University Press, 2003.
- [4] Huang D, Li H. Theory and Method of the Nonlinear Economics[M]. Chengdu: Sichuan University Press, 1993.
- [5] Elwakil A, Kennedy M. Construction of classes of circuit-independent chaotic oscillators using passive-only nonlinear devices[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications, 2001, 48(3): 289-307.
- [6] Podlubny I. Fractional Differential Equations[M]. Academic press New York, 1999.
- [7] Diethelm K, Ford N, Freed A. Detailed error analysis for a fractional Adams method[J]. Numerical algorithms, 2004, 36(1): 31-52.
- [8] Diethelm K, Ford NJ, Freed AD. A predictor-corrector approach for the numerical solution of fractional differential equations[J]. Nonlinear Dynamics, 2002, 29(1~4): 3-22.

ON THE COMPLEXITY EVOLVEMENT OF A CHAOTIC FRACTIONAL-ORDER DOUBLE-SCROLL SYSTEM

XIN Bao-gui^{1,2}, MA Jun-hai¹, CHEN Tong¹

(1. School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. School of Economics and Management, Shandong University of Science & Technology, Qingdao 266510, China)

Abstract: More and more researchers are fascinated by the complex dynamical behavior of the fractional-order dynamical system. The paper analyzes the stability of the fractional-order double-scroll system, and then simulates the generalized model's complexity with Adams-Bashforth-Moulton predictor-corrector scheme by using bifurcation diagram, phase portrait and history time-series.

Key words: fractional ODEs; chaotic double-scroll attractor; Adams-Bashforth-Moulton predictor-corrector scheme; complex dynamics

我校在第五届省大学生“知识产权杯”工业设计大赛获佳绩

第五届陕西省大学生“知识产权杯”工业设计大赛于日前揭晓比赛结果,我校共获一等奖 2 项、三等奖 4 项、优秀奖 3 项,并荣获“优秀组织奖”,获奖总数和层次均居参赛高校前列.

本届大赛由陕西省知识产权局、共青团陕西省委、陕西省学联共同主办,西安理工大学承办,自 2010 年 4 月启动以来,共收到来自全省 21 所高校的 714 件参赛作品,作品内容涉及家电、机械、家庭装饰及工业产品外形包装等领域.

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0093-03

软件生态系统的角色模型和质量模型

孙连山, 李 健
(陕西科技大学电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要: 软件生态系统打破了组织的界限,将不同的软件厂商组织起来共同为用户创造价值. 作者借鉴自然生态系统的概念,对软件生态系统概念进行了剖析,指出软件生态系统中的不同角色的期望和目标,并给出一个软件生态系统的质量模型,为不同角色理解、评价和管理软件生态系统奠定了理论基础.

关键词: 软件产品线; 软件生态系统; 角色模型; 质量模型

中图法分类号: TP311.52 **文献标识码:** A

0 引 言

随着软件复用技术的广泛应用、市场竞争的加剧,软件开发方式也随之悄然改变. 很多软件厂商 (Software Vendor) 不再单独完成某个软件产品的全部开发任务,而是通过诸如软件或服务外包、复用或定制商用软件构件和框架、集成开源代码等各种不同的方式将软件开发过程中的一部分工作交给其它厂商完成. 这种情况下,软件厂商不再单独存在,而是存在于一个相互依赖的软件厂商所构成的复杂网络之中,这种由多个组织构成的复杂网络以及维系他们联系的软件产品或服务构成了所谓的软件生态系统^[1,2]. 为了在软件生态系统中获得竞争优势,软件厂商需要正确地评价软件生态系统的质量,明确自己的角色和责任,制定正确的策略和战略. 本文借鉴自然生态系统的概念,对软件生态系统概念进行了剖析,指出软件生态系统中不同角色的期望和目标,并给出了一个软件生态系统的质量模型,为不同角色理解、评价和管理软件生态系统奠定了理论基础.

1 软件生态系统的角色模型

Bosch 等^[1]将软件生态系统定义为“使能相关生产或生活中各种用户活动和交易的软件解决方案以及提供这些解决方案的组织所共同构成的复杂系统.”Campbell 等^[2]将生态系统定义为“打破开发团体之间交流的屏障,允许多个开发团体进行协作和互操作的一个复杂系统.”生态系统的概念源于生态学,它是由生物群落和与之相互作用的自然环境以及其中的能量流动构成的系统. Dhungana 等^[3]指出现有软件生态系统的定义没有深入探讨软件生态系统和自然生态系统的概念内涵之间的映射,仅仅将构成软件生态系统的各类组织对应为生物群落,强调了生物群落和生物群落之间的相互作用,而没有讨论组织所处的环境以及组织之间能量流动的方式^[3],如可将自然生态系统中构成自然环境的水、光、空气、土壤等有限的、可消耗的资源类比为软件开发所必需的资金、时间、人员等由组织商业模型所决定的开发投入,而将自然生态系统中的能量流动类比为不同组织之间知识的传递. Dhungana 认为两类生态系统的不同之处在于知识是不会在流动过程中消失的,知识从 A 流到 B,则 B 获得了新知识,但 A 的知识却没有减少. Dhungana

* 收稿日期:2011-01-03
作者简介:孙连山(1977—),男,黑龙江省集贤县人,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)

虽然对自然和软件生态系统进行了深入的对比,但没有给出明确的定义.我们认为软件生态系统是“遵循各自商业模型、共享市场的各类组织在生产和消费各种软件制品和服务满足不断演化的用户需求的过程中所形成的复杂系统.”此定义蕴有 4 层含义,首先,软件生态系统必定跨越多个组织的边界,强调多个组织的相互协作,这是与传统的软件产品和软件产品线开发方法的一个显著区别;其次,软件生态系统中各组织间的依赖关系是围绕生产或消费承载着相关知识的软件制品和服务展开的;第三,各个组织所遵循的商业模型决定了它们生产或消费知识的方式;第四,这些组织共享市场,能够针对市场中用户需求的演化进行适应性调整,否则若软件生态系统中的软件制品和服务逐渐不再满足用户的需求,则其将逐渐老化乃至死亡.

各个组织相互协作和竞争,共同为软件生态系统吸引更多的用户和第三方开发组织、创造更多的价值而努力.在此过程中,各组织所扮演的角色不同,相互之间协作的形式也多种多样.下面分析软件生态系统的角色模型.

(1) 核心平台开发和维护者.现有的软件生态系统,如 Windows 生态系统、Linux 生态系统、Eclipse 生态系统等等均从一个核心软件发展而来,这个核心软件通常被称为平台.很多软件开发厂商取得第一步成功之后(占有市场,吸引大量用户),为获得更大的持续性的成功,开放平台的编程接口,允许第三方开发者扩展平台构造满足特定用户群体需求的解决方案,从而形成了软件生态系统.因此,软件生态系统中的核心平台往往是软件生态系统诞生的基础.核心平台的开发者所生产的知识将供所有第三方开发者和用户消费.

(2) 第三方软件解决方案开发商.由于核心平台开发者开放了编程接口,第三方开发者能够针对核心软件的用户群进行研发,对核心软件进行扩展,为核心软件的用户提供更多的价值.第三方开发者需要了解核心软件的编程接口,甚至系统架构才能对核心软件进行合理的扩展,开发出符合规范、保证质量且满足用户需求的解决方案.对第三方开发者而言,核心软件的开放性、长期发展规划、技术支持等都是影响其加入软件生态系统并良好发展的关键因素.反过来,第三方开发者的需求也将反馈到平台开发者,促进其对平台的升级和改造.

(3) 软件生态系统策略和战略制定者.软件生态系统所包含的各类组织具有自主性,这些组织相互协作或竞争实现各自的目标.这种协作和竞争需要遵守一定的策略或原则,才能有助于软件生态系统的发展和壮大,否则可能造成恶性竞争,最终导致软件生态系统的衰落.可能的策略或战略包括如何实施标准化活动、如何认证第三方开发者交付的软件解决方案,是否设立固定的交付渠道,是否为软件生态系统中的成员提供价格优惠、如何组织软件生态系统的成员会议实行民主决策等等.软件生态系统中的一些特殊成员承担着制定这些策略或战略的任务,称为策略制定者.例如 Eclipse 联盟的成员,在一定程度上共同负责制定 Eclipse 社区所必须遵守的策略或规则等.策略制定者需要能够评估各种策略对生态系统健康发展的作用.

(4) 软件生态系统管理框架的开发和维护者.软件生态系统中的各种软件解决方案由不同的开发者独立开发和管理,但却往往需要相互配合、集成在一个应用当中服务于用户.不同的用户均需要对产品进行定制和配置,选择不同的特征.因此,软件生态系统的解决方案在发布供用户使用之时均需要配置有公共管理框架,如 Firefox 和 Eclipse 的插件管理机制,Windows 的应用程序安装和卸载工具等等.一般,软件生态系统管理工具是核心产品的一部分,但也有些第三方的管理工具.

不同厂商可能同时在一个软件生态系统中扮演多个角色,也有可能从一个角色转化到另外一个角色.例如,第三方软件开发者若开发出扩展性较强的产品,则有可能转化成为一个新的软件生态系统的核心软件平台开发商.

2 软件生态系统的质量模型

软件生态系统将不同的软件厂商协同起来,为用户创造价值.软件厂商必须学会如何在生态系统中生存、发展和壮大.而其前提是对软件生态系统的认识和评价.本节初步讨论了软件生态系统的质量模型.

类比自然生态系统,软件生态系统最重要的质量就是可持续性^[3](Sustainability),即意味着其能够持续提供用户所需的价值,能够维持一定规模的用户和第三方开发者,保证一定的市场占有率.借鉴软件质量模型^[4]的设计经验,可以将软件生态系统的质量模型组织为一个层次结构,如图 1 所示.

软件生态系统的可持续性依赖于众多组织的紧密协作、市场需求、及时为用户提供更多、更好、价格更低的功能和服务.根据第一节给出的软件生态系统的定义,可以从商业模型、产品和组织协作等 3 个方面对软件生态系统进行评价.图 1 将软件生态系统的可持续性可进一步分解为商业质量模型、产品质量模型和协同质量模型.

软件生态系统的商业质量模型主要考察软件生态系统中的产品与主流商业模型的一致性、软件生态系统的规模和多样性、市场占有率等,如产品升级计划是否适应市场变化,最大限度地提高用户的粘度.

软件生态系统的产品质量模型则考察软件生态系统中各类软件解决方案的质量,除单个软件产品所必须具备的性能、安全、易用性、可靠性等质量属性之外,软件解决方案还须具有高度的可组装性和开放性,不但允许用户灵活地选择不同的软件解决方案组合扩展核心软件平台实现其个性化的需求,也为第三方开发者进一步扩展各个解决方案发展子生态系统奠定基础,如 Eclipse 中 EMF^[5]就是开放性较强的第三方解决方案, Eclipse 生态系统中已经形成了以 EMF 为核心的子生态系统.

软件生态系统的协同质量模型主要考察软件生态系统在支持多个开发团体协作方面的能力,如开发团体之间协同的灵活性、协同过程的成熟度、协同中是否支持民主决策、协同中出现问题的反馈周期、以及鉴定第三方开发者所发布软件解决方案的认证服务和发布管理服务等等.

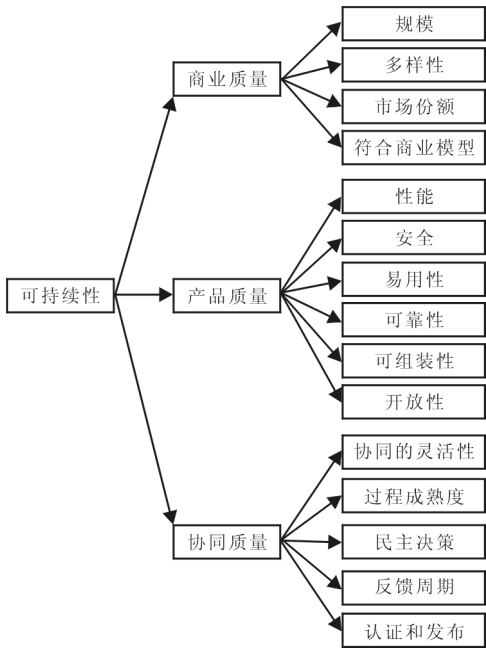


图 1 软件生态系统质量模型

3 结束语

作者从软件生态系统的概念入手,分析了软件生态系统的角色模型,并给出了一个评价软件生态系统的 质量模型,为不同的组织评价软件生态系统奠定了基础.

参 考 文 献

[1] Bosch, J. From software product lines to software ecosystems[C]. Proceedings of the 13th International Software Product Line Conference, 2009:111-119.

[2] Campbell, P. R. J., Ahmed, F. A three-dimensional view of software ecosystems[C]. Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume, ACM, 2010: 81-84.

[3] Dhungana, D., Groher, I., Schludermann, E., et al. Software ecosystems vs. natural ecosystems: learning from the ingenious mind of nature[C]. Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume, ACM, 2010: 96-102.

[4] B. Boehm. Characteristics of software quality[M]. North-Holland, 1978.

[5] Dave Steinberg, Frank Budinsky, Marcelo Paternostro, et al. EMF: Eclipse Modeling Framework, 2nd Edition[M]. Addison-Wesley Professional, 2008.

(下转第 99 页)

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0096-04

基于 PLC 的舞台灯光控制系统的设计与应用

孟宪坤, 李明辉

(陕西科技大学机电工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要: 介绍了舞台灯光照明系统的主要控制要求, 并根据其控制系统的要求, 以西门子 S7-200PLC 作为控制主机来控制灯光的变幻和进行管理, 并对其控制工作过程做了分析, 最终完成了舞台灯光控制系统的硬件及软件设计. 实际运行结果表明, 其控制稳定性好, 适应性强, 可靠性高, 可广泛应用于各种环境灯光系统的智能化控制.

关键词: 舞台灯光; PLC; 电机

中图法分类号: TP273

文献标识码: A

0 引 言

我国的环境灯光控制系统品种繁多, 主要可分为调光控制系统、开关控制系统和特殊灯具的专用控制器, 其中大多数调光控制系统是由舞台调光系统改造而成, 该系统没有克服原中央集中式控制系统的弊病, 不能广泛用于各种环境灯光系统. 多数开关控制系统的适应性也不强, 且它们的系统结构大相径庭, 通信协议和制式标准也不同, 无法兼容和互联; 有的系统还无法与保安、火灾报警、中央空调等系统集成控制^[1,2]. 因此, 采用先进的控制技术、计算机技术和通讯技术构建能够广泛适用于各种环境灯光系统的智能化控制系统是照明控制领域的发展方向之一. 为此, 作者设计了普适性很强的基于 PLC 控制技术应用于舞台灯光控制的系统.

1 舞台灯光照明系统设计的控制要求

舞台灯光的照明系统在设计 and 安装时的主要要求如下^[3,4]:

- (1) 舞台照明每一回路的可载容量(额定电流) ≥ 20 A, 使用容量(功率)一般按 2~4 kW 考虑.
- (2) 在舞台照明设备的供电系统中, 演出过程中可能频繁启动交流电动机, 当其启动冲击电流引起电源电压波动超过 $\pm 3\%$ 时, 宜采用与舞台照明负荷分开的变压器供电.
- (3) 灯光控制系统在电气设备运行中的安全设置:

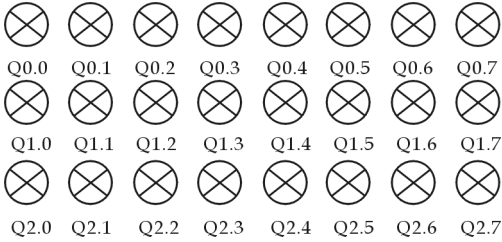


图 1 舞台灯的布置图

合理配置输出: 每个调光、直通输出一般有 1 只 32 A 的插座, 每个插座的 3 根导线长度应一致, 通过绞合而输出; 良好的接地: 为消除可控硅干扰, 使音、视频设备达到使用要求, 在灯光系统设计中选择较合理、实用的接地系统. 扩声系统和灯光系统都设有独立接地干线, 采用共用地极, 接地电阻 $\leq 1 \Omega$; 触电保护: 应采取 PE 线与相关回路相线一起配线的方式. 以减小零序阻抗, 保证在发生单相接地故障时保护装置可靠

* 收稿日期: 2011-02-20
作者简介: 孟宪坤(1984—), 男, 河南省睢县人, 在读硕士生, 研究方向: 电气控制及其应用

动作,保障人身安全;雷电防护:在变电所低压母线装设避雷器,调光灯光配电柜装设电涌保护器,防止舞台或附近建筑物遭受雷击时由于电磁感应、静电感应产生的过电流、过电压损坏调光柜及灯光控制计算机系统,保证调光柜及灯光控制计算系统安全。

(4)灯光系统电气线缆及线路敷设设置:

灯线和音、视频等信号线相互远离,相遇时须做 90°交叉且留有 0.5 m 距离,平行时间距设置大于 1 m;所有信号连接线缆均选用五芯屏蔽线,以防止干扰;电缆敷设时应将电磁干扰降低到最低程度,当采用电缆软管时,其长度不能超 1 m;动力或控制线路所用的多芯和屏蔽电缆的芯线易于按编号识别,少于 25 芯的电缆使用颜色代码。

2 舞台灯光系统的硬件设计

本文假设舞台灯使用 24 盏灯挂在舞台上,24 盏灯采用不同的变幻效果,如图 1 所示,根据舞台灯照明系统的要求及西门子 S7-200PLC 的设计选型^[1,5],该硬件使用 CPU226 的 Q0.0~Q2.7 控制灯的亮与灭,CPU226 的接线如图 2 所示,K1 为开始按钮,K2 为停止按钮。

聚光灯使用两个电机 M1 和 M2 来控制其在两个垂直方向上的移动,如图 3 所示.M1 控制聚光灯在 X 轴上移动,M2 控制聚光灯在 Y 轴上移动。

聚光灯的移动采用手动操作,如图 4 操纵杆推向某一方时,使相应开关闭合,控制信号输入 PLC,经运算后输出控制电机拖动聚光灯向相应方向转动.图中“L”表示向左,“R”表示向右,“F”表示向前,“B”表示向后。

数字量输出模块 EM222 与继电器的接线如图 5 所示;Q3.0~Q3.3 分别与 KM1~KM4 相连,控制电机的运转状态;Q3.4 与聚光灯 L0 相连,控制聚光灯的亮与灭,当 ON 开关闭合时,聚光灯亮,OFF 闭合时,聚光灯灭.电机控制均设为点动,电机 M1 控制聚光灯前后运动,电机 M2 控制电机左右运动,其接线图如图 6 所示,结合图 4 可得其工作过程如下:

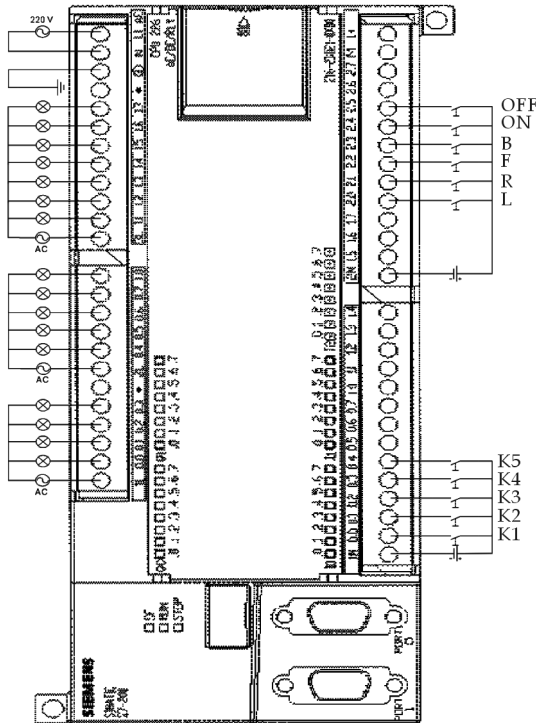


图 2 CPU226 接线图

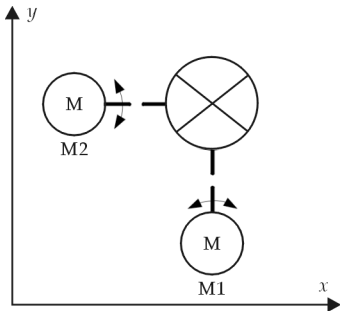


图 3 电机布置图

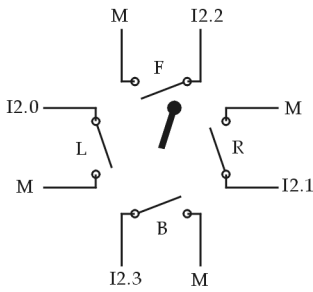


图 4 方向开关布置图

当 L 闭合时,继电器 KM1 动作,触点 KM1 吸合,电机 M1 正转,聚光灯向左移动;当 R 闭合时,继电器 KM2 动作,触点 KM2 吸合,电机 M1 反转,聚光灯向右移动;当 F 闭合时,继电器 KM3 动作,触点 KM3 吸合,电机 M2 正转,聚光灯向前移动;当 B 闭合时,继电器 KM4 动作,触点 KM4 吸合,电机 M2 反转,聚光灯向后移动。

3 舞台灯光系统的软件设计

根据舞台灯光的工作过程可得其控制指令符号表如图 7 所示。

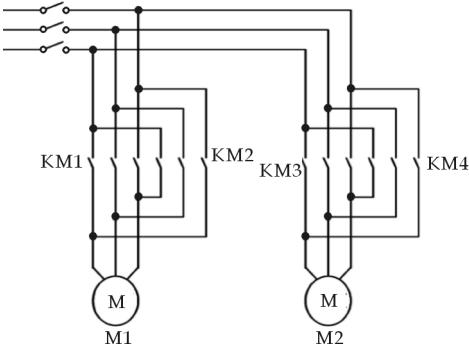


图 6 电场接线图

符号表中 Left 为聚光灯向左移动按钮,Right 为聚光灯向右移动按钮,Forward 为聚光灯向前移动按钮,Back 为聚光灯向后移动按钮,Start_L 为舞台灯启动按钮,Stop_L 为舞台灯停止按钮,Light_ON 为聚光灯启动按钮,Light_OFF 为聚光灯停止按钮,Row_1 为第一排灯启动按钮,Row_2 为第二排灯启动按钮,Row_3 为第三排灯启动按钮。

舞台灯光系统的软件主程序如图 8 所示,SM0.1 启动初始化自程序 SBR_0,初始化舞台灯变幻数据. Start_L 启动标志位 M20.0. Stop_L 停止标志位 M20.0. Row_1 启动第一排灯变幻程序 SBR_1,Row_2 启动第一排灯变幻程序 SBR_2,Row_3 启动第一排灯变幻程序 SBR_3. SM0.0 无条件启动电机控制程序 MOTOR. Light_ON 启动聚光灯,输出到

	Symbol	Address	Comment
1	Left	I2.0	
2	Right	I2.1	
3	Forward	I2.2	
4	Back	I2.3	
5	Start_L	I0.0	
6	Stop_L	I0.1	
7	Light_ON	I2.4	
8	Light_OFF	I2.5	
9	Row_1	I0.2	
10	Row_2	I0.3	
11	Row_3	I0.4	

图 7 控制指令符号表

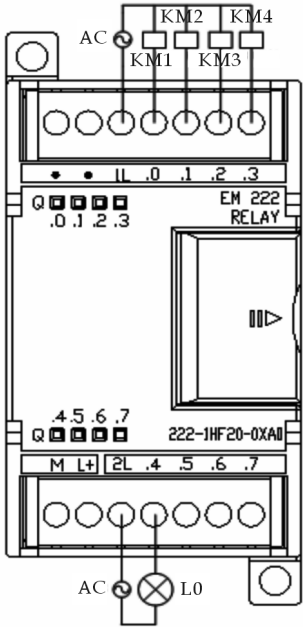


图 5 EM222 接线图

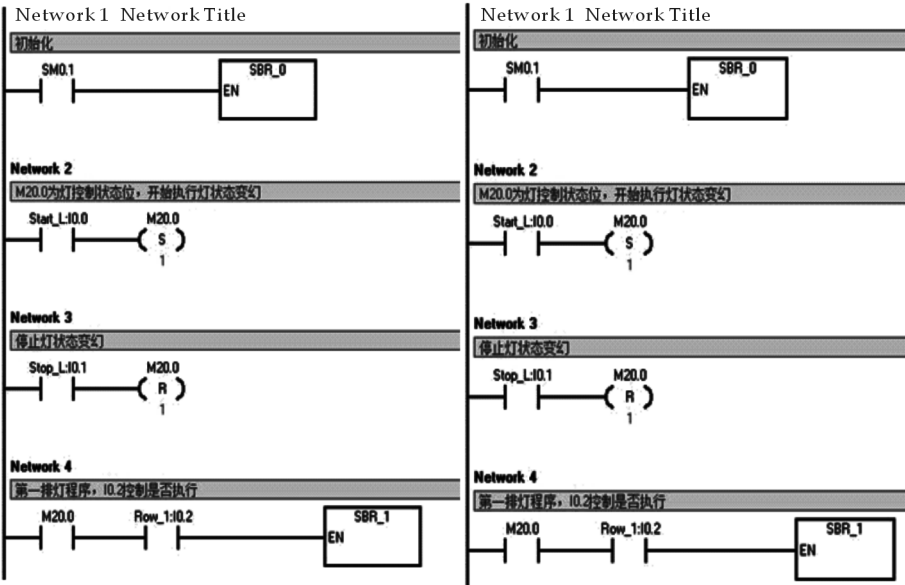


图 8 舞台灯光系统的软件主程序

Q3. 4, 并自锁, Light_OFF 解除自锁, 关闭聚光灯.

4 结束语

本文以西门子 S7-200PLC 作为控制主机控制灯光的变幻和进行管理, 完成了舞台灯光控制系统硬件及软件的设计, 该控制系统结构简单、控制性能稳定可靠、适应性强; 有完善的故障判断功能, 可为操作人员迅速排除故障提供方便; 系统输出的数据及时准确、完整, 极大地方便了操作与管理, 可广泛应用于各种环境灯光系统的智能化控制, 进一步推动了 PLC 控制技术在舞台灯光控制系统中的应用.

参 考 文 献

[1] 西门子有限公司. 深入浅出西门子 S7-200PLC[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
[2] 吴剑波, 倪 晓. 武汉琴台大剧院灯光系统综述[J]. 艺术科技, 2009, (4): 16-27.
[3] 柳得安, 金长烈. 舞台灯光系统工艺设计导则[J]. 艺术科技, 2010, (1): 37-47.
[4] 毕 雄, 林永福. 西安广电世纪园广电剧场数字化舞台灯光系统工程[J]. 演艺设备与科技, 2009, (2): 16-21.
[5] 詹有根, 任小蓉. PLC 景观灯光控制系统[J]. 艺术科技, 2003, (3): 3-5.

DESIGN AND APPLICATION OF STAGE LIGHTING CONTROL
SYSTEM BASED ON PLC

MENG Xian-kun, LI Ming-hui

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

Abstract: Describes the main control requirements of the stage lighting system, according to the requirements of the control system, take the Siemens S7-200PLC to the core as a control host to control the lighting changes and management, and analyzed its control processes, finally completed the design of hardware and software of the control system of stage lighting. The practical result shows that the control stability, adaptability, high reliability, can be widely used in various intelligent control of environments, lighting systems, and promote the development of the field of lighting control.

Key words: stage lighting; PLC; motor



(上接第 95 页)

A ROLE MODEL AND QUALITY MODEL OF SOFTWARE ECOSYSTEMS

SUN Lian-shan, LI Jian

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

Abstract: Software ecosystems break the boundary of organizations, and coordinate different organizations to work together to deliver more value to customers. Without a proper insight on software ecosystems and techniques to live in software ecosystems, traditional software vendors face a paradox of joining a software ecosystem or not. This paper analyzes the role model of software ecosystems and presents a quality model of software ecosystems, which serve as basis for understanding and evaluating software ecosystems.

Key words: software product line; software ecosystems; role mode

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0100-05

基于 PIC 单片机的医用 LED 手术灯设计

余阿陵¹, 陈显彬²

(1. 汕头职业技术学院机电工程系, 广东 汕头 515041; 2. 汕头高威电子有限公司, 广东 汕头 515041)

摘要:采用由多颗高亮 LED 构成的阵列组合,配合目前华润矽威科技(上海)有限公司新推出的 PT4115 绿色照明 LED 灯驱动电路,并通过 Microchip Technology Inc. 的单片机 PIC16F627 实现了 PWM 调光、定时控制等功能,从而设计实现了便于医院特殊环境下使用的高效节能、易操作、易控制的冷光源 LED 手术灯。

关键词:高亮度 LED; PWM; 占空比; 模式设定; 定时功能; 恒流 LED 驱动

中图法分类号:TP273+.5 **文献标识码:**A

0 引言

在各级政府采购招标网站上,医院手术灯设备中出现了一个新名词:“冷光源手术灯”。医院手术室环境使用的照明灯具过去为白炽灯、卤素灯等发热光源。在国家大力提倡环保节能的今天,医院手术照明也开始了向冷光源方向发展。半导体发光二极管(Light Emitting Diode, LED)以其饱满色光、无限混色、迅速切换、耐振、耐潮、超长寿和少维修等优势成为人们日常生活中最热门、最瞩目的光源。随着 LED 材料的革新、工艺的改进和生产规模的提高,LED 将成为新一代的绿色光源^[1]。医用手术灯出现的冷光源手术灯,正是引入了绿色光源的概念。而在医院手术环境下的防爆、高效能、易操作、易控制等特殊使用要求上,高亮度 LED 灯较同为冷光源的日光灯具有更加明显的技术优势。

1 系统设计要求

医院手术环境对手术灯操作要求如下:第一,操作面板应有电源开关键、功能选择键、增大(+)键、减小(-)键;第二,按“电源开关”键,可开或关照明灯。开时初始设定为“亮度设定”第 5 级,“程式设定”为“程式 1”;第三,连续操作“功能选择”键,可在“程式设定”、“亮度设定”中交替选择所需设定方式。其中,选择“亮度设定”,对应有“亮度”功能指示灯亮,操作增大(+)键、减小(-)键,可调手术灯亮度,调节范围分为 1~9 级;再则,选择“程式设定”,对应有“程式”功能指示灯亮,操作增大(+)键、减小(-)键,可选择 4 种程式之一,具体见表 1。

表 1 程式功能号与功能对应表

程式	功能说明
1	以设定亮度执行。
2	以设定亮度执行 2 h,其后自动关机。
3	以设定亮度起步执行,其后每小时亮度自动递增一级,直到最大亮度后保持。
4	以设定亮度起步执行,其后每小时亮度自动递增一级,直到最大亮度后 2 h 自动关机。

最后,“程式设定”选定后,操作“功能选择”键,回到“亮度设定”状态下开始以设定的程式运行。

* 收稿日期:2010-12-12

作者简介:余阿陵(1960—),男,湖北省武汉市人,讲师,研究方向:信号与系统、数据采集与传输、卫星电视接收机

2 硬件设计与工作原理

2.1 系统结构设计

系统结构框图如图 1 所示,以单片机配合设计要求的电源开关键、功能选择键、增大(+)键、减小(−)键等 4 个操作键及对应指示“亮度设定”、“程式设定”工作方式指示灯、数码管显示等,其中单片机完成高亮 LED 恒流驱动的 PWM 方式控制、定时控制,而高亮 LED 恒流驱动电路则完成高亮 LED 阵列的电流供给,同时通过 LED 电流检测电路自动调整高亮 LED 阵列电流大小,实现高亮 LED 阵列所要求的恒流驱动要求^[2].

2.2 硬件电路设计

硬件电路分为 2 个部分:第一部分为主控电路,由 PIC16F627 与 PT4115 组成,如图 2 所示;第二部分为高亮 LED 阵列电路,如图 3 所示.

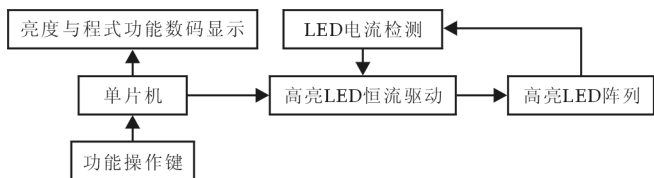


图 1 系统结构框图

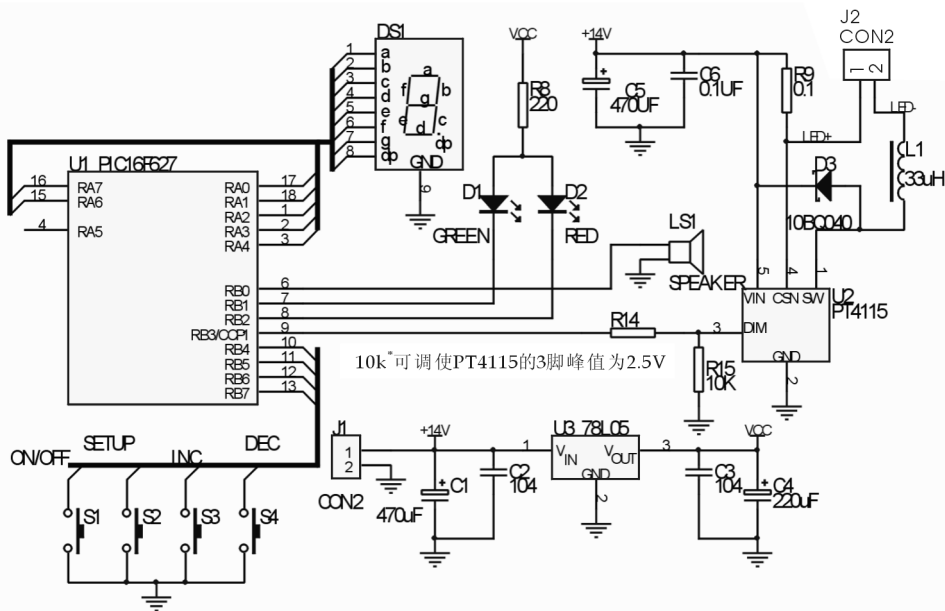


图 2 PIC16F627 控制的 PT4115 驱动电路

在第一部分中,单片机采用 Microchip Technology Inc. 的单片机 PIC16F627,其带有 PWM 工作模式^[3]. 利用其 PB 口的高四位设置为输入方式,连接电源开关键、功能选择键、增大(+)键、减小(−)键等 4 个操作键,按键操作低电平有效;使用其 PA 口完成静态 LED 数码管的显示;通过其 PIN⑨CCP1 脚产生 PWM 信号送高亮 LED 阵列恒流驱动 PT4115 的 PIN③DIM 端,实现亮度控制与定时控制;其 PIN⑦、⑧ 分别接到指示“亮度设定”、“程式设定”工作方式指示灯 D1、D2,便于在按键操作时,配合数码管 LED 完成相应功能设置指示;PIN⑥外接蜂鸣器,产生按键操作时的提示音. 而高亮 LED 驱动电路选用华润矽威科技(上海)有限公司新推出的 PT4115 绿色照明 LED 灯驱动电路,电路采用其数据手册所介绍的典型电路^[4-6],其 PIN①引脚所接 L1、D3 分别为续流电感、续流二极管,其作用为恒定高亮 LED 阵列的稳定电流;电流取样电阻 R_9 将高亮 LED 阵列工作电流取样后送入 PT4115 的 PIN④,由设定流过 LED 的电流 I_F , $R_9 = 0.1 / I_F$; 1 W 的白光 LED 的标准工作电流应为 350 mA,考虑到延长 LED 寿命和降低光衰、PT4115 的电流驱动能力等,由图 3 19 个 1 W 高亮 LED 组成 LED 阵列,选设 $I_F = 1$ A,则 R_9 取 0.1Ω ; PT4115 的开关频率采用抖频技术有效降低 EMI,省略了抗 EMI 电路^[4]. 由连接端 J2 连接高亮 LED 阵列

电路;电阻 R_{14} 、 R_{15} 为将单片机 PIC16F627 输出电平转换为 PT4115 DIM 端电平的分压,可依电路实测调整其大小。图 2 中的 U3 LM78L05 部分为单片机 PIC16F627 提供 +5 V 工作电源。

在第二部分电路中, $D_1 \sim D_{19}$ 为 19 只 1 W 高亮 LED 灯组成的四串五并组合阵列, $R_{20} \sim R_{24}$ 为各串间平衡电阻,可视需要调整其阻值大小; R_{1C2} 、 R_{2C3} 、 R_{3C5} 、 R_{4C7} 为第一串 LED 组合的串内动态平衡网络, $R_{5C1} \sim R_{18C19}$ 同理;二极管 $D_{00} \sim D_{03}$ 为代替最后一串 LED 组合中所减少的一只 LED 等效电路。

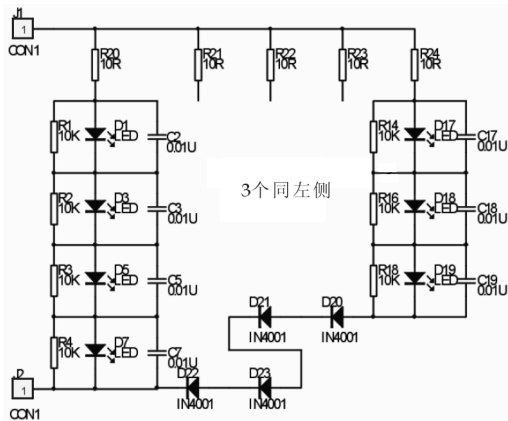


图 3 19 个 1 W 高亮 LED 组成的 LED 阵列

部自带 4 MHz 的 RC 振荡,将 PWM 信号周期通过程序设定在 1 kHz 左右,能够满足上述 PT4115 的调光要求。由如下程序段^[7]实现单片机 CCP1 初始化设置:

```
/////ccp1 初始设置
setup_ccp1(ccp_pwm);          //将 CCP1 给 PWM
setup_timer_2(T2_DIV_BY_1,0xFF,1); //定时器 2 进行全计数
```

由设计要求中要求调光亮度分为 9 个等级,通过如下程序语句,改变其中的 b 值大小就可实现占空比大小调整:

```
set_pwm1_duty(b);             //设定 PWM 信号占空比
```

在程序中,利用数学关系: $b=b \pm 90$,由初始亮度设定为第 5 级时,对应 $b=632$,而从第 1 级到第 9 级亮度对应的 b 值为 272~992,由参考文献^[7、8]知,对应占空比为:

$$\frac{b}{1024} \times 100\% = 26.6\% \sim 96.9\%$$

在程序中定时设定功能采用软件延时产生一个 10 ms 的标准信号,为产生标准 1 h、2 h 时间段控制,分别通过 2 个变量 c、e 进行软件减计数完成。

若要关断 LED 阵列电源,只需将 PWM 信号停止,在 PIC16F627 的 PINO9CCP1 脚输出低电平信号。

3.2 C 程序中单片机配置字设定与全局数据定义

以下为在 MPLAB IDE 环境下,使用 CSS 公司的 C 语言编译器编写的 C 程序时的单片机配置字设定、全局数据定义及数码管显示段码表数组:

```
#include<16f627a.h>
#fuses=0x1F10          //设置使用片内振荡电路为系统时钟、上电延时等
#use delay(CLOCK=4000000) //设置片内振荡电路为 4MHz
unsigned int a=5;       //亮度等级初始级显示设定
unsigned long b=632;    //占空比设定,初始设置在 62%
unsigned long c=7200;   //7200 代表两小时运行设定值
unsigned long e=3600;   //一小时运行设定值 3600
short PON;             //电源开关标志位设置
short mod=1;           //程式、亮度标志位设置
```

3 软件设计

3.1 PWM 产生及调整、定时、电源开关功能

由 PT4115 数据手册技术要求,其 DIM 端通过 PWM 调光,LED 的亮度是由 PWM 信号的占空比决定的。当 PWM 信号有 25% 占空比,LED 的平均电流为 $(0.1/RS)$ 的 25%。建议设置 PWM 调光频率在 100 Hz 以上,以避免人的眼睛可以看到 LED 的闪烁。PWM 调光比模拟调光的优势在于不改变 LED 的色度。PT4115 调光频率最高可超过 20 kHz^[4]。本电路中,因定时要求精准度不高,而 PWM 调光重点在于其占空比要求,因此单片机 PIC16F627 没有使用外接晶振,而是采用芯片内

```

unsigned int d=1;           //4 个程式方式初值
int const LED_SEG [10]={0x80,0x0C,0x97,0x9E,0xCC,0xDA,0xDB,0x0E,0xDF,0xDE};
                             //数码管显示段码表

```

3.3 主函数

主函数是运行方式自动运行的主体. 在其前段部分, 分别完成单片机各引脚输入输出的初始设定; 按键工作的中断条件允许; 前 3.1 所述的 PWM 信号初始设置. 对应该部分的 C 程序如下:

```

void main()
{
    setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
    set_tris_a(0);        //单片机 PA 口设为输出方式
    set_tris_b(0xF0);     //单片机 PB 口, 高四位设为输入、低四位设为输出
    port_b_pullups(TRUE);   enable_interrupts(INT_RB);    //中断允许
    enable_interrupts(GLOBAL); setup_ccp1(ccp_pwm);      //ccp1 初始设置
    setup_timer_2(T2_DIV_BY_1, 0xFF, 1);

```

其后是依条件运行部分, 这部分要依表 1 的要求分别实现 4 种程式功能, 同时为方便使用, 要求有按键操作时应有蜂鸣器发声等. 对应该部分的实现程序如下, 这里只给出在 $d=3$ 时的运行方式部分, 其他类似.

```

if(d==3)                //判定是否是程式方式 3
{
    delay_ms(1000);      //定时标下完成一小时的设定亮度 Hbled 工作
    e--;
    if(e==0)              //一小时, 计时满后, 亮度递增一级
    {
        a++; b=b+90;
        if(a==10)        //判定是否到达最高亮度级, 是则不在递增
        {
            a=9; b=992; e=3600; }    //重置 e 值为 3600
    }
    而在 PON=0 时, 将单片机的 PWM 输出停止并置于睡眠状态, 显示设置为待机状态.
    {
        output_A(LED_SEG[0]); set_pwm1_duty(0); output_bit(PIN_B1, 1);
        output_bit(PIN_B2, 1); output_bit(PIN_B0, 0); sleep(); }

```

3.4 按键操作函数

按键操作函数为单片机 PB 口高四位操作识别处理的中断函数, 分别有 PIN_B7 对应的电源开关键 (在开操作时, 重新初始化全局数据); PIN_B6 对应的程式、亮度标志交换选择; PIN_B5 对应的程式、亮度数增; PIN_B4 对应的程式、亮度数减操作. 对应简化的 C 程序如下:

```

void isr_cos()
{
    if(! input(PIN_B7))
    {
        PON=~PON;
        if(PON==1)          //如重新开启 PWM 到 PT4115
        {
            ..... ;        //省略重置 a、b、c、d、e、mod、PON 部分内程序内容
        }
        if((! input(PIN_B6))&&(PON==1))    //若在开启 PWM 后在 PIN_B6 按键操作
        {
            mod=~mod;        //程式、亮度标志交换选择
            if((mod==0)&&(PON==1))    //若在开启 PWM, 且为程式选择下
            {
                output_bit(PIN_B1, 1); output_bit(PIN_B2, 0);    //置对应指示灯
            }
            if(! input(PIN_B5))    //若有加操作, d 值加 1, 最大到 4
            {
                ..... ;        //省略, 同理在 PIN_B4 有减操作时, d 值减 1, 最小到 1
            }
            output_A(LED_SEG[d]);    //数码管显示所选程式功能号
            if((mod==1)&&(PON==1))    //若为开启 PWM, 且为亮度选择下
            {
                .....        //此处省略加减操作部分, 原理同前程式选择
            }
        }
    }
}

```

```
output_A(LED_SEG[a]);}} //数码管显示所选亮度级
```

4 测试结果

对上述电路与程序的验证采用实物与在 PROTEUS ISIS 仿真环境下测试,分别用 PROTEUS 下的 VSM 示波器与实物波形测试其 PWM 波形.如图 4、图 5 为分别在“亮度设定”第 1 级、第 9 级所测的波形.



图 4 最低亮度下 PWM 仿真波形



图 5 最高亮度下 PWM 仿真波形

从波形上可以看出其占空比与设计内容是一致的.在实物测试上,通过操作键:电源开关键、功能选择键、增大(+)键、减小(-)键等电路均正常完成相应“亮度设定”、“程式设置”、功能切换等功能,高亮度 LED 阵列的亮度变化范围等都很好的达到了设计要求,同时实现了前述表 1 中的各项程式方式运行要求.

参 考 文 献

- [1] 孙宏亮,杨晓光. LED 照明设计与选型若干问题的探讨[J]. 电气应用,2009,12:14-17.
- [2] 陈 琨,贾沛德. 医用手术灯微机控制系统设计[J]. 微型电脑应用,2009,7:17-18.
- [3] PIC16F627A/628A/648A data Manual[Z]. Microchip Technology Inc,2005.
- [4] PT4115-EN-BRIEF[Z]. Crpowtech (Shanghai) Co., Ltd,2007.
- [5] 王志远,霍彦明,谭俊庭. LED 灯具智能驱动系统设计[J]. 灯与照明,2010,1:25-28.
- [6] 郑久云,韩志刚,罗胜钦. 白光 LED 的应用与驱动[J]. 现代显示,2009,8:43-46.
- [7] [日]后闲哲也. PIC 单片机 C 程序设计与实践[M]. 常晓明译. 北京:北京航空航天大学出版社,2008:293-303.
- [8] 江 和. PIC16 系列单片机 C 程序设计与 PROTEUS 仿真[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2010:137-153.

A DESIGN OF LED SURGERY LAMP BASED ON PIC MCU

YU A-ling¹, CHEN Xian-bin²

(1. Department of Mechanical and Electrical Engineering, Shantou Polytechnic, Shantou 515041, China; 2. Shantou Goworld Elect. Co., Ltd, Shantou 515041, China)

Abstract: In this paper, a control circuitry using HB LED group array, combined with the up-to-date PT4115 green lighting LED lamp driver provided by China Resources Powtech (Shanghai) Co., Ltd., and with the single-chip microprocessor PIC16F627 provided by the Microchip Technology Inc., is presented. The circuit has implemented features such as PWM dimmer, timing control, etc, for the high energy-efficiency, easy operation, and control of cold light LED surgery lamps under the specific environment of hospitals.

Key words: high brightness (HB) LED; PWM; duty cycle; mode setting; timer; constant-current LED driver

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0105-03

基于 ZE5 和 uC/OS-Ⅱ 的快速开发平台的实现

张 力

(四川省委党校研究生部, 四川 成都 610072)

摘 要: 采用 ZE5 SoC 和 uC/OS-Ⅱ 实时操作系统构建了单片机的快速开发平台, 利用 ZE5 SoC 的可配置系统逻辑(CSL), 开发者仅仅通过软件配置就可以实现多种硬件逻辑模块. 在此硬件平台的基础上移植 uC/OS-Ⅱ 实时操作系统可为开发者提供一个快速灵活、可定制的单片软硬件开发环境, 从而节约时间和成本.

关键词: 单片机; ZE5; SoC; uC/OS-Ⅱ

中图法分类号: TP312 **文献标识码:** A

0 引 言

在单片机上开发较复杂的应用系统, 常常需要经历确立开发方案、开发硬件、开发底层软件(必要时需要操作系统)、开发应用软件的过程, 这不仅耗费了大量的时间, 而且由于前期缺乏明确的可评估的软硬件平台从而增加了开发风险. 随着单片机片上系统的成熟以及实时操作系统技术的发展, 采用基于单片机片上系统和实时操作系统来搭建单片机的快速开发平台将大大提升开发效率并降低开发的风险和成本. 本文研究了如何利用 ZE5 SoC 和 uC/OS-Ⅱ 来构建单片机的快速开发平台.

1 ZE5 SoC 和 uC/OS-Ⅱ 实时操作系统简介

ZE5 系列可定制微控制器是由美国 Triscend 公司研发的一款基于 8051/52 系列 CPU 的 SoC(System on Chip). Triscend 在 2004 年被 Xinlix 公司收购, 目前中国境内由 Zylogic 公司推广 ZE5 系列产品. ZE5 SoC(system on chip)的突出特点在于除了提供基于 8051 的微控制器外还内嵌可配置系统逻辑(CSL), 开发者仅仅通过软件配置就可以实现多种硬件逻辑模块, 例如 UART、SPI、FIFO、ROM 等等, 这为快速灵活的开发和测试基于 8051 单片机的硬件方案提供了可能性.

uC/OS-Ⅱ 是著名的源码公开的实时操作系统, 自从 1992 年发布以来在世界各地都获得了广泛的应用, 它是一种专门为嵌入式设备设计的内核. 尤其值得一提的是, 该系统自从 2.51 版本之后, 就通过了美国 FAA 认证, 可以运行在诸如航天器等对安全要求极为苛刻的系统之上. 鉴于 uC/OS-Ⅱ 可以免费获得代码, 对于嵌入式 RTOS 而言, 选择 uC/OS 无疑是最经济的选择^[1].

开发基于 ZE5 和 uC/OS-Ⅱ 实时操作系统的快速开发平台, 可以为开发者提供一个快速灵活、可定制的 51 单片机软硬件开发环境, 从而节约时间和成本.

2 基于 ZE5 和 uC/OS-Ⅱ 快速开发平台的实现

2.1 选用的开发环境

软件开发平台: Keil uVision3 Ver 3.5; Triscend FastChip Ver 2.2. 主要硬件: ZE505S16-25L(CPU)、

* 收稿日期: 2010-12-08
作者简介: 张 力(1976—), 男, 四川省乐山市人, 讲师, 硕士, 研究方向: 嵌入式系统、电子政务、电子商务

SST39LF040(FLASH)、MAX208CWG(RS232 收发器). 操作系统:uC/OS-Ⅱ Ver 2.61.

2.2 硬件方案

ZE5 系列芯片的典型结构如图 1 所示.

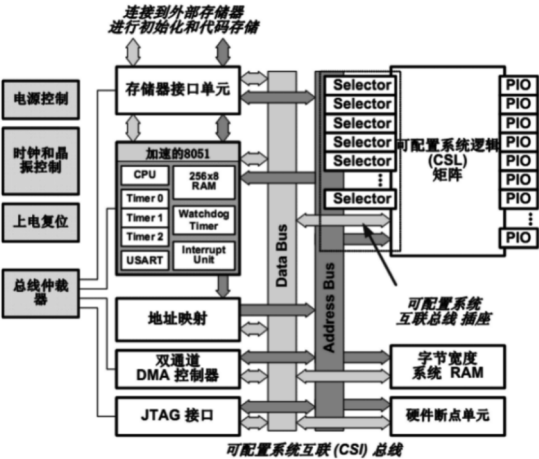


图 1 ZE5 系列芯片结构

ZE5 可配置微控制器在一个器件上集成了一个增强性能的 8051 微控制器、一个大的 SRAM 块、一个高速的专用系统总线以及紧密连接在处理器和系统总线上的可配置逻辑^[2].

ZE5 是基于 FPGA 技术的 SoC 芯片,但它并不需要专门的配置芯片,只需一片串行或并行普通 FLASH 用于存放 FPGA 逻辑和 8051 用户代码即可. ZE5 系统使用并行加载方式比串行加载方式更快且更可靠.

一般的 8051 系统需要搭配程序空间存储器以及数据空间存储器才能构成一个完整可用的基本系统. 在 ZE5 内部内置有至少 16 kB SRAM 作为数据空间存储器,所以无需外接 SRAM.

