

德州学院学报

JOURNAL OF DEZHOU UNIVERSITY



- 第八届山东省优秀期刊
- 《中国期刊全文数据库》收录期刊
- 《中国学术期刊综合评价数据库》收录期刊
- 《中国核心期刊(遴选)数据库》收录期刊
- 《中文科技期刊数据库》收录期刊
- 超星期刊域出版平台收录期刊
- 《CAJ—CD 规范》执行优秀期刊
- 国家哲学社会科学学术期刊数据库

2018 年 第 34 卷 第 2 期(总第 158 期)

德州学院学报

(双月刊)

2018年第2期

第34卷(总第158期)

数理科学

- 哈密顿—凯莱定理的应用 张立华 吴琳琳(1)
- 离散时间平均场二次最优控制问题 冀鹏飞(8)
- 一族可积晶格孤子方程及其达布变换 吴迪(15)
- 石墨烯光纤生物传感器研制及性能的研究 徐文豪 许士才 于子恒等(22)
- 对称群 S_5 的一个新刻画 王孝敏(26)

化学与化工

- 利用表面预烯基化纳米硅胶颗粒制备有机与无机杂化强阳离子交换液相色谱
谱整体柱 李金祥 邹温然 杨芮萌等(29)
- 溴百里酚蓝分光光度法测定茶叶中锆的实验研究
..... 张存兰(33)
- 葛根素— Al^{3+} 体系的荧光猝灭效应及 Al^{3+} 的分析测定
..... 张星 贾贞 秦菲等(37)
- 新型酰基化壳聚糖季铵盐复合修饰衍生物的制备及抑菌活性
..... 韩柏林 李荣春 华玉山等(40)

生命科学、医药科学

- 全光照喷雾条件下不同 ABT 对丁香和丝棉木扦插育苗的研究
..... 韩多红 王恩军 罗天(44)

德州岔河昆虫资源初步调查 孙颖慧 孙永岭(48)

德州市阿尔茨海默病患者及其照护家属相关伦理学问题调查及分析
..... 郑桂芳 刘金叶 孙 晖等(50)

信息科学

窄带物联网(NB-IoT)现状和发展趋势分析
——基于 Fulink 数字平台文献数据 庄新辉(55)
决策树 ID3 算法中引入简单工厂模式的设计研究 孙道远(61)

动力、能源与交通

基于 MATLAB 软件“PID 校正控制”教学研究 肖理庆(65)
环境因素对平板型集热器热性能影响的模拟分析 陈 洁(70)
远程控制系统的的设计 林 薇(74)

经济·管理学研究

山东省金融产业集聚与产业经济增长关系研究 吕晨曦(77)
德州市物流业发展的 SWOT 分析及建议 臧 姗(85)
“服务”引导“需求”:鲁产烟上水平的整合营销之思 薛 伟 刘志勇(90)

教育教学研究

基于 OBE 的 CREO 机械基础与应用教学改革与实践
..... 孟俊焕 柳永亮 吴延霞(95)
基于微信环境移动学习平台的构建研究 张道华(99)
应用定向免费医学生培训标准化病人的实践及思考 张媛媛(102)
基于可追溯性的专业课堂教学质量内涵探索 许炳照(106)

JOURNAL OF DEZHOU UNIVERSITY

Vol. 34 No. 2

April 2018

MAIN CONTENTS

- Applications of Hamilton–cayley Theorem ZHANG Li–hua, WU Lin–lin(1)
- Discrete–time Mean–field Quadratic Optimal Control Problem JI Peng–fei(8)
- Preparation of Organically–inorganically Hybrid Strong Cation–exchange Monolithic Column
for Liquid Chromatography Using Pre–alkenylated Silica Nanoparticles
..... LI Jing–xiang, ZOU Wen–ran, YANG Rui–meng, *et al*(29)
- Experimental Study of Spectrophotometric Determination of Germanium and Selenium in Tea
..... ZHANG Cun–lan(33)
- Effects of Different ABT on the Softwood Cutting of *Syringa Oblata* L. and *Euonymus Maackii*
Rupr under Full Illumination and Water Spraying
..... HAN Duo–hong, WANG En–jun, LUO Tian(44)
- The Present Situation and Development Trend of Narrowband Internet of Things (NB–IoT)
Based on Fulink digital platform literature data ZHUANG Xin–hui(55)
- Research on Teaching Methods of PID Correction Control in Principle of Automatic Control
..... XIAO Li–qing(65)
- Simulation Analysis on the Influence of Environmental Factors to the Thermal Performance of
the Flat Plate Collector CHEN Jie(70)
- Research on the Relationship between Financial Industry Agglomeration and Industrial
Economic Growth in Shandong LV Chen–xi(77)
- Reform and Practice of CREO Mechanical Basis and Mechanical Applications Based on OBE
..... MENG Jun–huan, LIU Yong–liang, WU Yan–xia(95)

哈密顿—凯莱定理的应用

张立华¹, 吴琳琳²

(1. 德州学院 数学科学学院, 山东 德州 253023;
2. 中国石油大学(华东) 理学院, 山东 东营 257000)

摘要: 给出了哈密顿—凯莱定理的一个新证明, 通过实例分别介绍了此定理在计算矩阵多项式、逆矩阵和最小多项式等方面的应用, 反映了哈密顿—凯莱定理在高等代数中的重要地位和作用.

关键词: 哈密顿—凯莱定理; 特征多项式; 逆矩阵; 最小多项式

中图分类号: O122 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0001-07

1 引言

哈密顿—凯莱定理也叫凯莱—哈密顿定理, 是矩阵理论中最著名的理论之一^[1]. 哈密顿—凯莱定理揭示了方阵与它对应的特征多项式的关系, 对于矩阵的计算有很重要的应用, 也是特征多项式所具有的重要性^[2]. 在现有的高等代数教材中, 对于此定理没有过多的描述, 对于此定理的具体应用更是几乎没有提到, 但是在高等代数的学习和具体题目的解答中, 此定理为解决某些具体的问题提供了独特而巧妙的方法. 本文首先给出了哈密顿—凯莱定理的一个新证明, 然后结合具体例子展示了此定理在计算矩阵多项式、逆矩阵和最小多项式等方面的应用.

2 哈密顿—凯莱定理

考虑数域 $n-3$ 上的 n 阶方阵 A

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

把如下的矩阵

$$\lambda E - A = \begin{pmatrix} \lambda - a_{11} & -a_{12} & \cdots & -a_{1n} \\ -a_{21} & \lambda - a_{22} & \cdots & -a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ -a_{n1} & -a_{n2} & \cdots & \lambda - a_{nn} \end{pmatrix}$$

称为 A 的特征矩阵, 其中 E 是 n 阶单位阵, λ 是未知数, 它的行列式 $f(\lambda) = |\lambda E - A|$ 叫做 A 的特征多项式. 把 $f(\lambda) = |\lambda E - A| = 0$ 称为 A 的特征方程.

定理 1 ^[2] (哈密顿—凯莱定理) 设数域 P 上的矩阵 A 是一个 $n \times n$ 矩阵, $f(\lambda) = |\lambda E - A|$ 是 A 的特征多项式, 则

收稿日期: 2017-10-17

基金项目: 国家自然科学基金(11501082); 山东省科技计划项目(J17KA156)

作者简介: 张立华(1981-), 女, 山东聊城人, 副教授, 博士, 研究方向: 孤立子与可积系统、代数学.

$$f(A) = A^n - (a_{11} + a_{22} + \cdots + a_{nn})A^{n-1} + \cdots + (-1)^n |A|E = 0$$

哈密顿—凯莱定理的证明在教科书上有^[2],文献[3]用数学归纳法给出了证明,文献[4]结合范德蒙德行列式给出了证明,文献[5]结合幂级数和拓扑理论给出了两种证明方法.这里用若尔当标准形理论给出一种新的证明方法.

证明 由于每一个复数矩阵都与一个若尔当标准形相似,并且这个若尔当标准形除去其中若尔当块的排列次序外是被这个矩阵唯一决定的.又由于数域 P 包含于复数域 C ,所以 A 也是复数域上的矩阵,也相似于一个若尔当标准型.不妨设有一个 $n \times n$ 矩阵 T ,使 $T^{-1}AT = J$,其中 J 是 A 的若尔当标准形,可写为

$$J = \begin{pmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \delta & \lambda_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \delta & \lambda_3 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \delta & \lambda_{n-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \delta & \lambda_n \end{pmatrix}$$

其中 δ 代表 0 或 1,由于 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 是 A 的特征值,于是

$$f(\lambda) = \det(\lambda E - A) = (\lambda - \lambda_1)(\lambda - \lambda_2) \cdots (\lambda - \lambda_n)$$

从而

$$f(A) = (A - \lambda_1 E)(A - \lambda_2 E) \cdots (A - \lambda_n E) = (TJT^{-1} - \lambda_1 E) \begin{pmatrix} TJT^{-1} \\ \lambda_2 E \end{pmatrix} \cdots (TJT^{-1} - \lambda_n E) =$$

$$\begin{aligned} & T(J - \lambda_1 E)(J - \lambda_2 E) \cdots (J - \lambda_n E) T^{-1} = \\ & T \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \delta & \lambda_2 - \lambda_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \delta & \lambda_3 - \lambda_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \delta & \lambda_4 - \lambda_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & \lambda_n - \lambda_1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \lambda_1 - \lambda_2 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \delta & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \delta & \lambda_3 - \lambda_2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \delta & \lambda_4 - \lambda_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & \lambda_n - \lambda_2 \end{pmatrix} \\ & \cdots \times \begin{pmatrix} \lambda_1 - \lambda_n & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \delta & \lambda_2 - \lambda_n & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \delta & \lambda_3 - \lambda_n & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \delta & \lambda_4 - \lambda_n & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \end{pmatrix} T^{-1} = \\ & T \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \delta^2 & \delta(\lambda_3 - \lambda_1) & (\lambda_3 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_2) & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \delta^2 & \delta(\lambda_4 + \lambda_3 - \lambda_2 - \lambda_1) & (\lambda_4 - \lambda_1)(\lambda_4 - \lambda_2) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \end{pmatrix} \times \\ & \begin{pmatrix} \lambda_1 - \lambda_3 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \delta & \lambda_2 - \lambda_3 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \delta & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \delta & \lambda_4 - \lambda_3 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \cdots & \lambda_n - \lambda_3 \end{pmatrix} \cdots \times \\ & \begin{pmatrix} \lambda_1 - \lambda_n & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \delta & \lambda_2 - \lambda_n & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \delta & \lambda_3 - \lambda_n & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \delta & \lambda_4 - \lambda_n & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \end{pmatrix} T^{-1} = \end{aligned}$$

$$T \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \delta^3 & \delta^2(\lambda_4 - \lambda_1) & \delta(\lambda_4 - \lambda_1)(\lambda_4 - \lambda_2) & (\lambda_4 - \lambda_1)(\lambda_4 - \lambda_2)(\lambda_4 - \lambda_3) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \end{pmatrix} \times \\
 \begin{pmatrix} \lambda_1 - \lambda_4 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \delta & \lambda_2 - \lambda_4 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \delta & \lambda_3 - \lambda_4 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \delta & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \cdots & \lambda_n - \lambda_4 \end{pmatrix} \times \cdots \times \\
 \begin{pmatrix} \lambda_1 - \lambda_n & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \delta & \lambda_2 - \lambda_n & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & \delta & \lambda_3 - \lambda_n & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \lambda_{n-1} - \lambda_n & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & \delta & 0 \end{pmatrix} T^{-1} = \cdots = 0$$

这个证明方法与其它的证明方法相比, 有两个优点: 一是理论基础很明确: 任何一个复数矩阵都与一个若尔当标准形相似, 这是高等代数的基本理论, 大家都熟知; 二是思路清晰, 它的证明思路很容易被掌握, 也可以用到许多证明题中.

3 哈密顿—凯莱定理的应用

哈密顿—凯莱定理对于初学者是很容易被忽略的一个定理, 教材中对于此定理的应用从未提及, 这往往使我们不去重视, 但此定理的应用却有其独特之处, 对于解决代数的很多问题都非常有帮助, 近年来已经引起一些学者的关注^[6-9]. 下面对哈密顿—凯莱定理的应用作详细的说明, 并通过具体例子进一步体现该定理的应用.

3.1 计算矩阵的多项式

在高等代数中经常遇到计算矩阵的高次幂、求矩阵的多项式的问题, 一般情况下, 首先想到的就是矩阵的对角化, 当矩阵 A 可对角化时, 可以考虑用与 A 相似的对角形解题, 但这种方法必须要求出特征向量, 且要分别计算多项式中 A 的各次幂, 计算过程比较复杂; 当矩阵 A 不能对角化时, 就不知道怎样有效地处理这类计算问题了; 哈密顿—凯莱定理恰好能巧妙而简便地解决这类问题.

例 1 设 $A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$, 求 $2A^8 - 3A^5 + A^4 + A^2 - 4E$.

解 A 的特征多项式

$$f(\lambda) = |\lambda E - A| = \begin{vmatrix} \lambda - 1 & 0 & -2 \\ 0 & \lambda + 1 & -1 \\ 0 & -1 & \lambda \end{vmatrix} = \lambda^3 - 2\lambda + 1$$

由哈密顿—凯莱定理, 有

$$f(A) = A^3 - 2A + E = 0$$

令

$$g(\lambda) = 2\lambda^8 - 3\lambda^5 + \lambda^4 + \lambda^2 - 4$$

则

$$g(\lambda) = (2\lambda^5 + 4\lambda^3 - 5\lambda^2 + 9\lambda + 4) f(\lambda) + 24\lambda^2 - 37\lambda + 10$$

所以

$$g(A) = (2A^5 + 4A^3 - 5A^2 + 9A + 4E) f(A) + 24A^2 - 37A + 10E = 24A^2 - 37A + 10E = \begin{bmatrix} -3 & 48 & -26 \\ 0 & 95 & -61 \\ 0 & -61 & 34 \end{bmatrix}$$

此处如果用矩阵的对角形来求解,可以求得矩阵 A 的特征根分别为 $1, \frac{-1-\sqrt{5}i}{2}, \frac{-1+\sqrt{5}i}{2}$, 特征根中出现了无理数,从而增加了求特征向量的难度,并且直接求 A 的方幂也比较麻烦. 由此可以看出,此定理可以通过降低所求多项式的次数减少计算量.

注:对于此类求 n 阶矩阵 A 的高次多项式 $g(A)$ 的问题,利用哈密顿—凯莱定理是方便的. 首先用 A 的特征多项式 $f(\lambda)$ 去除 $g(\lambda)$, 得 $g(\lambda) = q(\lambda) \times f(\lambda) + r(\lambda)$, 然后根据哈密顿—凯莱定理有 $f(A) = 0$, 从而 $g(A) = r(A)$. 这种把矩阵多项式的计算转化为多项式的计算的解题思想对解其他题目也有借鉴作用,下面的例题就是很好的例子.

例 2 若方阵 A 满足 $A^2 - 5A + 6E = 0$, 求 A^{100} .

分析 题目中并没有给出矩阵 A 的元素,只是给出了 A 满足的(方程)条件,这种矩阵叫抽象矩阵. 求抽象矩阵的多项式计算问题,一般而言有两种方法,一是考虑矩阵的对角化(读者可以自行试解,在这里这种方法也可行,参见文献[10]),二是从多项式入手.

解 用 $x^2 - 5x + 6$ 除 x^{100} , 得商 $q(x)$ 及余式 $ax + b$.

$$x^{100} = q(x)(x^2 - 5x + 6) + ax + b$$

令 $x = 2$, 得

$$2^{100} = 2a + b$$

令 $x = 3$, 得

$$3^{100} = 3a + b$$

解之,得

$$a = 3^{100} - 2^{100}, b = -2 \times 3^{100} + 3 \times 2^{100}$$

于是

$$A^{100} = q(A)(A^2 - 5A + 6E) + aA + bE = (3^{100} - 2^{100})A + (-2 \times 3^{100} + 3 \times 2^{100})E$$

3.2 表示矩阵的逆矩阵

对于计算矩阵的逆矩阵的问题,如果矩阵里的元素是具体的数字,一般而言用伴随矩阵法或者初等变换法. 哈密顿—凯莱定理非常重要的应用之一就是它给出了一种独特而且方便的计算逆矩阵的方法,这种独特的方法可以把 A^{-1} 以及 A^* 表示成关于 A 的多项式,从而进行矩阵的下一步计算.

定理 2 方阵 A 的伴随矩阵 A^* 可以表示成 A 的多项式;当 A 可逆时, A^{-1} 也能表示成 A 的多项式.

证明 设 A 的特征多项式为 $f(\lambda) = |\lambda E - A| = \lambda^n + a_1\lambda^{n-1} + \cdots + a_{n-1}\lambda + a_n$, 而

$$(\lambda E - A)^* (\lambda E - A) = |\lambda E - A| E = f(\lambda) E$$

因为矩阵 $(\lambda E - A)^*$, 是由矩阵 $\lambda E - A$ 里的各个代数余子式组成的,而且都是关于 λ 的多项式,并且多项式的次数都小于 $n - 1$, 所以可设

$$(\lambda E - A)^* = \lambda^{n-1} B_0 + \lambda^{n-2} B_1 + \cdots + B_{n-1} \quad (1)$$

其中 $B_0, B_1, \cdots, B_{n-1}$ 都是 $n \times n$ 数字矩阵.

又

$$f(\lambda) = \lambda^n + a_1\lambda^{n-1} + \cdots + a_{n-1}\lambda + a_n$$

则

$$f(\lambda) E = \lambda^n E + a_1\lambda^{n-1} E + \cdots + a_{n-1}\lambda E + a_n E \quad (2)$$

而

$$(\lambda E - A)^* (\lambda E - A) = (\lambda^{n-1} B_0 + \lambda^{n-2} B_1 + \cdots + B_{n-1}) (\lambda E - A) =$$

$$\lambda^n B_0 + \lambda^{n-1} (B_0 - B_1 A) + \lambda^{n-2} (B_2 - B_1 A) + \cdots + \lambda (B_{n-1} - B_{n-2} A) - B_{n-1} A \quad (3)$$

比较(2)和(3), 得

$$\begin{cases} B_0 = E \\ B_1 - B_0 A = a_1 E \\ B_2 - B_1 A = a_2 E \\ \dots\dots \\ B_{n-1} - B_{n-2} A = a_{n-1} E \\ -B_{n-1} A = a_n E \end{cases} \quad (4)$$

将(4)式代入(1)式得

$$\begin{aligned} (\lambda E - A)^* &= \lambda^{n-1} B_0 + \lambda^{n-2} B_1 + \cdots + B_{n-1} = \lambda^{n-1} E + \lambda^{n-2} (a_1 E + A) + \cdots + \\ & (a_{n-1} E + a_{n-2} A + \cdots + A^{n-1}) A^{n-1} + (\lambda + a_1) A^{n-2} + (\lambda^2 + a_1 \lambda + a_2) A^{n-3} + \\ & \cdots + (\lambda^{n-1} + a_1 \lambda^{n-2} + \cdots + a_{n-1}) E \end{aligned}$$

因为方程左右相等, 并且都是以 λ 的式子构成的矩阵, 则可以证明左右两边所对应的各个因式都是相同的, 所以无论 λ 取何值, 等式的两边肯定是相同的矩阵. 令 $\lambda = 0$, 则有

$$(-A)^* = A^{n-1} + a_1 A^{n-2} + \cdots + a_{n-1} E$$

从而

$$A^* = (-1)^{n-1} (A^{n-1} + a_1 A^{n-2} + \cdots + a_{n-1} E)$$

如果 A 可逆, 则 A 的特征多项式的常数项 $a_n = (-1)^n |A| \neq 0$.

由哈密顿-凯莱定理知

$$f(A) = A^n + a_1 A^{n-1} + \cdots + a_{n-1} A + a_n E = 0$$

于是

$$-\frac{1}{a_n} (A^{n-1} + a_1 A^{n-2} + \cdots + a_{n-1} E) A = E$$

因此得

$$A^{-1} = -\frac{1}{a_n} (A^{n-1} + a_1 A^{n-2} + \cdots + a_{n-1} E)$$

证毕.

注: 由定理 2, 可以得到求矩阵的伴随矩阵和逆矩阵的一种新的计算方法. 定理 2 的结论对于判定逆矩阵的特点也有帮助.

例 3 设 $A = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 1 \end{bmatrix}$, 求 A^* 与 A^{-1} .

解 矩阵 A 的特征多项式为: $f(\lambda) = |\lambda E - A| = \lambda^3 - 3\lambda^2 + 2\lambda - 1$, 因 $a_3 = -1 \neq 0$, 所以矩阵 A 可逆. 由定理 2 中求 A^* 与 A^{-1} 的公式知

$$A^* = (-1)^{3-1} (A^2 - 3A + 2E) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \\ -1 & -3 & 2 \end{bmatrix}$$

$$A^{-1} = -\frac{1}{-1} (A^2 - 3A + 2E) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \\ -1 & -3 & 2 \end{bmatrix}$$

例 4 设三级矩阵 $A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ a & \epsilon & 0 \\ b & c & \epsilon^2 \end{bmatrix}$, 其中 a, b, c 为任意数, $\epsilon = \frac{-1 + \sqrt{3}i}{2}$, $i = \sqrt{-1}$, 求 A^{-1} , A^* 和

A^{1000} .

解 A 的特征多项式为

$$f(\lambda) = |\lambda E - A| = \begin{vmatrix} \lambda - 1 & 0 & 0 \\ -a & \lambda - \epsilon & 0 \\ -b & -c & \lambda - \epsilon^2 \end{vmatrix} = \lambda^3 - 1$$

由哈密顿—凯莱定理得

$$f(A) = A^3 - E = 0$$

即

$$A^3 = E$$

所以

$$AA^2 = E$$

即

$$A^{-1} = A^2$$

$$A^* = |A|A^{-1} = \epsilon^3 A^{-1} = A^{-1} = A^2$$

$$A^{1000} = (A^3)^{333} A = EA = A$$

对于例 4 的求解,应用常规的对角化方法费时费力,还容易出错,但应用哈密顿—凯莱定理,简便又巧妙地解答了问题.

例 5 证明:如果某个上三角矩阵或者下三角矩阵是可逆的,那么这个矩阵的逆矩阵依旧是上三角矩阵或者是下三角阵.

证 设 A 是一个可逆的上三角矩阵,则由定理 2 可知,存在多项式 $g(\lambda)$,使 $A^{-1} = g(A)$.注意到上三角阵的和、积、数乘都是上三角阵,立即可知 A^{-1} 也是个上三角阵.

同理可证可逆下三角阵的逆依然是下三角矩阵.

例 6 如果一个对称矩阵或者反对称矩阵是可逆的,则它的逆矩阵还是对称矩阵或者反对称矩阵.

证 设 A 是 n 阶对称矩阵并且 A^{-1} 存在,则由定理 2 可知,存在多项式 $g(\lambda)$,使 $A^{-1} = g(A)$,有

$$(A^{-1})' = (g(A))' = g(A) = g(A) = A^{-1}$$

这表明 A^{-1} 仍是个对称矩阵.

设 B 是一个 n 阶可逆的反对称矩阵,因为 B 可逆,故行列式不为零.当 n 为奇数时,反对称矩阵的行列式等于 0,所以 n 必然是个偶数.

设 λ 是反对称矩阵 B 的特征值,则必有

$$g(\lambda) = |\lambda E - B| = 0$$

下证 $g(-\lambda) = 0$,即 $-\lambda$ 也是反对称矩阵 B 的特征值.事实上,由于 B 是反对称矩阵,所以 $B^T = -B$,从而

$$g(-\lambda) = |-\lambda E - B| = |-\lambda E + B^T| = |(-\lambda E + B)^T| = |(-\lambda E + B)| = (-1)^n |\lambda E - B| = (-1)^n g(\lambda)$$

所以 $g(-\lambda) = 0$ 当且仅当 $g(\lambda) = 0$,即如果 λ 是反对称矩阵 B 的特征值,则 $-\lambda$ 也是,所以 B 的特征多项式中只包含偶数次项

$$g(\lambda) = |\lambda E - B| = \lambda^n + a_2 \lambda^{n-2} + \cdots + a_{n-2} \lambda^2 + a_n$$

其中 $a_n = |B| \neq 0$.

根据哈密顿—凯莱定理知 $g(B) = 0$,即

$$g(B) = B^n + a_2 B^{n-2} + \cdots + a_{n-2} B^2 + a_n E = 0$$

由此可得

$$B^{-1} = -\frac{1}{a_n} (B^{n-1} + a_2 B^{n-3} + \cdots + a_{n-2} B)$$

进一步得到

$$(B^{-1})' = \left[-\frac{1}{a_n} (B^{n-1} + a_2 B^{n-3} + \cdots + a_{n-2} B) \right]' = -\frac{1}{a_n} [(B')^{n-1} + a_2 (B')^{n-3} + \cdots + a_{n-2} (B')]$$

$$\begin{aligned} \cdots + a_{n-2}B'] &= -\frac{1}{a_n}[(-B)^{n-1} + a_2(-B)^{n-3} + \cdots + a_{n-2}(-B)] = \\ &= \frac{1}{a_n}(B^{n-1} + a_2B^{n-3} + \cdots + a_{n-2}B) = -B^{-1} \end{aligned}$$

这表明 B^{-1} 仍是一个反对称矩阵.

3.3 计算矩阵的最小多项式

根据哈密顿-凯莱定理,在给定的任意数域 P 上选定一个 n 阶矩阵 A ,在数域 P 中总是可以找到多项式 $f(x)$,使得 $f(A)=0$.如果多项式 $f(x)$ 使 $f(A)=0$,就称 $f(x)$ 的根是矩阵 A .当然,以 A 为根的多项式很多,在所有这些多项式中次数最低并且系数是 1 的多项式就称为矩阵 A 的最小多项式.此定理保证了矩阵 A 的最小多项式是存在的.对于矩阵 A 的最小多项式的计算,下面的定理是基础.

定理 3^[2] 设矩阵 A 的最小多项式是 $g(x)$,那么 $f(x)$ 以 A 为根的充分必要条件是 $g(x)$ 整除 $f(x)$.

根据定理 3,知道最小多项式是矩阵 A 的特征多项式的一个因式,基于此,可以计算最小多项式.

例 7 设 $A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$,计算 A 的最小多项式.

解 因为 A 的特征多项式为

$$f(\lambda) = |\lambda E - A| = (\lambda - 1)^3$$

由定理 3 可知, A 的最小多项式为 $(\lambda - 1)^3$ 的因式.又 $A - E \neq 0$,而 $(A - E)^2 = 0$,所以 A 的最小多项式为 $g(\lambda) = (\lambda - 1)^2$.

4 结论

文章给出了哈密顿-凯莱定理的一个新证明,详细总结了该定理在求矩阵的高次多项式、逆矩阵、最小多项式等问题中的应用.当然,此定理的应用不止这些,对于求解常系数齐次线性微分方程组的标准基解矩阵、可交换环等问题也有不少应用^[11,12].哈密顿-凯莱定理是矩阵理论中最著名的理论之一,其中蕴涵着丰富的思想方法,本文的内容对应用哈密顿-凯莱定理解决问题可以起到借鉴作用.

参考文献:

- [1] 董可荣. 矩阵理论的历史研究[D]. 济南: 山东大学, 2007: 72-80.
- [2] 北京大学数学系. 高等代数(第四版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [3] 刘国新, 王正攀. Cayley-Hamilton 定理的一个新证明[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2013, 38(8): 1-2.
- [4] 杨艳, 刘合国. Cayley-Hamilton 定理的一个证明[J]. 数学的实践与认识, 2009, 39(9): 235-238.
- [5] 邓勇. 关于 Cayley-Hamilton 定理的新证明[J]. 五邑大学学报(自然科学版), 2015, 29(1): 15-17.
- [6] 王莲花, 苏敏, 孙书安. 哈密顿-凯莱定理的应用研究[J]. 河南教育学院学报, 2003(4): 1-3.
- [7] 王小华. 哈密顿-凯莱定理的应用[J]. 牡丹江教育学院学报, 2007(4): 134-135.
- [8] 徐仲, 陆全, 等. 高等代数考研教案[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2009.
- [9] 李丽花. 哈密顿-凯莱定理的应用[J]. 上海电力学院学报, 2008(2): 192-194.
- [10] 张立华. 高等代数教学中关于“矩阵对角化”的一点注记[J]. 廊坊师范学院学报(自然科学版), 2013, 13(4): 8-11.
- [11] 彭庆英. 常系数线性微分方程组的基解矩阵的一种新求法[J]. 大学数学, 2013(6): 121-123.
- [12] 黄海华. 群论计数问题及 Cayley 图的 Hamilton 性[D]. 南宁: 广西大学, 2016.

(下转第 28 页)

离散时间平均场二次最优控制问题

冀鹏飞

(山东科技大学 数学与系统科学学院, 山东 青岛 266000)

摘要: 讨论了带有约束终端的离散时间系统的平均场随机线性二次型最优控制问题. 利用拉格朗日乘子定理, 在线性二次最优控制问题成立的条件下, 给出了状态反馈解的一个必要条件. 从某种意义上说, 本文可以看作是平均场离散时间随机线性二次最优控制问题的推广.

关键词: 随机二次最优控制; 离散时间系统; 平均场理论; 拉格朗日乘子定理

中图分类号: O232 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0008-07

1 引言

1958 年, 贝尔曼开始研究二次型最优控制. 1960 年卡曼建立了基于状态反馈的线性二次型最优控制理论, 并在最优控制理论中引入了黎卡提微分方程. 这样就可以用统一的解析式来表示线性二次型最优控制的解, 且得到一个简单的线性状态反馈控制律, 从而构成闭环最优控制. 同时线性二次型最优控制问题还可以兼顾系统的性能指标等多方面的因素, 如它可以把得到的最优反馈控制与非线性系统开环最优控制结合起来, 可以减少开环系统的误差, 得到更精确的结果.

从 20 世纪 50 年代末开始, 控制理论进入了一个新的发展时期, 它所研究的对象扩展为多输入多输出的, 非线性的, 时变的离散时间系统, 它涉及到了线性控制, 自适应控制, 最优控制, 鲁棒控制, 非线性控制, 控制系统 CAD 等理论和方法. 今天, 随着被控模型的复杂性, 不确定性和规模的增大, 传统的基于精确的数学模型的控制理论的局限性日益明显. 众所周知, 系统很容易受到各种限制因素的影响, 例如温度、压力等. 因此受约束的随机线性二次最优控制问题的研究是一个非常重要的课题. 文献[1]针对模型自由的随机线性离散时间系统, 通过 Q 学习算法, 求解无限时间随机线性二次最优控制问题. 文献[2]研究了离散时间随机二次最优控制问题. 文献[3]考虑了具有确定性系数的平均场随机微分方程的线性二次最优控制问题. 在文献[4]中, 研究了在无限时间范围内存在的平均场二次最优控制问题. 文献[5]提出了有限时域随机最优控制模型的数值方法, 推导出了随机最小值原理, 并在此基础上提出了一种基于最小值原理直接求解的数值方法. 文献[6]研究一类基于社交影响力和平均场理论的信息传播动力学模型, 在针对影响力度量中主要研究静态拓扑结构, 利用平均场理论来忽略个体行为特征, 提出了一种基于动态节点行为和用户影响力的信息传播动力学模型.

本文利用凸分析的拉格朗日乘子定理研究带终端的随机线性二次最优控制问题, 并且将平均场理论应用到最优控制问题中, 可以最大限度的减小噪声对系统的影响, 并能方便的处理噪声方面的问题. 同时验证了平均区域随机二次最优控制问题存在线性反馈最优解的必要条件, 其结果可以看作是平均场离散时间随机二次最优控制问题的推广.

为了方便, 给出以下定义: M 是矩阵 M 的转置; $Tr(M)$ 是矩阵 M 的迹; 当 $M > 0$ ($M \geq 0$) 时, M 为正定矩阵; $E(x)$ 代表随机变量 x 的数学期望, $R^{m \times n}$ 为 $n \times m$ 矩阵; $N = \{0, 1, 2, \dots, T\}$; 并且令 $\Psi_1 = A_t + B_t L_t$, $\Psi_2 = \bar{A}_t + B_t \bar{L}_t$, $\Psi_3 = C_t + D_t L_t$, $\Psi_4 = \bar{C}_t + D_t \bar{L}_t$, $\Gamma = L_t + \bar{L}_t$. $\Psi_1^0 = A_t + B_t L_t^0$, $\Psi_2^0 = \bar{A}_t + B_t \bar{L}_t^0$,

收稿日期: 2017-11-01

作者简介: 冀鹏飞(1992-), 男, 山东青州人, 在读硕士研究生, 研究方向: 运筹学与控制论.

$$\Psi_3^0 = C_t + D_t L_t^0, \Psi_4^0 = \bar{C}_t + D_t \bar{L}_t^0, \Gamma^0 = L_t^0 + \bar{L}_t^0.$$

2 问题陈述

考虑以下形式的平均区域离散时间系统

$$x_{t+1} = [A_t x_t + \bar{A}_t E x_t + B_t u_t + \bar{B}_t E u_t] + [(C_t x_t + \bar{C}_t E x_t + D_t u_t + \bar{D}_t E u_t)] \omega_t, \\ t \in N_{T-1} = \{0, 1, 2, \dots, T-1\} \quad (1)$$

$$b_{i1} x_{1T} + b_{i2} x_{2T} + \dots + b_{in} x_{nT} = \xi_i, \quad (i=1, 2, \dots, r) \quad (2)$$

其中 $x_t \in R^n$, $A_t, \bar{A}_t, B_t, \bar{B}_t, C_t, \bar{C}_t, D_t, \bar{D}_t$ 是给定的矩阵值函数; x_t 和 u_t 分别是状态过程和控制过程; $E[\omega_t] = 0$ 和 $E[\omega_t \omega_t'] = \delta_x$ 是一个二阶过程, δ_x 是 Kronecker 函数; $\omega_t, t \in N$ 是定义在概率空间 (Ω, F, P) 上的一维的标准 Brown 运动, $F_t = \sigma(\omega_s, s \in N^+)$ 为 Brown 运动生成的信息流. $u(\cdot)$ 属于允许控制集

$$U_{ad} = \left\{ u_t \in R^m : E \sum_{t=0}^T |u_t|^2 < +\infty \right\} \quad (3)$$

ξ_i 为给定的 F_T 可测的平方可积随机变量, 即 $E|\xi_i| < +\infty$, b_{ij} 为已知实数, $i=1, 2, \dots, r; j=1, 2, \dots, n$. 令 $N_{r \times n} = (b_{ij})_{r \times n}$, $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_r)'$, 则约束(2)可写为 $N_T = \xi$, 在这里假设 N 为行满秩.

表述本文主要定理之前, 首先给出本文要用到的拉格朗日乘子定理和一些重要的引理.

定义 1^[7] 设 X 为向量空间, Y 为赋范线性空间, T 为 X 到 Y 的变换, 对 $x, h \in X$, 如果极限

$$\delta T_{x, h} = \lim_{\alpha \rightarrow 0} \frac{1}{\alpha} [T_{x+\alpha h} - T_x] \quad (4)$$

存在, 称此极限为 T 在 x 处方向 h 的方向导数或 Gateaux 导数. 若对任意的 $h \in X$, 上述极限都存在, 则称 T 在 x 处为 Gateaux 可导.

定义 2^[7] 设 X, Y 为赋范线性空间, T 为定义于 X 到 Y 的变换. 对于给定的 $x \in D, h \in X$, T 在 x 处为 Gateaux 可导, Gateaux 导数 $\delta T_{x, h} \in Y$ 关于 h 为有界线性变换, 且满足

$$\lim_{\|h\| \rightarrow 0} \frac{\|T_{x+h} - T_x - \delta T_{x, h}\|}{\|h\|} = 0$$

则称 T 在 x 处为 Frechet 可导, $\delta T_{x, h}$ 为 T 在 x 处 h 的 Frechet 导数.

定义 3^[7] 设 T_x 为定义于 Banach 空间 X 到 Banach 空间 Y 的变换, 且有连续的 Frechet 导数. 若对 $x_0 \in D, \delta T_{x_0, h}$ 为从 X 到 Y 的满射, 则称 x_0 为变换 T 的正则点.

引理 1^[7] 设 f_x 是定义于 Banach 空间 X 上具有连续的 Frechet 导数的实值函数, H_x 为 X 到 Banach 空间 Z 的映射, x_0 为变换 H_x 的正则点. 若 f_x 在约束 $H_x = 0$ 下在 x_0 处达到极值, 则存在 Z 上有界线性泛函 $z_0^* \in Z^*$, 使 Lagrang 泛函

$$L_x = f_x + z_0^* H_x$$

在 x_0 处有驻点, 即 $\delta f_{x_0, h} + z_0^* \delta H_{x_0, h} = 0$, 对所有 $h \in X$ 都成立.

在本节的最后再给出一个关于广义逆矩阵的引理.

引理 2^[8] 给定 $M \in R^{m \times n}$, 则存在唯一的 $M^\dagger \in R^{n \times m}$, 满足

$$\begin{cases} MM^\dagger M = M, M^\dagger M M^\dagger = M^\dagger \\ (MM^\dagger)' = MM^\dagger, (M^\dagger M)' = M^\dagger M \end{cases}$$

矩阵 M^\dagger 称为 M 的 Moor-Penrose 广义逆.

3 主要结论

对于离散时间控制系统(1), 给出关于可容许控制集 U_{ad} 的目标函数

$$J_{x_0, u} = \sum_{t=0}^{T-1} E[x_t' Q_t x_t + (E x_t)' \bar{Q}_t E x_t + u_t' R_t u_t + (E u_t)' \bar{R}_t E u_t] + E[(x_T)' G_T x_T] +$$

$$(Ex_T)' \bar{G}_T Ex_T \quad (5)$$

其中 G_T, \bar{G}_T 是对称矩阵.

定义 4 如果存在 $u^0 \in U_{ad}$ 满足

$$J_{x_0, u^0} = \inf_{u \in U_{ad}} J_{x_0, u} > -\infty, u \in U_{ad} \quad (6)$$

则称 u^0 为最优控制, 系统(1)为适定的. u_t^0 为最优轨迹, J_{x_0, u^0} 为最优目标函数.

如果线性反馈控制对问题(1)和(6)是最优的, 那么它在下列形式的反馈中也是最优的

$$u_t = L_t x_t + \bar{L}_t Ex_t \quad (7)$$

其中 $L_t, \bar{L}_t \in R^{m \times n}$, $t \in N_{T-1}$ 是矩阵值函数, $u_t^0 = L_t^* x_t + \bar{L}_t^* Ex_t$ 为最优状态反馈控制.

把(7)代入(1), 则二次最优控制问题变为以下形式

$$\begin{cases} x_{t+1} = \Psi_1 x_t + [B_t \bar{H}_t + \bar{A}_t + \bar{B}_t \Gamma] Ex_t + \Psi_3 x_t + [\Psi_4 + \bar{D}_t \Gamma Ex_t] \omega_t \\ x(0) = x_0 \end{cases} \quad (8)$$

称 $L_t, \bar{L}_t, t \in N$ 为新的控制集.

令 $X_t = E(x_t, x_t')$, $\bar{X}_t = Ex_t (E_t)'$. 通过(8)式可以得到

$$\begin{aligned} X_{t+1} &= \Psi_1 X_t \Psi_1' + \Psi_1 \bar{X}_t \Psi_2' + \bar{B}_t + (\Psi_2 + \bar{B}_t \Gamma) \bar{X}_t \Psi_1' + (\Psi_2 + \bar{B}_t \Gamma) \bar{X}_t + \\ &\quad (\Psi_2 + \bar{B}_t \Gamma)' + \Psi_3 X_t \Psi_3' + \Psi_3' \bar{X}_t (\bar{C}_t + D_t) \bar{H}_t + \\ &\quad \bar{D}_t \Gamma' (\bar{C}_t + D_t \Gamma) + \bar{X}_t \Psi_3 + (\Psi_4 + \bar{D}_t \Gamma) \bar{X}_t (\Psi_3 + \bar{D}_t \Gamma)' \equiv \chi(L_t, \bar{L}_t) \end{aligned} \quad (9)$$

$$X_0 = E(x_0, x_0')$$

$$\bar{X}_{t+1} = [A_t + \bar{A}_t + (B_t + \bar{B}_t) \Gamma] \bar{X}_t [A_t + \bar{A}_t + (B_t + \bar{B}_t) \Gamma]' \equiv \bar{\chi}_t(L_t, \bar{L}_t) \quad (10)$$

$$\bar{X}_0 = Ex_0 (Ex_0)'$$

把(9)和(10)代入(5), 经过简单的变形得到目标泛函如下

$$\bar{J}(X_t, \bar{X}_t, H_t, \bar{H}_t) = \sum_{t=0}^T \text{Tr}[Q_t + L_t' R_t L_t] X_t + \text{Tr}(\bar{\varphi}_t \bar{X}_t) + \text{Tr}(G_T X_T) + \text{Tr}(\bar{G}_T \bar{X}_T)$$

其中

$$\bar{\varphi}_t = \bar{Q} + \Gamma' \bar{R}_t \Gamma + L_t' R_t \bar{L}_t + \bar{L}_t' R_t L_t + \bar{L}_t' R_t \bar{L}_t$$

约束终端(2)变为

$$NX_T N' = M, M = E(\xi \xi'), N \bar{X}_T N' = \bar{M}, \bar{M} = E(\bar{\xi}) E(\bar{\xi})' \quad (11)$$

最优控制问题归结为以下形式

$$\min \sum_{t=0}^{T-1} \text{Tr}[Q_t + L_t' R_t L_t] X_t + \text{Tr}(\bar{\Phi}_t \bar{X}_t) + \text{Tr}(G_T X_T) + \text{Tr}(\bar{G}_T \bar{X}_T)$$

目标泛函 $J_{x_0, u}$ 可视为定义在空间 $C^{m \times n}[0, T] \times C^{m \times n}[0, T]$ 上, 其中 $C^{m \times n}[0, T]$ 为所有元素是 $[0, T]$ 上连续函数的 n 阶方阵构成的空间; (9) 式和 (10) 式定义了从 $C^{m \times n} \times C^{m \times n}$ 到 $C^{n \times n}$ 的变换 $H(X_{t+1}, \bar{X}_{t+1}, X_t, \bar{X}_t, L_t, \bar{L}_t)$

$$H(X_{t+1}, \bar{X}_{t+1}, X_t, \bar{X}_t, L_t, \bar{L}_t) = \chi_t(L_t, \bar{L}_t) + \bar{\chi}_t(L_t, \bar{L}_t) - X_{t+1} - \bar{X}_{t+1} \quad (12)$$

而(11)式定义了从 $C^{n \times n}[0, T]$ 到 $R^{r \times r}$ 的变换

$$G(\bar{X}_T) = N \bar{X}_T N'$$

$$G(X_T) = NX_T N'$$

从而约束(9)式, (10)式, (11)式可表示成为

$$H(X_{t+1}, \bar{X}_{t+1}, X_t, \bar{X}_t, L_t, \bar{L}_t) = \chi_t(L_t, \bar{L}_t) + \bar{\chi}_t(L_t, \bar{L}_t) - X_t - \bar{X}_t = 0 \quad (13)$$

$$G(X_T) = M, G(\bar{X}_T) = \bar{M}, t \in N_{T-1}$$

下面来证明 $H(X_{t+1}, \bar{X}_{t+1}, X_t, \bar{X}_t, L_t, \bar{L}_t)$, $J(X_t, \bar{X}_t, L_t, \bar{L}_t)$ 和 $G(X_T)$, $G(\bar{X}_T)$ 有连续的 Frechet 导数.