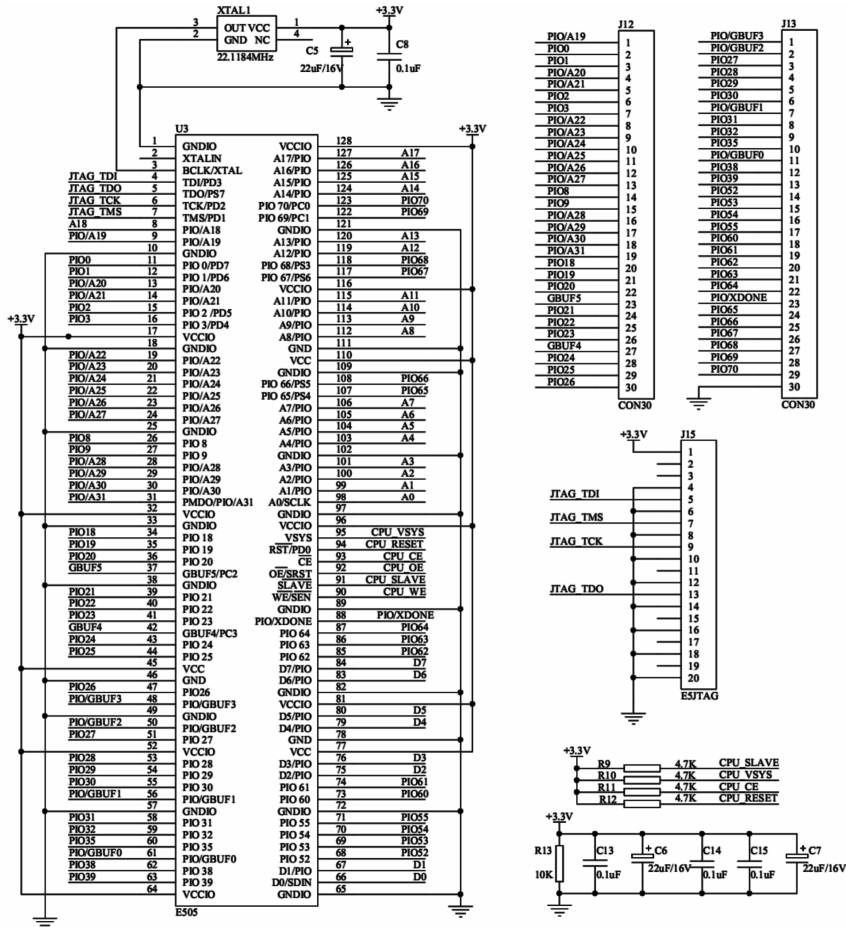


图 2 ZE505S16-25L 原理图

由于 ZE5 内置有可配置逻辑(CSL),结合 ZE5 系统的集成开发环境 FastChip,只需通过简单的鼠标拖放操作就能够实现多种硬件逻辑模块,例如 UART、FIFO、SPI、ROM 等. 在本文中实现了一个 UART 功能.

ZE5 的启动过程如下:首先系统上电复位,而后 ZE5 从上述并行 FLASH 中加载 FPGA 逻辑到内部空间,直至 FPGA 逻辑生效后 ZE5 开始从上述 FLASH 中读取 8051 代码并开始运行用户程序。

综上所述,一个基于 ZE5 的最小系统无需外接 SRAM,只需外接一片 FLASH 作为存放 FPGA 逻辑及 8051 用户代码即可。本系统的 CPU 选用 ZE505S16-25L,外接并行 FLASH 选用 SST39VF040。由于 ZE5 实现的 UART 属于 LVCMOS 电平,要和 PC 机通讯必须将其转换为符合 RS232 规范的电平,因此本系统中选用了一片 MAX208CWG 实现上述功能,完成和 PC 机通讯。

2.3 硬件原理图

硬件的部分原理图如图 2~图 4 所示。

3 uC/OS- II 移植到 ZE505

uC/OS- II 在设计之初已经充分考虑了代码的可移植性,其大部分代码用 C 语言编写,但是仍然必须修改部分代码以保证在不同的处理器上能够正确运行。

uC/OS- II 软件的体系结构如图 5 所示^[3]。

可以看出,要将 uC/OS- II 移植到 ZE5 平台,只需修改 OS_CPU.H,OS_CPU_A.ASM,OS_CPU_C.C 3 个文件即可。有关 uC/OS- II 移植到 51 系列 CPU 的文章有很多^[4,5],这里不再赘述。

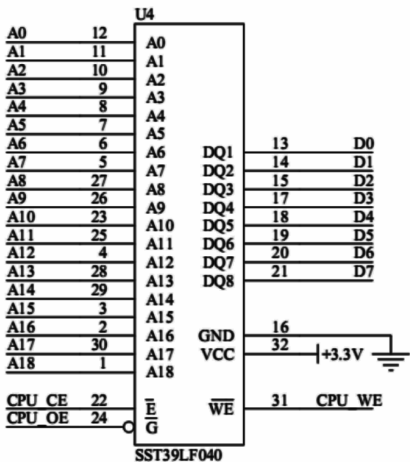


图 3 SST39F040 原理图

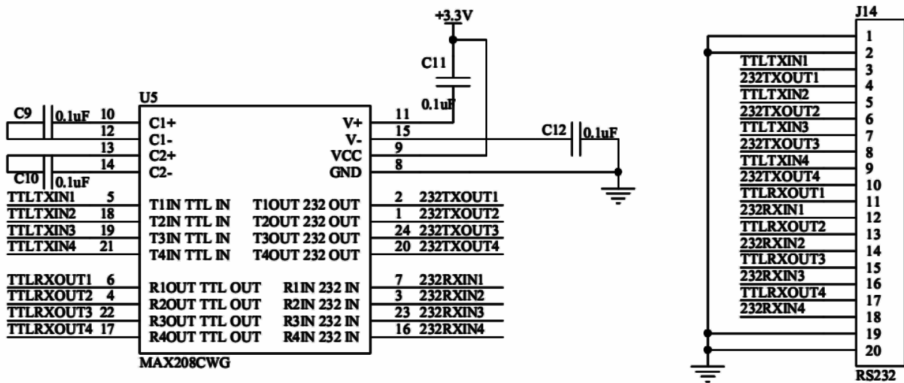


图 4 RS232 原理图

为了保证移植代码的可靠性,在 ZE505S16-25L 上实现了一个 UART,编写了严格的测试程序并通过 PC 机超级终端软件验证了移植代码的可靠性。

4 结束语

采用基于 ZE5 和 uC/OS- II 的开发平台能够快速灵活地建立复杂的应用系统。目前基于 uC/OS- II 和 ZE5 平台的快速开发系统已经很好的应用在新项目方案的评估当中,在实际使用中取得了较好的效果。

(下转第 121 页)

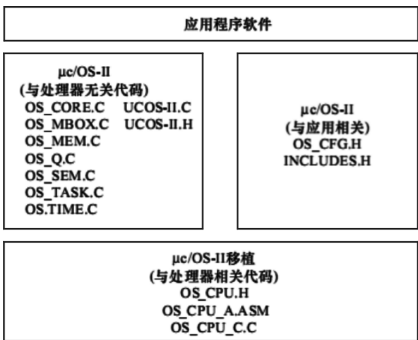


图 5 uC/OS- II 软件体系结构

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0108-05

基于 TinyOS 的温室环境检测系统研究

吴其洲, 姚舜才, 王忠庆

(中北大学信息与通信工程学院, 山西 太原 030051)

摘 要:传统的温室环境检测通常通过有线传感器来获得信号,但很多情况下温室现场不便于进行有线测试.为了解决这一问题,作者基于近年来出现的无线传感网络技术构建了小型的无线传感网络,并运用基于嵌入式系统 TinyOS 的结构化编程语言 nesC 编制了系统的软件,实现了对温室中温度和光照两个参数的无线实时检测.通过仿真和现场实验证明本系统运行有效可靠.

关键词: 温室环境检测; 无线传感网络; TinyOS; 嵌入式系统; nesC

中图法分类号: TP274+.5 **文献标识码:** A

0 引 言

在农业生产中,温室环境的监控是一个非常重要的内容.温室是农业生产中需要进行采光的建筑,因此,温室的采光性是一项很重要的指标.而与此同时,温室内的温度、湿度的变化也需要加强监控.一般的温室环境监控系统由有线传输并通过工业总线构成网络来实现,这一方法适用于便于敷设传输线的场合.然而,在很多情况下温室现场的情况很难于敷设信号传输线.这样一来,有线传输的监控系统就很难达到系统所要求的目的了^[1].近些年来,无线传感网络及其接入技术有了一定的发展,并应用在了很多场合.

本文运用新型的集成传感器(无线传感节点)tmote Sky 对温室的环境情况进行采样和检测,构成了小型的无线传感监控网络.在此无线传感检测系统平台上,应用专用无线传感系统 TinyOS 及其编程语言 nesC 编写了相应的无线节点模块,并使用 LabWindows 软件作为用户检测界面,实现了在温室环境监控系统的集成化.

1 系统的硬件平台构成

本温室环境监控系统从本质上来讲是一个无线传感网络的系统,与普通的无线传感网络一样,如果要实现信号在一定距离上能够进行可靠的监控,则整个无线传感网络需要尽可能的降低能量消耗.故而,对于节点的传感器件,以及整个无线网络节点所使用的硬件模块装置必须满足低功耗的要求.基于以上的总体考虑,本文选用了由美国 Moteiv Corporation 公司所生产的 tmote Sky 作为本无线传感网络的节点. tmote Sky 是工业级,用于无线传感器网络、监控系统等领域的低功耗无线传感节点模块,它使用 USB 口线并按 IEEE 802.15.4 标准协议构成.在此模块上包含有微处理器、无线传输/接收、天线、外部闪存以及传感器 5 大部分,此外还预留了若干扩展接口线.模块的微处理器部分由 TI MSP430 构成,具有 8 通道的外部 and 内部 A/D 转换口,使用 USB 口线与上位计算机通信;无线传输/接收部分使用 CC2420 芯片,这是一款基于 IEEE 802.15.4 标准协议的芯片,可以提供 PHY 和 MAC 功能,是非常可靠的无线传输芯片;

* 收稿日期:2011-02-28
作者简介:吴其洲(1978—),男,山西省太原市人,讲师,在读博士生,研究方向:信号与信息处理
基金项目:国家自然科学基金项目(基金号:61071193)

tmote Sky 的天线内置,可在室内覆盖 50 m 的范围以及在室外覆盖 125 m 的范围;外部闪存使用 ST M25P80 芯片,这种芯片具有 1 M 的数据存储空间,与微处理器之间通过 SPI 总线相连^[2]. 在 tmote Sky 上还集成了 3 种传感器 SHT11,分别是温度传感器、光传感器以及湿度传感器,用户可以根据不同的系统需要进行选用. 根据本系统的现场情况及实际需要,作者选用了温度传感器及光传感器,这两种集成传感器模块可以被外部校准,同时也具有数字量输出的功能,校准参数均被存储在 E2PROM 中. 温度和光传感器的各项指标如表 1 所示.

系统硬件平台在进行安装调试之前应该首先对传感器进行校准和一些必要的处理,具体的处理方法是采用节点厂家所提供的相关校准程序以及校准参数对传感器进行校准和测试,然后可利用公式(1)对温度传感器所采集和转化后的数字量进行折算,这样便得到了校准后的电压值:

$$DV_{CC}=\frac{ADCCounts}{4\ 096}\times V_{ref}\times\frac{2R}{R}\tag{1}$$

在进行温度监控和实施数据采样时,该模块规定了采样时间必须大于 30 μs. 由于 tmote Sky 的光传感器是采用了 Hamamatsu 公司的传感器,故具体的数据可在 <http://www.hamamatsu.com> 网站找到.

进行完上述的工作以后就可以将 tmote Sky 模块的夹具安装在温室内的需要检测的位置,由于此时还没有对本系统中传感器网络中的各个节点的 tmote Sky 进行编程,可先安装夹具,并不加装 tmote Sky 节点.

2 系统的监控软件构成

由于本系统是一个无线传感器网络的系统,因此在系统软件的设计上选用了一种专门针对无线传感网络的操作系统——TinyOS 作为软件编程平台. TinyOS 嵌入式系统是一个开源的操作系统,它是由美国加州大学伯克莱分校开发的,主要在无线传感网络等方面应用,整个软件采用了一种基于组件的软件架构方式. TinyOS 嵌入式系统在构建一个无线传感网络时需要一个与计算机相连接的基站,以便向各个节点发出信息,控制各个节点的工作状态,并收集和处理各节点所采集到的相关信息. TinyOS 软件在控制台基站发出管理和监控的相关信息,然后由各个终端节点通过树形网络以及中继节点进行信息的互相传递. TinyOS 嵌入式系统提供了很多编程组件以及应用程序(这些资源主要在 tinyos-1. x/apps 子目录下),并使用“任务排队,事件驱动”的编程模式^[3].

在进行系统编程时,主要使用 nesC(network embedded system C)编程语言,这种语言是类 C 的高级结构化编程语言,是对传统 C 语言的进一步扩展. nesC 语言主要由“架构”(Configuration)和“模块”(Module)组成,此外还有各种相应的“接口”(Interface)和其他的一些组件.

本系统的软件置于 TinyOS 嵌入式编程软件 cygwin/opt/tinyos-1. x/apps 的子目录下,共计有 3 个文件夹文件,其中两个文件夹文件是分别用来进行温度和光照的数据信息采集和进行无线传送的,另外一个文件夹文件是实现无线传送的中继功能的. 这是因为在实际的环境参数测试和数据传输过程中,如果单纯使用温度、光照采集单元电路以及无线传送单元电路并不能将所有节点所采集的信息送至基站中控台,必须使用中继节点,以便增强信号的强度和延长其传输的距离.

在环境参数测试采集和信息无线传送的文件中,包含了一个“架构”(Configuration)和一个“模块”(Module),另外还有相应的硬件支持平台文件、系统的配置文件以及相应的自述文件. 在系统总的“架构”下,温度监控总共使用了 6 个子“架构”、3 个“模块”和 5 个“接口”. 整个无线传感网络系统的“架构”及“模

表 1 传感器的各项参数

传感器类型	参数	最小值	典型值	最大值	单位
温度传感器	分辨率	0.04	0.01	0.01	℃
		0.07	0.02	0.02	F
		12	14	14	bit
	重复性	±0.1			℃
		±0.2			F
	范围	-40		123.8	℃
		-40		254.9	F
光传感器	波长响应范围	320		730	nm
	波长感应峰值			560	nm
	温度参数	0.01		123.8	%/℃

块”之间的关系如图 1 所示。

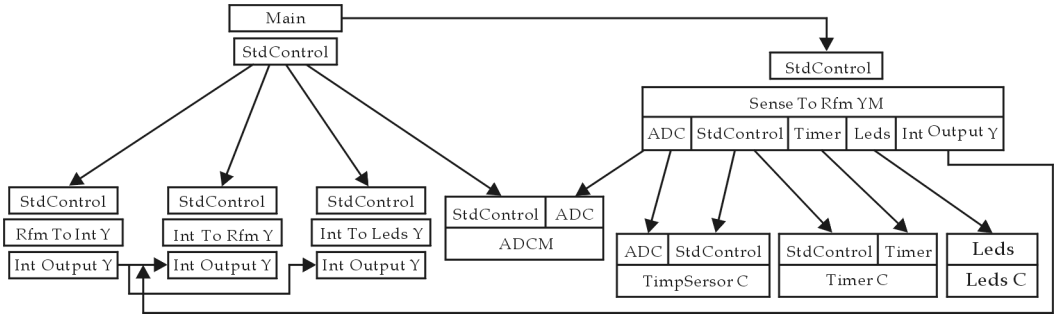


图 1 温度采集与传送文件的结构图

在将系统及其各模块之间相互关系进行合理的安排后,还必须对该系统的各个模块进行基于 nesC 语言的编程. 这些编程工作主要集中在“模块”——SenseToRfmYM 上,这个模块的核心任务主要是完成温度检测、越限报警以及进行无线传输上. 其核心指令语句如下:

```
.....
task void TempRfmTask () {
uint16_t TValue;
atomic{
TValue = Stadvl;
}
async event result_t ADCY, dataReady(uint16_t data) {
atomic{
Stadvl = data;
}
post TempRfmTask ();
return SUCCESS;
}.....
```

这段 nesC 程序中设置了温度采集和传输的“任务”——task void TempRfmTask (),并没有带回任何返回值,程序中使用了“接口”IntOutputY 中的“指令”output 和 ADCY 的“事件”dataReady. 首先,系统要进行数据采集和节点地址的确认,在确认成功基础上,将相应的检测值以及节点的地址发送出去. 在系统中,无线射频输入输出模块相应的软件子目录:cygwin/opt/tinyos-1. x/tos/lib/counters 的 IntMsg. h 文件必须按照系统的网络构成方式进行相应的修改^[4].

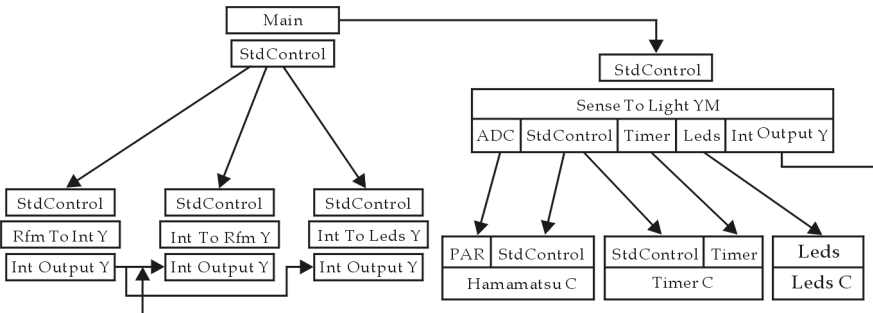


图 2 光采集与传送文件的结构图

在光的强度采集及其无线射频传送的文件中,同样也包含了一个“架构”(Configuration)以及一个“模块”(Module),此外还有硬件平台支持文件、系统配置文件以及自述文件. 在系统的总架构下,光强度监控文件共应用了 5 个子“架构”、2 个“模块”以及 6 个“接口”. 整个无线传感网络系统的“架构”及“模块”之间的关系如图 2 所示.

在光强度监控的这部分软件程序中,需要调用包含在 tos/platform/telos 子目录下 Hamamatsu. h 的

头文件,而其他的软件程序构建大致与温度监控部分的软件程序相似^[5]。

系统中,无线射频传送的中继功能文件仅包含一个“架构”的硬件平台文件、系统配置文件以及自述文件。在总的系统架构下,本监控系统共应用了 3 个子“架构”、2 个“接口”。整个系统的“架构”及“模块”之间的关系如图 3 所示。

这部分的软件指令相对来讲都比较简单,兹不赘述。

3 系统的温度监控实验与结论

在整个系统的初步编程和调试进行完称后,须进行仿真模拟实验。本文所采用的仿真工具是 TinyOS 的专用仿真模拟工具 Tossim,这种仿真工具具有准确、完备以及适于连接和仿真、模拟大规模无线传感网络等特点。本系统应用这种仿真工具对系统的运行情况进行了仿真模拟。仿真试验结果表明,整个系统运行正常。

在系统的仿真试验进行完毕以后,就投入了整个系统的现场实际调试,系统总共投入 20 个节点,分布于受测温室的不同位置。TinyOS 是一种非图形化的嵌入式系统,它本身只提供检查采集信号的相关指令,而对于采集回来的信号是不能够直接直观地表示出来的。为了使技术及管理人员对于温室环境的总体情况有一个清晰的了解,在接收相应的信号后,本系统采用由 LabWindows 软件进行编程,并提供了友好的用户界面。该人机接口界面是基于串口通信的一种图形化界面。进行监控操作时,首先须在一个 tmote Sky 的节点上下载 opt/tinyos-1. x/apps/TOS-Base 的程序,并将改程序载入上位计算机的 USB 口,将上位机作为通信基站^[6]。由于 LabWindows 软件提供了一种串口通信界面,因此系统在进行信号采集时应首先将基站的 USB 接口口虚拟为一个串行通信的接口。将系统所要求的波特率、采样时间等参数按照系统的相关要求设定完全以后,开启系统界面,就可读出由无线传感网络的各节点送回的温室中温度的实时信息,如图 4 所示。同时,也可以显示出接收到网络各节点送回的光强度实时信息,如图 5 所示。

在本系统中,tmote Sky 的硬件平台上虽然提供了湿度检测单元,但由于目前在 TinyOS 中仍没有相应的调理电路模块,因此本系统没有对湿度进行相应的监控。在整个试验的过程中,无线传感网络监控系统运行稳定、正常、可靠,达到了用户所要求的各项指标。

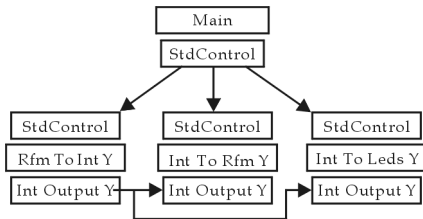


图 3 中继文件的结构图

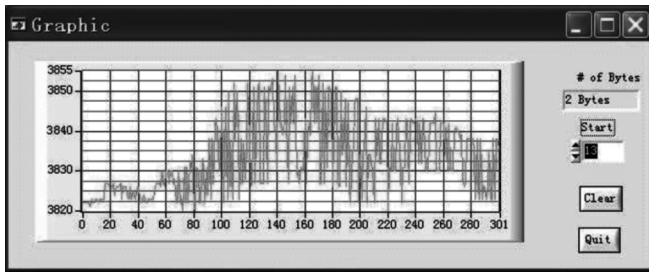


图 4 基站收到的某节点的温度信号

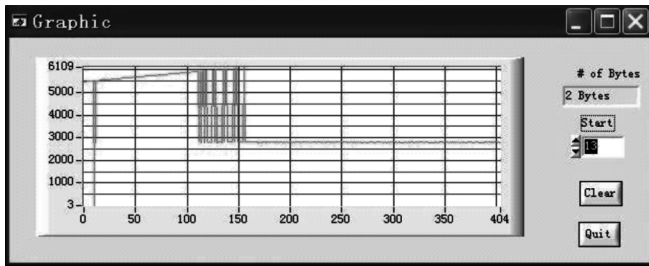


图 5 基站收到的某节点的光照信号

参 考 文 献

[1] M. Rabbat and R. Nowak. Distributed Optimization in Sensor Networks[Z]. IPSN, Berkeley, CA, 2004.
[2] <http://www.moteiv.com>[EB/OL], 2010-09-20.
[3] <http://www.crossbow.com>[EB/OL], 2010-11-17.
[4] R. Willett, A. Martin, R. Nowak. Backcasting: Adaptive Sampling for Sensor Networks[R]. Proceedings of IPSN, 2004.
[5] J. Aldrich, C. Chambers, D. Notkin. Architectural Reasoning in ArchJava[R]. European Conference on Object Oriented Pro-

gramming (ECOOP), 2002.

- [6] R. Szewczyk, A. Mainwaring, J. Polastre, *et al.* An Analysis of a Large Scale Habitat Monitoring Application[R]. Proc. of Sen-Sys '04, 2004.

A KIND OF CONSERVATORY ENVIRONMENT DETECTING SYSTEM BASED ON TINYOS

WU Qi-zhou, YAO Shun-cai, WANG Zhong-qing

(School of Information & Communication Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: It is usually by cable transmission to get the environment signals of conservatory in traditional. Mostly, it is unsuitable to use the cable detection in practical conservatory cites. In order to solve the problem, this paper configures a kind of small wireless sensor network system. And, using the configuration language nesC, which is based on the embedded system TinyOS, gets the system application software. The conservatory environment real time detection comes into reality. It is proved to be effective and reliable.

Key words: environment detection of conservatory; wireless sensor network; TinyOS; embedded system; nesC

(上接第 88 页)

参 考 文 献

- [1] 龚德利, 张慧敏, 骆德发. 离心泵性能测试装置及其控制系统[J]. 上海应用技术学院学报(自然科学版), 2002, (3): 174-178.
[2] 孔凡瑜. 泵专业标准汇编[S]. 中国通用机械泵行业协会, 1992.
[3] 李鲁予. 通用水泵自动测试系统的研制与应用[J]. 科技咨询导报, 2007, 8: 48-49.
[4] 赵立新, 李志斌, 吴紫峰, 等. 压差测量仪在水泵扬程测试中的应用[J]. 传感器技术, 2001, 20(2): 35-36, 39.
[5] 曹爱红. 水泵综合参数自动测试系统的研究[D]. 兰州: 兰州理工大学硕士学位论文, 2006.
[6] 力昌兵. 微机水泵综合参数测试系统的研究与开发[D]. 合肥: 合肥工业大学硕士学位论文, 2002.
[7] 余晓明, 王明福. 水泵性能全自动测试系统设计与研制[J]. 流体机械, 1999, 27(12): 25-27.
[8] 查 森. 叶片泵原理与设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 1988.
[9] 关醒凡. 现代泵技术手册[M]. 北京: 宇航出版社, 1995.

DESIGN AND EXPERIMENT DEVICES ADOPTION FOR THE DATA ACQUISITION MODULE OF THE AUTO-TEST SYSTEM OF WATER PUMP

CAI Li-quan

(Department of Environment and Equipment, Fujian University of Technology, Fuzhou 350000, China)

Abstract: The data acquisition module of the auto-test system of water pump was studied in the paper. The design plan was presented according to the requirements of design. The adoption of the experiment devices for the data acquisition module was verified. The final adoption was: LWGY turbine flowmeter, EAJ 110A Pressure Transducer, NJ torque and rev measurement instrument with NC computer-based torque device and 8902F three-phase electronic parameter measurement instrument.

Key words: water pump; auto-test system; data acquisition module; measurement instrument

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0113-05

基于数字化校园平台的一卡通系统的设计与实现

戴莹, 李坤伦
(长安大学教育技术与网络中心, 陕西 西安 710064)

摘要:“数字化校园”建设工作的重点是将校内成熟的、运行良好的异构系统逐步统一整合。鉴于学校财务统一管理的需求以及一卡通系统在校园网内的广泛应用,作者设计开发了基于数字化校园平台的一卡通系统,详细介绍了长安大学数字化校园和一卡通系统的总体架构及设计方案,并针对一卡通系统与数字化校园平台关联的实现提供了技术解决方案,对其他院校从事该领域研究具有一定的借鉴意义。

关键词:数字化校园;一卡通系统;图书馆管理系统;信息门户平台

中图法分类号:TP393.07 **文献标识码:**A

0 前言

数字化校园建设是基于计算机网络技术,将学校从环境(包括网络、设备、教室等)、资源(诸如图书、讲义、课件等)到活动(包括教、学、管理、服务、办公等)逐步数字化,形成一个数字空间,通过设立统一的用户管理、资源管理及权限控制等方式,达到“网上办公、网上管理、网上教学、网上服务”的目的,将学校建设成超越时间、空间的数字化校园。

校园一卡通系统是以非接触式 IC 卡作为身份认证、信息储存、储值消费及信息传递的介质,依托计算机数据库、网络通信技术,使校园内各项管理子系统有机地衔接起来。它取代了传统的管理模式,集学生证、工作证、身份证、借书证、医疗证、会员证、就餐证、钱包、电话卡、存折等功能于一卡,体现了“一卡在手,走遍校园”的理念,加强了校内资源共享,减少了重复建设的投入。实现校园信息管理及消费服务方式的智能化和数字化,是当前高校数字化校园建设的重要组成部分及关键切入点,同时也是数字化校园中信息采集的基础工程之一。本文仅针对长安大学一卡通系统的设计与功能实现进行了相关的研究与探索,希望对大家有所帮助。

1 长安大学数字化校园建设的总体架构

长安大学数字化校园建设的总体技术架构为在校园网络的基础设施层、基础服务层之上,以应用支撑层为基础架构,应用系统层关键业务系统为核心,其所有应用在“信息门户层”中集中展现,构建面向服务、安全可靠、操作便捷、规范统一、灵活可扩展的数字化校园,为学校的教学、科研、管理提供全面的人性化服务。

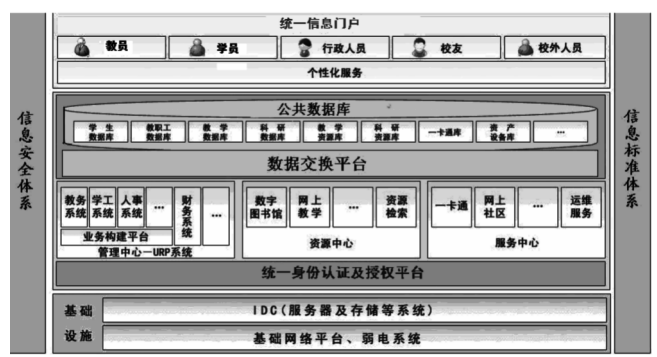


图 1 长安大学数字化校园总体架构

* 收稿日期:2010-12-21
作者简介:戴莹(1968—),女,浙江省温州市人,实验师,研究方向:计算机网络管理

数字化校园的支撑平台包括信息门户平台、统一身份认证与授权平台和公共数据库 3 大平台,其中信息门户平台位于数字化校园体系结构中的最上层,实现数字化校园各应用系统与用户的交互服务过程,给师生提供一个访问信息化服务的统一入口,是数字化校园对内服务的窗口;统一身份认证与授权平台提供统一管理多个应用系统的用户和身份认证功能,该系统的使用满足用户不需记忆不同的密码及身份,仅通过信息门户平台即可实现单点登录,为统一构建的业务系统提供一致的权限服务模型,整体上避免了重复投资;公共数据库是对数字化校园中各种结构化数据,包括数据库、数据仓库、数据集市中的数据进行统一管理的平台,采用统一的数据交换平台集成全校异构数据,公共数据库的建设将统一学校各业务系统的数据标准,整合各应用系统的共享数据信息,为上层综合应用提供一致准确的数据来源和积累。

2 基于数字化校园平台的一卡通系统设计

一卡通系统是数字化校园建设中的基础平台和重要应用,因此在设计上必须服从于数字化校园的总体规划,该系统不仅是消费系统,同时还应具备身份识别及管理功能,与学校数字校园建设相结合,建立统一的用户身份信息库,为与其它应用系统的互连互通打好基础。

2.1 一卡通系统的建设目标

通过与已有的公共数据库、统一身份认证平台、信息门户平台预留的扩展接口进行平滑对接,实现数据共享,完成与数字化校园公共服务平台的有机整合,最终实现用户身份识别、消费服务、金融、信息服务及自助业务的一卡通。

2.2 一卡通系统构架

一卡通系统的设计应遵循安全性、同步性及可扩展性原则,从网络通信系统、主机操作系统、数据库平台系统、应用系统、卡及终端设备等多个方面确保系统及数据的安全;同步性应实现全局实时同步反应时间小于 1 秒,更改账户信息实时生效,存款、开户/撤户、挂失、解挂、更改密码等账户操作 30 秒内实时生效,转账金额实时生效;系统建设需遵循标准化原则,采用三层标准结构,软硬件系统具有可扩展性,便于系统的扩展及升级,所有接口开放、公开,提供源代码,便于第三方系统的接入。

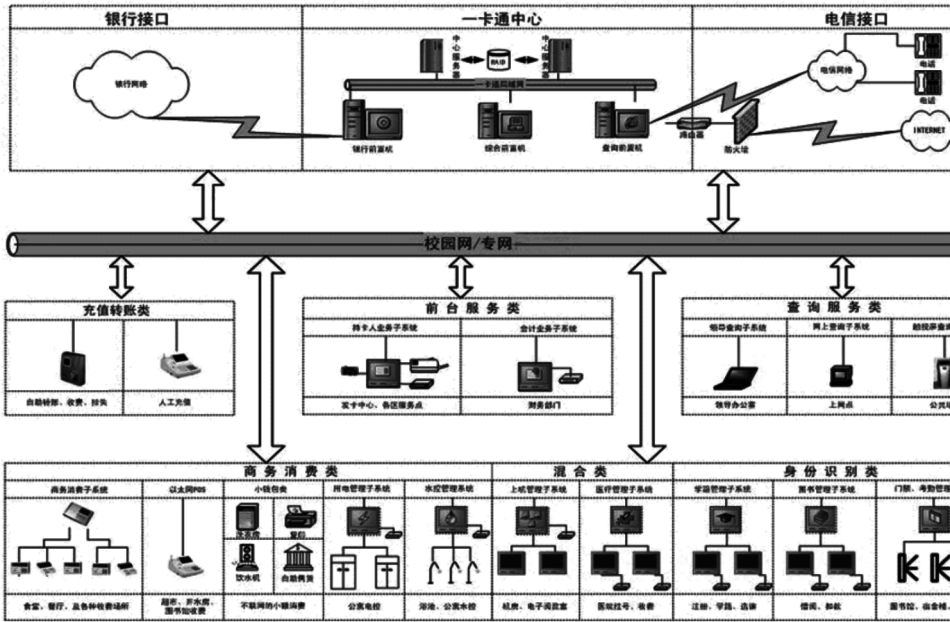


图 2 一卡通系统结构图

长安大学一卡通系统的建设涉及 3 个层面,即一卡通中心平台、一卡通前置系统及一卡通应用。一卡通前置系统包括财务转账核算系统、综合信息服务查询系统;一卡通应用包括卡务中心、食堂消费、门禁

管理、水控管理、学生宿舍电控管理、教工自助购电、班车管理、数字迎新(含老生注册功能)、综合离校、会议签到、通用场馆管理及其它缴费管理等 15 个应用子系统。其中一卡通中心平台建设是一卡通系统建设的重点所在,其涵盖一卡通数据中心、用户身份认证及权限管理子系统的建设,最终达到以后台服务的方式完成登录工作站的身份验证及操作员身份、操作权限验证;提供结账、对账等金融服务,完成人员身份信息的更新及同步服务。其中人员身份信息更新是整个一卡通系统的关键所在,其所有数据都来源于校园公共数据库,下面将对此进行着重介绍。

2.3 一卡通系统与公共数据库之间的数据同步策略

对于任何一张中间表数据,公共数据平台拥有完全的读写权,同时也是同步信息的最新版本。而一卡通系统对数据仅仅拥有 update 字段的写权限以及其他字段的读权限,其数据同步策略可根据如下的字段内容自行决定,也可参照提供的建议实施同步策略。在此过程中,每一个中间表都包含 3 个字段,具体如表 1 所示。

表 1 一卡通与公共数据库同步数据标记表

字段中文名	字段名	类型长度	举例
版本号	Version	number(6)	0(1000)
有效标记	yxbj	char(1)	‘0’:标记当前记录是否有效。“1”为有效,“0”为无效;
同步版本	update	number(6)	0(500)

其更新和同步策略如表 2 所示。

表 2 一卡通与公共数据库数据同步策略表

	数据操作	查找范围	对应的标状态变化
公共数据平台更新	新增		Version=‘1’ and yxbj=‘1’
	修改		Version=version+1
	删除		Version=version+1 and update=‘0’
一卡通同步	同步所有		update=version
	同步最新	Version> update	update=version
	同步新增	update=0	update=version

一卡通系统通过更新 update 即可实现数据同步和状态记录。公共数据平台添加人员信息时,首先根据人员进行人员分类,将人员分为学生、教工及外来人员 3 大类,并把对该数据的操作保存在相对应的学生、教工、外来人员的中间表中,以供一卡通身份管理系统使用,中间表内保持业务数据的最新状态,一卡通身份管理系统自行决定采用何种策略来保持同步,信息同步后需及时更新 update 字段内容,其数据流程如图 3 所示。



图 3 公共数据库到一卡通数据流图

整个数据集成是通过 oracle Oracle data integrator 工具实现。下面以学生表为例,对数据集成过程中进行简要说明。

学生表结构如下:

```
Create table 学生基本信息
drop table tra_students cascade constraints;
create table TRA_STUDENTS
(
  ID                VARCHAR2(32) not null,
  NAME              VARCHAR2(30) not null,
  SEX               VARCHAR2(1) not null,
  PID               VARCHAR2(40) not null,
```

STUDENT_NO	VARCHAR2(20) not null,
BIRTHDAY	VARCHAR2(8),
CERTIFICATE_NO	VARCHAR2(20),
CERTIFICATE_TYPE	VARCHAR2(16),
ENTRANCE_DATE	VARCHAR2(8),
COUNTRY	VARCHAR2(3),
FOLK	VARCHAR2(2),
ZHENGZHI	VARCHAR2(2),
NATIVEPLACE	VARCHAR2(40),
XUEZHI	NUMBER(5),
XIAOQU	VARCHAR2(30),
BH	VARCHAR2(32),
MAJOR_SET_ID	VARCHAR2(32),
DEPARTMENT	VARCHAR2(32) not null,
ADDRESS	VARCHAR2(60),
ZIPCODE	VARCHAR2(6),
PHONE	VARCHAR2(100),
EXPIRE	VARCHAR2(8)
VERSION	NUMBER(6),
YXBJ	CHAR(1),
UPDATE	NUMBER(6) ,
)	
;	

当公共数据库有一条新增数据时,version 字段赋值“1”,yxbj 字段赋值“1”,update 赋值“0”;一卡通系统一旦判断 update 为“0”,即开始进行数据同步,并将 update 赋值为“version”;当公共数据库有一条更新数据时,version 字段赋值“vision+1”,yxbj 字段值保持不变,update 赋值不变;一卡通系统一旦判断 update 小于 version,即开始进行数据同步,并将 update 赋值为“version”.

3 一卡通系统与数字化校园平台关联的实现

校园一卡通系统依托数字化校园平台,使校园内各项管理子系统有机地衔接起来并逐步完成与网络收费系统、图书馆管理系统及医院管理系统等校园业务系统的对接,最终以校园卡替代以往各种证件的使用,充分发挥其电子钱包的强大功能.下面以长安大学图书馆管理系统与一卡通系统对接方案为例,详细介绍一卡通系统与数字化校园平台关联的实现.

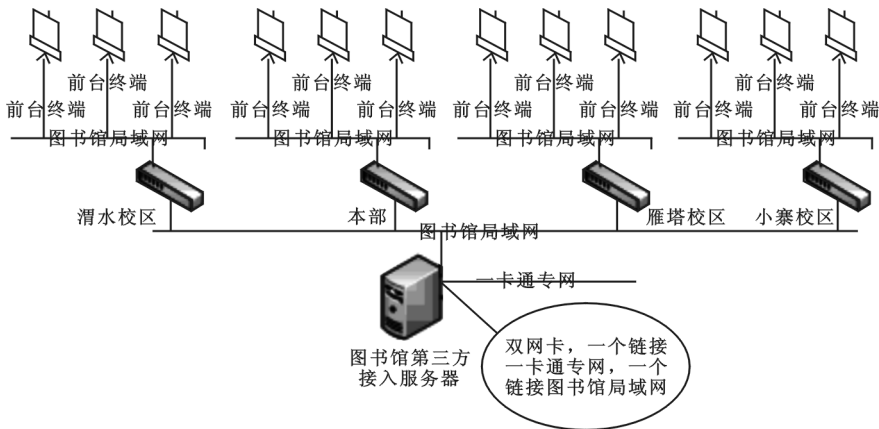


图 4 图书馆管理系统与一卡通系统集成架构图

一卡通系统与现有图书管理系统实现无缝连接,使用校园卡取代图书证,需更换原有的图书卡读卡器,使之能够阅读校园卡,并与现有图书借阅管理系统对接,其与校园一卡通系统是通过紧耦合方式进行集成。

在集成中,图书馆需提供学号、教工号与图书馆汇文系统所用证件号的对应关系表;第三方接入服务器需安装图书馆应用软件,维护人员根据具体的图书馆及用户需求做设定;图书馆需提供具体商户数目并及时开户,以便于超期用户及时缴纳罚款。对接服务器应为双网卡,同时连接图书馆局域网以及一卡通专网。

图 4 中,图书馆系统结构不变,只需在其网络中添加一台第三方接入服务器,这台服务器同时连接一卡通专网。功能上,第三方服务器的作用是将图书馆读者的证件号码(学号或教工号)传递到一卡通的后台数据库,进行身份确认或交易流水(超期罚款),以完成校园卡代替借书证的功能。其流程如图 5 所示。

图 5 中,图书馆数据库和一卡通数据库进行了数据库对接,即读者拥有校园卡,并且图书馆数据库中有该读者的信息,则该读者可以借书;若系统提示无证件号码,说明该读者没有借阅权限,则需办理借阅手续。

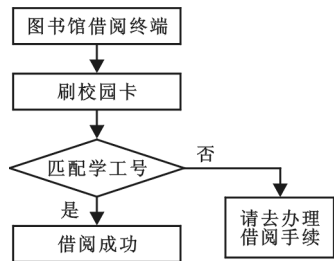


图 5 图书馆一卡通借阅流程图

4 结束语

一卡通系统建设是数字化校园建设的基础平台和重要应用,该系统不仅是消费系统,同时还需具备身份识别功能和管理功能;一卡通系统应与数字化校园的公共数据库、统一身份认证平台及门户平台完成平滑对接,通过预留扩展接口实现数据共享,建立起安全稳定、功能全面、扩展灵活、管理方便的以校园卡为媒介的综合服务平台,为广大师生员工的教学、科研、管理及生活提供便捷的电子化服务,实现“一卡在手,走遍校园”的构想。

参 考 文 献

- [1] 段智敏,王如龙,孙美青. 基于一卡通的数字化校园资源整合研究[J]. 计算机工程与科学, 2008, 30(1): 8-11.
- [2] 林葱,蔡秀珊. 校园一卡通系统的总体设计和实现[J]. 中国教育信息化, 2007, (7): 49-52.
- [3] 王天亮,陈刚,徐宏炳. 基于共享数据库的数据共享技术[J]. 计算机工程与设计, 2007, 4, 28(8): 1 923-1 926.
- [4] 史 鑫,朱巧明,李培峰,等. 面向数字化校园的共享数据库中心的设计[J]. 苏州大学学报, 2006, 7, 22(8): 37-41.
- [5] 宋文功,杨培敏. 数字化校园与校园一卡通如何实现关联[J]. 中国防伪报道, 2008, (8): 38-40.
- [6] 邓 英. 数字化校园建设中公共数据整合方案研究[J]. 电脑知识与技术: 学术交流, 2008, (2): 589-591.

ONE CARD SYSTEM DESIGN AND FUNCTION REALIZATION BASED ON THE DIGITAL CAMPUS PLATFORM

DAI Ying, LI Kun-lun

(Network Information Center, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: “Digital Campus” building work is to focus on school mature, well-progressive unification of heterogeneous system integration, unified management view of the financial needs of schools, as well as the one card system widely used within the campus network, design has developed the one card system based on the digitized campus platform. This article introduced in detail our school digitization campus and one card system’s overall construction and the design proposal, and aims at the one card system and digitized campus platform connection realization, which provide a reference for someone who engaged in this domain research work in other colleges and universities.

Key words: digital campus; one card system; library management system; campus portal platform

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0118-04

基于直方图均衡化的数字图像增强技术

高均立

(西安航空技术高等专科学校电气工程系, 陕西 西安 71007)

摘 要: 讨论了直方图均衡的图像增强原理并对原理进行了证明,介绍了处理数字图像增强的具体过程和算法,以一个对比度较小的图像为实例得到其直方图,按照该算法对图像灰度的直方图进行均衡使其近似均匀分布,处理后图像的对比度得到了明显改善.

关键词: 图像增强; 直方图均衡; 累积直方图; 灰度

中图法分类号: TP391.41 **文献标识码:** A

1 直方图均衡化的设计方法及思想

图像增强技术不考虑图像降质的原因,而衰减掉不需要的图像信息. 图像增强的方法主要有两大类: 空间域法和频率域法. 空间域法主要是在空间域直接对图像的灰度系数进行处理; 频率域法是在图像的某个变化域内对图像的变换系数值进行某种修整,然后通过逆变化获得增强图像. 频率域法属于间接增强的方法,低通滤波、同态图像增强均属于该类; 空间域法属于直接增强的反复法,它又分为灰度级校正、灰度变化和直方图修正,直方图均衡属于空间域单点增强的直方图修正法.

如果获得的一幅图像的直方图效果不理想,则可以通过直方图均衡化处理技术做适当修改,实现使图像清晰的目的,这种方法的基本思想是对原始图像中的像素灰度做某种映射变换,使变换后的图像灰度的概率密度均匀分布. 几何变换后图像是一幅灰度级均匀分布的图像,这意味着图像灰度的动态范围得到了增加,从而可提高图像的对比度. 例如,一幅对比度较小的图像,其直方图分布一定集中在某一比较小的范围之内,经过均衡化处理后的图像增加了图像的动态范围和对比度.

为了研究方便,用 r 和 s 分别表示原始图像灰度和变换后的图像灰度,即 $0 \leq r \leq 1, 0 \leq s \leq 1$ (0 代表黑, 1 代表白),在 $[0, 1]$ 区间内的任一个 r 值都可以产生一个 s 值,且 $s = T(r)$, $T(r)$ 为变换函数. 为使这种灰度变换具有实际意义, $T(r)$ 应满足下列条件: (1) 在 $0 \leq r \leq 1$ 区间, $T(r)$ 为单调递增函数. (2) 在 $0 \leq r \leq 1$ 区间, 有 $0 \leq T(r) \leq 1$. 这里,条件(1) 保证灰度级从黑到白的次序,条件(2) 保证变换后的像素灰度仍在原来的动态范围内.

由 s 到 r 的反变换为

$$r = T^{-1}(s) \quad (0 \leq s \leq 1)$$

(1)

这里 $T^{-1}(s)$ 对 s 也满足条件(1) 和(2).

由概率论知,若原图像灰度级的概率密度函数 $P_r(r)$ 和变换函数 $T(r)$ 已知,且 $T^{-1}(s)$ 是单调增加函数,则变化后的图像灰度极的概率密度函数 $P_s(s)$ 如式(2) 所示:

$$P_s(s) = P_r(r) \frac{dr}{ds} \Big|_{r=T(s)}$$

(2)

对于连续图像,当直方图均衡化后有 $P_s(s) = 1$, 即

$$ds = P_r(r) dr = dT(r)$$

(3)

* 收稿日期:2010-12-18
作者简介:高均立(1983—),男,河南省南阳市人,助教,硕士,研究方向:数字图像增强技术

两边取积分得:

$$s = T(r) = \int_0^r P_r(r) \mathrm{d}r \tag{4}$$

式(4) 就是所求的变换函数,它表明变化函数是原图像的累积分布函数,是一个非负的递增函数。
对于离散图像,假定数字图像中的总像素为 N ,灰度级总数为 L 个,第 k 个灰度级的值为 r_k 的像素数目为 n_k ,则该图像中灰度级 r_k 的像素出现的概率为:

$$P_r(r_k) = \frac{n}{N} \quad (0 \leq r \leq 1, k = 0, 1, \cdots, L - 1) \tag{5}$$

对其进行均匀化处理的变换函数为

$$s^k = T(r^k) = \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{N} \tag{6}$$

相应的逆变化函数为

$$r_k = T^{-1}(s_k) \quad 0 \leq s_k \leq 1 \tag{7}$$

利用式(6) 对图像做灰度变换,即可得到直方图均衡化后的图像. 下面通过实例说明数字图像直方图均衡化处理的详细过程.

1.2 直方图均衡化设计思路

设有一幅 $64 \times 64, 8 \text{ bit}$ 的灰度图像,其直方图如图 1 所示,均衡化后得到的直方图如图 2 所示. 需注意,由于不能(或着说没有理由) 将同一个灰度值的各个像素变换到不同的灰度级,所以数字图像直方图均衡化的结果一般只是近似均衡的直方图.

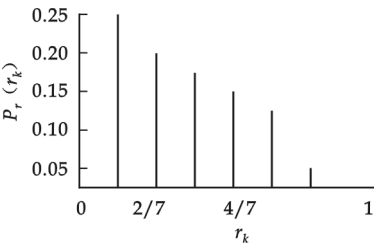


图 1 原始图

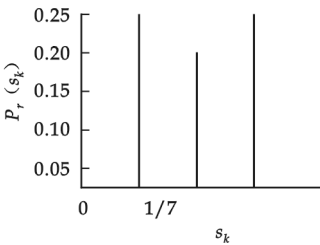


图 2 均衡化后的直方图

假设有一幅图像,共有 64×64 个像素,8 个灰度级,各个灰度级概率分布如表 1 所示,将其均衡化.

表 1 各灰度级概率分布

灰度级 r_k	$r_0 = 0$	$r_1 = 1/7$	$r_2 = 2/7$	$r_3 = 3/7$	$r_4 = 4/7$	$r_5 = 5/7$	$r_6 = 6/7$	$r_7 = 1$
像素数 n_k	254	530	650	790	850	998	1023	950
概率 $P_r(r_k)$	0.02	0.05	0.09	0.12	0.14	0.2	0.22	0.16

根据表 1 作出此图像的直方图如图 3 所示,利用式(1) ~ (6) 可求得变换函数为

$$s_1 = T(r_1) = \sum_{j=0}^1 P_r(r_j) = P_r(r_0) + P_r(r_1) = 0.02 + 0.05 = 0.07$$

同样按此方法计算出 $s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7$ 如下: $s_2 = 0.16, s_3 = 0.28, s_4 = 0.42, s_5 = 0.62, s_6 = 0.84, s_7 = 1$.

根据变换函数 $T(r_k)$ 可以逐个将 r_k 变成 s_k ,从表 2 可以看出原图像给定的 r_k 是等间隔的,即在 $0, 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7, 1$ 中取值,经过 $T(r_k)$ 求得的 s_k 不一定就是等间隔的,表 2 给出了重新量化后得到的新灰度.

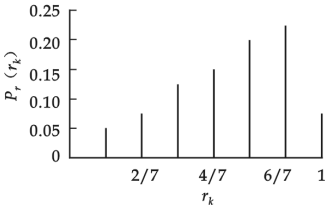


图 3 原直方图

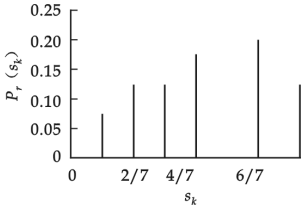


图 4 均衡化后的直方图

把相应的原灰度级的像素相加得到新的灰度级的像素数. 均匀化后的直方图如图 4 所示. 从图 4 中可以看出均衡化后的直方图比原直方图均匀了,但它并不完全均匀,这是由于在均衡化的过程中原直方图上的几个像素较少的灰度级归并到一个新的灰度级上,而像素较多的灰度级间隔被拉大了. 直方图均衡化提

高了图像的对比度,但是,它是以减少图像的灰度等级为代价的.在均衡化的过程中,原直方图上图像灰度级有可能合并成一个新的灰度级,因此原图像的一些细节经过均衡化以后完全损失掉了.

2 均衡化算法

```
clear
clc
close all
I=imread('tire.tif');
%imshow(I);
for k=1:256
a1(k)=k-1;
sum(k)=0;
end
[a,b]=size(I);
%统计各个灰度值像素个数
for k=1:256
for i=1:a
for j=1:b
if I(i,j)==a1(k)
sum(k)=sum(k)+1;
end
end
end
end
%列出原始直方图
for i=1:256
p(i)=sum(i)/(a*b);
end
%figure,imhist(I)
%计算原始累计直方图
s(1)=p(1);
for i=2:256
```

表 2 量化后的灰度概率分布

序号	运算	步骤结果							
1	列出原始灰度级 $f_k, k=0,1,\cdots,7$	0	1	2	3	4	5	6	7
2	列出原始直方图	0.02	0.05	0.09	0.12	0.14	0.2	0.22	0.16
3	用式(1)计算原始 累积直方图	0.02	0.07	0.16	0.28	0.42	0.62	0.84	1.00
4	取整 $g_k = \text{int}[(L-1)g_k + 0.5]$	0	0	1	2	3	4	6	7
5	确定映射对应关 系 $f_k \rightarrow g_k$	0,1 \rightarrow 0 2 \rightarrow 13 \rightarrow 24 \rightarrow 35 \rightarrow 46 \rightarrow 67 \rightarrow 7							
6	计算新直方图	0.07	0.09	0.12	0.14	0.2	0	0.22	0.16

```
s(i)=s(i-1)+p(i);
end
%取整
for k=1:256
g(k)=floor(255*s(k)+0.5);
end
I1=I;
for k=1:256if g(k)+1-k~=0
for i=1:a
for j=1:b
if I(i,j)==a1(k)
I1(i,j)=g(k);
end
end
end
end
end
%figure;imshow(I1);
%figure,imhist(I1);
subplot(121),imshow(I),title('原始图像');
subplot(122),imshow(I1),title('均衡化后的图像');
figure
subplot(121),imhist(I),title('原始图像的直方图');
subplot(122),imhist(I1),title('均衡化后图像的直方图');
```

3 Matlab 仿真结果及分析



图 5 处理前后图像对比

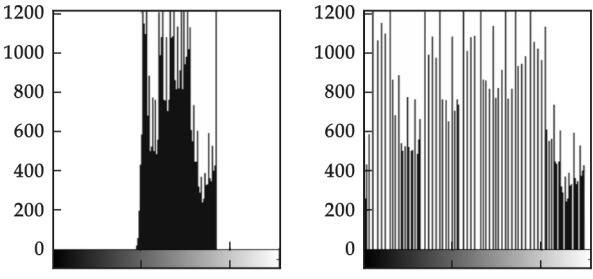


图 6 处理前后直方图对比

从直方图均衡化的实例仿真结果(图 5、图 6)可以看出,原图较暗且动态范围较小,反映在直方图上就

是其直方图所占据的灰度值比较窄,而且集中在灰度值较低的一边.原图经处理后,直方图占据了整个图像灰度值允许的范围.由于直方图均衡化增加了图像灰度动态范围,所以也增加了图像的对比度,反映在图像上就是图像的反差较大,许多细节都看得比较清楚了.但需要注意的是,直方图均衡化在增强图像反差的同时,也增加了图像的颗粒感,感觉好像图像有许多细小的颗粒组成.