定理 1 $H(X_{t+1}, \bar{X}_{t+1}, X_t, \bar{X}_t, L_t, \bar{L}_t)$, $J(X_t, \bar{X}_t, L_t, \bar{L}_t)$, $G(X_t)$, $G(\bar{X}_t)$ 都有连续的 Frechet 导数, 且导数为

$$\begin{aligned} \delta H_X(\Delta X_t) &= \Psi_1 \Delta X_t \Psi_1' + \Psi_3 \Delta X_t \Psi_3' \\ \delta H_{\bar{X}}(\Delta \bar{X}_t) &= \Psi_1 \Delta \bar{X}_t (\Psi_2 + \bar{B}_t \Gamma') + (\Psi_2 + \bar{B}_t \Gamma)' + \Psi_3 \cdot \Delta \bar{X}_t (\Psi_3 + \bar{D}_t \Gamma)' + \\ &\quad \Psi_3 + D_t \Gamma \Delta \bar{X}_t \Psi_3 + D_t \Gamma' \\ \delta H_X(\Delta X_{t+1}) &= -\Delta X_{t+1} \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \delta H_{\bar{X}}(\Delta \bar{X}_{t+1}) &= -\Delta \bar{X}_{t+1} \\ \delta H_{\bar{H}}(\Delta \bar{H}_t) &= \Psi_1 \bar{X}_t (B_t \Delta L_t + \bar{B}_t \Delta \bar{L}_t)' + 2B_t \Delta \bar{L}_t \Delta \bar{X}_t \Psi_1' + (B_t \Delta L_t + \bar{B}_t \Delta \bar{L}_t) \bar{X}_t (\Psi_2 + \\ &\quad \bar{B}_t \Gamma)' + (\Psi_1 + \bar{B}_t \Gamma) \bar{X}_t (B_t \Delta L_t + \bar{B}_t \Delta \bar{L}_t)' + \Psi_3 \bar{X}_t (\Psi_4 + \\ &\quad \bar{D}_t \Delta \bar{L}_t' + (D_t \Delta \bar{L}_t + \bar{D}_t \Delta \bar{L}_t)' \bar{X}_t \Psi_3' + (D_t \Delta \bar{L}_t + \bar{D}_t \Delta \bar{L}_t) \bar{X}_t (\Psi_4 + \bar{D}_t \Gamma)' + \\ &\quad (\Psi_4 + \bar{D}_t \Gamma) \bar{X}_t (D_t \Delta \bar{L}_t + \bar{D}_t \Delta \bar{L}_t)' \\ \delta H_H(\Delta L_t) &= B_t \Delta L_t X_t \Psi_1' + \Psi X_t (B_t \Delta L_t)' + B_t \Delta L_t \bar{X}_t (\Psi_2 + \bar{B}_t \Gamma)' + \\ &\quad \Psi_1 \bar{X}_t (\bar{B}_t \Delta L_t)' + [\bar{B}_t \Delta L_t] \bar{X}_t \Psi_1 + \Psi_2 + \bar{B}_t \Gamma \bar{X}_t (\bar{B}_t \Delta L_t)' + \\ &\quad D_t \Delta L_t X_t \Psi_3' + \Psi_3 \bar{X}_t (\bar{B}_t \Delta L_t)' + D_t \Delta L_t \bar{X}_t \Psi_3 + \bar{D}_t \Gamma + \\ &\quad \Psi_3 \bar{X}_t (\bar{D}_t \Delta L_t)' + D_t \Delta L_t \bar{X}_t \Psi_3' + (\Psi_3 + D_t \Gamma) \bar{X}_t (D_t \Delta L_t)' + \\ &\quad \bar{D}_t \Delta L_t \bar{X}_t (\Psi_4 + \bar{D}_t \Gamma)' + D_t \bar{L}_t + (\bar{D}_t \Gamma) \bar{X}_t (\bar{D}_t \Delta L_t)' + (B_t + \bar{B}_t \Delta L_t) \\ &\quad X_t (A_t + \bar{A}_t + B_t + \bar{B}_t) \Gamma' + (A_t + \bar{A}_t + B_t + \bar{B}_t) \Gamma \bar{X}_t [(B_t + \bar{B}_t) \Delta L_t]' \end{aligned} \quad (15)$$

$J(X_t, \bar{X}_t, L_t, \bar{L}_t)$ 的 Frechet 导数为

$$\begin{aligned} \delta \bar{J}_X(\Delta X_t) &= \sum_{t=0}^{T-1} [Tr(Q_t + L_t' R_t L_t)] \Delta X_t \\ \delta \bar{J}_{\bar{X}}(\Delta \bar{X}_t) &= Tr(\bar{\Phi}_t \Delta \bar{X}_t), \\ \delta \bar{J}_H(\Delta L_t) &= \sum_{t=0}^{T-1} Tr[\Delta L_t' R_t L_t + L_t' R_t \Delta L_t] X_t + Tr[\Delta L_t' \bar{R}_t \Gamma + \Gamma' \bar{R}_t - \Delta L_t] + \\ &\quad \Delta L_t' R_t \bar{L}_t + \bar{L}_t' R_t \Delta L_t \bar{X}_t, \\ \delta \bar{J}_{\bar{L}}(\Delta \bar{L}_t) &= \sum_{t=0}^{T-1} Tr[\Delta \bar{L}_t' \bar{R}_t \Gamma + L_t' R_t \Delta L_t + \Delta \bar{L}_t' R_t L_t + \bar{L}_t' + \bar{L}_t' R_t \Delta L_t] \bar{X}_t \\ \delta \bar{J}_X(\Delta X_T) &= G_T, \delta \bar{J}_{\bar{X}}(\Delta \bar{X}_T) = \bar{G}_T, \delta G(\Delta X_T) = N \Delta X_T N' \end{aligned}$$

其中 ΔX_{t+1} , $\Delta \bar{X}_{t+1}$, ΔX_t , $\Delta \bar{X}_t$, ΔL_t , $\Delta \bar{L}_t$ 是矩阵值连续函数.

证明 在这里只证明(14)式,其他证明过程跟(14)式相似.

令 $X_{\alpha t} = X_t + \alpha \Delta X_t$, 通过定义 1, 能够得出

$$\delta H_X(\Delta X_t) = \lim_{\alpha \rightarrow 0} \frac{v - \omega}{\alpha} \quad (16)$$

其中

$$\begin{aligned} v &= H(X_{t+1}, \bar{X}_{t+1}, X_{\alpha t}, \bar{X}_t, L_t, \bar{L}_t), \omega = H(X_{t+1}, \bar{X}_{t+1}, X_t, \bar{X}_t, L_t, \bar{L}_t) \\ H(X_{t+1}, \bar{X}_{t+1}, X_{t+1}, \bar{X}_{t+1}, L_t, \bar{L}_t) &= \chi_t(L_t, \bar{L}_t) - X_{t+1} + \bar{\chi}_t(L_t, \bar{L}_t) - \bar{X}_{t+1} \end{aligned} \quad (17)$$

令 $\alpha \rightarrow 0$, 可以得出(14).

定理 2 如果存在

$$u_t^0 \equiv L_t^0 x_t + \bar{L}_t^0 E x_t \quad (18)$$

是最优控制,那么存在对称矩阵 $P_t, \bar{P}_t, P_t, \bar{P}_t$ 和 $\lambda \in R^{r \times r}$ 满足

$$\begin{cases} P_t = Q_t + (L_t^0)' R_t L_t^0 + (A_t + B_t L_t^0)' P_{t+1} (A_t + B_t L_t^0) + (C_t + D_t L_t^0)' P_{t+1} \\ (C_t + D_t L_t^0) \\ P_T = N \lambda N' + G_T \end{cases} \quad (19)$$

$$\begin{cases} \bar{P}_t = \bar{Q}_t + L_t^0' R_t \bar{L}_t^0 + \bar{L}_t^0 R_t L_t^0 + \bar{L}_t^0' R_t \bar{L}_t^0 + \Gamma^0 \bar{R}_t \Gamma^0 + \Psi^0 \cdot P_{t+1} (\Psi_2^0 + \bar{B}_t \Gamma^0) + \\ (\Psi_2^0 + \bar{B}_t \Gamma^0)' P_{t+1} \Psi_1^0 + (\Psi_2^0 + \bar{B}_t \Gamma^0)' P_{t+1} (\Psi_2^0 + \bar{B}_t \Gamma^0) + \Psi_3^0 P_{t+1} \Psi_4^0 + \\ \bar{D}_t \Gamma^0 + (\Psi_4^0 + \bar{D}_t \Gamma^0) P_{t+1} (\Psi_4^0 + \bar{D}_t \Gamma^0) + [A_t + \bar{A}_t + (B_t + \bar{B}_t) \Gamma^0]' \\ P_{t+1} [A_t + \bar{A}_t + [A_t + \bar{A}_t + (B_t + \bar{B}_t) \Gamma^0]] \\ \bar{P}_T = N \bar{\lambda} N' + \bar{G}_T \end{cases} \quad (20)$$

证明 设 $(X_t^0, \bar{X}_t^0, L_t^0, \bar{L}_t^0)$ 是(5)式的最优解,通过定理 2,可以得到对称矩阵 P_t, \bar{P}_t 和 $\lambda, \bar{\lambda} \in R^{r \times r}$, 满足以下等式

$$\begin{aligned} \delta J_X(\Delta X_t) + \delta H_X(\Delta X_{t+1}) + \delta H_X(\Delta X_t) + \delta G(\Delta X_T) &= 0 \\ \delta J_X(\Delta \bar{X}_t) + \delta H_X(\Delta \bar{X}_{t+1}) + \delta H_X^-(\Delta \bar{X}_t) + \delta G(\Delta \bar{X}_T) &= 0 \end{aligned} \quad (21)$$

$$\delta J_L(\Delta L_t) + \delta H_L(\Delta H_t) = 0 \quad (22)$$

$$\delta J_{\bar{L}}(\Delta \bar{L}_t) + \delta L_{\bar{L}}(\Delta \bar{L}_t) = 0$$

由于 $\Delta X_0 = 0, \Delta \bar{X}_0 = 0$, 那么(21)式和(22)式变为

$$\begin{aligned} \sum_{t=0}^{T-1} \{ Tr [Q_t + (L_t^0)' R_t L_t^0] \} \Delta X_t - P_{t+1} \Delta X_{t+1} + (\Psi_1^0 \Delta X_t (\Psi_1^0)' + \Psi_3 \Delta X_t (\Psi_3^0)') P_{t+1} + \\ N \Delta X_T N' - Tr(P_T \Delta X_T) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Tr(\varphi_t \Delta \bar{X}_t) - \bar{P}_{t+1} \Delta \bar{X}_{t+1} + \{ \Psi_1^0 \Delta \bar{X}_t (\Psi_2^0 + \bar{B}_t \Gamma^0)' + (\Psi_2^0 + \bar{B}_t \Gamma^0)' + \Psi_3 \Delta \bar{X}_t \\ (\Psi_4^0 + \bar{D}_t \Gamma^0) + (\Psi_3^0 + D_t \Gamma^0) \Delta \bar{X}_t \Psi_3 + (\Psi_4 + \bar{D}_t \Gamma^0) \Delta \bar{X}_t (\bar{D}_t \Gamma^0 + \Psi_4^0) P_{t+1} + N \Delta \bar{X}_T N' - \\ E(P_T \Delta X_T) = 0 \end{aligned}$$

由于 ΔX_t 和 ΔX_T 相互独立,则(19)式证出.

通过类似的方法,(20)式也可以被证出.

结论 1 如果(8)式,(11)式,(18)–(20)式存在解 $x_t^0, L_t^0, \bar{L}_t^0, P_t, \bar{P}_t, u_t^0 = -(\bar{\omega}_t^1)^{-1} \bar{S}_t^1 x_t + [-(\bar{\omega}_t^2)^{-1} \bar{S}_t^2 + (\bar{\omega}_t^1)^{-1} (\bar{S}_t^2)^{-1}] E x_t$ 是最优控制,则最优目标函数满足

$$J_{x_0, u^0} = E[(x_0 - E(x_0))' P_0 (x_0 - E(x_0))] + E(x_0)' \bar{P}_0 E(x_0) + Tr \lambda M + Tr \bar{\lambda} \bar{M}$$

其中

$$\begin{cases} \bar{\omega}_t^1 = R_t + B_t' P_{t+1} B_t + D_t' P_{t+1} D_t \\ \bar{\omega}_t^2 = R_t + \bar{R}_t + (B_t + \bar{B}_t)' (P_{t+1} + \bar{P}_{t+1}) (B_t + \bar{B}_t) + (D_t + \bar{D}_t) P_{t+1} (D_t + \bar{D}_t)' \\ \bar{S}_t^1 = B_t' P_{t+1} A_t + D_t P_{t+1} C_t \\ \bar{S}_t^2 = (B_t + \bar{B}_t)' (P_{t+1} + \bar{P}_{t+1}) (A_t + \bar{A}_t) + (D_t + \bar{D}_t)' P_{t+1} (C_t + \bar{C}_t) \end{cases}$$

把(16)式代入(5)式,经简单变形,就可得到上述结论.

推论 1 对于平均场二次最优控制问题,如果满足

$$\begin{cases} NX_T N' = 0, N \bar{X}_T N' = 0 \\ Q_r + \bar{Q}_T \geq 0, R_t + \bar{R}_t > 0 \\ P_T = G_T, G_T + \bar{G}_T \geq 0 \end{cases}$$

则 P_t, \bar{P}_T 满足 $P_t + \bar{P}_t \geq 0, t \in T$.

此证明过程与参考文献[9]的证明过程相似,不再加以赘述.

4 数值例子

考虑一个周期为 3 的数值例子

$$\min_{u_0, u_1, u_2} \sum_{t=0}^2 E[x_t' Q_t x_t + (Ex_t)' \bar{Q}_t Ex_t + u_t' R_t u_t + (Eu_t)' \bar{R}_t Eu_t + E[x_3 G_3 x_3] (Ex_3)' \bar{G}_3 Ex_3$$

满足

$$\begin{cases} x_{t+1} = (A_t x_t + \bar{A}_t Ex_t + B_t u_t + \bar{B}_t Eu_t) + (C_t x_t + \bar{C}_t Ex_t + D_t u_t + \bar{D}_t Eu_t) \omega_t \\ b_{i1} x_{1T} + b_{i2} x_{2T} + \dots + b_{in} x_{nT} = \xi_i, i = 1, 2, \dots, t, x_0 \in R^3, T = 3 \end{cases}$$

其系数值为

$$\begin{aligned} A_t &= \begin{bmatrix} 0.2 & 0.4 & 0.2 \\ 0 & 0.2 & 0.6 \\ 0.6 & 0.4 & 0.2 \end{bmatrix}, \bar{A}_t = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.4 & 0.2 \\ 0 & 0.2 & 0.7 \\ 0.6 & 0.5 & 0.2 \end{bmatrix}, B_t = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.2 & 0.3 \\ 0.2 & 0.4 & 0.2 \\ 0.3 & 0.3 & 0.4 \end{bmatrix}, \bar{B}_t = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.2 & 0.3 \\ 0.2 & 0.5 & 0.2 \\ 0.2 & 0.3 & 0.4 \end{bmatrix}, \\ C_t &= \begin{bmatrix} 0.2 & 0.4 & 0.6 \\ 0.4 & 0.2 & 0.6 \\ 0.2 & 0.4 & 0.2 \end{bmatrix}, \bar{C}_t = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.4 & 0.6 \\ 0.4 & 0.3 & 0.6 \\ 0.2 & 0.4 & 0.3 \end{bmatrix}, D_t = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.6 & 0.3 \\ 0.6 & 0.4 & 0.1 \\ 0.3 & 0.1 & 0.2 \end{bmatrix}, \bar{D}_t = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.5 & 0.3 \\ 0.5 & 0.4 & 0.1 \\ 0.3 & 0.3 & 0.2 \end{bmatrix}, \\ Q_t &= \text{diag}(0, 1.5, 1), \bar{Q}_t = \text{diag}(1, 1, 0), R_t = \text{diag}(1, 1, 0), \bar{R}_t = \text{diag}(1.5, 1, 0), \\ G_3 &= \begin{bmatrix} 0.1 & 0.1 & 0.3 \\ 0.2 & 0.1 & 0.1 \\ 0.2 & 0.3 & 0.1 \end{bmatrix}, \bar{G}_3 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.2 & 0.3 \\ 0.1 & 0.2 & 0.1 \\ 0.2 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix}, N\lambda N = \begin{bmatrix} 0 & 0.1 & 0.1 \\ 0 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.1 & 0.1 \end{bmatrix}, \bar{N}\lambda N = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.1 & 0.1 \\ 0.2 & 0.1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.2 & 0.2 \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

借助于 Riccati 方程(12)和(18),可以得到 Riccati 解为 $\bar{\omega}_t^1, \bar{\omega}_t^2, \bar{S}_t^1, \bar{S}_t^2, P_t, \bar{P}_t, t = 0, 1, 2$.

应用结论 1,可以得到最优控制 $u_t^0 = L_t^0 x_t + \bar{L}_t^0 Ex_t, t = 0, 1, 2$,其中

$$\begin{aligned} H_0^0 &= \begin{bmatrix} -0.1334 & -0.0702 & -0.2371 \\ -0.0066 & -0.0001 & -0.2727 \\ -1.0623 & -1.1309 & -0.7037 \end{bmatrix}, \bar{H}_0^0 = \begin{bmatrix} -0.3587 & -0.4168 & -0.3626 \\ -0.0384 & -0.1543 & -0.5260 \\ -0.2281 & -0.3396 & 0.0205 \end{bmatrix}, \\ H_1^0 &= \begin{bmatrix} -0.1367 & -0.0639 & -0.2355 \\ -0.0106 & -0.0042 & -0.2477 \\ -1.0532 & -1.1267 & -0.8091 \end{bmatrix}, \bar{H}_1^0 = \begin{bmatrix} -0.5785 & -0.6798 & -0.6147 \\ 0.0504 & -0.0535 & -0.4853 \\ 0.6747 & 0.7164 & 1.2274 \end{bmatrix}, \\ H_2^0 &= \begin{bmatrix} -0.0439 & -0.0141 & -0.0704 \\ -0.0149 & -0.0302 & -0.0527 \\ -0.9549 & -1.2268 & -1.4259 \end{bmatrix}, \bar{H}_2^0 = \begin{bmatrix} 0.0083 & 0.0469 & 0.0636 \\ -0.0015 & -0.0276 & -0.0889 \\ -0.9422 & -1.1893 & -1.2288 \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

5 总结

主要研究了平均场线性二次最优控制问题.借助于拉格朗日乘子定理,给出了该问题存在最优解的必要条件,并计算出了状态反馈最优解.将平均场理论应用到最优控制问题中,可以最大限度的减小噪声对系统

的影响并能方便的处理噪声问题. 最后通过一个数值例子验证了结论的正确性.

参考文献:

- [1] 么彩莲,王涛. 模型自由的离散时间系统的随机线性二次最优控制问题[J]. 辽宁石油化工大学学报,2016,36(6):64-68.
- [2] X. K. Liu, Y. Li, W. H. Zhang. stochastic linear quadratic optimal control with constraint for discrete-time systems[J]. Applied Mathematics and Computation,2014,228(9):264-270.
- [3] J. M. Yong. A linear-quadratic optimal control problem for mean-field stochastic differential equations[J]. SIAM J. Control and Optim,2013,51(4):2809-2838.
- [4] Y. N. Ni, R. Elliott, X. Li. Discrete-time mean-field stochastic linear-quadratic optimal control problems, : Infinite horizon case[J]. Automatica,2013,57(11):65-77.
- [5] P. Parpas, M. Webster. A stochastic minimum principle and an adaptive pathwise algorithm for stochastic optimal control [J]. Automatica,2013,49(6):1663-1671.
- [6] 肖云鹏,李松阳,刘宴兵. 一种基于社交影响力和平均场理论的信息传播动力学模型[J]. 物理学报,2017,66(3):1-13.
- [7] D. G. Luenberger, Optimization by vectors Space Methods[M]. Wiley, New York, 1968.
- [8] M. A. Rami, J. B. Moore, X. Y. Zhou. Indefinite stochastic linear quadratic control and generalized differential Riccati equation[J]. SIAM J. Control & Optimization,2001,40:1296-1311.
- [9] R. J. Elliott, X. Li, Y. H. Ni. Discrete-time mean-field stochastic linear-quadratic optimal control problems[J]. Automatica,2013,49:3222-3223.

Discrete-time Mean-field Quadratic Optimal Control Problem

Ji Peng-fei

(College of Mathematics and Systems Science, Shandong University of
Science and Technology, Qingdao Shandong 266000, China)

Abstract: A mean-field stochastic linear-quadratic (LQ) optimal control for discrete-time systems with constraint is discussed in this paper. A necessary condition is presented under which the LQ problem is well-posed and a state feedback solution is derived, with the help of Lagrange multiplier theorem. In a sense, this paper can be seen as the generalization about the mean-field discrete-time stochastic LQ optimal control problem.

Key words: Stochastic LQ control; Discrete-time systems; Mean-field, With constraint; Lagrange multiplier theorem

一族可积晶格孤子方程及其达布变换

吴迪

(山东科技大学 数学与系统科学学院, 青岛 266590)

摘要: 首先介绍一个离散的空间矩阵谱问题, 然后运用离散零曲率表示法生成了一族晶格孤子方程, 并证明了晶格孤子方程族具有 Lax 可积性以及 Liouville 可积性. 最后, 构造可积晶格孤子方程的达布变换, 并应用构造的达布变换求解可积晶格孤子方程, 得到了一对新的精确解.

关键词: 达布变换; 晶格孤子方程; Lax 对; 离散零曲率方程

中图分类号: O029 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0015-07

近年来, 晶格孤子方程及其相关特性备受众多数学物理学家的关注, 已经成为了数学物理领域的一个重要研究目标, 虽然被研究的晶格孤子方程不胜枚举, 但在研究上取得重要突破的晶格孤子方程^[1-8]并不多. 离散零曲率表示法是获取晶格孤子方程的一个十分有效的方法, 应用该方法, 晶格孤子方程能够被写成相关空间矩阵谱问题和时间矩阵谱问题的一个相容性条件. 在晶格孤子理论中, 达布变换^[9-12]是获得晶格孤子方程精确解的一个重要方法, 离散矩阵谱问题在达布变换的构造中起着极其重要的作用, 运用晶格孤子方程的空间矩阵谱问题以及时间矩阵谱问题, 可以得到晶格孤子方程的达布变换.

1 可积晶格孤子方程族

首先介绍一个离散的空间二阶矩阵谱问题

$$E\varphi_n = U_n(u_n, \lambda)\varphi_n, U_n(u_n, \lambda) = \begin{pmatrix} 0 & r_n \\ \frac{\lambda}{r_n} & \lambda + \frac{s_n}{r_n} \end{pmatrix} \quad (1)$$

其中 u_n 是势向量, φ_n 是特征函数向量, λ 是谱参数并且 $\lambda_i = 0$.

然后, 引入一个驻定的离散零曲率方程

$$(EV_n)U_n - U_nV_n = V_{n+1}U_n - U_nV_n = 0 \quad (2)$$

假设

$$V_n = \begin{pmatrix} a_n & b_n \\ c_n\lambda & -a_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

方程(2)可以具体写成如下形式

$$\begin{aligned} \frac{b_{n+1}}{r_n} - r_n c_n &= 0, b_{n+1}\lambda = -\frac{s_n b_{n+1}}{r_n} - r_n(a_n + a_{n+1}), c_n\lambda = -\frac{s_n c_n}{r_n} - \frac{a_n + a_{n+1}}{r_n} \\ (r_n c_{n+1} - \frac{b_n}{r_n} + a_n - a_{n+1})\lambda &= \frac{s_n(a_{n+1} - a_n)}{r_n} \end{aligned} \quad (4)$$

假设

$$a_n = \sum_{m=0}^{\infty} a_n^{(m)}\lambda^{-m}, b_n = \sum_{m=0}^{\infty} b_n^{(m)}\lambda^{-m}, c_n = \sum_{m=0}^{\infty} c_n^{(m)}\lambda^{-m} \quad (5)$$

并将 a_n, b_n, c_n 代入(4), 得到一组递推关系, 如下

收稿日期: 2017-12-25

作者简介: 吴迪(1991-), 男, 安徽六安人, 在读硕士研究生, 研究方向: 孤立子理论及其应用.

$$\begin{aligned} \frac{b_{n+1}^{(m)}}{r_n} - r_n c_n^{(m)} = 0, b_{n+1}^{(m+1)} = -\frac{s_n b_{n+1}^{(m)}}{r_n} - r_n (a_n^{(m)} + a_{n+1}^{(m)}), c_n^{(m+1)} = -\frac{s_n c_n^{(m)}}{r_n} - \frac{a_{n+1}^{(m)} + a_n^{(m)}}{r_n}, \\ r_n c_{n+1}^{(m+1)} - \frac{b_n^{(m+1)}}{r_n} + a_n^{(m+1)} - a_{n+1}^{(m+1)} = \frac{s_n (a_{n+1}^{(m)} - a_n^{(m)})}{r_n} \end{aligned} \quad (6)$$

经过计算得到 $a_n^{(0)} - a_{n+1}^{(0)} = 0, b_n^{(0)} = 0, c_n^{(0)} = 0$, 设 $a_n^{(0)} = -\frac{1}{2}$, 因此得到首项数集为 $a_n^{(0)} = -\frac{1}{2}, b_n^{(0)} = 0, c_n^{(0)} = 0$, 进而通过计算得到首项数集, 如下

$$a_n^{(1)} = \frac{r_{n-1}}{r_n}, b_n^{(1)} = r_{n-1}, c_n^{(1)} = \frac{1}{r_n} \quad (7)$$

由命题[7]可知 $a_n^{(m)}, b_n^{(m)}, c_n^{(m)}, m \geq 1$ 都是局部的, 用差分算子 $(E-1)$ 的逆算子 $(E-1)^{-1}$ 求解 $a_n^{(m)}, m \geq 1$ 时, 取常数项为 0, 那么递推关系(6)式就唯一的决定了 $a_n^{(m)}, b_n^{(m)}, c_n^{(m)}, m \geq 1$.

假设

$$V_n^{(m)} = \begin{pmatrix} \sum_{i=0}^m a_n^{(i)} \lambda^{m-i} & \sum_{i=0}^m b_n^{(i)} \lambda^{m-i} \\ \sum_{i=0}^m c_n^{(i)} \lambda^{m-i+1} & -\sum_{i=0}^m a_n^{(i)} \lambda^{m-i} \end{pmatrix} \quad (8)$$

借助递推关系(6)式经过计算得到离散零曲率方程

$$\begin{aligned} (EV_n^{(m)})U_n - U_n V_n^{(m)} &= \begin{pmatrix} \sum_{i=0}^m a_{n+1}^{(i)} \lambda^{m-i} & \sum_{i=0}^m b_{n+1}^{(i)} \lambda^{m-i} \\ \sum_{i=0}^m c_{n+1}^{(i)} \lambda^{m-i+1} & -\sum_{i=0}^m a_{n+1}^{(i)} \lambda^{m-i} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & r_n \\ \frac{\lambda}{r_n} & \lambda + \frac{s_n}{r_n} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0 & r_n \\ \frac{\lambda}{r_n} & \lambda + \frac{s_n}{r_n} \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} \sum_{i=0}^m a_n^{(i)} \lambda^{m-i} & \sum_{i=0}^m b_n^{(i)} \lambda^{m-i} \\ \sum_{i=0}^m c_n^{(i)} \lambda^{m-i+1} & -\sum_{i=0}^m a_n^{(i)} \lambda^{m-i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{s_n b_{n+1}^{(m)}}{r_n} + r_n (a_n^{(m)} + a_{n+1}^{(m)}) \\ -\frac{r_n (s_n c_n^{(m)} + a_n^{(m)} + a_{n+1}^{(m)})}{(r_n)^2} \lambda & \frac{r_n s_n (a_n^{(m)} - a_{n+1}^{(m)})}{(r_n)^2} \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (9)$$

不难看出方程(9)和 $U_{n t_m}$ 是相容的, 因此, 时间谱问题

$$\varphi_{n t_m} = V_n^{(m)} \varphi_n, m \geq 0 \quad (10)$$

与空间谱问题(1)是密切相关的.

所以, 空间谱问题(1)和时间谱问题(10)的相容性条件为

$$(E\varphi_n)_{t_m} = E((\varphi_n)_{t_m}) \quad (11)$$

它等价于离散零曲率方程, 如下

$$U_{n t_m} = (EV_n^{(m)})U_n - U_n V_n^{(m)}, m \geq 0 \quad (12)$$

方程(12)给出了一族晶格孤子方程如下

$$r_{n t_m} = \frac{s_n b_{n+1}^{(m)}}{r_n} + r_n (a_n^{(m)} + a_{n+1}^{(m)}), s_{n t_m} = \frac{s_n^2 b_{n+1}^{(m)}}{r_n^2} + 2s_n a_n^{(m)} \quad (13)$$

因为空间谱问题(1)和时间谱问题(10)构成了方程族(13)的 Lax 对, 所以方程族(13)是 Lax 意义上的可积晶格孤子方程族.

在方程族(13)中, 当 $m=1$ 时, 得到可积晶格孤子方程

$$r_{n t_1} = s_n + r_{n-1} + \frac{r_n^2}{r_{n+1}}, s_{n t_1} = \frac{s_n^2}{r_n} + \frac{2r_{n-1}s_n}{r_n} \quad (14)$$

当 $m=1$ 时, 得到

$$V_n^{(1)} = V_n = \begin{pmatrix} -\frac{\lambda}{2} + \frac{r_{n-1}}{r_n} & r_{n-1} \\ \frac{\lambda}{r_n} & \frac{\lambda}{2} - \frac{r_{n-1}}{r_n} \end{pmatrix} \quad (15)$$

因此,当 $m=1$ 时,时间谱问题(10)等价于

$$\varphi_{nt} = V_n \varphi_n = \begin{pmatrix} -\frac{\lambda}{2} + \frac{r_{n-1}}{r_n} & r_{n-1} \\ \frac{\lambda}{r_n} & \frac{\lambda}{2} - \frac{r_{n-1}}{r_n} \end{pmatrix} \varphi_n \quad (16)$$

显然,空间谱问题(1)和时间谱问题(16)的相容性条件 $(E\varphi_n)_t = E(\varphi_{nt})$ 等价于离散零曲率方程

$$U_{nt} = V_{n+1}U_n - U_nV_n \quad (17)$$

方程(17)能够写成如下可积晶格孤子方程

$$u_{nt} = \begin{pmatrix} r_n \\ s_n \end{pmatrix}_t = \begin{pmatrix} s_n + r_{n-1} + \frac{r_n^2}{r_{n+1}} \\ \frac{s_n^2}{r_n} + \frac{2s_n r_{n-1}}{r_n} \end{pmatrix} \quad (18)$$

方程(18)又能够写成如下哈密顿形式

$$u_{nt} = \begin{pmatrix} r_n \\ s_n \end{pmatrix}_t = J \frac{\delta \tilde{H}_n}{\delta u_n} \quad (19)$$

其中 J 为哈密顿算子

$$J = \begin{pmatrix} r_n E r_n - r_n E^{-1} r_n & s_n E r_n \\ -r_n E^{-1} s_n & 0 \end{pmatrix} \quad (20)$$

这里介绍一下守恒泛函和变分导数的定义,如下

守恒泛函

$$\tilde{H}_n = \sum_{n \in \mathbb{Z}} \left(\frac{s_n}{r_n} + \frac{r_n}{r_{n+1}} \right) \quad (21)$$

变分导数

$$\frac{\delta \tilde{H}_n}{\delta u_n} = \left(\frac{\delta \tilde{H}_n}{\delta r_n}, \frac{\delta \tilde{H}_n}{\delta s_n} \right)^T \quad (22)$$

这里 $\frac{\delta \tilde{H}_n}{\delta r_n} = \sum_{m \in \mathbb{Z}} E^{-m} \left(\frac{\partial \tilde{H}_n}{\partial r_{n+m}} \right)$, $\frac{\delta \tilde{H}_n}{\delta s_n} = \sum_{m \in \mathbb{Z}} E^{-m} \left(\frac{\partial \tilde{H}_n}{\partial s_{n+m}} \right)$.

基于参考文献[2],能够从方程(19)中得到一组无穷多个对合的守恒泛函,因此方程(19)是 Liouville 意义上可积的离散哈密顿结构.

2 达布变换的构造

如果矩阵谱问题的一个标准变换能够将该矩阵谱问题转换为另一个具有相同结构形式的矩阵谱问题,那么就称这个标准变换为达布变换,本节主要介绍对可积晶格孤子方程(18)达布变换的构造.

令 $y_n = (y_n^1, y_n^2)^T$ 和 $z_n = (z_n^1, z_n^2)^T$ 为方程(1)和方程(16)的两个线性无关的解,并且定义矩阵 T_n 为

$$T_n = \begin{pmatrix} \lambda + a_n & b_n \\ \lambda c_n & \lambda + d_n \end{pmatrix} \quad (23)$$

这里 a_n, b_n, c_n 和 d_n 都是关于变量 n 和 t 的未定义函数.

考虑如下标准变换

$$\tilde{\varphi}_n = T_n \varphi_n \quad (24)$$

标准变换(24)将空间矩阵谱问题(1)和时间矩阵谱问题(16)分别转化为

$$\tilde{\varphi}_{n+1} = \tilde{U}_n \tilde{\varphi}_n \quad (25)$$

$$\tilde{\varphi}_{nt} = \tilde{V}_n \tilde{\varphi}_n \quad (26)$$

这里

$$\tilde{U}_n = T_{n+1}U_nT_n^{-1}, \tilde{V}_n = (T_{nt} + T_nV_n)T_n^{-1} \quad (27)$$

接下来将要确定矩阵 T_n 的具体形式,具体形式的 T_n 能够使 \tilde{U}_n 和 U_n 以及 \tilde{V}_n 和 V_n 分别具有相同的结构形式.

假设 λ_1 和 λ_2 是方程 $\det T_n = 0$ 的两个根,首先令

$$\varphi_n = \begin{pmatrix} y_n^1 & z_n^1 \\ y_n^2 & z_n^2 \end{pmatrix} \quad (28)$$

根据方程 $\tilde{\varphi}_n = T_n \varphi_n$,可以得到

$$\tilde{\varphi}_n = \begin{pmatrix} (\lambda + a_n)y_n^1 + b_n y_n^2 & (\lambda + a_n)z_n^1 + b_n z_n^2 \\ \lambda c_n y_n^1 + (\lambda + d_n)y_n^2 & \lambda c_n z_n^1 + (\lambda + d_n)z_n^2 \end{pmatrix} \quad (29)$$

当 $\lambda = \lambda_i, i=1,2$ 时,矩阵 $\tilde{\varphi}_n$ 的两列是线性相关的,因此存在两个非零常数 β_1 和 β_2 能够使

$$(\lambda_i + a_n)y_n^1 + b_n y_n^2 = \beta_i((\lambda_i + a_n)z_n^1 + b_n z_n^2) \quad (30)$$

$$\lambda_i c_n y_n^1 + (\lambda_i + d_n)y_n^2 = \beta_i(\lambda_i c_n z_n^1 + (\lambda_i + d_n)z_n^2), i=1,2$$

根据(30)并经过计算,得到

$$a_n = \frac{\sigma_2(n)\lambda_1 - \sigma_1(n)\lambda_2}{\sigma_1(n) - \sigma_2(n)}, b_n = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\sigma_1(n) - \sigma_2(n)} \quad (31)$$

$$c_n = \frac{\sigma_1(n)\sigma_2(n)(\lambda_1 - \lambda_2)}{\sigma_1(n)\lambda_2 - \sigma_2(n)\lambda_1}, d_n = \frac{(\sigma_2(n) - \sigma_1(n))\lambda_1\lambda_2}{\sigma_1(n)\lambda_2 - \sigma_2(n)\lambda_1}$$

其中

$$\sigma_i(n) = \frac{y_n^2 - \beta_i z_n^2}{y_n^1 - \beta_i z_n^1}, i=1,2 \quad (32)$$

参数 $\lambda_i (\lambda_1 \neq \lambda_2)$ 和 $\beta_i (\beta_1 \neq \beta_2), i=1,2$ 使得(31)和(32)中所有分式的分母都不为零.

基于(32),得到

$$\sigma_i(n+1) = \frac{\mu_i(n)}{\omega_i(n)}, i=1,2 \quad (33)$$

这里 $\mu_i(n) = \frac{\lambda_i}{r_n} + (\lambda_i + \frac{s_n}{r_n})\sigma_i(n), \omega_i(n) = r_n \sigma_i(n), i=1,2$.

根据(32)和(33)经过计算得到

$$a_{n+1} = \frac{\mu_2(n)\omega_1(n)\lambda_1 - \mu_1(n)\omega_2(n)\lambda_2}{\mu_1(n)\omega_2(n) - \mu_2(n)\omega_1(n)}, b_{n+1} = \frac{\omega_1(n)\omega_2(n)(\lambda_2 - \lambda_1)}{\mu_1(n)\omega_2(n) - \mu_2(n)\omega_1(n)},$$

$$c_{n+1} = \frac{\mu_1(n)\mu_2(n)(\lambda_1 - \lambda_2)}{\mu_1(n)\omega_2(n)\lambda_2 - \mu_2(n)\omega_1(n)\lambda_1}, d_{n+1} = \frac{\lambda_1\lambda_2(\mu_1(n)\omega_1(n) - \mu_2(n)\omega_2(n))}{\mu_1(n)\omega_2(n) - \mu_2(n)\omega_1(n)} \quad (34)$$

并且通过直接计算可以得到

$$b_{n+1} - r_n(r_n c_n + b_{n+1} c_n) = 0, \frac{b_{n+1}(d_n - s_n c_n)}{r_n} - r_n a_{n+1} c_n = 0 \quad (35)$$

接下来将要证明下面两个命题.

命题 1 由(27)定义的 \tilde{U}_n 和 U_n 具有相同的结构形式,根据 $\tilde{r}_n = r_n + b_{n+1}$ 得

$$\tilde{s}_n = \frac{s_n d_{n+1}}{d_n} (1 + \frac{b_{n+1}}{r_n}) \quad (36)$$

U_n 中的位势 r_n 和 s_n 分别被映射成 \tilde{U}_n 中的新的位势 \tilde{r}_n 和 \tilde{s}_n .

证明 令 $T_n^{-1} = T_n^* / \det T_n$, 经过计算得到 $T_{n+1} U_n T_n^* = \begin{pmatrix} g_{11}(\lambda, n) & g_{12}(\lambda, n) \\ g_{21}(\lambda, n) & g_{22}(\lambda, n) \end{pmatrix}$, 其中

$$g_{11} = (\frac{b_{n+1}}{r_n} - r_n c_n - b_{n+1} c_n) \lambda^2 + (\frac{b_{n+1} d_n}{r_n} - r_n a_{n+1} c_n - \frac{s_n b_{n+1} c_n}{r_n}) \lambda$$

$$g_{12} = (r_n + b_{n+1}) \lambda^2 + (\frac{b_{n+1}(s_n - b_n)}{r_n} + r_n(a_{n+1} + a_n) + a_n b_{n+1}) \lambda + r_n a_n a_{n+1} + \frac{s_n a_n b_{n+1}}{r_n}$$

$$g_{21} = (\frac{1}{r_n} - c_n) \lambda^3 + (\frac{d_n + d_{n+1} - s_n c_n}{r_n} - c_n(r_n c_{n+1} + d_{n+1})) \lambda^2 + \frac{d_{n+1}(d_n - s_n c_n) \lambda}{r_n}$$

$$g_{22} = \lambda^3 + (a_n + r_n c_{n+1} + d_{n+1} + \frac{s_n - b_n}{r_n}) \lambda^2 + (\frac{s_n d_{n+1} - b_n d_{n+1} + s_n a_n}{r_n} + r_n a_n c_{n+1} + a_n d_{n+1}) \lambda + \frac{s_n a_n d_{n+1}}{r_n} \quad (37)$$

结合方程(35)式易知 $g_{11}(\lambda, n) = 0$, 此外, 通过直接计算得到 $g_{12}(\lambda_i, n)$, $g_{21}(\lambda_i, n)$ 和 $g_{22}(\lambda_i, n)$, $i=1, 2$, 都为 0, 再结合 $\det T_n = 0$, $\lambda = \lambda_i$, $i=1, 2$, 因此假设

$$T_{n+1} U_n T_n^* = (\det T_n) P_n \quad (38)$$

其中

$$P_n = \begin{pmatrix} 0 & p_{12}^0(n) \\ p_{21}^1(n)\lambda + p_{21}^0(n) & p_{22}^1(n)\lambda + p_{22}^0(n) \end{pmatrix} \quad (39)$$

这里 $p_{jl}^i(n)$, $i=0, 1; j, l=1, 2$, 都与谱参数 λ 无关, 因此得到

$$T_{n+1} U_n = P_n T_n \quad (40)$$

平衡方程(40)等式两边 λ^j , $j=0, 1, 2$ 的系数, 得到

$$\begin{aligned} p_{22}^1(n) &= 1, \quad p_{21}^1(n) = \frac{1}{r_n} - c_n = \frac{1}{\tilde{r}_n}, \quad p_{21}^0(n) = 0, \quad p_{12}^0(n) = r_n + b_{n+1} = \tilde{r}_n, \\ p_{22}^0(n) &= \frac{s_n}{r_n} + r_n c_{n+1} + d_{n+1} - d_n + b_n c_n - \frac{b_n}{r_n} = \frac{\tilde{s}_n}{\tilde{r}_n} \end{aligned} \quad (41)$$

证毕.

命题 2 在变换 $\tilde{r}_n = r_n + b_{n+1}$, $\tilde{s}_n = \frac{s_n d_{n+1}}{d_n} (1 + \frac{b_{n+1}}{r_n})$ 下, 由(27)定义的 \tilde{V}_n 和 V_n 具有相同的结构形式,

即

$$\tilde{V}_n = \begin{pmatrix} -\frac{\lambda}{2} + \frac{\tilde{r}_{n-1}}{\tilde{r}_n} & \tilde{r}_{n-1} \\ \frac{\lambda}{\tilde{r}_n} & \frac{\lambda}{2} - \frac{\tilde{r}_{n-1}}{\tilde{r}_n} \end{pmatrix} \quad (42)$$

证明 令 $T_n^{-1} = T_n^* / \det T_n$, 通过计算得到

$$(T_{n+1} + T_n V_n) T_n^* = \begin{pmatrix} f_{11}(\lambda, n) & f_{12}(\lambda, n) \\ f_{21}(\lambda, n) & f_{22}(\lambda, n) \end{pmatrix} \quad (43)$$

其中

$$\begin{aligned} f_{11}(\lambda, n) &= -\frac{\lambda^3}{2} + (\frac{r_{n-1} + b_n}{r_n} - \frac{a_n + d_n + b_n c_n}{2} - r_{n-1} c_n) \lambda^2 + (a_{n+1} + \frac{r_{n-1} a_n + r_{n-1} d_n + b_n d_n + r_{n-1} b_n c_n}{r_n} - \\ &\quad \frac{a_n d_n}{2} - b_n c_n - r_{n-1} a_n c_n) \lambda + a_n d_n + \frac{r_{n-1} a_n d_n}{r_n} \\ f_{12}(\lambda, n) &= (b_n + r_{n-1}) \lambda^2 + (a_n b_n - \frac{b_n^2 + 2r_{n-1} b_n}{r_n} + b_n + 2r_{n-1} a_n) \lambda + a_n b_{n+1} - a_n b_n + r_{n-1} a_n^2 - \frac{2r_{n-1} a_n b_n}{r_n} \\ f_{21}(\lambda, n) &= (\frac{1}{r_n} - c_n) \lambda^3 + (c_{n+1} + \frac{2(r_{n-1} c_n + d_n)}{r_n} - c_n d_n - r_{n-1} c_n^2) \lambda^2 + (c_{n+1} d_n - c_n d_{n+1} + \frac{d_n^2 + 2r_{n-1} c_n d_n}{r_n}) \lambda \\ f_{22}(\lambda, n) &= \frac{\lambda^3}{2} + (\frac{a_n + d_n + b_n c_n}{2} - \frac{r_{n-1} + b_n}{r_n} + r_{n-1} c_n) \lambda^2 + (d_{n+1} - b_n c_{n+1} - \\ &\quad \frac{r_{n-1} (b_n c_n + a_n + d_n) + b_n d_n}{r_n} + \frac{a_n d_n}{2} + r_{n-1} a_n c_n) \lambda + a_n d_{n+1} - \frac{r_{n-1} a_n d_n}{r_n} \end{aligned} \quad (44)$$

通过结合(16)和(18), 可以发现:

$$\sigma_{ii}(n) = \frac{\lambda}{r_n} + \lambda_i \sigma_i(n) - r_{n-1} \sigma_i^2(n) + \frac{2r_{n-1}}{r_n} \sigma_i(n), \quad i=1, 2 \quad (45)$$

结合(44), 再注意到方程(31)和(32), 容易证明 $f_{jl}(\lambda_i, n) = 0$, 这里, $i, j, l=1, 2$, 又因为 $\det T_n = 0$, $\lambda = \lambda_i$, $i=1, 2$, 所以可以假设

$$(T_{n_t} + T_n V_n) T_n^* = (\det T_n) Q_n \quad (46)$$

其中

$$Q_n = \begin{pmatrix} \lambda q_{11}^1(n) + q_{11}^0(n) & q_{12}^0(n) \\ \lambda q_{21}^1(n) + q_{21}^0(n) & \lambda q_{22}^1(n) + q_{22}^0(n) \end{pmatrix} \quad (47)$$

这里 $q_{jl}^0(n)$, $j, l=1, 2$, $q_{11}^1(n)$, $q_{21}^1(n)$ 和 $q_{22}^1(n)$ 都与谱参数 λ 无关.

由方程(46)可以得到

$$T_{n_t} + T_n V_n = Q_n T_n \quad (48)$$

平衡方程(48)等式两边 λ^j ($j=0, 1, 2$)的系数,得到

$$q_{11}^1(n) = -\frac{1}{2}, q_{11}^0(n) = \frac{r_{n-1}}{r_n} + \frac{b_n}{r_n} - (r_{n-1} + b_n)c_n = \frac{\tilde{r}_{n-1}}{\tilde{r}_n}, q_{12}^0(n) = r_{n-1} + b_n = \tilde{r}_{n-1},$$

$$q_{21}^1(n) = \frac{1}{r_n} - c_n = \frac{1}{\tilde{r}_n}, q_{21}^0(n) = 0, q_{22}^1(n) = \frac{1}{2}, q_{22}^0(n) = -\frac{r_{n-1}}{r_n} + r_{n-1}c_n - (\frac{1}{r_n} - c_n)b_n = -\frac{\tilde{r}_{n-1}}{\tilde{r}_n}$$

证毕.

综上所述,容易总结出变换(24)和(27)能够将一个 Lax 对转换为另一个具有相同结构形式的 Lax 对.

定理 1 变换 $(\varphi_n; r_n, s_n) \rightarrow (\tilde{\varphi}_n; \tilde{r}_n, \tilde{s}_n)$ 是方程 $u_{n_t} = \begin{pmatrix} r_n \\ s_n \end{pmatrix}_t = \begin{pmatrix} s_n + r_{n-1} + \frac{r_n^2}{r_{n+1}} \\ \frac{s_n^2}{r_n} + \frac{2s_n r_{n-1}}{r_n} \end{pmatrix}$ 的一个达布变换. 在变换

(24)和变换(36)下,如果 r_n, s_n 是方程(18)的解,那么 \tilde{r}_n, \tilde{s}_n 也是方程(18)的解.