参 考 文 献

[1] David F. Rogers. 计算机图形学算法基础[M]. 北京:电子工业出版社,2002.
[2] 李信真,车刚明,欧阳洁,等. 计算方法[M]. 西安:西北工业大学出版社,2000.
[3] 刘 骏. Delphi 数字图像处理及高级应用[M]. 北京:科学出版社,2003.
[4] 李弼程,彭天强,彭 波,等. 智能图像处理技术[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
[5] Kenneth R. Castleman 著,朱志刚,石定机译. 数字图像处理[M]. 北京:电子工业出版社,2002.
[6] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle. Image Processing, Analysis, and Machine Vision[M]. 北京:人民邮电出版社,2003.
[7] 阮秋奇. 数字图像处理学[M]. 北京:电子工业出版社,2001.
[8] 刘宏昆. Delphi 应用技巧与常见问题[M]. 北京:机械工业出版社,2003.

DIGITAL IMAGE PROCESSING TECHNOLOGY
BASED ON HISTOGRAM EQUALIZATION

GAO Jun-li

(Department of Electrical Engineering, Xi'an Aerotechnical College, Xi'an 710077, China)

Abstract: This article discusses the principle of histogram equalization for image enhancement and proof of principle were introduced to deal with the specific process of digital image enhancement and algorithms. With a smaller image contrast by the histogram as an example, according to the image gray scale histogram equalization to approximately uniform distribution, treatment significantly improved the image contrast.

Key words: image enhancement; histogram equalization; cumulative histogram; gray



(上接第 107 页)

参 考 文 献

[1] uC/OS. II 简介[EB/OL]. <http://blog.gkong.com/more.asp?name=wuhongweizz&id=25552>, 2007-9-19.
[2] Zylogic E5 可定制的微控制器[EB/OL]. http://www.zylogic.com.cn/download/pdf/ze5_kz.pdf, 2009.
[3] Jean J. Labrosse 著,邵贝贝翻译. 嵌入式实时操作系统 uCOS. II (第二版)[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003; 284.
[4] 2005 版 uCOS II C51 移植心得[EB/OL]. <http://www.91linux.com/html/article/qianrushiyinyong/20080303/9840.html>, 2008.
[5] 曾 伟,廖力清. 实时操作系统 uC/OS. II 在 DSP 上移植的实现[J]. 计算机工程, 2007, 33(17):270-272.

IMPLEMENTATION OF RAPID DEVELOPMENT PLATFORM
BASED ON ZE5 SoC AND uC/OS- II REAL-TIME OPERATING SYSTEM

ZHANG Li

(Department of Graduate, Sichuan Provincial Committee Party School of CPC, Chengdu 610072, China)

Abstract: The rapid development platform based on ZE5 SoC and uC/OS- II real-time operating system is the main research issue in this paper. It provides a fast, flexible, customizable microcontroller hardware and software development environment of single-chip computer to save time and cost.

Key words: single-chip; ZE5; SoC; uC/OS- II

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0122-04

基于 GSM 和 Google Map 的定位与地图标注 关键技术研究

杨帆

(陕西科技大学电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021)

摘要:介绍了一种基于 GSM Modem 和 Google Map API 的定位技术及其实现的解决方案.该方法借助和计算机连接的 GSM Modem 获取附近移动通信网络基站的信息,以此为条件查询获取基站经纬度数据,利用 Google Map API 在应用程序中嵌入电子地图,用查询的经纬度数据在电子地图上标定位置,从而实现了定位和电子地图上地理位置的标定.应用结果表明,该方法简单实用、成本低廉,可以在跟踪定位系统、物流监控等系统发挥积极作用.

关键词:GSM; AT 指令; 定位; 电子地图

中图法分类号:TP274⁺.2

文献标识码:A

0 引言

随着社会的发展和技术的进步,基于位置的信息服务开始备受关注,物流监控、学生监护、老弱病残追踪管理、司法监视以及企业移动工作队伍管理等方面也出现了巨大的技术需求.目前位置信息的服务系统大多基于 GPS 定位与专业地图标定的方法,致使成本居高不下,而且由于 GPS 技术的原因,在室内、林荫道、地下室等多种环境下无法接收信号,使其定位服务功能受到一定影响.近年来基于 GSM 通信网络基站的定位技术开始崭露头角,GSM 基站定位不受环境限制,相比 GPS 定位技术费用极低,同时 Google 公司推出的免费地图 Google Map 使得传统的定位与地图标注业务现在只需要很小的代价就可以实现.本文使用 Google Map 和 GSM Modem 给出了一个快速实现定位与地图标注的实验系统.定位与地图标注仅仅是基于位置服务的信息系统的基本功能,但是一旦和其他应用领域结合则可能带来巨大的商机,这也正是本文研究的意义.

1 GSM 基站定位原理

众所周知,GSM 网络的基础结构是由一系列的蜂窝基站构成的,这些蜂窝基站把整个通信区域划分成一个个蜂窝小区.这些小区小则几十米,大则几千米.利用移动通信终端在 GSM 网络中通信,实际上就是通过某一个蜂窝基站接入 GSM 网络,然后通过 GSM 网络进行数据(语音数据、文本数据、多媒体数据等)传输的.也就是说在 GSM 中通信时,总是需要和某一个蜂窝基站连接的,或者说是处于某一个蜂窝小区中.

GSM 无线通信网的每一个蜂窝小区都有位置区识别码(LAC,Location Area Code),小区内基站都有全球唯一的编号(CELLID,Cell Identification).GSM 基站定位技术就是通过获取通信终端接入基站的 CELLID 和 LAC,查询基站的 CELLID 和 LAC 和基站经纬度等地理位置信息的关联关系,获取基站的经纬度数据、所在位置描述,从而大致确定目标所在的位置,这种由网络侧采集用户当前所在的基站信息以

* 收稿日期:2010-12-01
作者简介:杨帆(1973—),男,陕西省礼泉县人,讲师,硕士,研究方向:智能信息处理技术、计算机监控技术
基金项目:陕西省农业科技创新项目(2010NKC—32),陕西科技大学自然科学基金项目(ZX09—35)

获取用户当前位置,其精度取决于移动基站的分布及覆盖范围的大小,一般在城市区域,由于基站覆盖密度比较大,定位误差大跃在 150~200 m 之间.这种定位技术投资极小,在精度要求不是很高的应用场合可以发挥积极的作用.

2 定位技术实现方案

应用 Google Map 和 GSM Modem 实现定位与地图标定的实验系统由计算机、GSM 通信网络和 GSM Modem 3 部分构成,其组成结构示意图如图 1 所示.

定位和地图标注时,计算机通过 AT 指令控制 GSM Modem,获取 GSM Modem 中 SIM 卡在移动通信网络中注册信息,从而得到距离最近的基站编号 CELLID 和所在小区 LAC,根据获取的 CELLID 和 LAC 与基站的关联关系,获取基站实际经纬度、地理位置描述等位置信息,借助 Google Map API 实现地图显示和实际位置在地图上的标定.

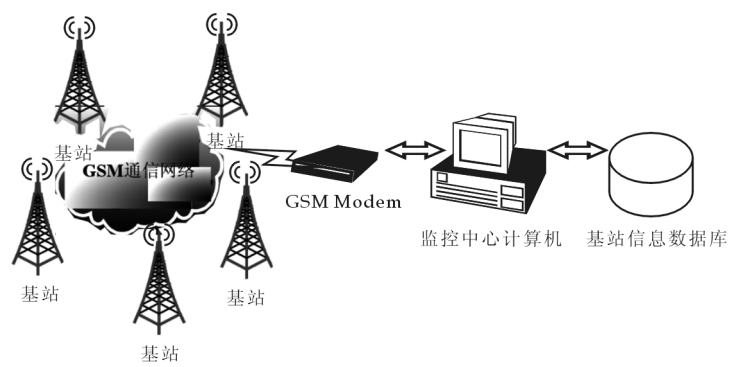


图 1 定位与地图标定实验系统构成

3 关键技术及其实现

应用 Google Map 和 GSM Modem 实现定位与地图标定,关键在于基于 GSM Modem 能否及时获取距离最近的基站的 CELLID 和 LAC,并以所提取的 CELLID 和 LAC 数据查询基站信息数据库,获取监视目标距离最近的基站的经纬度数据、所在地点名称,有了当前位置的经纬度数据,就可以借助 Google Map API 实现电子地图以及地图标注、显示监视目标位置,因此系统的关键技术就是定位信息的采集、定位信息的查询以及电子地图显示.

3.1 使用 GSM Modem 采集基站信息

定位需要的基站 CELLID、LAC 信息的采集通过控制与计算机相连的 GSM Modem 获取,按照本文的设计思路只需要获取距离最近的移动基站的 LAC 和 CELLID 即可,AT 指令集中 AT+CREG 指令恰恰可以得到这样的数据. AT+CREG 指令用于网络注册及状态查询,其基本使用格式如下:

命令格式:AT+CREG=MODE<CR>

<mode> 的值共有 3 个选项,分别是 0 or 1 or 2,其中 0 代表关闭网络注册结果码;1 代表当网络注册状态改变时激活网络注册结果码;2 代表激活网络注册结果码同时显示区域和小区信息.

如果输入 AT+CREG? <CR> 则返回 +CREG: <mode>, <stat> [,<lac>,<ci>]

其中:<stat> 的返回值共有 6 个,分别是 0,1,2,3,4,5,其中 0 代表没有注册网络同时模块没有找到运营商;1 代表注册到了本地网络;2 代表找到运营商,但没有注册网络;3 代表注册被拒绝;4 代表未知的数据;5 代表注册在漫游状态.<lac> 表示所属网络区域代码,十六进制格式显示,如:“20E3”.<ci> 表示所属网络的小区 ID,十六进制格式显示,如:“6136”

在 VB.NET2005 中借助 MSCOMM 控件实现通过串口连接的 GSM Modem AT 指令发送与接收串口返回数据的关键代码如下:

```
End With
With MSCOM
    .Settings = ("115200,N,8,1")
    .CommPort = 4
    .InputMode = MSCommLib.InputModeConstants.comInputModeText, 设定为字符传输模式
```

```

.InputLen = 0, 设定每一次从缓冲区提取的字符个数, 即为一次取走全部的数据
.OutBufferCount = 0, 发送缓冲区清空
.InBufferCount = 0, 接收缓冲区清空
.RThreshold = 1, 触发 oncomm 事件
.PortOpen = True
.RTSEnable = True
.DTREnable = True
End With
MSCOM. Output = "AT+CREG=2" + vbCr, 发出提取基站编码的 AT 指令
Thread. Sleep(500), 延时, 以便串口接收到所有数据
Dim str As String = MSCOM. Input
If InStr(str, "+CREG") > 0 Then, 仅仅处理基站编码查询指令, 以便加快系统处理速度
    Dim strtmp() As String = Split(str, ControlChars. Quote)
    Dim tmp As String = CELLID2GPS(strtmp(1), strtmp(3)) ' strtmp(1) 是 LAC; strtmp(3) 是 CELLID,
    Dim tmpstr() As String = Split(tmp, ",")
    Dim lat As String = tmpstr(0)
    Dim lng As String = tmpstr(1)
    WebBrowser1. Document. InvokeScript("GotoPosition", New Object() {lat, lng})
End If

```

3.2 地理位置的查询

基站的 CELLID 和 LAC 只不过是一个 16 进制的编码, 究竟代表什么地理位置, 这些关联的数据都在移动公司内部数据, 外部的应用系统设计与开发很难获取这些数据. 小规模区域应用可以采取事先采集区域内部不同位置处的基站 LAC 和 CELLID, 建立专有数据库, 摆脱通信运营商的束缚. 但是大规模应用环境下依赖自行建立数据库显然不可行, 不过由于 GSM 基站定位技术在业内引起了广泛关注, 因特网上也出现了一些颇具影响力的基站信息查询服务网站, 只需要输入查询基站的 CELLID 和 LAC, 即可返回该基站的经纬度数据、附近典型建筑物以及与典型建筑物的距离等位置名称信息. 实验环境下可利用的典型查询网站有: <http://www.fm906.com/other/cellid/>、<http://www.anttna.com/cell2gps/index.php> 以及中国 GSM 基站定位组织网站 <http://www.gsmdw.cn/>.

为了实现程序的自动查询, 实验 VB.NET 设计函数, 利用 GSM Modem 获取的 LAC 和 CELLID 的 16 进制编码字符作为参数, 实现应用程序向定位查询网站的数据自动提交和查询结果获取. 具体实现代码如下(以 <http://www.anttna.com/cell2gps/index.php> 网站查询为例):

```

Function CELLID2GPS(ByVal lac As String, ByVal cellid As String) As String
    Dim req As HttpWebRequest
    req = HttpWebRequest. Create("http://www.anttna.com/cell2gps/cell2gps.php? lac=" + CStr(Val("&H" + lac)) + "&cellid=" + CStr(Val("&H" + cellid)))
    req. UserAgent = "MSIE7.0"
    req. Method = "GET"
    Dim wr As WebResponse
    Try
        wr = req. GetResponse()
    Catch ex As WebException
        wr = CType(ex. Response, HttpWebResponse)
    End Try
    Dim sr As New IO. StreamReader(wr. GetResponseStream(), System. Text. Encoding. GetEncoding("gb2312"))
    CELLID2GPS = sr. ReadToEnd, 输出格式: 纬度, 经度; 省, 市, 区, 县; 位置描述
End Function

```

3.3 电子地图的动态标注

Google Maps API 是一种易于使用的 JavaScript API,它能够把交互式地图直接嵌入到应用程序的 web 页面内部. 本文使用 webbrowser 控件调用加载 Google Map 的本地网页,将 Google Map 嵌入 VB. NET 桌面应用程序,利用 VB. NET 桌面应用程序和 GSM Modem 通信,获取基站编号,查询得到基站的经纬度和地理位置描述信息,由桌面程序和 WebBrowser 加载的本地页面文件内的 JavaScript 脚本交互,实现桌面应用程序调用 Google Map api,达到动态定位于标注当前位置的目的. 限于篇幅,这里仅仅以动态标注为例,Web 页面内部添加如下 JavaScript 脚本,实现根据经纬度参数使得地图中心显示位置移至当前位置,并且在给定经纬度参数的地理位置上添加标注:

```
function GotoPosition(lat,lng)
{ Remove();//首先删除所有标记
//alert(" remove a marker");
var point = new GLatLng ( lat, lng); map. panTo
(point);
map. setCenter(new GLatLng(lat,lng),16) ;
map. addOverlay(new GMarker(point));//新位置处
添加标注
}
```

桌面程序通过 WebBrowser 方法 Document. InvokeScript(脚本函数名称,参数),调用 JavaScript 脚本,实现 GoogleMap 当前位置的居中显示和动态标注:

```
Dim str() As String = Split(CELLID2GPS(lac, cellid), ",")
WebBrowser1. Document. InvokeScript("GotoPosition", New Object() { str(0), str(1)})
```

返回的数据查询基站信息数据库,可以得到详细的地理位置信息——经纬度值:34. 380 390,108. 968 796;目标所在地名称:陕西省西安市未央区,陕西科技大学(西安校区)北环西北 100 米(与实际位置误差不足百米).

图 2 为实验环境下由程序控制 GSM Modem 采集距离其最近基站的 LAC 和 CELLID,分别为“20E3”,“6136”,并使用上述方法获取基站经纬度数据和位置名称信息,在 Google Map 中显示当前位置的实际效果. 图中 Google 典型标记为基站定位结果,红色小圆圈是测试时的实际位置.



图 2 定位与地图标定实验效果图

4 结束语

基于 GSM 基站定位技术仅仅能够获取测试的大体位置,但考虑到目前我国 GSM 网络基站密度较高,在大城市的主城区,测试结果表明定位精度可以达到 100~150 m 左右,同时 Google Map API 又提供了一种性价比极高的地图应用程序开发方案,综合使用 GSM Modem 和 Google Map API 可以快速构建电子地图上当前位置的标定. 这种技术略作改动即可在定位服务精度要求不高的应用领域,诸如跟踪定位系统、物流监控、学生监护、老弱病残追踪管理等方面均可发挥积极的作用.

参 考 文 献

[1] 黄作维,周 明,张喜梅. GPS/GPRS 支持下嵌入式车载终端的实现[J]. 计算机测量与控制, 2009, 17(11):2 205-2 209.
[2] 江 宽. Google API 开发详解[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008:51-98.
[3] 刘 涛,肖 汉. 基于目标定位的低功耗无线传感器网络节点设计[J]. 计算机测量与控制,2009,17(11):2 342-2 344.
[4] 李寿林,张 鹰,李秀萍. 利用 GSM 无线模块收发短消息[J]. 计算机与数字工程, 2005,33(7): 79-81.

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0126-04

基于机载 INSAR 技术生产 DLG 产品的工艺和方法

苗小利

(西安煤航技术开发应用分公司, 陕西 西安 710054)

摘要: 介绍了利用机载 INSAR 技术生产 DLG 产品的试验研究结果, 总结归纳了生产工艺流程和作业方法, 分析了成图的精度和可行性.

关键词: 雷达干涉测量; 数字线划图; 叠掩; 定位精度; 目标识别; 单视复型数据

中图法分类号: TP75 **文献标识码:** A

0 前言

由于雷达干涉测量(INSAR)具有全天时全天候工作的优点, 可以直接获取地形的高程信息, 因此其应用领域得到了不断推广. 许多欧美国家已将实用化的机载高分辨率 INSAR 技术作为一种新的、先进的技术手段逐渐应用于地形测绘方面. 近几年, 我国也开展了基于 INSAR 技术地形测绘的研究与试验, 初步形成了基于单片正射 INSAR 影像、数字高程模型生产 DLG 数据的工艺流程和作业方法, 推动了机载 INSAR 技术在地形测绘方面的应用.

1 机载 INSAR 技术生产 DLG 产品的工艺流程

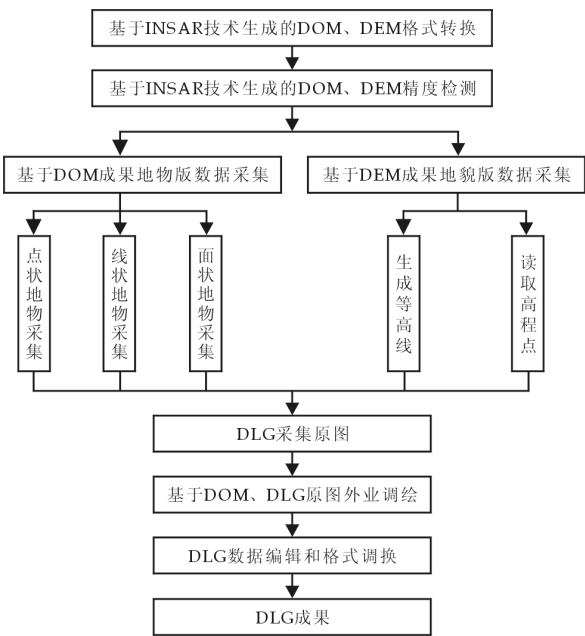


图 1 机载 InSAR 系统生产 DLG 流程

雷达干涉测量(INSAR)是基于时间测距的成像机理, 利用雷达回波信号所携带的相位信息获取地表的高程信息, 其原理是通过两副天线同时观测, 获得同一区域的重复观测数据(复数影像对), 提取同一目标对应的两个回波信号之间的相位差, 结合观测平台的轨道参数等提取高程信息^[1], 生成 DEM 数据. INSAR 影像则是由 SLC 数据的实部和虚部计算出振幅值, 然后进行灰度化变换, 生成原始影像, 再经过变换以及去噪声、地理编码后生成 DOM 数据, 而 DLG 数据的高程、平面坐标则分别源于机载 INSAR 技术生成 DEM、DOM 数据, 因此基于 INSAR 技术生产 DLG 产品的工艺流程有别于其他技术手段, 具体如图 1 所示.

2 机载 INSAR 技术生产 DLG 的作业方法

* 收稿日期:2011-02-16
作者简介:苗小利(1962—), 女, 陕西省西安市人, 教授级高工, 研究方向:测绘工程技术
基金项目:国家 863 项目(2007AA120305)

2.1 平面定位方法

由于单片 INSAR 影像特殊的侧视成像机理,对于高出地表的垂直地物,则产生顶底位移现象^[3],即雷达波束到顶部 A 的时间比到底部 B 的时间短,顶部影像 a 先被记录,底部影像 b 后被记录,如图 2 所示,因此顶部影像 a 和底部影像 b 的位置在单片 INSAR 影像中不是处于同一位置(正射投影 A、B 两点应为同一点),在影像中产生了 Δr (其中 $\Delta r=\Delta h/\tan\eta$, $\Delta R=\Delta h/\cos\eta$) 的定位误差。

其次在单片 INSAR 影像中,垂直地物的顶部的影像往往没有遮挡,多呈现为突出的亮点,而底部的影像或因遮挡或为阴影而不易定位,因此基于单片 INSAR 影像垂直地物的定位,如果在地物影像的顶部位置,须经过误差改正,才能达到底部定位的目的。

所以,虽然 INSAR 是以影像形式显示地物目标特征,但是它不同于光学传感器的成像方式和成像机理^[1],因此基于机载 INSAR 影像平面定位时应特别关注其误差的分布规律,才能达到准确定位。

2.2 地貌数据采集方法

DLG 数据包括地貌数据的采集、自然地物和人工地物的采集.利用机载 INSAR 技术可以直接获取地表的 DEM 数据,从 DEM 数据我们可以生成等高线和高程注记点数据,从而形成了地貌数据.具体方法如下:首先是利用自主开发的程序 DEM 数据处理软件,将原始的 DEM RAW 格式数据转换成 ASC 码格式或矢量图形数据,然后采用成熟的商业软件(如 ARCGIS)生成等高线,利用自主开发的软件通过内插从 DEM 数据中读取高程注记点,如图 3 所示.概括起来可以形成如图 4 所示的作业流程。

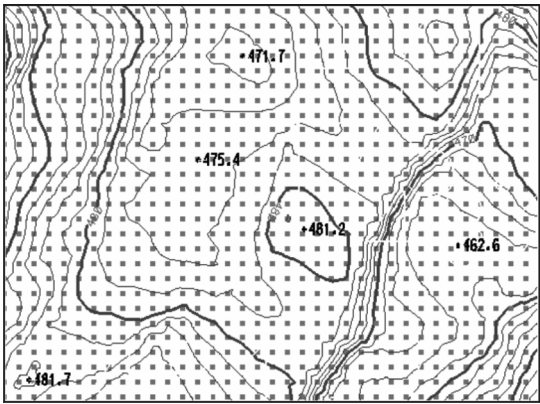


图 3 DEM 数据生成的等高线和内插的高程点及其注记

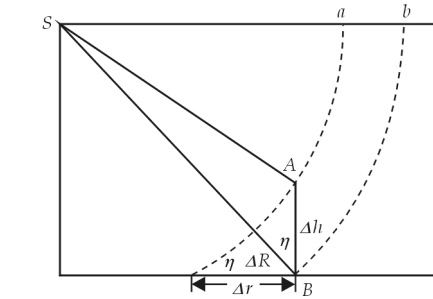


图 2 地物高度引起的投影差

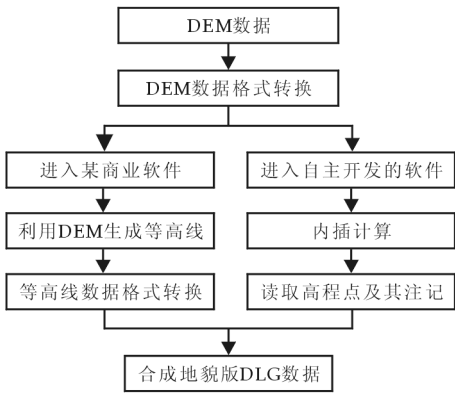


图 4 等高线和高程注记提取流程图

2.3 地物要素的判采方法

地物版数据采集,包括两方面的内容,一是 INSAR 影像的地物目标的识别(定性),二是 INSAR 影像的地物目标的定位.对于地物目标的定位应从 SAR 的成像原理入手分析,由于 SAR 影像为侧视投影,因此它不同于光学影像的中心投影,更不同于地形图的正射投影,即是 将 INSAR 斜距影像校正成地距的正射影像,但因地物、地形高度引起的顶底倒置、阴影、叠掩等无法消除,这是影响 INSAR 影像定位精度的主要原因,因此在 DLG 数据采集过程中点线面三类要素的定位精度就成为关注的重点。

对于地物目标的识别与判读,INSAR 图像与光学图像类似,可以将地物目标分为点状地物、线状地物和面状地物,这些不同类型的地物目标在图像上具有不同的表征形式,判读方法也有所不同。

2.3.1 点状地物目标

INSAR 图像上的点状地物目标是指以亮点形式呈现在图像上的目标.通常这些目标的几何尺寸小于一个分辨单元的地面尺寸,但它的回波信号相当强,在整个地块的回波中占据了主导地位,这时像素的信

号几乎就只反映它的存在^[2].如地面控制点(角反射器)、高压输电线塔、油井、油罐、液体、气体贮存设备、卫星地面接收站、信号灯等,都呈现为点状地物目标.

点状地物目标都处在一定背景中,能否从背景中识别判读出点目标,不仅与点状地物目标的性质有关,也与背景的特性和图像噪声有关.在点状地物目标识别中,背景的干扰主要表现为相干斑噪声,因此点状地物判采时应注意区别相干斑噪声.

2.3.2 线状地物目标

线状地物目标通常有表示两种情况,一是表示不同类地物要素的界线,如水陆界线,二是当地面地物要素的横向尺寸小于分辨单元尺寸时,表示为线状要素.采集线状要素应注意,人工线状地物要素通常都比较直,很少弯曲,即使有转弯的地方也总是钝角,如铁路、公路、桥梁、机场跑道、梯田坎等;而自然线状地物要素情况比较复杂,如自然河流的弯曲方向变化较多,而地质断裂造成的线性体则多为直线或有一定弧度.在采集中应充分利用这些成像的特征.

2.3.3 面状地物目标

面状地物目标通常是由许多同一类型的散射点组成,其位置是随机的,所接收到的电磁波相位不同,其振幅也是随机的,但没有任何一个散射点的回波散射可以在总回波功率占主导地位^[2].表现在图像上,这类地物最强和最弱信号的周期变化,形成一系列亮点和暗点相间的图斑,且色调一致.在地形图中面状地物主要有街区式居民地、露天体育场、双线河流、湖泊、池塘、水库、双线水渠、土质植被等.两种相邻的地物目标后向散射系数之差便可形成边界线.相邻地物目标反差越大,边界线越清楚,判采这类地物时可以利用地物的几何特征、纹理信息等进行.

3 精度检测

基于以上的作业方法,经过了两个试验区的实施,并进行了成果的平面精度检测和高程精度的检测,统计结果如表 1~表 3 所示,从表中数据不难看出其平面精度能够达到 1:10 000、1:50 000 成图精度的要求,而高程精度能够达到 1:50 000 的成图要求、1:10 000 丘陵地区的成图精度要求.

表 1 平面精度统计表

试验区	检查点数	中误差/m	最小误差/m	最大误差/m
1	70	3.44	0.494	8.682
2	158	2.506	0.316	4.658

表 2 高程精度统计表

试验区	检查点数	中误差/m	最小误差/m	最大误差/m
1	145	1.03	0.012	2.4
2	156	1.14	0.06	2.4

表 3 规范限差要求

项 目	参 数							
	1:10 000				1:50 000			
	平地	丘陵地	山地	高山地	平地	丘陵地	山地	高山地
平面中误差	5 m	5 m	7.5 m	7.5 m	25 m	25 m	37.5 m	37.5 m
高程中误差	0.5 m	1.2 m	2.5 m	5.0 m	3 m	5 m	8 m	14 m

4 结束语

综上所述,将机载 INSAR 技术用于生产 DLG 产品,通过两个试验区的试验和生产,采用上述工艺和作业方法可以满足 1:5 万的精度要求,同时也能达到 1:1 万丘陵地区的高程、平面精度的要求.如果要达到 1:1 万平地的高程精度,还需要提高机载 INSAR 技术获取 DEM 数据的精度,或采取野外实测的方法进行.

参 考 文 献

[1] 廖明生, 林 琨. 雷达干涉测量——原理与信号处理基础[M]. 北京:测绘出版社,2003:36-41.
[2] 宋建社, 郑永安, 袁礼海. 合成孔径雷达图像理解与应用[M]. 北京:科学出版社,2008:57-59.
[3] John C. Curiander, Robert N. McDonough. Synthetic Aperture Radar: Systems and Signal Processing[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2006:259-265.

[4] Chris Oliver, Shaun Quegan. Undersstanding Synthetic Aperture Radar Images[M]. Beijing:Publishing House of Electronics Indus-try, 2006:49-54.

[5] 舒 宁. 雷达遥感原理[M]. 北京:测绘出版社,1997.

[6] 张继贤,杨明辉,黄国满. 机载合成孔径雷达技术在地形测绘中的应用及其进展[J]. 测绘科学, 2004,(6):45-49.

[7] 刘国林,郝晓光,薛怀平. InSAR 技术的理论与应用研究现状及其展望[J]. 山东科技大学学报(自然科学版), 2004,(9):62-66.

[8] 刘国祥,丁晓利,李志林,等. 使用 InSAR 建立 DEM 的试验研究[J]. 测绘学报, 2001,(3):37-40.

[9] 顾天襄. 合成孔径侧视雷达影像平面加密精度[J]. 武汉测绘学院学报, 1983,(2):28-31.

EXPERIMENTAL AND ANALYSIS OF TERRAIN MAPPING
BASED AIRBORNE INSAR

MIAO Xiao-li

(Technology Study and Development Branch of ARSC, Xi'an 710054,China)

Abstract: This paper described the research, experiment for producing digital line graphs (DLG) by Airborne INSAR technique, summarized its work flow and method, evaluated the accuracy and the efficiency of the solutions.

Key words: interferometer synthetic aperture rader (INSAR); digital line graphs (DLG); layerover; location precision; target recognition; single look complex(SLC)

(上接第 125 页)

RESEARCH ON KEY TECHNOLOGY OF LOCATING AND MAP
MARKING BASED ON GSM AND GOOGLE MAP

YANG Fan

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

Abstract: A Technology and its implements method of locating and marking the geographical position on electronic map with Google map API and GSM modem is introduced. With the GSM modem linked with computer, message of the nearest base station of mobile communication network is got and as the condition to query the database of base station for latitude and longitude of the nearest base station, with this latitude and longitude, the position is marked on electronic map which embedded in the application, and the goal of locating and marked on electronic enclosure is achieved. Experiment result indicates that the solution is easy and useful, and few costs, which can play significant performance in the application area such as location and tracking, monitoring of logistics system.

Key words: GSM; AT Mandate; locating; electronic map

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0130-03

基于金属材料循环机械特性的振动 时效适用范围的研究

高 葛

(陕西国防工业职业技术学院数控工程系, 陕西 西安 710302)

摘 要:对高周疲劳循环应力下金属材料的循环硬化和循环软化特性进行了分析,发现循环软化材料进行振动时效会引起工件机械性能的下降;对高周疲劳状态下表现出循环硬化的材料可以进行较多周次的振动时效;高周疲劳状态下表现出循环软化的材料,要控制振动时效的循环周次.

关键词:振动时效; 交变应力; 性能特征; 应力; 应变; 高周疲劳

中图法分类号:TH113 **文献标识码:** A

0 引 言

振动时效是基于谐波共振原理,采用激振装置,使构件在其固有频率附近进行 10~40 min 的振动,使构件的残余应力得到部分消除和均布. 振动时效降低残余应力可达 70% 左右,与热时效去除残余应力的程度相当,而尺寸稳定性、振动时效的效果比热时效要好些^[1],另外还有具有投资少,节能,成本低的特点,所以振动时效已经大量运用于铸锻焊件的时效处理. 从文献上看,振动时效用于不同的材料等,但关于振动时效的适用范围等还没有相关的研究. 本文基于金属材料的循环机械特性,对振动时效的适用范围进行了探讨.

1 振动时效的受力类型

振动时效激振装置的激振力使构件产生动应力,对于机械式激振装置,激振力就是偏心质量旋转产生的离心力($F = m\omega^2 r \sin\omega t$),激振力的大小通过调节偏心距(e)获得,所以振动时效是简谐激励下的受迫振动. 当电机以一定转速旋转时,偏心质量作等速圆周运动,产生离心力,它在垂直方向上的分量相当于垂直激振力. 激振力是一个对称的循环应力(交变应力),在振动时效过程中,若激振力确定,频率能够与工件发生共振,则最大激振力是固定的. 所以,振动时效是一个等应力幅的激振过程.

根据疲劳理论:把循环应力大于材料屈服强度的疲劳称为低周疲劳,其应变幅为 $10^{-3} \sim 10^{-1}$,低周疲劳产生了宏观的塑性应变,疲劳寿命为 $10^2 \sim 10^5$ 次. 把循环应力小于弹性极限的疲劳称为高周疲劳,其应变幅为 $10^{-5} \sim 10^{-3}$,高周疲劳产生了微观的塑性应变^[2],疲劳寿命为 10^7 次. 国家 VSR 技术标准规定^[3]: 振动时效的加载时间不大于 40 min,振动频率为 16.7~167 Hz,对应的循环周次约为 $4 \times 10^5 \sim 4 \times 10^6$ 次. 振动时效所施加的振动载荷为 10~80 MPa. 这一载荷对金属材料而言是一个相当低的应力,低周疲劳的交变应力往往接近或超过材料的屈服强度,那么振动时效的动应力如果大于材料的屈服强度,一定会极大地影响工件的疲劳寿命,或在振动时效过程中发生疲劳断裂. 超高周疲劳是指疲劳周次在 10^8 以上,在试验上循环频率几十 kHz,所以可以认为,振动时效是一个对构件施加的等应力副的高周疲劳过程.

* 收稿日期:2010-12-24

作者简介:高 葛(1968—)男,陕西省礼泉县人,副教授,硕士,研究方向:振动时效技术的应用、机械 CAD/CAM

2 金属材料的循环硬化与循环软化

低周疲劳循环应力大于屈服极限,材料除产生弹性应变外,还会产生宏观的塑性变形,使应力应变之间不呈现直线关系,由于包申格效应,形成塑性滞回线,经过一定周次循环后就得到稳定状态的滞后曲线.金属材料由循环开始状态到成为稳定状态的过程中,材料表现出两种性能变化,即循环硬化和循环软化.在恒应变条件下,循环的初期阶段只有在不断地增高应力范围时 $\Delta\sigma$ 才能维持恒定的 $\Delta\epsilon$,这种现象叫做循环硬化;反之,如果在循环初期阶段,只有在不断的降低 $\Delta\sigma$ 时才能维持恒定的 $\Delta\epsilon$,这种现象叫做循环软化^[4].对材料循环硬化和循环软化的描述是在低周循环应力并保持了恒定的 $\Delta\epsilon$ 下得到的,由于保持了恒定的 $\Delta\epsilon$,所以形成了稳定的滞回曲线.循环软化钢 SAE 1045 钢在低于屈服强度的等应力副作用下在最初的 40 个循环表现出线弹性的应变特征,但是微观范围的塑性变形却在发生,且随着循环周次的增加不断积累增大.经 40 次的循环后,在宏观上便表现出应力应变之间的非线性关系,最后使这种循环软化钢的应力应变关系呈现出“失去控制的状态”^[5].由上述试验可知,在等应力幅下,随着循环周次的增加,循环软化材料的塑性变形越来越大,无法得到稳定的滞回线.可见,不管是循环应力大于材料的屈服强度还是小于材料的屈服强度,材料都会发生塑性变形.如果在等应力副循环应力下,循环软化的材料由于抵抗塑性变形的抗力越来越低,塑性变形会越来越大,从而不会形成稳定的滞回曲线.

3 循环软化钢在交变应力下的组织变化

循环软化一般是精加工硬化和沉淀硬化后的材料表现出的特性.对加工硬化材料来说,其原始的位错结构有两种基本类型:易交滑移材料是胞状结构,难交滑移材料是近乎平均的平面排列的位错.在循环加载时,位错结构的类型不发生变化,但位错结构的某些细微特征会发生较大的变化.胞状结构的胞壁不断变窄,同时胞壁内的位错密度降低.平面滑移型材料其位错集中,位错密度降低.随着胞壁的变薄和位错密度的降低,位错源重新启动,位错进行增殖和运动,表现为局部塑性变形加剧,随着循环周次的增加,塑性变形越来越大,而位错密度越来越小,这样会影响材料的机械性能.交变应力越大,参与塑性变形的晶粒越多,机械性能下降的就越多.

沉淀硬化材料,位错运动受控于沉淀物和位错之间的交互作用.循环加载会破坏沉淀物的结构,甚至使沉淀物溶解,弱化了沉淀物与位错之间的交互作用,使位错进行增殖和运动,表现为宏观的塑性变形. McGrath 和 Bratina^[6]把经淬火和室温时效的 0.25% C 的钢进行周期变形,发现时效后的小沉淀物已消失.

所以,循环应力改变了循环软化材料的内部结构,降低了工件的机械性能.

综上所述,循环软化材料在等应力幅下的循环应力过程会引起工件的机械性能降低.

4 高周疲劳状态下金属材料的循环硬化与循环软化特征

45 钢在高周疲劳中的循环(软)硬化与低周疲劳循环中的循环软(硬)化的表现截然不同,在高周疲劳中表现为材料表面开始是软化,当循环次数达到寿命的 20% 后表面便开始硬化,而试样截面为持续软化,二者不同步,而且也无低周疲劳下的饱和现象^[7].有文献^[8]采用 550 °C 退火的 20 钢板在弯曲试验机上进行高周疲劳循环,发现材料在高周疲劳中的硬化现象是存在的,其表面的硬度不断上升,并没有像低周疲劳的饱和现象. A356 铝合金在循环过程中总体上呈循环硬化特征,循环某些阶段发现软化现象,其高周疲劳各循环阶段透射电镜的分析表明,循环形变特征与基体位错组态变化有较大的联系.基体内部位错组态的变化主要为:初始位错网—密集位错网与少量位错线—交叉滑移线—滑移带显著化—明显交叉滑移带,从而引起循环硬化—循环软化—循环硬化的变化行为^[9].有文献^[10]对 3 组试样,即退火 45 钢(A 组)、正火 45 钢(B 组)、热轧 16Mn 钢(C 组)用轴向拉压对称循环,载荷频率为 157 Hz,试验温度为室温.不同循环周次的表面维氏显微硬度测试表明:A 组试样,硬度均值变化的 3 个阶段对应材料的微观塑性变形减小(硬化)、稳定(硬化饱和)及增大(软化)3 个过程;而 B 组和 C 组试样表现出的硬度均值 3 个阶段则与材料

的微观塑性变形增大(软化)、减小(硬化)及再次增大(软化)3个过程相对应.此外,显微硬度的方差分布在疲劳过程中的变化说明在高周疲劳中试件表面不同微区的塑性滑移(变形)具有显著的非同时性和不均匀性特征,在微观尺度上,高周疲劳的材料对塑性变形抗力将随循环周次发生变化,表现出一定的硬化或软化特性.

综上所述,高周疲劳状态下金属材料同样存在循环软化和循环硬化现象,材料内部的循环软化和循环硬化具有不同同时性的特点.随着循环次数的增加,A356 铝合金表现为循环硬化—循环软化—循环硬化;而 45 钢和 16Mn 钢表现为循环硬化(软化)—循环硬化饱和(硬化)—循环软化,而最初循环阶段的循环硬化(软化)—循环硬化饱和(硬化)是由材料的最初状态决定的,但最后都表现为循环软化,从而使材料的组织结构发生了变化,降低了工件的机械性能.

5 结 论

(1)振动时效是对构件进行等应力副的高周疲劳过程,硬化处理的工件不宜采用振动时效工艺.

(2)在高周疲劳状态下最后表现为循环硬化特性的材料,适合采用较大的激振力和多循环周次的振动时效.

(3)在高周疲劳状态下最后表现为循环软化特性的材料,振动时效时要控制循环周次,以免造成工件机械性能的下降.

参 考 文 献

- [1] 高 飞,余旭东.振动时效质量的宏观控制[J].机械科学与技术,1989,(4):46-54.
- [2] 周惠久,黄明志.金属材料强度学[M].北京:科学出版社,1989:332-440.
- [3] 李功宇,张 方.焊接构件热残余应力振动时效振动应力实施技术探索[J].中国铸造装备与技术,2002,(3):20-22.
- [4] 王仁智,吴培远.疲劳失效分析[M].北京:机械工业出版社,1987:83.
- [5] 束德林.金属力学性能[M].北京:机械工业出版社,1989.
- [6] 周惠久,黄明志.金属材料强度学[M].北京:科学出版社,1989.
- [7] 杨浩泉,王德俊.45 钢在高周疲劳下的循环软化的研究[J].包头钢铁学院学报,1995,14(1):48-51.
- [8] 朱晓阳,奚建法.低碳钢在高周疲劳循环下的循环硬化问题研究[J].机械强度,1991,13(2):35-37.
- [9] 范宋杰,何国球. A356 铝合金高周疲劳循环形变分析[J].上海金属,2007,29(6):3-26.
- [10] 叶 毅,王德俊,平 安.高周疲劳钢表面微观塑性变形行为及循环特性[J].东北大学学报(自然科学版),1995,16(4):421-423.

STUDY OF RANGE FOR VSR BASED ON CYCLICAL PERFORMANCE CHARACTERISTIC OF METAL MATERIAL

GAO Ge

(Dept. of Numerical Control Engineering, Shaanxi Institute of Technology, Xi'an 710300, China)

Abstract: The author analyses the cyclic hardening & softening performance characteristic of the metallic materials under the high-cycle fatigue cyclical stress. The machine function of workpiece will descend if the cyclic softening material to carry on VSR. The cyclic hardening material under high-cycle fatigue cyclical stress can carry on the VSR of more week time, the cyclic softening material under high-cycle fatigue cyclical stress can carry on the VSR of an opportune circulating week time.

Key words: VSR; cyclical stress; performance characteristic; stress; strain; high-cycle fatigue

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0133-04

基于无标度网络的合作行为的研究

陈晓婷, 朱 标

(温州大学物理与电子信息工程学院, 浙江 温州 325035)

摘 要: 在 BA 无标度网络上研究了基于历史记忆的雪堆博弈中的合作行为,探讨了收益系数 r 、记忆长度 M 、网络的平均度 $\langle k \rangle$ 对合作频率的影响. Monte-Carlo 数值模拟结果显示,合作频率 f_c 是收益系数 r 的非单调函数,并出现分段现象;记忆长度对合作频率的影响是不确定的,并发现平均度的增加在一定范围内对合作频率的增长具有促进作用,当超过一定值时,在记忆长度和网络结构的共同影响下,合作频率渐渐趋于稳定.

关键词: 无标度网络; 雪堆博弈; 合作行为; 平均度; 记忆长度

中图法分类号: N94; F22 **文献标识码:** A

0 引 言

从生物进化论到人类社会的各种经济行为,博弈论都扮演了重要的角色,它为分析和解决各种冲突提供了方法论的指导并能预测各种可能出现的危机. 博弈论现已广泛应用于生物学、心理学、计算机科学、政治学、军事学及经济学^[1-8]中,它从真实的自然界、人类社会和经济行为中抽象出的各种博弈模型能很好的模拟现实中的各种问题,这也为具体问题能通过一致的方法抽象出模型得以重塑和分析创造了统一的框架.

随着复杂网络研究的兴起,人们对网络的结构演化和复杂性等都有了清晰的认识,而具有良好拓扑结构的复杂网络能更好的反映真实的人们之间的关系,于是掀起了在复杂网络的拓扑结构下研究博弈的热潮,其中 Nowak 和 May 首先研究了规则网络上的囚徒困境模型^[9],首次指出了网络结构对博弈演化所起的重要作用. 随后,大量的研究表明^[10],网络的拓扑结构在很大程度上影响了博弈的合作水平. Hauert 和 Doebeli 研究了规则网络上的雪堆博弈模型^[11],得出与囚徒困境不一样的结论. 其后 Szabo 等研究了均匀小世界网络的囚徒困境模型^[12],对比规则网络,得出更一般的结论:异质因素促进合作的涌现. Tomassini 研究了 WS 小世界网络上的雪堆博弈模型^[13],发现合作行为与博弈采用的演化规则、收益比以及小世界网络的重连概率密切相关. Santos 研究了无标度网络上的囚徒困境和雪堆博弈模型^[14],再次验证了异质因素促进合作涌现的一般性结论,并指出无标度网络是目前最利于合作涌现的网络结构.

本文的工作即为在无标度网络模型下考察收益系数、平均度、记忆长度等因素对雪堆博弈中合作频率的影响,通过 Monte-Carlo 数值模拟方法研究了无标度网络结构下它们与合作频率的变化关系,着重分析了收益系数变化导致的合作频率的非单调现象,并发现平均度的增加在一定范围内对合作频率的增长具有促进作用,当超过一定值时,在记忆长度和收益系数的共同影响下,合作频率渐渐趋于稳定,并指出记忆长度对合作频率影响的不确定关系.

1 模型描述

首先我们选择 BA 无标度网络模型进行博弈演化,BA 无标度网络最初是 Barabási 和 Albert 为了解

* 收稿日期:2010-12-29
作者简介:陈晓婷(1983—),女,安徽省宿州市人,在读硕士生,研究方向:复杂网络上的演化博弈动力学

释许多真实相互作用网的度分布具有幂律形式而提出的一个无标度网络模型^[15],他们认为许多实际网络具有增长特性和优先连接这两个重要性质,即网络的规模是不断扩大的,网络中新节点更倾向于连接度较大的节点. BA 无标度网络的构造算法如下:由一个具有 m_0 个节点的网络开始,每次引入一个新的节点,连接到 m 个已存在的节点上,这里 $m < m_0$,这个新引入的节点连接到已存在节点 i 上的概率 Π_i 与节点 i 的度 k_i 、节点 j 的度 k_j 之间满足如下关系:

$$\Pi_i = \frac{k_i}{\sum_j k_j} \quad (1)$$

经过 t 步后,这种算法产生了一个有 $N=t+m_0$ 个节点、 mt 条边的网络. 通过引入新的节点和优先连接构造出来的网络,度分布具有许多真实网络具有的幂律形式,它具有小的平均距离和小的聚集系数.

对于博弈模型,我们选择 Wang 等考虑到个体的决策过程与记忆和经验密切相关,提出的关于历史记忆的雪堆博弈模型^[16],该模型的基本规则为:(1)将 N 个博弈参与者置于网络的节点上,每一轮所有相互连接的参与者同时博弈,某个参与者的总收益为根据一定的收益矩阵与所有邻居分别进行博弈后的收益之和;(2)当一轮博弈结束后,所有参与者更新自己的策略库,同时根据某个规则更新自身策略,然后进行下一轮的博弈;(3)重复(1)、(2)步骤. 本文采用简化的雪堆博弈收益矩阵如表 1 所示,(1)当两个参与者都合作时,他们的收益皆为 $R=1$;(2)其中一个参与者合作而另一个参与者背叛时,合作者的收益 $S=1-r$,背叛者的收益 $T=1+r$;(3)当两个参与者都选择背叛时,他们的收益均为 $P=0$,其中参数 r 称为收益系数. 参与者的策略库更新及策略更新方案如下:参与者会根据周围邻居上一时刻的策略进行反思,即采用自己的反策略做一次虚拟的博弈,从而得到虚拟的总收益,然后将真实收益与虚拟收益进行比较,得到所对应的最佳策略,并将这个最佳策略记录到该参与者的记忆中,那么每个参与者记忆中所记录的都是历史时刻最佳的策略,以上规则考虑到了人的有限记忆的特性,也就是人不可能记录以前发生的所有事情的信息,那么就需要记录最有用的信息. 另一方面,人只能记录有限的时间段内所发生的事情,所以假设每个参与者的记忆长度有限(设长度为 M),即为从上一时刻到 M 时刻以前的历史最佳策略,然后每个参与者根

表 1 雪堆博弈的收益矩阵

	C	D
C	1	$1-r$
D	$1+r$	0

据自身的历史记忆进行决策,为了简单起见,采用多数者规则,即采用 C 或 D 策略的概率正比于 C 和 D 在记忆中的数量: $P_C = \frac{N_C}{N_C + N_D} = \frac{N_C}{M}$ 和 $P_D = 1 - P_C$,其中 N_C 和 N_D 分别是 C 和 D 的数量,然后所有个体更

新记忆. 重复以上步骤,系统就会演化下去.

2 结果分析

采用 Monte-Carlo 方法进行数值模拟,选取网络节点总数为 10 000,初始网络中合作者和背叛者各占 50%,随机进行分布,合作频率 f_c 为合作者所占的比例,每次模拟均是在网络稳定($t=8\ 000$ 步)之后进行,合作频率 f_c 为 $80\ 000 < t < 10\ 000$ 时,运行 30 次取平均计算得到(以下皆同). 我们已经验证,初始节点的策略分布和记忆并不影响最终稳态时的策略分布.

在 BA 无标度网络中,为了研究合作频率随收益系数的变化关系,固定网络的平均度为 6,分别取节点的记忆长度为 2、7、30,得到结果如图 1 所示,它具有如下的特点:(1) f_c 并不是随着 r 的增大而减小,相反,在某些区域, f_c 随着 r 的增加反而出现大幅上升,并且存在一个最优的合作频率值;(2)与规则网络相同(如图 2,节点的度均为 4,节点的记忆长度分别取 2、7、30), f_c 曲线是不连续的,被分为不同的几段,分段的数目对应于节点的平均度;(3)图 1 和图 2 都以坐标点(0.5,0.5)为 180° 旋转对称;(4) M 不影响分段点的 r 值,只影响 f_c 的值,这些结论和文献[16]一致. 当 $M=1$ 时,为了避免出现文献[16]的策略振荡,本文的仿真均是在 $M \geq 2$ 时进行的.

相对于规则网络,BA 无标度网络的度分布发生了明显的变化,网络中具有少部分的节点的度很大,而大部分小度节点与此大度节点相连,所以每个节点不再像规则网络一样具有相同的连接度,这使得不同

节点与邻居博弈时获得的收益存在差别,每个节点为了获得最大化的收益,会根据节点的邻居的策略选择合作或背叛策略,如果一旦大度的节点选择合作策略,那么与此连接的大部分的小度节点为了利益最大化就会选择欺骗策略,从而导致 f_c 偏低;当度大节点选择背叛策略时,度小的节点不得不选择合作策略从它的邻居那里获得 $1-r$ 的收益,这样小度节点的被动选择实际上是导致分段处 f_c 升高的主要原因.由此可见,即使是 r 增大,也会出现图 1 所示的 f_c 升高的现象.然而,当 r 变的很大时,选择合作时非常低的收益会导致系统中绝大多数的节点选择背叛行为,因此会使此时的系统中的 f_c 创新低,出现如图 1 所示的突然下降.

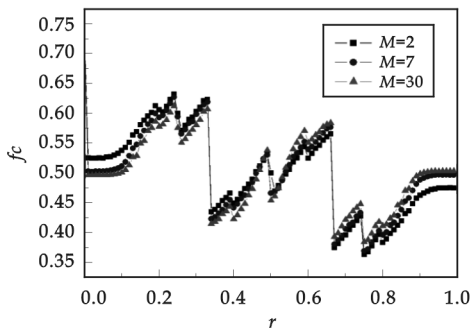


图 1 BA 无标度网络中合作频率 f_c 与收益系数 r 的关系图

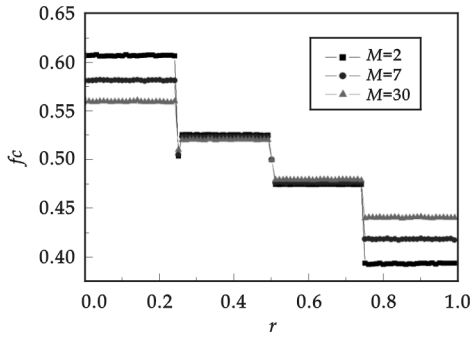


图 2 规则网络中合作频率 f_c 与收益系数 r 的关系图

细致观察图 1,发现记忆长度 M 对合作频率大小有影响,且不同的 r 对合作频率的影响不同,文[16]考察了相同平均度不同 r 时的 f_c 随记忆长度的变化关系,如图 3((a)中取网络的 $\langle k \rangle$ 为 4, r 分别取为 0.35、0.42、0.48; (b)中取网络的平均度为 8,收益系数 r 分别为 0.41、0.45、0.48) 所示,记忆长度对不同平均度的网络结构、不同的收益系数具有不同的作用,如平均度 $\langle k \rangle = 4$ 的情况下,对于 $r = 0.42$, f_c 不依赖于 M ; 而 $0.34 < r < 0.42$, f_c 是 M 的减函数; 当 $0.42 < r < 0.49$ 时, f_c 却变成了 M 的增函数. 对于平均度 $\langle k \rangle = 8$ 的情况, $r = 0.45$ 是分界点,当 $r < 0.45$ 和 $r > 0.45$ 时, f_c 分别表现为随 M 增加时的减小和增加. 同时观察图 1、图 2 还能发现记忆长度在 r 较大或者较小时对 f_c 影响较大,而 r 处于 0.5 附近时, M 对其影响最弱,甚至不起作用. r 较小时, M 对 f_c 的作用是积极的,即 M 的增加能促进合作频率的提高,这也说明,诱惑较小时,人们更易于理性; r 较大时, M 对 f_c 的作用是消极的,即 M 的增加降低了合作频率,这也在一定程度上说明了诱惑足够大时,人们更易于趋于不理智,从而导致整体的利益受到损失.

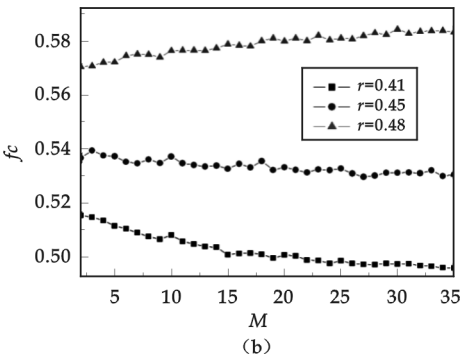
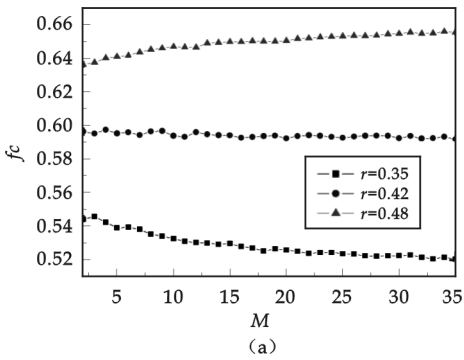


图 3 BA 无标度网络中合作频率 f_c 随记忆长度 M 的关系

下面继续考察网络的平均度 $\langle k \rangle$ 对合作频率 f_c 的影响,由对称性,模拟选取收益系数 $r = 0.1$ 进行,如图 4((a)图 M 取为 2, (b)图 M 分别取 4、5、6、7、15) 所示,分别给出了不同的记忆长度下的 f_c 随 $\langle k \rangle$ 的变化关系. 首先观察图 4(a),发现 f_c 不是 $\langle k \rangle$ 的单调函数,初始时,随着 $\langle k \rangle$ 的增加, f_c 单调上升,上升到一定值时, f_c 近似变为单调平滑的直线; 与图 4(a)不同的是,图 4(b)随着记忆长度的增加, f_c 经历单调上升之后,不再变为近似平滑直线,而是有一定的起伏之后到达近似均衡状态.

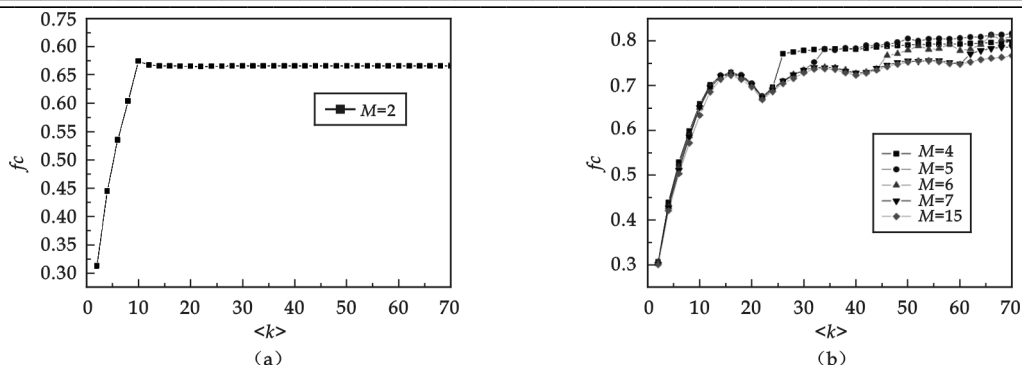


图 4 BA 无标度网络中合作频率 f_c 随平均度 $\langle k \rangle$ 的变化关系图

当记忆长度很小时,很容易出现策略振荡,即在连续两次博弈中,很大一部分节点的策略同时发生转变.本文所有的模拟均是在多次取平均时计算得到的,所以 M 较小时由于策略振荡造成 f_c 曲线比较平滑.逐渐增大记忆长度发现, f_c 随 $\langle k \rangle$ 变化的曲线会出现小幅振荡而后渐趋于均衡状态而达到收敛.这种小幅的震荡主要是由于图 1 中的分段造成的,随着 r 的增大, f_c 达到一定高度后会突然下降,这种下降与 M 无关,当我们选定了 r 之后,网络的 $\langle k \rangle$ 的不同造成的分段就确定了.同时, M 稍小时,随着网络的 $\langle k \rangle$ 的增大,每个节点的邻居也会增多,参与博弈时的个体增多,加之 M 较小,容易出现策略振荡,多次取平均之后, f_c 突然增大后不再出现小幅振荡而是趋近于平滑直线也就不难理解了.

通过以上分析,得出无标度网络上的博弈行为不同于规则网络,由于节点异质性导致的整个网络的合作频率随收益系数的变化比较明显,与预期不同的是,一定程度上的收益系数的增大并不是总是降低合作频率.记忆长度的作用在特定段的影响是显然的,但是也出现了对合作频率不起作用的真空段,这也表明在收益系数的作用下,人们有时候是不理性的.后来考察无标度网络的平均度对合作频率的影响,发现了平均度较小时对合作频率增加的积极作用,随着平均度的增加,这种积极作用逐渐被收益系数、记忆长度等的综合作用消减.

3 结 论

本文在 BA 无标度网络上研究了基于记忆的雪堆博弈模型的合作行为,深入分析了收益系数 r 、记忆长度 M 、网络的平均度 $\langle k \rangle$ 对合作频率 f_c 的影响,仿真模拟结果表明:(1)合作频率 f_c 是收益系数 r 的非单调函数;(2)记忆长度 M 对合作频率 f_c 的作用是不确定的;(3)合作频率 f_c 是网络的平均度 $\langle k \rangle$ 的非单调函数,对较小的 r (如为 0.1)时,发现一定的平均度的增加对合作频率的增长具有促进作用,当平均度继续增大时,合作频率会出现小幅振荡进而达到收敛.通过本文的分析,为了提高合作频率,可以适当增大 r 的值,也就是说适当的鼓励自私的行为反而可能更利于合作;记忆长度对不同 r 时所起的作用是不同的,所以我们要取得最优的合作频率,一定要综合考虑收益系数和记忆长度之间的关系.网络结构也在一定程度上影响着合作频率,所以选择合适的网络也是未来工作的着眼点.

参 考 文 献

- [1] J. Hofbauer, K. Sigmund. Evolutionary Games and Population Dynamics[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- [2] R. Cressman. Evolutionary Dynamics and Extensive Form Games[M]. Cambridge: MIT Press, 2003.
- [3] L. A. Dugatkin. Cooperation Among Animals: an Evolutionary Perspective[M]. Oxford: Oxford University Press, 1997.
- [4] H. Gintis. Game Theory Evolving[M]. Princeton: Princeton University, 2000.
- [5] A. M. Colman. Game Theory and Its Applications in the Social and Biological Sciences[M]. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1995.
- [6] B. Skyrms. The Stag Hunt and the Evolution of Social Structure[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
- [7] K. G. Binmore. Playing Fair: Game Theory and the Social Contract[M]. Cambridge: MIT Press, 1994.
- [8] 王 龙, 伏 峰, 陈小杰, 等. 复杂网络上的演化博弈[J]. 智能系统学报, 2007, 2(2): 1-10.
- [9] M. A. Nowak, R. M. May. Evolutionary games and spatial chaos[J]. Nature, 1992, 359: 826-829.
- [10] B. Kerr, M. A. Riley, M. W. Feldman, et al. Local dispersal promotes biodiversity in a real-life game of rock-paper-scissors[J]. Nature(London), 2002, 418: 171-174.
- [11] C. Hauert, M. Doebeli. Spatial structure often inhibits the evolution of cooperation in the snowdrift game[J]. Nature(London), 2004, 428: 643-646.

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0137-04

考虑摆球线度与摆线质量时单摆的周期研究

刘艳军¹, 肖波齐²

(1. 中核集团核反应堆热工水力技术重点实验室, 四川 成都 610041; 2. 三明学院物理与机电工程系, 福建 三明 365004)

摘要:考虑了摆球线度与摆线质量,把单摆看成是由摆线与摆球组成的刚体,通过类比方法得到刚体的转动惯量,建立了单摆的运动学方程,并得到单摆的运动周期 T ; 由周期 T_0 (理想情况下的周期) 与 T (实际情况) 的比值得到了 R (摆球尺寸) 和 k (摆线质量与摆球质量的比值) 与 T/T_0 的关系式,分析了其运动规律和物理意义.

关键词:单摆; 摆球线度; 摆线质量

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,伴随着科学的进步人们对于单摆的研究依然火热. 在单摆的教学中,当用公式 $T=2\pi\sqrt{l/g}$ 来计算实际摆的振动周期时,理论上要求摆长长度应远大于摆球的半径,摆线的质量可以忽略不计,这时摆球可简化为质点. 那么,当摆球线度与摆线质量不能忽略的情况下,对于 $T=2\pi\sqrt{l/g}$ 是否适用于实际摆的周期计算呢? 这时周期 T 遵循怎样的规律呢?

1 考虑摆球线度与摆线质量时单摆的周期公式推导

如图 1 当小球半径相对于悬线长度不能忽略时,由转动惯量可得:

$$I=\frac{2}{5}mR^2+ml^2 \tag{1}$$

式中 $\frac{2}{5}mR^2+ml^2$ 是摆球对 O 轴的转动惯量,其中 l 为摆线长度, R 为摆球半径,同样当摆线质量 m' 不能忽略时,由转动惯量得:

$$I=ml^2+m'(\frac{l}{2})^2 \tag{2}$$

在理想情况下当摆球为实心球并忽略空气阻力的影响,而摆球线度与摆线质量不能忽略时,摆球不能被看作为质点,而应近似作为刚体,当摆角小于 5° 时模型如图 2 所示.

悬线 OC 基本上处于直线状态,所以这时候的单摆可以近似地看成复摆,由式(1)、(2)可知:

$$I=\frac{2}{5}mR^2+ml^2+m'(\frac{l}{2})^2 \tag{3}$$

* 收稿日期:2011-01-12
作者简介:刘艳军(1979—),男,湖北省仙桃市人,助理研究员,博士,研究方向:反应堆热工水力及两相流动与传热
基金项目:福建省省属高校科研专项基金项目(JK2009039),三明学院服务海西建设重点工程项目(HX200804)

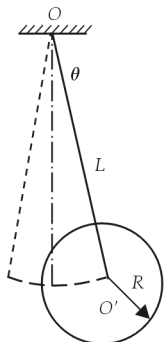


图 1 小球半径不可忽略

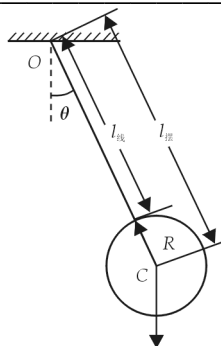


图 2 摆球线度与摆线质量不能忽略时单摆的物理模型

式中 R 表示摆球半径, l 表示摆长. 作用在摆球上的外力对 O 的力矩为:

$$M = -mgl \sin \theta \quad (4)$$

当 $\phi < 5^\circ$ 时, $\sin \phi \approx \phi$, 可得:

$$M = -mgl \theta \quad (5)$$

根据 $M = I\ddot{\theta}$ 得:

$$-mgl\theta = I\ddot{\theta} \quad (6)$$

把(3)式代入(6)式得:

$$-mgl\theta = \left[\frac{2}{5}mR^2 + ml^2 + m' \left(\frac{l}{2} \right)^2 \right] \ddot{\theta} \quad (7)$$

令摆线质量 $m' = km$, 又由移项消去 m 得:

$$\ddot{\theta} + \frac{gl}{\left(\frac{2}{5}R^2 + l^2 + \frac{k}{4}l^2 \right)} \theta = 0 \quad (8)$$

由简单模型可知单摆运动学方程为:

$$\ddot{\theta} + \omega_0^2 \theta = 0 \quad (9)$$

由(9)式知:

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} \quad (10)$$

又由式(8)、式(9)对比可知摆球线度与摆球质量不能忽略情况下单摆运动 θ 的角频率为:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{\frac{2R^2}{5l} + \left(\frac{k}{4} + 1 \right)l}} \quad (11)$$

由式(1)可知:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{\frac{2R^2}{5l} + \left(1 + \frac{k}{4} \right)l}}} \quad (12)$$

由式(12)/(10)得:

$$\frac{T}{T_0} = \sqrt{\frac{2R^2}{5l^2} + \frac{k}{4} + 1} \quad (13)$$

2 用 Matlab 处理单摆的周期并讨论其物理意义

为了编程方便, 设 $x = \frac{R^2}{l^2}$, x 的取值步长为 0.1, $y = \frac{T}{T_0}$. 在 k 分别取值为 0.1, 0.05, 0.01 时, y 与 x 的数据关系运用 matlab 程序编程. Matlab 编程如下:

```
Clear,clf,k=0.1
x=[0.1:0.1:0.9]
y=sqrt(0.4 * x+k/4+1)
spot
```

表 1 $k=0.1$ 时 y 与 x 的数据关系

x	0.100 0	0.200 0	0.300 0	0.400 0	0.500 0	0.600 0	0.700 0	0.800 0	0.900 0
y	1.032 0	1.051 2	1.070 0	1.088 6	1.106 8	1.124 7	1.142 4	1.159 7	1.176 9

表 2 $k=0.05$ 时 y 与 x 的数据关系(同理编程)

x	0.100 0	0.200 0	0.300 0	0.400 0	0.500 0	0.600 0	0.700 0	0.800 0	0.900 0
y	1.025 9	1.045 2	1.064 2	1.082 8	1.101 1	1.119 2	1.136 9	1.154 3	1.171 5

表 3 $k=0.01$ 时 y 与 x 的数据关系(同理编程)

x	0.100 0	0.200 0	0.300 0	0.400 0	0.500 0	0.600 0	0.700 0	0.800 0	0.900 0
y	1.021 0	1.040 4	1.059 5	1.078 2	1.096 6	1.114 7	1.132 5	1.150 0	1.167 3

从表 1~表 3 可以看出 $x=\frac{R^2}{l^2},y=\frac{T}{T_0}$,当 x 的值增大时,相对应的 y 值也增大.当所取的 k 值越大时, y 的值也越大.综上所述,当 x 和 k 值一起增大时,相应的 y 值也是增大的.

为了更直观地表示出 x 与 y 的关系,通过 origin 画图软件画出其关系曲线如图 3 所示.

从图 3 中可以更直观地看到,在理想情况下当摆球为实心球,摆角 $\phi<5^\circ$ 并且忽略空气阻力的影响,当 x 的值增大的时候,相对应的 y 值也增大,这说明当小球半径增大,直至小球半径增加到与摆线相近时,且摆球线度与摆线质量不能忽略时周期增加,这是与实际情况相符合的.从图中还可以看出,当摆线质量增加时,且摆球线度与摆线质量不能忽略时周期增加,这是与实际情况相符合的.

3 结束语

在理想情况下当摆球为实心球并忽略空气阻力的影响,且摆角小于 5° ,而摆球线度与摆线质量不能忽略时,摆球不能被看作为质点,应近似作为刚体.本文通过类比等方法

求出上述情况下单摆的周期公式,运用 Matlab 进行了简单编程,并运用画图软件画出了 $x=\frac{R^2}{l^2},y=\frac{T}{T_0}$ 时 x 与 y 的关系曲线,发现当小球半径增大到与摆线相近,且摆球线度与摆线质量不能忽略时周期增加,这与实际情况是相符合的;当摆线质量增加,且摆球线度与摆线质量不能忽略时周期增加,这与实际情况也是相符合的.

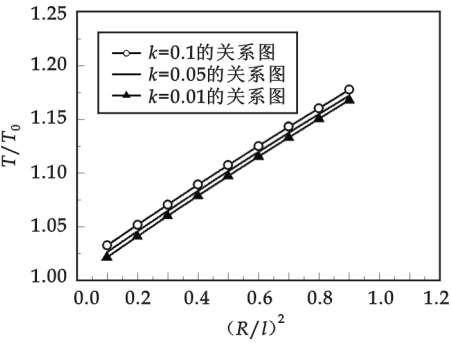


图 3 $x=\frac{R^2}{l^2},y=\frac{T}{T_0}$ 时 x 与 y 的关系曲线

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,2007,5(12): 20-23.
[2] 龚相超,胡百鸣.单摆非线性问题的线化摄动解[J].绵阳师范学院学报,2008,77(2): 12-16.
[3] 罗均华,王新兴.影响单摆振动周期因素的研究[J].河西学院学报,2002,35(5): 56-59.
[4] 刘国跃,龚劲涛,吴 英.摆运动的非谐振和弱阻尼修正[J].绵阳师范学院学报,2007,5(2): 5-8.
[5] 叶慧群.单摆周期近似解法综述[J].浙江师范大学(自然科学报),2004,6(3): 21-23.
[6] 鞠衍清,王殿学.关于单摆实验最大摆角的讨论[J].齐齐哈尔大学学报,2006,7(2): 116-118.
[7] 谭志中.大摆角单摆运动周期的三个公式[J].广西物理,2003,3(1): 67-69.
[8] 温淑敏,韩天荣.单摆的研究[J].集宁师专学报,2000,4(12): 21-25.
[9] 罗 颖,罗兴垅.用 Matlab 软件求单摆的运动[J].赣南师范学院学报,2005,5(3): 19-21.

RESEARCH ON THE CYCLE OF SIMPLE PENDULUM CONSIDERING THE DIMENSION OF PENDULUM BALL AND MASS OF CYCLOID

LIU Yan-jun¹, XIAO Bo-qi²

(1. CNNC, Key Laboratory on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics Technology, Chengdu 610041, China; 2. Department of Physics and Electromechanical Engineering, Sanming University, Sanming 365004, China)

Abstract: The dimension of pendulum ball and mass of cycloid is considered in this paper, simple pendulum is considered as rigid body which consists of cycloid and pendulum ball. The solid moment of inertia is derived using analogy. The kinetic equation of the pendulum is found. The cycle of pendulum is obtained. The ratio of T_0 (ideally) and T (actually) is discussed. The relation is derived between R (the dimension of pendulum ball) and k (the ratio of mass of cycloid and mass of pendulum ball) and T/T_0 . The curve image of T/T_0 is derived. The motion law is analyzed from the curve image, and physical significance of the curve image is discussed.

Key words: simple pendulum; dimension of pendulum ball; mass of cycloid

(上接第 136 页)

- [12] F. C. Santos, J. F. Rodrigues, J. M. Pacheco. Epidemic spreading and cooperation dynamics on homogeneous small-world networks [J]. Phys. Rev. E., 2005, 72:056128.
- [13] M. Tomassini, L. Luthi, M. Giacobini. Hawks and doves on small-world networks[J]. Phys. Rev. E., 2006, 73:016132.
- [14] F. C. Santos, J. M. Pacheco. Scale-free networks provide a unifying framework for the emergence of cooperation[J]. Phys. Rev. Lett., 2005, 95:098104.
- [15] A. L. Barabási, R. Albert. Emergence of scanling in random networks[J]. Science, 1999, 286(5439):509-512.
- [16] W. X. Wang, J. Ren, G. Chen, *et al.* Memory-based snowdrift game on networks[J]. Phys. Rev. E., 2006, 74:056113.

STUDY ON COOPERATION IN SCALE-FREE NETWORKS

CHEN Xiao-ting, ZHU Biao

(College of Physics and Electronic Information Engineering, Wenzhou University, Wenzhou 325035, China)

Abstract: We study the evolution of cooperation in the networked Memroy-Based snowdrift game, BA scale-free networks with typical structures are considered. To further study how the payoff parameter, memory lengths and average degree influence the cooperation, Monte Carlo is applied. Simulation results show that, the frequency of cooperation has a step structure, it is not a monotone function of the payoff parameter; the effects of memory lengths on the frequency of cooperation are indeterminate, we also find with the increase of average degree in certain range, the frequency of cooperation increased greatly, when the average degree over a certain value under effect of memory length and network topology, the frequency of cooperation towards stability.

Key words: scale-free networks; snowdrift game; cooperation behavior; average degree; memory lengths

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0141-05

镰刀湾探区延长组长 2 油层组沉积体系特征分析

徐 娇¹, 严卫宏², 陈全红³, 刘昊伟⁴

(1. 延安大学能源与环境工程学院, 陕西 延安 716000; 2. 西北大学地质学系, 陕西 西安 710069; 3. 中国海洋石油总公司北京研究总院, 北京 100027; 4. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘 要: 通过对镰刀湾探区 100 余口井的岩心观察及对镰 106 井、化 3 井、化 45-28 井等的重点分析, 结合岩电特征、沉积模式等图谱资料的对比研究, 对镰刀湾探区延长组长 2 油层组河流沉积体系的特征进行了深入研究. 依据砂体的几何形态、相序特征和相变关系以及河道的平面形态, 可以分为辫状河、曲河流及交织河 3 个亚相, 其突出特征与主要的沉积场所是河道. 镰刀湾地区长 2 油层组主要为河流相沉积, 其中长 2_3 以辫状河沉积为主, 长 2_2 以曲流河沉积为主, 长 2_1 大部分为交织河.

关键词: 镰刀湾探区; 延长组; 河流沉积; 沉积亚相

中图法分类号: [TE122] **文献标识码:** A

0 引 言

鄂尔多斯盆地镰刀湾探区长 2 期整体水体较浅, 基底稳定, 主要为河流沉积、河道砂坝发育、河漫滩沉积不发育或者以废弃相保存部分^[1-3]. 通过对镰刀湾探区 100 余口井的岩心观察及对镰 106 井、化 3 井、化 45-28 井等的重点分析, 结合岩电特征、沉积模式等图谱资料的对比研究, 对镰刀湾探区延长组长 2 油层组河流沉积体系的特征进行了研究. 根据沉积相划分的主要标志, 综合研究了镰刀湾地区延长组长 2 油层组的沉积特征, 认为该区可划分为河流相和辫状河、曲流河、交织河 3 类亚相沉积(表 1).

表 1 镰刀湾地区长 2 沉积体系划分表

沉积体系(相)	亚相	微相	发育特征	识别标志	分布状况
河 流	辫状河	河道砂坝	具有宽广的河道, 泛滥平原泥质沉积不发育.	砂岩粒度粗, 含砾, 砂体厚度大, 砂地比多>0.6.	长 2_3
		泛滥平原			
	曲流河	河道砂坝	河道砂体发育, 多具正粒序, 以侧向加积为主; 河漫滩沉积, 以垂向加积为主, 二者沉积之比接近于 1.	河道砂体底部多具有冲刷面, 发育大型板状交错层理, 自然电位箱状、钟状.	长 2_2^1 、长 2_2^2
		河漫滩			
流	交织河	河道砂坝	地势极为平坦, 河流交错密布, 垂向加积的粉砂和粉砂质泥十分发育.	河道砂体粒度细, 厚度多为 3 m 左右, 厚者可达 10 m. 露头上多为凸透镜状, 横向延伸仅数百米.	长 2_1^1 、长 2_1^2 、 2_1^3
		河漫滩			

从平面上看, 各个单独的河段从低弯度到高弯度都有, 它们构成了一个连续系列. 河流作用是大陆环境中很重要的地质营力之一, 河流沉积主要为垂向加积. 在适宜的构造条件下, 有时甚至可发育上千米厚

* 收稿日期: 2010-12-05
作者简介: 徐 娇(1987—), 女, 陕西省杨凌区人, 研究方向: 油气田地质与开发
基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2003CB214602), 长江学者和创新团队发展计划(IRT0559)

的河流沉积^[4,5]. 依据砂体的几何形态、相序特征和相变关系以及河道的平面形态,可以分为辫状河、曲河流及交织河 3 个亚相,其突出特征与主要的沉积场所是河道. 镰刀湾地区长 2 油层组主要为河流相沉积,其中长 2₃ 以辫状河沉积为主,长 2₂ 以曲河流沉积为主,长 2₁ 大部分为交织河.

1 辫状河

辫状河通常发育在地形梯度相对较大的地区,其河水往往携沙量大,以推移质为主,河道宽而浅,流量变化大,垂向加积快,在河道中常常形成一系列河道砂坝. 辫状河的“二元结构”不明显,下部粗碎屑组分占的比例大,上部细碎屑组分不发育^[6]. 本区的辫状河沉积主要发育于长 2₃ 油层组,由砂岩构成了巨厚的层系,缺乏河道间细粒沉积夹层. 砂岩段的厚度较大,而泥质岩段小于 10 m. 砂岩一般由一系列不完整的沉积旋回反复切割叠置而成,由此造成了垂向剖面上粒序性不明显,自然电位曲线呈顶底突变的箱状负异常,自然伽玛曲线形态大体上与自然电位曲线一致,2.5 m 视电阻率曲线为中、低阻,砂岩以中细粒为主(图 1、图 2). 通过与邻井对比,发现河道复合砂体形态在剖面上呈上平下凸的透镜体,充填于大型河谷中,谷底强烈起伏,从垂向上看,砂体由多个旋回反复叠置而成,每个旋回都具有由下而上由粗变细的正旋回层序,并依次发育粒序层或槽状交错层、板状交错层以及一些沙纹交错层理.

(1) 辫状河河道沙坝. 以灰、灰白色中砂岩或中细长石砂岩为主,含砾粗砂岩、粗砂岩,砂泥比值较大,砂体厚度大,反映了河道横向迁移频繁,河道顺直,连续性好,多期河道纵向叠置,造成了巨厚的块状砂体和较高的砂泥比. 垂向上表现为旋回不完整且彼此叠置的巨厚砂层,河道沉积的下部为大型槽状交错层理的粗砂岩,位于河道基底冲刷面之上,常含滞留沉积,上部为具大型板状交错层理的河道砂沉积,自下而上显示了由粗变细的正旋回层序. 自然电位为光滑的箱状曲线,顶、底界面多为突变型,少数呈钟形,底部突变型和顶部渐变型.

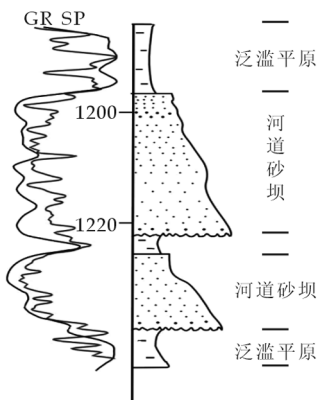


图 1 镰 106 井长 2 辫状河岩电关系特征

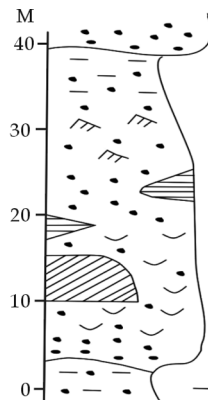


图 2 延河剖面辫状河沉积序列特征

(2) 泛滥平原. 由于辫状河河道迁移迅速,稳定性差,所以泛滥平原沉积不发育. 主要由粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、薄层状粉砂岩和中厚层状粉-细砂岩组成,粉砂岩具丰富的沙纹交错层,泥质岩富含粉砂质纹层或植物根迹,二者常组成透镜状-波状复合层理并呈频繁互层产出,有时还可见到各种变形层理.

2 曲流河

曲流河河道一般呈明显的弯曲状,凹岸侵蚀,凸岸堆积,形成特征的曲流砂坝,其特征往往是河道砂质沉积与河漫细粒沉积之比相近^[7,8]. 本区的曲流河沉积主要发育在长 2₂ 油层组. 沉积层序中正粒序明显,具二元结构,下部结构为河道砂坝沉积,以侧向加积为主;上部结构为河漫滩沉积,以垂向加积为主^[9],二者沉积之比接近于 1. 上述这些特点显然是曲流河沉积所特有. 河道砂岩一般为细粒状,砂体厚 8~15 m,最厚达 30 m. 正粒序发育,自然电位曲线呈钟状或箱状负异常,自然伽玛曲线形态与自然电位曲线基本一致,2.5 m 视电阻率曲线呈齿状中低阻,局部高阻. 根据相邻井的对比,砂体在横剖面上呈上平下凸的透镜体,侧向延伸在数千米以内,四周均为泥质岩所包围. 砂体基底具明显的冲刷面,冲刷面起伏强烈(图 3、图

4). 河漫滩沉积主要为泥岩、泥质粉砂岩夹粉砂岩及细砂岩。

(1)曲流河河道沙坝. 由于曲流河河床中水流对沉积物的搬运以底负载搬运为主,故边滩沉积的岩性以砂岩为主,其矿物成分复杂,成熟度低,不稳定组分多,不稳定矿物含量也比心滩有所减小,长石含量高. 垂向上,自下而上长出现由粗至细的粒度或岩性正韵律. 以发育大型槽状交错层理为其主要特征,也可形成平行层理及板状交错层理. 基底冲刷面起伏较大,砂体在剖面上可分为一系列完整或不完整的旋回反复叠置. 序列顶部常有废弃河道成因的泥质沉积物。

(2)河漫滩. 河漫滩沉积以粘土岩沉积为主,并有粉砂岩出现,是河流相中最细的沉积类型,层理一般发育不好,有时见薄的水平层理. 泥岩中泥裂、干裂缝常见,生物繁茂,可形成丰富的有机质沉积,并可保存较完整的动植物化石. 漫滩沼泽沉积的垂向层序与天然堤类似,但沉积物更细,为细—粉砂岩、粉砂岩及粉砂质泥岩,也具正粒序、小型波状交错层理以及上攀沙纹层理和水平层理发育,富含碳屑及植物茎干。

(3)决口扇. 决口扇沉积为中厚层状粉—细砂岩,发育各种小型交错层理波状层理及平行层理,常见小型冲刷—充填构造、植物碎片及其他化石遗体. 砂体形态往往呈舌状,底界截然,向河漫平原方向变薄、尖灭,剖面上呈透镜状。

研究区曲流河分布范围更广,而且大部分分布在辫状河的前缘,其沉积物往往是河道砂质沉积与河漫滩细粒沉积之比接近于 1,沉积层序正粒序性明显,具二元结构. 下部结构为河道砂坝沉积,以侧向加积为主;上部结构为河漫滩沉积,以垂向加积为主. 这些特点显然是曲流河沉积所特有。

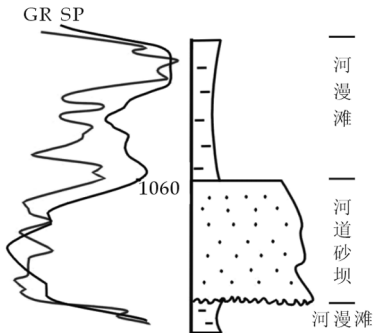


图 3 塞 313 井长 2 曲流河岩电关系特征

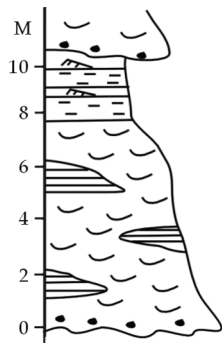


图 4 清涧河剖面曲流河沉积序列

3 交织河

交织河是指其河道分枝成若干条次级河道,流经一般数倍于河道宽的距离后又重新汇合的河流. 它的一个重要特征是河道一旦形成便极为固定,当河岸发生冲裂作用时河道才发生迁移. 交织河出现地段地势十分平坦,常常被泛滥盆地沉积分为若干彼此分隔而又汇合的持久性河道系统,其单河道既可能是顺直的低弯度型,也可以是高弯度的曲流型,其突出特征是泛滥盆地十分发育. 天然堤之外往往发育大片漫滩沼泽、河漫湖及决口扇等沉积,它们与河道砂体沉积之比大多在 2~4 之间^[10]. 本区交织河主要发育,在上三叠统延长组长 21 期. 常有沼泽与其共生,河岸十分固定,植被繁茂,无论河道或是洪泛平原碎屑均以垂向加积为主(图 5、图 6)。

交织河河道砂体主要为灰色细砂岩或灰色粉—细砂岩. 在纵向上常常呈不完整旋回的反复叠置,厚度一般在 3 m 左右,厚者可达 10 m. 砂体基底具冲刷面和滞留沉积,内部常见槽状交错层理. 在露头区砂体一般呈近于对称的下凸透镜体,横向延伸仅数百米,侧向上往往被河漫等河道间细粒沉积物所包围。

(1)交织河河道砂坝. 主要为细砂和粉砂组成的深而狭窄的条带状沉积体. 底部具有明显的侵蚀面,周围被湿地环境的细粒沉积物所包围. 河道充填的砂岩具槽状交错层理,底部出现砾岩沉积,为多层向上变细的层序. 厚而狭窄的带状砂体反映了交织河道的稳定性和垂向加积为主的型式. 在露头区砂体一般呈近于对称的下凸透镜体,横向延伸仅数百米,侧向上往往被河道间细粒沉积物所包围. 河道沉积在平面上呈鞋带状,剖面上呈相互叠置的透镜状。

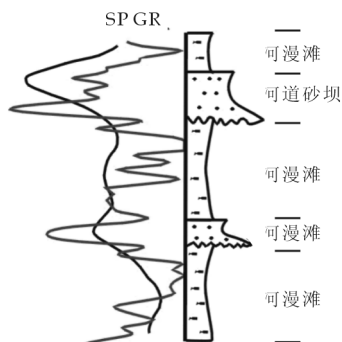


图 5 镰 127 井长 2 交织河岩电关系特征

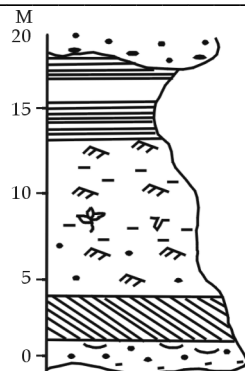


图 6 无定河交织河沉积序列图

(2)河漫滩. 交织河的河道间大量发育着河漫滩沉积,其特征与曲流河的河漫滩相类似. 沉积物质主要为富含泥岩的粉砂和粘土,侧向上可相变为河道沉积,垂向上可与因洪水漫溢作用形成的决口扇沉积交互成层.

本区的河道间沉积包括河漫滩、决口扇、天然堤和漫滩沼泽等,主要为粉砂质泥岩和泥质粉砂岩夹粉砂岩、碳质泥岩及薄层细砂岩,常含植物茎叶和根迹,粉细砂岩中常见沙纹层理、包卷层理及水平纹层. 长 2_2 处于曲流河河道,河湾部位面积较大,在洪水期更容易发生决口,因此洪泛沉积较为发育. 长 2_2 期河流水流进一步变强,早期沿长 3 期河道高速推进的长 2_3 期的河道在高速水流的冲刷作用下,不断地决口改道,河道的规模也明显变大,河道宽度逐渐加大. 沉积剖面上多为河道砂体叠置的厚层砂体,河流沉积逐渐达到鼎盛. 到长 2_2^1 期,河道逐渐趋直,曲流河开始进入稳定沉积期,在高速水流的侵蚀下,河道变宽,形成宽广的砂体沉积区. 由于此时期河道决口的机会大大减小,河道开始稳定,河道间漫滩沉积明显向南移动,面积扩大. 在垂向剖面中,此段沉积多表现为大段的厚层砂岩沉积,物性较好,也是此段油气显示最好的原因. 在长 2_2^1 期,由于长 2_2^2 期形成了宽广的河道,加之地势逐渐平坦,水流流速减小,动能降低,水流继续沿长 2_2^2 期冲刷的河道流动,河道宽度变小,局部地区早期的河道逐渐废弃. 到长 2_2^1 后期,随着地势越来越平坦,曲流河逐渐网状交织化. 到长 2_1^2 期,网状交织河沉积已经开始在全区发育,主要表现为河水动力较弱,河流侧向侵蚀能力减小,河道相对稳定,规模变小,交织河道纵横交叉,彼此连通构成网格状,河道间沉积范围扩大. 到长 2_1^1 期,随着交织河的充填淤积,加之供给水流减少,部分河道废弃,交织河河道主要沿南北向的一些主河道发育,河漫滩沉积范围扩大.

4 结 论

镰刀湾地区在进入长 2 期,随着构造的缓慢抬升,曲流河沉积在继承长 3 期河流沉积格局之上,从长 2_3 期开始高速推进,河道局限地沿长 3 期河谷推进,水流湍急,沉积物粒度较粗,岩石成分成熟度较低,长石含量高,以长石石英砂岩为主. 研究区长 2_3 期辫状河主要为河谷充填型辫状河,它沿晋陕古河谷的支流自北东南向南方向流经研究区北区. 在随后的河流发展中,河谷充填型辫状河发生决口,并随之形成了一条新的河流-决口改道型辫状河,主要分布在研究区中部一带. 长 2_2 期以曲流河沉积为主,层序中正粒序明显,具二元结构,下部结构为河道砂坝沉积,以侧向加积为主;上部结构为河漫滩沉积,以垂向加积为主. 长 2_1 期发育交织河沉积,常与沼泽共生,河岸十分固定,植被繁茂,无论河道或是洪泛平原碎屑均以垂向加积为主.

参 考 文 献

- [1] 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气[M]. 北京:石油工业出版社,2003:10-335.
- [2] 杨俊杰. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[M]. 北京:石油工业出版社,2001:104-128.
- [3] 孙肇才,谢秋元. 叠合盆地的发展特征及其含油性——以鄂尔多斯盆地为例[J]. 石油实验地质,1980,2(1):13-21.
- [4] 武富礼,李文厚,李玉宏,等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组三角洲沉积及演化[J]. 古地理学报,2004,6(3):307-315.
- [5] 汪正江,陈洪德,张锦泉. 物源分析的研究与展望[J]. 沉积与特提斯地质,2000,20(4):104-110.
- [6] 李文厚. 川口油田长 6 段油层组沉积相特征与储集条件[J]. 西北大学学报,1996,26(2):155-158.
- [7] 李文厚,柳益群,冯 乔,等. 川口油田长 6 段油层组储集层特征与油气富集规律[J]. 岩石学报,1998,14(1):117-127.

- [8] 梅志超,林晋炎.湖泊三角洲的地层模式和骨架砂体的特征[J].沉积学报,1991,9(4):1-10.
- [9] 郭艳琴,李文厚.安塞油田上三叠统延长组长 6 油藏储集因素[J].西北大学学报(自然科学版),2006,36(4):639-642.
- [10] 李文厚.塔里木东南断陷区侏罗系沉积体系及油气意义[J].石油与天然气地质,1998,19(2):110-115.

ANALYSIS ON RIVER DEPOSITIONAL SYSTEM OF CHANG 2 OF YANCHANG FORMATION IN LANDAOWAN EXPLORATION AREA

XU Jiao¹, YAN Wei-hong², CHEN Quan-hong³, LIU Hao-wei⁴

(1. College of Energy and Environmental Engineering, Yan'an University, Yan'an 716000, China; 2. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China; 3. CNOOC Beijing General Research Institute, Beijing 100027, China; 4. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing 100083, China)

Abstract: Coring from many wells in the region of interest in Liandaowan exploration area have been observed, data from Lian 106 Well, hua 3 Well, Hua 45-28 Well and data from logging. Detail study on river depositional microfacies of chang 2 of Yanchang formation in Liandaowan exploration area. Based on sand body geometric shape, sequence features and phase transformation relation and the river plane form, can be divided into braided river, curve river and intertwined river, its outstanding characteristic and main sedimentary place is river. The reservoir group of chang 2 of Yanchang formation is mianly forming from river deposition, chang 2 is mianly form braided river deposition, and chang 2 is mianly form curve riverdeposition, most of chang 2 forming from intertwined riverdeposition.

Key words: Liandaowan exploration area; Yanchang formation; river deposition; sedimentary subfacies

教育厅对我校学科建设项目进行年度绩效检查

3 月 29 日上午,陕西省教育厅重点学科专项资金检查专家组一行 7 人莅临我校进行年度建设绩效检查,专家组成员均为省内其他高校的知名专家学者.校长沈一丁、副校长崔继华,各相关学科所在学院负责人及建设项目负责人参加了会议,会议由学科办主任董继先主持.

沈一丁代表学校对专家组的到来表示热烈的欢迎,并简要介绍了学校近年来学科发展和重点学科建设的总体情况.

我校制浆造纸工程、皮革化学与工程、材料学、应用化学、机械设计及理论、包装工程、企业管理重点学科建设项目和哲学社会科学特色学科建设项目负责人分别就上一建设年度中专项资金的使用情况、主要建设成效以及建设中存在的主要问题和改进措施等方面进行了汇报.汇报结束后,专家分两组考察了部分重点学科所在实验室及专项资金购置的仪器设备.

检查结束后,专家组对我校近年学科建设的进展和成绩给予了充分肯定,并就我校坚持特色发展、交叉融合、科研水平提升与地方经济结合、大型仪器设备管理等方面提出很好的建议和希望.

沈一丁对专家组的检查工作表示感谢,要求我校学科建设工作在今后继续注重特色、加强建设、均衡发展,努力再创佳绩.

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0146-04

镰刀湾探区延长组长 6 油层组沉积体系特征分析

胡友洲^{1,2}, 李文厚¹, 李克永¹, 李宏伟³

(1. 西北大学地质学系, 陕西 西安 710069; 2. 长庆油田分公司第一采油厂, 陕西 延安 716000; 3. 玉门油田分公司老君庙油田作业区, 甘肃 玉门 735200)

摘 要:通过对镰刀湾探区近 200 口井的岩心观察及对镰 2 井、镰 18 井、化 103 井等的重点分析,结合野外露头、测井分析、砂体变化等资料,对镰刀湾探区延长组长 6 油层组沉积微相进行了研究. 镰刀湾探区三叠系延长组长 6 油层组主要发育三角洲沉积体系,并以三角洲前缘沉积为主,研究区北部发育三角洲平原. 研究区以三角洲前缘沉积为主,并进一步细分为水下分流河道、水下天然堤、河口坝及分流间湾等;三角洲平原沉积可细分为分流河道、决口扇、河漫滩等微相.

关键词: 镰刀湾探区; 延长组; 沉积微相; 三角洲前缘

中图法分类号: [TE122] **文献标识码:** A

0 引 言

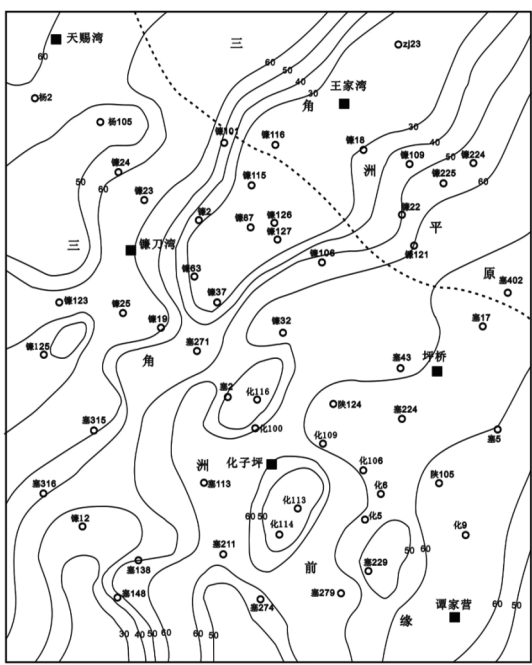


图 1 镰刀湾探区延长组长 6 沉积体系分布图

鄂尔多斯盆地镰刀湾探区三角洲是以河道砂体为骨架的高建设性三角洲,长 6 期沉积时整体水体较浅,三角洲直接在浅水背景上发展起来,基底稳定,主要为浅水台地型三角洲沉积,水下分流河道沉积发育,河口坝沉积不发育或者以废弃相保存部分^[1](如图 1 所示). 由于整体地形平缓,形成深水盆地型三角洲没有足够的时间及空间条件,主要沉积相为三角洲平原和三角洲前缘亚相沉积,主要形成垂向序列不完整的浅水台地型三角洲^[2].

1 三角洲平原主要沉积微相类型特征

晚三叠世末期华北克拉通全区抬升,鄂尔多斯盆地的沉降中心由西南向东北转移,呈现出西高东低的地形^[3]. 研究区北部此时主要发育三角洲平原沉积(图 1),按沉积特征可以分为分流河道、天然堤、决口扇、河漫滩等(图 2).