3 达布变换的应用

本节将应用达布变换 $(\varphi_n; r_n, s_n) \rightarrow (\tilde{\varphi}_n; \tilde{r}_n, \tilde{s}_n)$ 求解方程(18),得到一对新的精确解. 容易计算得到 $r_n = -1, s_n = 2$ 是方程(18)的一对解,接下来以解 $r_n = -1, s_n = 2$ 为基础,对可积晶格孤子方程(18)进行达布变换,进而求得方程(18)的一对新的精确解.

将方程(18)的一对解 $r_n = -1, s_n = 2$ 代入空间谱问题 $E\varphi_n = U_n(u_n, \lambda)\varphi_n$ 和时间谱问题 $\varphi_{n_t} = V_n\varphi_n$ 中,得到一对线性无关的解

$$y_n = \alpha_1^n \exp\left(\frac{\sqrt{\lambda^2 + 4}}{2}t\right) \begin{pmatrix} 2 \\ -\lambda - 2 - \sqrt{\lambda^2 + 4} \end{pmatrix} \quad (49)$$

$$z_n = \alpha_2^n \exp\left(-\frac{\sqrt{\lambda^2 + 4}}{2}t\right) \begin{pmatrix} 2 \\ -\lambda - 2 + \sqrt{\lambda^2 + 4} \end{pmatrix} \quad (50)$$

其中 $\alpha_1 = \frac{\lambda + 2 + \sqrt{\lambda^2 + 4}}{2}, \alpha_2 = \frac{\lambda + 2 - \sqrt{\lambda^2 + 4}}{2}$

利用 $\sigma_i(n) = \frac{y_n^2 - \beta_i z_n^2}{y_n^1 - \beta_i z_n^1}, i=1, 2$, 得到

$$\sigma_i(n) = \frac{y_n^2(\lambda_i) - \beta_i z_n^2(\lambda_i)}{y_n^1(\lambda_i) - \beta_i z_n^1(\lambda_i)} = \frac{\beta_i(\lambda_i + 2 - \Omega_i) - \tau_i^n e^{\Omega_i t}(\lambda_i + 2 + \Omega_i)}{2\tau_i^n e^{\Omega_i t} - 2\beta_i}, i=1, 2 \quad (51)$$

其中

$$\Omega_i = \sqrt{\lambda_i^2 - 4}, \tau_i = \frac{2\lambda_i^2 + 8 + 4\lambda_i + \Omega_i(\lambda_i + 2)}{4\lambda_i}, i=1, 2 \quad (52)$$

因此,在达布变换 $\tilde{\varphi}_n = T_n\varphi_n$ 和 $\tilde{r}_n = r_n + b_{n+1}, \tilde{s}_n = \frac{s_n d_{n+1}}{d_n}(1 + \frac{b_{n+1}}{r_n})$ 的帮助下,得到了可积晶格孤子方程(18)的一对新的精确解

$$\tilde{r}_n = -1 + b_{n+1} = -1 + \frac{\sigma_1(n)\sigma_2(n)(\lambda_2 - \lambda_1)}{\lambda_1\sigma_2(n) - \lambda_2\sigma_1(n) - \sigma_1(n)\sigma_2(n)(\lambda_1 - \lambda_2)} \quad (53)$$

$$\tilde{s}_n = \frac{2d_{n+1}}{d_n}(1 - b_{n+1}) = \frac{2(\lambda_1\sigma_2(n) - \lambda_2\sigma_1(n))^2}{(\sigma_1(n)\sigma_2(n)(\lambda_1 - \lambda_2) + \lambda_2\sigma_1(n) - \lambda_1\sigma_2(n))(\sigma_1(n) - \sigma_2(n))}$$

虽然得到了方程(18)的新的精确解(53),但是不能确定解(53)是一个孤子解,因此,确定解(53)是否为孤子解需要进行进一步的研究分析.

如果以解(53)为基础,再次应用达布变换的话,那么就能得到方程(18)的另一对新的精确解,这一过程能够继续循环往复的进行下去,因此就可以得到方程(18)的一组无穷多精确解.

参考文献:

- [1] M. Ablowitz and J. F. Ladik, Nonlinear differential-difference equation[J]. J. Math. Phys., 1975(16):598-603.
- [2] G. Z. Tu, A trace identity and its applications to the theory of discrete integrable systems[J]. J. Phys. A, Math. Gen., 1990(23):3903-3922.
- [3] M. Blaszak, K. Marciniak, R-matrix approach to lattice integrable systems[J]. J. Math. Phys., 1994(35):4661-4682.
- [4] Z. N. Zhu, H. C. Huang. Some new nonlinear differential-difference integrable hierarchies[J]. J. Phys. Soc. Jpn., 1998(67):3393-3396.
- [5] X. X. Xu, S. F. Wang. A hierarchy of discrete integrable Hamiltonian systems and a new integrable symplectic map[J]. Acta. Math. Sci. A, 2003(23):298-305.
- [6] W. X. Ma, X. X. Xu. A modified Toda spectral problem and its hierarchy of bi-Hamiltonian lattice[J]. J. Phys. A, Math. Gen., 2004(37):1323-1336.
- [7] W. X. Ma, X. X. Xu. Positive and negative hierarchies of integrable lattice models associated with a Hamiltonian pair[J]. Int. J. Theor. Phys., 2004(43):219-236.
- [8] X. X. Xu, H. H. Dong. A hierarchy of integrable nonlinear lattice equations and new integrable symplectic map[J]. Commun. Theor. Phys. (Beijing, China), 2002(38):523-528.
- [9] V. B. Matveev, M. A. Salle, Darboux Transformation and Soliton[M]. Berlin:Springer, 1991.
- [10] Y. Wu, X. Geng. A new hierarchy of integrable differential-difference equations and Darboux transformation[J]. J. Phys. A: Math. Gen., 1998(31):L677-L684.
- [11] H. Y. Ding, X. X. Xu, X. D. Zhao. A hierarchy of lattice soliton equations and its Darboux transformation[J]. Chinese Phys., 2004(13):125-131.
- [12] G. Neugebauer, R. Meinel. General N-soliton solution of the AKNS class on arbitrary background[J]. Phys. Lett. A, 1984(100):467-470.

A Hierarchy of Integrable Lattice Soliton Equations and Darboux Transformation

WU Di

(College of Mathematics and Systems Science, Shandong University of
Science and Technology, Qingdao 266590, China)

Abstract: First, a discrete spatial matrix spectral problem is introduced, then a hierarchy of lattice soliton equations are obtained by the way of the discrete zero curvature representation and the integrability of the Lax and Liouville is proved. Last, Darboux transformation for the resulting lattice soliton equation is constructed. As an application, a pair of solutions for the coupled lattice equation are explicitly given.

Key words: Darboux transformation; Lattice soliton equation; Lax pair; Discrete zero curvature representation

石墨烯光纤生物传感器研制及性能的研究

徐文豪, 许士才, 于子恒, 宋佳佳, 岳彩峰, 张 朋

(德州学院 物理与电子信息学院, 山东 德州 253023)

摘 要: 石墨烯具有优良的光学和电学特性, 是制作传感器的理想材料. 在本研究中, 采用化学气相沉积 (CVD) 方法在铜箔上生长了大面积、连续的单层石墨烯, 并把单层石墨烯转移到锥形光纤探头上研制了石墨烯光纤传感器. 以腺嘌呤核苷为分析物, 对传感器的性能进行了研究, 在 1~100 nM 浓度范围内, 出射光强度与溶液浓度呈现了良好的线性关系, 显示了较高的灵敏度 ($K=15.9$) 和线性度 ($R^2=0.992$). 实验证明, 与裸锥形纤芯相比, 覆盖石墨烯的锥形纤芯具有更高的稳定性、灵敏度和线性度, 为新型光纤传感器设计提供一个新思路.

关键词: 石墨烯; 光纤传感器; 腺嘌呤核苷检测; 倏逝场

中图分类号: TP212.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0022-04

1 引言

光纤生物传感技术是将生物传感技术和光纤技术有机结合的一种分析方法. 当被测分子浓度变化时就会引起光信号的振幅、相位等信息发生改变, 通过记录这些信息的变化对被测分子的浓度进行分析测量. 光纤传感技术具有免标记、实时、无损伤、灵敏度高、独特的优点^[1-4]. 在疾病诊断、食品安检、环境检测、生物化学分析、医药检测和案件侦破等领域具有广阔应用前景. 光纤生物传感器技术的发展主要依赖于传感区敏感材料的改进. 目前, 光纤生物传感器存在待测物与光纤敏感区亲和力差等缺点, 使待测物难以吸附在光纤探头表面, 有效信号不够强且信号难以稳定. 这些缺点严重限制了光纤生物传感器的使用^[5,6]. 因此, 寻找一种生物兼容性好、稳定且重复性好的传感材料对光纤生物传感器技术的发展至关重要.

石墨烯是由单层 sp^2 杂化的碳原子堆积而成的蜂窝状结构的二维单晶功能材料, 具有诸多的优异性能^[7]. 最近研究表明石墨烯可以作为光纤生物传感器的敏感材料, 石墨烯具有优异的生物兼容性, 不会引起分子变性, 并可以通过其表面的 $\pi-\pi$ 键增加对分子的吸收, 可有效稳定并放大信号^[5]; 本工作针对传统光纤生物传感技术目前存在的一些问题, 将化学气相沉积 (CVD) 制备的高品质石墨烯作为

增敏层转移到光纤探头的表面, 研制石墨烯光纤生物传感器, 并对肺癌标记物腺嘌呤核苷进行了检测, 证明了石墨烯光纤生物传感器具有优良的传感性能, 为新型光纤生物传感器的发展提供了一个可能的方法.

2 实验方法

2.1 石墨烯的制备

采用 CVD 方法, 以甲烷气体为碳源用于石墨烯生长, 生长温度为 1050°C , 铜箔 (纯度为 99.9%, 厚度 $25\ \mu\text{m}$) 作为碳源分子分解的催化剂, 用来促进甲烷分子的裂解. 具体方法是: 先通过机械泵和分子泵, 抽尽石英管反应室中的空气, 压强至 $10^{-3}\ \text{Pa}$ 以下, 然后温度升至 300°C , 关掉分子泵并以 $50\ \text{sccm}$ 流量向石英管通入 H_2 , 用来除去铜箔表面的杂质. 继续升温至 1050°C , 退火 20 min 后, 而后通入 H_2/CH_4 的混合气体 (H_2 为 $50\ \text{sccm}$, CH_4 为 $20\ \text{sccm}$) 用来生长石墨烯, 生长时间为 50 min. 最后, 打开管式炉的炉盖, 使石英管温度快速降至室温.

2.2 石墨烯光纤传感探头的制作

本实验中, 采取将石墨烯转移到光纤锥形区域的方法制作传感探头, 具体流程如图 1 所示.

(1) 配备浓度为 1M 的 FeCl_3 溶液作为蚀刻剂: 称量 27 g 的六水 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 放入盛有 100 mL 去离子水的烧杯中, 用玻璃棒搅拌使得 $\text{FeCl}_3 \cdot$

6H₂O 溶解于去离子水中,配置浓度为 1 M 的 FeCl₃ 溶液.

(2)在长有石墨烯的铜箔上旋涂一层 PMMA 膜:将 4 g PMMA 颗粒用 100 mL 的丙酮溶液溶解,50℃ 水浴并用磁力搅拌器搅拌;使用匀胶机旋涂 PMMA,匀胶机转速是 4000 rpm,时间为 10~30 s.

(3)把 PMMA/石墨烯/铜箔放入 1 M 的 FeCl₃ 中,使 PMMA 膜在最上层,铜箔在最下层,铜箔会慢慢溶解于 FeCl₃ 溶液中,随后用去离子水对剩余的 PMMA/石墨烯进行清洗,清洗 3 次以便除去蚀刻剂,清洗后的 PMMA/石墨烯漂浮在盛有去离子水的培养皿中备用.

(4)锥形传感区制作:用手术刀剥掉塑料光纤外层,用光纤拉锥机把塑料光纤拉成锥形,拉锥后的纤芯直径约为 600 μm,锥形区域长度约为 5 cm.

(5)PMMA/石墨烯转移至锥形区域:用光纤锥形区域捞取漂浮在培养皿中的 PMMA/石墨烯薄层,石墨烯在外,PMMA 层在内,因为纤芯和石墨烯转移的载体材质相同,所以石墨烯可以通过 PMMA 载体紧紧的贴在锥形区的纤芯上.

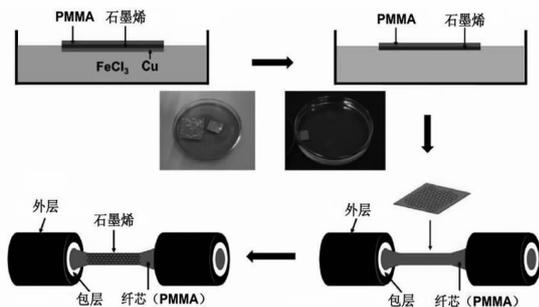
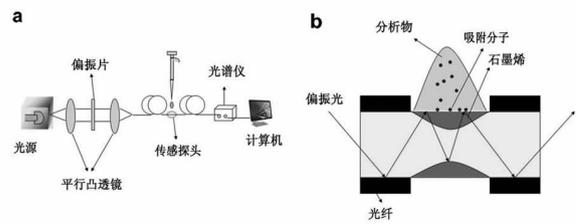


图 1 石墨烯光纤传感探头的制作流程

2.3 石墨烯光纤传感器的构成

如图 2 所示,本实验设计的石墨烯-锥形光纤传感器包括五个部分,从左到右依次是光源、偏振器、锥形传感区、光谱仪和计算机(图 2(a)).在这里,选用 LED 灯泡作为光源,波长为 628 nm,为了得到稳定输出的光强,选用恒流源作为 LED 灯泡的电源.中间两个凸透镜的作用是把光聚焦到光纤中.光纤的纤芯直径是 980 μm,外层包裹着 20 μm 厚的氟化聚合物包层,最外面是厚度为 1.2 mm 的黑色聚乙烯外壳.为了保证入射光可以和分析物相互作用,用手术刀剥除了黑色聚乙烯外壳,然后用丙酮去除氟化聚合物包层,用光纤拉锥机把纤芯拉成锥形(图 2(b)).为了便于测试分析物,在锥形区域装置了样品槽,光纤从样品槽中穿过,样品的注射与抽取均用可调式移液器.



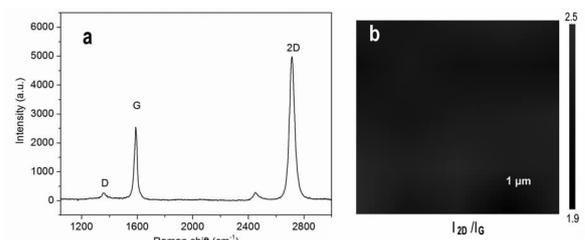
(a) 石墨烯-锥形塑料光纤传感器 (b) 光纤锥形区域

图 2 结构示意图

3 结果与讨论

3.1 石墨烯的品质分析

采用拉曼光谱分析了光纤锥形区表面石墨烯的品质和层数.如图 3(a)所示,石墨烯的 3 个特征峰 D 峰、G 峰和 2D 峰都清晰可见,表明石墨烯成功转移到了光纤锥形区.其中 D 峰(1360 cm⁻¹)是由碳环呼吸振动引起的,它和石墨烯的晶粒尺寸和缺陷有关,此处,D 峰的强度很小,表明制备的石墨烯缺陷较少,具有较高的品质.G 峰(1593 cm⁻¹)是由面内光学声子 E2g 模式的一阶散射引起的,2D 峰(2713 cm⁻¹)是由两个相反动量的声子的二阶散射引起的^[8],其中 2D 峰和 G 峰的强度比(I_{2D}/I_G)可以表示石墨烯的层数,I_{2D}/I_G的比值大于 2,表明石墨烯是单层结构^[9].图 3(b)绘制了 I_{2D}/I_G的拉曼图像,拉曼图像比较平滑,表明了在这个区域内,拉曼峰的强度起伏比较小,I_{2D}/I_G的比值范围在 1.9~2.2 之间变化,表明转移至光纤锥形区域的石墨烯具有均匀连续的单层结构.



(a) 拉曼光谱 (b) I_{2D}/I_G的拉曼图像

图 3 石墨烯的拉曼分析图

3.2 石墨烯光纤传感器的性能分析

在本实验中,腺嘌呤核苷溶液作为分析物用于传感器的性能分析,用移液器将浓度为 1~100 nM 的腺嘌呤核苷溶液注射到样品槽中,待腺嘌呤核苷分子充分吸附到石墨烯表面后,即输出示数稳定之后再记录出射光强.在每次注射样品前,用去离子水清洗样品槽,然后用氮气枪将样品槽吹干,确定出射光强恢复到原始值再进行下一次测量.为了验证石墨烯在光纤传感器中的作用,设置了对比实验,即用

无石墨烯层的锥形裸光纤进行检测. 图 4(a)和(b)分别显示了石墨烯光纤探头和裸光纤探头在不同浓度腺嘌呤核苷溶液下的光谱,可以看出在两种情况下,出射光强都随着腺嘌呤核苷溶液浓度的增大而逐渐减小,说明两种探头都可对溶液浓度产生灵敏的传感响应.不同的是,石墨烯光纤探头下光谱更加稳定(图 4(a)),而裸光纤探头下光谱具有一定程度的起伏(图 4(b)).为了进一步对比这两种探头的传感性能,选取了 627 nm 波长探究出射光强和腺嘌

呤核苷溶液的关系.图 4(c)显示了石墨烯光纤探头下出射光强和浓度的关系,随着腺嘌呤核苷溶液浓度由 1 nM 增加到 100 nM,出射光强呈现线性的下降,出射光强和腺嘌呤核苷溶液呈现了良好的线性关系($R^2 = 0.992$),其灵敏度(拟合直线斜率的绝对值)较高, $K = 15.9$.相对而言,光纤探头线性关系较差($R^2 = 0.981$),其灵敏度偏低, $K = 13.3$ (图 4(d)).这说明石墨烯可有效提高传感器的稳定性和灵敏度.

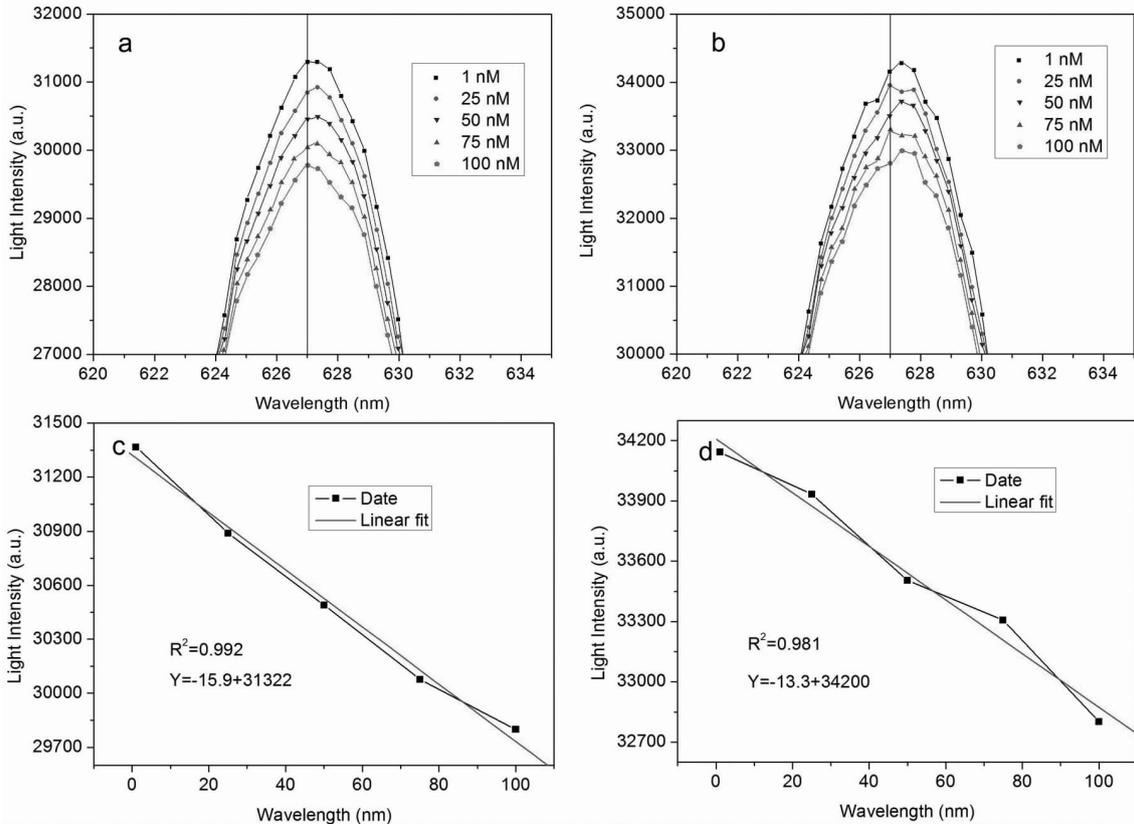


图 4 石墨烯光纤探头(a)和裸光纤探头(b)在不同浓度腺嘌呤核苷溶液下的光谱,石墨烯光纤探头(c)和裸光纤探头(d)出射光强和腺嘌呤核苷溶液浓度的关系

3.3 传感器原理分析

无论有无石墨烯膜,出射光强都随腺嘌呤核苷浓度的增大而减小,导致这种变化的原因是锥形纤芯区域外介质折射率发生了改变,而这种改变是分析物浓度的改变引起的.在完整无损的光纤中,光的传输方式是全反射,此时光在光纤中的传播分为两部分:光纤纤芯的光导部分和包层中的倏逝波部分,倏逝波的强度是随着穿透深度以指数方式衰减的^[3].全反射时倏逝波的穿透深度非常小,倏逝波难以透过包层到达外部和周围介质相互作用.而在锥形光纤中,倏逝波的穿透深度增加,包层被去除之后,倏逝波可以直接和周围介质相互作用.随着周围介质(在本实验中为腺嘌呤核苷溶液)的浓度增大,

倏逝场折射率增大,而倏逝波的穿透深度随着倏逝场折射率的增大而增大,更大的穿透深度导致倏逝波能量的损失增大,出射光强相应的随之变小^[10].石墨烯存在时,可以通过 $\pi-\pi$ 键作用束缚固定处于倏逝场中的腺嘌呤核苷分子,使得倏逝场折射率变化的更显著、更稳定,因此石墨烯传感探头具有更高的灵敏度,同时由于腺嘌呤核苷分子与石墨烯表面有较高的亲和力,因此使光谱信号更加稳定,出射光强度与溶液浓度的线性相关程度更高.

4 结论

本工作设计了一种新型的石墨烯-光纤倏逝波

传感器,并对腺嘌呤核苷溶液进行了检测分析,在1~100nM范围内,出射光强度与溶液浓度呈现了良好的线性关系.该传感器利用石墨烯的极好的生物分子亲和性,提高了待测物分子在传感区的稳定性,进而有效提高了光谱稳定性.实验结果证明,与锥形纤芯未覆盖石墨烯的情况相比,锥形纤芯覆盖石墨烯的传感器具有更高的稳定性、灵敏度和线性度,为新型高灵敏度光纤传感器设计提供一个新思路.

参考文献:

- [1] Homola, J. Present and future of surface plasmon resonance biosensors[J]. *Anal. Bioanal. Chem.*, 2003, 377, 528–539.
- [2] Zhang C., Li Z., Jiang S. Z., Li C. H., Xu S. C., Yu J., Li Z., Wang M. H., Liu A. H., Man B. Y. U-bent fiber optic spr sensor based on graphene/AgNPs[J]. *Sens. Actuators, B: Chem.*, 2017, 251, 127–133.
- [3] Leung A., Shankar P. M., Mutharasan R. A review of fiber-optic biosensors[J]. *Sens. Actuators, B: Chem.*, 2007, 125, 688–703.
- [4] Kim J. A., Hwang T., Dugasani S. R., Amin R., Kulkarni A., Park S. H., Kim T. Graphene based fiber optic surface plasmon resonance for bio-chemical sensor applications[J]. *Sens. Actuators, B: Chem.*, 2013, 187, 426–433.
- [5] Salihoglu O., Balci S., Kocabas C. Plasmon-polaritons on graphene-metal surface and their use in biosensors[J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2012, 100, 213110.
- [6] Choi S. H., Kim Y. L., Byun K. M. Graphene-on-silver substrates for sensitive surface plasmon resonance imaging biosensors[J]. *Opt. Express* 2011, 19, 458–466.
- [7] Xu S., Jiang S., Wang J., Wei J., Yue W., Ma Y. Graphene Isolated Au Nanoparticle Arrays with High Reproducibility for High-Performance Surface-Enhanced Raman Scattering[J]. *Sens. Actuators, B: Chem.*, 2015, 222, 1175–1183.
- [8] Xu S., Man B., Jiang S., Wang J., Wei J., Xu S., Liu H., Gao S., Liu H., Li Z., Li H., Qiu. H. Graphene/Cu Nanoparticle Hybrids Fabricated by Chemical Vapor Deposition as Surface-Enhanced Raman Scattering Substrate for Label-Free Detection of Adenosine[J]. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2015, 7, 10977–10987.
- [9] Xu S., Zhan J., Man B., Jiang S., Yue W., Gao S., Guo C., Liu H., Li Z., Wang J., Zhou Y. Real-Time Reliable Determination of Binding Kinetics of DNA Hybridization Using a Multi-Channel Graphene Biosensor[J]. *Nat. Commun.*, 2017, 8, 14902.
- [10] Luo X., Qiu T., Lu W., Ni Z. Plasmons in graphene: recent progress and applications[J]. *Mat. Sci. Eng. R.*, 2013, 74, 351–376.

Fabrication of Graphene Optical Fiber Biosensor and Study of Its Performance

XU Wen-hao, XU Shi-cai, YU Zi-heng,
SONG Jia-jia, YUE Cai-feng, ZHANG Peng

(School of Physics and Electronic Information, Dezhou University, Dezhou Shandong 253023, China)

Abstract: Because of excellent optical and electrical characteristics, graphene has been considered ideal material for fabricating sensors. In this study, we grew large area, continuous monolayer graphene on copper foil by chemical vapor deposition (CVD) and transferred it onto the cone area of the optical fiber to fabricate a graphene optical fiber sensor. We measured the performance of the sensor by using adenosine as analyte. In the range of 1 to 100 nM, the intensity of output light and the adenosine has a good linear relationship, showing a high sensitivity ($K=15.9$) and linearity ($R^2=0.992$). In comparison with the bare coned fiber core, the one covered graphene showed higher stability, sensitivity and linearity, proving a new way for new type optical fiber sensor.

Key words: Graphene; Optical Fiber Sensor; Adenosine detection; Evanescent field

对称群 S_5 的一个新刻画

王孝敏

(山东外事翻译职业学院 商学院, 山东 威海 264500)

摘要: 本文利用有限群中元素阶之和以及最高阶给出了 5 次对称群 S_5 的一个新刻画.

关键词: 对称群; 最高阶; 元素阶之和

中图分类号: O152.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0026-03

1 引言

设 G 是一个有限群, $X \subseteq G$, 定义 $\psi(X) = \sum_{x \in X} o(x)$, 其中 $o(x)$ 表示元素 x 的阶. 而研究 $\psi(X)$ 对群 G 结构的影响是一件十分有趣的课题. 从文献 [1] 可知, 对于任何的 n 阶非循环群 G , 都有 $\psi(G) < \psi(C_n)$, 其中 C_n 是 n 阶循环群, 王华丽在文献 [2] 中利用群的元素阶之和及最高阶刻画了单群 A_5 , 目前对 S_n 已有许多刻画, 例如毕建行在文献 [3] 中通过群的阶以及元的阶之集刻画了对称群 S_n . 本文将用有限群中元素阶之和以及最高阶刻画 5 次对称群 S_5 .

为了叙述方便, 用 $n_p(G)$ 表示有限群 G 中 Sylow- p 子群的个数, 记 P_n 为群 G 的 Sylow- n 子群, $m(G) = \max\{o(g) \mid g \in G\}$, $m_t(G)$ 表示群 G 中阶为 t 的元素的个数, $\pi_e(G)$ 表示群 G 中元素阶的集合. 在不引起混淆的情况下简记为 n_p, m, m_t . 本文中讨论的群都是有限群, 其他符号都是标准的.

容易知道 S_5 有 25 个 2 阶元, 20 个 3 阶元, 30 个 4 阶元, 24 个 5 阶元及 20 个 6 阶元. 故 $\psi(S_5) = 471, m(S_5) = 6$.

本文将证明 $G \cong S_5$ 当且仅当 $\psi(G) = 471, 5 \in \pi_e(G), m(G) = 6$.

2 预备知识

设 G 是一个有限群, 满足 $\psi(G) = 471, m(G) =$

6. 由于对任意的群 G 都有

$$1 + 2(|G| - 1) \leq \psi(G) \leq 1 + m(|G| - 1)$$

因此

$$1 + 2(|G| - 1) \leq 471 = \psi(G) \leq 1 + 6(|G| - 1)$$

从而 $79 < |G| \leq 236$, 又 $m = 6$, 故可以假设 $|G| = 2^\alpha 3^\beta 5^\gamma$, 其中 α, β, γ 是非负的整数且 $\alpha, \beta \geq 1$. 在下文中, G, α, β, γ 都表示同一意义.

在得出主要定理之前, 先给出几个引理.

引理 1 设群 G 为有限群, 若 $|G| = 120, m(G) = 6$. 则群 $G \cong S_5$.

证明 首先证明群 G 为不可解群.

若群 G 为可解群, 则令 N 为群 G 的一个极小正规子群, 则由群 G 可解可知群 N 为初等交换 p 群. 故群 N 的阶可能为 2, 3, 4, 5, 8. 下面分情况讨论.

若 $|N| = 2$, 则易知 $N \subseteq Z(G)$, 则此时 G 中有 10 阶元, 与 $m(G) = 6$ 矛盾.

若 $|N| = 4$, 令 $\bar{G} = G/N$, 显然 $|\bar{G}| = 2 \cdot 3 \cdot 5$, 由此可知群 \bar{G} 为可解群. 令 \bar{M} 为群 \bar{G} 的极小正规子群. 则与上面相同讨论可知 \bar{M} 的取值可能为 2, 3, 5.

若 $|\bar{M}| = 2$, 则易知群 \bar{G} 中有 10 阶元, 可知群 G 中有 10 阶元, 与 $m(G) = 6$ 矛盾. 同理可得当 $|\bar{M}| = 3$ 或 $|\bar{M}| = 5$ 时, 群 G 中有 15 阶元.

若 $|N| = 8$, 则令 $\bar{G} = \frac{G}{N}$, 易知 \bar{G} 中有 15 阶元, 故可知群 G 中也有 15 阶元, 与 $m(G) = 6$ 矛盾. 相同讨论可知: $|N| = 3, |N| = 5$ 的情况也不存在. 因此群 G 为不可解群.

收稿日期: 2017-09-18

基金项目: 国家自然科学基金 (11447004)

作者简介: 王孝敏 (1990-), 男, 山东莱芜人, 助教, 硕士, 研究方向: 群论.

由群 G 的不可解性可知 N 为同构的非交换单群的直积,且由 A_5 为最小的非交换单群可知 $N \cong A_5$. 则由 N/C 定理可知: $G/C_G(N) \leq Aut(N) \cong Aut(A_5) \cong S_5$. 下证 $C_G(N) = 1$.

若 $C_G(N) \neq 1$, 则存在素数 $p \mid \mid C_G(N) \mid$, 且素数 p 可能的取值为 $2, 3, 5$. 令 x 为群 $C_G(N)$ 中的 p 阶元. 若 $p=2$, 则由 $N \cong A_5$ 及 $x \in C_G(N)$ 可得到群 G 的一个 10 阶元, 与 $m(G) = 6$ 矛盾. 同样考虑 $p=3$ 或 $p=5$ 可得到群 G 中含有 15 阶元, 与 $m(G) = 6$ 矛盾. 因此 $C_G(N) = 1$.

综上可知对有限群 G , 若 $|G| = 120, m(G) = 6$, 则群 $G \cong S_5$.

引理 2 设群 G 为一有限群, 且群 G 的 $Sylow3$ 子群为 3 阶循环群, 若群 G 中有 6 阶元, 则 $m_3 \mid m_6$. 若群 G 为一有限群, 且群 G 的 $Sylow5$ 子群为 5 阶循环群, 若群 G 中有 10 阶元, 则 $m_5 \mid m_{10}$.

证明 只需证明前一部分即可, 后一部分可给出类似证明. 设 $x \in G, |x| = 6$, 则 $|x^2| = 3$, 由群 G 的 $Sylow3$ 子群为 3 阶循环群可知, 存在 $Sylow3$ 子群 $P_{3i} = \langle x^2 \rangle. x \in C_G(P_{3i})$, 即群 G 中任一 6 阶元必属于群 G 的某一 $Sylow3$ 子群的中心化子.

取定群 G 的一 $Sylow3$ 子群 P_3 , 记 $C = C_G(P_3)$, 易知 $C_G(P_3^g) = C^g$, 群 G 中与子群 C 共轭的子群个数记为 k , 则 $k = |G : N_G(C)|$, 由 $n_3 = |G : N_G(P_3)|, P_3 \subseteq C$ 易知 $k \leq n_3$. 而又有 $P_3 \text{ char } C \triangleleft N_G(C)$, 故可知 $P_3 \triangleleft N_G(C)$. 由此可得 $N_G(C) \subseteq N_G(P_3)$. 因此 $n_3 = |G : N_G(P_3)| \leq |G : N_G(C)| = k$. 可得 $n_3 = k$. 由此可知若 $P_{3i} \neq P_{3j}$, 则 $C_G(P_{3i}) \neq C_G(P_{3j}), P_{3i}, P_{3j}$ 为不同的 $Sylow3$ 子群. 下证明对任意不同的 $Sylow3$ 子群 $P_{3i}, P_{3j}, C_G(P_{3i}) \neq C_G(P_{3j})$ 中不含 6 阶元.

若有 $x \in C_G(P_{3i}) \neq C_G(P_{3j}), |x| = 6$, 则由 $|x^2| = 3$, 可知 $\langle x^2 \rangle = P_{3i}, \langle x^2 \rangle = P_{3j}$, 因此有 $P_{3i} = P_{3j}$. 产生矛盾.

综上可知此引理成立.

3 主要结论

定理 1 设 G 为一个有限群, 若 $\phi(G) = 471, 5 \in \pi_e(G), m(G) = 6$. 则 $|G| = 120$.

证明 若 $\gamma \geq 3$, 考虑群 G 的 $Sylow5$ 子群可知 $\phi(G) \geq 620$.

情形 1: $\gamma = 2$, 则由 $|G|$ 的取值范围可知, $\alpha = 1, \beta = 1$, 则 $|G| = 2 \cdot 3 \cdot 5^2 = 150, \pi_e(G) = \{1, 2, 3,$

$5, 6\}$, 则有 $m_3 = 2n_3$. 由 $Sylow$ 定理以及 $m = 6$ 可知 $n_5 = 1$ 或 6 , 且 $n_2 \neq 1, n_3 \neq 1, n_3$ 的可能取值为 10 或 25. 由引理 2 可知存在正整数 k 使得 $m_6 = 2kn_3$. 此时有

$$\begin{cases} 1 + m_2 + m_3 + m_5 + 2kn_3 = 150 \\ 1 + 2m_2 + 3m_3 + 5m_5 + 6kn_3 = 471 \end{cases} \quad (1)$$

若 $n_3 = 10$, 则可得 $k = 1, m_5 = 24, m_2 = 85$, 而 $m_2 = n_2$, 而此时有 n_2 不整除 150 故此种情况不存在. 同理可知当 $n_3 = 25$ 的情况也不存在.

情形 2: $\gamma = 1$, 此时 α, β 的取值分别为 $\alpha = 1, \beta = 2; \alpha = 2, \beta = 2; \alpha = 3, \beta = 1$.

若 $\alpha = 1, \beta = 2$, 则 $|G| = 2 \cdot 3^2 \cdot 5 = 90, \pi_e(G) = \{1, 2, 3, 5, 6\}$. 由 $Sylow$ 定理以及 $m = 6$ 可知 $n_5 = 6$, 即 G 中有 24 个 5 阶元, $n_3 = 10, n_2$ 的取值可能为 3, 5, 9, 15, 45. 此时 $m_2 = n_2$. 则有

$$\begin{cases} 1 + n_2 + m_3 + 24 + m_6 = 90 \\ 1 + 2n_2 + 3m_3 + 120 + 6m_6 = 471 \end{cases} \quad (2)$$

将 n_2 的取值依次带入可发现 m_3 与 m_6 无全正整数解, 故此种情况不存在.

若 $\alpha = 2, \beta = 2$, 则有 $|G| = 2^2 \cdot 3^2 \cdot 5 = 180$.

若 $\pi_e(G) = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$, 则 P_2 为 4 阶循环群, P_3 为初等交换 3 群, 由 $Sylow$ 定理以及 $m = 6$ 可知 $n_5 = 6, n_3 = 10, n_2$ 可能的取值为 3, 5, 9, 15, 45, 且此时 $m_5 = 24, m_4 = 2n_2$. 则有

$$\begin{cases} 1 + m_2 + m_3 + m_4 + 24 + m_6 = 180 \\ 1 + 2m_2 + 3m_3 + 4m_4 + 120 + 6m_6 = 471 \end{cases} \quad (3)$$

整理得 $m_2 - n_2 - 3m_6 = 115$, 而由 n_2 的取值可知此时 m_2, n_2, m_6 无全正整数解.

若 $\pi_e(G) = \{1, 2, 3, 5, 6\}$, 则 P_2 为初等交换 2 群, P_3 为初等交换 3 群, 由 $Sylow$ 定理以及 $m = 6$ 可知 $n_5 = 6$, 且此时 $m_5 = 24$, 因此有

$$\begin{cases} 1 + m_2 + m_3 + 24 + m_6 = 180 \\ 1 + 2m_2 + 3m_3 + 120 + 6m_6 = 471 \end{cases} \quad (4)$$

整理得 $4m_2 + 3m_3 = 580, m_3 + 4m_6 = 40$, 由 $Sylow$ 定理以及 $m = 6$ 可知 $n_5 = 6, n_3 = 10, n_2$ 可能的取值为 3, 5, 9, 15, 45, 由此可得 m_6 的可能取值为 2 或 4.

若 $m_6 = 2$, 则群 G 有正规的 6 阶循环子群, 此时群 G 中有 15 阶元, 与 $m = 6$ 矛盾.

若 $m_6 = 4$, 则群 G 有两个 6 阶循环子群. 设为 $\langle x \rangle, \langle y \rangle$, 若 $\langle x \rangle, \langle y \rangle$ 不互为共轭子群, 则易知此二子群皆为正规子群, 此时与上面进行相同讨论可推出矛盾. 若 $\langle x \rangle, \langle y \rangle$ 为共轭子群, 故 $|G : N_G(\langle x \rangle)| = 2, |N_G(\langle x \rangle)| = 90$, 由 N/C 定理可知 $|C_G(\langle x \rangle)| = 90$ 或 $|C_G(\langle x \rangle)| = 45$, 而此时

$C_G(\langle x \rangle)$ 中有 5 阶元, 易知群 G 中有 15 阶元, 与 $m=6$ 矛盾.

综上所述, $\alpha=3, \beta=1, |G|=2^3 \cdot 3 \cdot 5=120$.

定理 2 设 G 是有限群, 则 $G \cong S_5$ 当且仅当 $\psi(G)=471, 5 \in \pi_p(G), m(G)=6$.

证明: 必要性显然. 只需证充分性.

由定理 1 可知当 $\psi(G)=471$ 时 $|G|=120$. 再由引理 1 可得 $G \cong S_5$.

参考文献:

- [1] H. AMIRI, S. M. JAFARIAN AMIRI and I. M. IASAACS. Sums of Element Orders in Finite Groups [J]. *Comm. Algebra*, 2009, 37(9): 2978–2980.
- [2] 王华丽, 周伟, 晏燕雄. 单群 A_5 的一个新刻画[J]. *西南大学学报*, 2014: 47–50.
- [3] 毕建行. 对称群的一个特征性质[J]. *数学学报*, 1990: 70–77.
- [4] 黄本文. 对称群 S_5 的特征性质[J]. *武汉大学学报*, 1998: 557–560.
- [5] 徐明耀. 有限群导引[M]. 北京: 科学出版社, 2001.

A New Characterization of S_5

WANG Xiao—min

(Department of Business, Shandong Foreign Affairs Translation Institute, Weihai Shandong 264500, China)

Abstract: In this paper, we give a new characterization of S_5 , the symmetric group of degree 5, by sum of element orders and maximal order.

Key words: symmetric group; maximal order; sum of element orders

(上接第 7 页)

Applications of Hamilton—cayley Theorem

ZHANG Li—hua¹, WU Lin—lin²

(1. School of Mathematics Science, Dezhou University, Dezhou Shandong 253023, China;
2. College of Science, China Petroleum University (East China), Dongying Shandong 257000, China)

Abstract: A new proof of the Hamilton—Cayley theorem is given. Applications of the theorem in the calculation of matrix polynomial, inverse matrix, the smallest polynomial and so on have also been given. This paper shows that the Hamilton—Cayley theorem plays an important role in advanced algebra.

Key words: Hamilton—Cayley theorem; characteristic polynomial; inverse matrix; the smallest polynomial

利用表面预烯基化纳米硅胶颗粒制备有机与无机杂化强阳离子交换液相色谱整体柱

李金祥, 邹温然, 杨芮萌, 王 贺

(辽宁师范大学 化学化工学院, 辽宁 大连 116029)

摘 要: 利用3-磺酸丙基甲基丙烯酸钾盐(SPMA)为有机功能单体, 表面预烯基化的无机纳米硅胶颗粒(直径25~50 nm)为交联剂, 偶氮二异丁腈(AIBN)为引发剂, 环己醇、甲醇和水为三元致孔剂, 在内径为150 μm 石英毛细管内通过原位聚合的方法制备了一种有机与无机杂化强阳离子交换整体柱. 最佳制备条件是: 聚合混合物组成, 纳米硅胶颗粒(14.4 mg) + SPMA(3.6 mg) + 环己醇(22.56 μL) + 甲醇(7.52 μL) + 水(1.92 μL) + AIBN(0.125 mg); 反应时间, 7 h; 反应温度, 60 $^{\circ}\text{C}$. 通过分离一组无机阳离子和4种核苷酸对制得的整体柱色谱性能进行了评价.

关键词: 强阳离子交换; 纳米硅胶颗粒; 整体柱

中图分类号: O657.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0029-04

1 引言

毛细管液相色谱作为一种微分离技术, 由于其具有操作简单、样品和试剂消耗量小、与质谱联用的相容性好等诸多优点, 越来越受到分析研究者的青睐. 强阳离子交换是液相色谱中的重要模式之一, 广泛应用于药物以及核苷酸、肽链、蛋白质等生物大分子的分离检测^[1]. 因为磺酸基团($-\text{SO}_3^-$)在 $\text{pH} < 3$ 的强酸条件下仍能保持负电荷, 对阳离子具有较强的保留能力, 是强阳离子交换柱最常用的功能基团. 毛细管整体柱通过在毛细管中原位聚合制备而成. 根据整体材料基质的不同, 整体柱可以分为无机硅胶整体柱、有机聚合物整体柱和有机与无机杂化整体柱^[2]. 无机硅胶整体柱机械稳定性高, 但适用的 pH 值范围窄, 且制备过程复杂, 重现性差, 通常需要进行后修饰; 有机聚合物整体柱制备方法简单, 适用的 pH 值范围宽, 但在有机溶剂中存在一定的溶胀性, 会对后续色谱分离产生诸多不良影响; 有机与无机杂化整体柱在结合了二者各自优点的同时又有效地克服了上述缺陷, 因而在毛细管液相色谱中得到了广泛的应用.

本研究利用含有一 SO_3^- 基团的3-磺酸丙基

甲基丙烯酸钾盐(SPMA)为有机功能单体, 表面预烯基化的无机纳米硅胶颗粒(直径25~50 nm)为交联剂, 通过在150 μm 毛细管内原位聚合的方法制备了一种有机与无机杂化强阳离子交换整体柱. 利用一组一价无机阳离子和4种核苷酸为测试对象, 对该整体柱的色谱分离性能进行了评价.

2 实验部分

2.1 仪器与试剂

Lab Alliance 液相色谱泵(美国); Lab Alliance Model 500 紫外-可见光检测器(美国), 配自制检测池; SU8010 型扫描电子显微镜(SEM, 日本日立); N-2000 双通道色谱工作站(浙江大学); 内径150 μm , 外径375 μm 石英毛细管(河北永年).

正硅酸四乙酯(纯度 $\geq 98\%$, 上海达瑞); Triton X-100(大连美仑, 生化试剂); 3-磺酸丙基甲基丙烯酸钾盐(纯度 $\geq 98\%$, 阿拉丁试剂); γ - (甲基丙烯酰氧)丙基三甲氧基硅烷(γ -MAPS, 纯度 $\geq 95\%$, 武汉凯博); 偶氮二异丁腈(AIBN, 化学纯, 上海化学试剂); 正己醇、环己醇、甲醇、乙腈、环己烷(纯度 $\geq 99\%$, 分析纯, 天津富辰); 实验用水为超纯水; 其它无机试剂均为分析纯.