1.1 三角洲平原相分流河道

(1) 岩性特征. 分流河道砂岩主要以细粒岩屑砂岩和岩屑石英砂岩构成,岩屑含量较高,成分成熟度中等. 砂岩以细砂岩为主,分选好,磨圆以次棱角-次圆状为

* 收稿日期:2010-12-21

作者简介:胡友洲(1970—),男,四川省中江县人,在读硕士生,研究方向:沉积学及石油地质学

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2003CB214602),长江学者和创新团队发展计划(IRT0559)

主,结构成熟度较高。

(2)沉积构造. 分流河道砂岩的基底具冲刷面,向上发育大型槽状交错层理、板状交错层理和平行层理,河漫滩和漫滩沼泽沉积中发育水平层理或块状层理。

1.2 三角洲平原相天然堤

天然堤属于洪泛期悬浮沉积物形成,位于分流河道之上,岩性主要为粉砂岩、粉砂质泥岩,主要由悬浮载荷的细碎屑沉积物组成。发育平行层理及沙纹交错层理,常略具向上变细变薄的粒序,韵律层序的厚度为 0.5~2 m。在剖面结构上,易被分流河道或决口扇截切保存不完整,或连续过渡为变细的河漫滩沉积,电测曲线多为低平背景上的尖峰。

1.3 三角洲平原相决口扇

决口扇在三角洲平原中比较常见,它一般发育于分流河道间及洪泛平原上,岩性一般为薄层细—粉砂岩、粉砂质泥岩,具有向上变细的正韵律层理,层厚 2~3 m,厚者可达 5 m,发育沙纹交错层理、平行层理等。在剖面结构上,多直接覆盖在分流河道间的泥质沉积之上,电测曲线多为指状或低平背景上的尖峰。

1.4 三角洲平原相河漫滩

(1)岩性特征. 分布于分流河道间,沉积物多为洪泛悬浮的泥质沉积,以垂向加积作用为主,岩性主要为灰黑色泥岩、碳质泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩等,含植物碎片化石。

(2)沉积构造. 可见流水、浪成沙纹层理、水平层理及虫迹化石。因为经常处于半水淹的状态,沼泽发育,多可形成煤。

2 三角洲前缘主要沉积微相类型及识别标志

长 6 期镰刀湾探区主要形成三角洲前缘沉积(图 1),其主要发育了以下几种微相:水下分流河道、分流间湾、河口坝、水下天然堤、水下决口扇等。其中水下分流河道是三角洲前缘的骨架砂体,是延长组的有效储集相砂体^[4-6]。

2.1 三角洲前缘相水下分流河道

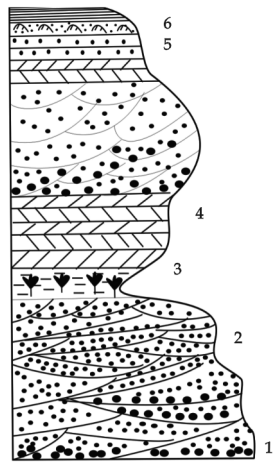
(1)岩性特征. 在野外剖面中,砂岩厚度 15~20 m,整个砂体发育在分流间湾的灰黑色泥岩之间,砂体下部为灰黄色厚层中粒岩屑长石砂岩。在钻井剖面中,常见到的岩性为灰白、浅灰色中—细砂岩,砂体常具有中—细砂岩向上变细,为泥质细砂岩及粉砂岩组成的正粒序性。

(2)结构特征. 砂岩分选中等—好,磨圆度中等,呈次圆—次棱角状,以孔隙式为主。单层砂体厚 2~8 m,叠置砂体的总厚度可达 8~15 m。

(3)沉积构造. 砂体底部常具冲刷面,局部含泥砾,中下部常发育槽状交错层理、平行层理。在下伏的粉砂、泥质粉砂岩中见有滑塌变形构造,底部有清楚的冲刷面,砂体的底部见植物茎干化石,含黄铁矿结核,上部为黄色中细粒岩屑长石砂岩,具板状交错层理,顶部为平行层理,整体上具向上变细的正粒序结构(图 3)。

2.2 水下决口扇

岩性位灰色泥质细砂岩、粉砂岩夹薄层泥岩组合,常具向上变粗或向上变粗后复变细的反粒序性,厚度 1~2 m。在剖面结构上,或与水下天然堤伴生,或在分流间湾沉积中呈夹层产出,与相邻微相存在粒级和粒序突变关系。电测曲线常呈低—中幅指形、倒钟状和卵形,个别钟形,总体上以显示均匀悬浮和略向上变粗后复变细的趋势为主。



1.板状交错层理, 2.沙纹交错层理, 3.平行层理
4.河床滞留沉积, 5.槽状交错层理, 6.水平层理

图 2 镰刀湾探区三角洲平原
分流河道模式

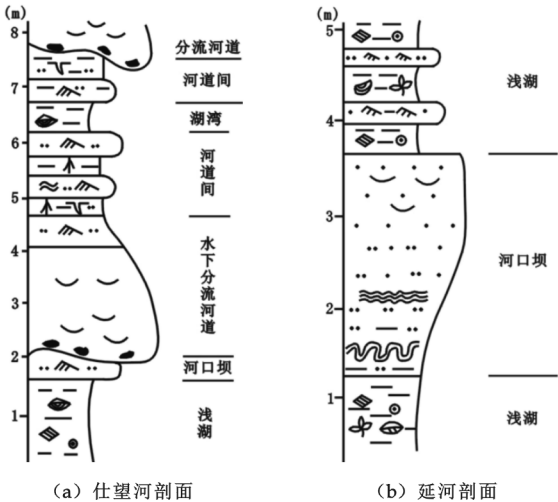


图 3 化 114 井三角洲前缘沉积岩电特征图

泥岩组成,其自然电位曲线表现为低平,自然伽玛曲线表现为中高值,呈齿形或为光滑曲线。

3 研究区长 6 三角洲沉积体系

鄂尔多斯盆地上三叠统延长组发育有两种地层样式不同的湖泊三角洲,一种是进积序列较完整的巨厚的深水盆地型三角洲,另一种是缺乏完整进积序列的薄的浅水台地型三角洲^[7]. 其中深水型三角洲是在有巨厚深水泥岩及低密度浊积岩的深盆地背景上发育起来的,水下沉积厚度较大,进积相的序列保存较好. 而浅水型三角洲水下沉积薄,且常为后继的河流强烈冲刷,进积序列常常不完整. 研究区延长组发育的为浅水型三角洲,其突出特征是分流河道砂体为骨架,河口砂坝不发育(图 4). 多数情况下,分流河道砂体直接与湖相、分流间湾泥岩呈冲刷接触,垂向相序往往不完整^[8,9]. 镰刀湾探区延长组三角洲前缘很少见到河口坝沉积,水下分流河道砂体往往直接位于湖相泥岩之上,或者因为河流改道,水下分流河道砂体直接位于分流间湾泥岩之上,二者呈冲刷接触. 在河道砂岩底部常含泥砾。

浅水台地型三角洲前缘河口坝之所以少见,是因为河流进入平坦安静的浅水环境,所携带的沉积物快速推进,不能形成较厚的河口坝沉积,即使形成也通常为水下分流河道冲刷殆尽,所以经常见到水下分流河道砂体与湖相泥岩直接呈冲刷接触,而缺乏河口坝沉积

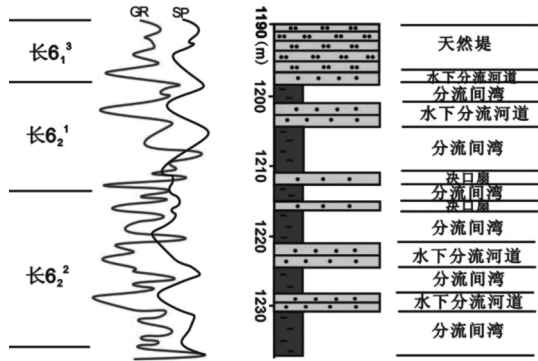


图 4 三角洲沉积序列模式图

往往存在着规律的演化趋势. 一般说来,三角洲体系在时间上往往从深水型向浅水型转变,在空间上则从浅水型向深水型过渡。

根据以上分析,认为镰刀湾探区长 6 期沉积时,整体水体较浅,三角洲直接在浅水背景上发展起来,主要为浅水台地型三角洲沉积,水下分流河道沉积发育,河口坝沉积不发育或者以废弃相保存部分. 由于整

2.3 河口坝

河口坝沉积岩性为灰色细砂岩、粉砂岩夹灰黑色泥岩薄层,粉砂岩单个砂体常具有向上粒度变粗和泥质含量减少的趋势. 在剖面结构上,它多位于三角洲旋回的下部,往往由一个或局部由多个河口坝与水下分流河道叠置组成向前三角洲下超的进积复合体,顶部常被向湖盆方向延伸的水下分流河道截切超覆。

2.4 分流间湾

位于三角洲前缘水下分流河道砂体之间的滨浅湖区,其水体与前三角洲带以开阔湖水相通. 沉积物以细粒沉积为主,岩性为厚层状灰黑色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩夹灰色、灰绿色细砂岩,粉砂质泥岩、泥岩中发育植物叶片化石. 由于分流间湾多为泥岩、粉砂质

作为过渡,偶尔在冲刷不太强烈的情况下留有薄的残余(图 4). 例如在延河剖面张家滩黑页岩之上见有 3 m 厚的保存较好的河口坝沉积,未受明显的波浪改造,以废弃相保存下来,基本上反映了河口坝的原始特征. 岩性以粉砂质泥岩及粉砂岩与下伏湖相页岩呈渐变,底部粉砂质泥岩及粉砂岩中具沙纹层理及包卷层理,向上粉细砂岩具水平波状纹层,至顶部可见中一小型槽状交错层理,构成反旋回^[10](图 4)。

三角洲沉积序列如果其上发育第二旋回的三角洲,那么这种三角洲将是浅水型. 也就是说,在大型湖盆中,随着湖盆的充填作用,三角洲体系在时间上和空间上往

体地形平缓,形成深水盆地型三角洲没有足够的时间及空间条件,或者说来不及充分发育这种三角洲,研究区仍然以浅水台地型三角洲为主。

4 结 论

鄂尔多斯盆地镰刀湾探区三角洲是以河道砂体为骨架的高建设性三角洲,通过对镰刀湾探区延长组长6油层组沉积微相的研究,构建了三角洲沉积体系,并进一步细分为三角洲平原和三角洲前缘,研究区北部延长组长6期主要发育三角洲平原沉积,并主要发育分流河道、天然堤、决口扇、河漫滩等沉积微相;长6期研究区大部分发育三角洲前缘沉积,以水下分流河道、分流间湾、河口坝、水下天然堤、水下决口扇等沉积微相较为发育。据分析认为镰刀湾探区长6期沉积时,整体水体较浅,水下分流河道沉积发育,河口坝沉积不发育,三角洲主要为浅水台地型三角洲沉积。

参 考 文 献

- [1] 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气[M]. 北京:石油工业出版社,2003:10-335.
- [2] 杨俊杰. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[M]. 北京:石油工业出版社,2001:104-128.
- [3] 武富礼,李文厚,李玉宏,等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组三角洲沉积及演化[J]. 古地理学报,2004, 6(3):307-315.
- [4] 赵靖舟. 论隆起背景对鄂尔多斯盆地陕北斜坡区三叠系油藏形成与分布的控制因素[J]. 地质学报,2006, (5):648-655.
- [5] 李文厚. 川口油田长6段油层组沉积相特征与储集条件[J]. 西北大学学报,1996,26(2):155-158.
- [6] 李文厚,柳益群,冯 乔等. 川口油田长6段油层组储集层特征与油气富集规律[J]. 岩石学报,1998,14(1):117-127.
- [7] 梅志超,林晋炎. 湖泊三角洲的地层模式和骨架砂体的特征[J]. 沉积学报,1991,9(4):1-10.
- [8] 郭艳琴,李文厚. 安塞油田上三叠统延长组长6油藏储集因素[J]. 西北大学学报(自然科学版),2006,36(4):639-642.
- [9] 朱玉双,曲志浩,孔令荣,等. 安塞油田坪桥区-王窑区长6油层储层特征及驱油效率分析[J]. 沉积学报,2000,18(2):279-283.
- [10] 罗静兰,张晓莉,张云翔,等. 成岩作用对河流-三角洲相砂岩储层物性演化的影响[J]. 沉积学报,2001,19(4):541-547.

ANALYSIS ON DEPOSITIONAL MICROFACIES OF CHANG 6 OF YANCHANG FORMATION IN LIANDAOWAN EXPLORATION AREA

HU You-zhou^{1,2}, LI Wen-hou¹, LI Ke-yong¹, LI Hong-wei³

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China; 2. Petrochina Changqing Oilfield Company Oil Production Plant No. 1, Yan'an 716000, China; 3. Petrochina Yumen Oilfield Company Oil Production Laojunmiao Oilfield, Yumen 735200, China)

Abstract: Coreing from many wells in the region of interest in Liandaowan exploration area have been observed, data from Lian 2 Well, Lian 18 Well, Hua 103 Well and data from logging. Detail study on depositional microfacies of chang 6 of Yanchang formation in Liandaowan exploration area. In Liandaowan exploration area, delta depositional system was mainly developed, especially delta front, in Chang 6 oil-bearing formation triassic. In the north part of the region of interest, delta plain had an advantage. In the region of interest, delta front deposit was in the main place, and could be further classified into subaqueous distributary channel, subaqueous natural levee, mouth bar and interdistributary bay. Delta plain deposit could be further classified into distributary channel, crevasse splay, alluvial flat and so on.

Key words: Liandaowan exploration area; Yanchang formation; sedimentary microfacies; deltaic front

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0150-03

无穷时滞抽象泛函微分方程的概周期解

杜燕飞, 肖 鹏
(陕西科技大学理学院, 陕西 西安 710021)

摘 要:首先考察了概周期函数以及相空间的性质,应用得到的性质,先证明了 $x'(t)=Ax(t)+f(t)$ 的概周期解存在且唯一;再应用压缩映像不动点定理,证明了具有无穷时滞的抽象泛函微分方程 $x'(t)=Ax(t)+f(t,x(t),x_t)$ 的 Cauchy 问题的概周期 mild 解的存在及唯一性.
关键词:泛函微分方程;概周期 mild 解;相空间;无穷时滞
中图法分类号:O175 **文献标识码:**A

0 引 言

关于微分方程的周期、概周期、渐进概周期、伪概周期解的存在唯一性研究^[1-3]是目前微分方程定性理论中最吸引人的课题之一,其在数学以及物理学、生物数学、控制理论等领域有着重要应用. 时滞微分方程^[4-6]一直受到广泛关注,其研究有着重要的理论意义,并且在控制理论和人口问题等领域有诸多实际应用价值. 本文研究了以下具有无穷时滞的抽象泛函微分方程 Cauchy 问题的概周期解的存在性及唯一性:

$$\begin{aligned}x'(t) &= Ax(t) + f(t, x(t), x_t) \quad t \in [\sigma, \sigma + \alpha] \\ x_\sigma &= \phi \in B\end{aligned}\tag{1}\tag{2}$$

其中函数 $f: [\sigma, \sigma + \alpha] \times X \times B \rightarrow X$, X 是 Banach 空间, B 是 $(-\infty, 0] \rightarrow X$ 的函数组成的空间; x_t 属于相空间^[7] B , 定义为: $x_t(\theta) = x(t + \theta)$, $\theta \in (-\infty, 0]$.

本文中,约定如下记号: $C(R, X)$ 表示所有 $R \rightarrow X$ 的有界连续函数 f 赋上确界范数的空间,即 $\|f\| = \sup_{t \in R} \|f(t)\|$; $A: D(A) \subset X \rightarrow X$ 在 X 上生成线性算子半群 $(T(t))_{t \geq 0}$, 且存在常数 $M, c > 0$, 使得, $\forall t \geq 0, \|T(t)\| \leq Me^{-ct}$.

1 基本定义及引理

定义 1 称连续函数 $f: R \rightarrow X$ 为概周期函数,若 $\forall \epsilon > 0$, 存在 $l_\epsilon > 0$, 使得每一个长为 l_ϵ 的区间上都存在一个 τ 使得

$$\|f(t + \tau) - f(t)\| < \epsilon$$

成立,记为 $f \in AP(X)$,称 τ 为 f 的 ϵ - 平移向量.

定义 2 函数 $f: R \times X \times P \rightarrow X$, 如果 $\forall \epsilon > 0$, 紧集 $K_1 \subset X$ 和 $K_2 \subset P$, $\exists l_\epsilon > 0$, 对于任意 R 中长度为 l_ϵ 的区间上都存在一个 τ , 使得

$$\|f(t + \tau, x, \phi) - f(t, x, \phi)\| < \epsilon \quad (t \in R, x \in X, \phi \in P)$$

成立,则称 $f(t, x, \phi)$ 关于 $t \in R$ 是一致概周期的,即 $f(t, x, \phi)$ 是 t 的概周期函数,且对 $(x, \phi) \in X \times P$ 是一致的,记为 $f \in AP(R \times X \times P, X)$.

* 收稿日期:2011-01-20
作者简介:杜燕飞(1984—),女,浙江省东阳市人,讲师,硕士,研究方向:应用泛函分析
基金项目:陕西科技大学自然科学基金项目(ZX08-29)

引理 1^[7] 若 $u(t) \in AP(X)$, 则函数 $t \rightarrow u_t \in AP(B)$.

引理 2^[1] $AP(X)$ 是 Banach 空间.

定义 3 相空间^[7] B 表示 $(-\infty, 0] \rightarrow X$ 的函数向量空间, 赋半范 $\|\cdot\|_B$, 使得下列命题成立:

(H_1) 若 $x: (-\infty, \sigma + \alpha) \rightarrow X, (\alpha > 0)$, 在 $[\sigma, \sigma + \alpha]$ 上连续, 且 $x_\sigma \in B$, 则 $\forall t \in [\sigma, \sigma + \alpha]$, 下列条件成立:

(1) $x_t \in B$; (2) $\|x(t)\| \leq H \|x_t\|_B$ (H 为常数); (3) $\|x_t\|_B \leq K(t - \sigma) \sup\{\|x(s)\|: \sigma \leq s \leq t\} + M(t - \sigma) \|x_\sigma\|_B$.

(H_2) 空间 B 是完备的.

引理 3^[7] 对于任意连续函数 $\phi: (-\infty, 0] \rightarrow X$, 存在常数 $k > 0$, 使得 $\|\varphi\|_B \leq k \cdot \sup_{\theta \leq 0} \|\varphi(\theta)\|$.

2 主要结果

引理 4 若 $f(t, x, \phi) \in AP(R \times X \times B, X), x(t) \in AP(X), \phi \in AP(B)$. 设 $f(t, x, \phi)$ 满足

$$\|f(t, x, \phi) - f(t, y, \psi)\| \leq L_f (\|x - y\| + \|\phi - \psi\|_B)$$

$\forall t \in R, x, y \in X, \phi, \psi \in B$ 成立, 其中 $L_f > 0$ 为常数, 则复合函数 $g(t) = f(t, x(t), \phi(t)) \in AP(X)$.

证明:

$$\begin{aligned} \|g(t + \tau) - g(t)\| &= \|f(t + \tau, x(t + \tau), \phi(t + \tau)) - f(t, x(t), \phi(t))\| \\ &\leq \|f(t + \tau, x(t + \tau), \phi(t + \tau)) - f(t, x(t + \tau), \phi(t + \tau))\| + \|f(t, x(t + \tau), \phi(t + \tau)) \\ &\quad - f(t, x(t), \phi(t))\| \leq \varepsilon + L_f \|x(t + \tau) - x(t)\| + \|\phi(t + \tau) - \phi(t)\|_B \end{aligned}$$

由 $x(t) \in AP(X), \phi \in AP(B)$, 上式 $\leq (1 + 2L_f)\varepsilon$, 所以, $f(t, x(t), \phi(t)) \in AP(X)$.

定理 1 若 $g(t) \in AP(X)$, 则抽象泛函微分方程的 Cauchy 问题

$$x'(t) = Ax(t) + g(t) \quad t \in [\sigma, \sigma + \alpha] \quad (3)$$

$$x_\sigma = \phi \in B \quad (4)$$

有唯一的概周期 mild 解.

证明: 由文献[6]可知, $\int_{-\infty}^t T(t-s)g(s)ds$ 是 Cauchy 问题(3)、(4) 唯一的 mild 解, 下面证明它是概周期的.

由于 $g(t) \in AP(X)$, 令 τ 为 $g(t)$ 的 ε -平移向量, 则

$$\begin{aligned} \|\omega(t + \tau) - \omega(t)\| &= \left\| \int_{-\infty}^{t+\tau} T(t + \tau - s)g(s)ds - \int_{-\infty}^t T(t - s)g(s)ds \right\| \\ &\leq \left\| \int_{-\infty}^t T(t - s)g(s + \tau)ds - \int_{-\infty}^t T(t - s)g(s)ds \right\| \\ &\leq \int_{-\infty}^t \|T(t - s)(g(s + \tau) - g(s))\| ds \\ &\leq \int_{-\infty}^t \|T(t - s)\| \|g(s + \tau) - g(s)\| ds \\ &\leq \int_{-\infty}^t Me^{-c(t-s)} \cdot \varepsilon ds \leq \frac{M}{c} \varepsilon \end{aligned}$$

所以, $\int_{-\infty}^t T(t-s)g(s)ds \in AP(X)$.

定理 2 若 $f(t, x, \phi) \in AP(R \times X \times B, X)$, 且

$$\|f(t, x, \phi) - f(t, y, \psi)\| \leq L_f (\|x - y\| + \|\phi - \psi\|_B)$$

$\forall t \in R, x, y \in X, \phi, \psi \in B$ 成立, 其中 $(1 + k)ML_f/c < 1$, 则时滞抽象泛函微分方程的 Cauchy 问题

$$x'(t) = Ax(t) + f(t, x(t), x_t) \quad t \in [\sigma, \sigma + \alpha]$$

$$x_\sigma = \phi \in B$$

有唯一的概周期解.

证明:定义算子 $G: AP(X) \rightarrow C(R, X)$, $(Gv)(t) := \int_{-\infty}^t T(t-s)f(s, v(s), v_s)ds$. 由引理 1 知, $v(s) \in AP(X)$, 则 $v_s \in AP(B)$. 又由引理 4, 可得 $f(s, v(s), v_s) \in AP(X)$. 再由定理 1, 可知 $\int_{-\infty}^t T(t-s) \cdot f(s, v(s), v_s)ds \in AP(X)$, 因此 G 是把 $AP(X)$ 映射到自身的变换. 下面证明 G 是压缩映射.

$$\begin{aligned} \|Gv_1 - Gv_2\| &= \left\| \int_{-\infty}^t T(t-s)[f(s, v_1(s), v_{1s}) - f(s, v_2(s), v_{2s})]ds \right\| \\ &\leq \int_{-\infty}^t \|T(t-s)\| \| [f(s, v_1(s), v_{1s}) - f(s, v_2(s), v_{2s})] \| ds \\ &\leq \int_{-\infty}^t \|T(t-s)\| (L_f(\|v_1(s) - v_2(s)\| + \|v_{1s} - v_{2s}\|_B)) ds \\ &\leq \int_{-\infty}^t \|T(t-s)\| (L_f(\|v_1 - v_2\| + k\|v_1 - v_2\|)) ds \\ &\leq [(1+k)ML_f/c] \|v_1 - v_2\| \leq \|v_1 - v_2\| \end{aligned}$$

综上, G 为的 $AP(X) \rightarrow AP(X)$ 压缩映射. 由引理 2, $AP(X)$ 为 Banach 空间. 应用压缩映像不动点定理可得, 存在唯一的 $u \in AP(X)$, 使得 $Gu = u$, 即 $u(t) = \int_{-\infty}^t T(t-s)f(s, u(s), u_s)ds$ 为方程唯一的概周期解。

参 考 文 献

- [1] Chuanyi Zhang. Almost Periodic Type Function and Ergodicity[M]. Science Press (Kluwer Academic Publishers), 2002:87-194.
- [2] C. Zhang. Pseudo almost periodic solutions of some differential equations 2[J]. J. Math. Anal. Appl., 1995, 192(2):543-561.
- [3] 杜燕飞, 肖 鹏. 热传导方程 Cauchy 问题的概周期解[J]. 安徽大学学报, 2008, 32(6):14-17.
- [4] Y. Hino, S. Murakami. Almost automorphic solutions of abstract functional differential equations[J]. J. Math. Anal. Appl., 2003, 286:741-752.
- [5] 王良龙, 王志成. 一类无穷时滞泛函微分方程解的渐近性态[J]. 安徽大学学报, 2001, 25(4):1-6.
- [6] G. M. N'Guérékata. Existence and uniqueness of almost automorphic mild solutions to some semilinear abstract differential equations[J]. Semigroup Forum, 2004, 69(1):80-86.
- [7] Hino, S. Murakami, T. Naito. Functional-Differential Equations with Infinite Delay[M]. Lecture Notes in Mathematics, 1991:50-110.

ALMOST PERIODIC SOLUTIONS OF THE SOME ABSTRACT FUNCTIONAL DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH INFINITE DELAY

DU Yan-fei, XIAO Pen

(Faculty of Science, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: The properties of almost periodic functions and phase space are studied. Applying the properties we get, we prove that the abstract Cauchy problem $x'(t) = Ax(t) + f(t)$ has the unique almost periodic solutions. Applying the contraction fixed point theorem, we prove the the Cauchy problem for some abstract functional differential equations with infinite delay $x'(t) = Ax(t) + f(t, x(t), x_t)$ has unique almost periodic mild solutions.

Key words: functional differential equations; almost periodic mild solutions; phase space; infinite delay

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0153-08

具有时滞的捕食-被捕食模型的 稳定性及 Hopf 分支

刘晓娜, 陈斯养

(陕西师范大学数学与信息科学学院, 陕西 西安 710062)

摘要: 讨论了一类具有离散和分布时滞的捕食-被捕食模型的稳定性及 Hopf 分支问题. 分别利用 Lyapunov 泛函和特征值理论得到平衡点渐近稳定的充分条件; 采用规范型方法及中心流形定理研究了正平衡点处 Hopf 分支方向及周期解的稳定性; 应用 Matlab 进行数值模拟验证了理论分析和数值计算的一致性.

关键词: 时滞; 捕食-被捕食; 稳定性; Hopf 分支

中图法分类号: O175.7 **文献标识码:** A

0 引言

1973 年 May 研究了以下模型^[1]

$$\begin{cases} \frac{dH(t)}{dt} = rH(t) \left[1 - \frac{H(t-\tau)}{K} \right] - \alpha H(t-\tau)p(t) \\ \frac{dp(t)}{dt} = -bp(t) + \beta H(t-\tau)p(t-\tau) \end{cases}$$

的稳定性和 Hopf 分支问题. 文献[2]研究了一类 Logistic 模型

$$\frac{dH(t)}{dt} = rx(t) \left[1 - a_1x(t-\tau) - a_2 \int_{-\infty}^t f(t-s)x(s)ds \right]$$

的正平衡态局部稳定性和 Hopf 分支方向及周期解稳定性问题.

考虑到环境对食饵种群增长的影响, 本文研究了以下模型

$$\begin{cases} \frac{dH(t)}{dt} = rH(t) \left[1 - \frac{H(t-\tau)}{K} - c \int_{-\infty}^t F(t-s)H(s)ds \right] - \alpha H(t-\tau)p(t) \\ \frac{dp(t)}{dt} = -bp(t) + \beta H(t-\tau)p(t-\tau) \end{cases} \quad (1)$$

的局部稳定性及 Hopf 分支问题, 其中 $H(t)$ 和 $p(t)$ 分别表示食饵种群和捕食者种群在 t 时刻的密度, 参数 $r, K, \alpha, \beta, b, c$ 为正常数, τ 表示捕食者从幼年到成年的成熟期(捕食者只有成年后才具有捕食能力)和被捕食者从幼年到成为食饵的生长期. 食饵的增长受时滞密度制约和其他因素的持续影响, 取弱核函数 $F(t) = me^{-mt}$. 模型(1)满足初值条件

$$H(s) = \varphi_1(s) \geq 0, p(s) = \varphi_2(s) \geq 0, s \in [-\tau, 0], \varphi_i(0) > 0, \varphi_i(t) \in C([-\tau, 0, R^+]), i = 1, 2$$

令 $u(t) = \int_{-\infty}^t F(t-s)H(s)ds$, 则模型(1)可转化为

* 收稿日期:2010-12-17

作者简介:刘晓娜(1986—), 女, 陕西省富平县人, 在读硕士生, 研究方向:生态数学
基金项目:国家自然科学基金资助项目(10871122, 60671063)

$$\begin{cases} \frac{dH(t)}{dt} = rH(t)[1 - \frac{H(t-\tau)}{K} - cu(t)] - \alpha H(t-\tau)p(t) \\ \frac{dp(t)}{dt} = -bp(t) + \beta H(t-\tau)p(t-\tau) \\ \frac{du(t)}{dt} = mH(t) - mu(t) \end{cases} \quad (2)$$

系统(2)的平衡点 $E_1(0,0)$ 和 $E_2(\bar{H},0)$ 分别是两个种群最终趋向灭绝以及捕食者趋向灭绝的情况, 其中 $\bar{H} = \frac{K}{1+cK}$. 本文通过选取 Lyapunov 泛函证明 $E_2(\bar{H},0)$ 在一定条件下是局部渐近稳定的.

引理 1 若 $1 - \frac{b}{\beta K} - \frac{bc}{\beta} > 0$, 则系统(2)存在正平衡点 $E^* = (H^*, p^*, u^*)$, 其中 $H^* = u^* = \frac{b}{\beta}$, $p^* = \frac{r}{\alpha} [1 - \frac{b}{\beta K} - \frac{bc}{\beta}]$.

1 $E_2(\bar{H},0)$ 的稳定性

作变换 $H(t) = X_1(t) + \bar{H}$, $p(t) = X_2(t)$, $u(t) = X_3(t) + \bar{H}$, 得到式(2)关于 $E_2(\bar{H},0)$ 的线性系统为

$$\begin{cases} \frac{dX_1(t)}{dt} = -\frac{r\bar{H}}{K}X_1(t-\tau) - \alpha\bar{H}X_2(t) - rc\bar{H}X_3(t) \\ \frac{dX_2(t)}{dt} = -bX_2(t) + \beta\bar{H}X_2(t-\tau) \\ \frac{dX_3(t)}{dt} = mX_1(t) - mX_3(t) \end{cases} \quad (3)$$

定理 1 若 $-b + \beta\bar{H} < 0$, $-2\frac{r\bar{H}}{K} + (\frac{r\bar{H}}{K})^2\tau + rc\bar{H} + m + \frac{c(r\bar{H})^2}{K}\tau + \frac{\alpha r\tau\bar{H}}{K} + \alpha\bar{H} < 0$, $2(-b + \beta\bar{H})(1 - \beta\bar{H}\tau) + \alpha\bar{H} + \frac{\alpha r\bar{H}}{K}\tau < 0$, $-m + r\bar{H}c + \frac{(r\bar{H})^2c\tau}{K} < 0$, 则系统(1)的平衡点 $E_2(\bar{H},0)$ 是局部渐近稳定的.

证明 选取 Lyapunov 泛函

$$\begin{aligned} V(t; X_1, X_2, X_3) = & (X_1(t) - \int_{t-\tau}^t X_1(s)ds)^2 + (X_2(t) + \beta\bar{H} \int_{t-\tau}^t X_2(s)ds)^2 + X_3^2(t) + (\frac{r\bar{H}}{K})^2 \\ & + \frac{(r\bar{H})^2c}{K} + \frac{\alpha r\bar{H}}{K} \int_{t-\tau}^t \int_u^t X_1^2(u)duds + |-b + \beta\bar{H}| \beta\bar{H} \int_{t-\tau}^t \int_u^t X_2^2(u)duds \end{aligned}$$

则 $V(t; X_1, X_2, X_3)$ 沿着系统(3)的全导数为

$$\begin{aligned} \left. \frac{dV(t; X_1, X_2, X_3)}{dt} \right|_{(3)} \leq & (-2\frac{r\bar{H}}{K} + (\frac{r\bar{H}}{K})^2\tau + rc\bar{H} + m + \frac{(r\bar{H})^2c}{K}\tau + \alpha\bar{H} + \frac{\alpha r\tau\bar{H}}{K})X_1^2(t) + (-m + r\bar{H}c \\ & + \frac{(r\bar{H})^2c\tau}{K})X_3^2(t) + (2(-b + \beta\bar{H})(1 - \beta\tau\bar{H}) + \alpha\bar{H} + \frac{\alpha r\tau\bar{H}}{K})X_2^2(t) < 0 \end{aligned}$$

由 Lyapunov 稳定性理论可知定理 1 得证.

2 正平衡态的稳定性与 Hopf 分支存在的条件

作变换 $H(t) = X_1(t) + H^*$, $p(t) = X_2(t) + p^*$, $u(t) = X_3(t) + u^*$ 得到式(2)在 E^* 处的线性系统

$$\begin{cases} \frac{dX_1(t)}{dt} = \alpha p^* X_1(t) - r(1 - cH^*)X_1(t-\tau) - \alpha H^* X_2(t) - rcH^* X_3(t) \\ \frac{dX_2(t)}{dt} = -bX_2(t) + \beta H^* X_2(t-\tau) + \beta p^* X_1(t-\tau) \\ \frac{dX_3(t)}{dt} = mX(t) - mX_3(t) \end{cases} \quad (4)$$

系统(4)特征方程如下

$$\lambda^3 + a_1\lambda^2 + a_2\lambda + a_2\lambda^2 e^{-\lambda\tau} + a_4\lambda e^{-\lambda\tau} + a_5\lambda e^{-2\lambda\tau} + a_6 e^{-\lambda\tau} + a_7 e^{-2\lambda\tau} + a_8 = 0 \quad (5)$$

其中 $a_1 = b - \alpha p^* + m$, $a_2 = rcH^* m - \alpha b p^* + mb - \alpha m p^*$, $a_3 = -b + r(1 - cH^*)$,

$$a_4 = 2\alpha b p^* + br(1 - cH^*) - bm + mr(1 - cH^*), a_5 = -br(1 - cH^*),$$

$$a_6 = 2\alpha b m p^* + brm - 2rbc m H^*, a_7 = -brm(1 - cH^*), a_8 = rbc m H^* - \alpha b m p^*.$$

引理 2 当 $\tau=0$ 时,式(5)的所有根均具有负实部.

证明 当 $\tau=0$ 时, $a_1 + a_3 = m + \frac{rH^*}{K} > 0$, $a_6 + a_7 + a_8 = \alpha b m p^* > 0$, $-(a_6 + a_7 + a_8) + (a_1 + a_3)(a_2 + a_4 + a_5) > 0$. 根据 Routh-Hurwitz 定理,引理 2 得证.

引理 3 若 $\frac{3b}{\beta K} + \frac{7bc}{\beta} < 5$, 式(5)至少存在一对纯虚根 $\pm i\omega (\omega > 0)$.

证明 假设式(5)存在一对纯虚根 $\pm i\omega (\omega > 0)$, 把 $\lambda = i\omega$ 代入式(5), 分离实虚部得:

$$\begin{cases} (-a_1\omega^2 + a_7 + a_8)\cos\omega\tau + (\omega^3 + a_5\omega - a_2\omega)\sin\omega\tau = a_3\omega^2 - a_6 \\ (-\omega^3 + a_5\omega + a_2\omega)\cos\omega\tau + (-a_1\omega^2 - a_7 + a_8)\sin\omega\tau = a_4\omega \end{cases} \quad (6)$$

经计算可知

$$\cos\omega\tau = \frac{d_7\omega^4 + d_8\omega^2 + d_9}{\omega^6 + d_1\omega^4 + d_2\omega^2 + d_3} \quad \sin\omega\tau = \frac{\omega(d_4\omega^4 + d_5\omega^2 + d_6)}{\omega^6 + d_1\omega^4 + d_2\omega^2 + d_3} \quad (7)$$

其中 $d_1 = a_1^2 - 2a_2$, $d_2 = a_2^2 - 2a_1a_8 - a_5^2$, $d_3 = a_8^2 - a_7^2$, $d_4 = a_3$,

$$d_5 = a_1a_4 - a_2a_3 - a_3a_5 - a_6, d_6 = -a_4a_7 - a_4a_8 + a_2a_6 + a_5a_6,$$

$$d_7 = a_4 - a_1a_3, d_8 = a_3a_8 + a_4a_5 + a_1a_6 - a_3a_7 - a_2a_4, d_9 = a_6a_7 - a_6a_8.$$

因为 $\sin^2\omega\tau + \cos^2\omega\tau = 1$, 由式(7)可得

$$\omega^{12} + f_1\omega^{10} + f_2\omega^8 + f_3\omega^6 + f_4\omega^4 + f_5\omega^2 + f_6 = 0 \quad (8)$$

其中 $f_1 = 2d_1 - d_4^2$, $f_2 = d_1^2 + 2d_2 - 2d_4d_5 - d_7^2$, $f_3 = 2d_3 + 2d_1d_2 - 2d_4d_6 - 2d_7d_8 - d_5^2$,

$$f_4 = d_2^2 + 2d_1d_3 - 2d_5d_6 - 2d_7d_9 - d_8^2, f_5 = 2d_2d_3 - 2d_7d_9 - d_6^2, f_6 = d_3^2 - d_9^2.$$

令 $z = \omega^2$, 则式(8)化简为

$$z^6 + f_1z^5 + f_2z^4 + f_3z^3 + f_4z^2 + f_5z + f_6 = 0 \quad (9)$$

因为 $f_6 = d_3^2 - d_9^2 = (a_8 - a_7)^2 \alpha p^* r(bm)^2 (\frac{3b}{\beta K} + \frac{7bc}{\beta} - 5)$, $a_8 - a_7 = r \frac{b}{\beta} (\frac{1}{K} + c) > 0$, 若 $\frac{3b}{\beta K} + \frac{7bc}{\beta} < 5$, 由函数的连续性知式(9)至少存在一个正实根. 故引理 3 得证.

不失一般性, 设 $z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6$ 为(9)的 6 个正根, 则 $\omega_i = \sqrt{z_i} (i=1, 2, 3, 4, 5, 6)$. 由式(7)知 $\tau_i^{(j)} = \frac{1}{\omega_i} \{ \arccos \frac{d_7\omega_i^4 + d_8\omega_i^2 + d_9}{\omega_i^6 + d_1\omega_i^4 + d_2\omega_i^2 + d_3} + 2j\pi \}$, $i=1, 2, \dots, 6, j=0, 1, \dots$. 令 $\tau_0 = \min_{i \in \{1, 2, \dots, 6\}} \{ \tau_i^{(0)} \}$, 由式(5)知

$$\frac{d\lambda}{d\tau} = \frac{\lambda(a_3\lambda^2 + a_4\lambda + a_6) + 2\lambda(a_5\lambda + a_7)e^{-\lambda\tau}}{(3\lambda^2 + 2a_1\lambda + a_2)e^{\lambda\tau} + (a_5 - 2a_5\lambda\tau - 2a_7\tau)e^{-\lambda\tau} + 2a_3\lambda + a_4 - a_3\lambda^2\tau - a_4\lambda\tau - a_6\lambda\tau}$$

从而

$$\begin{aligned} \left(\frac{d\lambda}{d\tau} \right)^{-1} &= \frac{(3\lambda^2 + 2a_1\lambda + a_2)e^{\lambda\tau} + 2a_3\lambda + a_4 + a_5e^{-\lambda\tau}}{\lambda(a_3\lambda^2 + a_4\lambda + a_6) + 2\lambda(a_5\lambda + a_7)e^{-\lambda\tau}} - \frac{\tau}{\lambda} \\ \operatorname{sgn} \operatorname{Re} \left\{ \left(\frac{d\lambda}{d\tau} \right) \right\} \Big|_{\tau=\tau_0} &= \operatorname{sgn} \operatorname{Re} \left\{ \left(\frac{d\lambda}{d\tau} \right)^{-1} \right\} \Big|_{\tau=\tau_0} = \operatorname{sgn} \operatorname{Re} \left\{ \frac{C+iD}{A+iB} + i \frac{\tau}{\omega} \right\} \end{aligned}$$

其中

$$\begin{cases} A = -a_4\omega^2 - 2a_5\omega^2\cos\omega\tau + 2a_7\omega\sin\omega\tau \\ B = -a_3\omega^3 + a_6\omega + 2a_5\omega^2\sin\omega\tau + 2a_7\omega\cos\omega\tau \\ C = -3\omega^2\cos\omega\tau - 2a_1\omega\sin\omega\tau + a_2\cos\omega\tau + a_4 + a_5\cos\omega\tau \\ D = -3\omega^2\sin\omega\tau + 2a_1\omega\cos\omega\tau + a_2\sin\omega\tau + 2a_3\omega - a_5\sin\omega\tau \end{cases}$$

由以上分析可得如下定理 2.

定理 2 若 $1 - \frac{b}{\beta K} - \frac{bc}{\beta} > 0$, $\frac{3b}{\beta K} + \frac{7bc}{\beta} < 5$ 且 $\text{sgnRe}\{(\frac{d\lambda}{d\tau})^{-1}\} \Big|_{\tau=\tau_0} \neq 0$ 成立, 则有以下结论: (1) 当 $\tau \in [0, \tau_0]$, 系统(2)的正平衡点 E^* 是渐近稳定的; (2) 当 $\tau > \tau_0$, 系统(2)的正平衡点 E^* 是不稳定的; (3) 当 $\tau = \tau_0$, 系统(2)的正平衡点 E^* 在 τ_0 附近出现 Hopf 分支.

3 Hopf 分支的方向与周期解的稳定性

在这一部分, 将采用规范型方法及中心流形定理分析系统(2)在临界值 τ_0 处的 Hopf 分支方向及周期解的稳定性.

利用文献 [3] 中理论, 可以计算出以下各值: $c_1(0)$, $\beta_2 = 2\text{Re}\{c_1(0)\}$, $T_2 = -\frac{\text{Im}\{c_1(0)\} + \mu_2 \text{Im}\{\lambda'(\tau_0)\}}{\omega_0 \tau_0}$.

引理 5^[4] μ_2 决定了 Hopf 分支的方向, 如果 $\mu_2 > 0(<0)$, 则 Hopf 分支是超临界(亚临界)的, 在 $\tau > \tau_0$ ($< \tau_0$) 时, 分支周期解存在. β_2 决定了分支周期解的稳定性, $\beta_2 < 0(>0)$ 分支周期解是稳定的(不稳定的). T_2 决定了分支周期解的周期, 如果 $T_2 > 0(<0)$ 周期是增加(减少)的.

4 数值模拟

例 1

$$\begin{cases} \frac{dH(t)}{dt} = 2H(t) \left[1 - \frac{H(t-\tau)}{100} - 0.1u(t) \right] - H(t-\tau)p(t) \\ \frac{dp(t)}{dt} = -p(t) + H(t-\tau)p(t-\tau) \\ \frac{du(t)}{dt} = 5H(t) - 5u(t) \end{cases}$$

经计算, $\omega_0 \approx \sqrt{2.0930}$, $\tau_0 \approx 0.1187$, $\text{sgnRe}\{(\frac{d\lambda}{d\tau})^{-1}\} = 1$ 满足定理 1 条件, 此时 $c_1(0) = 0.0108 + 0.0232i$, $\text{Re}\{c_1(0)\} > 0$, Hopf 分支是亚临界的, Hopf 分支在 $\tau < \tau_0$ 时出现, 分支周期解不稳定, $T_2 > 0$, 周期增大.

从图 1(a)~(f)中可以看出 $\tau < \tau_0$ 时出现 Hopf 分支, 周期解是不稳定的, 振幅减小(见图 1(a)~(b)), 周期比 $\tau = \tau_0$ 时增大(见图 1(c)~(d)), 与引理 5 结论相符. $\tau < \tau_0$ 时振幅减小, 最终趋于稳定(见图 1(e)). 当 τ 大于 τ_0 系统(2)的正平衡点 E^* 是不稳定的, 种群可能趋于灭绝(见图 1(f)).

例 2

$$\begin{cases} \frac{dH(t)}{dt} = 2H(t) \left[1 - \frac{H(t-\tau)}{100} - 0.5u(t) \right] - H(t-\tau)p(t) \\ \frac{dp(t)}{dt} = -p(t) + H(t-\tau)p(t-\tau) \\ \frac{du(t)}{dt} = 5H(t) - 5u(t) \end{cases}$$

经计算 $\omega_0 \approx \sqrt{2.0518}$, $\tau_0 \approx 0.8268$, $\text{sgnRe}\{(\frac{d\lambda}{d\tau})^{-1}\} = 1$ 满足定理 1 条件, $c_1(0) = 1.4118 - 1.4882i$, $\text{Re}\{c_1(0)\} < 0$, Hopf 分支是超临界的, Hopf 分支在 $\tau > \tau_0$ 时出现, 分支周期解稳定, $T_2 < 0$, 周期减小.

从图 2(a)~(f)可以看出 $\tau > \tau_0$ 时出现 Hopf 分支, 周期解是稳定的(见图 2(a)~(b)), 周期比 $\tau = \tau_0$ 时减小, 与引理 5 结论相符(见图 2(c)~(d)). $\tau < \tau_0$ 时(微小邻域), 系统(2)的正平衡点 E^* 是渐近稳定的(见图 2(e)~(f)), 与定理 1 结论相符.

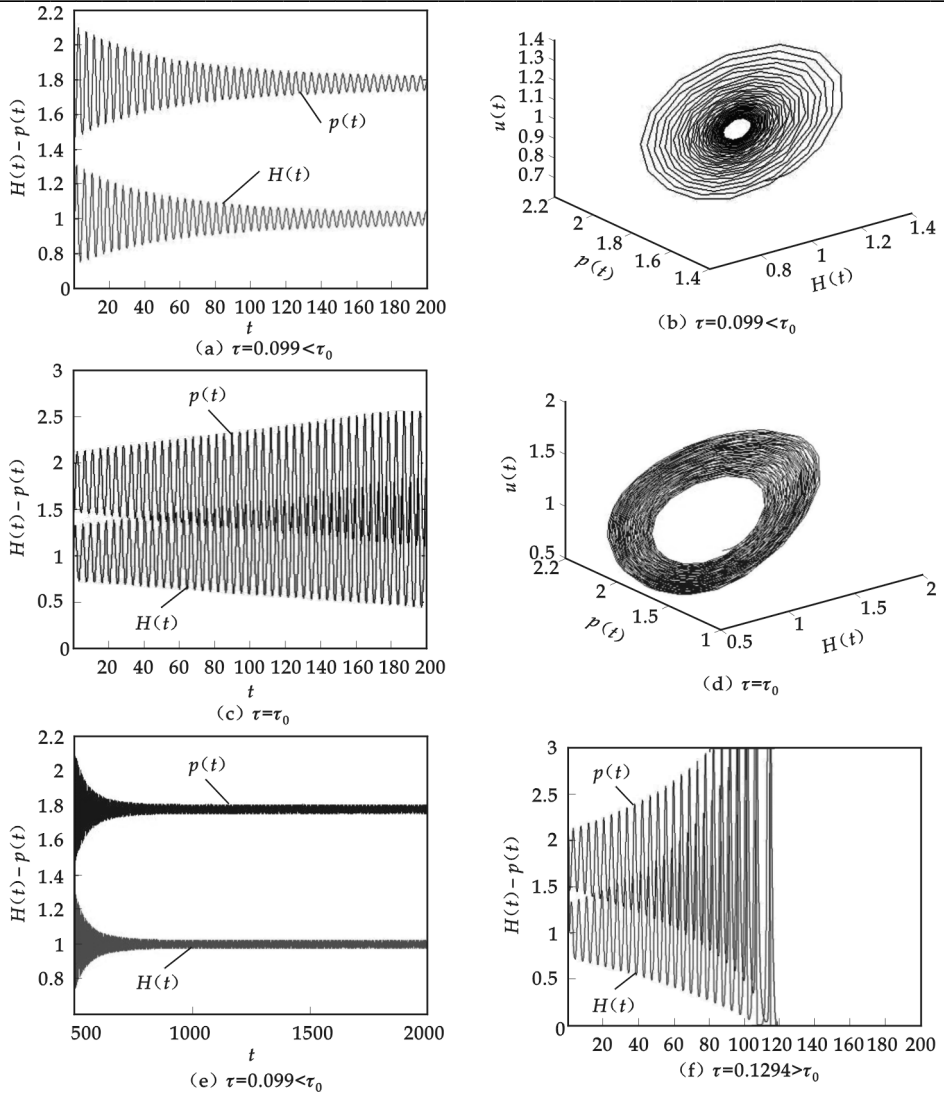


图 1 τ 取不同值时周期解扰动情况

例 3 对模型中不同参数取值进行对比分析,其中 c, m 对系统(1)的影响见表 1; $\alpha, \beta, b, c, r, K$ 对系统(1)的影响见表 2.

表 1 系数 c, m 对系统(1)的影响

α	β	b	c	m	K	r	E^*	ω_0^2	τ_0	μ_2	β_2	T_2	对应图形
1	1	1	0.1	5	100	2	(1,1.78)	2.093 0	0.118 7	—	+	+	图 1(a)、(b)
1	1	1	0.3	5	100	2	(1,1.38)	2.338 2	0.392 2	—	+	+	图 3(a)、(b)
1	1	1	0.5	5	100	2	(1,0.98)	2.051 8	0.826 8	+	—	—	图 2(a)、(b)
1	1	1	0.7	5	100	2	(1,0.58)	0.163 3	6.583 7	+	—	—	图 4(a)、(b)
1	1	1	0.3	10	100	2	(1,1.38)	2.193 5	0.424 5	—	+	+	图 5(a)、(b)
1	1	1	0.3	15	100	2	(1,1.38)	2.133 0	0.433 1	—	+	+	略
1	1	1	0.3	20	100	2	(1,1.38)	2.101 3	0.437 0	—	+	+	略

从表 1 可以看出环境对食饵增长率的影响可以扩散至整个系统:

(1) c 增大; ω_0^2 有减小趋势,随着 τ_0 增大 Hopf 分支由亚临界变为超临界, Hopf 分支的产生出现延迟,分支周期解由不稳定变为稳定. 平衡态 E^* 中的捕食者数量减小,从生态角度看,食饵种群增长率减小,食饵增长缓慢不利于捕食者生存.

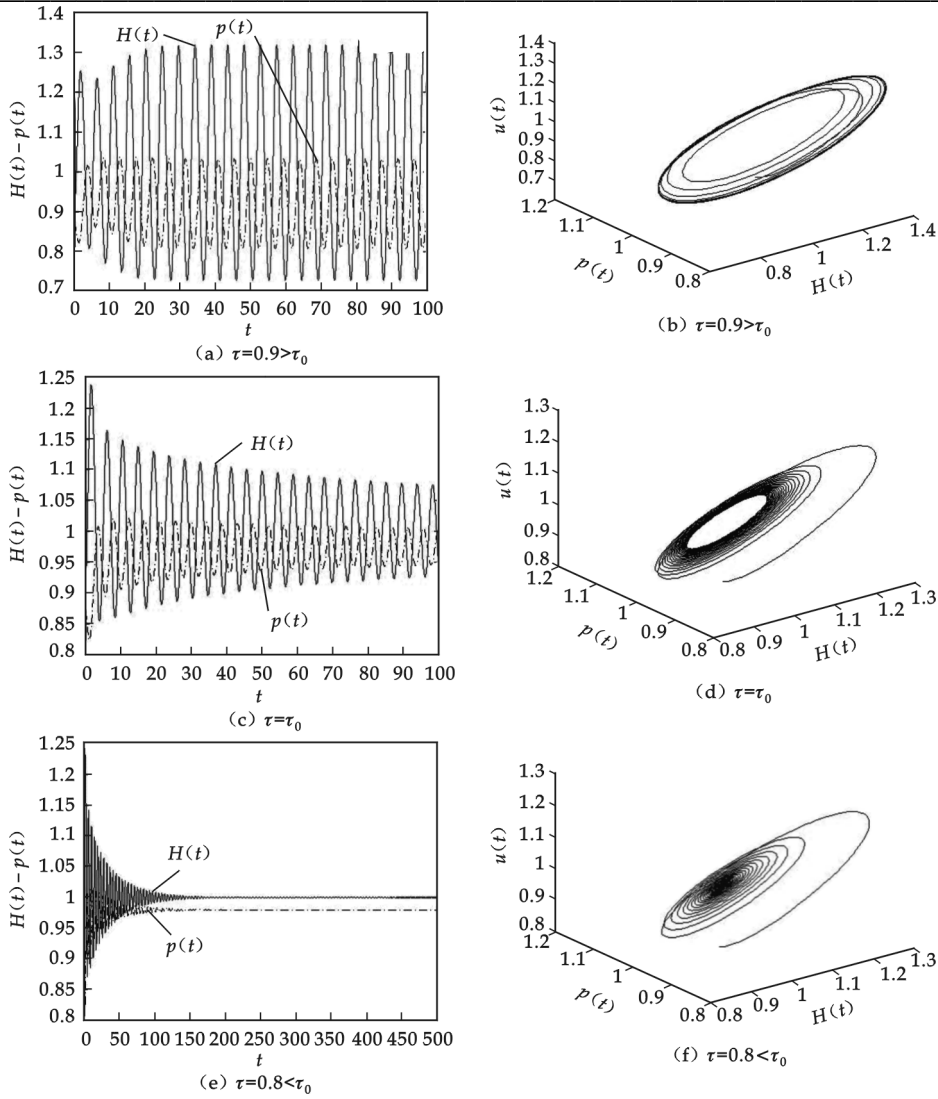


图 2 τ 对稳定性的影响

(2) m 增大: ω_0^2, τ_0 变化不是非常明显, Hopf 分支保持亚临界状态, Hopf 分支的产生出现微小延迟. 平衡态 E^* 不变.

表 2 其它参数对系统(1)的影响

α	β	b	c	m	K	r	E^*	ω_0^2	τ_0	μ_2	β_2	T_2	对应图形
1	1	1	0.3	5	100	2	(1,1.38)	2.338 2	0.392 2	—	+	+	图 2(a)、(b)
1	1	1	0.3	5	200	2	(1,1.39)	2.329 1	0.385 3	—	+	+	略
2	1	1	0.3	5	100	2	(1,0.69)	2.338 2	0.392 2	—	+	+	略
1	2	1	0.3	5	100	2	(0.5,1.69)	2.150 8	0.174 6	—	+	+	略
1	1	2	0.3	5	100	2	(2,0.76)	1.654 5	1.247 6	+	—	—	图 6(a)、(b)
1	1	1	0.3	5	100	3	(1,2.07)	4.785 6	0.284 2	+	—	—	图 7(a)、(b)

从表 2 中可以看出:

(1) K 增大: ω_0^2, τ_0 减小, 平衡态 E^* 中的捕食者数量增大, 从生态角度看, 食饵种群环境容纳量增大, 食饵增多更利于捕食者生存.

(2) α 增大: ω_0^2, τ_0 不变, 平衡态 E^* 中的捕食者数量减少, 从生态角度看, 捕食者捕食能力增强导致

食 饵 种 群 增 长 率 减 小, 食 饵 增 长 缓 慢 不 利 于 捕 食 者 生 存.

(3) β 增 大: ω_0^2, τ_0 减 小, 平 衡 态 E^* 中 的 食 饵 与 捕 食 者 数 量 都 减 小, 从 生 态 角 度 看, 捕 食 者 的 消 化 能 力 增 强 导 致 其 数 量 增 长 加 快, 捕 食 者 增 长 快 速 不 利 于 食 饵 生 存, 反 过 来 食 饵 数 量 减 少 不 利 于 捕 食 者 生 存, 两 者 数 量 都 减 少.

(4) b 增 大: ω_0^2 减 小, τ_0 增 大, Hopf 分 支 变 为 超 临 界, 分 支 周 期 解 稳 定, 平 衡 态 E^* 中 的 食 饵 数 量 增 大, 捕 食 者 数 量 减 小, 从 生 态 角 度 看, 捕 食 者 的 死 亡 率 增 大 导 致 其 增 长 率 减 小, 捕 食 者 增 长 缓 慢 利 于 食 饵 生 存.

(5) r 增 大: ω_0^2 减 小, τ_0 增 大, Hopf 分 支 变 为 超 临 界, 分 支 周 期 解 稳 定, 平 衡 态 E^* 中 的 食 饵 和 捕 食 者 数 量 都 增 大, 从 生 态 角 度 看, 食 饵 出 生 率 增 大 导 致 其 数 量 增 长 加 快, 食 饵 增 长 快 速 利 于 捕 食 者 生 存, 两 者 数 量 都 增 加.

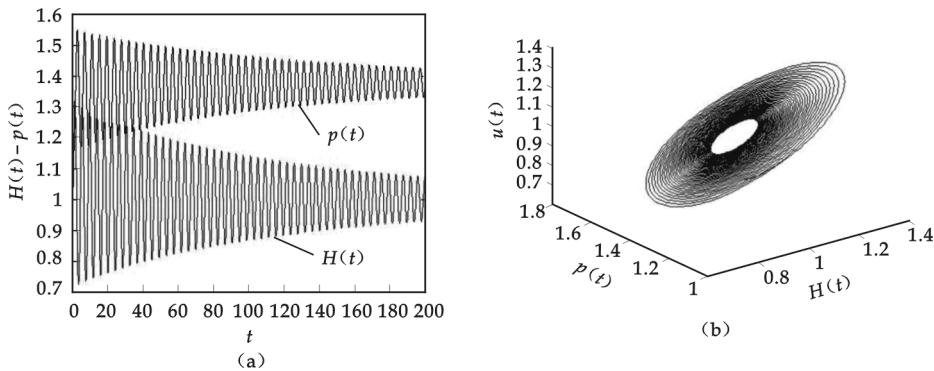


图 3 $\tau=0.389<\tau_0$ 产 生 Hopf 分 支

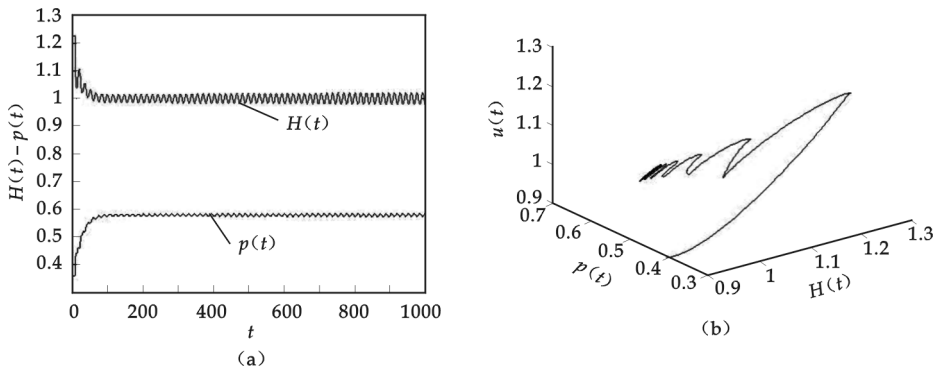


图 4 $\tau=6.783>\tau_0$ 产 生 Hopf 分 支

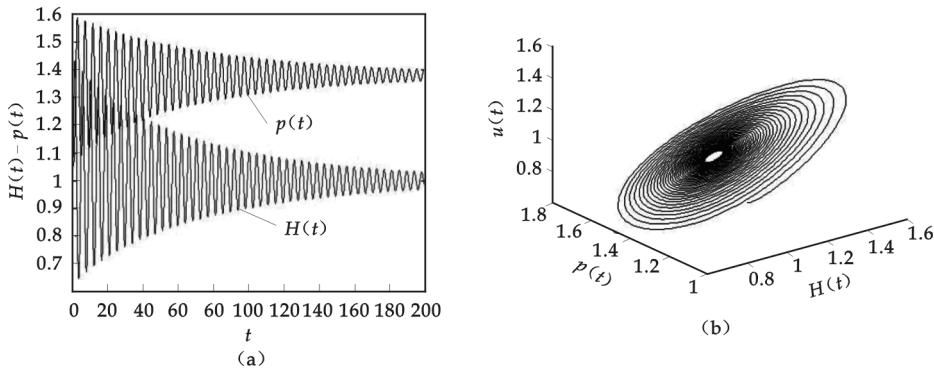
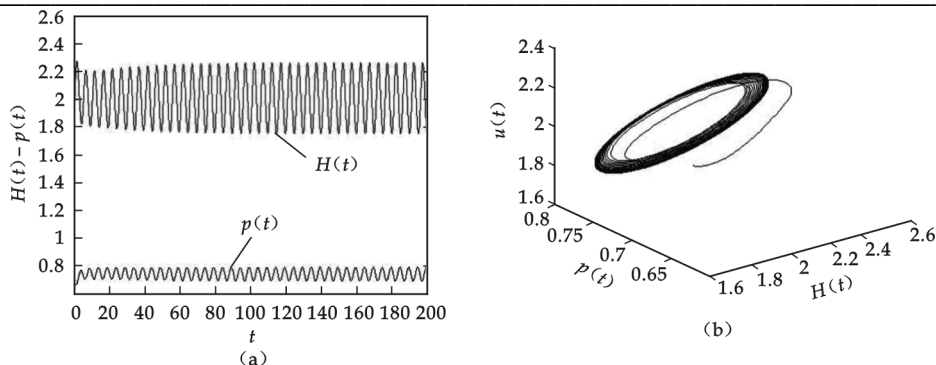
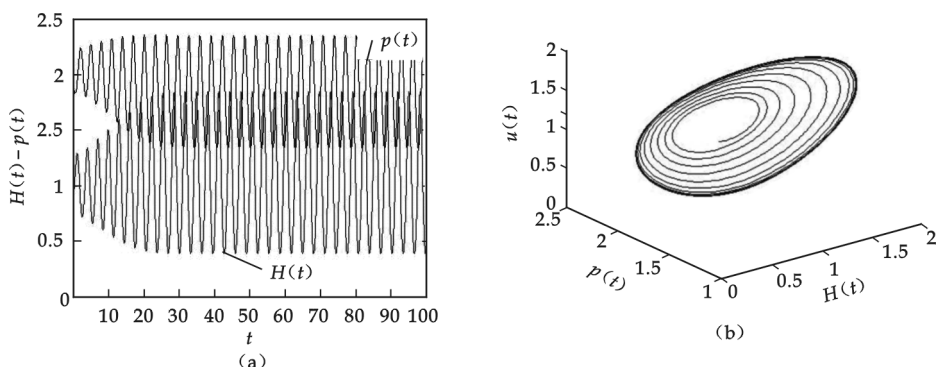


图 5 $\tau=0.418<\tau_0$ 产 生 Hopf 分 支

图 6 $\tau=1.3>\tau_0$ 产生 Hopf 分支图 7 $\tau=0.3>\tau_0$ 产生 Hopf 分支

参 考 文 献

- [1] R. M. May. Stability and Complexity in Model Ecosystems[M]. Princeton Univ. Press, New Jersey, U. S. A, 1973.
- [2] Y. song. Y. peng. Stability and bifurcation analysis on logistic model with discrete and distribute delays[J]. Appl. Math. Comput. , 2006, (181): 1 745-1 757.
- [3] B. Hassard, D. Kazarinoff, Y. wan. Theory and Applications of Hopf Bifurcation[M]. Cambridge University Press, Canbridge, 1981.
- [4] Aying Wan, Junjie Wei. Hopf bifurcation analysis of a food-limited population model with delay[J]. J. Math. Anal. Appl. , 2010, (11): 1 087-1 095.
- [5] R. M. May. Time delay versus stability in population models with two and three trophic levels[J]. Ecology, 1973, (4): 315-325.
- [6] 陈兰荪, 宋新宇, 陆征一. 数学生态学模型与研究方法[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2003.
- [7] 薛定宇, 陈阳泉. 高等应用数学问题的 Matlab 求解(第二版)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [8] 杨颖茶, 陈斯养. 一类二阶非自治时滞方程的线性振动问题[J]. 陕西科技大学学报, 2006, 24(5): 119-123.

STABILITY AND HOPF BIFURCATION OF A PREDATOR- PREY MODEL WITH DELADY

LIU Xiao-na, CHEN Si-yang

(College of Mathematics and Information Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062 China)

Abstract: Stability and Hopf bifurcation of a predator-prey model with discrete and distribute delays is discussed. Sufficient conditions of the asymptotically stability are obtained, based on Lyapunov functional and the theory of characteristic value; Using the normal form theory and center manifold argument, direction of Hopf bifurcation and stability of bifurcating periodic solutions are investigated; Some numerical simulations are performed by Matlab to verify the theoretical results.

Key words: time delay; predator-prey; stability; Hopf bifurcation

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0161-04

一类考虑抗体免疫反应 具有标准传染率的病毒动力学模型

毕湧, 肖湘萍

(中北大学理学院, 山西 太原 030051)

摘要:研究了一类考虑抗体免疫反应的病毒动力学模型的全局性态,证明了当基本再生数 $R_0 \leq 1$ 时,病毒在体内清除,无病平衡点稳定;而 $R_0 > 1$ 时,病毒在体内持续生存,正平衡点稳定.

关键词:全局稳定性;局部稳定性;Lyapunov 函数;Hurwitz 判据;Jacobian 矩阵

中图法分类号:O175

文献标识码:A

0 引言

关于传染病传播的数学模型的研究是从 En'ko(1889)开始的,作为奠基性的工作是 1927 年 Kerinark 和 Mekendrick 的工作.他们将总人口分为易感者(S)、染病者(I)和恢复者(R)3类,利用动力学的方法建立了 SIR 传染病模型,并对其传播规律和流行趋势进行了研究,提出了阈值理论:若种群中易感者的数量高于阈值,传染病将维持;低于阈值,传染病将趋于绝灭.近 20 年来,国际上传染病动力学的研究进展迅速,大量的数学模型被用于分析各种各样的传染病问题.这些数学模型大多适用于各种传染病的一般规律的研究,也有部分是针对诸如麻疹(measles)、疟疾(malaria)、肺结核(tuberculosis)、流感(influenza)、天花(smallpox)、淋病(gonorrhea)、艾滋病(ADIS)等诸多具体疾病的模型.从传染病的传播机理来看,这些模型涉及接触传染、垂直传染、媒介传染等不同传染方式以及是否考虑因病死亡、因病或预防接种而获得暂时免疫或终身免疫.种群生长的不同动力学规律等因素构成了丰富多彩的传染病模型.

1 具有标准传染率的模型分析

1.1 建立模型

我们考虑如下模型:

$$\begin{cases} \frac{dT}{dt} = \lambda - d_T T - \frac{\beta TV}{T+I} \\ \frac{dI}{dt} = \frac{\beta TV}{T+I} - d_I I \\ \frac{dV}{dt} = rd_I I - d_V V \end{cases} \quad (1)$$

式中 T 是未感染目标细胞, I 是被感染细胞, V 是游离病毒.未感染细胞以常数速率 λ 生成,以速率 d_T 死亡,以速率 $\frac{\beta TV}{T+I}$ 成为被感染细胞,其中 β 是描述感染过程的常数,相当于未感染细胞与游离病毒的接触率.被感染细胞以速率 $\frac{\beta TV}{T+I}$ 生成,以速率 $d_I I$ 死亡.游离病毒由被感染细胞死亡裂解而产生,其速率为

* 收稿日期:2011-02-21

作者简介:毕湧(1973—),男,山西省太原市人,讲师,硕士,研究方向:应用数学
基金项目:国家自然科学基金项目(10901145)

rd_1I 并以速率 d_vV 被清除. 因此, 未感染细胞、被感染细胞和游离病毒的平均生存时间分别为 $\frac{1}{d_T}, \frac{1}{d_I}, \frac{1}{d_V}$, 由一个被感染细胞内产生的病毒颗粒总数为 r .

本系统有两个平衡点: 无病平衡点 $E_0 = (\frac{\lambda}{d_T}, 0, 0)$, 正平衡点

$$E^* = (T^*, I^*, V^*) = (\frac{d_v\lambda}{d_vd_T + \beta rd_I - d_Id_V}, \frac{\lambda(\beta r - d_v)}{d_vd_T + \beta rd_I - d_Id_V}, \frac{rd_1\lambda(\beta r - d_v)}{(d_vd_T + \beta rd_I - d_Id_V)d_v})$$

对系统的局部性态, 病毒的基本再生数 $R_0 = \frac{\beta r}{d_v}$. 如果 $R_0 \leq 1$, 则在感染开始的过程中, 每一个细胞被感染后平均产生少于一个新的感染细胞, 因此此时感染未能扩散, 而整个系统恢复至未感染状态, 系统的无病平衡点 E_0 全局稳定; 如果 $R_0 > 1$, 则每一起始的病毒感染细胞产生平均大于一个新的感染细胞, 病毒在最初时间内呈指数增长, 随着未感染细胞数量下降, 病毒感染新的细胞的机会下降, 病毒数量增长减慢, 最后系统经阻尼震荡趋向于正平衡点 E^* , 正平衡点稳定.

1.2 平衡点及其稳定性

我们首先研究系统(1)的平衡点存在情况. 系统总存在一个无病平衡点: $E_0 = (T_0, 0, 0) = (\frac{\lambda}{d_T}, 0, 0)$,

此平衡点代表宿主体内不存在病毒的状态, 基本再生数 $R_0 = \frac{\beta r}{d_v}$, 若 $R_0 > 1$, 则系统存在一个正平衡点

$$E^* = (T^*, I^*, V^*) = (\frac{d_v\lambda}{d_vd_T + \beta rd_I - d_Id_V}, \frac{\lambda(\beta r - d_v)}{d_vd_T + \beta rd_I - d_Id_V}, \frac{rd_1\lambda(\beta r - d_v)}{(d_vd_T + \beta rd_I - d_Id_V)d_v}).$$

下面我们研究无病平衡点 E_0 的全局性态.

定理 1.1 对于系统(1), 若基本再生数 $R_0 \leq 1$, 则无病平衡点 E_0 全局稳定.

证明: 定义一个全局 Lyapunov 函数

$$L_1 = T - T_0 - T_0 \ln \frac{T}{T_0} + I + \frac{1}{r}V$$

求导可得:

$$\begin{aligned} L'_1 &= T' - \frac{T_0}{T}T' + I' + \frac{1}{r}V' \\ &= (\lambda - d_T T - \frac{\beta TV}{T+I}) - \frac{T_0}{T}(\lambda - d_T T - \frac{\beta TV}{T+I}) + (\frac{\beta TV}{T+I} - d_I I) + \frac{1}{r}(rd_1 I - d_v V) \\ &= \lambda - d_T T - \frac{\beta TV}{T+I} - \frac{T_0}{T}\lambda + T_0 d_T + \frac{\beta T_0 V}{T+I} + \frac{\beta TV}{T+I} - d_I I + d_I I - \frac{1}{r}d_v V \end{aligned}$$

注意到 $T_0 = \frac{\lambda}{d_T}, R_0 = \frac{\beta r}{d_v}$, 代入可得:

$$\begin{aligned} L'_1 &= 2T_0 d_T - d_T T - \frac{T_0^2 d_T}{T} + \frac{T_0 \beta V}{T+I} - \frac{d_v V}{r} = T_0 d_T (2 - \frac{T_0}{T} - \frac{T}{T_0}) + V(\frac{T_0 \beta}{T+I} - \frac{d_v}{r}) \\ &= T_0 d_T (2 - \frac{T_0}{T} - \frac{T}{T_0}) + V\beta(\frac{T_0}{T+I} - \frac{1}{R_0}) \end{aligned}$$

由算术平均数大于或等于几何平均数的性质, 我们有 $2 - \frac{T_0}{T} - \frac{T}{T_0} \leq 0$. 又因为 $R_0 < 1, T_0 < T + I$,

因此, $L'_1 < 0, E_0$ 全局稳定.

定理 1.1 的生物意义如下: 若一个病毒在其存活的周期内繁殖的病毒不多于 1 个, 则病毒不能成功的入侵宿主并且它会很快被清除.

下面我们讨论正平衡点

$$E^* = (T_1, I_1, V_1) = (\frac{d_v\lambda}{d_vd_T + \beta rd_I - d_Id_V}, \frac{\lambda(\beta r - d_v)}{d_vd_T + \beta rd_I - d_Id_V}, \frac{rd_1\lambda(\beta r - d_v)}{(d_vd_T + \beta rd_I - d_Id_V)d_v})$$

的局部稳定性.

引理(Hurwitz 判据) 考虑多项式方程

$$\lambda^n + a_1\lambda^{n-1} + a_2\lambda^{n-2} + \cdots + a_{n-1}\lambda + a_n = 0$$

所有根具有负实部的充要条件是

$$H_k = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & \cdots & a_{2k-1} \\ 1 & a_2 & a_4 & \cdots & a_{2k-2} \\ 0 & a_1 & a_3 & \cdots & a_{2k-3} \\ 0 & 1 & a_2 & \cdots & a_{2k-4} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & a_k \end{vmatrix} > 0$$

$k=1,2,\cdots,n$. 其中 $j > n$ 时,补充定义 $a_j=0$.

定理 1.2 对于系统(1),若 $R_0 > 1$,则系统存在唯一正平衡点 E^* ,且此平衡点 E^* 是局部稳定的.

证明:对于系统(1),其 Jacobian 矩阵为

$$A = \begin{bmatrix} -d_T - \frac{\beta V}{T+I} + \frac{\beta TV}{(T+I)^2} & \frac{\beta TV}{(T+I)^2} & -\frac{\beta T}{T+I} \\ \frac{\beta V}{T+I} - \frac{\beta TV}{(T+I)^2} & -\frac{\beta TV}{(T+I)^2} - d_I & \frac{\beta T}{T+I} \\ 0 & rd_I & -d_V \end{bmatrix}$$

A 的特征矩阵 $xE - A$ 为

$$B = \begin{bmatrix} x + d_T + \frac{\beta V}{T+I} - \frac{\beta TV}{(T+I)^2} & -\frac{\beta TV}{(T+I)^2} & \frac{\beta T}{T+I} \\ -\frac{\beta V}{T+I} + \frac{\beta TV}{(T+I)^2} & x + \frac{\beta TV}{(T+I)^2} + d_I & -\frac{\beta T}{T+I} \\ 0 & -rd_I & x + d_V \end{bmatrix}$$

由
$$\begin{cases} \frac{dT}{dt} = \lambda - d_T T - \frac{\beta TV}{T+I} = 0 \\ \frac{dI}{dt} = \frac{\beta TV}{T+I} - d_I I = 0 \\ \frac{dV}{dt} = rd_I I - d_V V = 0 \end{cases}$$
 可得: $d_T = \frac{\lambda}{T} - \frac{\beta V}{T+I}, \frac{\beta TV}{(T+I)^2} = \frac{d_I I}{T+I}, \frac{\beta T}{T+I} = \frac{d_I I}{V}$,代入 B 的第一

行,再将 B 的第一行加到第二行,可得

$$B = \begin{bmatrix} x + \frac{\lambda}{T} - \frac{d_I I}{T+I} & -\frac{d_I I}{T+I} & \frac{d_I I}{V} \\ x + d_T & x + d_I & 0 \\ 0 & -rd_I & x + d_V \end{bmatrix}$$

A 的特征方程 $|B|=0$ 为

$$\begin{aligned} & x^3 + \frac{(d_I T + \lambda + T d_V) x^2}{T} \\ & - \frac{(-VT^2 d_I d_V + d_r^2 ITV - V\lambda d_V T - d_I ITV d_V + d_I^2 IT^2 r - V\lambda d_V I - V\lambda d_I I - V\lambda d_I T + d_I^2 I^2 Tr - d_I IT d_T V) x}{T(T+IV)} \\ & - \frac{d_I (-V\lambda d_V I - V\lambda d_V T + d_I ITV d_V - IT d_T d_V + d_I I^2 T d_T r + d_I IT^2 d_T r)}{T(T+IV)} = 0 \end{aligned}$$

将上述方程简记为 $x^3 + a_1 x^2 + a_2 x + a_3 = 0$,根据 Hurwitz 判据得 $H_1 = a_1, H_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ 1 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 a_2 - a_3, H_3$

$$= \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & 0 \\ 1 & a_2 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix} = a_3(a_1 a_2 - a_3).$$

其中:

$$a_1 = \frac{d_I T + \lambda + T d_V}{T},$$

$$a_2 = -\frac{-V T^2 d_I d_V + d_I^2 I T V - V \lambda d_V T - d_I I T V d_V + d_I^2 I T^2 r - V \lambda d_V I - V \lambda d_I I - V \lambda d_I T + d_I^2 I^2 T r - d_I I T d_T V}{T(T+I)V}$$

$$a_3 = -\frac{d_I(-V \lambda d_V I - V \lambda d_V T + d_I I T V d_V - I T d_T V d_V + d_I I^2 T d_T r + d_I I T^2 d_T r)}{T(T+I)V}$$

因为 $rd_I I = d_V V$, 所以 $rd_I I^2 T d_T - I T d_T V d_V = 0$, 得 a_3 的分子为

$$\begin{aligned} a_{31} &= -d_I(-V \lambda d_V I - V \lambda d_V T + d_I I T V d_V + d_I I T^2 d_I r) \\ &= -d_I[-V \lambda d_V I - V \lambda d_V T + d_I T I (V d_V + T d_T r)] \\ &= -d_I(-V \lambda d_V I - V \lambda d_V T + d_I T I r \lambda) \\ &= V d_I d_V I (T d_T + d_I I) \end{aligned}$$

因此 a_3 为 $\frac{d_I d_V I (d_T T + d_I I)}{(T+I)T}$, 显然 $a_3 > 0$.

由于 $rd_I I = d_V V$, 所以 a_2 的分子为 $a_{21} = -d_I^2 I T V + V \lambda d_V I + V \lambda d_I I + V \lambda d_I T + d_I I T d_T V$, 再整理得:

$$a_2 = (d_V + d_I) d_I + \frac{d_V d_I I}{T} + \frac{d_I^2 I^2}{T(T+I)} + \frac{d_T d_I I}{T+I}, a_1 = d_T + d_I + \frac{d_I I}{T} + d_V$$

显然 a_1, a_2 都大于 0.

$$\begin{aligned} a_1 a_2 &= (d_T + d_I + \frac{d_I I}{T} + d_V) [(d_V + d_I) d_I + \frac{d_V d_I I}{T} + \frac{d_I^2 I^2}{T(T+I)} + \frac{d_T d_I I}{T+I}] \\ &> (d_T + \frac{d_I I}{T}) \frac{d_V d_I I}{T} = \frac{d_I d_V I (d_T T + d_I I)}{T^2} > \frac{d_I d_V I (d_T T + d_I I)}{(T+I)T} = a_3 \end{aligned}$$

显然 $a_1 a_2 - a_3 > 0$. 因此 H_1, H_2, H_3 都大于 0, 所以 A 的所有特征值均具有负实部, 本系统的零解渐进稳定, 可见 E^* 局部稳定.

定理 1.2 所表示的生物意义如下: 若一个病毒在其存活的周期内繁殖的病毒多于 1 个, 则病毒能成功的入侵宿主细胞.

参 考 文 献

- [1] 马知恩, 靳 祯. 总人口在变化的流行病动力学模型[J]. 华北工学院学报, 2001, 22: 262-271.
- [2] 马知恩, 周义仓, 王稳地, 等. 传染病动力学的数学建模与研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [3] Alan S. Perelson, Patrick W. Nelson. Mathematical analysis of HIV-1 dynamics in vivo[J]. SIAM Review, 1999, 41: 3-44.
- [4] 陆征一, 王稳地, 王开发. 数学生物学进展[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [5] R. M. Anderson, R. M. May. Infectious Diseases of Humans, Dynamics and Control[M]. Oxford University Press, Oxford, 1991.
- [6] W. R. Derrick, P. van den Driessche. Emphases disease transmission model in a non-constant population[J]. Math. Biol., 1993, 33: 495-512.

DISCUSS OF VIRUS WHICH HAVE NORMAL INFECTIONS DYNAMICS MODEL WITH IMMUNE RESPONSE

BI Yong, XIAO Xiang-ping

(Faculty of Science, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: In this paper the global properties of the virus dynamics models with immune response are studied. The virus is cleared if the basic reproduction number $R_0 \leq 1$, the disease-free equilibrium steady state is stable; and the virus persists in the host if $R_0 > 1$, the endemic steady state is stable.

Key words: global stability; local stability; Lyapunov functions; Hurwitz criterion; Jacobian matrix

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0165-05

求解一类绝对值方程组的非内部连续化算法

封京梅

(陕西广播电视大学理工教学部, 陕西 西安 710072)

摘 要: 采用非内部连续化算法研究了一类绝对值方程组的求解问题. 首先将绝对值方程组转化为广义的线性互补问题, 构造光滑函数, 得到光滑函数方程, 然后利用非内部连续化算法求解光滑函数方程, 进而将求解绝对值方程组的解转化为求解光滑函数方程的根, 最后用 MATLAB 程序执行此算法, 发现各项性能都有所提高.

关键词: 绝对值方程组; 非内部连续化算法; 光滑函数; MATLAB

中图法分类号: O24 **文献标识码:** A

0 引 言

在数学领域中, 对绝对值方程的探索有着很大的研究空间, 因为现实生活中将实际问题抽象建立为绝对值方程的模型比比皆是. 优化领域方面的一些专家也将部分精力放在研究这个问题上, 用优化的思想转化问题, 求解方程取得了不错的成绩. 文献[1]、[2]中直接考虑求解一般的绝对值方程组: $Ax + B|x| = b$, $A \in R^{m \times n}$, $B \in R^{m \times n}$, $b \in R^m$, 而且发现众多问题可以转化为上述绝对值方程组的求解问题. 尽管求解绝对值方程组是一类 NP 难的问题, 但是文献[1]、[2]的作者利用优化的思想给出巧妙的性质和适当的条件使得问题得以简化. 而文献[3]中先将绝对值方程组转化为凹极小化问题, 再利用连续线性算法(SLA)求解凹极小化问题, 最后用 MATLAB 程序来执行此算法并检验其性能(文章显示用此算法求解 100 个随机产生的 1 000 维的 AVEs 时所用时间不多于 10 s, 精确度达到了 10^{-6} , 进而得到绝对值方程组的解. 文献[4]中利用广义牛顿型算法求解这类绝对值方程组问题, 其基本思想是用绝对值方程组来构造求解它的广义牛顿型迭代公式, 得到近似迭代解, 再根据迭代点的有界性、线性收敛性找到此迭代点列的聚点, 证明聚点就是绝对值方程组的收敛解. 这种方法求解 100 个随机产生的 1 000 维的 AVEs 时所用时间也不多于 10 s, 精确度也达到了 10^{-6} , 而与其对应的线性互补问题在达到相同精确度的前提下用时不超过 29 s. 然而还没有学者做过将绝对值方程组问题转化为广义的线性互补问题后, 用非内部连续化算法求解(LCP)的文章, 于是本文基于这种思想对绝对值方程组做了如下的分析. 本文主要是求解如下一类绝对值方程组: $Ax - |x| = b$, $A \in R^{n \times n}$, $B \in R^n$, 因为形如 $Ax + B|x| = b$ 的绝对值方程组在一定条件下可以通过矩阵之间的运算转化为 $Ax - |x| = b$.

1 非内部连续化算法

首先给出几个光滑函数, 再通过变形($Ax - |x| = b \Leftrightarrow (x, s) \geq 0, s = Mx + q, x^T s = 0$, 其中 $(A + I)(A - I)^{-1} = M$; $((A + I)(A - I)^{-1} - I)b = q, s = Mx + q$, 将线性互补的求解问题转化为光滑函数方程的求解问题, 下面详细描述此算法.

* 收稿日期: 2011-01-16
作者简介: 封京梅(1983—), 女, 河北省唐山市人, 助教, 硕士, 研究方向: 运筹学与控制论

1.1 光滑函数的构造

令 $\phi: R^3 \rightarrow R$ 记为 Chen-Harer-Kanzow-Smale 光滑函数

$$\phi(\mu, a, b) = a + b - \sqrt{(a - b)^2 + 4\mu^2}; \forall (\mu, a, b) \in R^3 \quad (1)$$

对于任意的 $\mu \in R$, 令 $\varphi_\mu: R^{2n} \rightarrow R^n$ 如下定义

$$\varphi_\mu(\omega) = \begin{pmatrix} \phi(\mu, \tilde{\omega}_1) \\ \vdots \\ \phi(\mu, \tilde{\omega}_n) \end{pmatrix}; \forall \omega := (x, s) \in R^{2n} \quad (2)$$

对于任意的 $i \in I$, 知 $\tilde{\omega}_i := (x_i, s_i)$ 对于任意的 $\mu \in R$, 通过下式来定义函数 $F_\mu: R^{2n} \rightarrow R^{2n}$

$$F_\mu(\omega) = \begin{pmatrix} s - Mx - q \\ \varphi_\mu(\omega) \end{pmatrix}; \forall \omega := (x, s) \in R^{2n} \quad (3)$$

那么 $F_\mu(\omega) = 0, \mu = 0 \Leftrightarrow \omega \in S$.

容易看出, 对于任意的 $\mu > 0$, 函数 F_μ 是连续可微的, 现用 $F'_\mu(\cdot)$ 来表示 $F_\mu(\cdot)$ 在 $\omega \in R^{2n}$ 处的雅可比矩阵, 那么

$$F'_\mu(\omega) := \begin{pmatrix} -M & I \\ \partial_x \varphi_\mu(\omega) & \partial_s \varphi_\mu(\omega) \end{pmatrix} \quad (4)$$

I 是 $n \times n$ 的单位矩阵. 并且

$$\partial_x \varphi_\mu(\omega) := \text{diag}\{1 - \frac{x_i - s_i}{\sqrt{(x_i - s_i)^2 + 4\mu^2}}; i \in I\}, \partial_s \varphi_\mu(\omega) := \text{diag}\{1 + \frac{x_i - s_i}{\sqrt{(x_i - s_i)^2 + 4\mu^2}}; i \in I\}$$

$\text{diag}\{\mu_i; i \in I\}$ 表示一个对角矩阵, 第 i 个对角元素是 μ_i , 对于任意的 $\mu \in R^n$, 故本文要求解 $\text{LCP}(M, q)$, 就是近似求解在每一次迭代中所产生的光滑函数方程 $F_\mu(\omega)$ 当光滑参数 μ 减小到 0 时的根.

依据这种想法, 使用新的非内部连续化算法来解 $\text{LCP}(M, q)$, 下面给出具体的算法描述.

1.2 算法描述

算法 1.1 非内部连续化算法

第零步: 选取任意的 $\delta, \sigma, \gamma \in (0, 1), x^0 \in R^n, \mu_0 \in (0, +\infty)$, 令 $s^0 := Mx^0 + q, \omega^0 = (x^0, s^0)$, 选取 β 使得 $\beta \geq 2\sqrt{n}$ 和 $\|F_{\mu_0}(\omega^0)\| \leq \beta\mu_0$. 令 $k := 0$.

第一步: 若 $F_0(\omega^k) = 0$, 停止, ω^k 为光滑方程 $F_\mu(\omega) = 0$ 的根, 否则转到第二步.

第二步: 如果 $F_{\mu_k}(\omega^k) = 0$, 令 $\omega^{k+1} := \omega^k, \theta_k := 1$, 转到第四步. 否则令 $\Delta\omega^k := (\Delta x^k, \Delta y^k) \in R^{2n}$, 解方程:

$$F'_{\mu_k}(\omega^k) \Delta\omega^k = -F_{\mu_k}(\omega^k) \quad (5)$$

第三步: 令 θ_k 是 $1, \delta, \delta^2, \dots$ 的最大值, 满足

$$\|F_{\mu_k}(\omega^k + \theta_k \Delta\omega^k)\| \leq (1 - \sigma\theta_k) \beta\mu_k \quad (6)$$

令 $\omega^{k+1} := \omega^k + \theta_k \Delta\omega^k$, 如果 $F_0(\omega^{k+1}) = 0$, 停止, 否则转到第四步.

第四步: 令

$$\hat{\mu}_k = (1 - \frac{1}{1 + \sqrt{2}} \sigma\theta_k) \mu_k \quad (7)$$

η_k 是 $1, \gamma, \gamma^2, \dots$ 的最大值, 满足

$$\|F_{\eta_k \hat{\mu}_k}(\omega^{k+1})\| \leq \beta \eta_k \hat{\mu}_k \quad (8)$$

令 $\mu_{k+1} := \eta_k \hat{\mu}_k, k := k + 1$, 转到第二步.

注释 1.1 算法特点及比较

(1) 非内部连续化算法在其它文章中也出现过, 只是本文用到的非内部连续化算法的框架简单一些.

(2) 算法 1.1 很容易启动, 只要任意选取 $(\mu_0, x^0, s^0) \in R_{++} \times R^{2n}$ 作为算法的起始点即可, 然后令 $\beta := \max\{2\sqrt{n}, \|F_{\mu_0}(x^0, s^0)\| / \mu_0\}$.

(3) 构造两个集合

$$\kappa_1 := \{k \in \kappa: F_{\mu_k}(\omega^k) = 0\}, \quad \kappa_2 := \{k \in \kappa: F_{\mu_k}(\omega^k) \neq 0\} \quad (9)$$

则 $\kappa_1 \cup \kappa_2 = \kappa, \kappa_1 \cap \kappa_2 = \emptyset$, 因此对于任意的迭代指标 $k \in \kappa$, 得到 $k \in \kappa_1$ 或 $k \in \kappa_2$.

(4) 容易看到任意的 $k \in \kappa_1$, 算法 1.1 在第 k 步不需要求解 Newton 方程(5), 也不需要执行线性搜索
(6), 此次迭代只需求解一个线性方程.

引理 1.1 假如 $M(M=(A+I)(A-I)^{-1})$ 是一个 P_0 矩阵, 那么

- (1) 算法 1.1 是有定义的.
- (2) 算法 1.1 产生的序列 $\{\mu_k\}$ 是单调减小的, 并且对于所有的 $k \in \kappa, \mu_k \geq 0$.
- (3) $\|F_{\mu_k}(\omega^k)\| \leq \beta \mu_k$, 对于所有的 $k \in \kappa$.
- (4) $\omega^k \in \Gamma$, 对于所有的 $k \in \kappa_2$, κ_2 是通过(9)定义的.

证明: 引理的结论很容易证明, 这里省去. 下面给出矩阵 M 是一个 P_0 阵时 A 满足的条件. 首先给出 P_0 矩阵的一些基本知识.

定义 1.1 矩阵 $M \in R^{n \times n}$ 称为 P 阵(P_0 阵), 如果对于任意的 $x \in R^n, x \neq 0$, 存在一个分量 $x_k \neq 0$, 使得 $x_k(Mx)_k > 0 (\geq 0)$, 则所有的 P 矩阵组成的矩阵被称为 P 类, 记为 P 矩阵, 所有的 P_0 矩阵组成的矩阵类称为 P_0 类, 记为 P_0 . 显然正定矩阵必是 P 矩阵, 半正定矩阵必是 P_0 矩阵, 这是正定矩阵和半正定矩阵的推广.

引理 1.1 令 $M \in R^{n \times n}$ 为任意的矩阵, $D \in R^{n \times n}$ 是一对角矩阵, 则行列式

$$\det(M+D) = \sum_{\alpha} \det D_{\alpha\alpha} \det M_{\alpha\alpha} \quad (10)$$

其中 $\alpha \subseteq \{1, 2, \dots, n\}$ 是一子集, $D_{\alpha\alpha}$ 是矩阵 D 中所有元素 d_{ij} 组成的子矩阵, $i \in \alpha, j \in \alpha$, $M_{\alpha\alpha}$ 是矩阵 M 中所有元素 m_{ij} 组成的子矩阵, $i \in \bar{\alpha}, j \in \bar{\alpha}$, \sum_{α} 表示对所有可能的 α 求和. 本文约定: 当 α 或 $\bar{\alpha}$ 为空集 \emptyset 时, $\det D_{\emptyset\emptyset} = \det M_{\emptyset\emptyset} = 1$.

定理 1.1 令 $M \in R^{n \times n}$ 为任意的矩阵, 则下面的情况是等价的:

- (1) M 是 P_0 矩阵.
- (2) M 的所有主子式均为非负数.
- (3) 对于任意的正数 ϵ , $M + \epsilon I$ 是一个 P 矩阵, 其中 I 是 n 阶单位阵. 证明过程参看文献[5]中的引理 2.17 和定理 2.18.

由 $M = (A+I)(A-I)^{-1} = (2I+A-I)(A-I)^{-1} = 2(A-I)^{-1} + I$, 要证 $M = (A+I)(A-I)^{-1}$ 为 P_0 矩阵, 只需证明 $2(A-I)^{-1} + I$ 为 P_0 矩阵, 不妨令 $2(A-I)^{-1} = B$, 下面给出 B 满足什么条件, $B+I$ 是 P_0 矩阵时.

定理 1.2 $B+I$ 是 P_0 矩阵 $\Leftrightarrow \sum_{\alpha \in F(1)} \det B_{\alpha\alpha}^k \geq 0, k \in \{1, 2, \dots, n\}$.

其中 $M^k = I^k + B^k$ 表示与 M 的任意的 k 阶主子式对应的子矩阵. I^k, B^k 的取法和 M^k 的取法相同, 分别表示 I, B 的 k 阶主子阵, $\alpha_k \subseteq \{1, 2, \dots, n\}$ 表示 M^k 中元素 m_{ij}^k 的指标集. $\alpha \subseteq \alpha_k \subseteq \{1, 2, \dots, n\}$ 的子集. $I_{\alpha\alpha}^k$ 表示矩阵 I^k 中所有元素 i_{ij}^k 组成的子矩阵, $i \in \alpha, j \in \alpha$. $B_{\alpha\alpha}^k$ 表示矩阵 B^k 中所有元素 b_{ij}^k 组成的子矩阵, $i \in \bar{\alpha}, j \in \bar{\alpha}, \bar{\alpha} \cup \alpha = \alpha_k$. 由此可知 $I_{\alpha\alpha}^k$ 的行列式要么为 1, 要么为 0. 令 $F(\alpha_k)$ 表示 α_k 的所有子集构成的集合, 把使得 $I_{\alpha\alpha}^k$ 的行列式为 1 的所有 $\alpha \in F(\alpha_k)$ 构成的集合记为 $F(1)$, 为 0 的记为 $F(0)$, $F(1) \cup F(0) = F(\alpha_k)$.

证明: 由定理 2.1 可知: $M = I + B$ 是 P_0 矩阵 $\Leftrightarrow M$ 的所有主子式 ≥ 0 , 对于 M 任意的 k 阶主子式 M^k , $k \in \{1, 2, \dots, n\}$ 有

$$\det(M^k) = \det(I^k + B^k) = \sum_{\alpha \in F(\alpha_k)} \det I_{\alpha\alpha}^k \det B_{\alpha\alpha}^k = \sum_{\alpha \in F(1)} \det B_{\alpha\alpha}^k$$

所以定理 1.2 成立.

由上述定理得到:

- (1) 如果 B 是一个 P_0 矩阵, 则 $I+B$ 是一个 P 矩阵, 进而 $I+B$ 是一个 P_0 矩阵.
- (2) 如果 B 的特征值 ≥ -1 , 那么 $I+B$ 是半正定矩阵, 进而是 P_0 矩阵.

(3) 如果 B 是一个半正定矩阵, $I + B$ 一定是正定矩阵, 进而是 P_0 矩阵.

2 数值比较

首先给出 O. L. Mangasarian 分别用广义牛顿型算法求解 AVEs 和转化为凹极小化问题求解 AVEs 的数值计算结果^[6-8], 两种方法检测的都是随机产生的 100 个绝对值方程组, 这里要求 $A \in R^{1\,000 \times 1\,000}$ 且 A 是一个奇异值 > 1 的稠密矩阵, 随机产生的矩阵 A 中元素是服从 $[-10, 10]$ 上的均匀分布, 随机向量 x 中的分量是服从 $[-1, 1]$ 上的均匀分布.

(1) 用广义牛顿算法求解 100 个连续随机产生的 AVEs 和与其对应的 LCPs($n=1\,000$) 的数值计算结果如表 1 所示. 从表 1 可知:

表 1 广义牛顿算法的计算结果

问题	AVE	LCP
性质	$svd(A) > 1$ M 非对称正定矩阵	
n	1 000	1 000
求解问题的个数	100	100
$\|Ax - |x| - b\| < \text{精确度}$	10^{-6}	10^{-6}
牛顿迭代次数	500	806
所用时间 /s	940.30	2 860.6
所有 A 的奇异值的最小值	288.37	1.0

① 所有随机产生的 100 个 AVEs 和 LCPs 在满足 $\|Ax - |x| - b\| = 0$ 的条件下精确度达到了 10^{-6} .

② 100 个 AVE 和 LCPs 所需的平均牛顿迭代次数分别为 5 和 8.6.

③ 解决这 100 个随机产生的 AVEs, LCPs 中的每一个所需的平均时间分别是 9.40 s, 28.61 s.

④ 100 个 AVEs 和 LCPs 中的矩阵 A 的奇

异值的最小值分别为 288.37 和 1.0.

表 2 凹极小化算法的计算结果

例子	$nnztot$	$nnzx$	k	$toc(s)$	$LP(s)$
1~10	1	1	80	4.236	53
11~20	0	0	26	1.361	52
21~30	1	1	74	3.804	51
31~40	0	0	26	1.351	52
41~50	0	0	26	1.354	52
51~60	0	0	26	1.364	52
61~70	1	1	80	4.207	53
71~80	2	1	91	4.379	48
81~90	0	0	26	1.358	52
91~100	0	0	26	1.359	52

(2) 用凹极小化算法求解 100 个连续随机产生的 AVEs(分为 10 组, 每组 10 个)和与其对应的(LP)的数值计算结果如表 2 所示.

注释: $nnztot$ 表示 10 个问题中每一组方程中无效方程的总个数; $nnzx$ 表示一个问题中无效方程的总个数; k 表示每一个问题中(LPs)的迭代次数; $toc(s)$ 表示解决 10 个问题中的每一组所用时间; $LP(s)$ 表示由方程的按列排后得到的每一个(LP)所用时间.

(3) 非内部连续化算法求解 AVE 的计算结果. 为了准确得描述非内部连续化算法的计算结果, 要求 AVEs 中矩阵 A 的奇异值 $\neq 1$ 且和变量 x 都是随机产生的. 在 n 不同取值下, 取 10 组计算结果求其平均值. 现给出下面 3 种情

况下的计算结果如表 3~表 5 所示.

- ① 随机产生的矩阵 A 中的元素服从 $[-10, 10]$ 上的均匀分布, 变量 x 中的分量是服从 $[-1, 1]$ 上均匀分布.
- ② 随机产生的矩阵 A 中的元素服从 $[-50, 50]$ 上的均匀分布, 变量 x 中的分量是服从 $[-1, 1]$ 上均匀分布.
- ③ 随机产生的矩阵 A 中的元素服从 $[-100, 100]$ 上的均匀分布, 变量 x 中的分量是服从 $[-1, 1]$ 上均匀分布.

注释: 表 3~表 5 中的精确度、迭代次数、时间表示的是在每一个确定的 n 值下, 随机求解 10 次后得到的数值结果的平均值.

从表 3~表 5 可以看出用非内部连续化算法求解绝对值方程组时迭代次数比较小, 精确度平均为 10^{-14} , 所用时间在 $n < 900$ 时不超过 10 s, 总体来看此算法性能比较高.

非内部连续化算法求解绝对值方程组的一个显著特点是迭代次数比较少, 无效方程的个数比较少, 而且当矩阵 A 中元素的取值不断增大时, 算法的精确度、迭代次数及所用时间变化不大, 计算结果比较稳定.

表 3 非内部连续化算法的计算结果(1)

n	精确度	迭代次数	时间/s
100	4.85×10^{-14}	1.4	0.033
200	2.10×10^{-14}	1.6	0.126
300	1.37×10^{-16}	1.3	0.340
400	2.35×10^{-13}	1.5	0.775
500	5.18×10^{-15}	1.6	1.634
600	3.72×10^{-15}	1.8	2.607
700	1.30×10^{-14}	1.7	4.009
800	3.36×10^{-16}	1.6	5.814
900	7.72×10^{-15}	1.7	8.357
1000	1.70×10^{-15}	2	12.219

表 4 非内部连续化算法的计算结果(2)

n	精确度	迭代次数	时间/s
100	4.43×10^{-13}	1.7	0.027
200	2.88×10^{-13}	1.5	0.114
300	1.37×10^{-13}	1.5	0.352
400	6.26×10^{-13}	1.5	0.779
500	3.84×10^{-14}	1.6	1.473
600	9.81×10^{-14}	1.6	2.562
700	8.03×10^{-13}	1.7	3.488
800	4.76×10^{-13}	1.6	5.796
900	2.45×10^{-14}	1.7	8.363
1000	7.29×10^{-14}	1.7	11.410

3 结束语

本文针对绝对值方程组的求解问题给出了一种新的方法,首先将绝对值问题转化为广义线性互补问题,再将线性互补的求解问题转化为利用非内部连续化算法求解光滑函数方程零根的问题,这个算法在每步迭代时最多解一个线性方程组,在一定的假设下它是全局线性收敛和局部二次收敛的.文章的重点不仅在于研究算法的理论性质和满足算法的矩阵条件,还有算法的数值计算.

文中提出的算法在一定的假设下是全局收敛,这个全局收敛性条件是不是可以减弱,矩阵 $B(B=(A+I)^{-1})$ 的条件是否还可以减弱,或者能否直接找到 A 所满足的条件,数值计算的时间还能否缩短,都还有待研究.

表 5 非内部连续化算法的计算结果(3)

n	精确度	迭代次数	时间/s
100	4.43×10^{-13}	1.7	0.027
100	5.12×10^{-15}	2	0.050
200	2.67×10^{-13}	2	0.140
300	1.52×10^{-15}	2	0.380
400	5.10×10^{-16}	2	0.870
500	7.92×10^{-14}	2	1.640
600	8.68×10^{-15}	2	2.770
700	4.94×10^{-14}	1.7	3.310
800	1.05×10^{-15}	2	6.380
900	3.76×10^{-14}	2	8.900
1 000	7.46×10^{-16}	2	12.170

参 考 文 献

[1] R. W. Cottle, J. S. Pang, R. E. Stone. The Linear Complementarity Problem[M]. New York:Academic Press, 1992.
[2] O. L. Mangasarian. The linear complementarity problem as a separable bilinear problem[J]. Global Optim,1995, (6):153-161.
[3] O. L. Mangasarian. Absolute value programmming[J]. Computer Optimization Application,2007,36:43-53.
[4] O. L. Mangasarian. Absolute value equation solution via concave minimization[J]. Optimization letter, 2007,(1):3-8.
[5] O. L. Mangasarian. A generalized Newton method for absolute value equations[J]. Optimization Letter, 2009,(3):101-108.
[6] J. Rohn. A theorem of the alternatives for the equation $Ax+B|x|=b$ [J]. Linear Multilinear Algebra,2004, 52(6):421-426.
[7] 韩继业, 修乃华, 戚厚铎. 非线性互补理论与算法[M]. 上海:上海科技出版社,2006.
[8] R. W. Cottle, J. S. Pang, R. E. Stone. The Linear Complementarity Problem[M]. Boston:Academic Press, 1992.

A NON-INTERIOR CONTINUATION
ALGORITHM FOR A CLASS OF ABSOLUTE VALUE EQUATIONS

FENG Jing-mei

(Science and Engineering Teaching Department, Shaanxi Radio TV University, Xi'an 710072, China)

Abstract: This paper mainly studied the using of the non-interior continuation algorithm to solve a class of AVEs. This method for solving AVEs is to transform the AVEs to generalized linear complementary problems, and construct smoothing functions that approximate the solutions to the generalized linear complementary problems. The smoothing functions are solved by the non-interior continuation algorithm. Finally, the algorithm is implemented by MATLAB and then the result of it shows that various performances have improved.

Key words: absolute value equations; non-interior continuation method; MATLAB

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0170-05

我国行业层面全要素生产率的实证分析

薛克明

(上海交通大学安泰经济与管理学院, 上海 200030)

摘要:采用我国 9 大行业的投入产出数据,选择国防支出和国际原油价格作为工具变量,对 Solow 提出的 Solow 余量与工具变量进行了无关性检验,结果显示对于多数行业两种检验的结果基本一致,表明我国多数行业不存在长期超额利润;但采矿业、交通运输业、邮电通信和金融业在两种检验下都拒绝了无关性原假设,表明这些行业存在规模收益递增和垄断结合的现象.

关键词:全要素生产率;规模收益;垄断;无关性

中图法分类号:F 224.0

文献标识码:

0 引言

1957 年, Solow 提出当经济满足规模收益不变, 市场完全竞争和希克斯中性技术的假设时, 我们可以简单地从产出增长率中减去投入要素增长率的加权和, 所得到的剩余部分就代表生产技术的改变, 即技术进步率, 其必然和那些与产出或要素需求有关, 但不能带来生产函数形式改变或受生产函数改变影响的工具变量无关, 然而现实中往往不能满足 Solow 的苛刻假设. Robert. Hall 发现: 当仅存在垄断时, 基于成本的修正 Solow 余量仍能保持和工具变量的无关性, 但当规模收益递增时, 而基于成本的 Solow 余量同样不能满足和工具变量的无关性, 也即原始 Solow 余量的检验可以为我们提供行业垄断的信息, 而基于成本的 Solow 余量检验可以为我们提供规模报酬递增的信息. 本文利用中国行业层面的数据, 选择国防支出和原油价格作为工具变量, 对原始 Solow 余量以及基于成本的 Solow 余量进行了无关性检验, 并给出了导致检验失败的基于规模收益递增和垄断方面的解释.

1 基本原理

1.1 原始 Solow 余量

考虑一个具有希克斯中性技术的利润最大化的企业, 其产量为 Q , 投入要素为资本 K 和劳动 N , θ 代表希克斯中性技术进步, 其产品市场完全竞争, 并可以不变工资率 ω 雇佣任意数量工人. Solow 在以上假设的基础上推导出如下关系式:

$$\Delta q_t - \alpha_t \Delta n_t - (1 - \alpha_t) \Delta k_t = \theta_t$$

其中 Δq_t 是产出的增长率 $\Delta \log Q$, α_t 是劳动的收入份额 $\omega N / pQ$, Δn_t 是劳动的增长率 $\Delta \log N$, Δk_t 是资本的增长率 $\Delta \log K$, θ_t 是希克斯中性的技术进步 $\Delta \log \theta$. 方程的左边既是 Solow 余量, 也被称为全要素生产率. 劳动的产出弹性 α_t 可以直接通过计算工人报酬总额占总收入的比例来获得, Solow 假设全要素生产率增长率由长期均值和随机成分构成. 即:

$$\Delta q_t - \alpha_t \Delta n_t - (1 - \alpha_t) \Delta k_t = \theta + u_t$$

* 收稿日期:2010-12-20

作者简介:薛克明(1984—),男,吉林省和龙市人,在读硕士生,研究方向:宏观经济学

假设有一个能够影响产出和就业的外生变量 Δz_t , 它可能是政府对该部门产品的购买, 或者是对劳动力供给情况的一个度量, 且它即不会引起生产函数的改变, 也不会受生产函数改变影响, 那么 Δz_t 应该和全要素生产率增长率的随机成分无关. Δz_t 就是我们要找的工具变量. 当一个有说服力的外生工具变量被证实和 Solow 余量存在相关性时, Solow 的无关性命题即被拒绝.

1.2 修正 Solow 余量

当存在垄断时, 劳动产出弹性的正确度量应是总产出按边际成本计价情况下劳动报酬占总产出的比重. 令 χ 为边际成本, 则劳动的产出弹性为: $\omega N / \chi Q$. 令 μ 为成本加成率, $\mu = p / \chi$, α 为按总产出计算的劳动报酬份额, $\alpha = \omega N / pQ$, 则原始 Solow 余量变为以下形式:

$$\Delta q_t - \alpha_t \Delta n_t - (1 - \alpha_t) \Delta k_t = (\mu_t - 1) \alpha_t (\Delta n_t - \Delta k_t) + \theta_t$$

可见垄断时, 原始 Solow 余量不再具有无关性. 一个能够提高劳动 / 资本比例的事件将使 Solow 余量为正. 修正方法是以劳动报酬占总成本的份额取代劳动报酬占总收入的份额作为劳动的产出弹性. 如果令 $\tilde{\alpha}$ 等于劳动成本 ωN 在总成本 $\omega N + rK$ 中的比重, 则结合企业成本最小化经过简单的推导可得基于成本的 Solow 余量变为如下形式:

$$\Delta q = \tilde{\alpha} \Delta n + (1 - \tilde{\alpha}) \Delta k + \theta$$

上式表明, 垄断时基于成本的 Solow 余量能够保持和工具变量的无关性. 而原始的 Solow 余量则不能, 这是因为在垄断时, 收入高于成本, 基于收入的劳动力份额低估了劳动的产出弹性, 当外生事件提高了劳动和资本比重时, 基于收入的 Solow 余量将不能记录全部的产出增长, 因为它没有给劳动分配足够的权重.