收稿日期: 2017-12-28

作者简介: 李金祥(1964-), 男, 黑龙江绥化人, 教授, 硕士研究生导师, 博士, 研究方向为色谱.

2.2 毛细管预烯基化处理

将内径为 $150\ \mu\text{m}$ 的石英毛细管依次用 $1.0\ \text{M}$ NaOH 溶液、超纯水和 $1.0\ \text{M}$ HCl 溶液分别冲洗 $1\ \text{h}$ 、 $0.5\ \text{h}$ 和 $1\ \text{h}$ ，接着用超纯水冲洗至中性，再用甲醇冲洗 $0.5\ \text{h}$ ，用氮气吹干。将预烯基化试剂 γ -MAPS 与甲醇的混合溶液(体积比 1:1)注入毛细管中，密封，置于 $45\ ^\circ\text{C}$ 恒温水浴中反应 $12\ \text{h}$ ，最后用甲醇冲洗 $1\ \text{h}$ ，氮气吹干，两端密封备用。

2.3 二氧化硅纳米颗粒的制备

采用文献[3]报道的油包水反相微乳液法合成二氧化硅纳米颗粒。具体方法如下：将 $7.5\ \text{mL}$ 环己烷、 $1.6\ \text{mL}$ 正己醇和 $1.8\ \text{mL}$ 表面活性剂 Triton X-100 混合，搅拌 $5\ \text{min}$ 至澄清，加入 $1.07\ \text{mL}$ 超纯水作为分散相，常温下搅拌 $30\ \text{min}$ ，形成透明且稳定的油包水微乳液。将 $100\ \mu\text{L}$ 的反应前体正硅酸乙酯(TEOS)和 $100\ \mu\text{L}$ 催化剂氨水加入到微乳液体系中，连续搅拌 $24\ \text{h}$ ，用无水乙醇破乳， $18000\ \text{r/min}$ 离心 $15\ \text{min}$ ，收集硅胶纳米颗粒。收集的二氧化硅颗粒用无水乙醇洗两次，超水洗一次。按照文献[3]的报道，在此条件下制备的二氧化硅纳米颗粒直径在 $25\sim 50\ \text{nm}$ 之间。将二氧化硅纳米颗粒表面进行预烯基化处理，具体方法参照毛细管内壁预烯基化处理。

2.4 整体柱的制备

配制 A、B、C 3 种溶液。A 为三元致孔剂混合液(水、甲醇和环己醇的体积比为 1:4:12)，B 是用 A 溶液配制的浓度为 12% 的 SPMA 溶液，C 是用 A 溶液配制的浓度为 2.5% 的 AIBN 溶液。3 份溶液均需通入 N_2 并超声振荡至澄清状态。取一个 $1.5\ \text{mL}$ 的离心管，称取 $14.4\ \text{mg}$ 表面预烯基化的纳米硅胶颗粒至离心管中，加入 $30\ \mu\text{L}$ B 溶液， $0.6\ \mu\text{L}$ A 溶液，通入 N_2 并超声振荡 $1\ \text{min}$ ，加入 $5\ \mu\text{L}$ C 溶液，通入 N_2 并超声振荡 $30\ \text{s}$ 后制得均匀混合物。迅速用注射器将聚合反应混合物注入预处理的毛细管中，将毛细管两端密封，置于 $60\ ^\circ\text{C}$ 恒温水浴中反应 $7\ \text{h}$ ，用大于 50 倍柱体积的甲醇冲洗整体柱。最终制得有机与无机杂化强阳离子交换整体柱。

3 结果与讨论

3.1 色谱柱制备

整体柱的制备条件(反应温度和时间、单体浓度以及致孔剂的组成等)对整体柱的孔结构、机械稳定性及色谱分离性能有很大的影响。本研究通过优化致孔剂组成比例、单体总浓度、有机功能单体浓度、

聚合反应时间等因素，确定了整体柱的最佳制备条件。聚合混合物组成：无机纳米硅胶颗粒($14.4\ \text{mg}$) + SPMA($3.6\ \text{mg}$) + 环己醇($22.56\ \mu\text{L}$) + 甲醇($7.52\ \mu\text{L}$) + 水($1.92\ \mu\text{L}$) + AIBN($0.125\ \text{mg}$)；反应时间， $7\ \text{h}$ ；反应温度， $60\ ^\circ\text{C}$ 。

3.2 整体柱的孔结构

在最佳条件下制备了整体柱 A(图 1A，单体总浓度 = 36% ，纳米硅胶颗粒占 100% ，SPMA 占 0%) 和整体柱 B(图 1B，单体总浓度 = 36% ，纳米硅胶颗粒占 80% ，SPMA 占 20%)。两者的扫描电镜图如图 1 所示。由图 1A 可见，在所确定的实验条件下，表面预烯基化的纳米硅胶颗粒之间能够发生聚合反应，形成类似于有机聚合物整体固定相孔结构的连续床，证明了表面预烯基化的纳米硅胶颗粒具有足够的反应活性。对比图 1A 和 B，可以发现，在单体中加入 20% SPMA 后，聚合物的团簇变小了，相应地孔隙变小、孔径更均匀了。这些变化也表明了 SPMA 参与了聚合物的形成。

3.3 色谱分离

1) 无机阳离子分离。以 CuSO_4 为洗脱液兼间接紫外-可见光检测法的背景吸收液^[4]，分离和检测了三种常见的一价金属离子(Na^+ 、 K^+ 和 NH_4^+)。图 2 考察的是不同盐浓度对色谱分离的影响。当流动相由 $15\ \text{mM}$ CuSO_4 增大到 $35\ \text{mM}$ CuSO_4 时，保留时间明显缩短，显示出离子交换机理特征，证明了 SPMA 参与了聚合物的形成。图 3 考察的是流速对色谱分离的影响。当流动相流速从 $0.3\ \mu\text{L}/\text{min}$ 增加到 $0.8\ \mu\text{L}/\text{min}$ 时，被测组分的峰宽无明显变化，柱效损失不大，表明该柱的传质速度较快，固定相的孔隙小且均匀。图 4 显示，利用较短($2.4\ \text{cm}$)色谱柱可在较短时间($3.5\ \text{min}$)内实现三种阳离子的快速分离，表明该整体柱柱效较高。

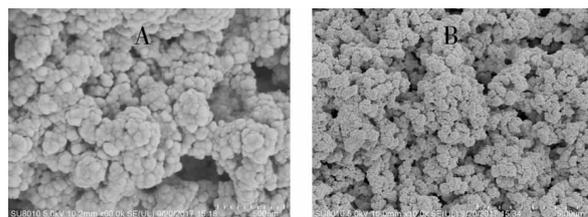
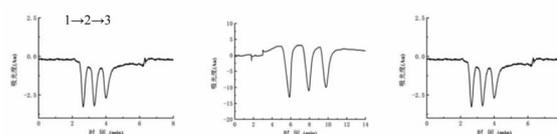


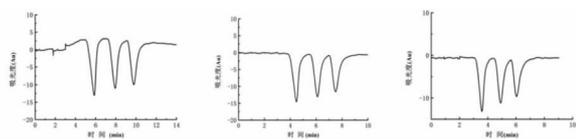
图 1 扫描电镜图



A. $15\ \text{mM}$ CuSO_4 B. $25\ \text{mM}$ CuSO_4 C. $35\ \text{mM}$ CuSO_4

图 2 流动相离子强度对分离的影响

实验条件:有效柱长 5.5 cm;流速 $0.45 \mu\text{L}/\text{min}$; CuSO_4 浓度依次为(A) 15 mM (B) 25 mM (C) 35 mM;紫外检测波长 210 nm. 组分:1. Na^+ ; 2. NH_4^+ ; 3. K^+ .



D. $0.3 \mu\text{L}/\text{min}$ E. $0.5 \mu\text{L}/\text{min}$ F. $0.8 \mu\text{L}/\text{min}$

图3 流动相流速对分离的影响

实验条件:有效柱长 5.5 cm;流动相 20 mM CuSO_4 ;流速分别为(D) $0.3 \mu\text{L}/\text{min}$ (E) $0.5 \mu\text{L}/\text{min}$ (F) $0.8 \mu\text{L}/\text{min}$;紫外检测波长 210 nm. 组分:1. Na^+ ; 2. NH_4^+ ; 3. K^+ .

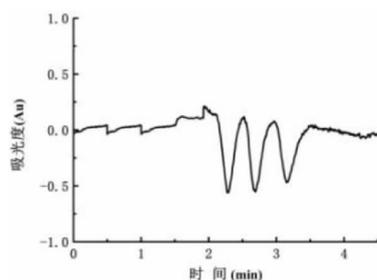


图4 三种阳离子的快速分离

实验条件:有效柱长 2.4 cm;流动相 50 mM CuSO_4 ;流速 $0.5 \mu\text{L}/\text{min}$;紫外检测波长 210 nm. 组分:1. Na^+ ; 2. NH_4^+ ; 3. K^+

2)核苷酸分离.以磷酸盐缓冲溶液为流动相,以乙腈为有机添加剂,在 $\text{pH}=2.5$ 条件下分离了腺苷酸(AMP)、胞苷酸(CMP)、鸟苷酸(GMP)和尿苷酸(UMP)4种核苷酸.根据这4种核苷酸的解离常数(见表1),在 $\text{pH}=2.5$ 流动相中,UMP和GMP不带电荷,AMP和CMP不同程度地带有正电荷.图5考察的是磷酸盐浓度和有机添加剂对色谱分离的影响.通过比较图5(B)和(C)可以发现,当 NaH_2PO_4 浓度从 5 mM 降低到 1 mM 时,核苷酸保留时间均有所增加,带正电荷的CMP和AMP的保留时间延长尤为明显,显示出离子交换作用机理的特征.通过比较图5(A)和(B)可以发现,当流动相中加入 15% ACN 时,所有的核苷酸保留时间均增加,显示了该柱的亲水性特征.所以,这4种核苷酸在该整体柱上的分离是离子交换和亲水机理混合作用的结果.此外,值得注意的是,该整体柱对带正电荷的CMP和AMP具有较强的保留能力,表明离子交换机理对这4种核苷酸的分离起主导作用.

表1 核苷酸解离常数

核苷酸	第一磷酸基	第二磷酸基	氨基
	$\text{pK}_{\text{a}1}$	$\text{pK}_{\text{a}2}$	
尿苷酸	1.0	6.4	/
鸟苷酸	0.7	6.1	2.4
腺苷酸	0.9	6.2	3.7
胞苷酸	0.8	6.3	4.5

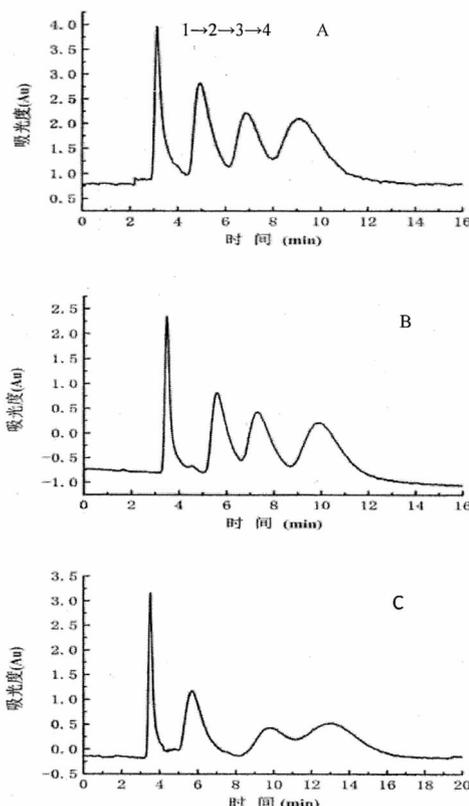


图5 磷酸盐浓度和有机添加剂对色谱分离的影响

4 结论

利用含有一 SO_3^- 基团的 3-磺酸丙基甲基丙烯酸钾盐(SPMA)为有机功能单体,表面预烯基化的无机纳米硅胶颗粒为交联剂,通过在毛细管内原位聚合的方法制备了一种新型有机与无机杂化强阳离子交换整体柱.确定了整体柱的制备条件.该整体柱具有制备方法简单、固定相孔隙小且均匀等显著特点.利用该整体柱,基于离子交换机理分离了一组一价无机金属阳离子,基于离子交换机理和亲水相互作用分离了一组核苷酸.

参考文献:

[1] Couchman L, Morgan P E, Flanagan R J. Basic drug a-

- analysis by strong cation-exchange liquid chromatography-tandem mass spectrometry; simultaneous analysis of amisulpride, and of metamfetamine and amphetamine in serum/plasma[J]. *Biomedical Chromatography BMC*, 2011, 25(8): 867-872.
- [2] Aggarwal P, Tolley H D, Lee M L. Monolithic bed structure for capillary liquid chromatography[J]. *Journal of Chromatography A*, 2012, 1219(2): 1-14.
- [3] Bagwe R P, Yang C, L R H, *et al.* Optimization of dye-doped silica nanoparticles prepared using a reverse microemulsion method [J]. *Langmuir*, 2004, 20(19): 8336-8342.
- [4] Ueki Y, Umemura T, Li J, *et al.* Preparation and application of methacrylate-based cation-exchange monolithic columns for capillary ion chromatography[J]. *Analytical Chemistry*, 2004, 76(23): 7007-7012.

Preparation of Organically-inorganically Hybrid Strong Cation-exchange Monolithic Column for Liquid Chromatography Using Pre-alkenylated Silica Nanoparticles

LI Jing-xiang, ZOU Wen-ran, YANG Rui-meng, WANG-He

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China)

Abstract: An organic and inorganic hybrid strong cation-exchange monolithic column was prepared for liquid chromatography by in-situ polymerization of 3-sulfopropyl methacrylate potassium salt (SPMA) and pre-alkenylated silica nanoparticles (i. d. 25-50 nm) in the presence of ternary porogens consisting of cyclohexanol, methanol and water in a 150 μm i. d. fused silica capillary. The optimal preparation conditions of the column were: composition of polymerized mixtures, inorganic silica nanoparticles (14.4 mg), SPMA (3.6 mg), cyclohexanol (22.56 μL), methanol (7.52 μL), water (1.92 μL) and 2,2-Azobisisobutyronitrile (0.125 mg); polymerization time, 7 h; polymerization temperature, 60 $^{\circ}\text{C}$. The separation performance of the column was evaluated through the separation of monovalent inorganic cations and four nucleotides.

Key words: strong cation-exchange; silica nanoparticles; monolithic column.

溴百里酚蓝分光光度法测定茶叶中锆的实验研究

张存兰

(德州学院 化学化工学院, 山东 德州 253023)

摘 要: 显色剂溴百里酚蓝与锆(IV)可形成蓝色络合物. 将茶叶消化后, 用分光光度法测定茶叶中的锆. 研究发现茶叶中锆的含量在 $0 \sim 1.16 \mu\text{g/mL}$, 范围内呈现出良好的线性关系. 本实验以溴百里酚蓝为显色剂, 探讨了测定的最佳实验条件, 实验表明: 显色剂用量为 4.5 mL , pH 为 $0.5 \sim 2.0$, 反应时间为 6 min , 锆的测定最低检出限为 $6.08 \mu\text{g/mL}$.

关键词: 茶; 锆; 溴百里酚蓝; 紫外可见分光光度法

中图分类号: TQ116.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0033-04

1 引言

微量元素锆具有抗癌症、抗老化及提高人体免疫力等作用. 锆作为生命必需的微量元素, 与人体健康有密切关系. 有机锆在人体中有很强的脱氢能力, 可防止细胞衰老, 增强人体免疫力. 锆还具有抗炎症、抗病毒、抗肿瘤等生理作用. 根据日本学者报道, 有机锆可以治疗白血病、转移性肺癌和生殖系统癌都有效. 据美国和瑞典报道, 有机锆是一类应用非常广泛的抗癌药物, 可以治疗恶性转移性淋巴瘤、黑色素瘤、子宫癌、大肠癌、前列腺性癌和胃癌等均有效. 因此, 有机锆被誉为“人类健康的保护神”^[1].

本文采用紫外可见分光光度法来对锆的测定进行实验研究, 以茶叶样品为研究对象, 测定茶叶中锆的含量, 旨在为茶叶中锆的研究开发利用提供依据, 为缺微量元素锆的人群通过饮用富含锆的茶来达到人体补锆的目的提供科学的依据^[1]. 倡导合理饮茶, 以达到增进健康预防疾病的目的.

以往测定锆的方法有简易氢化法^[2], 长光路光度法^[3], 氢化物—原子吸收光谱法^[4], 催化极谱法^[5], 离子色谱法, 氢化物—原子荧光光度法^[6], 催化动力学法^[7]等方法. 与其他方法相比紫外可见分光光度法具有快速、灵敏、方便、选择性好、操作快速简单, 试剂较安全、测定结果可靠、回收率高等优点, 具有很大的发展使用空间.

2 实验部分

2.1 实验材料

1) 实验仪器及设备. 752 型紫外可见分光光度计(上海菁华科技仪器有限公司); 马弗炉(上海鹏顺科技仪器有限公司), 电热鼓风干燥箱(山东龙口市电炉制造厂); KQ-250DB 型数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司); 电子天平(AL204).

25 mL 比色管若干; 吸量管 2.5 mL、5 mL; 洗耳球; 100 mL 容量瓶若干; 50 mL 容量瓶若干; 烧杯若干; 比色皿; 蒸发皿; 玻璃棒; 滴管.

2) 实验试剂. 四氯化锆(分析纯, 南京锆厂); 盐酸溶液; 30% H_2O_2 (分析纯, 天津市北方天医化学试剂厂); 溴百里酚蓝(分析纯); 邻苯二甲酸氢钾(分析纯); 溴化十六烷基吡啶; 茶叶样品(茉莉、苦丁); 水.

3) 标准溶液的配制. 锆(IV)标准溶液: 取四氯化锆溶液加入一定量的水生成二氧化锆沉淀, 再经灼烧脱水得到二氧化锆粉末, 准确称取 0.1046 g 二氧化锆粉末于烧杯中, 加入一定量 NaOH 加热将其溶解, 用稀盐酸微酸化, 蒸馏水定容至 100 mL , 该标准溶液中 HGeO_3^- 离子的浓度为 1.046 g/L , 使用前加水稀释.

邻苯二甲酸氢钾—盐酸缓冲溶液: 取 25 mL 0.2 mol/L 的邻苯二甲酸氢钾溶液与 17.5 mL 0.1 mol/L HCl 溶液混合均匀, 加水稀释至 100 mL 备用.

收稿日期: 2017-12-05; 修回日期: 2018-03-15

作者简介: 张存兰(1990-), 女, 山东济南人, 副教授, 研究方向: 环境分析.

溴百里酚蓝显色剂:准确称取 0.5000 g 溴百里酚蓝于 50 mL 的烧杯中,加入 80 mL 水溶解,再加入 20 mL 乙醇,转移至 1000 mL 的容量瓶中,并用水摇匀,定容,使用时新配制.浓度为 5.9×10^{-4} mol/L.

2.2 实验方法

准确称取锆盐于小烧杯中溶解,先加入适量水将其转化为二氧化锆,再加固体 NaOH 加热溶解,最后用加 HCl 溶液调为微酸性,配制成 HGeO_3^- 离子的标准溶液,将茶叶样品消化处理,使其中的锆元素转化为 HGeO_3^- 的形式进行测定,并通过计算得出茶叶中锆元素的含量.

取适量锆(IV)标准溶液置于 25 mL 比色管中,加入 4.5 mL 溴百里酚蓝,加入 pH 为 2.0 的邻苯二甲酸氢钾—盐酸缓冲溶液 1.5 mL,4.0 mL 溴化十六烷基吡啶,加水定容至 25 mL,放置 6 min,以试剂空白为参比,用 1 cm 的比色皿在 516 nm 波长下测定溶液的吸光度.

3 实验内容及结果

3.1 最大吸收波长的选择

取 4.0 mL 锆(IV)的标准溶液置于 25 mL 比色管中,加入 4.5 mL 溴百里酚蓝,pH 为 2.0 的邻苯二甲酸氢钾—盐酸缓冲溶液 1.5 mL,4.0 mL 溴化十六烷基吡啶,加水定容至 25 mL.以试剂空白为参比,测定其吸光度,绘出吸收曲线如图 1.由图 1 可得测定锆的最大吸收波长为 516 nm.

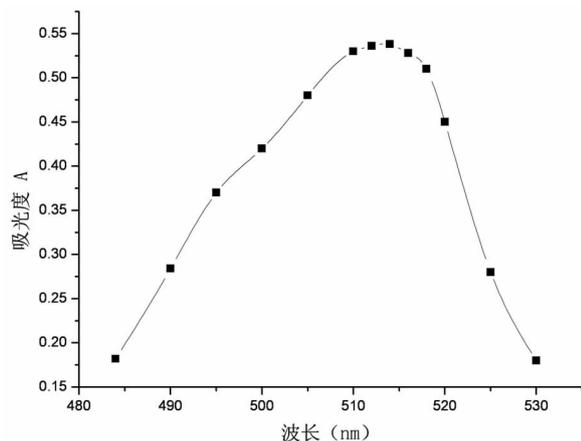


图 1 锆(IV)的吸收光谱

3.2 反应条件的优化

1)显色剂用量的选择.取 4.0 mL 锆(IV)的标准溶液置于 25 mL 比色管中,加入不同体积的溴百里酚蓝显色剂,pH 为 2.0 的邻苯二甲酸氢钾—盐

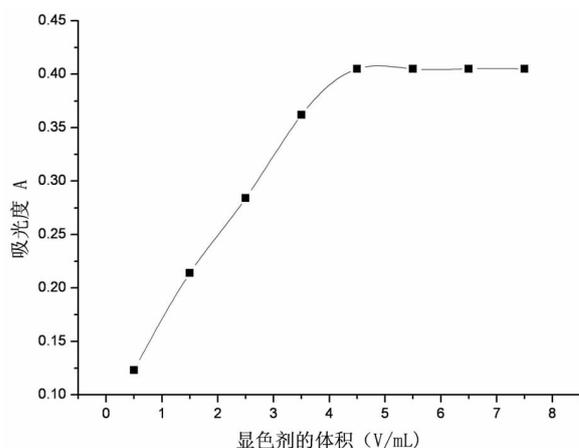


图 2 锆显色剂用量与吸光度的关系

酸缓冲溶液 1.5 mL,4.0 mL 溴化十六烷基吡啶,加水定容至 25 mL.以试剂空白为参比,用 1 cm 比色皿于 516 nm 处测定其吸光度,由图 2 可知,当加入显色剂用量为 4.5 mL 时吸光度最大且相对稳定,因此选择显色剂用量为 4.5 mL.

2)pH 的影响.取 4.0 mL 锆(IV)的标准溶液置于 25 mL 比色管中,加入 4.5 mL 溴百里酚蓝显色剂,加入不同 pH 的邻苯二甲酸氢钾—盐酸缓冲溶液 1.5 mL,4.0 mL 溴化十六烷基吡啶,加水定容至 25 mL.以试剂空白为参比,用 1 cm 比色皿于 516 nm 处测定其吸光度.测定结果如表 1 和图 3 所示,实验表明适宜的 pH 范围是 0.5~2.5;也表明 pH 过高对吸光度影响较大.本实验选择 pH 值为 2.0 的邻苯二甲酸氢钾—氢氧化钠缓冲溶液,且用量为 1.5 mL.由于溴百里酚蓝是一种酸碱指示剂,因此反应液的酸度对显色反应有很明显的影响.显色的同时应严格控制溶液的酸度并且要在缓冲溶液中进行.

表 1 锆(IV)反应液的 pH 与吸光度

pH	0.5	1.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5
吸光度 (A)	0.132	0.138	0.201	0.314	0.408	0.637	0.534

3)显色时间的影响.取 4.0 mL 锆(IV)的标准溶液置于 25 mL 比色管中,加入 4.5 mL 溴百里酚蓝显色剂,加入 pH 为 2.0 的邻苯二甲酸氢钾—盐酸缓冲溶液 1.5 mL,4.0 mL 溴化十六烷基吡啶,加水定容至 25 mL.放置不同的时间,以试剂空白为参比,测定其吸光度.实验结果表明,在实验条件下溴百里酚蓝立即与锆反应 5~6 min 时,吸光度达到最大值,并且保持 24 h 基本不变.因此,选择反应时间为 6 min,以节省分析时间.

3.3 检出限与标准工作曲线

通常仪器的检出限为标准偏差的 3 倍,即 $DL=$

3 sB/m^[8].

在同一质量浓度下配制十份溶液,以空白试剂为参比测得十组数据,通过计算得锆的检出限为 6.08 μg/mL.

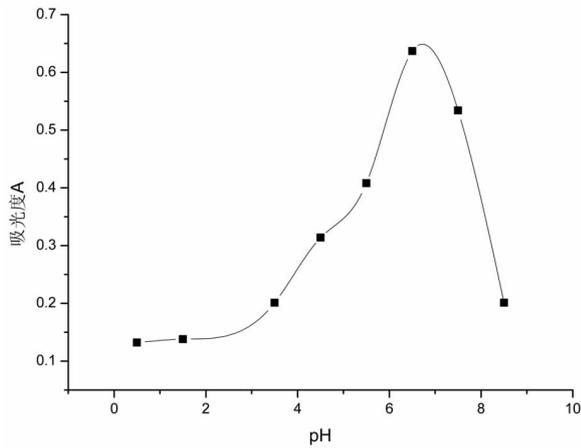


图 3 锆(IV)反应液的 pH 与吸光度

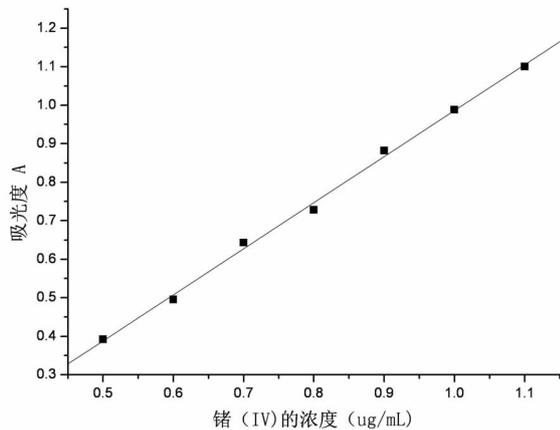


图 4 锆(IV)的标准曲线

取锆(IV)标准溶液配制成不同质量浓度的锆液.分别取 0.0 mL、1.0 mL、2.0 mL、3.0 mL、4.0 mL、5.0 mL、6.0 mL、7.0 mL、8.0 mL、9.0 mL、10.0 mL、11.1 mL 置于 25 mL 比色管中,加入 4.5 mL 溴百里酚蓝,加入 pH 为 2.0 的邻苯二甲酸氢钾-盐酸缓冲溶液 1.5 mL,4.0 mL 溴化十六烷基吡啶,加水定容至 25 mL,以试剂空白为参比,用 1 cm 的比色皿在 516 nm 波长下测定溶液的吸光度,而计算的锆的含量分别为 0.3 μg/mL、0.4 μg/mL、0.5 μg/mL、0.6 μg/mL、0.7 μg/mL、0.8 μg/mL、0.9 μg/mL、1.0 μg/mL、1.1 μg/mL.由测得的吸光度 A 与 Ge(IV)的含量绘制工作曲线.

由图 4 可知线性范围为 0~1.16 μg/mL,线性回归方程为 $y = 1.196x(\mu\text{g/mL}) - 0.21$,线性相关系数为 $r = 0.9987 > r_{8,0.05}$,并且由线性回归方程可得出表观摩尔吸光系数 $\epsilon_{516} = 3.8 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot$

cm^{-1} .

3.4 仪器的精密度

本实验测定锆(VI)的吸光度来检验仪器的精密度,取 4.0 mL 锆(VI)的标准溶液置于 25 mL 比色管中,加入 4.5 mL 溴百里酚蓝显色剂,加入 pH 为 2.0 的邻苯二甲酸氢钾-盐酸缓冲溶液 1.5 mL,4.0 mL 溴化十六烷基吡啶,加水定容至 25 mL.稀释成九种标液,放置 6 min,以试剂空白为参比,反复测定 9 次标液的其吸光度,数据如表 2 所示.计算得标准偏差为 1.03%,实验结果表明:数据重现性较好,说明紫外可见分光光度计的精密度良好.

表 2 仪器的精密度

序号	01	02	03	04	05	06	07	08	09
吸光度(A)	0.527	0.527	0.528	0.527	0.528	0.527	0.527	0.528	0.529

3.5 样品及其回收率的测定

1)样品的测定方法.准确称取 1.0000 g 茶叶于 100 mL 烧杯中,加入 15 mL 浓 H₂SO₄,小火煮至近于炭化,然后加入 25 mL 30%的 H₂O₂,小火煮至溶液呈透明状,用 NaOH 溶液调至强碱性,小火煮沸 5 min,以溶解 GeO₂,再用稀盐酸调至微酸性,此时溶液为黄色透明液,冷却,移取 10.00 mL 转移至 25 mL 比色管,加入 4.5 mL 溴百里酚蓝,加入 pH 为 2.0 的邻苯二甲酸氢钾-盐酸缓冲溶液 1.5 mL,4.0 mL 溴化十六烷基吡啶,加水定容至 25 mL,以试剂空白为参比,用 1 cm 的比色皿在 516 nm 波长下测定溶液的吸光度.由标准曲线上查出含锆(IV)的值,计算其在不同茶叶中相应的含量.测定结果如表 3 和表 4.

2)回收率的测定的测定方法

$$\text{回收率} = \frac{\text{测空值} - \text{本底值}}{\text{标准值}} \quad \text{回收率越接近}$$

100%越好

3)样品的测定及其结果

(1)茉莉样品的测定及其结果

表 3 茉莉样品中锆的含量

编号	样品量 (g)	吸光度 (A)	含锆量 (μg/g)	加入锆量 (μg/g)	测得总锆量 (μg/g)	回收率 (%)
1	0.9962	0.570	6.16	50	55.33	98.52
2	1.0884	0.575	6.62	50	55.62	98.23
3	1.0026	0.574	6.33	50	55.52	98.56
平均值	1.0289	0.573	6.37	50	55.49	98.44

(2)毛尖样品的测定及其结果

表 4 毛尖样品中锗的含量

编号	样品量 (g)	吸光度 (A)	含锗量 ($\mu\text{g/g}$)	加入锗量 ($\mu\text{g/g}$)	测得总锗量 ($\mu\text{g/g}$)	回收率 (%)
1	1.0867	0.432	6.61	50	55.89	98.73
2	1.0143	0.548	6.55	50	56.32	99.59
3	0.9987	0.483	6.54	50	56.20	99.40
平均值	1.0332	0.488	6.57	50	56.14	99.24

4 结果与讨论

由于锗是人体必需的微量元素,其含量在人体内过多过少都会影响人体的健康,准确、快速测定锗,在环境学、医学等很多领域受到关注,因此,使用一种方便快捷准确的分析方法,对食物、环境、人体中锗的含量的测定就很重要.通过实验证明了利用紫外可见分光光度法测定不同茶叶中锗的方法是可行的,此方法比较简单,灵敏度高,是一种应该广泛推广的好方法.实验测得茶叶中锗的含量在 $0 \sim 1.16 \mu\text{g/mL}$ 范围内,呈现出良好的线性关系.而毛尖茶中锗的含量多于茉莉花茶中锗的含量,由于茶叶中锗的含量较低,开发富锗的茶叶很有必要.21 世纪食品与人类健康之间的关系将更密切,所以致

力于微量元素的研究以攻克顽疾,将是我们每一个科研工作者需要奋力研究的课题.

参考文献:

- [1] 毕恩炜,张向峰.微量元素锗与人体健康[J].微量元素与健康研究,1996,13(2):62-75.
- [2] 余光新,陈婉华.简易氢化法测定茶叶中的痕量元素锗[J].湖北大学学报(自然科学版),1994,16(2):185-187.
- [3] 韩鹤友,马跃.长光路光度法测定茶叶中痕量锗[J].安徽师范大学学报(自然科学版),1994,17(4):57-60.
- [4] 刁全平,侯冬岩,回瑞华,李铁纯.分光光度法测定稻米及副产品中矿物元素锗[J].中国无机分析化学,2014,4(1):66-68.
- [5] 叶洪瑞.催化极谱法测定茶叶中的锗[J].福建师大福清分校学报,2000,47(2):63-71.
- [6] 张忠,范辉,周丽沂,等.氢化物-原子荧光法测定茶叶中痕量锗[J].光谱实验室,1997,4(9):45-47.
- [7] 牟世芬,梁丽娜.离子色谱法的进展和几个热点应用[J].现代科学仪器,2006,5(1):35-38.
- [8] 陈远盘.光谱痕量分析的检出限问题[J].光谱学与光谱分析,1994,14(5):105.
- [9] 严和平,张寓达,等.云南普洱茶中锗的测定条件及含量研究[J].食品工业科技,2010(9):343-345.

Experimental Study of Spectrophotometric Determination of Germanium and Selenium in Tea

ZHANG Cun-lan

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Dezhou University, Dezhou Shandong 253023, China)

Abstract: The bromothymol blue and germanium (IV) can form blue complexes. When the tea was digested, the germanium in tea was determined by spectrophotometry. It was found that the content of germanium in tea showed a good linear relationship between $0 \sim 1.16 \mu\text{g/mL}$. This experiment by bromine thymol blue as the chromogenic agent, probes into the determination of the optimum experimental conditions, the experiment showed that the chromogenic agent was 4.5 mL, pH 0.5~2.0, the reaction time of 6 min, germanium determination of the minimum detection limit including 6.08 g/mL.

Key words: Tea; Bromothymol Blue; Selenium; Ultraviolet and visible spectrophotometry

葛根素— Al^{3+} 体系的荧光猝灭效应及 Al^{3+} 的分析测定

张 星, 贾 贞^{1*}, 秦 菲², 朱 慧¹, 于雪梅¹, 牛如月¹, 李亚枫¹

(1. 德州学院 化学化工学院, 山东 德州 253023; 2. 北京联合大学 健康与环境学院食品科学系, 北京 100023)

摘 要: 研究发现, 在 pH8.0 的弱碱性溶液中, Al^{3+} 能明显地猝灭葛根素的荧光强度, 据此可应用于 Al^{3+} 的分析测定. 在最佳实验条件下, 猝灭的荧光强度与 Al^{3+} 的浓度在一定范围内成线性关系, Al^{3+} 的检出限为 9.2×10^{-8} mol/L, 与其它已报道的荧光分析方法灵敏度相当. 本文还探讨了体系的光谱猝灭机理.

关键词: 葛根素; Al^{3+} ; 荧光; 猝灭

中图分类号: O657.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0037-03

1 引言

铝是自然界中常见的元素, 具有较为优良的性能, 广泛应用于飞机、汽车、火车、船舶等制造工业以及日常生活. 但是近年来, 越来越多的研究发现, 过量铝的存在会影响生态环境乃至人体健康^[1]. 例如有证据表明, 过量的铝会抑制植物的生长^[2]; 铝浓度的增加会造成鱼类和大量水生生物死亡^[3]; 长期摄入铝元素会引起人老年性痴呆, 唐氏综合症等病症^[4], 因此如何定量检测铝的含量引起了人们的广泛关注^[5]. 目前, 已报道的微量铝的测定方法主要有: 高效液相色谱法(HPLC)^[6], 电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-MS)^[7], 石墨炉原子吸收光度法^[8]、分光光度法^[9]等. 尽管 HPLC 及 ICP-MS 方法拥有低的检出限, 但是设备昂贵不常见.

葛根素具有扩张血管、降低心肌耗氧、抑制血小板聚集及对抗异丙肾上腺素引起的各项升压作用, 是临床常用的治疗心脑血管疾病的一线用药^[10,11]. 本研究发现, 在弱碱性水溶液中, Al^{3+} 能明显地降低葛根素的荧光强度, 据此可应用于微量铝的测定, 该方法最低检出限可达 10^{-8} mol/L 数量级, 灵敏度与已报道的其他荧光探针法相当的.

2 实验部分

2.1 主要仪器与试剂

F-4600 型荧光分光光度计(日本日立); PHSJ

-4A 型 pH 酸度计(上海雷磁公司).

葛根素(纯度 98%, 西安小草植物科技有限责任公司); 乙醇(分析纯, 沪试); 氯化铝(分析纯, 沪试); 六次甲基四胺(分析纯, 沪试); 浓盐酸(分析纯, 沪试). 其他试剂均为市售分析纯, 除特别说明外, 未经处理直接使用.

2.2 实验方法

1) 溶液的配制. 葛根素用乙醇溶解, 配成标准溶液; AlCl_3 和六次甲基四胺(HMTA), 用去离子水溶解, 配成标准溶液, 以稀盐酸调节缓冲溶液的 pH 值.

2) 实验方法. 适当浓度的溶液依次加入到 15 mL 的玻璃比色管中, 混合液用去离子水稀释到 10 mL, 混合均匀, 用 1.0 cm 的荧光池, 在荧光分光光度计上测定混合液的荧光光谱.

3 结果与讨论

3.1 荧光光谱

葛根素, Al^{3+} -葛根素体系的激发和发射光谱(见图 1)表明, 当激发波长为 347 nm 时, 葛根素在 478 nm 处发射其特征荧光. 当在葛根素溶液中加入微量 Al^{3+} 时, 其荧光强度会发生明显的降低.

3.2 实验条件的优化

图 2 表明, 溶液的 pH 值 8.0, 葛根素浓度 5.0×10^{-5} mol/L, 葛根素被 Al^{3+} 猝灭的荧光强度值(ΔI_f)达到最大. 固定溶液的 pH 值为 8.0, 验证了 HMTA-HCl, NaAc-HAc, Tris-HCl, 柠檬酸-

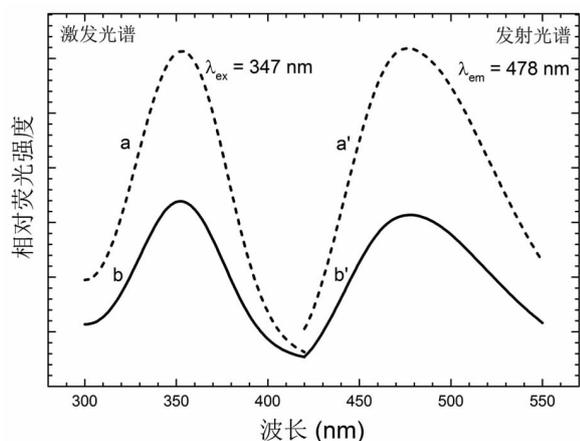
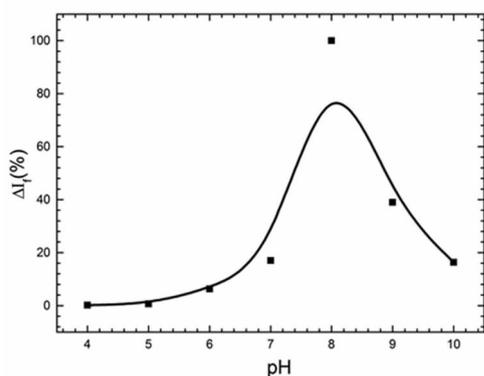
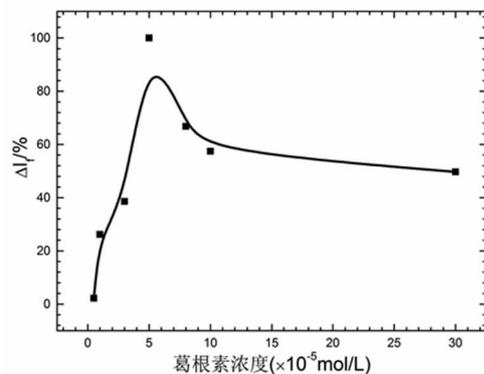


图 1 a, a' 葛根素和 b, b' Al³⁺-葛根素的激发和发射光谱
注: 葛根素: 5.0×10^{-5} mol/L; Al³⁺: 3.0×10^{-5} mol/L;
HMTA: 0.5%; pH8.0

柠檬酸钠几种缓冲溶液, 体系被猝灭的荧光相对数值 $\Delta I_f(\%)$ 分别为 100, 96.7, 5.7, -3.8. 进一步的实验表明, 缓冲溶液的最佳加入量是 0.5 mL.



(a)



(b)

图 2 pH 值(a)和葛根素浓度(b)对猝灭的荧光强度的影响
注: 葛根素: 5.0×10^{-5} mol/L; Al³⁺: 3.0×10^{-5} mol/L; HMTA: 0.5%; pH8.0

3.3 分析应用

在最佳实验条件下, 建立了 Al³⁺ 的浓度与 $\Delta I_f(\%)$ 之间的响应曲线(见图 3), 结果表明, Al³⁺ 响应的浓度线性范围 $2.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-4}$ mol/L, 检出限 9.2×10^{-8} mol/L, 与已报道的荧光探针技术灵敏度相当(见表 1).

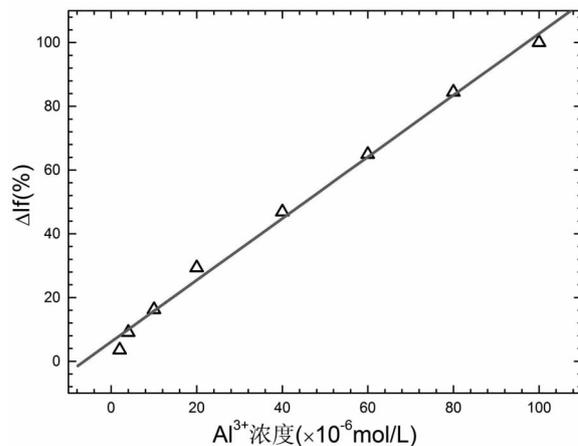


图 3 线性关系曲线

注: 葛根素: 5.0×10^{-5} mol/L; HMTA: 0.5%; pH8.0

表 1 分析参数

被检测物质	Al ³⁺
线性范围(mol/L)	$2.0 \times 10^{-6} - 1.0 \times 10^{-4}$
线性方程(mol/L)	$\Delta I_f = 0.967C + 6.129$
相关系数	0.997
检出限(mol/L)	9.2×10^{-8}

注: 葛根素: 5.0×10^{-5} mol/L; HMTA: 0.5%; pH8.0

表 2 葛根素与已报道的几种荧光探针的比较

荧光探针	检出限(mol/L)	参考文献
罗丹明 B 衍生物	2.5×10^{-2}	12
水杨醛	1.6×10^{-7}	13
8-羟基-久洛尼定-(2-吡啶)胺	8.22×10^{-8}	14
2-((E)-((2-((E)-(4-硝基苯基)二氮烯基)苯基)氨基)乙基)亚氨基)甲基喹啉-8-醇	5.8×10^{-9}	15
本方法	9.2×10^{-8}	

3.4 葛根素对 Al³⁺ 的选择性

在葛根素溶液中加入浓度为 5.0×10^{-5} mol/L 的不同金属离子 (Hg²⁺, Ag⁺, Pb²⁺, Cu²⁺, Ba²⁺, Cd²⁺, Zn²⁺, Ni²⁺, Co²⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, Li⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Fe³⁺), 体系荧光强度几乎不变.

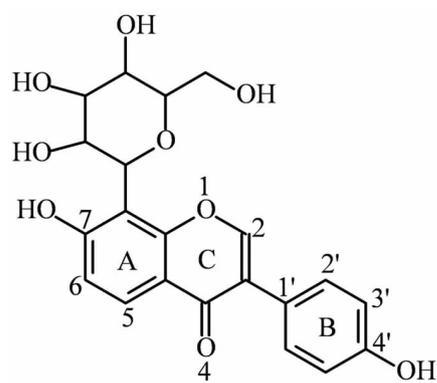


图4 葛根素分子结构式

4 荧光猝灭机理

在葛根素分子中,A,B和C环(见图4)中的碳碳双键以及碳氧双键发生 $\pi-\pi$ 共轭,同时,7位和4'位碳原子连接的羟基中的氧原子以及1位氧原子上的孤对电子参与共轭,发生 $p-\pi$ 共轭,所以在葛根素分子结构中,既存在 $\pi-\pi^*$ 电子跃迁,也存在 $p-\pi^*$ 电子跃迁,共轭体系较大,电子跃迁需要的能量降低,吸收波段出现在近紫外波段347 nm(见图1)^[16]。

在酸性介质中,7位和4'位碳原子上的酚羟基与H⁺形成氢键,降低了葛根素分子中的共轭强度,同时带正电荷的Al³⁺不容易与7位和4'位碳原子上的羟基反应.而弱碱性条件下,7位和4'位碳原子羟基上的氢原子发生解离,生成的阴离子结构,一方面使葛根素分子的共轭效应增强,另一方面,带负电荷的氧原子容易与Al³⁺发生静电吸引作用.所以在本实验体系中,当溶液的pH值为8.0时,葛根素被Al³⁺猝灭的荧光强度值达到最大.而进一步增加介质的碱性,葛根素分子中的C环可能会被破坏导致开环.¹⁷

5 结论

在Al³⁺能猝灭葛根素荧光的基础上,本文建立了一种Al³⁺的分析方法,Al³⁺的检出限可达 9.2×10^{-8} mol/L,本方法具有试剂价廉,设备常见的特点.

参考文献:

[1] 陈世豪. 铝对人类健康的影响及相关食品安全问题研究进展[J]. 食品安全导刊, 2017(12):34.
 [2] DEMIRDAG R, YERLIKAYA E, SENTURK M, *et al.* Heavy metal ion inhibition studies of human, sheep and fish alpha-carbonic anhydrases[J]. J. Enzyme Inhib. Med. Chem., 2013, 28(2): 278-282.