1.3 规模报酬递增

现实中规模收益递增往往伴随着垄断, 这是因为如果没有垄断利润, 企业就不能产生足够的利润去维持投入, 因此考虑 Solow 余量在同时面对市场势力和规模收益递增时其形式如何变化是必要的. 令 γ_t 为规模弹性系数, 当存在规模收益递增, 即 $\gamma_t > 1$ 时, 经过简单推算可得原始的 Solow 余量变为如下形式:

$$\Delta q_t - \alpha_t \Delta n_t - (1 - \alpha_t) \Delta k_t = (\mu_t - 1) \alpha_t (\Delta n_t - \Delta k_t) + (\gamma_t - 1) \Delta k_t + \theta_t$$

如果一个外生的工具变量和投资正相关, 原始 Solow 余量的无关性将因为规模收益递增和垄断的存在而失效, 此时基于成本的劳动产出弹性估计值也会低估真实的劳动产出弹性. 当规模收益递增时, 劳动和资本的边际产出分别为:

$$\frac{\partial F}{\partial N} = \frac{\omega \gamma Q}{rK + \omega N} = \tilde{\alpha} \frac{Q}{N}; \quad \frac{\partial F}{\partial K} = \frac{r \gamma Q}{rK + \omega N} = (1 - \tilde{\alpha}) \gamma \frac{Q}{K}$$

进一步整理得基于成本的 Solow 余量具有以下形式:

$$\Delta q - \tilde{\alpha} \Delta n - (1 - \tilde{\alpha}) \Delta k = (\gamma - 1) [\tilde{\alpha} \Delta n + (1 - \tilde{\alpha}) \Delta k] + \theta$$

可见当规模收益递增时, 基于成本的 Solow 余量会混淆规模收益递增和生产函数形式的改变. 综上所述, 原始的 Solow 余量在市场势力或者规模收益递增时都不再具有无关性, 而基于成本的 Solow 余量仅在规模收益递增时才失效. 如果原始的 Solow 余量拒绝了无关性原假设, 而修正 Solow 余量不能拒绝, 则说明行业存在垄断; 如果两个检验都拒绝了无关性假设, 则检验的失败可能是由于行业规模收益递增或者其他原因造成的.

1.4 产出增加值

除资本和劳动以外, 多数企业还利用原材料, 中间产品等作为投入. 在产出或中间投入数据不全的情况下, 我们可以利用增加值数据代替总产出数据来计算 Solow 余量, 从而不必考虑中间投入. 基于以下原理: 假设 Q^* 代表实际总产出, q^* 等于 $\log Q^*$, p^* 是产出的实际价格, β^* 和 α^* 是材料成本和劳动报酬占总产出的份额, θ^* 为希克斯中性技术进步. v 是材料的价格, M 是材料的用量, m 等于 $\log M$. 通过总产出计算的 Solow 余量方程如下:

$$\Delta q^* - \alpha^* \Delta n - \beta^* \Delta m - (1 - \alpha^* - \beta^*) \Delta k = \theta^*$$

如果增加值为 Q , 增加值的增长率计算如下:

$$\Delta q = \frac{\Delta Q}{Q} = \frac{p^* \Delta Q^* - v \Delta M}{p^* Q^* - v M} = \frac{\frac{\Delta Q^*}{Q^*} - \frac{v M}{p^* Q^*} \frac{\Delta M}{M}}{1 - \frac{v M}{p^* Q^*}} = \frac{\Delta q^* - \beta^* \Delta M}{1 - \beta^*}$$

将上式带入原始 Solow 余量方程可得:

$$\Delta q - \alpha \Delta n - (1 - \alpha) \Delta k = \theta$$

其中, α 是劳动报酬占产出增加值的比重 ($\alpha = \alpha^* / (1 - \beta^*)$), θ 是劳动-资本放大形式的技术进步 ($\theta = \theta^* / (1 - \beta^*)$), 以上关系式说明: 当规模收益不变且完全竞争时, 通过增加值核算的原始 Solow 余量仍等于技术进步率. 类似的推导可以发现: 基于成本的 Solow 余量在通过增加值核算时虽不具有严格的无关性, 但如果企业的超额利润较低, 或者材料和产出保持同比例变动, 则无关性仍能够满足.

1.5 资本投入

由于不能直接测量资本服务的数量, 常假设资本服务和生产性资本存量成正比, 通过对生产性资本存量进行测量得到资本服务的值. 估计生产性资本存量最通用的法是永续盘存法(PIM). 本研究采用 PIM 法对各行业资本存量进行估算, 并利用经过税收调整的资本租赁价格和资本存量的乘积估算资本成本. PIM 法估算资本存量的公式如下:

$$K_{it} = K_{i,t-1} (1 - \delta_i) + I_{it}$$

其中 K_{it} 为第 t 期资本存量, δ_i 为资产 i 的折旧率, I_{it} 为资产 i 第 t 期的实际投资额. 这里以 1990 年为基期, 基期资本存量和各行业资本平均折旧率都采用薛俊波、王铮对国民经济 17 行业资本存量及折旧率的估算值; 资本租赁价格采用 Hall and Jorgenson 给出的资本租赁价格公式:

$$p = (r + \delta) \frac{(1 + h)(1 - \tau d)}{1 - \tau} qk$$

其中 r 取 5 年以上贷款利率, τ 为企业所得税率, h 为增值税率, d 为 1 元投资的折旧抵税现值. 在固定资产直线折旧法下, d 可通过下式计算:

$$d = \frac{1 - e^{-rT}}{rT}$$

1.6 工具变量

工具变量必须能够引起就业和产出的显著变化但和生产技术的随机波动无关. 和生产技术波动的随机成分不相关包括两层含义: 第一, 工具变量不会带来生产能力的变动, 第二, 不会受生产能力随机波动的影响. 政府军费开支是这样一个合格的工具变量. 一般认为政府对少数产品购买的增加一般不会改变这些行业的生产函数形式, 且军费开支和就业及产出具有足够的相关性. 另外我们有理由相信国际原油价格的历史走势并没有受到中国生产率变动的影响, 同时原油价格的波动也不会带来短期内生产能力的变动, 因此原油价格也是合适的工具变量选择.

1.7 检验方法

在生产率的改变与工具变量无关的假设下, 检验完全竞争和规模收益不变的假说简化为检验 Solow 余量 $\Delta q - \alpha \Delta n - (1 - \alpha) \Delta k$ 和工具变量 Δz 之间的相关系数为 0. 这里将利用 Solow 余量和工具变量回归, 对回归系数利用 t 统计量进行单侧检验(调节工具变量序列的符号以保证和产出变动正相关), 以验证 Solow 余量和工具变量无关的原假设.

2 数据说明

本研究所用时间序列数据(1990~2008)来自于国家统计局公布的历年统计年鉴以及《新中国 50 年统计资料汇编》. 名义产出增加值来自于年鉴中的分行业增加值数据, 价格指数采用名义 GDP/实际 GDP 构建的 GDP 平减指数. 各行业从业人员和名义工资总额数据来自于历年的劳动统计年鉴, 名义工资经居民

消费价格指数修正得到实际工资总额,名义固定资产投资来自于统计年鉴的分行业全社会固定资产投资数据,由于 2003 年前没有公布全社会固定资产投资数据,这里根据当年城镇固定资产投资数据除以 2003~2008 年间城镇固定资产投资占全社会固定资产投资的平均比例来近似估算,后利用固定资产投资价格指数修正得到当年实际固定资产投资额。

3 结果分析

上表左边两列为利用原始 Solow 余量检验无关性原假设的 P 值;右边两列为利用基于成本的 Solow 余量检验无关性原假设的 P 值。结果显示,对于多数行业两个检验都不能拒绝无关性原假设,注意到两种 Solow 余量的差异本质上是由行业的超额利润带来的,而现实

表 1 基于我国主要行业数据的 Solow 余量无关性检验结果

主要行业分类	原始 Solow 余量		成本 Solow 余量	
	国防支出	国际油价	国防支出	国际油价
农林牧渔业	0.029*	0.202	0.115	0.060
采矿业	0.033*	0.002**	0.031*	0.004**
制造业	0.053	0.160	0.101	0.235
电力、煤气及水的生产和供应业	0.181	0.247	0.191	0.239
建筑业	0.058	0.123	0.224	0.059
交通运输、仓储及邮电通信业	0.037*	0.025*	0.048*	0.196
批发零售住宿餐饮业	0.119	0.048*	0.122	0.006**
金融业	0.022*	0.154	0.023*	0.232
房地产业	0.106	0.104	0.105	0.105

注：“*”代表 5%显著水平上拒绝无关假设，“**”代表 1%水平上拒绝无关性原假设。

中很少有行业可以长久保持可观的超额利润,基于成本的劳动份额和基于总产出的劳动份额相差无几,该结果具有合理性,同时很多行业不存在长期超额利润的事实再次表明垄断往往会伴随着规模收益递增。

以国防开支为工具变量时,农林牧渔业在原始 Solow 余量检验中拒绝了无关性假设,而在基于成本的检验中不能拒绝无关性原假设,表明农林牧渔业可能存在垄断,但也可能是劳动投入的计量没有考虑到效率因素导致的,我们注意到考察期内我国农林牧渔业从业人数呈下降趋势,这很可能是农林牧渔业劳动效率的提高导致该行业多余劳动力向其他行业转移,而我们的核算并没有考虑到效率提高带来的效率工人数量的上升。交运邮电通信、采矿业和金融业在原始 Solow 余量和基于成本的 Solow 余量都拒绝了无关性假设,表明这 3 个行业可能存在规模报酬递增结合垄断。我国交运邮电通信、采矿业和金融业政府监管较强,并且前期固定投入大,规模报酬递增也正是这 3 个行业的技术特征,和我们的检验结果吻合。

以国际油价作为工具变量时,采矿业、交通邮电通信、批发零售住宿餐饮业在原始 Solow 模型和基于成本的 Solow 模型中都拒绝了无关性原假设,如前分析,我国采矿业、交运邮电通信业存在一定强度的垄断和规模收益递增,再次验证了结果。对于批发零售和住宿餐饮业的检验结果,有两种可能的原因,第一,批发零售和住宿餐饮业的确存一定程度的规模报酬递增特征,这导致了检验的失效;第二,数据也没考虑到由于行业内管理改善带来的劳动效率的上升,从而对实际劳动力的核算带来了偏差。

4 问题与展望

Solow 的无关性命题具有苛刻的前提条件:规模报酬不变,市场完全竞争,希克斯中性技术,然而在现实中往往不能得到满足。本文考察了导致 Solow 前提不满足的规模报酬递增和垄断方面的原因,其他原因如没有测量到的工人工作效率的提高,对产出、资本存量、资本租赁价格等的测量误差以及劳动力市场上存在的垄断等都会带来 Solow 余量检验的失败。对本研究来说,行业资本存量的测量带来的误差最大,国家统计局不公布国民经济各行业的资本存量数据,学者们目前的估算大部分也都集中在总量层次,对行业层次的细致估算结果仍较少。本文所采用的薛俊波、王铮的估算结果是根据历年年鉴中投入产出表,结

合历年固定资产投资额和折旧先套算出折旧率,然后用折旧额除以折旧率反推出各年的资本存量,这样估算存在的问题是投入产出表中的折旧额是根据资产的账面价值计算的,这样推算的折旧率不代表资本的经济折旧率,根据这种方式套算得到的资本存量可能会系统偏离真实的资本服务量,后续研究还需在获得更为真实可靠的资本存量的基础上展开。

参 考 文 献

- [1] Robert E. Hall. Invariance properties of Solow's productivity residual[J]. NBER Working Paper, 1989, 3034: 75-97.
- [2] Robert E. Hall Dale W. Jorgenson. Tax policy and investment behavior[J]. American Economics Review, 1967, 57: 391-414.
- [3] Robert M. Solow. Technical change and the aggregate production function[J]. Review of Economics and Statistics, 1957, 39: 312-320.
- [4] 任若恩, 孙琳琳. 我国行业层次 TFP 估计: 1981-2000[J]. 经济学, 2009, 8(3): 926-949.
- [5] 薛俊波, 王 铮. 中国 17 部门资本存量的核算研究[J]. 统计研究, 2007, 24(7): 50-54.
- [6] 黄勇峰, 任若恩, 刘晓生. 中国制造业资本存量永续盘存法估计[J]. 经济学, 2002, (2): 377-396.
- [7] 孙琳琳, 任若恩. 中国资本投入和全要素生产率的估算[J]. 世界经济, 2005, (12): 4-13.
- [8] 肖红叶, 郝 枫. 资本永续盘存法及其国内应用[J]. 财贸经济, 2005, (3): 55-62.
- [9] 林宇坤, 任若恩. 中国 1987 年至 2000 年劳动投入增长率的研究[J]. 北京航空航天大学学报(社会科学版), 2006, 18(2): 1-9.

INVARIANCE PROPERTIES ANALYSIS OF SOLOW'S PRODUCTIVITY RESIDUAL BASED ON INDUSTRIAL LEVEL DATA OF CHINA

XUE Ke-ming

(Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: We judge the invariance property of both original and cost-based Solow residual using industrial level data of China. The result shows that the two types of Solow residual has the same invariance property in a large part of the industries we concerned, which means most of the industries have no significant long-term monopolistic profits. But mining, quarrying, transport, storage, post & telecommunications, banking and insurance rejected the invariance hypothesis in both two types of Solow residuals, this could be a sign of increasing returns to scale coupled with monopoly power in those industries.

Key words: TFP; return to scale; monopoly; invariance

科技部高技术中心领导检查指导我校 863 计划项目进展情况

3 月 31 日下午,科技部高技术中心材料处处长史冬梅、张芳高工莅临我校,检查指导我校承担的国家高技术研究发展计划(863 计划)项目。副校长张美云代表学校对史冬梅一行到来表示热烈的欢迎,副校长马建中、科技处有关负责人陪同检查。

史冬梅在认真听取了张美云、马建中关于我校科学研究、新校区建设、人才培养等情况的简要介绍和项目负责人马建中对“环保型纳米涂料的合成及其在纺织/皮革中的应用研究(项目编号:2008 AA 03Z311)”项目进展情况的汇报后,进行了实地考察。在详细了解该项目的实施情况后,她对项目的研究进展予以充分肯定,并希望我校进一步凝练前沿科学问题,集中优势力量,不断加快科技成果转化步伐,在该领域能够进行更多的项目申报。

史冬梅一行还参观了我校校史馆,资源与环境学院、材料科学与工程学院的特色展室。

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0175-04

粗糙集理论在高考信息系统中的应用研究

王路芳¹, 郭金玲²

(1. 山西财经大学实验教学中心, 山西 太原 030006; 2. 山西大学信息工程系, 山西 太原 030031)

摘要: 提出了将数据挖掘技术中的粗糙集方法应用于高考信息系统中的实施方案. 应用粗糙集理论对山西省某高中部分学生的 2009 年高考英语成绩进行了分析, 找出了对学生总体成绩影响最重要的因素, 以便为外语教师改变教学方式和方法、提高整体教学质量方面提供依据. 该方法还可以推广到不同考试科目的高考成绩中进行分析, 从而为进一步完善高考成绩管理系统提供技术支持.

关键词: 数据挖掘; 高考信息系统; 粗糙集; 决策

中图法分类号: TP18 **文献标识码:** A

0 前言

目前,我国每年参加高考的人数越来越多. 据教育部统计,2009 年全国普通高校招生报名人数约比 2008 年增加了 60 万名,高考信息系统也愈加庞大,其包括了各种子系统和各类数据库,如成绩管理、招生管理等,积累了大量的数据. 在教育考试领域,随着计算机的普及与发展,越来越多的考试信息使用了计算机进行处理和存放,大大减少了手工处理的工序,减少了存储的空间,提高了存储的安全和便捷性. 但是管理人员只能通过简单的统计或排序等功能获得表面的信息,由于缺乏信息意识和技术,隐藏在这些大量数据中的信息一直没有得到应用. 如何对这些数据进行重新利用,将现有的管理数据转化为可供使用的知识,提高高中教育管理水平和办学质量,是很多教育部门正在考虑的问题.

1 粗糙集理论在高考信息系统中的应用

1.1 粗糙集理论

粗糙集理论是针对不确定性问题提出的^[1,2],它的特点是不需要预先给定某些特征或属性的数量描述,如统计学中的概率分布,模糊集理论中的隶属函数或隶属度等,而是直接从给定问题的描述集合出发,通过不可分辨关系和不可分辨类确定给定问题的近似域,从而找出该问题的内在规律. 其基本思想^[3-5]是将数据库中的属性分为条件属性和决策属性,对数据库中的元组根据各个属性的不同的属性值分成相应的子集,然后对条件属性划分的子集与结论属性划分的子集的上下近似关系生成判定规则.

采用粗糙集理论作为知识发现的工具具有很多优点^[6]. 首先,粗糙集理论提供了一套数学方法来从数学上严格的处理数据分类问题,尤其是当数据具有噪音、不完全性或不精确性时;其次,粗糙集仅仅分析隐藏在数据中的事实,并没有校正数据中所表现的不一致性,而是一般将所生成的规则分为确定与可能的规则;第三,粗糙集理论包括了知识的一种形式模型,这种模型将知识定义为不可区分关系的一个集族,就使得知识具有了一种清晰的定义的数学意义,并且可以使用数学方法来分析处理;第四,粗糙集运算可以进行并行运算,适合大规模数据库知识发现的需要;最后,粗糙集不需要关于数据的任何附加信息.

* 收稿日期:2010-12-24
作者简介:王路芳(1978—),女,山西省黎城县人,讲师,硕士,研究方向:人工智能

针对以上高考信息系统数据管理过程中的不足,本文将粗糙集理论应用到该系统的数据管理当中^[7],找出影响考生成绩潜在的因素^[8,9],以加强高中教学科学化、规范化管理,提高教学质量和效果^[10].

表 1 修正数据表

考号	听力	阅读	选择	词汇	作文	成绩
01	1	1	1	2	1	1
02	2	2	1	2	2	3
03	2	2	1	1	2	3
04	2	2	1	1	2	4
05	1	2	1	2	2	3
06	1	2	1	1	2	2
07	1	2	1	2	2	3
08	2	2	1	2	1	3
09	2	2	1	2	2	4
10	1	2	1	2	2	3
11	1	2	1	1	2	3
12	1	1	1	2	2	2
13	2	2	1	2	2	5
14	1	1	2	2	1	2
15	1	1	2	1	1	3
16	3	2	2	2	2	4
17	2	2	2	2	2	4
18	1	1	1	2	1	2
19	1	2	1	1	2	4
20	1	2	1	2	2	3
21	2	2	1	1	2	3
22	3	2	1	2	2	5
23	3	1	1	1	2	4
24	3	2	2	1	2	5
25	2	2	2	2	2	3
26	3	2	2	3	2	5
27	3	2	2	2	2	5
28	2	1	2	2	2	4
29	2	2	2	2	2	3
30	2	1	2	1	2	3
31	3	3	3	3	3	5

1.2 应用粗糙集理论进行考生成绩分析

利用粗糙集理论中的属性重要性分析方法对山西省 2009 年高考某高中班学生的英语成绩进行分析. 实验数据集来自高考信息系统中的成绩数据库,具体见图 1. 对这张成绩表进行数据预处理,即采用离散归一化方法把每个大题得分分成 3 段(排序后从高到低按 30% (优良),40% (中等),30% (中等以下)分别用 1,2,3 表示,得表 1.

设 C 表示条件属性集合,由 u, v, a, r, t 构成,它们分别表示听力、阅读、选择、词汇和作文各条件属性; D 表示决策属性,即总成绩. 我们将决策属性值取 5 个值,把全体同学分成 5 大类,第一类为优秀的同学(125 分以上),第二类为良好的同学(112~124),第三类为中等的同学(97~111),第四类为及格的同学(90~96),第五类为不及格同学(90 分以下),分别取值为 1,2,3,4 和 5,这样 $C = \{u, v, a, r, t\}, D = \{1, 2, 3, 4, 5\}$. 本实验的目的是分析出条件属性中哪些属性最大程度地改变了决策属性和分类,以此来确定哪些条件属性最重要. 为了找出某些属性的重要性,我们的方法是从表中去掉一个属性,再来考察没有该属性后决策分类会发生怎样变化. 若去掉该属性,导致分类变化大,则说明该属性

的强度大,反之说明该属性的强度小,即重要性小. 为方便起见,括号中的数字代表同学的考号,按照各属

考号	听力	阅读	选择	词汇	作文	总成绩
1	22	57	18	11	19	127
2	19	42	19	9	15	103
3	15	39	19	14	15	102
4	13	36	16	12	14	93
5	24	42	16	9	15	106
6	27	42	19	12	15	115
7	22	39	18	11	16	106
8	19	39	20	9	16	105
9	15	33	18	11	13	90
10	17	36	18	7	12	100
11	25	30	17	12	15	99
12	24	45	18	11	16	114
13	21	27	16	12	12	85
14	27	51	12	9	16	117
15	25	45	11	12	18	111
16	9	42	15	11	15	92
17	18	39	13	8	16	94
18	22	57	18	9	18	124
19	24	33	18	5	12	92
20	25	39	16	8	10	98
21	19	36	18	12	14	99
22	8	30	16	9	9	75
23	12	45	16	12	11	96
24	10	30	14	13	11	78
25	21	39	15	11	12	98
26	9	21	13	5	15	63
27	22	33	12	6	9	82
28	15	48	11	9	12	95
29	16	42	15	11	14	100
30	24	45	15	12	13	109
31	0	0	0	0	0	0

图 1 高考成绩数据库中某高中班学生的英语成绩

性进行分类,按 D 即 $\{1,2,3,4,5\}$ 分类如下:记 $POSc(D)$ 为 D 的 C 正域, $(D)_c\gamma = POSc(D)/|U|$, U 为论域.

(1)总分类. $U/D = \{\{1\}, \{6,12,18,14\}, \{2,3,5,7,8,10,11,15,20,21\}, \{4,9,16,17,19,23,28\}, \{13,22,24,26,27,31\}\}$

共 5 大类即优、良、中、及格和不及格.

按 C 即 $C = \{u, v, a, r, t\}$ 分类如下:

$U/C = \{\{1,18\}, \{2,9,13\}, \{3,4,21\}, \{5,7,10,20\}, \{6,11,19\}, \{8\}, \{12\}, \{14\}, \{15\}, \{27,16\}, \{17,25,29\}, \{22\}, \{23\}, \{24\}, \{26\}, \{28\}, \{30\}, \{31\}\}$

$POSc(D) = \{\{5,7,10,20\}, \{8\}, \{12\}, \{14\}, \{15\}, \{22\}, \{23\}, \{24\}, \{26\}, \{28\}, \{30\}, \{31\}\}$

$\gamma_c(D) = 12/31$

(2)按 $C - \{u\}$ 即 $\{v, a, r, t\}$ 分类如下: $U/C - \{u\} = \{\{1,18\}, \{2,5,7,20,22,9,10,13\}, \{3,4,6,11,19,21\}, \{8\}, \{12\}, \{14\}, \{15\}, \{16,17,25,27,2,9\}, \{23\}, \{24\}, \{26\}, \{28\}, \{30\}, \{31\}\}$

$POSc - \{u\}(D) = \{\{8\}, \{12\}, \{14\}, \{15\}, \{23\}, \{24\}, \{26\}, \{28\}, \{30\}, \{31\}\}$

$\gamma_c - \{u\}(D) = 10/31$, 属性 $u \in C$ 关于 D 的重要性为: $\sigma_{CD}(u) = \gamma_c(D) - \gamma_c - \{u\}(D) = 12/31 - 10/31 = 2/31$

(3)按 $C - \{v\}$ 即 $\{u, a, r, t\}$ 分类如下: $U/C - \{v\} = \{\{1,18\}, \{2,9,13\}, \{3,4,21\}, \{5,7,10,12,20\}, \{6,11,19\}, \{8\}, \{14\}, \{15\}, \{16,27\}, \{17,25,28,29\}, \{22\}, \{23\}, \{24\}, \{26\}, \{30\}, \{31\}\}$

$POSc - \{v\}(D) = \{\{8\}, \{14\}, \{15\}, \{22\}, \{23\}, \{24\}, \{26\}, \{30\}, \{31\}\}$

$\gamma_c - \{v\}(D) = 9/31$, 属性 $v \in C$ 关于 D 的重要性为:

$\sigma_{CD}(v) = \gamma_c(D) - \gamma_c - \{v\}(D) = 12/31 - 9/31 = 3/31$

(4)按 $C - \{a\}$ 即 $\{u, v, r, t\}$ 分类如下:

$U/C - \{a\} = \{\{1,14,18\}, \{2,9,13,17,25,29\}, \{3,4,21\}, \{5,7,10,20\}, \{6,11,19\}, \{8\}, \{12\}, \{15\}, \{16,22,27\}, \{23\}, \{24\}, \{26\}, \{28\}, \{30\}, \{31\}\}$

$POSc - \{a\}(D) = \{\{5,7,10,20\}, \{8\}, \{12\}, \{15\}, \{23\}, \{24\}, \{26\}, \{28\}, \{30\}, \{31\}\}$

$\gamma_c - \{a\}(D) = 10/31$, 属性 $a \in C$ 关于 D 的重要性为:

$\sigma_{CD}(u) = \gamma_c(D) - \gamma_c - \{a\}(D) = 12/31 - 10/31 = 2/31$

(5)按 $C - \{r\}$ 即 $\{u, v, a, t\}$ 分类如下:

$U/C - \{r\} = \{\{1,18\}, \{2,3,4,9,13,21\}, \{5,6,7,10,11,19\}, \{8\}, \{12\}, \{14,15\}, \{16,24,26,27\}, \{17,25,29\}, \{20\}, \{22\}, \{23\}, \{28,30\}, \{31\}\}$

$POSc - \{r\}(D) = \{\{8\}, \{12\}, \{20\}, \{22\}, \{23\}, \{31\}\}$

$\gamma_c - \{r\}(D) = 6/31$, 属性 $r \in C$ 关于 D 的重要性为:

$\sigma_{CD}(u) = \gamma_c(D) - \gamma_c - \{r\}(D) = 12/31 - 6/31 = 6/31$

(6)按 $C - \{t\}$ 即 $\{u, v, a, r\}$ 分类如下:

$U/C - \{t\} = \{\{1,2,3\}, \{4\}, \{5\}, \{6,7,8\}, \{9\}, \{10\}, \{11\}, \{12\}, \{13\}, \{14,15,16\}, \{17\}, \{18\}, \{19\}, \{20,21,22,23\}, \{24\}, \{25\}, \{26\}, \{27,28,29\}, \{30,31,32\}, \{33,34,35\}\}$

$POSc - \{t\}(D) = \{\{5,7,10,20\}, \{14\}, \{15\}, \{22\}, \{23\}, \{24\}, \{26\}, \{28\}, \{30\}, \{31\}\}$

$\gamma_c - \{t\}(D) = 10/31$, 属性 $t \in C$ 关于 D 的重要性为:

$\sigma_{CD}(u) = \gamma_c(D) - \gamma_c - \{t\}(D) = 12/31 - 10/31 = 2/31$

由此可见,相对而言“词汇”这一部分最大程度地改变了考试等级的分类.从整体来看,该高中在今后的英语教学中应该对学生提高学习词汇的要求.

3 结束语

利用粗糙集理论中的属性重要性分析方法,对学生英语考试成绩中的各个部分进行了分析.分析表明,“词汇”部分的得分高低,对该校学生整体高考成绩的影响最大.由于粗糙集理论是在没有任何先验假

设的情况下对数据进行分析,因此所得出的结论更符合实际情况.当然,我们给出的只是一个学校的例子,其结论一般情况下也只适合于该校学生,如果将此法用于对其它学校进行考生相关成绩的分析,则可能得出其它部分对整体成绩影响最重要的因素.利用粗糙集算法,借助于计算机,可以对于更大量的数据(有时称为海量数据)进行分析,从而可以进行更为全面和客观的预测与决策.在高考信息系统中,拥有许多重要的数据,利用粗糙集理论对这些数据进行处理和分析,分析的结果将会对高中教学提供大量有用的信息,从而促进教学质量的提高.

参 考 文 献

- [1] Ming Syan Chen, Jiawei Han, Philip S Yu. Data mining: an overview from a database perspective[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 1996, 8(6): 866-883.
- [2] 王国胤. Rough 集理论与知识获取[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2001: 115-131.
- [3] 石 红, 沈 毅, 刘志言, 等. 关于粗糙集理论及应用问题的研究[J]. 计算机工程, 2003, 29(3): 14-19.
- [4] 曾黄麟. 粗糙集理论及其应用(修订版)[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1998: 120-125, 176-189.
- [5] Miao Duoqian, Wang Jue. An information-based algorithm for reduction of knowledge[J]. IEEE ICIPS'97, 1997: 155-158.
- [6] [美] Han J. 数据挖掘: 概念和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 319-322.
- [7] 李 勇, 徐振宇, 张维明. Internet 个性化信息服务研究综述[J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(19): 187-189.
- [8] 符江东, 柏文阳, 蒋 明. 基于关键字的 Web 页面摘要生成技术[J]. 计算机应用研究, 2003, 20(2): 137-139.
- [9] 徐 洁. 基于 Java 平台 MVC 模式的流程企业分析检测数据管理系统[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(15): 215-217, 220.
- [10] 于晓慧. J2EE 架构下数据库访问的性能优化研究[J]. 计算机应用研究, 2005, 22(4): 90-92.

RESEARCH ON APPLICATION OF ROUGH SET IN ADMISSION INFORMATION SYSTEM

WANG Lu-fang¹, GUO Jing-ling²

(1. Modern Education Center, Shanxi University of Finance & Economics, Taiyuan 030006, China; 2. Department of Information Technology, Shanxi University, Taiyuan 030031, China)

Abstract: Proposes a scheme for data management about admission information system with rough set. It uses the rough set to analyze the grades. It finds the important factor which affects the admission English grades. If we find out it, we could change the foreign language teachers' teaching skills and enhance the quality of teaching. It also can be used in other subject examinations to perfect the admission grade management system.

Key words: data mining; admission information system; rough set; decision

中国检验检疫科学研究院首席专家储晓刚博士做客我校导师论坛

4月1日下午,中国检验检疫科学研究院首席专家、中国检验检疫科学研究院食品安全研究所所长储晓刚博士做客“导师论坛”,为我校师生作了题为《食品安全与现代分析技术》报告.储晓刚博士对食品安全的热点、难点、重点以及政府、老百姓关心的问题做了阐述,并根据国内食品安全的实际情况,分析了我国在食品安全方面的优、劣势以及解决问题的思路,并结合国内重大食品安全事件,介绍了其背后的技术支持和发展、我国现有的具有国际领先水平的最尖端的分析检测技术保障情况.储晓刚博士的报告风趣幽默、深入浅出、见解独到,深深吸引了与会的400报告最后,储博士还对在座师生提出的问题做了详尽的解答.

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0179-04

我国核电行业发展现状与前景

王 博

(上海交通大学安泰经济与管理学院, 上海 200030)

摘 要: 环境治理与能源紧缺,已经日益成为我国可持续发展的重大难题,亟待发展一种新的清洁能源.作者首先分析了我国核能发电的环保性与可行性,指出应该大力发展核电行业;其次介绍了我国核电行业的现状与问题,分析了问题存在的原因;最后在考察了核电行业的宏观因素、行业因素与行业链细分之后,尝试性地给出了一些结论与建议.

关键词: 核电行业; 敏感性分析; 比较分析; 情景分析

中图法分类号: F426 **文献标识码:** A

0 前 言

中国作为世界上第一大碳排放国、最大的发展中国家和第二大经济体,环境治理与能源紧缺的矛盾日趋突出,亟待发展一种新的清洁能源,以保证可持续发展.本文首先运用比较分析、敏感性分析研究了核能发电的环保性与可行性,指出应该大力发展核电行业;其次介绍了核电行业的现状与问题,分析了问题存在的原因,最后在考察核电行业自身的宏观因素、市场容量与经济性分析之后,尝试性地给出一些结论与建议.

1 核能发电的环保性与可行性分析

要解决环境治理与能源紧缺这两大难题,就需要开发这样一种能源:它首先是“环保”的,即对环境无害;同时又是“可行”的,即成本低廉,可以大规模商业化.核能发电正是这样一种兼具环保性与可行性的能源.

1.1 核能发电相对于传统能源的环保性分析

1.1.1 实现了碳的零排放

首先分析目前的核能发电方式:核裂变发电的原理方程式为

$${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \longrightarrow \text{X} + \text{Y} + * (2\sim 3)\text{n}$$

通过中子撞击铀-235的质子,生成两个较小的质子、能量和2~3个新的中子,继续撞击其他的铀-235质子,形成链式反应.从方程式可以看到,反应过程当中没有碳的产生,因此核能发电从根本上实现了碳的零排放,符合我国节碳减排的政策.

而传统能源在发电过程中会产生大量的碳,目前有两种方式解决碳排放问题,一是为碳排放定价,二是碳封存技术,均难以有效解决传统能源的环保缺陷.

(1) 碳排放定价.这是《京都议定书》的解决思路,从经济学角度解释为内化外部性,将碳排放纳入企业生产成本的一部分.引入市场机制之后,就能有效控制碳的排放,从而达到治理大气污染的目的.我们可

* 收稿日期:2011-01-22

作者简介:王 博(1985-),男,四川省绵阳市人,在读硕士生,研究方向:证券投资和公司治理

以通过反映碳排放的碳价来考量引入碳排放定价所导致的火电附加成本. 我们对中国的火电成本进行了敏感度分析, 由于现在中国还没有成熟的碳排放交易所, 我们使用欧洲 2008 年的数据, 假设碳价为 15~30 欧元/吨, 中国目前火电技术的碳排放量为 1.2 吨/兆瓦, 按 1:10 的欧元汇率计算, 结果如表 1 所示.

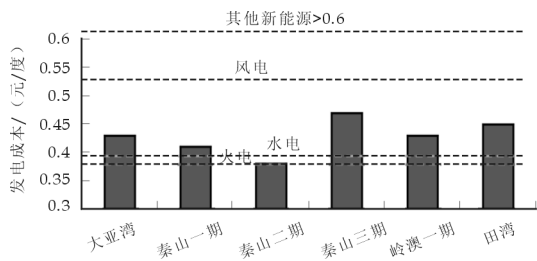


图 1 核电成本与其他发电方式成本比较

通过表 1 的分析可以知道, 现行火电成本约为 0.38 元/度, 引入碳排放定价可能提升火电成本 26%~126%, 大于目前的核电平均成本 0.45 元.

(2) 碳封存技术. 这项新技术在碳的产生、碳在发电厂管道内的扩散与最终碳的排放 3 个环节对碳进行捕捉. 然而以目前的技术而言, 碳封存技术的成本超过了 40 欧元/吨, 比目前的碳价成本更高.

1.1.2 环境污染很小

与人们的一般印象相反, 核电站的辐射是吃食物受到辐射的 1%(如表 2 所示), 并且由于核废料处理以掩埋为主, 体积小、密封措施严密, 对环境的污染很小. 而传统能源会产生大量的硫化物、氮化物等废弃物, 对环境的污染比较大.

1.2 核电相对于其他新能源的可行性分析

表 2 各种辐射程度比较

辐射来源	所受辐射程度, 豪希伏/年	辐射来源	所受辐射程度, 豪希伏/年
住在核电厂周围	约 0.000 2	每天吸 20 支烟	约 0.038~0.075
每天看 1 小时电视	约 0.001	一次 X 光检查	约 0.50~2.0
吃食物	约 0.02	我国高本底地区的天然辐照	3.70
宇宙射线	约 0.03	放射性工作者的职业剂量限值	50
大地和住房	约 0.05	世界最高本底地区的天然辐照	120

数据来源: 笔者整理.

吨石油完全燃烧时所释放出的能量. 而地球上已经探明的易开采的铀储量, 如果以现在比较高效的快中子堆加以利用的话, 所提供的能量将大大超过全球化石能源的储量的总和.

另一方面核能技术开发早, 目前已经成熟. 从 1946 年研制出原子弹以来, 对于核能的研究一直没有停止, 核电是是目前唯一已达商业应用水平的可再生能源, 如图 1 所示.

(2) 核能相对于其他新能源具有比较优势. 由表 3 分析可以清楚看到, 综合考虑地理要求、发电容量、

表 3 各种新能源比较

能源种类	地理位置要求	发电容量	电源是否稳定	运行小时数	是否达到商用阶段
核能	无	百万千瓦级	是	7 000	是
水能	需靠近水源, 并且对流速有要求	千万千瓦级	是	3 400	是
风能	需丰富的风能, 并且对风速有要求	最大 20 万千瓦	否	2 500	是
太阳能	对地形有要求	最大 1 万千瓦	否	2 000	有望几十年内达到
生物能	无	—	是	—	否

数据来源: 笔者整理.

(1) 核电发电效率

高, 技术成熟, 成本低廉. 一方面 1 吨铀-235 在裂变反应所释放的能量约等于 1 吨标准煤在化学反应中所放出能量的 240 万倍. 1 公斤铀全部裂变约相当于 2 500 吨煤或者 2 000

吨石油完全燃烧时所释放出的能量. 而地球上已经探明的易开采的铀储量, 如果以现在比较高效的快中子堆加以利用的话, 所提供的能量将大大超过全球化石能源的储量的总和. 另一方面核能技术开发早, 目前已经成熟. 从 1946 年研制出原子弹以来, 对于核能的研究一直没有停止, 核电是是目前唯一已达商业应用水平的可再生能源, 如图 1 所示. (2) 核能相对于其他新能源具有比较优势. 由表 3 分析可以清楚看到, 综合考虑地理要求、发电容量、电源稳定性、运行小时数(可持续性)、商用化程度这 5 个因素, 核能是最具优势的能源, 具备可在任何地形修建、发电容量大、电源稳定、运行小时数长、成本低廉

的优势,是适合大力发展的能源种类,特别适合在一些不具备可利用的风能、水能、太阳能的地区发展。

(3)结论.传统能源具有可行性却欠缺环保性;其他新能源具有环保性却比核电欠缺可行性.因此综合考虑,核电是我国目前唯一已达到商业应用水平的新能源,应该得到大力优先发展。

2 核电行业发展现状分析

2.1 核电行业发展现状

中国目前核电发电量占总发电量的 1.2%,超过 75%的电力来源还是火电,而世界平均核电发电量占总发电量为 14.2%,火电发电量约为 67%。

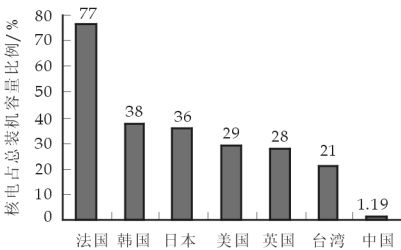


图 2 世界核电装机容量占总装机容量比例

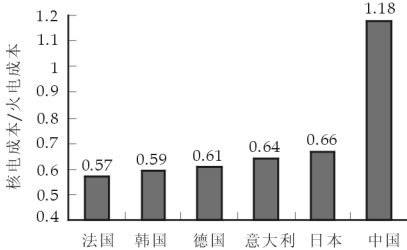


图 3 核电成本与火电成本的关系

- (1)机组数量.中国目前有 11 台核电机组,而全球正在运行的核电机组共有 441 台,核电机组已累计运行超过 1 万堆·年.前 5 名的国家依次是:美国 103 台、法国 59 台、日本 55 台、俄罗斯 31 台、英国 23 台。
- (2)装机容量.中国核电总装机容量为 885 万千瓦,占全国总装机容量 1.2%左右.而全球核电装机容量的平均水平为 17%,其中法国最高,高达 77%(图 2)。
- (3)核电成本.核电成本与火电成本比较,中国核电大约是火电成本的 1.18 倍,而国外核电成本普遍低于火电成本,其中法国最低为 0.57 倍,所以法国的核电装机容量特别高(图 3)。
- (4)核电机组设备国产化率.目前中国的核电机组设备国产化率平均约 45%,特别是一些关键的浇铸零件、泵、阀门等部件几乎全部进口.表 4 展示了我国 3 个不同时期核电站的设备国产化率情况。

2.2 我国核电行业存在的问题与分析

(1)中国的能源结构与世界平均水平相比,火电高约 8.3%,水电高约 4.4%,核电低约 13.2%。能源结构传统高污染性能源占比过大,与世界平均水平差距较大.从核电的机组数量、装机容量可以看出,我国核电行业 and 世界平均水平还存在相当大的差距,与核电发达国家差距悬殊。

表 4 3 个核反应堆建造成本与国产化率数据

项 目	开始建造时间	规模	建造成本 /亿美元	单位投资 /(美元/kW)	国产化率
大亚湾	1987	2×984 MW	44.0	2 236	完全进口设备
岭澳一期	1997	2×990 MW	36.4	1 838	30%
秦山二期	1998	2×642 MW	17.79	1 386	55%

数据来源:笔者整理。

- (2)中国核电成本较高.在图 3 核电成本与火电成本的比较当中,只有中国的核电成本大于火电成本,这与我我国核电站的建造成本、运营成本以及核电发电技术都有较大的关系.成本是目前制约该行业发展的瓶颈。
- (3)核电设备国产化率低.中国的核电设备随着制造时间的推移以及制造技术、经验的积累,已经从初期的全部进口进步到大约一半国产化,大大降低了核电站的建造成本,但一些关键的阀、泵、浇铸件等部件仍需要进口,国产化率仍处在低位。

3 我国核电行业的发展对策与前景

3.1 宏观对策与前景:核电发展正当其时,中国核电发展时机已经成熟

全球经过核电的高速发展时期与切尔诺贝利核电站泄漏事故后相当长一段时间的停滞时期之后,重

表 5 2015 年以前投运核电机组一览

预计投运	运营商	反应堆	类型	功率/万千瓦	预计投运	运营商	反应堆	类型	功率/万千瓦
2010	中广核	岭澳 3	PWR	108	2013	中广核	台山 1	PWR	170
2011	中核总	秦山 6	PWR	65	2013	华能	石岛湾	PWR	200
2011	中广核	岭澳 4	PWR	108	2013	中核总	方家山 1	PWR	100
2012	中核总	秦山 7	PWR	65	2014	中核总	三门 2	PWR	110
2012	中广核	红沿河 1	PWR	108	2014	中电投	海阳 1	PWR	110
2012	中广核	宁德 1	PWR	108	2014	中广核	宁德 3	PWR	108
2013	中核总	三门 1	PWR	110	2014	中广核	阳江 2	PWR	108
2013	中广核	宁德 2	PWR	108	2014	中广核	红沿河 3	PWR	108
2013	中广核	红沿河 2	PWR	108	2014	中核总	方家山 2	PWR	100
2013	中广核	阳江 1	PWR	108					

资料来源:世界核电组织.

电中长期发展规划(2005~2020)》,将核电发展战略由“适当发展”转变为“积极发展”,提出到 2020 年核电占总装机容量将达到 4 500 万千瓦,后进一步提至 6 500 万千瓦,占总装机容量 5%;发电量占总发电量 8%,这意味着装机容量 18.07%的年复合增长率,中国核电行业将进入高速发展时期(表 5).

3.2 行业对策与前景

核能发电每度电的成本包括建造投资费、燃料循环费及运行维护费,所不同的是核电站建造费用高,约为同规模的火电站的 1.5~2 倍,与此同时其燃料及运行费用大大低于火电站.因此,在成本构成中,核电站的建造费占 60%~70%,而火电站仅有 20%~30%,但由于燃料成本是长期起作用的因素,所以核电发展成熟的国家核电成本低于火电.因此核电设备国产化率的提高,不但能大大降低核电站的建造费用,而且可使我国摆脱在关键领域受制于人的情况,从而降低我国目前高企的核电成本.而从我国来看,随着我国设备的国产化率提高和规模效应的出现,核电成本会不断降低.根据推算,国产化率 50%时,核电成本较火电高约 10%;国产化率 70%时,核电成本已较火电略低(表 6).

3.3 行业细分对策与前景

核电设备制造前景广阔,核电运营利润率高.核电行业可以粗略分为核电设备制造与核电站运营两部分,下游电网暂不作讨论.

表 6 核电厂与火电站投运成本比较

	建造费 所占比例	燃料及运 行维护费
核电厂	60%~70%	~30%
燃煤电厂	20%~30%	60%~70%

资料来源:中信建投证券研究发展部.

从表 7 可以看出,国产设备在未来 10 年的市场容量在 2 025~3 544 亿元之间,核电设备制造业面对着数千亿的广阔市场

前景.而核电运营商则有政策倾斜和巨大的发展机会.核电站投运第一个 5 年、第二个 5 年和第三个 5 年分别可获得返还增值税的 75%,70%和 55%,同时核电享受与风电等新能源同样的优先上网政策.核电运营商的净利润率在 20%以上,远高于火电运营商,这也将吸引更多的企业投身到核电运营中来,如中电投、大唐和华能.不过目前核电运营还控制在国有垄断企业手中,未来是否市场化还存有疑问.

(下转第 196 页)

表 7 国产核电设备市场容量情景分析

	保守估计	正常估计	乐观估计
核电装机容量(万千瓦)	4 000	6 000	7 000
建设总投资(亿元)	6 000	7 500	10 500
设备投资(亿元)	2 700	3 400	4 725
国产设备市场容量(亿元)	2 025	2 500	3 544

关键假设:设备投资占建设总投资的 45%,设备投资中核岛:常规岛:辅助设备投资=60%:29%:11%,其中国产化率核岛:常规岛:辅助设备=70%:80%:90%.

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0183-06

REBUILD THE INDIRECT PURCHASER RULE OF U.S. ANTITRUST LAW

LIU Fei

(School of Management, Shaanxi University of Science & Technolotgy, Xi'an 710021, China)

Abstract: The indirect purchaser rule of the United States, which established four decades ago in *Illinois Brick v. Illinois*, has barred the actual victims of antitrust violation from obtaining standing to sue and receiving compensation. In this article, I will first provide an overview of the evolvement of indirect purchaser rule in the US and the proponents' consideration for this decision. This is followed by a thorough analysis from the opponents' sides of the debate. In section 3, provides an introduction and comparison of EU's rule on indirect purchaser claims. The conclusion of rebuilding U. S. indirect purchaser following the more reasonable approach of E. U. is reached in Section 4.

Key words: antitrust; indirect purchaser rule; *Illinois Brick*; direct compensation

CLC Number: D912.29

Document Code: A

1 Rebuild the Indirect Purchaser Rule of U. S. Antitrust Law

In June 1977, the United States Supreme Court decided *Illinois Brick Co. v. Illinois*, held that indirect purchasers are not “injured” within the meaning of § 4 of the Clayton Act in price-fixing cases and are not allowed to sue for antitrust injury under the federal statute. The so-called direct purchaser rule of *Illinois Brick* was clear and unequivocal, yet, after over four decades, the decision remains controversial. At the same time, many such indirect purchasers have been authorized to seek relief barred in federal court under analogous but more expansive state antitrust law. The Supreme Court specifically endorsed the dual-remedial system in *California v. ARC America Corp.*, in which it rejected the arguments that *Illinois Brick* effectively preempted states antitrust remedies. The EU, however, adopted a different approach with *Illinois Brick* in the US. Considering the feverous criticism about the current US scheme, EU's approach seems to be a favorable way.

2 Indirect Purchaser Rule of US

The indirect purchaser rule was established in the case of *Illinois Brick*, which deal with the problems associated with a multiparty supply chain for antitrust claims. *Illinois Brick* addressed the question of whether a plaintiff down the distribution line could claim that overcharges had been passed-on to the plaintiff, and the court held that indirect purchaser of goods and services form firms engaged in price fixing may not pursue antitrust actions for damages against those firms engaged in the price fixing. This case is critical to understanding how a rigid bar on indirect purchaser claims came about and why it has generated such a feverous debate concerning the rule.

2.1 *Illinois Brick*

In this case, the State of Illinois brought up the treble-damages action under § 4 of the Clayton Act, alleging that it had made purchases from contractors who were customers of price-fixing manufacturers of concrete blocks. The court once again faced the question whether the overcharged direct pur-

* 收稿日期:2010-12-16

作者简介:刘菲(1984—),女,陕西省潼关县人,助教,硕士,研究方向:经济法

chaser should be deemed for purpose of § 4 to have suffered the full injury from the overcharge, in a different context in which the indirect purchaser sought to recover the loss. A previous case *Hanover Shoe* has declined the defensive use of pass-on defense; the issue of *Illinois Brick* was whether the pass-on defense may be used offensively by an indirect purchaser plaintiff against an alleged violator.

The court adopted a rule of symmetry regarding the offensive use of pass-on, thereby denied the standing to the indirect purchasers barring them from maintaining treble damages actions. The majority took two steps reaching the conclusion. First, it concluded that whatever rule to be adapted to defendants must apply equally to plaintiffs. Indirect purchasers may not recover the overcharge whenever the antitrust defendant would be precluded from asserting the pass-on defense against a direct purchaser. Second, it reaffirmed the construction that the overcharged direct purchaser, and not others in the chain of manufacture or distribution, is the party injured in his business or property within the meaning of § 4 of Clayton Act.

The Court emphasized the danger of potential complexity in calculating pass-on damages and reasoned that whole new dimensions of complexity would be added to treble-damages suits, undermining their effectiveness, if the use of pass-on theories is allowed. The court also held that permitting offensive use of pass-on defense would create a serious risk of multiple liabilities for defendant, and overlapping recoveries would certainly result from the two lawsuits unless the indirect purchaser is unable to establish any pass-on.

In the final section of its opinion, the court conceded that § 4 of the Clayton Act has another purpose in addition to deterring violators and depriving them of the fruits of their illegality, it is also designed to compensate victims of antitrust violations for their injuries. However, the majority explained that *Hanover Shoe* did further the two goals, because the direct purchaser did absorb at least some and often most of the overcharge. Additionally, the court pointed out that deterrence would be served because it was irrelevant to whom damages are paid, so long as someone redresses the violation.

2.2 Considerations behind the *Illinois Brick* Decision

Proponents of *Illinois Brick* stand by Justice White's arguments for the majority, mainly on considerations upon the complexity of calculating pass-on damages and the achieve of optimal deterrence of antitrust law.

The *Illinois Brick* decision was based on the reasoning that apportioning damages along multiple levels of distribution chains would entail an excessively complex analysis, and it is agreed that problems of such complexity associated with indirect purchaser suits are real, not imaginary. There are several layers of intermediaries between antitrust violators and ultimate purchasers, thus, as pointed out by some scholars, calculating damages to indirect purchasers can potentially be a very daunting task. Additionally, it is argued that calculating the pass-on rate to even one level of indirect purchasers can be extremely complex, and the task of determine both demand elasticity and supply elasticity is more difficult.

The supposition of *Illinois Brick* court that deterrence may be best accomplished by assigning full right to recovery to direct purchasers and duplicative recovery is unacceptable is also consented and supported at length by Landes and Posner. First of all, they contend that the direct purchasers are in the best position to detect an antitrust violation, because they have direct and continuing business relationship with antitrust violators, thus have the greatest incentives to sue and the least difficulties to prove claims. Secondly, they argued that the *Illinois Brick* rule would lead to reduction of costly and overlapping efforts to identify overcharges, due to the reason that indirect purchasers confront much higher costs to detect overcharges because of the heavy investigations. Furthermore, they held that if benefits of antitrust litigation are diffused among different plaintiffs, individuals' incentives to sue would be significantly reduced, while incentives to "free ride" on the investment of others would likely increase significantly.

Additionally, some pointed out that procedural devices provided by the Judicial Panel for Multi-district Litigation and the Federal Rule of Civil Procedure to place all claimants and all defendants before

same trier of fact are not working well, because cases involving multi-district litigation may be transferred and consolidated only for pre-trial and are then returned to home district courts for trial. It is also evidence that direct purchasers do sue price-fixers and the robust enforcement activities by direct purchasers in the past decade may belie the contention that Illinois Brick has had a negative effect on deterrence^[1].