[3] SANTOS L B, PAULINO A T, TAMBOURGI E B, *et al.* Toxic effects of dietary of Al³⁺ ions in tilapias (*Oreochromis niloticus*) and protective effect of Zn²⁺ ion[J]. Toxicol., Environ. Chem., 2011, 93(1): 92-101.
 [4] 成晓琳, 于清江, 王家柱. 铝对人体健康的危害及防治[J]. 菏泽学院学报, 2004, 26(4): 57-60.
 [5] 詹宗勇. 水中铝检测方法的研究进展[J]. 河南预防医学杂志, 2017, 28(3): 174-177.
 [6] FRANKOWSKI M. Aluminium and Its Complexes in Teas and Fruity Brew Samples, Speciation and Ions Determination by Ion Chromatography and High-Performance Liquid Chromatography-Fluorescence Analytical Methods[J]. Food Anal. Methods, 2014, 7(5): 1109-1117.
 [7] SHANG D, ZHAO Y, ZHAI Y, *et al.* Development of a new method for analyzing free aluminum ions (Al³⁺) in seafood using HPLC-ICP-MS[J]. Chinese Sci Bull, 2013, 58(35): 4437-4442.
 [8] VHAHANGWELE M, MUGERA G W, THOLISO N. Defluoridation of drinking water using Al³⁺-modified bentonite clay: optimization of fluoride adsorption conditions[J]. Toxicol. Environ. Chem., 2014, 96(9): 1294-1309.
 [9] HOSSWENI M N, POURMAHMOOD T, HOSSEINI M S. Spectrofluorometric Method for Determination of Al³⁺ with 3-Hydroxy-2-Naphthalenecarboxylic Acid and its Application to Milk Samples[J]. Food Anal. Methods, 2014, 7(10): 2145-2152.
 [10] 刘景文. 葛根素在冠心病治疗中应用及研究进展[J]. 中国处方药, 2017, 15(3): 16-17.
 [11] 路广秀, 包立道, 张芳. 葛根素对高脂血症患者靶器官功能的保护作用[J]. 中国临床研究, 2017, 30(2): 165-167.
 [12] 宋金萍, 刘永文, 马琦, 等. 新型罗丹明B衍生物荧光探针的合成及其对Al³⁺的识别研究[J]. 山西大同大学学报(自然科学版), 2015, 31(1): 28-30.
 [13] 袁亚晴, 何龙, 蒲光, 等. 基于水杨醛的Turn-on型铝离子荧光探针的研究[J]. 吉林化工学院学报, 2014, 34(9): 46-49.
 [14] 侯玲杰, 葛金印, 孔祥宇, 等. 新型席夫碱高灵敏荧光探针用于Al³⁺的测定[J]. 中国科学: 化学, 2017, 47(8): 1000-1006.
 [15] 徐鉴, 扶庆权, 张辉, 等. 8-羟基喹啉类荧光探针的合成及其对食品中Al³⁺含量的检测[J]. 食品科学, 2017, 38(18): 292-296.
 [16] 汪小兰. 有机化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
 [17] 邢志华, 何丽娟, 孙志伟, 等. 溶液pH值对葛根素结构稳定性影响[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2015, 31(6): 650-652.

(下转第47页)

新型酰基化壳聚糖季铵盐复合修饰衍生物的制备及抑菌活性

韩柏林¹, 李荣春^{1*}, 华玉山^{1*}, 任艳芳², 李文浩¹

(1. 德州学院 化学化工学院, 山东 德州 253023; 2. 恒源石油化工有限公司, 山东 临邑 251500)

摘要: 以壳聚糖和 2,3-环氧丙基三甲基氯化铵为原料, 制备得到壳聚糖季铵盐(HTCC), 继而 HTCC 与乙酰氯、氯乙酰氯和苯甲酰氯反应得到一系列酰基化壳聚糖季铵盐(AHTCC, CAHTCC, BAHTCC). 用 FT-IR 和 ¹³C NMR 光谱对产物结构进行了表征, 并测试了其抑菌活性, 结果表明, 酰基化修饰的壳聚糖季铵盐抑菌活性较 HTCC 和壳聚糖原料均有明显提高. 原因应该与酰基化 HTCC 衍生物结构有关, 其结构中具有季铵盐结构和酰基结构, 亲水基团与疏水基团的同时存在对抑菌活性的提高起到了关键作用.

关键词: 壳聚糖; 酰基; 季铵盐; 抑菌

中图分类号: O629.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0040-04

1 引言

壳聚糖是一种天然多糖, 自然界储量丰富, 易生物降解, 并具有良好的抑菌活性、抗氧化性、保湿性、吸湿性及生物兼容性, 但是壳聚糖的直接应用范围却不是广泛, 原因是壳聚糖只溶于大多数的有机酸、醋酸和盐酸, 在水中和大多数有机溶剂中都不溶. 所以提高它的溶解性对壳聚糖的推广和应用有着非常现实的意义. 近年来对壳聚糖在多种领域的应用开展了广泛研究^[1-3], 取得了一系列研究成果. 有研究表明用季铵盐对壳聚糖进行化学改性可以很好地改善壳聚糖的水溶性, 同时在抗菌、保湿、吸湿等方面都有增强^[4]. 如壳聚糖与 2,3-环氧丙基三甲基氯化铵反应得到壳聚糖季铵盐 HTCC 就是研究较多的一种壳聚糖季铵盐衍生物之一, 其具有较好的水溶性, 抑菌活性较壳聚糖也有了显著提高^[5], 林友文等制备了 HTCC 并考察了其吸湿保湿性, 结果表明其吸湿性与透明质酸相当, 保湿性能优于透明质酸^[6]. 酰基化改性对提高壳聚糖的抗菌活性明显增加, 但改性后产物水溶性不佳, 限制了其应用^[5].

本文先通过 2,3-环氧丙基三甲基氯化铵与壳聚糖反应制备壳聚糖季铵盐(HTCC), 再与乙酰氯、氯乙酰氯、苯甲酰氯等反应生成系列酰基化壳聚糖季铵盐(AHTCC, CAHTCC, BAHTCC), 拟制备得到水溶性有所提高, 抑菌活性高的新型壳聚糖衍生物, 同时, 为进一步研究壳聚糖衍生物结构与抗菌活性的关系提供依据.

2 实验

2.1 试剂和仪器

壳聚糖(粉末状, 脱乙酰度 97%, 平均分子量 2.0×10^5), 其他药品均为市售分析纯试剂.

红外光谱采用 KBr 压片法, 使用美国 Nexus FT-IR 红外光谱仪测定.

核磁共振光谱 D₂O 溶液中测定, 使用瑞士布鲁克拜厄斯宾有限公司 AVANCE IITM 500 型 Bruker 500 M 核磁共振光谱仪.

2.2 实验方法

1) 壳聚糖季铵盐衍生物的制备. 壳聚糖季铵盐 HTCC 的制备参考文献^[3]. 酰基化壳聚糖季铵盐的

收稿日期: 2017-12-29

基金项目: 山东省自然科学基金项目(ZR2015BM015, ZR2015EM022); 国家大学生创新创业训练计划项目(201510448058)

通讯作者简介: 李荣春(1978-), 女, 山东武城人, 副教授, 博士, 研究方向: 壳聚糖的化学改性及活性研究.

制备:取适量壳聚糖季铵盐溶于适量 1-甲基-2-吡咯烷酮,搅拌溶解后,加入酰氯,室温搅拌反应 1.5 h. 反应结束后,乙醚作为沉淀剂加入反应液,静置,抽滤,干燥. 酰氯分别采用氯乙酰氯、乙酰氯、苯甲酰氯. 分别对应产品 CAHTCC、AHTCC 和 BAHTCC.

2) 抑菌活性的测试. 供试菌种:西瓜枯萎病菌;黄瓜枯萎病菌;芦笋茎枯病菌.

以上菌种均由莱阳农学院提供. 菌种在冰箱内保存,使用前经 2 次转管复壮后备用,接种时用直径 5 mm 的打孔器在新鲜菌落的外围打取菌饼接种. 培养基及抑菌活性的测试参考文献[6]进行.

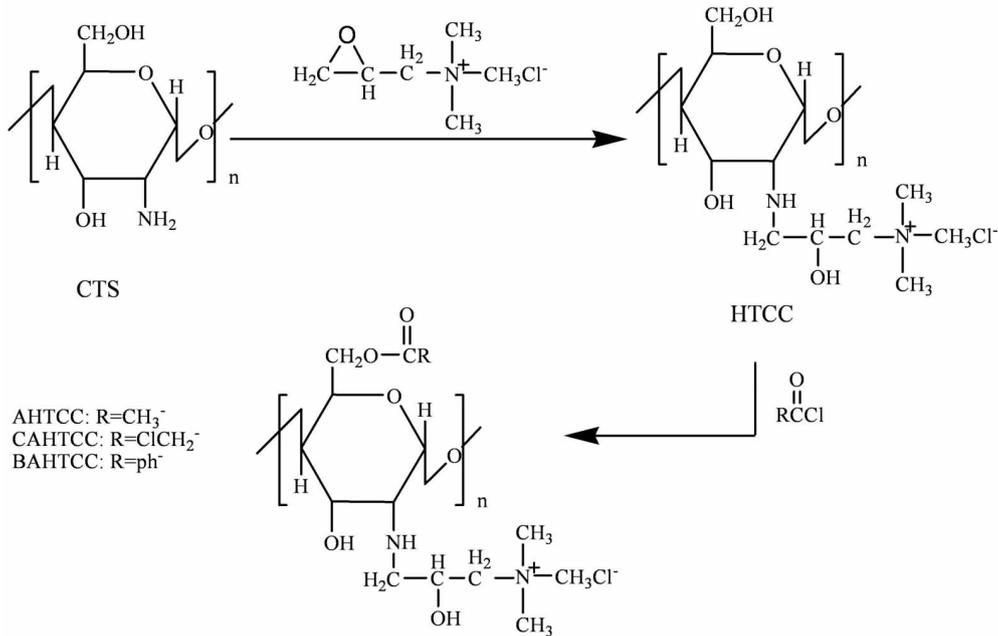


图 1 反应路径图

3 结果与讨论

3.1 红外光谱分析

图 2 和图 3 比较了壳聚糖原料与 HTCC、AHTCC、CAHTCC、BAHTCC 的红外光谱.

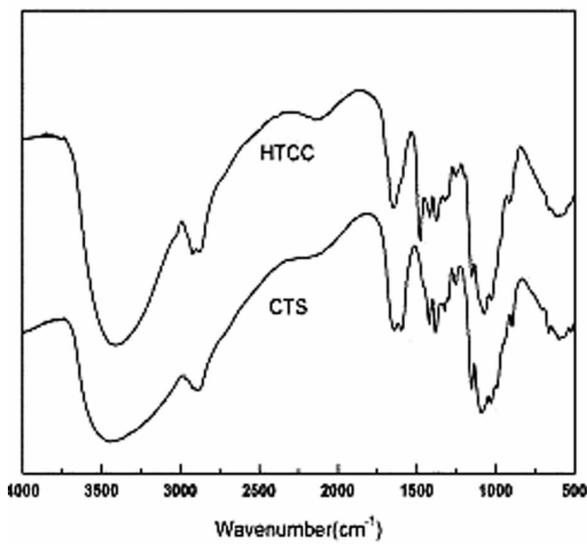


图 2 壳聚糖和 HTCC 的红外谱图

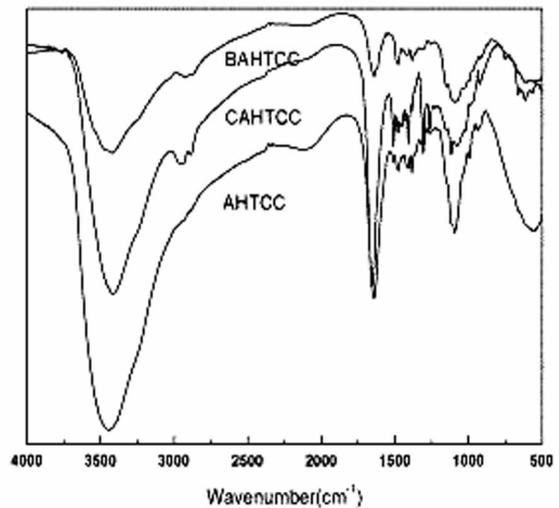


图 3 BAHTCC、CAHTCC 和 AHTCC 的红外谱图

在壳聚糖原料的红外图中,其多糖骨架峰出现在 894 cm⁻¹ 和 1154 cm⁻¹ 处,1597 cm⁻¹ 处为壳聚糖中氨基的吸收峰^[7]. 在 HTCC 的谱图中,氨基在 1597 cm⁻¹ 处的吸收峰消失,同时在 1478 cm⁻¹ 出现较强的吸收峰,可将其归属为季铵盐结构—N⁺(CH₃)₃ 的弯曲振动吸收峰^[8]. 乙酰化修饰以后, AHTCC 的红外谱图中,在 1641 cm⁻¹ 处新出现了

较强的羰基的特征峰^[9]. 证明乙酰化反应发生. 氯乙酰化以后, 羰基特征峰出现在 1655 cm^{-1} 处, 峰较强. 同时, 在 785 cm^{-1} 处出现 C—Cl 键的特征吸收峰. 证明氯乙酰基成功接入 HTCC. 苯甲酰化以后, 1640 cm^{-1} 处出现较强的羰基特征峰. 壳聚糖中 $-\text{NH}_2$ 的活性最强, C_6, C_3 位上羟基活性相对较低, 另外, 由于空间位阻效应, C_3-OH 化学活性小于 C_6-OH ^[10], 因为此处 $-\text{NH}_2$ 已首先大部分被 ETA 接枝, 故酰基化反应主要在 C_6-OH 发生.

3.2 ^{13}C NMR 光谱分析

图 4 是壳聚糖季铵盐 HTCC 及其系列酰基化后产物的 ^{13}C NMR 谱图, 进一步确定了产物结构. 在 HTCC 及酰基化 HTCC 的谱图中, 除了壳聚糖的骨架峰, 均出现了季铵盐结构 $-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$ 的碳峰, 位于 47.2 ppm 处, AHTCC 与 HTCC 的谱图比较多出了 170.3 ppm 处 $\text{C}=\text{O}$ 碳峰和 20.7 ppm 处与羰基相连的 $-\text{CH}_3$ 碳峰^[11]. CAHTCC 的谱图中, $\text{C}=\text{O}$ 碳峰移至 166.9 ppm 处, $-\text{CH}_2\text{Cl}$ 结构中碳峰出现在 40.5 ppm . BAHTCC 的谱图中, $\text{C}=\text{O}$ 碳峰出现在 166.0 ppm 处, 同时在 $128.6, 129.5, 130.1$ 和 133.2 ppm 处出现苯环碳峰^[12]. 以上谱图表明, 壳聚糖季铵盐 HTCC 及各级酰基化修饰 HTCC 成功合成.

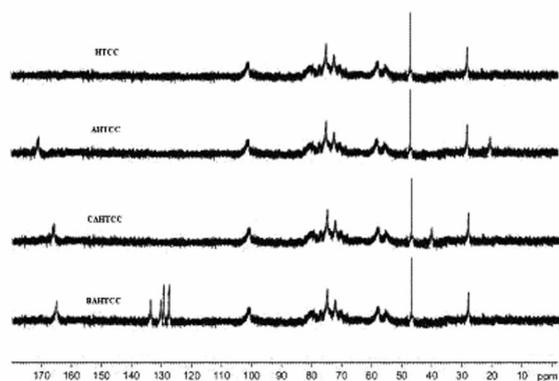


图 4 HTCC、BAHTCC、CAHTCC 和 AHTCC 的 ^{13}C NMR 谱图

3.3 抑菌活性结果

图 5、图 6 和图 7 分别是壳聚糖 (CTS)、壳聚糖季铵盐 (HTCC) 及酰基化壳聚糖季铵盐 (AHTCC、CAHTCC、BAHTCC) 对西瓜枯萎病菌、黄瓜枯萎病菌和芦笋茎枯病菌的抑制率结果. 由图中可以看出, 随着样品浓度的提高, 各样品对三种病菌的抑制率均逐渐增强. 壳聚糖季铵盐 HTCC 活性较壳聚糖原料有所提高, 酰基化修饰后样品的抑菌率比壳聚糖季铵盐有所提高, 其中 AHTCC 和 CAHTCC 活性比 BAHTCC 更强, 在浓度为 1.0 mg/mL 时, 前

两者抑菌率均达 80% 以上.

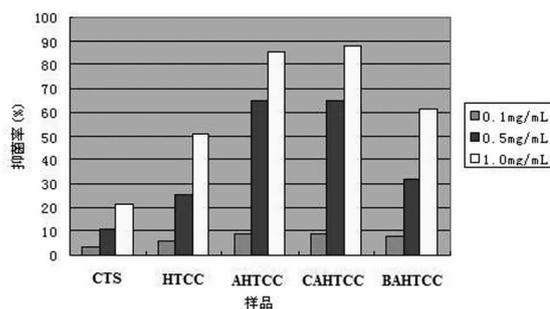


图 5 壳聚糖及其衍生物对西瓜枯萎病菌的抑菌率

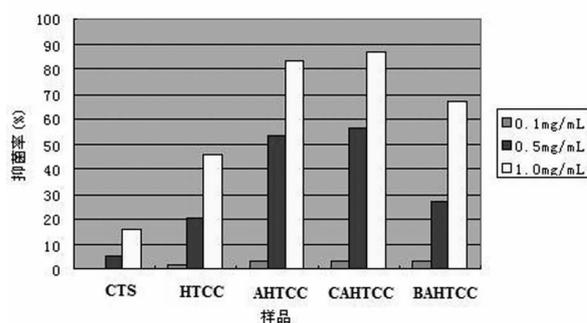


图 6 壳聚糖及其衍生物对黄瓜枯萎病菌的抑菌率

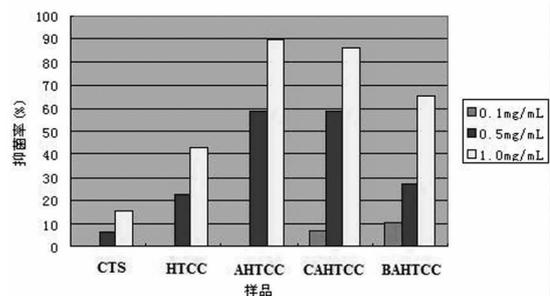


图 7 壳聚糖及其衍生物对芦笋茎枯病菌的抑菌率

4 结论

本文以壳聚糖为原料, 首先制备得到水溶性壳聚糖季铵盐 HTCC, 接着对 HTCC 进行系列酰基化修饰, 得到 AHTCC、CAHTCC 和 BAHTCC 三种酰基化壳聚糖季铵盐新型衍生物. 对原料及产物进行了抑菌活性测试, 结果表明: 壳聚糖原料与壳聚糖衍生物均具有抑菌活性, 壳聚糖季铵盐活性较壳聚糖原料有所提高, 酰基化修饰后, 产物抑菌活性较壳聚糖季铵盐又有所提高, 说明亲水、疏水复合修饰对壳聚糖衍生物抑菌活性的提高具有重要作用.

参考文献:

[1] 郑佳妮. 甲氧基聚乙二醇末端功能化修饰壳聚糖的合成

- 方法比较[J]. 中国科技论文, 2016, 11(6): 706-711.
- [2] Kurita K. Controlled functionalization of the polysaccharide chitin[J]. Prog Polym Sci, 2001, 26(9): 1921-1971.
- [3] 杨龙强, 李荣春, 梁少平. 新型壳聚糖双季铵盐的制备及其抗氧化活性[J]. 应用化学, 2015, 32(3): 322-326.
- [4] 李荣春. 壳聚糖季铵盐研究进展[J]. 化学试剂, 2011, 33(10): 895-898.
- [5] 刘新, 陈海相, 陈维国. O-季铵盐壳聚糖的合成、表征及抗菌性研究[J]. 浙江理工大学学报, 2009, 26(5): 677-681.
- [6] 林友文, 林青, 蒋智清, 等. 羟丙基三甲基氯化铵壳聚糖的制备及其吸湿、保湿性能[J]. 应用化学, 2002, 19(4): 351-354.
- [5] Holappa J, Nevalainen T, Soininen P, *et al.* N-Chloroacetyl-6-O-triphenyl methylchitosans; Useful Intermediates for Synthetic Modifications of Chitosan[J]. Biomacromolecules, 2005, 6(2): 858-863.
- [6] Li RC, Guo Z Y, Jiang P A. Synthesis, characterization, and antifungal activity of novel quaternary chitosan derivatives[J]. Carb Res, 2010, 345: 1896-1900.
- [7] Guo Z, Xing R, Liu S, *et al.* The Synthesis and Antioxidant Activity of the Schiff Bases of Chitosan and Carboxymethyl Chitosan[J]. Bioorg Med Chem Lett, 2005, 15: 4600-4603.
- [8] 刘振儒, 赵江霞. 壳聚糖季铵盐的制备及其抗菌性[J]. 青岛科技大学学报, 2006, 27(6): 509-511.
- [9] Huang R H, Du Y M, Zheng L S, *et al.* A New Approach to Chemically Modified Chitosan Sulfates and Study of Their Influences on the Inhibition of Escherichia Coli and Staphylococcus Aureus Growth[J]. React Funct Polym, 2004, 59: 41-51.
- [10] 胡章, 李思东, 李先文, 等. 新型壳聚糖季铵盐衍生物的合成与表征[J]. 广东海洋大学学报, 2009, 29(1): 58-61.
- [11] Baumann H, Faust V. Concepts for Improved Regioselective Placement of O-sulfo, N-sulfo, N-acetyl, and N-carboxymethyl Groups in Chitosan Derivatives[J]. Carbohydr Res, 2001, 331: 43-57.
- [12] Chruszcz K, Barańska M, Czarniecki K, *et al.* Experimental and Calculated ¹H, ¹³C and ³¹P NMR Spectra of Pyridine-2-phosphono-4-carboxylic Acid[J]. Molecul Struct, 2003, 648: 215-224.
- [13] Li RC, Guo Z Y. Synthesis, characterization, and antifungal properties of N,O-(acyl)-N-(trimethyl) chitosan chloride[J]. e-Polymers, 2010, no114.

Preparation and Antifungal Activity Study of Novel Acyl Chitosan Quaternary Ammonium Salt Derivatives

HAN Bo-lin¹, LI Rong-chun¹, HUA Yu-shan¹, REN Yan-fang², LI Wen-hao¹

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Dezhou University, Dezhou Shandong 253023, China;
2. Hengyuan Petroleum Chemical Industry co., Linyi Shandong 251500, China)

Abstract: Water soluble chitosan quaternary ammonium salt derivative (HTCC) were obtained via reaction of chitosan and 2, 3-epoxy propyl trimethyl ammonium chloride first. Then, HTCC reacted with acetyl chloride, chloroacetyl chloride, P-chloride and AHTCC, CAHTCC, BAHTCC were obtained. The structure of HTCC, AHTCC, CAHTCC and BAHTCC were characterized by FT-IR and ¹³C NMR. The antifungal activity of the derivatives was carried out. The results suggested that, the antifungal activity of acyl HTCC enhanced than that of chitosan and HTCC. The reason should be the acyl HTCC with both the hydrophilic structure of quaternary ammonium salt and hydrophobic acyl structure.

Key words: Chitosan; acyl group; quaternary ammonium salt; antifungal

全光照喷雾条件下不同 ABT 对丁香和丝棉木扦插育苗的研究

韩多红^{1,2}, 王恩军¹, 罗天¹

(1. 河西学院 农业与生物技术学院, 甘肃 张掖 734000;
2. 甘肃省高校河西走廊特色资源利用省级重点实验室, 甘肃 张掖 734000)

摘要: 在全光照自动喷雾条件下, 采用不同浓度的 ABT₁、ABT₂ 和 ABT₃ 对丁香和丝棉木插条进行处理, 测定其插穗存活率、生根率、生根数量等指标, 探究适合丁香和丝棉木扦插生根的 ABT 种类及其浓度。结果表明, 在一定浓度范围内 ABT₁、ABT₂ 和 ABT₃ 均对丁香和丝棉木的扦插成活有不同程度的促进作用, 其中促进生根效果为 ABT₂ > ABT₁ > ABT₃; 150 mg/L 的 ABT₂ 处理 2 h 后插穗的生根效果最好。

关键词: 全光照喷雾; ABT; 丁香; 丝棉木; 扦插

中图分类号: S685.26 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0044-04

丁香(*Syringa oblata* L.) 是木犀科丁香属落叶灌木^[1], 是中国的名贵花卉, 同时也是城市园林绿化的优良树种之一。丝棉木(*Euonymus maackii* Rupr) 是卫矛科卫矛属落叶乔木, 具有较高的观赏价值和空气净化能力^[2], 其作为绿化素材和以其为砧木的嫁接苗在各地园林景观工程中广泛应用, 已逐渐成为园林绿化中的主流树种之一^[3]。在传统扦插条件下, 丁香和丝棉木的生根周期长, 生根率低。本研究旨在用 3 种 ABT 的 5 种浓度浸泡插穗进行扦插处理, 探究不同类型及浓度的 ABT 对丁香和丝棉木扦插生根的影响, 为其苗木生产提供参考和指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在甘肃省张掖市甘州区新墩苗圃的全光照喷雾扦插育苗盘内(东经 100°26', 北纬 38°56'), 海拔 1476 m, 年均气温 7.0℃, 全年日照时数 3085 h, 无霜期 156 d。

1.2 试验时间与材料

2016 年 7 月至 2016 年 10 月, 在新墩苗圃的全光照喷雾扦插育苗盘内进行扦插试验。选取新墩苗圃内 3 年生丁香和丝棉木为采穗母树, 采集 1 年生枝条, 剪成 10 cm 的插穗, 下切口斜剪, 切口要平

滑, 只留靠近顶芽的 2 片叶, 其余叶片剪掉。

1.3 试验方法

试验选用 ABT₁、ABT₂ 和 ABT₃, 并分别配置浓度为 50 mg/L、150 mg/L、250 mg/L、350 mg/L, 以浸清水处理为对照(CK)。将插穗基部 2~3 cm 浸泡于配好的 ABT 中, 浸泡处理 2 h。每种 ABT 每个浓度处理 60 个插穗, 每个浓度设 3 个重复。浸泡完立即扦插, 株距 3 cm, 行距 5 cm, 扦插深度 3~4 cm。穗条扦插完立刻浇一次透水, 开启自动喷雾系统。扦插后, 育苗盘保持相对湿度 80% 左右, 以叶面上有水雾并且不滴水的状态为宜。

1.4 数据统计及分析

插后 25 d, 随机抽取 3~5 株, 查看愈伤组织形成状况; 80 d 后取出进行生根观察, 统计其插穗存活率、生根率、平均根数和生根指数等指标, 进行统计分析。数据统计采用 DPS 软件 7.05 版和 Excel 2003 进行数据处理, Duncan's 测验其差异显著性 ($p \leq 0.05$)。

插穗存活率 = 活插穗数 / 扦插总插穗数 × 100%;

生根率 = 生根株数 / 扦插总株数 × 100%;

平均根数 = 插穗生根数量总和 / 生根插穗总数量;

平均根长 = 插穗生根长度总和 / 插穗生根数量总和;

生根指数 = 生根率 × 平均根数 × 平均根长。

收稿日期: 2017-09-29

基金项目: 甘肃省自然科学基金项目(145RJZG191); 甘肃省河西走廊特色资源利用重点实验室面上项目(XZ1405)

作者简介: 韩多红(1977-), 男, 甘肃张掖人, 副教授, 研究方向: 植物资源开发及园林苗木繁育。

2 结果与分析

2.1 不同 ABT 对丁香和丝棉木插穗存活率的影响

由表 1 可看出,在 ABT₁和 ABT₂的不同浓度处理下,丁香插穗的存活率均高于对照(CK),且与 CK 之间存在显著差异($P < 0.05$),但 ABT₃为 350 mg/L 时与 CK 间无显著性差异;其中,ABT₁和 ABT₂在 150 mg/L 处理下的丁香插穗存活率最高,而 ABT₃在 250 mg/L 处理下最高.在 ABT₁、ABT₂和 ABT₃的不同浓度处理下,丝棉木插穗的存活率均高于对照(CK),且与对照之间存在显著差异($P < 0.05$);其中,ABT₁和 ABT₂在 150 mg/L 处理下的插穗存活率最高,而 ABT₃在 50 mg/L 处理下最高.

2.2 不同 ABT 对丁香和丝棉木插穗生根率的影响

由表 1 可以看出,在不同浓度的 ABT 处理下,丁香和丝棉木插穗的生根率均高于对照(CK),且与 CK 之间存在显著差异($P < 0.05$);其中,用不同的 ABT 处理丁香,ABT₁和 ABT₂在 150 mg/L 的处理下生根率最高,而 ABT₃在 250 mg/L 的处理下生根率最高.用不同的 ABT 处理丝棉木,ABT₁和 ABT₂在 150 mg/L 处理下生根率最高,而 ABT₃在 50 mg/L 处理下生根率最高.丁香和丝棉木插穗均在 ABT₂(150 mg/L)处理下生根率最高,分别为 97.35%和 94.05%.

2.3 不同 ABT 对丁香和丝棉木插穗平均根数的影响

由表 1 可以看出,在不同浓度的 ABT 处理下,丁香和丝棉木插穗的平均根数均多于对照(CK),在 50 mg/L~250 mg/L 的范围内与对照差异性显著($P < 0.05$),但在 350 mg/L 处理下与对照无显著性差异($P > 0.05$).丁香和丝棉木插穗均在 ABT₂(150 mg/L)处理下生根条数最多,分别为 14.67 条和 11.82 条.

2.4 不同 ABT 对丁香和丝棉木插穗平均根长的影响

由表 1 可以看出,在不同浓度的 ABT 处理下,丁香和丝棉木插穗的平均根长均长于对照(CK),但与对照间无显著性差异($P > 0.05$).丁香和丝棉木插穗均在 ABT₂(150 mg/L)处理下平均根长最长,

分别为 6.14 cm 和 6.52 cm.

2.5 不同 ABT 对丁香和丝棉木插穗生根指数的影响

由表 1 可以看出,在不同浓度的 ABT 处理下,丁香和丝棉木插穗的生根指数均大于对照(CK).丁香和丝棉木插穗均在 ABT₂(150 mg/L)处理下生根指数最大,分别为 87.42 cm 和 71.91 cm.

3 结论与讨论

ABT 对生根有促进作用,能加快扦插苗生根速度,提高扦插苗成活率,促进提早生根和增加生根数量,但是浓度使用不当时,不仅不会促进提早生根,还会导致插条死亡^[4].而不同的生根粉类型对插穗的生根情况有一定的影响作用^[5].

本研究中,不同类型的 ABT 均在一定程度上促进了丁香和丝棉木插穗的生根.综合插穗生根率、平均根数和平均根长等指标,表明促进生根效果为 ABT₂ > ABT₁ > ABT₃.

不同类型的 ABT 处理,在处理浓度小于适宜浓度时随着浓度的增加会促进插穗生根,但当浓度大于适宜浓度时随着浓度的增加反而会抑制插穗生根.在对丁香扦插处理时,ABT₁、ABT₂的适宜浓度为 150 mg/L,而 ABT₃的适宜浓度为 250 mg/L;在对丝棉木扦插处理时,ABT₁、ABT₂的适宜浓度为 150 mg/L,而 ABT₃的适宜浓度为 50 mg/L.

综合插穗生根率、平均根数和平均根长等指标,表明 150 mg/L 的 ABT₂处理 2 h 较为适宜,可有效的促进丁香和丝棉木插穗的生根,提高扦插成活率.

参考文献:

- [1] 才淑英. 园林花木扦插育苗技术[M]. 北京:中国林业出版社,2000.
- [2] 伊宏岩,高超利. 丝棉木的繁育及栽培技术[J]. 河北林业科技,2014(1):96-97.
- [3] 李淑梅. 丝棉木在园林绿化中的应用[J]. 现代园艺,2015(5):114.
- [4] 陈永华,吴晓芙,陈明利,等. 不同基质及生根剂浓度对五种园林植物扦插生根的影响[J]. 北方园艺,2009(2):194-196.
- [5] 贾娟,姚延寿,史敏华,等. 生根剂促进槭树植物扦插繁殖的研究进展[J]. 西北林学院学报,2010(4):107-109.

表 1 不同 ABT 对丁香和丝棉木扦插成活的影响

苗木种类	ABT 类型	浓度 (mg/L)	插穗存活率 (%)	生根率 (%)	平均根数 (条)	平均根长 (cm)	生根指数 (cm)
丁香	ABT ₁	0	48.11±2.41 e	37.09±1.91 d	2.31±0.31 c	2.18±0.31 e	1.90±0.43 c
		50	68.18±1.94 c	69.81±1.92 b	3.67±0.29 bc	4.59±0.07 b	11.75±1.17 b
		150	92.95±2.73 a	87.99±2.85 a	4.67±0.67 b	5.31±0.28 a	21.89±3.75 a
		250	81.20±2.13 b	64.41±2.37 b	8.33±0.88 a	3.931±0.12 c	21.30±3.07 a
		350	56.23±2.45 d	49.54±1.13 c	3.67±0.33 bc	3.09±0.09 d	5.66±0.74b c
	ABT ₂	0	47.88±2.11 d	47.04±1.59 d	2.31±0.33 c	2.68±0.31 d	3.06±0.86 c
		50	65.11±0.99 c	80.48±1.93 b	6.67±0.87 b	4.63±0.12 b	24.95±3.88 b
		150	99.93±0.11 a	97.35±1.81 a	14.66±0.88 a	6.14±0.23 a	87.42±3.98 a
		250	80.54±1.95 b	84.32±2.28 b	8.33±0.61 b	4.88±0.12 b	34.57±4.17 b
		350	60.85±1.26 c	64.38±1.67 c	3.67±0.67 c	3.79±0.09 c	8.93±1.61 c
	ABT ₃	0	49.55±1.18 d	36.89±1.84 e	2.59±0.34 d	1.84±0.42 b	1.71±0.21c
		50	61.97±2.39 c	56.46±2.78 c	5.31±0.82 bc	2.55±0.22 b	7.53±0.98 c
		150	77.42±2.09 b	72.15±3.05 b	6.67±0.33 b	4.26±0.33 a	20.43±1.77 b
		250	85.06±2.58 a	84.76±1.43 a	10.33±0.79 a	4.58±0.18 a	40.33±4.76 a
		350	54.18±2.69 d	46.74±1.93 d	3.67±0.88 cd	3.99±0.44 a	7.38±2.66 c
丝棉木	ABT ₁	0	61.77±1.89 e	61.17±2.20 d	3.67±0.23 d	2.81±0.40 c	6.23±0.81 c
		50	82.12±1.76 b	81.46±2.23 b	7.86±0.56 b	4.24±0.51 b	27.82±5.43 b
		150	91.38±1.59 a	90.93±2.24 a	9.95±0.48 a	5.96±0.45 a	54.22±6.53 a
		250	76.01±2.08 c	75.03±2.39 bc	7.23±0.48 b	3.39±0.08 bc	18.51±2.01 bc
		350	69.73±1.52 d	69.04±2.51 c	5.70±0.43 c	3.43±0.39 bc	13.41±1.49 c
	ABT ₂	0	61.78±2.65 e	60.79±2.46 d	3.62±0.25 d	2.64±0.36 c	5.80±0.91 d
		50	8.55±2.08 c	78.11±2.05 b	7.99±0.67 bc	4.45±0.42 bc	27.57±2.75 bc
		150	94.44±1.61 a	94.05±1.68 a	11.82±0.71 a	6.52±0.67 a	71.91±5.86 a
		250	84.98±1.39 b	84.27±1.95 b	8.92±0.60 b	4.65±0.57 b	34.58±4.13 b
		350	71.80±2.17 d	71.16±1.85 c	6.5±0.78 c	4.26±0.62 bc	19.48±3.26 c
ABT ₃	0	62.48±2.08 d	60.77±1.83 e	3.57±0.62 c	2.57±0.43 c	5.61±1.33 d	
	50	86.94±1.49 a	87.61±1.79 a	9.54±0.49 a	5.52±0.53 a	46.46±6.74 a	
	150	80.62±2.51 b	81.59±1.55 b	7.51±0.44 b	4.52±0.29 ab	37.53±1.17 b	
	250	74.43±1.50 c	73.57±1.85 c	6.25±0.83 b	4.02±0.31 bc	18.91±3.95 bc	
	350	68.81±1.19 c	68.21±1.40 d	5.49±0.73 bc	3.75±0.59 bc	14.19±2.99 cd	

Effects of Different ABT on the Softwood Cutting of *Syringa Oblata* L. and *Euonymus Maackii* Rupr under Full Illumination and Water Spraying

HAN Duo—hong^{1,2}, WANG En—jun¹, LUO Tian¹

- (1. College of Agriculture and Biotechnology, Hexi University, Zhangye Gansu 734000, China;
2. Key Laboratory of Hexi Corridor Resources Utilization of Gansu Universities, Zhangye Gansu 734000, China)

Abstract: Under the condition of full illumination and water spraying, using different concentrations of ABT₁, ABT₂ and ABT₃ to deal with *Syringa oblata* L. and *Euonymus maackii* Rupr wood cutting, determine the survival rate of cuttings Root quantity indicators such as rooting rate, to explore suitable for *Syringa oblata* L. and *Euonymus maackii* Rupr wood cuttings rooting types and concentrations of ABT. Results show that in the certain concentration range ABT₁, ABT₂ and ABT₃ of *Syringa oblata* L. and *Euonymus maackii* Rupr wood cuttings survival have different degrees of role, Which facilitate ABT₂ rooting effect > ABT₁ > ABT₃. Best rooting effect was when the wood cuttings were treated in 150 mg/L ABT₁ solution for 2 hours.

Key words: water spraying under full illumination; ABT; *Syringa oblata* L.; *Euonymus maackii* Rupr; cutting

(上接第 39 页)

Fluorescence Quenching Determination of Al³⁺ Using the Al³⁺—Puerarin System

ZHANG Xing¹, JIA Zhen^{1*}, QIN Fei², ZHU Hui¹,
YU Xue—mei¹, NIU Ru—yue¹, LI Ya—feng¹

- (1. Department of Chemistry, Dezhou University, Dezhou Shandong 253023, China;
2. Department of Food Science, College of Health and Environment,
Beijing Union University, Beijing 100023, China)

Abstract: It was found that in weak alkaline (pH8.0) buffer solution, Al³⁺ can quench the fluorescence of puerarin, which can be used to determine the concent of Al³⁺ ions. Under the optimal conditions, the quenched fluorescence intensity has a linear relationship with a certain concentration range of Al³⁺ ions. The detection limit is 9.2×10^{-8} mol/L, which is similar to several reported fluorescent methods. Furthermore, the mechanism of fluorescence quenching was discussed.

Key words: puerarin; Al³⁺; fluorescence; quench

德州岔河昆虫资源初步调查

孙颖慧, 孙永岭

(德州学院 生命科学学院, 山东 德州 253023)

摘要: 通过对德州岔河昆虫资源开展调查, 鉴定出 11 个目并列出了各个目的鉴别特征, 另外介绍了调查过程中使用的采集工具和药品、标本的采集制作和保存方法, 为后续研究岔河昆虫多样性及德州昆虫多样性提供了基础资料。

关键词: 互惠模型; 线性化; 上下解; 稳定性

中图分类号: X503.223 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0048-02

1 引言

德城区岔河属于海河水系漳卫河流域, 岔河流经德城区田龙庄进入河北省, 德州境内全长 31.1 km, 其植被环境质量的好坏, 直接影响着德州市区的环境质量水平, 也直接影响着德州市区的经济发展及居民生活水平。昆虫多样性在一定程度上可以监测环境质量水平, 因此保护和利用好岔河昆虫资源具有极为重要的资源意义和环境意义。不仅如此, 了解和研究昆虫种类对保护环境都非常有重要。

岔河地域较广、植被种类丰富, 具有丰富的昆虫资源, 具备开展昆虫调查的基本条件; 之前尚未有人对岔河昆虫资源做过系统的调查研究; 另外选取岔河作为调查研究地点是因为岔河距离高校较近, 可以指导大学生进行野外采集活动, 通过野外实践, 使学生们掌握昆虫标本采集方法和制作方法, 了解昆虫纲重要目的主要特征, 认识一些常见的代表性种类及重要的经济昆虫, 为教学研究和普及科技知识服务。

2 实验材料

2011—2016 年在岔河沿岸采集的昆虫标本, 共计两万余头, 所有标本均保存在德州学院生命科学学院昆虫标本室。

3 实验工具与药品

3.1 采集工具

实验过程中使用的主要工具有: 采集网、吸虫管、毒瓶、三角纸袋、黑光灯、白炽灯、幕布、放大镜、镊子、剪子、指形瓶、离心管、标本盒、昆虫针、三级板、展翅版、还软器、硫酸纸、脱脂棉、钩线毛笔、解剖针、记录本、标签等。

3.2 药品

实验过程中使用的主要药品有: 蒸馏水、95% 乙醇、10% 氢氧化钾、福尔马林、乙醚、对二氯苯、乙酸乙酯、二甲苯、透明剂、封片剂、万能胶等。

4 实验方法

4.1 昆虫标本的采集方法

昆虫种类繁多, 栖息环境多样, 在植物树皮、茎秆中、土壤中、石块下、杂草烂叶下等到处都有昆虫的身影。因此在采集昆虫前, 一定要熟悉各种昆虫的生活环境、生活习性, 然后再去采集。晚春、夏、早秋是昆虫生长的旺盛季节, 也是采集昆虫的最好季节。不同的昆虫类群要使用不同的采集方法, 下面是作者在昆虫采集过程中使用到的一些采集方法^[1,2]。

1) 网捕法。这种方法适于采集飞行或跳跃的昆虫, 如蝶类、蜂类、蜻蜓、蝗虫、叶蝉等。采集到的昆虫

收稿日期: 2017-02-26

基金项目: 山东省自然科学基金项目 (ZR2016CL06); 德州学院 2016 年校级人才项目 (320115)

作者简介: 孙颖慧 (1986-), 女, 山东济南人, 讲师, 博士, 研究方向: 昆虫系统学。

放入离心管、三角纸袋或毒瓶中。

2) 振落法. 这种方法适于采集树栖的昆虫, 如金龟子、甲虫等, 采集到昆虫后放入离心管、毒瓶或盛有无水乙醇的容器中。

3) 搜捕法. 这种方法适于采集个体小及营隐蔽生活的昆虫, 如蚜虫等。

4) 灯诱法. 这种方法是利用灯光采集那些具有趋光性的昆虫, 如蛾类、甲虫、蟋蟀等。

4.2 昆虫标本的制作方法

采集来的昆虫要及时处理制作成标本, 才能长久而完整的保存下来. 根据不同昆虫的特点和后续研究用途, 可以制成干制标本、浸制标本, 详细制作方法见文献[2,3].

1) 干制标本. 用昆虫针刺入昆虫胸部, 整形、阴干, 制成标本. 插针的部位因昆虫的大小和种类的不同而异, 同一类昆虫标本制作要规范化. 多数昆虫可以从中胸或后胸中间插针; 直翅目昆虫从前胸背板后方、背中或偏右中部后方右侧插针; 鞘翅目昆虫可以从右鞘翅的前部左上角插针; 双翅目昆虫可从中胸右方插针; 半翅目昆虫可从中胸小盾片中部偏右方插针; 鳞翅目昆虫从中胸背板正中部插针. 针要从虫体背部垂直插入, 不要歪斜。

一些体型特小的昆虫由于虫体小、针插容易破坏虫体, 可以使用二级插的方法制作标本. 用 0 号或 00 号微针或针尖插在虫体上, 然后固定在三角纸片上, 再用昆虫针插入三角纸片固定; 有的微小昆虫可直接用胶粘在三角纸片的一个角上, 再用昆虫针插入三角纸片固定。

需要观察翅面斑纹、翅脉或展览的昆虫, 制作标本时需用展翅版展翅. 不同类群的昆虫对展翅的要求不同. 蜻蜓目、直翅目、鳞翅目的昆虫, 展翅时要求左右前翅后缘呈一水平直线; 双翅目与膜翅目的昆虫展翅时, 要求左右前翅的顶角与头呈一水平直线; 脉翅目昆虫展翅时, 要求左右后翅的前缘呈一水平直线。

2) 浸制标本. 浸制保存液有很多种, 可用于不同的研究用途, 我们主要使用酒精作为浸制保存液, 因为酒精无毒副作用、使用方便, 可用于日后提取 DNA 进行分子生物学研究; 但是酒精浸制的标本容易脆裂。

4.3 昆虫标本的保存

昆虫标本是需要永久保存的, 是人类宝贵的科学财富, 标本保存要解决防霉和防虫两大问题, 特别是南方地区必须在标本室配备抽湿机等设备用于防霉. 标本保存最关键的问题是防虫. 李后魂, 郑哲

民^[4]介绍的最方便常用的驱虫剂是风油精和樟脑块, 二者价格便宜、无毒副作用、药效好. 针插标本应放到标本盒中保存, 盒内放入一些干燥剂(防霉)和驱虫剂(防虫)密闭保存于通风、干燥、不被阳光照射的标本柜中. 浸制标本应注意密封好标本瓶口(以防浸泡液的蒸发), 陈列于标本橱内。

5 实验结果

由于标本数量较多, 作者初步使用传统的形态学方法进行鉴定, 大致分为以下 11 个目, 简单介绍一下各个目的鉴别特征及代表动物, 具体的鉴别特征见文献[5].

1) 蜻蜓目 Odonata, 触角刚毛状, 尾须粗短不分节, 前后翅相似或后翅更宽, 有翅痣; 代表动物: 蜻蜓。

2) 蜚蠊目 Blattodea, 前胸背板大, 向前盖住头部大部分, 各足均为细长的步行足; 代表动物: 蜚蠊, 俗称蟑螂。

3) 螳螂目 Mantodea, 触角丝状或栉状等, 前胸比中胸长大或相等, 前足为捕捉足; 代表动物: 螳螂。

4) 革翅目 Dermaptera, 后足非跳跃足, 前翅非开掘足, 尾须坚硬呈铗状, 前翅短小草质, 后翅膜质如折扇; 代表动物: 蠹螋。

5) 直翅目 Orthoptera, 触角丝状、念珠状或剑状等, 后足为跳跃足或前足为开掘足; 代表动物: 蝗虫、蝼蛄。

6) 同翅目 Homoptera, 翅上无鳞片, 足退化或无, 口器对称, 前翅全部革质或膜质; 代表动物: 蝉、蜡蝉、蚜虫。

7) 半翅目 Hemiptera, 口器对称, 为虹吸式、刺吸式或舐吸式, 前翅基半部革质, 端半部膜质; 代表动物: 椿象。

8) 鞘翅目 Coleoptera, 口器咀嚼式或退化, 无尾须, 前翅角质, 和身体一样坚硬如甲; 代表动物: 金龟、天牛, 俗称甲虫。

9) 双翅目 Diptera, 无上颚, 翅上无鳞片, 前翅膜质, 后翅特化为平衡棒; 代表动物: 蚊、蝇、虻。

10) 鳞翅目 Lepidoptera, 腹部侧板具沟, 口器为虹吸式, 翅膜质, 覆有鳞片, 代表动物: 蝶类、蛾类。

11) 膜翅目 Hymenoptera, 口器咀嚼式或退化, 前翅膜质或无, 后翅前缘有 1 列小钩或无翅; 代表动物: 蜜蜂、蚂蚁。

(下转第 98 页)

德州市阿尔茨海默病患者及其照护家属 相关伦理学问题调查及分析

郑桂芳, 刘金叶, 孙 晖, 刘鸿丽, 刘胜英

(德州市人民医院, 山东 德州 253000)

摘要: 目的 了解德州市阿尔茨海默病患者及其照护家属相关伦理学问题. 方法 采用“一般情况量表”对 125 例阿尔茨海默病患者及照护家属进行调查. 结果 阿尔茨海默病患者及照护家属在诊疗及养护过程的伦理问题有未尊重患者权益; 照护安排分配差异大; 照护负担过重. 结论 问题解决建议: 加强医德教育, 保护患者权益; 合理分配照护家属; 社会关注照护家属负担.

关键词: 德州市; 阿尔茨海默病; 患者及家属; 伦理

中图分类号: R749.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0050-05

阿尔茨海默病(Alzheimer's disease, AD)也称为老年痴呆症,为一种持续性神经功能障碍,以逐渐加重的认知能力下降为特征^[1]. 目前我国逐步进入老龄化社会,阿尔茨海默病患者及照料者人数不断上升,而照料模式出现了个体化差别,大多数以配偶为主,子女照料为辅,以致于患者和家属被疾病和长期的照护折磨得精疲力竭,然而大部分人仍对阿尔茨海默病缺乏基本的认知,甚至还有一部分人对患者存在着歧视与偏见. 目前此类的伦理研究主要重点放在了临床前期预防性试验、临床治疗研究过程所涉及到的问题. 本文选取了德州市阿尔茨海默病患者及家属为对象,对德州市老年人的人口社会学特征;患者及家属照护过程中存在的伦理问题进行调查.

1 对象与方法

1.1 对象

2017~2018 年对 2012~2017 年完成基线调查的德州市三家综合医院(德州市人民医院,德州市中医院,德州市立医院)及 5 个社区(辛庄社区、新河社区、振华社区、池口社区、陈公社区)的已确诊的患者及家属 125 例进行随访,以诊断的阿尔茨海默病患者及家属作为研究对象.

1.2 调查方法

1) 现场调查. 随访者采用在院内和社区现场

调查方式,研究调查成员均经过统一专业培训,向患者及家属说明并取得同意,现场询问并真实填写问卷,由两名研究人员负责调查一位患者或家属.

2) 调查工具. 包括老年精神状况量表(geriatric mental state schedule, GMS)和受访者问卷. GMS 设计的条目能够反映常见的老年精神系统症状,能很好的评估痴呆和抑郁^[2];受访者问卷包括一般资料、受访者背景、受访者自我问卷、照护者、照护安排等.

3) 阿尔茨海默病的诊断. 老年痴呆诊断是使用与 GMS 问卷相配套的计算机诊断系统(Automated Geriatric Examination for Computer Assisted Taxonomy, AGE-CAT)作为诊断工具,2000 年北京大学精神卫生研究所将 GMS-AGE-CATE 首次引入我国,并经过汉化和进行初步检测,量表的信度和效度均令人满意,能作为我国社区老年人群常见精神系统疾病和痴呆的筛选和诊断^[3]. 将 GMS 问卷内容输入 AGE-CATE 软件,系统会自动给出结果,然后转化为 SPSS 格式数据库.

1.3 统计学处理

利用 SPSS 17.0 进行数据分析,调查数据运用描述性分析,统计分析采用 χ^2 检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义.

2 结果

2.1 被调查德州市患者的人口社会学特征

2012—2017 年,本研究实际调查阿尔茨海默病患者及家属 310 例,其中男性 178 人,占 57.4%,女性 132 人,占 42.6%;年龄分组:65—69 岁、70—74

岁、≥75 岁,共 3 组,各组构成是:70(22.7%)、110(35.6%)、130(42.7%);婚姻情况为已婚 208(67.1%)丧偶 102(32.9%);城市和农村地区调查比例接近,分别是 188(60.6%)、122(39.4%),被调查者中文盲 124(40.2%)、非文盲 186(59.8%);农民和非农民分别是 138(44.6%)、172(55.4%)(见表 1)。

表 1 德州市 AD 患者及家属人口社会学特征

变量		男性		女性		合计	
		n	比例(%)	n	比例(%)	n	比例(%)
年龄组	65—69	37	20.8	33	25.0	70	22.7
	70—74	65	36.5	45	34.1	110	35.6
	≥75	76	42.7	54	40.9	130	42.7
婚姻状况	已婚	128	66.7	80	67.8	208	67.1
	丧偶	64	33.3	38	32.2	102	32.9
地区	城市	108	60.0	80	61.6	188	60.6
	农村	72	40.0	50	38.4	122	39.4
文化程度	文盲	48	32.8	76	46.3	124	40.2
	非文盲	98	67.2	88	53.7	186	59.8
职业	农民	88	47.8	50	39.7	138	44.6
	非农民	96	52.2	76	60.3	172	55.4

2.2 患者照护过程中存在的伦理问题

1)患者需要照护的现状.在调查样本中,诊断阿尔茨海默病 310 例,其中 178 例已婚,占 58.4%,丧偶 127 例,占 41.3%;对经济收入满意的 165 例,占 56.7%,126 例对经济收入不满意,占 43.35%;51

例独自居住,占 16.7%,255 例与家属同住,占 83.3%.需要照护的患者与无需照护的患者间经济收入、健康状况差异有统计学意义($p < 0.05$)(见表 2)。

表 2 需要照护患者与无需照护患者的基本情况

变量		需要照护的 AD 患者		无需照护的 AD 患者		合计		X_2	P
		n	比例(%)	n	比例(%)	n	比例(%)		
年龄组	65—69	19	17.8	38	19.8	57	19.1	4.293	0.117
	70—74	39	36.4	89	46.4	128	42.8		
	≥75	49	45.8	65	33.9	114	38.1		
婚姻状况	已婚	62	55.4	116	60.0	178	58.4	0.657	0.418
	丧偶	50	44.6	77	40.0	127	41.3		
经济收入	满意	51	45.9	114	60.0	165	56.7	5.588	0.018
	不满意	60	54.1	76	40.0	126	43.3		
健康状况	满意	78	70.3	172	89.6	250	82.5	18.178	0.000
	不满意	33	29.7	20	10.4	53	17.5		
居住方式	独居	20	17.4	31	16.2	51	16.7	0.070	0.792
	与家属同住	95	82.6	160	83.8	255	83.3		

2)患者照护安排现况.经过确诊的患者 310 例,其中需要他人照料的患者为 125 例(其中患者例数

50 例,照护家属 75 例).通过对德州市三家综合医院及 5 个社区的已确诊的患者及家属 125 例进行随

访,以诊断的阿尔茨海默病患者及家属作为研究对象.随访发现:40.2%的患者需要家属照料,原因为认知功能下降,生活自理能力下降;其中,103例的患者与配偶和子女居住占总数的80.4%,患者子女承担52.9%的照料.配偶因本身年龄或疾病因素承担29.5%的照料,12例的患者由保姆照料,占

10.4%,3例患者由无报酬的朋友或邻居照料,而有6例患者因经济和工作等原因,未能得到有效的照护,占4.8%(见表3).因此,由患者照护安排的差异性所引发的伦理问题,严重影响了患者的及时诊疗和生活质量.

表 3 患者照护安排

照料安排	结果	n	比例(%)
轮流照料主要是	一个或多个家庭成员	103	82.4
	无报酬邻居或朋友	3	2.4
	付钱的照料者	13	10.4
	未得到有效照顾	6	4.8
是否减少或停止工作	没有	84	67.2
	有	41	32.8
患者的亲戚或朋友有无停止工作照顾	没有	93	74.4
	有	32	25.6
朋友或亲戚近三个月帮助照料	没有	106	84.8
	有	19	15.2
有无白天花钱雇人照料	没有	102	81.6
	有	23	18.4
有无晚上花钱雇人照料	没有	108	86.4
	有	17	13.6

3)患者家属照护负担结果分析.本次研究结果显示,由于家属需要照料患者,有53.6%的家属觉得生活期望降低;46.3%的家属觉得生活失去控制.由此可见,由于要照料患者,让家属及其他照护者的生活受到了较大影响(见表4).

3 讨论

3.1 充分尊重患者的权益

因患者疾病分期不同,患者的自我决策意愿面临许多客观因素影响.本次调查对象是德州市三家综合医院及5个社区已确诊的患者及家属进行随访,具有一定代表性.经过调查,患者在轻症阶段,希望由自己对疾病的治疗护理提出建议,中重度患者由家属替代决策,在现有的条件下充分尊重患者的权益.目前轻度患者,有能力对相关诊疗决定进行抉择^[4],患者家属也有意愿参与治疗选项的决策.中度患者患病前期51%对临床治疗缺乏决策能力,需依赖家属的决定来弥补患者的决策缺失.重度患者及家属面临的伦理风险首要解决抗精神病药物的使用,有学者认为,此类抗精神病药物的使用符合相关伦理准则,特别当重度患者饱受痛楚折磨,而无法寻

求有效可适的症状缓解方法^[5,6];然而对仅受轻中度困扰的患者,抗精神病药物不应作为常规首选的治疗选项.

3.2 合理安排照护人员

患者照护安排调查分析,照护安排分配的差异性直接影响了患者的生活质量和情感需求.本研究发现,125例患者主要由家属承担了日常的照护,而邻居、朋友或付钱雇佣照顾着很少.照料者因为承担痴呆患者日常生活照料,24.8%的照料者减少或停止了工作,使得照料者家庭及自身生活不同程度的发生变化或受挫^[7].选择雇佣花钱照护的家庭大多数不能及时带患者就医及诊疗,患者也无法取得情感的沟通交流,导致病情逐渐加重.因此,政府在财政投入层面应优先增加患者疾患后期康复指定渠道,公众与患者获益兼存,维护患者及家属的基本权利.将家庭照护与社会服务结合起来,延缓病情进展,提高生活质量,优化以人为本的照护理念.

3.3 适当减轻照护者负担

1)经济负担是患者照护人群面临的重要问题.本研究调查显示,德州市重度患者90%由家属照料,家属承受了经济、心理、躯体和其他负担.

表4 家属照护者负担结果分析

负担种类	变量	n	比例(%)
	照料且忙于工作感到紧张	没有	50 40.0
		有	75 60.0
	在患者身边感到紧张	没有	62 49.6
		有	63 50.4
心理负担	照料时生气	没有	67 53.6
		有	58 46.4
	照料行为难堪	没有	51 40.8
		有	74 59.2
	丢掉朋友不悦	没有	73 58.4
		有	52 41.6
经济负担	收入不够照料	没有	63 50.4
		有	62 49.6
社会交往负担	照料影响社交	没有	59 47.2
		有	66 52.8
时间负担	自己时间不够用	没有	53 42.4
		有	72 57.6
健康负担	健康受损	没有	74 59.2
		有	51 40.8
其他负担	个人生活期望不好	没有	58 46.4
		有	67 53.6
	对生活失去控制	没有	66 53.7
		有	59 46.3
总照料负担	照料造成负担	没有	46 36.8
		有	79 63.2

虽然有经济学者从成本节省维度分析,选择患者家属照顾,综合评估能节省公共资源和经费,但却引发了更为严重的伦理学问题.一方面照料患者的直接费用全部或部分由家属支付,另一方面家属不得不减少社会必要劳动时间,有效劳动时间减少,经济拮据而无力帮助患者维持正常的生活水平,分析建议应该获得政府相关部门的经济补偿或资助.

2)心里负担也是值得关注的社会问题.家属在照料过程中经历的心理感受,杨振^[8]等研究认为痴呆者心理负担主要表现为焦虑、自卑、内疚、不满和失望.95%的患者家属因长期与患者相处,出现焦虑,抑郁,不满等心理情绪.导致患者家属的工作效率低下,极大地减少了自己的人际交往和社会活动时间,严重影响了生活质量.因此,患者家属照护作为当前的一种“工作”模式.应在必要时保护家属决策代理的权力,当前不少国外法规指南阐述受试者决策代理的合法性,且给予“合法授权代表”相应的权利,为认知障碍或其他弱势群体提供知情同意相

应代理抉择^[9].即“多数存有决策障碍的患者,信任他们的家属为其作出医疗行为相关抉择”.

患者的诊疗和照护过程,全程需要伦理道德的思考.不仅是医学问题,更是一个社会问题.经本次调查分析,建议社区定期对患者家属照护者的健康状况、各种需求及时评估,针对其健康水平和护理需求为其提供相关服务.同时也可加入德州市特色的文化元素,为患者及家属构建适合本区域的伦理综合服务体系.

参考文献:

- [1] Dubois B, Feldman H H, Jacova C, et al. Revising the definition of Alzheimer's disease: A new lexicon[J]. *Lancet Neurol*, 2010, 9(11): 1118-1127.
- [2] Copeland JR, Dewey ME, Griffith - Jones HM. A computerized psychiatric diagnostic system and case nomenclature for elderly subjects: GMS and AGE-CATE[J]. *Psychol Med*, 1986, 16(1): 89-99.

- [3] 刘津,李淑然,张维熙,等.老年精神状况量表社区简版计算机诊断系统(GMS-AGECATE)在中国的初步测试[J].中国心理卫生杂志,2001,15(4):220-222.
- [4] Stormoen S, Almkvist O, Eriksdotter M, *et al.* Cognitive predictors of medical decision-making capacity in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease[J]. *Int J Geriatr Psychiatry*, 2014, 29(12):1304-1311.
- [5] Maust D T, Kim H M, Seyfried L S, *et al.* Antipsychotics, other psychotropics, and the risk of death in patients with dementia: Number needed to harm[J]. *JAMA Psychiatry*, 2015, 72(5):438-445.
- [6] Dunn LB, Fisher S R, Hantke M, *et al.* "Thinking about it for somebody else": Alzheimer's disease research and proxy decision makers' translation of ethical principles into practice[J]. *Am J Geriatr Psychiatry*, 2013, 21(4):337-345.
- [7] 吴文源,张明园,何燕玲,等.老年性痴呆病人照料者的负担及其影响因素研究[J].中国心理卫生杂志,1995,9(2):49-52.
- [8] 杨振,陈若陵,张冬梅,等.老年痴呆照料者负担及其影响因素研究进展[J].安徽医学,2013,34(3):360-262.
- [9] Black B S, Wechsler M, Fogarty L. Decision making for participation in dementia research[J]. *Am J Geriatr Psychiatry*, 2013, 21(4):355-363.

Investigation and Analysis on Ethical Issues of Patients with Alzheimer's Disease and Their Relatives in Dezhou

ZHENG Gui-fang, LIU Jin-ye, SUN Hui, LIU Hong-li, LIU Sheng-ying

(Dezhou People's Hospital, Dezhou Shandong 253000, China)

Abstract: Objective: To investigate the related ethical issues of patients with Alzheimer's disease and their relatives in Dezhou. Methods: general situation scale were used to explore the ethical issues of 125 Alzheimer's patients and their relatives. Results: the related ethical issues in treatment and homecare process include: disregarding patients' rights; high arrangement range of home nursing; overburdened homecare cost. Conclusion: the solutions is as follow: enhancing the education of medical ethics, protecting the rights of patients; reasonable assignment of home nursing; highly attention of the whole society on family burden.

Key words: Dezhou city; Alzheimer's disease; patients and their families; Ethics

征 稿 启 事

《德州学院学报》是由山东省教育厅主管、德州学院主办的综合性学术刊物,双月刊,1、3、5期发表人文社科类文章,2、4、6期发表自然科学类文章,国内外公开发行。国内统一刊号 CN37-1372/Z, 国际标准刊号 ISSN1004-9444.

自然科学期设有数理科学,化学与化工,生命·医药科学,信息科学,动力、能源与交通,生态与资源环境,体育与运动科学,教育教学研究,学术争鸣与综述栏目,科学基金项目支持的文章优先录用。

德州学院学报编辑部

窄带物联网(NB-IoT)现状和发展趋势分析

——基于 Fulink 数字平台文献数据

庄新辉

(武夷学院 图书馆, 福建 武夷山 354300)

摘要:窄带物联网 NB-IOT(Narrow Band Internet of Things)是当前物联网的发展热点,发表的文献情况显示其发展速度非常快,内容涉及到智慧社区、城市洪涝监测、智能井盖、共享单车、智慧水务、智能电表、智能水表、互联网医院等多个行业领域.本文通过 Fulink 数字平台,通过 NB-IoT 文献发表时间、文献数量、作者情况、期刊情况、地区和专利等文献数据,揭示 NB-IoT 现象,为研究 NB-IoT 提供支持和帮助.

关键词: NB-IoT; 物联网; Fulink

中图分类号: TN929.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0055-06

1 引言

窄带物联网 NB-IOT(Narrow Band Internet of Things)是当前物联网的发展热点,在 Fulink 数字平台检索 NB-IOT 的文献情况可以发现它的文献数量和发表速度都非同寻常.

截止到 2017 年 11 月 22 日,检索结果为中文文献 1533 篇,外文文献 231 篇,且每天以 5 到 6 篇的平均速度在增长变化.

从检索的资料显示,中国多地已经开始了 NB-IOT 技术的实际应用,内容涉及到智慧社区、城市洪涝监测、智能井盖、共享单车、智慧水务、智能电表、智能水表、互联网医院等等.涉及的行业广泛,发展的速度迅速.本文以 Fulink 数字图书馆平台检索的文献数据来分析 NB-IoT 快速发展的现象.

2 Fulink 数字图书馆平台简介

Fulink 全称是福建省高校数字图书馆文献提供系统,是由福建省二十三所高校和厦门大学共同参与建设的数字文献信息资源平台.这一平台可以搜索的文献有图书、期刊、报纸、学位论文、会议论文、专利、标准、音视频等 8 个种类.在文献范围上可以检索全国 700 多家图书馆各类资源.

在功能上分为“精炼检索、语言、内容类型、年份、关键词、学科分类、重要收录、作者、作者机构、刊种、地区、基金”等 12 个功能模块.模块间可以组合检索查询所需要的内容.学术辅助分析系统具有分析可视化功能,可以把查询到的数据后台处理后以图形图像的形式呈现出来.

本文通过这个平台借助 Fulink 学术辅助分析系统和微软的 excel 软件,通过不同模块间的组合检索得到的文献发表时间、文献数量、学科分类、作者情况、期刊情况、地区和专利等数据对 NB-IoT 现象进行分析研究.

3 NB-IoT 现象分析

3.1 NB-IOT 文献类型和文献数量分析

学术论文数量的变化是衡量一个领域一段时期内发展态势的重要指标,对凭借该领域所处的阶段以及预测未来趋势和发展动态具有重要的意义^[1].由表 1 所示,以“NB-IoT”为检索词,条件是“全部”,在 Fulink 平台检索,时间跨度为 1990 年—2017 年,检索得到 NB-IoT 文献数量有 1533 篇,文献的平均发表量为 57 篇/每年.文献内容类型有 10 种:期刊 724,报纸 381,信息资讯 205,专利 170,会议论文 42,法律法规 6,图书 3,标准 1,科技成果 1,音视频 1.期刊数量占总文献量的 47.235%,报纸

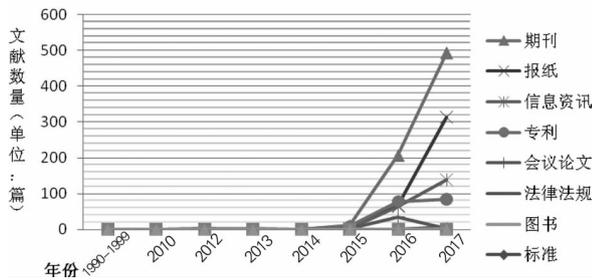


图 1 NB-IoT 各类型学术文献发展趋势曲线图

3.2 中文与外文文献统计对比

在 Fulink 中设定条件“中文”“外文”分别检索 NB-IoT,得到的结果如表 3.

表 3 NB-IoT 中文和外文文献发表数量表

时间	1990—1999	2012	2013	2015	2016	2017
中文文献数量	0	0	1	18	354	828
外文文献数量	1	3	1	9	92	90

从表 3 中可以直观的看到,1990—1999 到 2013 年时间段发表的文献外文 5 篇,中文 1 篇,外文文献数量多于中文文献 4 篇. 2015 年中文文献为 18 篇,比外文文献多了 9 篇. 2016 年中文文献 354 篇,外文为 92 篇,中文比外文多了 262 篇. 2017 年中文文献为 828 篇,外文为 90 篇,中文比外文多了 738 篇. 这些统计数字表明,对 NB-IOT 的研究国外早于中国. 1990—1999 到 2013 年时间段发表的的中外文献数量共 6 篇,这说明 NB-IOT 的研究在这一时期进入了蓄势期. 2015 年 NB-IOT 进入了快速的发展时期,中文文献在数量开始超过外文文献. 从 2015 年到 2017 年开始,中文和外文发表文献的数量急剧增加,标志着 NB-IOT 项目的成熟. 中文文献数量远远超出了外文文献的数量,表明 NB-IOT 项目在中国的研究规模超出了国外. 通过查阅资料显示,NB-IoT 标准的制定 3GPP 各家公司均贡献了大量的提案,从 GERAN 的 SI 开始,各公司共计贡献了 3205 项技术提案,获得通过的提案总共有 447 项. 其中华为贡献提案 1008 项,184 项获得通过,占已通过提案的 41%. 华为贡献了最多的标准提案,位居全球第一,展示了强大的标准与概念领导能力. 华为与 4 家欧美领先公司共同贡献了约 98% 的通过提案^[3].

3.3 NB-IoT 文献发表数量地区统计分析

在模块“地区”检索“全部”得到数据结果如图 3,通过发表的 NB-IoT 文献数量涉及的地区分析,由图 4 可知,截止到目前为止,全国有 18 个省市自治区开展了 NB-IoT 技术的研究和应用. 广东省开展的情况最好,发文量为 36 篇,占发文量的

27.07%. 沿海地区的广东、江苏、福建 3 个省和北京、上海 2 个直辖市对研究 NB-IoT 较多,这 5 个地区所占比例是 18 个省市自治区的 70%. 其他省份也在积极跟进,中国沿海地区、中部地区、东北和西北地区都有涉及,这表明 NB-IOT 项目研究和实施正在全国范围内展开.

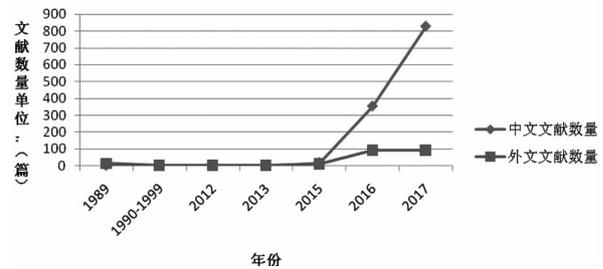


图 2 NB-IoT 文献数量对比图

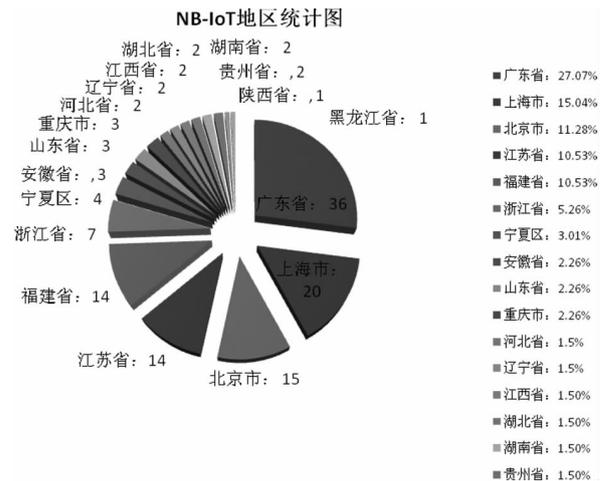


图 3 文献发表数量地区统计分析图

3.4 NB-IoT 文献作者统计分析

对论文的作者进行分析,可以了解该领域研究者的基本情况,确定核心作者,便于进一步了解该领域的研究现状和趋势^[4].

在语言模块和作者模块中设定条件,语言设定“中文”“外文”分别检索,作者模块设定“第一作者”. 检索的结果如表 7,第一作者共有 73 人,发表论文 324 篇. 发文量为 1 篇的作者有 16 人,占有作者数量的 21.99%. 根据洛卡特定律^[4],当发表 1 篇的论文作者占总作者量的 60% 左右时,核心作者群才会生成,计算的结果表明 NB-IoT 核心作者群还没有形成.

根据普莱斯定律^[5]发表 $0.749x(N_{max})^{1/2}$ 篇以上论文的作者所发的论文数为论文总数的 50%,就是说高产作者群中最低低产的作者发表的论文数等于这个群体中最高产作者所发论文数的平方根的 0.749 倍. 根据这一原理,由统计可知发文量最多的作者是黄海峰,发表了 43 篇文章,占有发文量的

13.27%。由此可以算出高产作者群体的最低值 = $0.749 \times (43)^{1/2} = 4.91$, 四舍五入, 即高产群的最低发文量为 5 篇。据此标准列出高产作者表如表 8。高产作者共有 22 位, 合计发文量为 169 篇, 占总发文量的 58.33%, 达到了普莱斯提出的 50% 的标准。

表 4 NB-IoT 文献作者发文量统计表

发文量	作者数	比例(%)
1	16	21.92
2	2	2.74
3	22	30.14
4	6	8.22
5	14	19.18
6	5	6.85
7	1	1.37
8	2	2.74
9	1	1.37
10	1	1.37
12	1	1.37
17	1	1.37
43	1	1.37
合计	73	100.00

表 5 NB-IoT 文献高产作者列表

作者	发文量	发文量比例(%)	累积发文量	累积比例(%)
黄海峰	43	13.27	43	13.27
鲁义轩	17	5.25	60	18.52
刘晶	12	3.70	72	22.22
程琳琳	10	3.09	82	25.31
赵妍	9	2.78	91	28.09
高超	8	2.47	99	30.56
舒文琼	8	2.47	107	33.02
吉利	7	2.16	114	35.19
王峰	6	1.85	120	37.04
王婷	6	1.85	126	38.89
陈博	6	1.85	132	40.74
夏东华	6	1.85	138	42.59
陈孟尝	6	1.85	144	44.44
王欣	5	1.54	149	45.99
张建国	5	1.54	154	47.53
陈志刚	5	1.54	159	49.07
李晓玉	5	1.54	164	50.62
顾瑾	5	1.54	169	52.16
陈宝亮	5	1.54	174	53.70
吴江波	5	1.54	179	55.25
刘仁茂	5	1.54	184	56.79
黄鱼	5	1.54	189	58.33

3.5 期刊来源统计分析

对 NB-IoT 文献来源期刊统计分析, 可以确定此研究领域的主要核心来源期刊, 可以为读者的阅读和科学研究提供参考帮助。中文和外文分别检索期刊得到的结果如下: 经统计检索期刊的载文量得到中文期刊为 401 篇, 分布在 49 种期刊上; 外文期刊为 152 篇, 分布在 43 种期刊上。二者合计为 553 篇, 分布在 92 种不同的期刊上。由布拉德福定律^[6], 核心来源期刊载文量约为文献总量的三分之一。由此定律, 将 553 篇文献除以 3, 得到平均数为 184 篇, 划分 3 个区域: 核心区(2 种, 187 篇), 相关区(12 种, 187 篇), 离散区(78 种, 179 篇), 3 个分区的期刊种类数量比为: 2:12:78=1:6:39, 与布拉德福定律不相符。单独由布拉德福定律不能确定核心期刊的认定, 因此现由布拉德福定律和引用文献情况来确定中文的核心期刊。被引用文献共有 45 篇, 期刊被引用的次数最多的有两种, 一种是通信世界, 它刊载的文章被引用 13 篇, 移动通信 9 篇, 所以认定为在 NB-IOT 领域中文核心期刊为通信世界和移动通信。

外文期刊 152 篇, 除以 3 得到为 51 篇, 期刊 PR Newswire US 有 30 篇有关 NB-IoT 的文章, Business Wire 有 26 篇有关 NB-IoT 的文章, 二者的载文量相加超过了 51 篇, 外文核心期刊可认定是 PR Newswire US 和 Business Wire (English)。

3.6 NB-IoT 专利数量分析

分析 NB-IoT 专利数量可以了解该领域的应用范围和发展状况水平。

在内容模块中检索“专利”语言模块“全部”, 去重后得到结果图 4 所示: 中文专利 69 项, 外文专利 17 项。从机构拥有的专利情况分析, 共有 20 个机构拥有专利权, 专利数量最多的机构是中兴通讯股份有限公司, 占总专利量的 42.50%, 处于绝对的领先地位, 表明在 NB-IoT 领域中兴通讯公司有很强的技术优势。在拥有的专利机构中有 11 所高校和 9 所

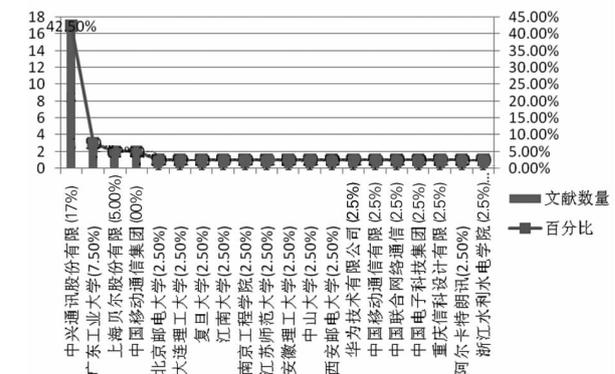


图 4 NB-IoT 专利机构情况图

商业公司.高校拥有的专利数量最多的学校是东北工业大学,有 3 项专利,高校拥有专利占总量的 32.5%,商业公司的专利占总量的 67.5%,商业公司在该领域的研究成果要多于高校.

从作者的角度分析 NB-IoT 专利情况(见表 7)中文专利的第一作者有 57 人,共有 98 项专利.专利最多的第一作者是陈孟尝,有 6 项专利占专利总量的 5.22%;第二名是刘仁茂 5 项专利占总量的 4.35%;第三名是张建国 4 项专利占总量的 3.48%.拥有 3 项专利权的有 7 人,2 项专利的 15 人,1 项专利的有 32 人.从表 8 的统计数据:外文专利第一作者有 15 人,共 17 项专利.专利最多的作者是 KIM, Bonghoe,有 3 项专利,占专利总量的 2.61%.其他 14 人都为 1 项专利(因篇幅所限有 1 项专利的作者不在表 7 中列出).中文专利占总专利数的 85.22%,外文专利占总专利数的 14.78%,中文专利数量远超外文专利.专利的申请时间最早的是在 2015 年.统观中文和外文专利情况,申请时间都是在 2015 至 2017 年这三年间.

表 7 NB-IoT 专利作者情况表(中文)

序号	第一作者	专利数量	专利所占比例(%)	申请日期
1	陈孟尝	6	5.22	2017
2	刘仁茂	5	4.35	2016(1),2015(4)
3	张建国	4	3.48	2016
4	郑勇	3	2.61	2017(2),2016(1)
5	陈博	3	2.61	2017
6	杜婷	3	2.61	2016
7	郭玉民	3	2.61	2017
8	陈向民	3	2.61	2016
9	陈宪明	3	2.61	2016
10	李长柏	3	2.61	2016
11	徐俊	2	1.74	2016
12	李兴华	2	1.74	2017
13	陈爽	2	1.74	2017
14	梁柱	2	1.74	2017
15	陈喆	2	1.74	2017
16	张晓博	2	1.74	2015
17	唐志鹏	2	1.74	2017
18	徐东哲	2	1.74	2017
19	马晓轩	2	1.74	2017
20	余慧明	2	1.74	2016
21	刘高志	2	1.74	2017
22	邹耀	2	1.74	2017
23	陈祖元	2	1.74	2016
24	俞忠文	2	1.74	2017
25	陈喆	2	1.74	2017

表 8 NB-IoT 专利作者情况表(外文)

序号	第一作者	专利数量	专利所占比例(%)	申请日期
1	HWANG, Daesung	1	0.87	2016
2	LIU XUN	1	0.87	2016
3	YI, Yunjung	1	0.87	2016
4	CHEN PO-YING	1	0.87	2016
5	YOU, Hyangsun	1	0.87	2016
6	LIM CHEE KIAN	1	0.87	2016
7	KIM, Bonghoe	3	2.61	2016
8	KUMAR UTSAW	1	0.87	2016
9	KIM EUNSUN	1	0.87	2016
10	ZHANG XIAOBO	1	0.87	2016
11	LIU, Renmao	1	0.87	2016
12	PRIYANTO BASUKI	1	0.87	2016
13	LIU ZHENG	1	0.87	2015
14	YU GUANGWEI	1	0.87	2015
15	CHATTERJEE	1	0.87	2016

4 结论

窄带物联网 NB-IoT 的发展从 2015 年开始到 2017 年这三年来进入了爆发期,文献的发表量成井喷的事态,行业标准和专利不断增加,NB-IoT 的发展方兴未艾;窄带物联网 NB-IOT 是当前物联网发展的新兴技术和热点.能有效满足智慧城市建设和物联网通信技术的需求,是具有广阔应用前景的物联网技术.华为公司在这项技术的标准制定上贡献较大,标志着我国在信息通信领域的科技实力在不断增强,NB-IoT 文献高产作者群和核心期刊已经产生,标志着 NB-IoT 研究正在走向成熟;NB-IoT 行业标准和专利的出现,标志这项技术到了实施应用的阶段;NB-IoT 专利拥有权的机构最多的是中兴通讯公司,商业机构对窄带物联网 NB-IoT 的研究成果要多于高等学府;中国大部分地区都已经开展部署这项技术的实施应用,沿海和直辖市等发达地区开展的规模和速度领先其他地区;NB-IoT 在发文量和专利数量等方面中文超越了外文,在规模上和实施的速度上中国处于世界前端;众多有实力的互联网公司和科技巨头加入到这一领域当中,NB-IoT 在软件和硬件上都有了坚实的技术和资金保障,有望结束现在的物联网碎片化的状态.从 Flink 数据平台检索到 NB-IoT 文献情况分析可以看出,NB-IoT 技术的出现对物联网的发展具有重要的意义,是物联网发展的重要契机.

参考文献:

- [1] 邱均平,韩雷.近十年来国内知识科学研究进展与趋势[J].图书馆情报学,2017(3):33-40.
- [2] 许剑剑,梅杰.物联网发展驱动因素分析与前景初探[J].北京邮电大学学报,2016,18(6):52-52.
- [3] IoT101.重磅!NB-IoT核心标准冻结.物联网智库[EB/OL].2016-06-16. <http://www.iot101.com/dghgyw/2016-06-16/11723.html>.
- [4] 刘红丽.国内移动图书馆研究现状和趋势[J].国家图书馆学刊,2012(2):92-98,112.
- [5] 马飞成.信息管理学基础[M].武汉:武汉大学出版社,2002:80-86.
- [6] 邱均平.信息计量学[M].武汉:武汉大学出版社,2007:105-110.
- [7] 孙雨生,陈卫.我国网格服务研究进展——基于CNKI(2003-2012)的文献计量与知识图谱分析[J].现代情报,2013(7):104-113.
- [8] 全球NB-IOT论坛筹备会议.C114中国通信网.2015/11/6.
- [9] 杨峰,初强.NB-IoT技术特点与前景[J].中国新通信,2017,19(14).
- [10] 蔡慈贵.关于NB-IoT低速率窄带物联网通信技术现状分析及发展趋势探讨[J].信息通信,2017(3):237-238.

The Present Situation and Development Trend of Narrowband Internet of Things

——(NB-IoT) Based on Fulink Digital Platform Literature Data

ZHUANG Xin-hui

(Library of Wuyi University, Wuyishan Fujian 354300, China)

Abstract: Narrowband Internet of Things is a hotspot in the development of the Internet of Things (IoT). Its development in the recent three years has been very fast. The contents include smart communities, urban flood monitoring, smart covers, shared cycling, intelligence Water, smart meters, smart meters, Internet hospitals and many other fields. In this paper, NB-IOT is analyzed and the NB-IoT phenomenon is revealed by searching the literature, such as time, quantity, subject classification, author situation, periodical situation, region and patent of NB-IoT literature through FULink digital platform. IoT provides support and help.

Key words: NB-IoT; Internet of Things; Fulink

决策树 ID3 算法中引入简单工厂模式的设计研究

孙道远

(安徽工贸职业技术学院 计算机信息工程系, 安徽 淮南 232001)

摘要: 根据经典决策树 ID3 算法, 通过采集确定的训练样本集构造决策树模型, 在判断决策树节点属性过程中针对期望值及熵的计算引入模式设计 GoF 中简单工厂模式设计一个工厂类, 在工厂类静态方法计算出该节点的样本特征变量对象与类别特征变量对象, 把这两种特征变量对象返回的期望值传递给 ID3 算法中递归过程, 从而构造出决策树模型, 相比较在 ID3 算法中把期望值的计算集成在递归中, 这种松耦合的封装分离方式可方便各种评测环境下的节点扩充, 增强了计算效率和代码的维护性, 以及提高算法在其他应用中的移植性.

关键词: 决策树; 简单工厂; ID3; 期望值; 熵

中图分类号: TP311 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0061-04

1 引言

根据决策科学化、民主化, 完善决策信息与智力支持系统的要求, 在数据分析之初建立决策树模型, 采用经典的决策树算法对树节点进行判断决定流程方向. 树中的每个节点代表某个对象, 每个分叉路径则表示可能的属性值, 每个叶结点则对应从根节点到该叶节点所经历的路径^[1]. 从某种意义上来说路径的选择即是决策过程, 在判断哪个属性值是最佳的分类属性则是决策树算法的核心问题, 这里涉及到一个比较重要的概念即期望信息(熵).

传统根据分类的类别变量先计算出期望信息(熵), 再计算出每个特征变量的期望信息(熵), 选择产生最大信息增益的变量 N, 在当前结点选择变量 N 的取值进行分解, 递归执行即可生成决策树^[2]. 创建决策树前会把训练集中的特征变量固化在程序内容里, 把特征变量期望值计算过程封装在一个方法中, 通过分别计算特征变量的期望值(熵), 选择最大信息增益的变量 N. 算法中特征变量及类别变量受使用场景的限制, 事先已经固化在程序中, 而在进行决策分析时, 受客观条件限制, 两种变量往往需要临时新增或删除, 因此给决策树 ID3 算法的维护带来很大的不便.

按照简单工厂模式的思想, 样本训练集中特征

变量为具体产品 A 即特征变量对象, 通过特征变量对象定义的方法得出特征变量期望值(熵). 而训练集中的类别变量为具体产品 B 即类别变量对象, 通过类别变量对象定义的方法得出类别变量期望值(熵), 利用简单工厂中静态方法, 由客户端带入相应的参数生成对应的特征变量对象与类别变量对象. 较之以往把特征及类别变量期望值的计算固化在程序内容里, 这种松耦合性的设计提高了 ID3 算法的灵活性, 同时也增强了代码的可读性和维护性. 特征变量及类别变量的灵活增减也提高了该算法的在不同应用项目中的移植性.

2 相关知识理论

2.1 简单工厂模式

简单工厂模式又称为静态工厂模式(Static Factory Method), 按照设计模式理论中关于简单工厂模式的定义即一个工厂对象决定创建出哪一种产品类的实例, 在工厂类中定义静态方法, 根据静态方法的入参判断具体生成那一种具体产品类^[3]. 在此模式中定义 3 个角色, 即抽象产品类、具体产品类、工厂(见图 1).

简单工厂模式的目的是根据工厂中定义的静态方法由客户端的入参创建出具体产品, 在实际应用中工厂角色被定义成包含静态方法(Static Meth-

收稿日期: 2017-09-08

基金项目: 安徽省高校自然科学研究项目(KJ2017A653); 安徽省高等学校省级质量工程项目(2015sjjd048)

作者简介: 孙道远(1983-), 男, 安徽怀远人, 讲师, 硕士, 研究方向: 计算机网络及应用.

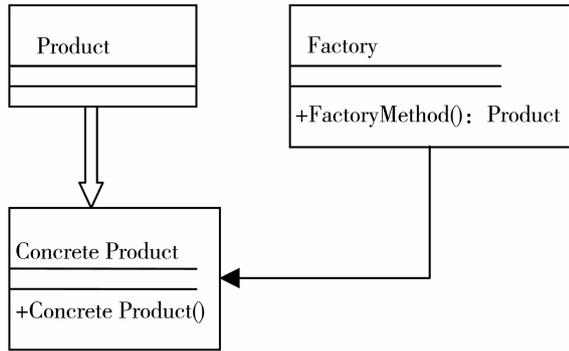


图 1 简单工厂角色关系图

od)的具体类,抽象产品类通常作为框架中对外提供的一种数据类型,把不同具体产品的公共属性提取出来作为抽象产品类的成员属性或变量.而每种不同产品的实现内容不同,因此可由抽象产品派生出其子类即具体产品,具体产品类中定义了体现该产品特有的信息成员,包括成员属性及方法^[4].

2.2 数据挖掘 ID3 算法

决策树在现实应用中是一种依赖于决策而建立起来的一种树型结构节点集合.在机器学习中,决策树作为一种预测模型,代表的是对象属性与对象值之间的一种映射关系,每一个节点代表某一个对象,树中的每一个分叉代表某个可能的属性值,每一个叶子节点则对应从根节点到该叶子节点所经历的路径,表示的对象的值,通常要求决策树仅有单一输出.ID3 算法是几种实现决策树模型的一种,它是基于奥卡姆剃刀原理的,即尽量用较少的东西做更多的事^[5].该算法的核心思想就是以信息增益来度量属性的选择,选择信息增益最大的属性进行分裂,该算法采用自顶向下的贪婪搜索来遍历可能的决策空间.

信息增益则定义为结点与其子结点的信息熵之差.信息熵是香农提出的,用于描述信息不纯度(不稳定性),其计算公式是

$$Entropy(S) = - \sum_{i=1}^n P_i \log P_i$$

P_i 为子集中互异(二元分类即正样例和负样例)的样例的比例.信息收益可以定义为样本按照某属性划分时造成熵减少的期望,由此可以区分训练样本中正负样本的能力.关于熵的计算过程也就是针对样例集合进行正反例进行对数计算的过程,熵介于 0,1 之间.这里假设 S 是一个具有布尔值的有 16 个样例的集合,它包括 10 个正例和 6 个反例(采用记号[9+,5-]来概括这样的数据样例).即 $Entropy([10+,6-]) = -(10/16)\log_2(10/16) - (6/$

$16)\log_2(6/16) = 0.95$.集合中特征变量包含 a_1, a_2, a_3, \dots .若干个,针对每一个特征变量计算出期望值 k_1, k_2, k_3, \dots .如果按照若干特征变量进行划分,则获得的信息增益为: $0.95 - k_1, 0.95 - k_2, 0.95 - k_3, \dots$.由此获得能够带来最大信息增益的变量,在当前结点选择以该变量的取值进行分裂,递归地进行执行即可生成决策树.

3 模式设计实现

3.1 样例集合信息采集

开发环境采用 VS2010,编程语言 C#^[6].在 Winform 窗体设计阶段完成相关样例集合的信息采集,采用二维字符串类型的数组保存样例集合,同时分解出特征变量一维数组集合.

下面以顾客购买数据信息采集为例(见图 2).