3 Opponents of Illinois Brick

3.1 Overruling Illinois Brick

The three pillars of the Court's analysis do not bear the weight of the result. As noted above, the main reasons provided by court in Illinois Brick to prohibit recovery of antitrust damages of downstream purchasers are: first, the prohibition may avoid the risk that defendants might have to pay multiple damages; second, direct purchasers are the most efficient enforcers of the antitrust laws; and third, pass-on damages through distribution lines are difficult to calculate. It was argued that the court's reasoning did not withstand scrutiny, especially in light of subsequent enforcement of state statutes permitting indirect purchaser to recover damages in state antitrust courts.

The Supreme Court, indeed, had effectively abandoned the justification of possible duplicative damages in its later decision. In ARC America, the court upheld state antitrust laws that might require defendants to pay damages under state law, no matter whether they would also be required to pay damages under federal antitrust law.

The rationale of efficient enforcement has been inapplicable to state Attorneys General who act in *parens patriae* cases on behalf of consumers. With the authority of pre-litigation investigation, the Attorneys General are equally capable as direct purchasers of pursuing antitrust recovery and enforcement^[2].

With the development of manipulation and econometric modeling, problem of allocating damages among direct and indirect purchasers still remains, however, is more manageable nowadays. Moreover, the Court has recognized that federal district courts are qualified to evaluate expert testimony since Illinois Brick.

3.2 Compensation

Antitrust systems are comprised of numerous components that combine and interact to produce varying measures of deterrence and compensation. Hanover Shoe and Illinois Brick, however, addressed the deterrent function and explicitly rejected the compensatory function. Thus, the essential difference between the majority and dissent in Illinois Brick was the primacy of deterrence over compensation. The dissent objected to a rule that gave no recourse to actual injured parties, while the majority held that standing rules must ensure the incentive of direct purchasers to enforce the antitrust laws.

As a threshold matter, it is no doubt that compensation of injured parties is the express congressional motivation underlying private antitrust enforcement and denying standing to injured parties is in plain conflict with the intended effect of the Clayton Act. In enacting the Clayton Act, Congress articulated its intention to ensure justice to every man ... and give the injured party ample damages for the wrong suffered.

The Illinois Brick rule, which barred the standing of indirect purchasers, is in clear tension with the principles of antitrust law. Precluding recourse to downstream purchasers renders that justice is not delivered "to every man," and the ability to pass on illegal overcharges by direct purchasers means that the ultimate harm falls only on the parties who have no recourse, and compensation goes to parties who experience little or no harm at all.

Besides, in considering the ability of a particular antitrust law to achieve compensation, the appropriate inquiry is not whether that particular law allows all damaged parties to recover damages, but which injured parties should be allowed to recover. State laws that permit recovery of indirect purchasers can only play a limited role in advancing the goal of compensation, because many indirect purchaser

cases are brought as class action and incentives of class action attorneys are considered to be not perfectly aligned with the members they present.

The confliction was also known by the Illinois Brick majority, and the court struck a calculated bargain by trading compensation for deterrence. Rise of multilayered supply chain complicates the task to pursue both compensation and deterrence. “The decision in Illinois Brick to sacrifice compensation for deterrence would be more justifiable if such a sacrifice were only occasional, but as multilevel supply chains become more the rule than the exception-and the exposure of indirect purchaser to pass-on antitrust injury grows accordingly-the indirect purchaser rule increasingly operates to determine compensation.”^[3]

3.3 Deterrence

Adoption of a treble damages remedy in the Clayton Act is designed to enhance the deterrent and punitive effect of private enforcement beyond mere compensation. In Illinois Brick, the court in favor of pursuit of deterrent effect of antitrust sanction even at the cost of abandonment of compensation for injured parties. Unfortunately, the Illinois Brick rule has not achieved the goal it aimed at.

One critique is that direct purchasers may risk their business relationship by suing their suppliers, making direct purchasers less likely to bring antitrust suits than downstream purchasers. Herbert Hovenkamp addressed the Microsoft antitrust litigation as an illustration in which direct purchasers chose to pass-on injury to end consumers to avoid bringing suit against a powerful supplier. Some scholars argued that the indirect purchaser rule not only fails to deter antitrust violation, but also encourages additional antitrust violations. Antitrust violators may manipulate the incentives of indirect purchasers, who are the only parties that have standing to sue, by means of shared rents between illegal cartels and indirect purchasers without explicitly including direct purchasers into an illegal conspiracy^[4].

3.4 Complexity

In Illinois Brick, one of the main reasons for barring standing of downstream purchasers is that apportioning damages along the increasingly complicated distribution chain would invoke an excessively complex analysis. Is was this consideration of complexity that compelled the court to sustain the rule against recovery of indirect purchasers, as well as the concern that additional complexity would increase the risk of “duplicative recoveries”.

It was argued that the court overstated the difficulty of calculating the pass-on overcharge in indirect purchaser suits. Harris and Sullivan delivered their contention two years after Illinois Brick and argued that calculating pass-on overcharge is usually not difficult because direct purchasers typically pass-on all or substantial part of the overcharge to indirect purchasers. They contend that the combination of the inelastic demand curve for a good subject and the elastic supply curve of retailers with relatively constant marginal costs lead to high pass-through rates. Besides, although “adjudication to trace a particular overcharge down its particular chain is a daunting one,” the task in many cases might be simplified by applying institutional assumptions and theoretical analysis. Moreover, indirect purchaser suits have been permitted in state courts under Illinois Brick repealer statutes and have been handled well. Federal courts should as well be able to do a good job calculating the pass-on damages.

3.5 Problems of combination of federal and state laws

Complexity of antitrust litigation has been substantially increased by introduction of Illinois Brick rule and is considered far above whatever may be caused by calculating pass-on overcharges. Illinois Brick repealer statutes in states have enabled indirect purchasers to pursue recoveries that are barred in federal courts, thus creating a situation of parallel antitrust litigation in federal and states levels. The parallel actions in both levels proceed with legal confusion over issues of jurisdiction and preemption, force defendants to multiple and simultaneous litigations, and force state courts to entertain duplicative suits.

Another problem incurred by the combination of federal level and varying laws at state level is the creation of ambiguity and arbitrariness of the outcome of antitrust litigation, for the reason that anti-

trust penalties are determined by the states in which a defendant operates and a variety of factors downstream from the distribution level in which the defendant competes. It is accepted that a rational system of private enforcement should be one that does not vary by the type of violation, jurisdiction or the nature of plaintiffs and that defendants engaged in obvious anticompetitive activities should face generally same level of exposure. Defendants operating in states with no Illinois Brick repealer statute and in which state law has not been found to allow for indirect purchaser suits face lower antitrust penalties than defendants operating in states which allow for indirect purchaser suits. Thus, it may be easily explained that defendants of substantially similar or basically identical situations may receive dramatically different judgment and penalties.

Moreover, it is concerned that the situation of both federal and state indirect purchaser laws gives rise to possibility of imposing penalties exceeding treble damages. The Illinois Brick decision prohibiting indirect purchaser suits was raised due to the desire of the Court to prevent duplicative damage claims that will result in over-deterrence. The current divided remedial system, however, has led to the odd combination of over-deterrence and under-compensation. Besides, the cost of the divided system is significant both for litigating parties and for the public, especially in times of robust enforcement, which tend to generate more private “follow on” litigation^[5].

4 EU's Approach for Indirect Purchaser

There are different approaches to the issue of indirect purchaser suits developing across the EU. The end result of the divergence is a complex web of multiple proceedings with great potential for duplicative recovery.

Laws regarding standing of claimant to bring suit are much narrower in some member states of the EU, such as Germany and Italy, for that they ask for the injured party to be directly targeted by an anti-trust violator in order to seek compensation. While in other European jurisdictions, such as England, an individual may have standing where (1) a violator did not have any knowledge of his violation but merely engaged in it by charging a price created under an illegal cartel scheme by its parent corporation, and (2) there was no actual purchase by the plaintiff from his violator. Such differences in standing requirements are liable to breed “forum shopping” among the member states; a trial quite uncharacteristic of an efficient legal arena.

The procedural rules of some member states in the EU, such as Italy, Sweden and France, provide that a plaintiff to meet a strict causation requirement with regard to the defendant's actions and the injury sustained in a competition law case. The procedural laws of these member states may be said to resemble the indirect purchaser rules of U. S. , for the reason that it is unattainable for indirect purchasers to meet the requirement^[6].

In December 2005, the Commission published a Green Paper setting out the possible obstacles to successful private actions for damages and identified a number of remedial options in relation to each obstacle for consultation, opening a debate on a number of key issues including whether pass-on defense should be permitted. Within the EU, the solution to the balancing of fairness and efficiency applied by U. S. 's Supreme Court is unlikely to be replicated. As claimed by Commissioner Kroes that a private enforcement system which disables or even discourages final consumers from bringing actions for damages is unacceptable.

The Commission recognized that the passing-on defense substantially increases the complexity of damages claims as the exact distribution of damages along the supply chain could be exceedingly difficult to prove. The Option 23 in the Green Paper calls for the complete exclusion of the pass-on defense. On the other hand, Option 24 calls for a two-step procedure, in which the infringer can be sued by any victim, and in a second step, the overcharge is distributed between all the parties. Thus, Option 24 seems to be the solution to the indirect purchaser problem of the possibility to bolster a great deterrent for parties to engage in antitrust violations.

The Green Paper raised question on the difficult issues of the standing of indirect purchasers and usage of pass-on defense that addressed the conflict between achievement of compensation and deterrence. The judgment of ECJ suggested that all those who suffer loss because of antitrust violation should be able to pursue recovery, and the position is supported by the majority of European governments and competition authorities in their comments on the Green Paper.

The Commission published a White Paper on April 3, 2008 setting out proposals to improve the effectiveness of private actions. The White Paper proposed that defendants should be entitled to invoke the pass-on defense against a claim for compensation. To alleviate the burden of proof on indirect purchasers the White Paper suggested that they should be able to rely on the rebuttable presumption that the illegal overcharges was passed on to them in its entirety.

5 Conclusion

Due to the pass-on effect, indirect purchasers, those who purchase goods from middle-dealers and retailer, are the actual victims injured by price fixing and other antitrust violations. Any overcharge will be easily passed-through by middle-dealers and retailers. However, because of the indirect purchaser rule, established four decades ago in Illinois Brick v. Illinois, consumers and other indirect are unable to sue and get compensation. After reviewing the development of this doctrine, identifying the significant criticisms against it, and discussing the functional approach taken by the European Union, we can safely reach the conclusion that the indirect purchase rule of U. S. should be rebuilt in the step of the way of E. U.

References

- [1] Edward D. Cavanagh. The Illinois Brick Dilemma: Is there a Legislative Solution[J]. Albany Law Review, 2008, 48:294-307.
- [2] Edward D. Cavanagh, Illinois Brick. A Look Back and a Look Ahead[J]. Loyola Consumer Law Review, 2004, 27:43-49.
- [3] Christopher R. Murray. Rebuilding Illinois Brick: Afunctionalist Approach to the Indirect Purchaser Rule[J]. Southern California Law Review, 2007, 81:91.
- [4] Maarthe Pieter Schinkel, Jan Tuinstra & Jakob Ruggeberg. Illinois Walls: How Barring Indirect Purchaser Suits Facilitates Collusion[J]. The RAND Journal of Economics, 2008, 39:683.
- [5] Andrew I. Gavil. Antitrust Remedy Wars Episode I: Illinois Bric from Inside the Supreme Court[J]. St. John's Law Review, 2005, 79:568-571.
- [6] Donncahd Woods. Private Enforcement of Antitrust Rules-Modernization of the EU Rules and the Road Ahead[J]. Loyola Consumer Law Review, 2004, 16:431-449.

重建美国反垄断法间接购买者规则

刘 菲

(陕西科技大学管理学院, 陕西 西安 710021)

摘 要: 美国反垄断法中的间接购买者规则确立于 20 世纪 70 年代著名的伊利诺斯砖块案。依照该原则, 垄断行为的最终受害者没有提起反垄断诉讼的主体资格, 并因此丧失了获得赔偿的权利。作者首先以伊利诺斯砖块案为切入点, 介绍了美国反垄断法间接购买者规则的内容, 以及确立该规则时的考虑因素和希望达到的效果, 其次针对支持者的观点, 从多个角度详细阐述了反对者对该规则的批评, 最后介绍了欧盟在间接购买者诉讼上的现状和发展。综合分析后得出结论, 美国应在欧盟做法的基础上重建其间接购买者规则。

关键词: 反垄断法; 间接购买者规则; 伊利诺斯砖块案; 直接诉讼

中图法分类号: D912.29

文献标识码: A

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0189-03

农村电子商务存在的问题与模式创新

李海平¹, 刘伟玲²

(1. 陕西工业职业技术学院物流管理学院, 陕西 咸阳 712000; 2. 陕西科技大学管理学院, 陕西 西安 710021)

摘 要:在以工业和服务业为代表的中国城市电子商务快速发展的同时,中国农村电子商务的发展却步履维艰. 作者分析了电子商务在我国新农村建设中的作用,基于农业电子商务面临的挑战,提出了 F to C to B 的农业电子商务发展模式,以期促进我国农村电子商务的发展.

关键词:电子商务; 农村电子商务; 模式创新
中图法分类号:F724.6 **文献标识码:**A

0 引 言

近年来中国电子商务的发展如火如荼. 截止 2008 年底中国网民人数达 3.38 亿,其中手机网民达到了 1.53 亿. 淘宝网 2008 年全年的交易额为 999.6 亿元人民币,而仅 2009 年上半年就达到了 809 亿元人民币,这些都说明中国电子商务的发展存在巨大的市场驱动力和市场潜力. 但是农村电子商务在中国的发展却受到了很大的制约,电子商务在中国的城市和农村出现了“冰火两重天”的局面.

1 电子商务在新农村建设中的作用

农业电子商务包括农业生产的管理、农产品的网络营销、电子支付、物流管理以及客户关系管理、劳动力输出服务、农业技术支持、医疗卫生服务、娱乐服务等内容,其可以发挥的作用如下:

(1)可以解决农村的信息鸿沟问题. 我国目前的农业生产基本是以家庭为单位的小规模生产,农业生产者之间基本上不存在信息交流,农户往往凭借自己往年的价格经验来选择生产项目,确定生产规模,而导致农业生产安排被动,影响了农业生产整体的稳定性和农民的积极性. 电子商务可以将农业生产的产前、产中、产后诸环节有机地结合起来,解决农业生产与市场信息不对称的问题,使农业生产者能够及时了解市场信息,根据市场需求情况合理组织生产,避免因产量造成的价格巨大波动,降低农业生产风险.

(2)可以解决农产品流通不畅的问题. 我国农产品流通体系目前存在的问题有:产品流通不正常,功能不完善,不能起到有效引导和组织生产的作用. 农民虽然在多方面努力地去适应市场的需要,但在销售方面显然与市场经济的要求相去甚远,不能主动地选择最有利的市场去销售,而是被动地等待市场的选择. 电子商务的发展无疑为解决农业发展中农产品的流通问题提供了广阔的空间,利用电子商务技术改造传统经济下的流通过程,形成由信息流、资金流、物流、商流组成的并以信息流为核心的全新的流通过程,推动社会主义新农村的建设与发展.

(3)可以促进农村剩余劳动力的高效就业. 当前我国农村劳动力供给存在不连续性的特征,尤其是随着近几年农产品价格的上涨,很多农民开始回到农村重新从事农业生产. 电子商务将有利于农村劳动力供求信息的及时反映,进而为农村劳动力的有序流动创造条件,增加农村劳动力的就业机会,实现高效就业.

(4)可以提供农业技术支持和辅导. 中国农业的分散经营模式给农业技术支持和辅导工作带来了很大

* 收稿日期:2011-01-06
作者简介:李海平(1977—),男,陕西省合阳县人,助教,硕士,研究方向:物流管理与电子商务
基金项目:陕西省教育科学“十一五”规划课题(编号 SGH10326)

的难度,而缺乏技术支持和服务的农业生产往往消耗了大量的生产资料,且质量不高,收益很少.另外由于不能及时获取农业灾害的预警信息而无法提前采取防范措施,农业生产往往会遭受惨重损失,而且灾后不能及时采取补救措施,损失更不能得到有效弥补.利用电子商务辅之以技术人员的指导,有可能建立相应的技术服务网络体系,以快捷、有效的方式对农户进行技术和信息服务,提高农户对农用技术掌握和运用的程度,使农业生产得到全过程的监控和指导,提高科技在农业生产中的作用.

此外,电子商务还能给农村文化输入新鲜血液,带来创新的元素,开拓农民视野,缩小农村和城市的文化消费差距,这些都有助于新农村建设内涵的实现.

2 我国农村电子商务发展中存在的问题

(1)认识不到位.长期以来,由于我国农村人口多、基础差、底子薄,农村教育相对落后,造成了农民文化素质偏低,特别是农村干部对计算机网络知识缺乏基本的认识,加上传统观念的束缚,对电子商务缺乏足够的信心,对网络经济的作用认识不清,这是农村电子商务发展缓慢的重要原因.然而在信息经济时代,谁掌握了信息,谁就将处于竞争的有利位置,认识落后者将会被市场无情淘汰.因此,必须加强这方面的教育和引导,使农村干部改变传统观念,树立网上营销与消费的新观念.

(2)基础设施落后.近年来,我国城市建设占据了国家建设的大量资金,在信息化建设方面也是如此,而农村资金投入不足,基础设施落后.农村现有的网络通信设施难以适应高速发展的电子商务的要求,虽建立了一些大型数据库,但真正可以投入运行的并不多.而完备、高效的基础设施和通信设施是电子商务迅速发展与安全保障的前提.在电子商务软件设施方面,由于农村社会经济和文化环境的限制,一些懂得电子商务技术和电子商务管理的人员不愿意到农村去,农村本身培养电子商务人员又没有现实的可能,使得农村电子商务人才严重缺乏,影响了农村电子商务的快速、健康发展.

另一方面,农产品及其消费特征不利于电子商务的开展.农产品的生产对自然条件和资源的依赖性非常强,种植、培育周期长,储存条件要求高,运输成本也较高.此外,农产品同质化现象比较明显,没有像工业产品那样多的品牌和差异可供消费者选择,而这些都不利于电子商务优势的实现.农产品生产端到消费端路线较长,农户很难了解消费者的偏好,不得不借助中介的力量间接掌握消费者需求信息,这就决定了农业电子商务需要有组织的第三方加入.

(3)上网的农民用户少.中国互联网络信息中心调查数据显示,截止 2009 年 6 月底,我国农村网民规模达到了 9 565 万人,较 2008 年底增长了 1 105 万人,增幅 13.1%,虽然增幅较大,但是城乡之间网民数量及普及率差异巨大,农村网民仅占相应农村人口的 2.6%,不到全国平均水平的 1/3.我国农村网民数量只是城市网民数量的 1/5,而农村网民普及率仅是城市网民普及率的 1/6,而且农村网民中绝大部分是农业管理与技术人员,真正上网的农民非常少.由于农民整体素质低,上网农民少,使得广大农民不能从信息时代的主干渠道获取信息,信息获取还停留在传统的电视、广播方式上.

(4)单个农户无法享受电子商务带来的资金及时结算的好处.城市的网上银行、电子银行、电话银行在农村很难施展拳脚,农户还是依靠邮政储蓄、信用社等金融机构实现资金的结算,资金无法实现实时到账,转帐也不方便.虽然农村手机用户比例非常高,但是要在农村推行城市可以实现的移动商务、移动支付还有很多实际困难.

(5)农村电子商务人才稀缺,电子商务意识淡薄.从事农业生产的劳动者受教育程度普遍较低,对新鲜事物的接受和理解能力有限,基本不具备电子商务操作能力.在农村具有一定创新精神和电脑操作能力的年轻人往往选择外出打工而不愿呆在农村从事农业生产.大学和职业院校的电子商务人才又不愿意到农村去,使得农业电子商务人才严重缺乏,影响了农业电子商务的发展和应用.

3 新农村建设中农业电子商务模式的创新

通过以上分析我们可以清楚地看到:农产品的销售不能用淘宝的 C to C 模式解决供需矛盾,而由龙头企业、农业协会、合作社来搭建 B to C 平台也不符合农产品的流通规律,因为相比发达国家的大规模、产业化农业生产,中国农业以分散经营、家庭作业为主,大部分农产品还需要经过深加工才能流入千万消费者手中.鉴此,我们只能选择 C to B 作为主要的模式.

但是农业电子商务主体为分散的没有组织的农户,而农业企业非常少,所以不能照搬城市的电子商务运作模式,需要创新和改进,从而更加适用于农村,在此我们将 C to B 模式改进为 F to C to B 模式.

F 即 Famer,为农民;C 即 Cooperation,可以是农业协会、合作社;B 为农产品销售、流通和加工企业.对于分散的单个农户经营的现状,如果要争取到平等的经济地位就需要形成一个整体,有组织有谋略,而农村中的合作社能有效地解决这个问题.此模式模型如图 1 所示.

在生产环节,合作社根据市场需求组织农户统一进行生产,有时合作社接受需求企业的订单,从而根据订单安排生产,并提供技术支持,注重高质高效,尤其是近些年生态农业及其产品大受欢迎,单个生产较难控制农药用量和时机,而有组织有指导的生产使生态农业变成现实.在销售环节,合作社以整体的身份对外和农产品需求企业在网上进行洽谈、签订购销合同等.有一定经济能力和技术基础的合作社可以自建网站,以有特色的农产品为招牌吸引客户,同时可在中介平台上发布供给信息、查询需求信息或在网上进行洽谈,甚至直接出口农产品.

网上交易诚信和安全很重要,而认证中心则能提供较为安全的交易环境,故合作社和农产品需求企业都需要向第三方认证中心申请证书,在网上交易过程中互相辨别并认证对方身份,然后用证书中的密钥加密要传递的信息,保证商业信息的机密性.在物流环节,由合作社负责按照质量要求将农产品分拣、包装好,然后在网上寻找第三方物流公司完成送货服务.在支付环节,合作社可在县城的银行开立帐户并开通网上银行,每次交易后的货款由买方直接网上转帐即可.

4 结束语

农业电子商务不能照搬照抄工业和服务业的模式,而需积极探索和创新.虽然农业电子商务的发展面临严峻的挑战,但随着农业新型电子商务模式的出现和发展,电子商务将在农业生产和经营活动中得到更程度的应用,农业中的小生产和大市场之间的矛盾将得到很大程度的缓解,从而有利于农产品价值的顺利实现,有利于农村信息化建设和加快农村经济的发展,为我国新农村建设做出贡献.

参 考 文 献

[1] 岳云康. 对农村电子商务新模式发展的探讨[J]. 农业网络信息, 2008, 12: 87-89.
[2] 李异菲. 对我国农村电子商务发展的思考[J]. 云南农业大学学报(社会科学版), 2007, (2): 14-17.
[3] 陈 岩, 孙 国. 农村电子商务建设初探[J]. 现代经济信息, 2008, (5): 256-257.

PROBLEMS OF RURAL E-COMMERCE AND MODEL INNOVATION

LI Hai-ping¹, LIU Wei-ling²

(1. College of Physical Distribution Management, Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000, China; 2. School of Management, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: As the representative of industry and services in the Chinese city, E-commerce develops like a raging fire actually, but Chinese rural E-commerce appears development with difficulty. The author analyzes the E-commerce in China's role in new rural construction, proposes the model of F to C to B based on the challenge of rural E-commerce, hopes to promote the development of Chinese rural E-commerce

Key words: E-Commerce, rural E-Commerce, the Pattern of innovation

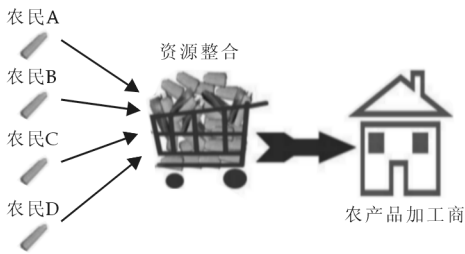


图 1 F to C to B 电子商务模式模型图

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0192-05

陕西科技大学影视动画系形象策划及衍生品开发

米高峰,冯 硕

(陕西科技大学设计与艺术学院,陕西 西安 710021)

摘 要:形象策划是融合了理念(Mind)、行为(Behavior)与视觉(visual)等元素的规划和管理,它将文化、精神元素融入标志等符号载体,建立起内在文化的外显形态,从而在传播中规范化、专业性与时代感地占据受众群。作者在陕西科技大学设计与艺术学院影视动画系的形象策划及衍生品开发过程中针对其代表性元素进行了提炼、加工,从视觉识别设计、视频规范包装、衍生品开发等方面展开了构思与实施,建立起了完整的形象识别系统,是一次具有积极意义的跨越性尝试。

关键词:影视动画系;形象策划;视频包装;衍生品开发

中图法分类号:J954 **文献标识码:**A

0 引 言

导入完善的视觉识别系统与开发生动的相关衍生实物,有助于企业形象的建立与传播,提高知名度。在当今信息大爆炸的时代,传播无处不在,企业进行整体形象策划,建立起完整的形象识别系统显得愈发重要且迫切。而在动漫产品日益受到人们喜爱与动漫产业呈现巨大商机的背景下,我国动漫后开发却明显不足,其相关的产业发展更是少之甚少,动漫衍生产品市场充斥着“舶来品”的卡通形象。

陕西科技大学设计与艺术学院影视动画系自创立以来,在教学与研究上取得了可喜的成绩,且原创作品在国内外赛事频频获奖,在西北乃至全国都具有了一定的影响力,并被确定为首批国家级特色专业建设点。尝试进行影视动画系的形象整体包装塑造和动漫衍生产品开发,对于传播本专业教学与管理理念、提高知名度、重塑形象及对商业发展是有积极意义的,具体做法是依托本专业多年来的办学积累,以优秀原创动漫作品为素材,结合西部地方特色展开整体形象的策划包装与衍生产品的设计开发。

1 形象策划构思阐述——Idea

形象,在《现代汉语词典》的解释是“能引起人的思想或感情活动的具体形状或姿态”。策划,意思是计划、打算。“策”最主要是指计谋;“划”指设计、工作计划、筹划、谋划。现代意义的“策划”可以理解为借助一定的信息素材达到特定的目的、目标而进行设计、策划,为具体的可操作性活动提供创意、思路、方法与对策。对影视动画系进行形象策划,即融合本系的代表性元素,设计包装一套独有的形象识别,通过识别形象设计与认知推广传播的过程,对公众建立起“陕科动画”品牌的知名度与美誉度。动画专业是一个前沿的新兴学科,因此形象策划要着力突出其现代感、时尚性与亲和力。

陕西科技大学设计与艺术学院影视动画系于2002年开始正式招生,是国内西部地区最早开办动画专业的院校之一。自开办以来,动画专业不断探索与进取,创新提出了“以赛事练能力,以赛事促创新,以

* 收稿日期:2011-02-19

作者简介:米高峰(1978—),男,新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市人,副教授,硕士,研究方向:艺术传播与产业、动画叙事与语言
基金项目:2009 陕西省高校教学改革研究项目(立项号:09BY30),2010 陕西科技大学人文社会科学基金项目(立项号:ZX10-40)

赛事检教学,以赛事创品牌”的原创实训思路,《秦殇》、《大唐芙蓉园》、《浊恶》、《乡愁》、《心愿》、《基因·日记》等150余部(次)影视、动漫作品在国内外各大赛事中先后获奖,并逐步形成了兼顾以二维动画创作为基础、适应新兴产业发展的“新媒体动画”方向和以三维CG动画制作为核心的“数字动画”方向,结合以工为主综合型院校实际情况的特色人才培养模式,2007年成功获批为首批教育部“国家级特色专业建设点”。正值动画专业八周岁之际,为了进一步扩大对外影响,规范对外形象,作者总体上从视觉识别设计、视频规范包装、衍生品开发3方面着手实施其整体的形象策划,尝试动漫产业化发展的模式。

影视动画系的形象策划要充分体现本系特色,从具有代表性的优秀原创动漫作品中选择形象,并融入现代元素进行重新建构。在整体创意方面,将“以点带线,以线带面”作为理念,进行系统而完善的构思。首先,归纳已有的几个“点”:筛选出获奖动画片《心愿》、《馒头》、《兔子惹的祸》中的主要角色作为标志等基础部分与吉祥物的设计原型;将历届的获奖作品作为形象片与宣传片的素材。其次,在具体设计的过程中依循一定的顺序来进行:先设计视觉识别的基础部分,在此基础上展开吉祥物的平面设计图;在平面图完善后,再依次设计出应用生产的公仔毛绒玩偶及布偶模型。这一过程就是所谓的“以点带线”。最后,进一步扩散思路,将设计细化定稿,并融入整个项目系统的所有环节之中。如动画视频包装方面做出标志动画片头、形象宣传片或是平面影像手册等;在视觉设计方面做出以吉祥物为主题的服饰、手袋、文具等实物,这样就完成了“以线代面”。

2 形象策划实施——Action

陕西科技大学设计与艺术学院影视动画系形象策划包含视觉识别设计、视频规范包装、衍生品开发3个部分,具体涵盖平面设计、视频短片、立体实物等多个领域内的多项内容。

2.1 视觉识别设计

视觉识别设计即VI(Visual Identity),是一个严密而完整的符号系统,它的特点在于展示清晰的“视觉力”结构,从而准确地传达独特的企业形象,通过差异性面貌的展现达成认识、识别的目的。视觉设计具体包括:影视动画系的VI手册;宣传海报、展板设计;吉祥物设计;档案袋设计;影视、动漫作品系列光盘封套、碟面设计;T恤设计;2010届毕业生作品展形象设计等。

视觉识别设计是形象策划的基础,还关系到视频包装的制作及衍生产品的开发。

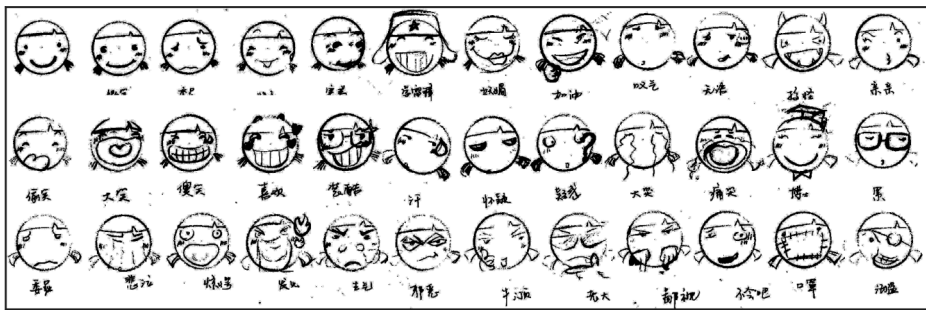


图1 表情设计草图

最终方案以动画片《心愿》中的主角小女孩为创意基础,概括其造型特征,设计出标识、吉祥物等相关一整套视觉形象识别系统。小女孩造型活泼可爱,极具亲和力。从角色原型出发把这个生动的形象具体化、个性化,是一个整合、提炼、再创作的过程。设计之初以设计草图为主,绘制了大量的创意思草图。在设计吉祥物的头像表情时(如图1),先将各种头像表情手绘勾勒出来,定稿后再导入计算机采用专业软件制作,设置出规范颜色和制图标准。为了方便基础设计的后续应用,需要将设计草图通过电脑软件生成规范的标准图样(如图2)。形象策划视觉识别部分的设计制作大多使用平面软件来设计制作;制作标志等基础设计时主要选用CorelDraw软件制作矢量文件;在海报设计、展板设计等应用部分则使用Photoshop软件比较多。

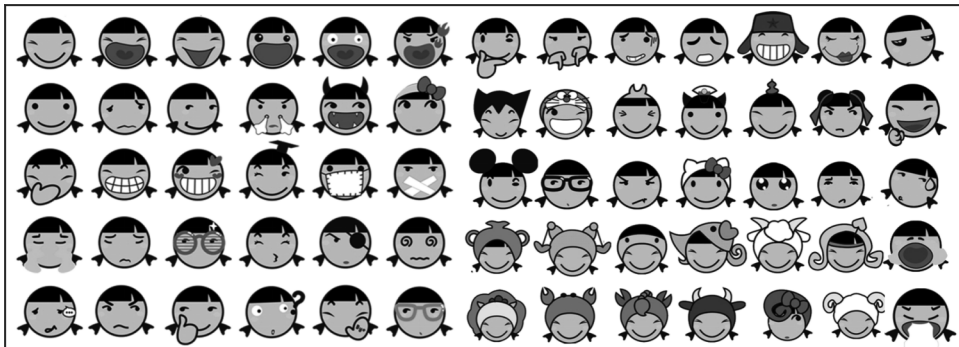


图 2 软件制作效果

2.2 视频规范包装

视频规范包装部分包括影视动画系视频类文件的标准动态片头与片尾模板;历届学生优秀影视、动漫作品集锦;各类形象活动的视频资料等.制作前相关资料的收集整理是一个重要的环节:收集对比国内外经典的片头片尾视频包装及相关院校的宣传片与形象片;本系学生原创的历届优秀影视、动漫作品、相关形象活动等视频资料作为参考或素材;浏览“动画联盟网”、“火星时代动画网”及“卡酷动画”等相关专业网站,从中激发创意灵感、借鉴积极因素.

视频包装制作中的动态片头与片尾模板要在视觉识别设计的定稿基础上展开,运用标志与吉祥物形象创意构思出几套不同的动态片头、片尾标版(如图 3).视频规范包装的制作涵盖艺术风格定位、整体策划设计及软件制作实施几个步骤.具体制作时,首先要构思好每个镜头,确定镜头要传达的信息目标,包括整体包装的美术、色彩、特效及宏观节奏等,这都要与视觉识别设计风格的协调与统一;其次设计分镜头脚本,进行素材采集与剪辑制作,然后进行声画配合编辑制作.整个制作过程涉及到素材拍摄、3D 制作、音乐搜集、非线性编辑、特效渲染等,最终合成输出成片.

2.3 衍生品开发



图 3 视频截图

衍生品开发是将整套形象策划的设计部分付诸应用的关键环节,本次衍生品开发以吉祥物的公仔布偶为主,辅之以抱枕、T 恤、档案袋、CD 袋、日历、手提袋、音像制品、海报、信笺、贴纸等.在吉祥物的设计上,除了参考原始设计造型外,还在其基础上做出一定的修改,以使之能够更好的体现传

统与时尚的设计思想.



图 4 实物最终效果

吉祥物的设计采用卡通手法的表现,针对不同人群,由公仔基本原型衍生设计出 5 款不同版本的公仔造型,分别设定为“Sasa”、“Coco”、“Dada”、“Dodo”、“Haha”5 个动画形象(如图 4),是“陕科大动画”5 个字的谐音,主要在服饰搭配与衣着色彩上加以区别,如“简约版”造型主要针对年轻人群中的学生,“魅惑版”与“潮人版”主要针对女性群体,“雷锋版”与“叮当版”则主要针对男性群体.选用翠绿、

桔红、金黄、桃红、湖蓝等多种不同色彩方案,形成一个系列.

根据实物标准图设计稿,为了更好的呈现设计效果,首先制作出一套衍生产品的毛绒公仔,对其修改完

善,然后在成品的基础上联系厂家进行批量定制生产,将图纸转化为实物会有一定差异,直接由生产商生产不一定能很好呈现设计者的预期效果。对于公仔及周边的缝制,尽可能达到精致、规整、色彩搭配和谐。

3 形象策划成效——Effect

陕西科技大学设计与艺术学院影视动画系形象识别的建立与传播是一个渐进的复杂过程,也是通过各种传播媒介与受众相互沟通、相互影响的过程。

实施整体的形象策划,其宏观的积极意义与推广效果是显而易见的:首先,将文字、图像、色彩、实物、理念与形象设计综合一体,使影视动画系形成了符号化与规范化的形象识别系统,扩大了影视动画系的形象传播力,使之更加有效、快速的推广,巩固知名度,提高美誉度。完备的 VI 视觉识别系统,可以为更普遍的受传者所识别与接受,同时提高了公共识别性和相关工作效率。其次,有利于增强影视动画系的综合实力与感召力,促进教学改革、学术交流、校企合作与建设发展:一方面在具有更好美誉度与更高知名度后会吸引更多同行与业界的关注、人才与资源的引入,从而丰厚教学与科研实力;另一方面会激发师生对影视动画系和动漫行业的热情,增强凝聚力,使大家目标一致,同心协力,树立起团队意识与集体荣誉感,最终得到社会更广泛的认可和支持。

动漫之所以能盈利,其主要原因在于动漫是一种有“内容”的,可以层层剥皮的“内容商业”,投资人出钱制作动漫获得版权,然后收取转播费及销售音像制品等其它产品,当然不可否认原创是成功的基础,没有好的原创,这块蛋糕不会做大,大家也不会分到满满的一杯羹。此次影视动画系的形象策划与衍生品开发无疑是一次原创性实践,直接性的成效就是动漫产业化发展的尝试。

动漫形成产业发展到今天已经远远不只是动画和漫画的集合体了,在动画和漫画的基础上还衍生出丰富的周边产品,比如游戏、模型和手办等。因此,今天所说的动漫产业有着更加丰富的含义。动漫衍生品的价值是由衍生产品的“使用价值”(即其本身的价值)和动漫形象的“符号价值”共同构成的,两种价值结合之后产生了互相促进的作用。知名的卡通形象会使卡通爱好者们注意到其代言的产品,使一部分卡通爱好者转化为商品的消费者。另外,商品(尤其是日常用品)由于其使用频率较高,会让更多人注意到商品上的卡通形象,进一步提升形象的知名度,为动画带来新的观众。



图5 形象策划效果展示

虽然影视动画系形象策划及衍生品开发仍处初级阶段,但已取得了可喜的成效。针对主要形象系列展开的衍生,考虑实用性,系列公仔、抱枕、T恤、档案袋、CD袋、日历、手提袋、音像制品、海报、信箋、贴纸等已设计制成实物,为批量生产提供了实物标版。而系列公仔及T恤因为受到年轻学生群体的喜爱,已经开始批量生产,在影视动画系学生外出写生、实习、考察等对外交流场合的统一T恤着装产生了良好的对外形象。视频包装也在2010届毕业设计展上得到了公映与展示(如图5),起到了积极的宣传作用。下一阶段的开发,将要进一步提高已有产品的质量,扩大衍生产品的种类,拓宽衍生品的推广平台,从而更好的拓展渠道,树立品牌。

4 结束语

近年来,国务院及各地政府出台的国产动漫产业优惠扶持政策收效显著。国内动漫生产积极性持续上升,产量也逐年递增。很多城市都在着力于发展以动漫创意产业为核心的经济增长点,各地动漫产业发展迅猛。在这个时候,尝试动漫产业化挖掘与发展,显然是很有实际价值的。

市场竞争日趋激烈与机遇挑战并存的紧迫感,也越发彰显出动漫企业(包括专业院校)形象策划的重要性。形象策划,不仅仅是视觉识别传达符号的单方面问题,而且包涵了社会影响力、理念思想、文化氛围及怎样与社会公众交流与沟通。陕西科技大学设计与艺术学院影视动画系规范化、系统化的形象策划及衍生品开发是顺应时代的主动诉求,也是一次具有非常意义的创新尝试。

参 考 文 献

- [1] 策划_百度百科[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/16300.htm>.
[2] 高 阳. 卡通造型与现代设计[M]. 福州: 福建美术出版社, 2007.
[3] (日)中野晴行. 动漫创意产业论[M]. 甄 西译. 北京: 国际文化出版公司, 2007.
[4] 周景秋. VI 设计色彩[M]. 南宁: 广西美术出版社, 2005.
[5] 王传东, 郑 琳. 动漫产业分析与衍生产品开发[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.

SHAANXI UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY DEPARTMENT OF FILM/TV & ANIMATION CORPORATE IDENTITY & RELATED PRODUCTS DEVELOPMENT

MI Gao-feng, FENG Shuo

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

Abstract: Corporate identity, is the integration of Mind, behavior, and visual aspects of planning and management. Cultural and spiritual elements into the vector signs, symbols, and establish the explicit form of the internal culture, resulting in the spread of standardized, modern, professional, accounting audience. Shaanxi University of Science & Technology, Department of Film/TV and Animation for corporate identity and the related products development is the representative elements for extraction, processing, from visual design, video packaging, related products the three aspects to the idea of developing, implementing, and establish the department's corporate identification system is a positive significance of the cross of trying.

Key words: department of film/TV and animation; corporate identity; video packaging; animation related products development

(上接第 182 页)

参 考 文 献

- [1] 杨朝军. 金融投资风格与策略[M]. 北京: 中国金融出版社, 2005.
[2] 吴运声. 浅析我国核电业发展面临的问题[J]. 商业经济, 2010, (4): 63-65.
[3] 朱娅琼. 核电业买入黄金发展期[J]. 中国投资, 2010, (2): 54-57.
[4] 常格非. 核电行业: 低碳时代的最佳投资标的[J]. 股市动态分析, 2010, (10): 38-40.
[5] 许英明, 王文娟. 我国核电产业链优化路径探讨[J]. 工业技术经济, 2010, (2): 29-31.
[6] 杨新兴. 关于调整我国核电政策的建议[J]. 科技导报, 2010, (5): 45-46.
[7] 金 名. 哥本哈根气候大会催生核电建设潮[J]. 生态经济, 2010, (3): 18-22.
[8] 丁其华, 王海丹. 2009 年世界核电发展回顾[J]. 国外核新闻, 2010, (1): 33-35.

SITUATIONS AND PROSPECTS OF CHINA NUCLEAR POWER INDUSTRY

WANG Bo

(Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: Environmental governance and energy shortage are gradually becoming two important issues on Chinese consistent development. A new clean energy is demandingly needed. Given aforementioned circumstances, in this article we first analyze the green feature and feasibility of nuclear power, pointing out nuclear power industry's promising future. Then introduce current situations, problems and reasons behind of nuclear power industry. Finally after considering macro factors, industry factors and industrial chain factors, we try to draw some conclusions and give some proposals accordingly.

Key words: nuclear power industry; sensitivity analysis; comparison analysis; scenario analysis

* 文章编号:1000-5811(2011)02-0197-03

陕西省男大学生身体自尊的调查研究

杨 霄

(陕西科技大学体育部, 陕西 西安 710021)

摘 要:当前大学生的身体素质问题已经受到了国家教育部门的高度重视,在注重提高大学生身体素质的同时,还应注重大学生的心理健康,而身体自尊是人心理健康的一个重要方面.作者对陕西省部分高校在校男大学生的身体自尊现状进行了抽样调查分析,结果发现在校男大学生的身体自尊水平在四个年级存在着一定的差异,对其原因进行了分析并提出了相关建议.

关键词:陕西省高校; 男大学生; 身体自尊

中图法分类号:G804.85

文献标识码:A

0 前 言

身体自尊问题已经受到国内外许多心理学研究者的关注,如何缓解精神的压力和刺激,使青少年的身体自尊水平得以提高,是当今教育工作者关注的焦点.高校大学生因身体自尊水平低下,精神承受不了外界的压力而导致的悲剧屡屡发生.本文通过对陕西部分高校男大学生心理问卷的抽样调查、专家座谈以及数据统计分析,研究了陕西高校男大学生身体自尊的现状,结果发现在校男大学生的自尊水平呈逐年下降的趋势,文中提出了一些建设性的意见,旨在今后的教学工作中提高陕西高校男大学生的身体自尊水平.

1 研究方法

1.1 研究对象

在查阅国内外心理健康、社会心理学、教育心理学、发展心理学、行为心理学以及相关身体自尊、身体自我概念的有关文章和期刊杂志的基础上,运用相关理论和方法,选择陕西省科技大学、西安电子科技大学、西安医学院、西安工业大学、长安大学、陕西省党校等在校正常男大学生作为研究对象,并随机选取225人作为测试对象.

1.2 测试工具

采用徐霞的《青少年身体自尊量表》,该表提出了用外貌、健康、身体吸引力、运动技能、身体活动、力量、速度、柔韧、耐力、协调、身体自我价值、整体自尊等12个分量表反映男大学生的身体自尊特点.从因素分析、聚合效度、区分效度等方面的检验结果来看,该表具有一定的结构效度,信、效度指标基本符合测量学要求.

1.3 测试程序

采用集体测试、无记名方式并按统一的规定语先认真阅读量表的说明,然后逐项回答量表中的题目,当场收回量表225份,有效问卷217份,有效率为96.4%.

* 收稿日期:2011-01-14

作者简介:杨 霄(1976—),男,陕西省乾县人,讲师,硕士,研究方向:高校体育教学与训练

1.4 专家访谈法

采取口头及书面的形式就本论文研究的内容、方法、相关概念等方面咨询了运动心理学、社会心理学领域的专家教授,听取了大学体育教师对学生身体自尊问题的意见和建议。

1.5 数据统计法

本研究回收的所有问卷数据均采用 SPSS13.0、Excel、Matlab 软件进行线性回归分析,获得身体自尊各指标的平均值(M)、标准差(SD),并通过方差分析、 T 检验对每一个指标进行分析说明。

2 结果与分析

统计得出反映陕西省高校男大学生身体自尊的健康状况、身体吸引力、运动技能、外貌、力量、速度、耐力、身体自我价值感、整体自尊的各指标如表 1 所示,由表 1 可以得出以下结论:

(1)大学生在身体自尊水平上存在显著的年级差异。大学一年级学生的自尊水平最低,二年级略有

表 1 陕西省部分在校大学生身体自尊统计数据及分析结果

项 目	大一和大四		大二和大三		T 值	P 值
	n=120		n=105			
	平均数	标准差	平均数	标准差		
健康状况	2.827 1	0.497 5	3.374 9	0.296 9	0.070 2	－0.168 8
身体吸引力	2.352 6	0.593 8	2.871 8	0.488 1	0.017 8	－0.308 4
运动技能	2.710 5	0.505 7	3.147 2	0.448 0	0.377 4	0.122 5
外貌	2.628 0	0.485 8	2.846 9	0.347 1	－0.111 1	－0.379 3
身体活动	2.365 6	0.556 8	3.082 5	0.388 5	0.210 6	－0.0730
力量	1.998 7	0.565 9	2.606 9	0.344 5	0.719 2	0.224 5
速度	2.366 8	0.401 6	2.995 6	0.389 9	0.250 8	－0.032 5
柔韧性	2.846 4	0.512 7	2.587 3	0.420 9	0.033 9	－0.258 3
耐力	2.739 1	0.542 3	3.161 3	0.400 2	0.423 2	0.149 5
协调	2.749 0	0.492 2	2.483 0	0.405 9	－0.042 7	－0.319 0
身体价值	3.010 1	0.481 5	3.175 6	0.296 2	－0.121 5	－0.336 4
整体自尊	3.051 6	0.406 3	3.208 1	0.352 1	0.006 1	－0.210 4

升高,三年级最高,到四年级又有所下降。我们认为,环境的变化是导致一、二年级大学生自尊水平较低的一个原因。学生刚开始进入大学,远离了父母,在陌生的环境里来自新的同伴的支持还没有建立起来,而大学中教师的作用也与中小学有很大的不同,对大学学习方式和内容的不适应是导致他们自尊水平较低的重要原因。三年级大学生对环境已经完全适应了,他们发展起了新的友谊,来自同伴的社会支持完全建

立起来了,大多数学生适应了大学的学习方式与内容,而就业的压力还没有开始,他们开始发挥自己在其他方面的才华,因此三年级学生成为了明显的优势群体。四年级大学生开始面临就业的问题,而现阶段就业形势非常严峻,有着较高就业期望的大学生在寻找就业机会的过程中往往会经历失败的体验,这无疑会降低四年级学生的自尊水平。

(2)大学生参与体育活动的机会少。大多高校在新生进校后前两年课程很多,很多高校周末也有课程安排,而体育课基本上一周只有一次,学生获得活动的机会少,导致大学生身体素质下降,遇到外界压力时身体就难以承受,心理承受能力下降,自我价值得不到认可,身体自尊水平自然就会下降。

(3)地域的差异性。高校大学生来自不同的地域,有城市的、也有农村的,而且分布比较均匀,在日常生活中接触、交往也比较多,因此在各方面融合得比较好,特别在为人处世方面观念甚至是相一致的,在人际关系、社会适应及个体的认知、动机、情感和社会行为方面也没有显著的差异,因此在自尊方面也就不存在显著的差异。

(4)城乡因素的差异性。在所有被试学生中,城市学生自尊心得分明显高于农村大学生。我们认为,城乡差异主要来自被试对象总体所处的社会文化环境和生活经验的差别。西方有研究者发现,个体的自尊与其所处的社会阶层或社会经济地位有着密切的关系,不同社会阶层的人们的自尊存在差异。虽然近年来我国农村经济有了较大的发展,但在总体上仍与城市存在较大的差距,这种城乡差别以及与此相联系的个体的社会经验的差异是导致学生自尊差异的主要原因。

(5)社会因素的影响. 现代社会是信息社会,信息会在第一时间在电视或网络上传播,好的因素会影响大学生,而不好的现象也会感染大学生. 就网络游戏来说,很多学生达到了痴迷状态,游戏无形中有暴利因素的存在,他们可能会在现实生活中模仿游戏中的暴力. 还有各种灾难,比如地震造成大量不幸者离去,自然灾害对自己家园的破坏等等社会因素也会对他们的心理造成阴影,身体自尊水平随之下降.

3 对策与建议

(1)引导大学生正确对待青春期的身体变化,使其身体与心理协调发展. 大学生正处于青春发育期后期,身体发育基本成熟,情绪多少还有些紧张不安,如果缺乏正确适时的引导很可能导致一些心理问题的产生,为此家长和老师对学生出现的一些不正常的行为要及时给予教育纠正.

(2)引导学生正确看待自己的身体. 对于有些无法改变的身体外貌,除了鼓励学生正视、接纳自己以外,还可以引导学生取长补短,辩证地看待自己的身体. 一种方法是为学生树立良好的榜样,争取其他领域的成功. 另一种方法是化劣势为优势,告诉学生身体是父母给的,天生的,我们可以通过后天的锻炼改变身体的机能,提高身体各项素质. 对身体有缺陷的学生家长和老师要多关心他们,多给一些语言上的鼓励和行为上的帮助,引导他们多在有兴趣的项目上发挥其特长.

(3)以身作则,树立正确的“身体观”. 教师应该以身体自尊为切入点,帮助学生树立正确的“身体观”,提高学生的身体自尊水平,从而使其更好的学习和交往. 教师还可以将学生对身体自尊的关注贯穿到教学中去,老师可以参与其活动当中,和学生一起锻炼实践,在这一过程中引导学生正确地认识身体自尊,告诉学生遇到各方面的压力时应如何学会解压、采用什么样的方法等,这个时候以身作则就起到了很大的作用.

(4)进行定期的心理咨询. 在繁重的学习压力下,老师可以在学习方面、身体方面、生活方面定期给学生做一些心理咨询,对自尊有变化的学生予以正确引导,同时加强身心方面的教育,提高学生的身体自尊水平.

参 考 文 献:

[1] 张亚杰,姚 雷. 北京市朝阳区中小学学生体质状况分析[J]. 首都体育学院学报,2007,2(19):62-64.
[2] 沙莲乡. 社会心理学[M]. 北京:中国人民大学出版社 1992:89-100.
[3] 廖东辉,杜晓红. 青少年学生身体自我满意度的现状与分析[J]. 中国体育科技,2008,44(2):60-63.
[4] 李红杰. 体育课合作教学对提高学生自尊的实验研究[J]. 武汉体育学院学报,2005,39(6):99-100.
[5] 刘 海. 大学生心理素质好坏对学业的影响[J]. 中国体育科学,2001,14(5)31-32.

SURVEY AND RESEARCH ON MALE COLLEGE STUDENTS' BODILY SELF-ESTEEM IN SHAANXI PROVINCE

YANG Xiao

(P. E. Department, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: At present, college students' physical quality has been laid enough emphasis by state education departments. On one hand, students' physical quality should be strengthened; on the other hand, students' psychological health should also be given adequate attention and bodily self-esteem is a very important aspect of it. In this paper, the author conducted sample investigation and analysis on the present situation of male students' body self-esteem in some of the universities in Shaanxi only to find that there are obvious differences in college students' bodily self-esteem level in four grades. Meanwhile, the paper raised some suggestions on improving college students' bodily self-esteem.

key words: universities in Shaanxi; male college students; self-esteem