特征变量1(年龄)	特征变量2(收入)	特征变量3(性别)	特征变量4(信用等级)	特征变量5(职业)	类别变量(行为)
youth	high	man	fair	whitCellar	no
youth	high	man	excellent	blueCellar	no
middle_aged	high	man	fair	whitCellar	yes
senior	medium	man	fair	whitCellar	yes
senior	low	woman	fair	whitCellar	yes
middle_aged	low	woman	excellent	blueCellar	no
youth	medium	man	fair	blueCellar	no
youth	low	man	fair	whitCellar	yes
senior	low	man	fair	blueCellar	no
middle_aged	medium	woman	excellent	whitCellar	yes

图 2 样例信息采集界面

```

int row = dataGridView1.Rows.Count;//得到总行数
int col = dataGridView1.Rows[1].Cells.Count;//得到总列数
string[][] exams = new string[row][];//用于保存样例集合信息的二维字符串数组
以下采用双重循环获取窗体列表中的单元内容,并把内容保存在 exams 样例集合中.
for (int i = 0; i < row; i++)
{
    for (int j = 0; j < col; j++)
        exams[i][j] = dataGridView1.Rows[i].Cells[j].Value.ToString();
}
以下声明一维数组用来保存样例中特征变量集合以及类别变量.
string[] names = new string[col];
for (int j = 0; j < col; j++)
    names[j] = dataGridView1.Columns[j].HeaderText;
把样例集合 exams 与特征类别变量集合 names 带入 DecisionTreeID3 泛型类的构造函数中
  
```

生成带有根节点的空决策树, DecisionTreeID3 构造函数如下

```
public DecisionTreeID3(T[, ] exams, string[]
names, T[] categoryLabels)
{
    Data = exams; Names = names; //
公共变量赋值.
    Category = exams. GetLength(1) -
1; //集合最后一列为类别变量
    CategoryLabels = categoryLabels; //根
据类别变量行为获得类别行为值, yes 为 1, no 为 0.
}
```

3.2 简单工厂模式类结构分析

按照简单工厂模式中三个角色的业务功能, 本框架的类结构图如下.

1) 抽象产品类 (AbstractEntropy). 即抽象熵类, 在抽象熵类中定义信息熵实现的公共方法和虚方法. 在公共方法中定义了各具体子类均可调用的公共方法, 用来获取集合中的熵值, 虚方法则根据具体产品子类的不同需要被继承覆写的方法. 代码说明如下:

```
abstract class AbstractEntropy
{
    public double GetEntropy (int []
count)
    {
        double Entropy = 0.0;
        for (int i = 0; i < count. Length; i++) //遍
历仅包含 0 或 1 的行为值.
        {
            double frequency = count[i] / (doub-
le) tuple. Item2;
            double t = -frequency * Log2(fre-
quency); //根据熵值的计算公式获得
            Entropy += t;
        }
        return Entropy; //返回熵值
    }
}
//由子类实现变量的期望值, 即特征变量期望
值和类别变量期望值.
public virtual double GetDesiredValue
(int[] pnRows);
}
```

2) 具体产品类 (ConcreteCharact, ConcreteCat-eg). 定义两个具体子类, 即特征变量类和类别变量

类, 分别继承抽象产品类, 重写父类中的虚方法, 方法具体实现了特征变量期望值与类别变量期望值计算过程, 并返回相关的信息. 特征变量子类主要代码如下

```
class ConcreteCharact: AbstractEntropy
{ //具体子类中定义的一些方法或者成员变量.
    public override double GetDesiredValue
(int[] pnRows) //实现重写抽象产品类中的虚方法
    {
        //通过 AttributeCount 方法转换成实现了
IEnumerable 接口的泛型类.
        var tuples = AttributeCount ( attrCol,
pnRows);
        //遍历泛型集合 tuples, 调用父类中的
GetEntropy 方法获取每个特征变量的期望值.
        Return GetEntropy(pnRows);
    }
}
public ConcreteCharact () { } //具体产品构造
函数
}
3) 工厂类 (EntropyFactor). 此类中定义一个静
态方法, 由客户端调用此方法, 通过方法的入参决定
实现具体的产品 (特征变量对象和类别变量对象).
public class EntropyFactor
{
    AbstractEntropy abstractEntropy = null; //
定义的提供给客户端的抽象产品变量.
    public Static AbstractEntropy StaticFactory-
Method(string productType)
    {
        switch (productType) //以下根据入参
productType 判断生成对象
        {
            case "Charact": //特征变量
对象生成
                abstractEntropy = new ConcreteCharact ();
                break;
            case "Categ": //类别变量对
象生成
                abstractEntropy = new ConcreteCateg();
                break;
        }
    }
}
```

3.3 工厂客户端应用

创建简单工厂实例 EntropyFactor entropy-

Factor=new EntropyFactor();

通过以下工厂方法带参数生成具体对象,即特征变量对象与类别变量对象.

```
AbstractEntropy ConcreteCharact = entropyFactor. StaticFactoryMethod("Charact");
```

```
AbstractEntropy ConcreteCateg = entropyFactor. StaticFactoryMethod("Categ");
```

根据 ID3 算法过程中产生由样本集合生成的含有 0 和 1 值的行集合 pnRows,把 pnRows 作为特征变量对象方法 GetDesiredValue 入参带人,计算得出期望值 desiredValue.

Double desiredValue= ConcreteCharact. GetDesiredValue(pnRows);同理得出类别变量对象的期望值.

4 总结

在经典决策树 ID3 算法中,通过样本训练集合反复循环的遍历每个节点属性,找出特征变量期望值与类别变量期望值相差最大的节点,即信息增益最大的节点并以此节点进行分裂,递归实现决策树结构. 样本集合中特征变量与类别变量期望值的计

算是整个 ID3 算法中核心模块,采用软件设计模式中的简单工厂模式框架结构,把两种变量期望值的计算过程从传统的 ID3 算法中分离出来,在工厂方法中封装了期望值实现的过程并返回值,提供给 ID3 算法,从而增强了代码可读性与维护性,符合软件工程的思想.

参考文献:

- [1] 王熙熙,翟俊海. 基于不确定性的决策树递归[M]. 北京:科学出版社,2012.
- [2] 甄镭. Net 与设计模式[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- [3] 李瑞,许旭睿. 决策树 ID3 算法的分析与优化[J]. 大连交通大学学报,2015(4):91-92.
- [4] 伽玛等,著. 设计模式:可复用面向对象软件的基础[M]. 李建军等,译. 北京:机械工业出版社 2009.
- [5] 陈安,陈宁. 数据挖掘技术及应用[M]. 北京:科学出版社,2006:116-118.
- [6] IanGriffiths. Programming C # 5. 0 [M]. O\`Reilly Media, Inc, USA. ,2012:256-259.
- [7] Christian nagel, jay glynn, Morgan Skinner. C# 高级编程 (第九版)[M]. 北京:清华大学出版社,2014:166-209.

Design Research of Decision Tree ID3 Algorithm Using Simple Factory Pattern

SUN Dao-yuan

(Department of Computer Information Engineering, Anhui Vocational & Technical College of Industry & Trade, Huainan Anhui 232001, China)

Abstract: According to the classical decision tree ID3 algorithm, the decision tree model is constructed from the set of training samples. This is related to the calculation of the expected value of the expected value of the characteristic variable and the expected value of the variable in the sample set. In the traditional algorithm, And the calculation of entropy is often integrated in the recursive process of the training sample set, so the algorithm to achieve the code to increase the portability and maintenance of the difficulty. In the decision tree node attribute process for the expected value and the calculation of the entropy into the model design GoF simple factory model design a plant class , in the factory class static method to calculate the node of the sample characteristics of the variable object and category characteristics of variable objects, The expected value of the return of these two characteristic variables is passed to the recursion process in ID3 algorithm to construct the decision tree model. Compared with the ID3 algorithm, the calculation of the expected value is recursively. This loose coupling method can be convenient Node expansion in a variety of evaluation environments enhances computational efficiency and code maintenance, as well as improves the portability of algorithms in other applications.

Key words: Decision tree; Simple factory; ID3; Expected value; entropy

基于 MATLAB 软件“PID 校正控制”教学研究

肖理庆

(淮南师范学院 机械与电气工程学院, 安徽 淮南 232038)

摘要:“PID 校正控制”是自动控制原理课程教学中的重点与难点,为了提高“PID 校正控制”课堂教学质量,解决学生在课程设计与毕业设计中所遇到的问题,在反思传统 PID 教学方法以及整合课程教学内容、教学目标的基础上,设计了基于改进遗传算法的 PID 校正控制软件,结合探究式教学方法,将其应用于“PID 校正控制”课堂教学中. 教学实践结果验证了其有效性,有利于学生深入理解 PID 控制规律,掌握 PID 控制器参数的调整方法,为后续课程的教学以及课程设计、毕业设计奠定了良好的基础.

关键词: PID 校正控制; 自动控制原理; 遗传算法; 探究式教学

中图分类号: G642.0 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0065-05

1 引言

作为目前工业控制的主要技术之一, PID 控制器得到了广泛的应用. 在国内普通本科院校自动化、电气工程及其自动化专业,通常将“PID 校正控制”作为自动控制原理课程教学的重点. 同时,由于“PID 校正控制”理论性强、内容抽象,学生掌握情况并不理想,又使其成为“自动控制原理”课程教学的难点. 另外,根据学生课程设计论文与毕业设计论文,结合学生答辩时情况,笔者发现学生对 PID 控制规律并没有深入理解,只是局限于简单定性分析比例环节、积分环节、微分环节参数的改变对控制系统动态性能指标与稳态性能指标的影响,而且无法实现理论与实际的紧密联系,针对直流电机调速控制系统、电烤箱恒温控制系统、水池液位控制系统等实际系统,无法合理调整 PID 控制器参数.

为了提高“PID 校正控制”课堂教学效果以及学生课程设计、毕业设计质量,在反思传统 PID 教学方法以及整合课程教学内容、教学目标的基础上,笔者设计了基于改进遗传算法的 PID 校正控制软件,结合探究式教学方法,将其应用于“PID 校正控制”课堂教学中,为后续课程的教学以及课程设计、毕业设计奠定了良好的基础.

2 传统 PID 教学方法反思与课程教学内容、教学目标整合

目前国内很多高校如吉林大学、中国民航大学、

德州学院等均建立了自动控制原理(实验)教学平台,用形象化的仿真演示代替板书与 PPT 课件,有效提高了学生主动学习的积极性与自动控制原理课堂(实验)教学质量^[1-4],但同时存在以下不足之处:

(1)所设计的教学平台大多没有考虑不同课程教学内容、教学目标的整合以及自动控制原理课程不同知识点之间的联系;

(2)所提供的控制系统传递函数缺少实际工程背景的介绍;

(3)理论与实际无法实现紧密联系,不利于 PID 控制器参数调整方法的教学.

“PID 校正控制”不仅是自动控制原理课程教学的重点与难点,同时也是计算机控制技术课程教学的重点与难点^[5-6]. 另外,“PID 校正控制”是我院自动化专业控制系统 MATLAB 仿真实验课程中唯一的设计性实验. 根据上述情况,笔者整合了“PID 校正控制”的教学内容与教学目标为:

(1)深入理解 PID 控制规律;

(2)至少掌握一种实际控制系统常用的 PID 控制器参数工程整定方法.

3 PID 校正控制软件

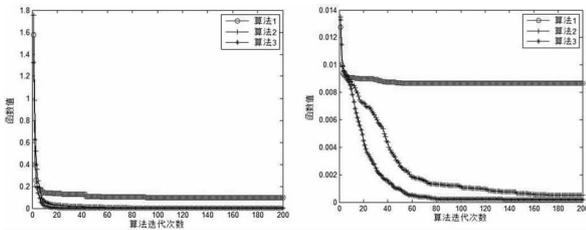
3.1 改进遗传算法典型函数测试

由于 PID 控制器参数整定属于低维优化问题,因此可引入区间算法. 本软件所采用的改进遗传算法是将区间算法与粒子群算法分别引入基本遗传算法初始

种群生成与变异操作中,同时在算法迭代过程中采取改进精英策略,以克服算法未成熟收敛现象,提高算法的收敛精度.为了验证笔者所编写算法程序的准确性,选取全局最小值均为 0 的典型函数 De Jong 函数 F2 与 Schaffer 函数 F6 对其进行测试,典型测试函数表达式如式(1)、(2)所示.在仿真实验环境、参数设置、电脑配置均相同的实验条件下,不同算法各运行 100 次,以获得具有统计意义的测试结果,如图 1 所示.

$$f = 100(x_1^2 - x_2)^2 + (1 - x_1)^2 \quad (1)$$

$$f = 0.5 + \frac{\sin^2 \sqrt{x_1^2 + x_2^2} - 0.5}{[1.0 + 0.001(x_1^2 + x_2^2)]^2} \quad (2)$$



(a) De Jong 函数 F2 (b) Schaffer 函数 F6
图 1 典型函数测试结果

其中算法 1、2、3 分别为基于区间算法的改进遗传算法、基于区间算法的改进粒子群算法以及本软件所采用的改进遗传算法.对于测试函数 De Jong 函数 F2,算法 1、2、3 平均收敛值分别为 9.5178×10^{-2} 、 1.4010×10^{-4} 、 1.0774×10^{-6} ;对于测试函数 Schaffer 函数 F6,算法 1、2、3 平均收敛值分别为 8.6379×10^{-3} 、 5.2961×10^{-4} 、 1.9511×10^{-4} .结合图 1 可知,PID 校正控制软件所采用的改进遗传算法程序准确,可有效提高算法收敛精度.

3.2 PID 校正控制软件简介

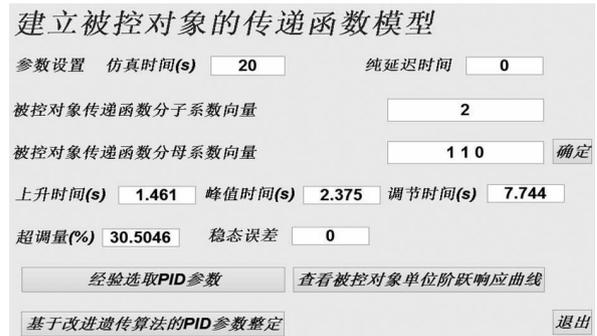
笔者所设计的 PID 校正控制软件基于具备卓越数值计算能力与出色图形处理功能的 MATLAB 软件,形象直观,简洁高效. PID 校正控制软件主界面如图 2 (a) 所示.主界面由 6 部分构成:建立被控对象传递函数模型部分、参数(仿真时间)设置部分、被控对象单位阶跃响应的动态性能指标(上升时间、峰值时间、调节时间、超调量)与稳态性能指标(稳态误差)显示部分、查看被控对象单位阶跃响应曲线部分、经验选取 PID 参数部分以及基于改进遗传算法的 PID 参数整定部分.

输入被控对象传递函数分子、分母系数向量与纯延迟时间(默认为零),并输入仿真时间参数,点击确定按钮,便可建立被控对象传递函数模型并显示其单位阶跃响应的各项动态性能指标与稳态性能指标,如图 2 (b) 所示.点击查看被控对象单位阶跃响应曲线按钮,便可进入查看被控对象单位阶跃响应曲线界面,如图 3 所示.点击经验选取 PID 参数按钮,便可进入经验选取

PID 参数界面,如图 4 (a) 所示.点击基于改进遗传算法的 PID 参数整定按钮,便可进入基于改进遗传算法的 PID 参数整定界面,如图 5 (a) 所示.

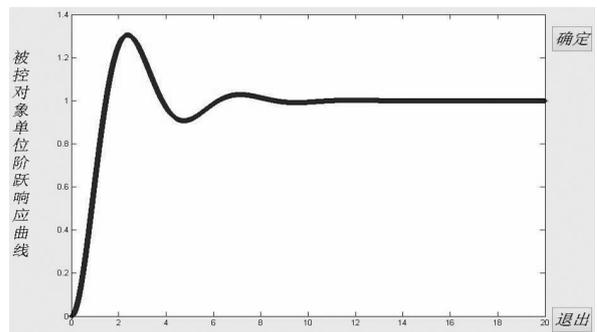


(a) 初始界面

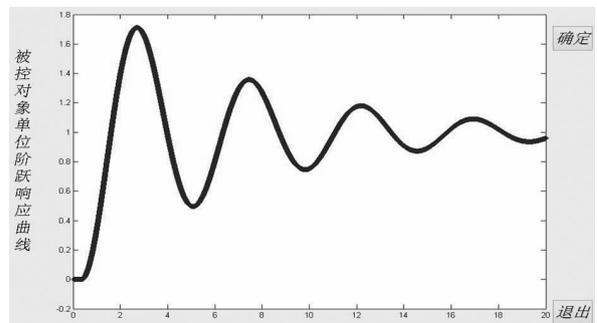


(b) 结果显示界面

图 2 基于改进遗传算法的 PID 校正控制软件主界面



(a) 纯延迟时间为 0



(b) 纯延迟时间为 0.35

图 3 查看被控对象单位阶跃响应曲线界面



(a) 初始界面



(b) 结果显示界面

图 4 经验选取 PID 参数界面



(a) 初始界面



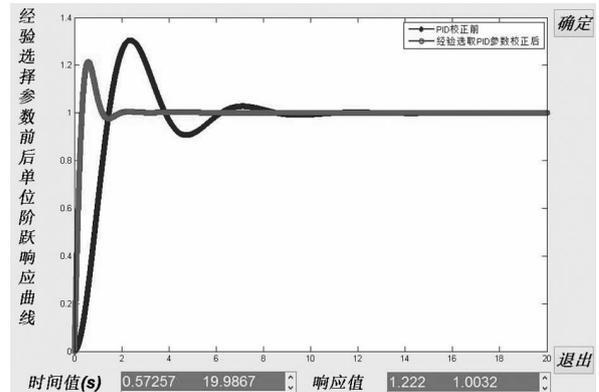
(b) 结果显示界面

图 5 基于改进遗传算法的 PID 参数整定界面

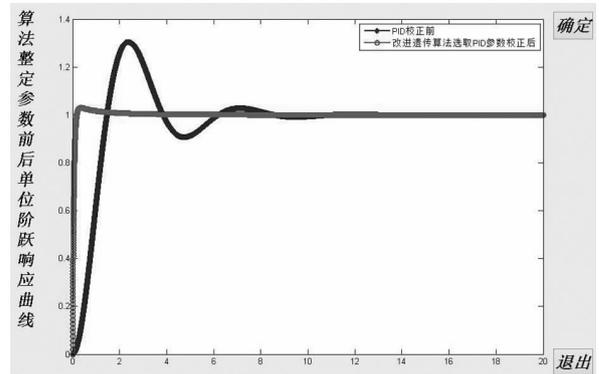
经验选取 PID 参数界面包含 3 部分:PID 参数

(比例系数、积分系数、微分系数)输入部分、被控对象单位阶跃响应各项动态性能指标(上升时间、峰值时间、调节时间、超调量)与稳态性能指标(稳态误差)显示部分以及查看校正前后被控对象单位阶跃响应曲线部分.输入经验选取的 PID 参数后,点击确定按钮,便可显示被控对象单位阶跃响应动态性能指标与稳态性能指标,如图 4(b)所示.

基于改进遗传算法的 PID 参数整定界面由四部分构成:算法参数(种群数目、交叉概率、变异概率、学习因子、算法最大迭代次数、上升时间权值、峰值时间权值、调节时间权值、超调量权值以及稳态误差权值)输入部分、整定后 PID 参数(比例系数、积分系数、微分系数)显示部分、校正后被控对象的单位阶跃响应各项动态性能指标(上升时间、峰值时间、调节时间、超调量)与稳态性能指标(稳态误差)显示部分以及查看校正前后被控对象单位阶跃响应曲线部分.输入算法参数后,点击确定按钮,便可显示整定后 PID 参数与校正后被控对象的单位阶跃响应动态性能指标与稳态性能指标,如图 5(b)所示.



(a) 经验选择参数



(b) 改进遗传算法整定参数

图 6 查看校正前后被控对象单位阶跃响应曲线界面

除了直观比较校正前后被控对象的单位阶跃响应动态性能指标与稳态性能指标数值外,还可点击查看校正前后被控对象单位阶跃响应曲线按钮,进入查看校正前后被控对象单位阶跃响应曲线界面,

如图 6 所示。

3.3 PID 校正控制软件具体应用

现针对整合后“PID 校正控制”的教学内容与教学目标,结合探究式教学方法,详细描述 PID 校正控制软件在“PID 校正控制”课堂教学中的应用。

首先在上课之前,采取布置作业的形式,要求学生通过查阅文献,掌握现实生活中一种常见控制系统的传递函数及其计算方法,明确传递函数系数与控制系统不同元件参数的对应关系,使所选取的传递函数具有实际的工程背景。

然后在“PID 校正控制”课堂教学中,授课教师任选一典型的实际控制系统(以直流电机调速控制系统为例)作为被控对象,向学生简单介绍其工作原理与传递函数建立过程,并在软件主界面输入对应参数,建立控制系统的传递函数模型。根据软件所显示的控制系统单位阶跃响应曲线以及动态性能指标、稳态性能指标,引导学生根据第一章所学关于对控制系统要求方面的知识,分析其不足之处,在此基础上,提出 PID 校正控制的具体要求。

进入基于改进遗传算法的 PID 参数整定界面,综合考虑动态性能指标与稳态性能指标,选取适应度函数,输入相关参数,利用改进遗传算法整定 PID 控制器参数,得到 PID 控制器参数的“最优值”,并进入查看校正前后被控对象单位阶跃响应曲线界面,结合被控对象单位阶跃响应曲线,明确 PID 校正控制的作用。然后分别增加快速性指标(上升时间、峰值时间、调节时间)与平稳性指标(超调量)的权值,比较不同优化结果对应的控制系统单位阶跃响应曲线,加深对第一章所学知识的理解:控制系统三大性能指标是相互制约的。

进入经验选取 PID 参数界面,根据改进遗传算法所得的 PID 控制器参数“最优值”,按表 1 输入 PID 参数,由授课教师引导学生分别讨论比例环节、积分环节、微分环节、比例积分环节、比例微分环节对控制系统动态性能与稳态性能的影响,最后由授课教师归纳以下结论^[7]:

①增大比例系数,有利于降低控制系统稳态误差,但同时降低控制系统稳定性,很难同时满足静态与动态要求;

②积分控制可使控制系统消除稳态误差,提高无差度,但也会降低控制系统的稳定性,并使控制系统动态响应变慢,是通过牺牲控制系统的快速性而获得高的稳态性能;

③在微分时间常数选择合适的情况下,微分控制可有效降低控制系统超调量,减小控制系统调节

时间,从而显著改善控制系统的动态性能。

表 1 PID 参数输入方式

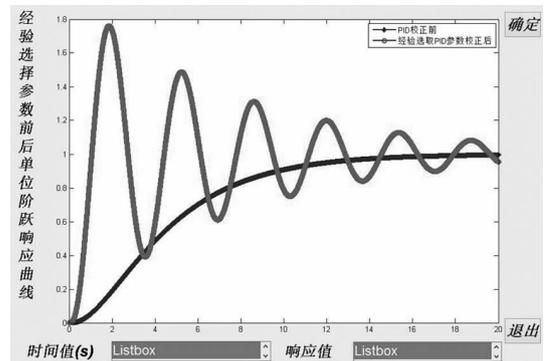
序号	比例系数	积分系数	微分系数
1	GK_P	0	0
2	0	GK_I	0
3	0	0	GK_D
4	GK_P	GK_I	0
5	GK_P	0	GK_D

其中 GK_P 、 GK_I 、 GK_D 为改进遗传算法所得的 PID 控制器参数“最优值”。

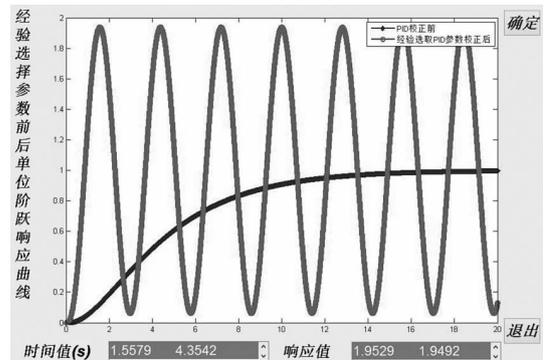
在深入理解 PID 控制规律的基础上,要求学生课后思考,分别在什么情况下,采用比例环节、积分环节、微分环节、比例积分环节、比例微分环节以及比例微分积分环节。

目前 PID 参数整定方法主要包括理论计算整定与工程整定两种。在实际控制系统中,常用的 PID 参数工程整定方法包括:临界比例度法(控制系统的阶次要求在 3 阶及 3 阶以上)、试凑法、阶跃响应曲线法等。现根据整合后“PID 校正控制”的教学内容与教学目标,以临界比例度法为例,描述 PID 校正控制软件在 PID 参数整定方法教学中的应用。

首先建立 3 阶及 3 阶以上控制系统数学模型,然后进入经验选取 PID 参数界面,微分系数与积分



(a) 比例系数为 20



(b) 比例系数为 30

图 7 确定临界比例度 δ

系数输入 0, 不断增大比例系数, 直至控制系统单位阶跃响应为等幅振荡, 如图 7 所示, 记录此时比例系数的数值。

由图 7 可知, 比例系数为 30 时, 控制系统单位阶跃响应为等幅振荡, 即临界比例度 δ 为 $1/30$, 鼠标点击相邻两个波峰, 根据软件显示结果, 计算可得临界振荡周期 T_K 约为 2.7963, 在此基础上, 根据表 2 便可整定 PID 控制器参数。

表 2 临界比例度法整定 PID 控制器参数

控制器类型	比例度	积分时间	微分时间
P	2δ	∞	0
PI	2.2δ	$0.833T_K$	0
PID	1.7δ	$0.50T_K$	$0.125T_K$

最后, 授课教师任意选取学生提前准备的两种控制系统传递函数, 重复上述步骤, 加深学生对所学知识理解与掌握, 同时也对授课教师的教学水平提出更高要求。

4 结语

为了使学生深入理解 PID 控制规律, 掌握 PID 控制器参数的调整方法, 为后续课程的教学以及课程设计、毕业设计奠定良好的基础, 在反思传统 PID

教学方法以及整合课程教学内容、教学目标的基础上, 结合自身相关的科研成果, 设计了基于改进遗传算法的 PID 校正控制软件, 结合探究式教学方法, 将其应用于“PID 校正控制”课堂教学中, 有效提高了学生学习兴趣与课堂教学质量, 真正实现了科研反哺教学。

参考文献:

- [1] 千承辉, 胡鹤, 孙慧慧, 等. 基于 PID 算法的旋转倒立摆实验教学平台研究[J]. 实验室科学, 2016, 19(4): 35-37.
- [2] 贾云飞. “自动控制原理”课程综合教学平台[J]. 电气电子教学学报, 2016, 38(1): 90-92.
- [3] 费红姿, 刘友, 范立云, 等. 自动控制原理开放式 ELVIS 虚拟实验平台[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(9): 116-119.
- [4] 王春玲, 张秀梅, 李程, 等. 自动控制原理实验的 GUI 设计[J]. 德州学院学报, 2015, 31(4): 32-36.
- [5] 顾德英, 罗云林, 马淑华. 计算机控制技术[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2012.
- [6] 余雷, 张茂青, 费树岷. “计算机控制技术”课程 PID 控制部分的教学[J]. 电气电子教学学报, 2014, 34(2): 104-106.
- [7] 刘丁. 自动控制理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.

Research on Teaching Methods of PID Correction Control in Principle of Automatic Control

XIAO Li-qing

(School of Mechanical and Electrical Engineering,
Huainan Normal University, Huainan Anhui 232038, China)

Abstract: PID correction control is the emphasis and difficulty of principle of automatic control teaching course. Aiming to improve the teaching effect and solve the problems in the curriculum design and graduation design, the PID correction control software is designed based on improved genetic algorithm, on the basis of reflecting on traditional PID teaching methods and integrating course teaching contents and objectives. The designed software is applied in the teaching of PID correction control, combining with the inquiry teaching method. The teaching practice results demonstrate that the measure is valid. It can help the students to understand the PID control rules deeply, master the adjustment method of PID controller parameters, and lay the foundations for the teaching of the following courses and the the curriculum design and graduation design.

Key words: PID correction control; principle of automatic control; genetic algorithm; inquiry teaching

环境因素对平板型集热器热性能影响的模拟分析

陈 洁

(德州学院 机电工程学院, 山东 德州 253023)

摘 要: 根据传热学原理, 建立了平板型太阳能集热器热平衡和热效率方程, 利用 Matlab 数值分析程序, 分析了太阳辐照度、环境温度以及风速等环境因素对集热器热性能的影响。研究表明: 太阳辐照度主要影响集热器的得热量, 环境温度与大气风速主要影响集热器的热量损失。随着太阳辐照度的增大, 集热器出口平均温度升高, 输出有用能增大; 随着环境温度升高, 集热器的热量损失减小, 使得瞬时效率得以提高; 相反, 环境风速越大, 热量损失越大, 从而导致效率降低。因此, 较强的太阳辐照度、较高的环境温度或较小的风速, 可以提高集热器的热效率。该研究对于平板型集热器的使用与维护具有指导意义。

关键词: 平板型太阳能集热器; 热性能; 瞬时效率; 数值模拟

中图分类号: TK514 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0070-04

1 引言

目前, 中国是世界上最大的太阳能集热器生产国和使用国, 众多生产企业和科研机构非常重视技术研究, 但是研究力量主要集中在产品结构、参数的完善, 例如: 吸热涂层、盖板材料或结构、吸热板与盖板之间的换热等, 而对于外部因素的影响较少涉及, 但是在实际使用过程中, 由于集热器长期置于户外, 风速、环境温度、辐照度等环境因素的影响必然存在。该方面的研究较少, 不利于集热器长期安全可靠运行。

太阳能集热器分为真空管型和平板型两大类, 据初步调研, 平板型集热器受大气环境影响较大, 本文以平板型太阳能集热器为研究对象, 利用 Matlab 模拟分析大气风速、环境温度、太阳辐照度分别对集热性能的影响。

2 平板型集热器结构分析

平板型太阳能集热器一般由吸热板、透明盖板、保温层和外壳四部分组成^[1]。吸热板是吸收太阳辐射能并向传热工质传递热量的部件, 为使集热器最

大限度地吸收太阳辐射能, 在吸热板表面覆有选择性吸收涂层; 为保护吸热板, 在平板型集热器的上表面覆盖透明盖板; 保温层是集热器中抑制吸热板通过传导向周围环境散热的部件; 外壳是集热器中保护及固定吸热板、透明盖板和保温层的部件, 具有一定的刚度和强度, 有较好的密封性及耐腐蚀性。

3 热量平衡关系及瞬时效率模型建立

3.1 热量平衡数学模型

太阳能平板集热器通过集热板吸收太阳辐射能, 绝大部分热能用来加热传热工质, 此外还有小部分热能通过对流和辐射的方式散失到周围环境中, 即: 集热器实际获得的能量等于同一时段内入射在集热器上的辐照量减去集热器对周围环境散失的能量, 故其热平衡方程如下^[2]

$$Q_U = Q_A - Q_L = A_a I (\tau\alpha)_e - A_a U_L (T_p - T_a) \quad (1)$$

式(1)中, Q_U 为集热器实际获得的能量; Q_A 为入射在集热器有效太阳辐照量; Q_L 为集热器散失热量; A_a 为集热采光面积, (m^2); I 为太阳辐照度, (W/m^2); $(\tau\alpha)_e$ 为透明盖板透射比与吸热板吸收比的有效乘积; U_L 为集热器总热损系数, ($W/(m^2 \cdot$

收稿日期: 2017-10-16

基金项目: 山东省高等学校科技计划项目 (J15LB61); 山东省教育厅科技计划项目 (J12LA58); 德州市科技计划项目 (2012B06)

作者简介: 陈洁(1975-), 女, 山东临邑人, 副教授, 硕士, 研究方向: 太阳能光热利用。

gK); T_P 为吸热板温度(K); T_a 为环境温度(K).

式(1)中,集热器总热损失是由顶部散热损失、底部散热损失和侧面散热损失三部分组成,如式(2)所示,各参数计算模型如下

$$U_L = U_i + U_b + \frac{A_e}{A_b} \cdot U_e = U_i + U_b + \left(\frac{A_e}{A_b}\right)^2 \cdot U_b \quad (2)$$

$$U_i = \left[\frac{N}{\frac{344}{T_p} \times \left(\frac{T_p - T_a}{N + f}\right)^{0.31} + \frac{1}{h_w}} \right]^{-1} + \frac{\sigma \cdot (T_p + T_a) \times (T_p^2 + T_a^2)}{\frac{1}{\epsilon_p + 0.0425N(1 - \epsilon_p)} + \frac{2N + f - 1}{\epsilon_g}} - N \quad (3)$$

$$f = (1.0 - 0.04h_w + 5.0 \times 10^{-4}h_w^2) \times (1 + 0.058N) \quad (4)$$

$$h_w = 5.7 + 3.8v \quad (5)$$

$$U_b = \frac{\lambda_2}{\delta_2} \quad (5)$$

$$(\alpha\alpha)_e = (\alpha\alpha) + 0.27(1 - e^{-4 \cdot \frac{\delta_c}{\sqrt{1.52}}}) \quad (6)$$

其中, U_i 为顶部散热系数; U_b 为底部散热系数; U_e 为侧面散热系数; A_b 为集热器底部面积(m^2); A_e 为集热器侧面面积(m^2); N 为透明盖板层数,(取 1); ϵ_p 为吸热板发射率; ϵ_g 为透明盖板发射率; h_w 为空气与盖板间对流换热系数($W/m^2 \cdot K$); v 为环境风速(m/s); σ 为黑体辐射常数(一般 $5.67 \times 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4$); λ_2 为隔热层材料导热系数; δ_2 为隔热层厚度(m); δ_c 为盖板厚度(mm);

3.2 瞬时效率模型

工程上一般采用瞬时效率来评价平板型集热器的热性能,瞬时效率是指在稳态(或准稳态)条件下,集热器传热工质在规定时段内输出的能量与入射在集热器上的太阳辐照量的比值,故其计算式为^[3]

$$\eta = \frac{Q_U}{A_a I} = (\alpha\alpha)_e - \frac{U_L \cdot (T_P - T_a)}{I} = F_R \cdot [(\alpha\alpha)_e - U_L \cdot \frac{t_i - T_a}{I}] \quad (7)$$

其中

$$F_R = \frac{q_m \cdot C_p}{A_a \cdot U_L} \cdot (1 - e^{-\frac{A_a \cdot U_L \cdot F'}{q_m \cdot C_p}}) \quad (8)$$

$$F' = \frac{1}{U_L} / \left\{ W \cdot \left[\frac{1}{U_L [D + (W - D) \cdot F]} + \frac{1}{C_b} + \frac{1}{\pi \cdot D_i \cdot h_{f,i}} \right] \right\} \quad (9)$$

$$F = \frac{\tanh\left(m \cdot \frac{W - D}{2}\right)}{m \cdot \frac{W - D}{2}}, m = \sqrt{\frac{U_L}{\lambda \cdot \delta}}$$

$$C_b = \frac{\lambda_b \cdot b}{r} \quad (10)$$

$$h_{f,i} = (1430 + 23.3t_f - 0.048t_f^2) \cdot \omega_{water}^{0.8} \cdot D_i^{-0.2}, \quad t_f = \frac{t_i + t_o}{2} \quad (11)$$

$$W_{water} = \frac{q_m}{\frac{\pi \cdot D_i^2}{4} \times \rho_w \times \text{int}\left(\frac{L}{W}\right)} \quad (12)$$

$$T_P = t_i + \frac{Q_U}{A_a \cdot F_R \cdot U_L} \cdot (1 - F_R)$$

其中, F_R 为集热器热转移因子; F 为翅片效率; $h_{f,i}$ 为上升管内流体和管壁间的对流换热系数; W_{water} 为上升管水流速(m/s); t_f 为平均水温($^{\circ}C$); t_i 为入口水温($^{\circ}C$); t_o 为出口水温($^{\circ}C$).

4 平板集热器的模拟分析

关于太阳能集热器传热过程中的数值分析方法有多种,但其基本思想是一致的,都是把原物理模型空间坐标和时间坐标连续的物理场用有限个离散化的时空节点值近似代替,建立每一个节点的代数方程组,通过给定初值条件和边界条件对所建立的方程组求解,最后求出所述问题的近似解^[4].

对平板型集热器的热平衡方程进行离散化,并在 Matlab 中编制相应程序,通过数值计算就可以得出数学模型中每一部分的平均温度和瞬时热效率.模拟分析时,以循环迭代的方式确定吸热板温度 T_P ,各部分的物性参数见表 1^[5].

表 1 物性参数列表

名称	参数
透明盖板层数 N	1
环境温度 T_a	10 $^{\circ}C$
集热器长度	2.3 m
太阳辐射强度 I	792 W/m^2
集热器宽度	0.86 m
环境风速 V	4 m/s
集热器厚度	0.08 m
工质质量流量 q_m	0.039 kg/s
集热器采光面积 A_a	1.9 m^2
工质的定压比热容 C_p	4178J / (kg · K)
集热器底部面积 A_b	1.97 m^2
进口温度	20 $^{\circ}C$
集热器侧面积 A_e	0.5 m^2
进口流速	0.1 m/s
翅片厚度 δ	0.34 mm

续表

名称	参数
排管内径 D_i	10 mm
翅片宽度	0.135 m
焊缝高度 r	0.3 mm
翅片导热系数 λ	398 W/(m·k)
结合处焊料导热系数 λ_b	398 W/(m·k)
涂层吸收比 α	0.9
盖板厚度 δ_c	4 mm
吸热板发射比 ϵ_p	0.1
盖板透过率 τ	0.89
透明盖板发射率 ϵ_g	0.89
隔热层导热系数 λ_2	0.043 W/(m·k)
黑体辐射常数 σ	5.67×10^{-8} W/(m ² ·k ⁴)
隔热层厚度 δ_2	0.025 m
排管中心距 W	90 mm
集热板与盖板间空气夹层厚度	30 mm
排管外径 D	12 mm
焊缝宽度 b	2.5 mm

4.1 环境风速对集热性能的影响分析

环境风速对集热性能的影响,由表 2 分析数据和图 1 图 2 曲线可以看出,环境风速一般在 10 m/s 以内,在太阳辐照度、环境温度一定的前提下,随风速的增大集热器的热量散失增加,热损系数增大,输出有用能减少,进而造成集热器的瞬时效率降低。

表 2 风速对集热性能的影响

V(m/s)	U_L (W/(m ² ·K))	Q_U (W)	η
1	4.2265	1418.8	0.7618
2	4.3578	1416.1	0.7604
3	4.4556	1414.1	0.7594
4	4.5338	1412.5	0.7586
5	4.5977	1411.2	0.758
6	4.6492	1410.1	0.7575
7	4.6891	1409.3	0.7571
8	4.7173	1408.8	0.7568
9	4.7339	1408.4	0.7566
10	4.7391	1408.3	0.7565

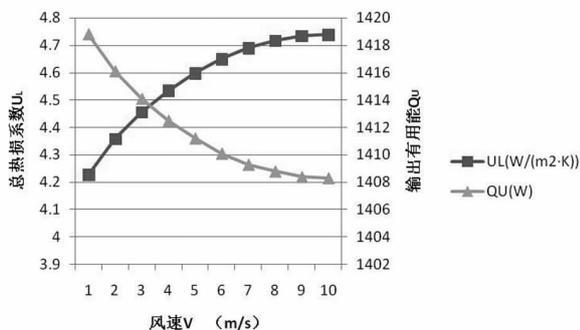


图 1 环境风速对热损系数、输出有用能的影响

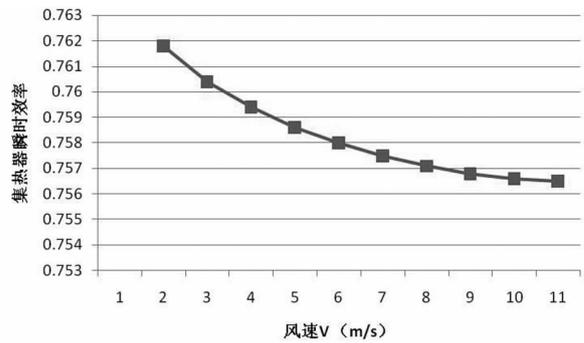


图 2 环境风速对瞬时效率的影响

4.2 太阳辐照度对集热性能的影响分析

太阳辐照度对平板型集热器的影响,由表 3 分析数据和图 3 曲线可以看出,环境风速与环境温度一定的前提下,随着太阳辐照度的增大集热器获得的热量增加,进而输出有用能 Q_U 也增大,瞬时效率 η 则呈下降趋势,辐照度对集热器输出有用能 Q_U 的影响较大,对瞬时效率 η 的影响较小。根据瞬时效率的原理公式

$$\eta = \frac{A \cdot I \cdot (\tau\alpha)_e - A \cdot U_L \cdot (t_p - T_a)}{A \cdot I}$$

不难看出,辐照度增大引起分子的增大量小于分母的增大量,因此在其他参数一定的条件下,瞬时效率随辐照度的增加反而降低。由此可以看出,衡量集热器热性能的优劣不能仅仅依赖于瞬时效率的高低,需要综合评价。

表 3 太阳辐照度对集热性能的影响测试数据

I(W/m ²)	Q_U (W)	η
300	364.108	0.766
400	517.683	0.763
500	671.257	0.761
600	824.831	0.759
700	978.41	0.758
800	1132	0.757
900	1285.6	0.757
1000	1439.1	0.7565

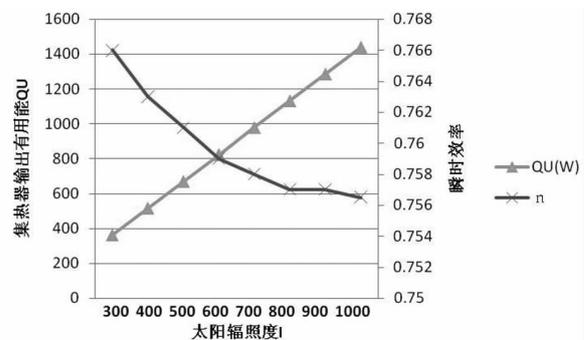


图 3 太阳辐照度对平板型集热器影响

4.3 环境温度对集热性能的影响分析

环境温度对平板型集热器的影响,设定环境温度范围 $5^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$,对应开氏温度范围 $278\sim 313\text{ K}$.由表 4 分析数据和图 4、图 5 曲线可以看出,在太阳辐照度与风速一定的前提下,环境温度的变化主要影响集热器的热量损失,随着环境温度的升高,集热器与环境的温差减小,热量损失减少,集热器输出的有用热能增加,进而瞬时效率 η 升高.

表 4 环境温度对集热性能的影响

$T_a(\text{K})$	$U_L(\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}))$	$Q_U(\text{W})$	η
278	4.9313	978.04	0.6641
283	4.8198	1029.5	0.6951
288	4.6834	1079.6	0.7253
293	4.5068	1128.1	0.7546
298	4.2523	1174.1	0.7823
303	3.7466	1216.2	0.8074
308	3.5	1250.3	0.8283
313	3.8136	1288.4	0.8527

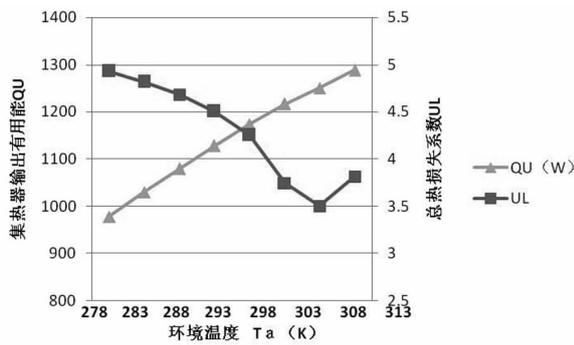


图 4 环境温度对输出有用能、总热损系数的影响

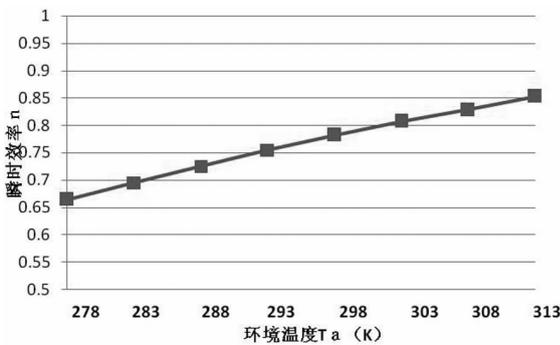


图 5 环境温度对瞬时效率的影响

5 结论

研究表明,环境温度与太阳辐照度对太阳能集热器热性能的影响较大,环境风速的影响较小.太阳辐照度的增加可以使集热器出口平均温度升高,输出有用能增大;环境温度的变化主要影响集热器的热量损失,环境温度升高使得热量损失减小,从而提高集热器的瞬时效率;空气风速主要影响集热器的热量损失,在一定范围内,风速越大,热量损失越大,从而导致效率降低.因此,较强的太阳辐照度或较高的环境温度或较小的风速,可以提高集热器的热效率.

该研究对于太阳能平板集热器的优化设计、参数匹配等方面提供理论支撑,对于集热器的安装、使用与维护具有指导意义,有利于推动节约型社会的建设与发展,对进一步拓宽太阳能集热器热性能研究领域具有重要推动意义.

参考文献:

- [1] 罗运俊,何梓年,王长贵,等. 太阳能利用技术[M]. 北京:化学工业出版社,2011:35-55.
- [2] 卢郁. 平板太阳能集热器热性能数学建模及模拟[J]. 济南大学学报,2013,27(3): 293-297.
- [3] 高腾. 平板太阳能集热器的传热分析[D]. 天津:天津大学机械工程学院,2011.
- [4] 杨世铭,陶文铨. 传热学[M]. 北京:高等教育出版社,2006:42-45,163-179.
- [5] 王瑞平. 平板型太阳能集热器效率分析[J]. 西安科技学院学报,2002,22(3): 362-366.

(下转第 84 页)

远程控制系统的的设计

林 薇

(福州理工学院 工学院, 福州 350506)

摘 要: 本系统是一种基于手机/飞信客户端来实现对远程监控设备,如家庭门锁、家用电器、报警装置等进行智能控制或信息采集交流的设计.该设计以 GSM 网络作为远程指令传输平台,由 MCU 通过读取 TC35 模块接收到的短信指令来执行相应的控制处理.系统结构主要由 STC89C52 单片机、外围继电器电路、GSM 模块、LCD1602、手机终端等构成.通过合理设计系统方案,及其软件、硬件电路并加以调试仿真最终验证了该无线远程控制系统方案设计的可行性.

关键词: STC89C52; TC35; AT 指令; Proteus

中图分类号: TP211 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0074-03

目前,远程监控系统的实施主要通过有线电缆来实现,其在运行过程中存在的诸多不便及低下的效率限制了该技术推广使用.于是将 GSM 网络作为实施远程监控技术的数据传送和控制平台就成为了一个热门的研究方向.该技术也可用于实现对家庭门锁、家用电器、报警装置等进行无线远程智能控制.鉴于此本文提出了一种综合数据通信、无线网络、单片机等于一体的远程控制系统技术.

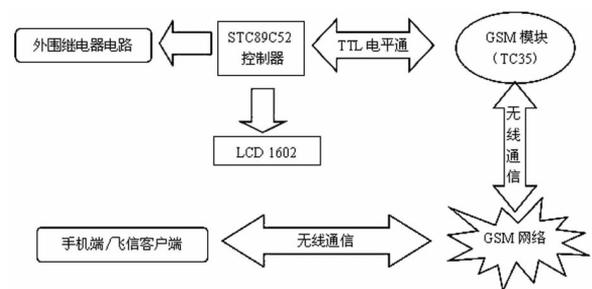


图 1 系统设计框图

1 系统方案设计

本系统使用 STC89C52 单片机来控制 GSM 无线模块 TC35 进行远程控制通信.用户可通过手机终端/飞信客户端发送 AT 指令.通过读取 TC35 接收到的短信内容来控制 8 路外部继电器电路,或将数据经由串口送往 TC35 模块来实现与移动终端交互的过程.终端显示选用 LCD1602 模块.系统设计框图如图 1 所示.

2 系统软件设计

系统首先通过串口发送握手信号及控制信号给 TC35,以建立系统通信关系.其中握手信号报文存储在一维数组中,C 语言^[1]代码如下:

```
uchar code AT[]="AT";//握手信号
```

```
uchar code ATE[]="ATE";//关回显  
uchar code AT_CNMI[]="AT+CNMI=2,  
1";//设置该组参数收到新信息直接显示到串口,不作存储  
uchar code AT_CSCA[]="AT+CSCA=+  
8613800591500";//设置短信服务中心号码,  
8613800591500 福州移动短信中心号码  
uchar code AT_CMGF[]="AT+CMGF=  
1";//设置短信为 txt 格式  
MCU 通过串口读取 TC35 接收的短信,并建立一维数组保存短信报文中的电话号码和控制指令.  
uchar AT_Read[12]; // 存储、发送、读取短信指令.  
uchar AT_SendNumber[30]; // 存储、发送短信号码指令.  
uchar idata SystemBuf[RxIn]; // 储存出口
```

收稿日期: 2017-10-23

基金项目: 福建省教育厅科技项目 (JA15600)

作者简介: 林薇(1984-),女,福建福州人,工程师,硕士,研究方向:通信网络.

接收数据.

```
uchar CommandBuf[20]; // 储存指令.
```

当 TC35 收到用户发来的控制短信自动将报文发往 MCU,并等待下一步数据处理.

MCU 向 TC35 发送控制命令时结尾都应加上回车换行符:

```
sendchar(0x0D); sendchar(0x0A);
```

系统先检测有无新短信.若有,TC35 通过串口给单片机发报文:

+CMTI: "SM",1 1 表示系统当前的短信数量.

标志位取 TI.当有 SystemBuf[5] == 0x54) &&.SystemBuf[6] == 0x49;则表示接收新短信,0x54,0x49 即为 unicode 码中“TI”.随后系统跳转至指令判断及相应的执行部分.

系统软件设计流程如图 2 所示.

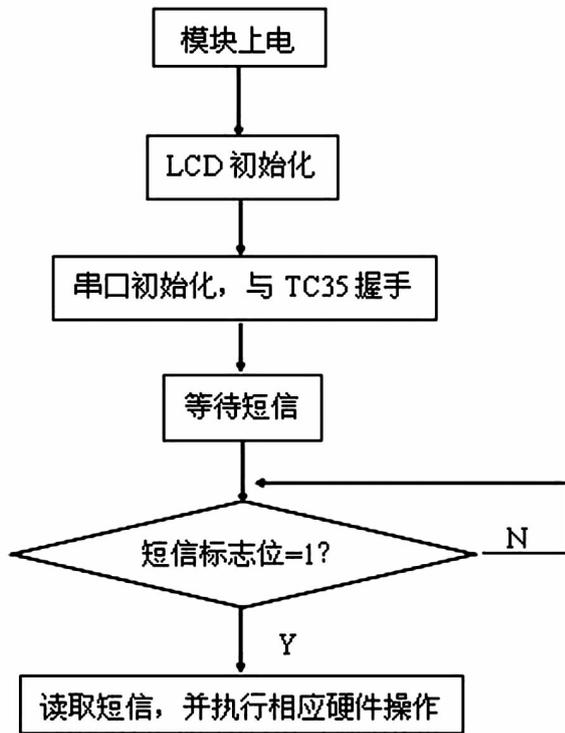


图 2 系统软件设计流程图

3 系统硬件设计

图 3 所示为无线模块 TC35 测试程序.

测试步骤如下

- 1) 先将 SIM 卡装入开发板,扣上 GSM 天线.
- 2) 将电路板^[2]板上串口通信跳线连接好.
- 3) 插上配套电源,按下板上的开机按键,时间大于 200 ms 即可.



图 3 TC35 测试程序

4)在 PC 使用 TC35Test. exe 测试程序.

5)先点击“打开端口”,再点击“TC35I 初始化”.

6)下图 4 所示,为串口调试助手监测单片机串口发出的 AT 指令.



图 4 单片机初始化 TC35 的各条指令

7)使用电话拨号板上 SIM 卡的号码,若电话能打通,则表示模块正常工作,测试完毕.

4 Proteus 串口测试

由于 Proteus^[3]元件库没有 TC35 模块,本次采用虚拟终端监视 MCU 串口通信端的数据,虚拟终端显示的是 89c52 单片机向 TC35 模块发送的数据.由于没有收到 TC35 模块返回的“OK”,因此根据程序^[4]中的 LOOP 循环单片机将不断向 TC35 模块发送握手信号.如图 5、图 6 所示.

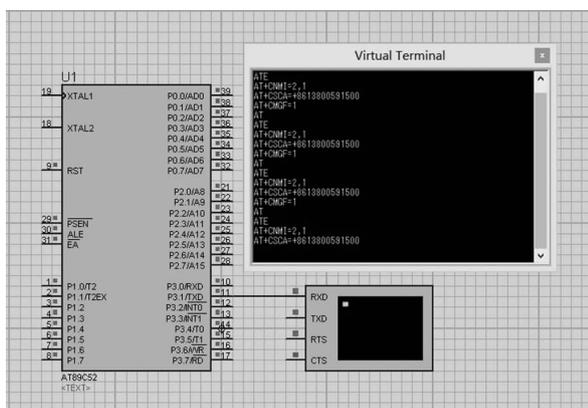


图 5 Proteus 仿真图

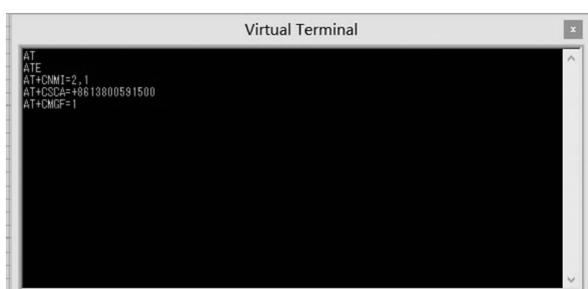


图 6 Proteus 仿真图

如果用 12 MHz 晶振,则波特率存在偏差,9600 波特率时误差达到约 7.8%。所以强行用 12 MHz 晶振产生 9600 波特率则会产生通信乱码,这将导致 MCU 和 TC35 之间无法正常通信。然而 2400 波特

率时的误差仅为 0.16%,未能产生乱码。此时将定时器的 TH1 和 TL1 设为 F3 即可产生 2400 波特率,经过实物调试验证此方法具备可行性。

5 总结

提出了一种如何利用 GSM^[5] 模块结合手机终端和单片机,将数据采集和短消息指令结合起来实现远端单片机数据采集、通信、发送控制命令等相关技术。经调试和仿真证实了该方案的可行性。该方案可为远程数据传输和远程状态监测等应用提供一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 严桂兰. C 语言程序设计与应用教程[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2016: 36—50.
- [2] 姚鹏, 陈明. Protel 99SE 原理图与 PCB 设计教程[M]. 北京: 机械出版社, 2015: 32—37.
- [3] 李美菊. 基于单片机的直流电机变速控制系统设计[J]. 电子技术与软件工程, 2015(12): 260—263.
- [4] 韩斌杰, 杜新颜, 张建斌. GSM 原理及其网络优化(第 2 版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015: 72—78.
- [5] 周润景. PROTEUS 电路及单片机系统设计与仿真[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2016: 68—80.

Design of Remote Control System

LIN Wei

(Fuzhou Institute of Technology, Engineering College, Fuzhou 350506, China)

Abstract: Through mobile phone/Fetion client, the system is a design that can intelligently control or collect and communicate information about remote monitor equipment, such as family door locks, home appliances, alarm device. Being the GSM network as a remote command transmission platform, through MCU reading message instruction that the TC35 module receives. The design implements the corresponding control processing. The system structure is mainly composed of STC89C52 microcontroller, peripheral relay circuit, GSM module, LCD1602, mobile terminal and so on. The wireless remote control system design is proved be feasibility through the reasonable design of the system program, and its software, hardware circuit and debugging simulation.

Key words: STC89C52; TC35; AT Instructions; Proteus

山东省金融产业集聚与产业经济增长关系研究

吕晨曦

(兰州财经大学, 兰州 730000)

摘要: 金融是现代经济增长的重要环节,金融产业集聚也已成为现代金融产业组织的基本表现形式,因此本文采用 2006—2015 年山东省 17 个市金融产业的相关面板数据,在对山东省金融业发展现状分析的基础上,运用区位熵、Moran'I 指数以及空间杜宾模型对山东省金融产业集聚程度、金融产业集聚的空间相关性以及金融集聚与产业经济增长间的关系进行研究,其结果表明山东省金融业存在明显的产业集聚现象,在济南都市圈、青岛都市圈所在地区表现的尤为明显,同时山东省各市金融集聚存在一定程度的空间相关性,并且金融集聚及其集聚的空间溢出效应都能够促进第三产业的发展。

关键词: 金融产业集聚; 产业经济增长; 区位熵; Moran'I 指数

中图分类号: F832.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0077-08

1 引言

金融是现代经济增长的重要环节,金融业的发展对于经济的增长和社会的发展都具有重要的推动作用,随着全球化、信息技术的发展和金融资本的流动,金融全球化已成为不可逆转的发展趋势,金融全球化使一些金融机构和资源在某些地区集中,形成了某种程度的金融集聚,进而慢慢的形成重要的区域金融中心,20 世纪 80 年代就形成了纽约、伦敦和东京三大国际金融集聚区,一些新兴的国家和地区也出现了金融集聚现象,如 20 世纪 90 年代的新加坡、北京的金融街和上海浦东等都成为金融机构的集聚地,金融产业集聚已成为现代金融产业组织的基本表现形式。

随着金融体制的改革和资本市场的不断深化,我国金融业的发展速度和规模也在不断增强,但是各区域之间金融发展不平衡、不协调的问题仍然存在,近几年,山东省金融业正处于重要的战略机遇期,为了促进金融业的发展,同时带动其它相关产业和整体经济社会的发展,政府相继出台了一系列金融政策,2013 年 8 月提出了《关于加快全省金融改革发展的若干意见》,明确山东省未来 5 年的金融改革发展目标,成为金融改革发展的纲领性文件,2016

年 12 月又出台了《山东省金融业发展第十三个五年规划纲要》,纲要确定了未来五年山东金融业发展的目标任务,明确强调要加快建设济南、青岛金融中心,增强其辐射带动能力,促进金融一体化发展,金融业在山东省整体经济发展中的地位逐年攀升,但是就目前的发展水平而言,山东省金融业存在整体发展水平不高、服务实体经济能力不强、发展不平衡、不协调和对外开放水平程度不高等一系列问题,其产业地位及产业作用未能体现和发挥.因此本文首先对山东省金融产业的集聚程度进行分析,然后运用一定的空间统计方法来研究山东省金融业的发展现状及各地金融业集聚态势,最后分析金融集聚与第三产业经济增长的关系,一方面探明省内金融业发展较快的地区,对相关政策实施效果进行检验,另一方面分析金融业在地方产业经济发展中发挥的作用,以对地方金融业发展政策的提出做出理论指导。

在西方国家,早期也有一部分学者对金融产业集聚进行了研究,Powel(1915)在著作《货币市场的演进》中最早探索了金融产业集聚现象,关注金融业的空问变化过程. Goldsmish(1969)基于 35 个国家的金融发展和经济增长的相关面板数据,通过相关研究后得出了金融发展和经济增长之间存在正相关性.国内学者研究金融业集聚这一领域比较晚,但是

收稿日期: 2017-12-12

作者简介: 吕晨曦(1994-),女,山东莱芜人,在读硕士研究生,研究方向:数理经济统计分析.

也有许多理论研究和实证研究取得了不少的进步,值得深究.张帆(2016)基于金融资源和金融规模两个视角,分析了 2001—2013 年中国主要区域金融产业集聚变化情况及其时空演变特征集聚变化情况^[3].张志元等(2009)基于空间维度的相关性和异质性两个视角,通过构建空间计量模型,分析了影响金融产业集聚的因素有经济发展水平、工业化程度、人力资本水平和技术创新^[4].纪玉俊等(2015)基于我国 225 个地级市相关的面板数据,利用空间滞后模型分析了我国金融产业集聚和区域经济增长之间的关系,得到了我国金融产业集聚对区域经济有正向的空间溢出作用^[5].周海鹏等(2016)基于 2005—2013 年 30 个省市的相关面板数据,分别构建金融产业集聚度、经济增长规模指数和经济增长质量指数,通过空间计量模型来研究金融产业集聚对区域经济增长规模和区域经济增长质量的影响^[6].豆晓利(2013)从银行、证券和保险三个方面入手,并且加入人力资本、政府行为和对外开放等因素,运用了空间计量模型分析 2003—2010 年金融集聚对区域经济增长的空间溢出作用^[7].刘瑞波等(2014)基于山东半岛蓝色经济区的相关数据,通过单位根、协整检验和格兰杰因果关系检验得出了金融集聚和经济增长之间存在长期稳定的均衡关系,并且金融集聚在一定程度上会促进经济的发展^[8].鲁文彬等(2011)利用因子分析方法测算 2001—2010 年武汉都市圈金融产业集聚指数,并通过空间计量模型来研究武汉都市圈金融产业集聚与经济增长之间的关系,得出了金融产业集聚促进了经济的增长^[9].目前,国内的许多研究都是采用省级面板数据来研究金融集聚的空间溢出效应,范围比较大,一些研究即使采用了空间面板数据,但是在对空间权重矩阵的设置上采用地理邻接关系的 0—1 矩阵,这个比较简单,而忽视了其它空间权重矩阵方法,这就会导致金融集聚的空间溢出效应存在误差.并且绝大多数的研究集中在金融集聚对经济增长的空间溢出作用,而少有对金融集聚对产业经济增长的空间溢出作用进行研究.因此,本文以山东省各地市为研究对象,从金融产业集聚出发,采用经济地理矩阵的空间权重矩阵,运用空间杜宾模型来探讨山东省金融集聚对产业经济增长的影响.据此,本文第二部分研究山东省近十年金融发展现状,并计算山东省各个市近十年来金融集聚程度,以求在宏观上对山东省金融发展现状及发展态势做一了解;第三部分在第二部分金融

产业集聚度测算的基础上运用 Moran's I 指数来确定山东金融集聚是否存在空间相关性,并通过金融集聚 Moran's I 的散点图,判断山东各个市金融集聚地理空间相关模式;第四部分为运用一定的空间计量经济模型,选取相关指标,探讨山东省金融集聚与产业经济增长之间的关系;第五部分是相应的结论和建议.

2 山东省金融发展现状及金融产业集聚度分析

2.1 山东省金融产业发展现状

近几年,随着山东省金融业发展规划纲要及一系列相关政策的提出和实施,山东省金融产业得到了快速发展,2015 年山东省年末金融机构本外币存贷款余额总共为 135858.8 亿元,比年初增加了 12318.1 亿元,金融业增加值占 GDP 生产总值的比重也达到了 5%,金融产业发展非常迅速,已成为促进山东经济发展的重要产业.如图 2 所示,用山东省金融机构存贷款余额来代表山东省金融产业的发展状况,近 10 年来,山东省金融机构存款余额呈现一个不断增长的趋势,这也从侧面反映出山东省金融产业良好的发展势头.为了更具体的描述山东省 17 个地市的金融产业发展状况,继续从山东省金融业的区域分布来分析,如表 1 所示,不难看出,近 10 年来济南市和青岛市金融机构存贷款余额占全省都是最高的,且近几年呈现一个逐渐增长的趋势,这与当地的经济水平密不可分,济南和青岛作为山东省经济发展水平较高的两个城市,并且近几年来,山东省出台了《山东半岛城市群发展规划》,其中也提出了加快济南和青岛都市圈的建设,促进区域金融中心的建设,增强它们的辐射带动力,带动相邻城市金融的发展,使得各市金融一体化发展,除了济南和青岛,枣庄、东营、潍坊、济宁、泰安和威海的金融发展状况也是逐年上升的,这与政府实施政策、引导金融产业的发展密不可分.

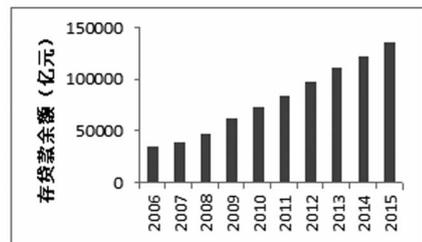


图 1 2006—2015 年山东省金融机构存贷款余额(亿元)

表1 2006—2015年17个地市本外币存贷款余额占比(%)

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
济南市	18.4	19.7	19.3	20.3	19.8	19.5	19	18.2	14.5	19
青岛市	14.4	18.7	18.9	19	19.3	19.5	18.9	19	15.3	18.4
淄博市	22.6	5.9	5.8	5.7	5.6	5.5	5.3	5.2	3.6	4.8
枣庄市	1.6	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1	2	1.5	1.9
东营市	2.5	3.7	3.9	3.6	3.7	3.8	4.3	4.5	3.8	5
烟台市	7.5	9.3	9	9.1	9.1	9	9.1	9	6.2	8.5
潍坊市	5.7	7.2	7.5	7.8	8	8.4	8.2	8.2	6.5	8.2
济宁市	4	4.8	4.9	4.9	4.9	5	5.2	5.3	3.7	4.8
泰安市	2.9	3.4	3.3	3.2	3.1	3.1	3.2	3.3	2.3	3.3
威海市	3.3	4.3	4.1	3.8	3.8	3.6	3.5	3.6	2.5	3.4
日照市	2	2.7	2.5	2.7	2.7	2.7	2.8	3	5.5	3
莱芜市	1.4	1.7	1.7	1.6	1.4	1.3	1.3	1.2	2	1.1
临沂市	4.2	5.3	5.2	4.9	4.9	5.1	5.3	5.6	10.5	6
德州市	2.8	3.3	3.3	3	3	2.9	2.8	2.9	5.2	3
聊城市	2.5	2.6	3	3	2.9	2.9	3	3	5.7	3.3
滨州市	2.2	2.8	2.8	2.8	2.9	3.1	3.3	3.3	5.8	3.3
菏泽市	2.1	2.5	2.5	2.5	2.7	2.6	2.7	2.8	5.3	3.1

2.2 山东省金融产业集聚度分析

衡量一个地区产业集聚程度的方法有很多种,有区位熵法、空间基尼系数、赫芬达尔指数和EG指数法等,本文在方法选择上考虑到市级数据可获取性以及区位熵能够充分的比较区域生产水平和整体水平的优点,选取区位熵这一变量来反映金融产业的集聚程度.其具体计算公式如下

$$LQ = (a_i/a) / (B_i/B) \quad (1)$$

其中LQ是山东省各市金融产业区位熵, a_i 是山东省各市金融机构存贷款余额, a 是山东省各市的GDP, B_i 是山东省金融机构存贷款余额, B 是山东省的GDP.区位熵的值越大,区域产业集聚程度越高,一般来说,当 $LQ > 1$ 时,区域的产业集聚程度优于整个区域;当 $LQ < 1$ 时,区域的产业集聚程度劣于整个区域;当 $LQ = 1$ 时,区域的产业集聚程度和整个区域大体相当.

表2 2006—2015年山东省各地市金融产业区位熵

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
济南市	2.24	2.00	2.00	2.05	1.98	1.99	1.96	1.91	1.85	1.94
青岛市	1.20	1.28	1.34	1.31	1.33	1.33	1.29	1.31	1.25	1.23
淄博市	3.66	0.79	0.79	0.78	0.77	0.75	0.74	0.76	0.73	0.72
枣庄市	0.58	0.61	0.63	0.63	0.63	0.61	0.62	0.60	0.57	0.57
东营市	0.46	0.58	0.60	0.59	0.61	0.64	0.71	0.76	0.83	0.90
烟台市	0.83	0.83	0.82	0.83	0.81	0.82	0.85	0.88	0.86	0.83
潍坊市	0.88	0.91	0.95	0.97	1.00	1.07	1.01	1.02	1.01	0.98
济宁市	0.73	0.72	0.74	0.73	0.75	0.78	0.81	0.83	0.80	0.74
泰安市	0.75	0.72	0.68	0.63	0.60	0.61	0.63	0.65	0.65	0.66
威海市	0.64	0.70	0.83	0.73	0.76	0.78	0.75	0.77	0.76	0.72
日照市	1.07	1.11	1.02	1.03	1.01	1.00	1.04	1.08	1.14	1.12
莱芜市	1.29	1.20	1.12	1.14	1.02	0.96	1.02	1.01	0.98	1.01
临沂市	0.81	0.82	0.85	0.80	0.80	0.83	0.87	0.92	0.98	1.00
德州市	0.74	0.73	0.79	0.68	0.70	0.66	0.63	0.65	0.67	0.68
聊城市	0.78	0.65	0.76	0.73	0.70	0.68	0.69	0.70	0.76	0.77
滨州市	0.71	0.70	0.72	0.71	0.73	0.76	0.82	0.83	0.84	0.88
菏泽市	1.03	0.96	0.93	0.88	0.86	0.76	0.76	0.76	0.80	0.81

注:相关计算数据来自于山东省统计年鉴及各市统计公报.

依据区位熵计算公式,对山东省各市区位熵进行测算,其结果如表 2 所示,不难看出,最近 10 年济南市、青岛市和日照市这 3 个市的金融产业区位熵始终大于 1,这说明这 3 个市的金融产业集聚水平优于整个山东省的金融业集聚水平,但是近几年来这几个市的金融集聚水平逐年下降,随着金融产业的发展,出现了产业向其它临近市扩散和转移的情况,而各年中济南和青岛的金融产业区位熵的值都最高,远高于其它地市,是因为济南和青岛作为山东省经济发展水平最高的两个城市,具有发展成为山东省区域金融中心的潜能,近几年山东省在《山东半岛城市群发展规划》中也提出要加快建设和提升济南、青岛都市圈发展水平,增强济南的辐射带动力,建设成为重要的区域经济重心和金融中心,泰安市、莱芜市、德州市、滨州和聊城市的区位熵逐年增加,金融集聚水平逐年上升,在很大程度上是由于这 5 个地区包含于济南都市圈,济南都市圈金融发展的辐射带动力使得其金融业发展水平逐步提升。

从区位熵计算结果还不难发现,山东省各市区位熵的空间分布也存在一定的规律,例 2015 年济南都市圈所包含的地区有相对较大的金融产业集聚度,但其具体分布和变动规律如何,有待于进一步分析讨论。

3 山东省金融产业集聚空间相关性分析

3.1 空间自相关

空间相关性是进行空间分析和空间建模的基础,现实生活中,几乎所有的空间数据都具有空间相关性,而 Moran's I 是探测和检验变量空间相关性最常用的统计量,因此本文采用 Moran's I 来研究山东省金融产业集聚的空间相关性分析,假设 Y_i 是区域 i 的空间变量, n 是区域单元个数, w_{ij} 是区域 i 的邻接单元 j 的空间权重矩阵元素,那么 Moran's I 统计量表示为

$$\text{Moran's I} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (Y_i - \bar{Y}) (Y_j - \bar{Y})}{s^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}}$$

其中, $s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$, $\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$, Moran's I 统计量的取值范围为 $[-1, 1]$, 小于 0 代表存在空间负相关, 大于 0 代表存在空间正相关, 等于 0 代表不存在空间相关性, 越接近 -1 表示单元之间的分布越不集中, 趋于分散分布, 越接近 1 表示单元

之间的分布越集中, 趋于空间集聚, 接近 0 表示单元之间不存在空间相关性。

计算 Moran's I 指数前, 首先需要构建各市的空间权重矩阵 W , 需要引入一个简单的经济距离矩阵, w_{ij} 的构造原则是

$$W_{ij} = \frac{1}{|Y_i - Y_j|}$$

其中, $Y_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T Y_{it}$ (区域 i 在 t 时期内 GDP 的平均值), $i \neq j$, 这样, 两地区经济发展水平越相似, 两个地区之间的空间依赖效应越大, 则权值越大。

表 3 山东省金融集聚 Moran's I 值

年份	Moran's 值	P 值
2006	-0.026	0.346
2007	0.033	0.173
2008	0.018	0.203
2009	0.054	0.113
2010	0.057	0.108
2011	0.076	0.075
2012	0.081	0.067
2013	0.092	0.06
2014	0.068	0.1
2015	0.045	0.133

由表 3 可知, 近 10 年来山东省金融业集聚的 Moran's I 值除了 2006 年小于 0, 存在空间负相关, 其余年份的 Moran's I 的值都大于 0, 所以存在正的空间自相关性, 金融发展的空间集聚在全局上表现出空间依赖特征, 2007 年至 2008 年 Moran's I 的值呈现一个短暂的下降趋势, 这与 2008 年全球金融危机的影响有关, 2008 年至 2013 年的 Moran's I 数值变化反映了山东省金融集聚的空间相关性呈现一个上升的趋势, 这与经济复苏之后, 各级政府大力积极扶持金融行业的发展, 鼓励金融产业的发展, 促进经济增长是密不可分的, 而近两年金融产业的空间自相关性在减弱, 这是金融出现扩散的结果, 金融市场发展的挤出效应、地区之间产业发展的相互竞争以及通讯技术的发展是导致该现象发生的主要原因。

3.2 局部空间相关性的分析

基于全局自相关的分析结果, 为了更好的研究局部的空间特征, 需要建立 Moran's I 散点图, Moran 散点图中分为 4 个象限, 第 1、3 象限代表观区域间存在正的空间相关性, 2、4 象限代表区域间存在负的空间相关性, 并且第 1 象限代表中心区域和

外围区域的值都较高(HH),第 2 象限代表中心区域值较低而外围区域值较高(LH),第 3 象限代表中心区域和外围区域的指标值都较低(LL),第 4 象限代表中心区域值较高外围区域值较低(HL),鉴于此,本文给出了 2006、2010 和 2015 年的山东省金融产业集聚的 Moran's I 散点图(见图 3—图 5).意在找出山东省金融产业局部空间特征的同时,分析其演化过程,认识和了解其金融产业的空间格局及其变动规律.

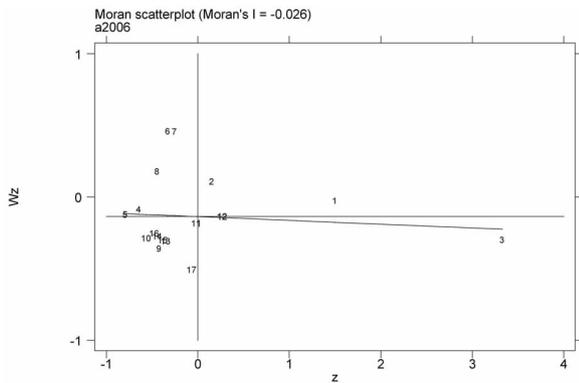


图 3 2006 年山东省金融业 Moran's I 散点图

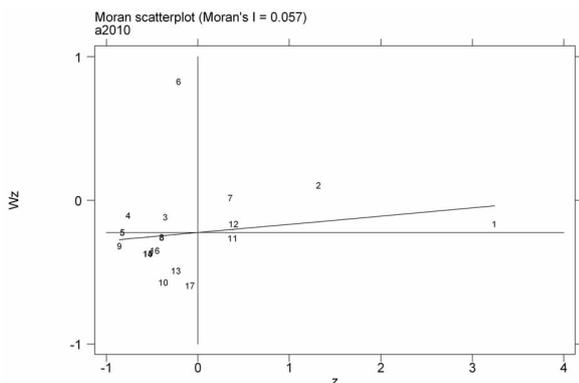


图 4 2010 年山东省金融业 Moran's I 散点图

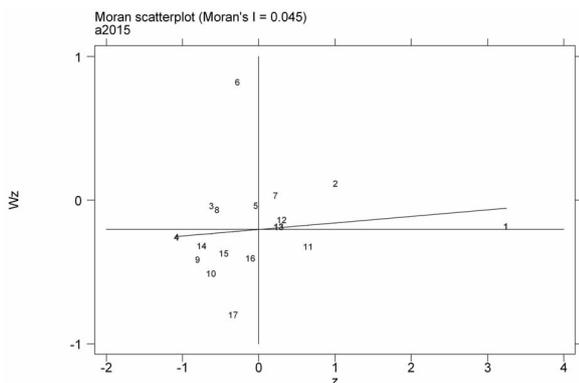


图 5 2015 年山东省金融业 Moran's I 散点图

从图 3 到图 5 的 Moran's I 的指数图可以看出山东省金融产业集聚存在一定的空间相关性,先来

看 2006 年山东省金融业的集聚趋势,图 3 显示,2006 年高一高(H-H)类型和低—低(L-L)类型区占 64.7%,居于主导地位,集聚在第 1 象限和第 3 象限,其中济南市、青岛市和莱芜市位于第 1 象限,说明这 3 个地区和相邻地区的金融产业集聚程度都很高,存在空间上的相互集聚,济南是山东省的省会,而青岛作为临海城市,具有优越的区位优势,是山东省对外贸易的窗口,因此经济发展水平和程度都是最高的,且都存在一些金融实体产业,比如济南的济钢和重汽等企业,莱芜的莱钢和泰钢,聊城市、滨州市和菏泽市等集聚在第 3 象限,呈现低—低集聚,因为这些地区与相邻地区的金融发展水平都较低,没有金融实体产业;2010 年山东省市级区域的 70.6% 显示出正的空间相关性,其中 33% 位于第 1 象限(H-H),37.6% 位于第 3 象限(L-L),比起 2006 年,正的空间相关性在增强,这与政府大力扶持金融产业,积极推动金融业的发展密切相关;与 2010 年一样,2015 年山东省市级区域的 70.6% 也显示出正的空间相关性,但是高一高(H-H)类型区占 42%,低—低(L-L)类型区占 28.6%,比起 2010 年,出现了一些幅度的变化,在高一高(H-H)类型区除了济南、青岛和莱芜 3 个市以外,增加了潍坊市和临沂市,说明这些地市和临边地市的金融业发展都比较好,金融外溢在很大程度上驱使了这一现象的发生,低—低(L-L)类型区出现了下降趋势,这与山东省金融业发展规划纲要的实施,以及政府积极扶持和实体产业的转型密切相关.

4 山东省金融业空间集聚与产业经济增长的实证研究

通过空间自相关分析,证明了山东省金融产业集聚具有显著的空间相关性,所以采用空间计量模型研究金融集聚和产业经济增长之间的关系.常见的空间计量模型主要是空间自回归模型(SAR)、空间误差模型(SEM)和空间杜宾模型(SDM),其中后者可以简化为前两个(Elhorst 2010),SDM 的具体形式为

$$\begin{cases} y_{it} = \tau y_{i,t-1} + \rho w'_{it} y_t + x'_{it} \delta + u_i + \gamma_i + \epsilon_{it} \\ \epsilon_{it} = \lambda m'_{it} \epsilon_t + v_{it} \end{cases}$$

当 $\lambda = 0$ 时,为 SDM 模型;当 $\lambda = 0$,且 $\delta = 0$ 时,为 SAR 模型;当 $\tau = 0$,且 $\delta = 0$ 时,则为 SAC 模型;当 $\tau = \rho = 0$ 时,且 $\delta = 0$,则为 SEM 模型.为了着重检验金融集聚对区域经济的溢出效应,本文采用空间 SDM 模型来引入空间变量,具体形式如下

$$\begin{aligned} \ln GDP_{it} = & \rho\omega * \ln GDP_{it} + \beta_1 \ln LQ_{it} + \beta_2 K_{it} + \\ & \beta_3 \ln L_{it} + \beta_4 OPEN_{it} + \beta_5 \ln FE_{it} + \\ & \delta_1 W * \ln LQ_{it} + \delta_2 W * K_{it} + \delta_3 W * \\ & \ln L_{it} + \delta_4 W * OPEN_{it} + \delta_5 W * \\ & \ln FE_{it} + \epsilon_{it} \end{aligned}$$

在上述模型中, i 表示地区, t 表示时间, GDP 作为因变量, 用第三产业的生产总值来衡量产业结构的发展, LQ 代表金融产业集聚度, 为了更好的研究影响产业经济发展的其它因素, 又引入了 4 个自变量, 其中 K 代表固定资产投资水平, 采用第三产业固定资产投资占总的固定资产投资比重来表示, L 代表的是就业水平, 采用第三产业就业人数来表示, OPEN 是对外开放水平, 用出口额占进出口总额来表示, FE 是政府政策, 用政府公共财政预算支出来表示. 为了使数据更平稳, 消除异方差性, 本文将所有的变量全部取对数, 然后进行模型的估计.

采用山东省 2006—2015 年 17 个市的均衡面板数据进行分析, 结果如表 4.

表 4 山东省产业结构影响因素空间杜宾模型估计结果

变量	系数	P 值	变量	系数	P 值
lnLQ	0.0332158	0.058	$W * \ln LQ$	0.0892117	0.119
K	0.0758782	0.05	$W * K$	0.2936447	0.005
lnL	0.0684751	0.003	$W * \ln L$	-0.4256677	0.149
OPEN	0.1857333	0.000	$W * OPEN$	0.1763745	0.028
lnFE	5.419173	0.000	$W * \ln FE$	-3.066692	0.000
C	-2.308208	0.000	P	0.6176698	0.000
lgt_theta	-1.569288	0.000			
sigma2_e	0.0009322	0.000			

从空间杜宾模型的估计结果可以看出, 选取的 5 个经济指标对山东省第三产业的发展都有显著的影响作用. 其中金融产业的集聚对第三产业的发展影响为正, 在其它因素不变的情况下金融集聚度每增加 1%, 第三产业的 GDP 增加 0.033, 表明山东省金融产业的集聚会促进第三产业的发展, 这与山东省本身的产业协调度有关, 近几年来山东省为了促进金融产业的发展, 出台了一系列的政策措施, 鼓励金融改革来促进经济结构转型和产业升级, 从而使得金融产业的发展势头良好, 而金融产业又是第三产业中最重要的产业. 资本和劳动是影响产业发展最重要的因素, 模型估计结果显示, 第三产业固定资产占比每增加一个单位, 第三产业 GDP 将增加 0.076, 第三产业就业人数每增加 1%, 第三产业 GDP 就增加 0.068. 对外开放程度和政府财政支出也是影响山东省经济发展主要的因素, 出口额占进

出口总额的比重每增加一个单位, 第三产业 GDP 的速度将增加 0.186, 政府的财政支出每增加 1%, 第三产业 GDP 的速度将增加 5.419. 往往一个地区的对外开放程度越高, 这个地区的经济发展水平越高, 因为随着经济全球化的发展, 世界越来越成为一个整体, 因此发挥沿海城市交通便利的区位优势, 不断的开展与其它地区的贸易交流就显得尤其重要, 实施引进来和走出去战略, 在充分利用外资规模的过程中, 不断地引进先进的技术、资源和资金, 可以提高利用外资的质量和水平, 促进产业结构优化升级, 从而可以促进经济的增长. 政府的宏观调控措施对整个区域的协调发展起全局性作用, 优化财政支出结构的根本目的是促进经济的增长, 良好的财政支出结构能够直接改善收入, 促进经济的发展, 进而促进产业的调整与发展. 如 2008 年的全球金融危机, 全国乃至各个省份的经济发展都受到了不同程度的影响, 这个时候, 政府加大财政对经济和民生的支出, 优化了产业结构, 促进了经济的增长, 从而促进产业的不断发展与升级.

从空间影响的角度进行分析, 系数 ρ 的估计值为 0.618 且统计意义显著, 说明了周边地区产业的发展对该地区产业的发展具有积极影响. 金融产业集聚度并未形成空间溢出效应, 这可能与近几年来山东省只注重金融产业集聚的快速发展, 而不注重产业的协调与均衡发展, 与现代实体经济相脱离, 出现了一些矛盾和问题, 区域金融发展不均衡. 人力资本也没有形成空间溢出效应, 这可能与人力资本结构与产业结构不符而致, 人力资本结构不适应产业结构的优化配置. 固定资产投资和对外开放水平具有较强的空间溢出效应, 政府的公共财政支出表现为负的空间效应, 大量的政府支出并不能带来经济的发展, 主要是财政支出的结构不合理和不均衡, 偏重于某些产业, 造成产业结构的扭曲, 比如一些经济建设费用支出往往集中于快速“制造”GDP 或服务于 GDP 增长的低门槛、低技术水平的产业, 这显然不能促进产业的经济的发展.

5 结论与建议

本文通过选取 2006—2015 年山东省各个市的金融产业和第三产业的相关的数据, 在基于分析山东省金融产业集聚水平的基础上, 运用 Moran's I 指数, 分析了山东省各个市金融集聚的空间相关性, 并刻画 2006、2010 和 2015 年山东省金融集聚的 Moran's I 的散点图, 最后通过空间动宾模型研究

金融集聚与产业经济增长之间的关系。结果表明:第一,近10年来,山东省各个市的金融集聚水平不均衡,有的地市金融集聚水平较高,如:济南和青岛,像东营市、潍坊市、济宁市、日照市、临沂市和滨州市的金融集聚水平逐年上升,但淄博市、泰安市、莱芜市和菏泽市的金融集聚水平逐年下降。第二,运用 Moran's I 指数分析各个市的金融集聚存在正的空间自相关性,金融发展的空间集聚在全局上表现出空间依赖特征,且这种空间自相关性呈现出逐年增长又减弱的趋势。通过刻画2006、2010和2015年山东省金融集聚 Moran's I 的散点图,得到各个市与相邻市的金融集聚度变化情况以及它们之间的空间相关性,结果表明正的空间相关性在增强,这与政府大力扶持金融产业,积极促进产业发展有关。第三,通过空间杜宾模型,金融集聚度、产业固定资产投资占比、产业就业人数、对外开放度和政府公共财政预算支出对山东省产业的发展都有正的影响作用,并且对外开放度和政府公共财政政策的影响作用最为显著。从空间角度可以得出,金融集聚度和人力资本没有形成空间溢出效应,而政府公共财政预算支出表现为负的空间溢出效应。

基于以上分析结果,对山东省而言,金融集聚对于产业结构的升级与发展具有明显的空间溢出效应,为了优化区域金融结构,促进产业结构升级,积极发挥金融集聚对产业升级的促进作用,现提出以下几点建议:第一,将金融产业与实体经济相结合,构建金融产业与实体经济协调发展机制。金融产业发展的重点就是服务实体经济,引导金融资源投向实体经济,将两者有效的结合,不断创新金融产品与服务,畅通金融支持实体经济的渠道和途径,增强金融业对实体经济的服务支撑能力,促进相关产业的发展。第二,优化金融资源结构布局,加快区域金融中心建设。济南和青岛作为山东省经济发展水平最高的两个市,也是重要的金融中心,因此要深入推进济南市和青岛市区域性产业金融中心战略部署,加快形成金融业集聚发展优势,引导金融资源流向县域区域,增强县域的金融发展水平和服务能力,构建多层次的金融市场,从而促进全省金融资源结构的合理布局,使金融与特定的产业相适应发展,解决全市产业总体实力偏弱的现状。第三,加大金融发展的环境建设。一方面政府要加大对金融业发展的政策

支持,推进社会信用体系建设,做好人才引进工作,强化人力资本的积累与投入,使得人才流与产业发展相协调,另一方面,为了有效的促进金融产业来促进经济发展,需要加大对外水平,积极推动境外金融机构进驻我省,鼓励和引导我省金融机构“走出去”,当某一区域金融发展水平较低时,加大政府的财政支出,鼓励发展金融产业,使得各个区域金融产业均衡发展,促进全省产业结构升级与改造。第四,推进区域性产业金融中心的加快建设。突出“双核”,加快建设济南、青岛金融中心,济南和青岛具有独特的区位优势,交通信息便利,在产业的转移、合理分配生产要素、辐射带动力、提高总体实力等方面具有显著优势,并且金融组织体系较为完善,因此,加快建设济南、青岛都市圈,增强它们的辐射带动能力,带动周边区域的金融发展水平,从而促进产业的协调与快速发展。

参考文献:

- [1] Powell E T. The Evolution of the Money Market 1385—1915: An Historical and Analytical Study of the Rise [M]. Frank Cass, 1915.
- [2] Goldsmith R W. Financial structure and development [M]. New Haven: Yale University Press, 1969.
- [3] 张帆. 中国金融产业集聚效应及其时空演变[J]. 科研管理, 2016(37): 417—425.
- [4] 张志元, 季伟杰. 中国省域金融产业集聚影响因素的空间计量分析[J]. 广东金融学院学报, 2009, 24(1): 107—117.
- [5] 纪玉俊, 李超. 我国金融产业集聚与地区经济增长—基于225个城市面板数据的空间计量检验[J]. 产业经济评论, 2015(6): 35—46.
- [6] 周海鹏, 李媛媛, 李瑞晶. 金融产业集聚对区域经济增长的空间效应研究[J]. 天津财经大学学报, 2016(2): 63—76.
- [7] 豆晓利. 基于空间模型的中国金融集聚对区域经济增长的溢出作用分析[J]. 区域经济评论, 2013(6): 113—120.
- [8] 刘瑞波, 张仁钊, 崔凤龙. 金融产业集聚与经济增长关系研究: 以蓝色经济区为例[J]. 经济研究, 2014, 35(10): 137—142.
- [9] 鲁文彬, 花俊. 武汉城市圈金融产业集聚与经济增长—基于2001—2010年数据的实证研究[J]. 海南金融, 2011(10): 33—63.

Research on the Relationship between Financial Industry Agglomeration and Industrial Economic Growth in Shandong

LV Chen—xi

(Lanzhou University of Finance and Economics, Lanzhou 73000, China)

Abstract: Finance is an important part of modern economic growth, and financial industry agglomeration has also been the basic form of modern financial industry organization. The paper uses the financial industry relevant panel data from 2006 to 2015 in 17 cities from Shandong province, based on the analysis of the current situation of the development of the financial industry in Shandong Province on the use of location entropy, Moran I index and spatial Durbin model gather in Shandong Province financial agglomeration, financial industry and financial agglomeration spatial correlation research the relationship between economic growth and industry, the results show that the financial industry in Shandong province has obvious industrial agglomeration phenomenon, in the Ji'nan metropolitan area, Qingdao metropolitan area is obvious, and the cities of Shandong Province financial agglomeration spatial correlation exists to a certain degree, and the financial agglomeration and spatial spillover effects of agglomeration can promote the development of third industry.

Key words: Financial industry agglomeration; industrial economic growth; location entropy; Moran I index; spatial bin model

(上接第 73 页)

Simulation Analysis on the Influence of Environmental Factors to the Thermal Performance of the Flat Plate Collector

CHEN Jie

(School of Mechanical and Electronic Engineering, Dezhou University, Dezhou Shandong 253023, China)

Abstract: According to the basic principles of thermal transmission, the energy balance equations and efficiency expression of flat plate solar collectors were established. The thermal performance was evaluated by means of Matlab programming for changing solar irradiation, ambient temperature and air velocity. The research shows that solar irradiation affect the collector heat gain mainly, ambient temperature and air velocity affect the heat loss mainly. With the increase of solar irradiation, the average temperature of the collector outlet rises and the useful output increases. With the increase of the ambient temperature, the heat loss of the collector decreases. This improves the instantaneous efficiency. On the contrary, with the increase of air velocity, the heat loss will be greater and the efficiency will be reduced. Therefore, with the stronger solar irradiation, higher ambient temperature or smaller air velocity, the thermal efficiency of the collector will be improved. The study has guiding significance for the use and maintenance of flat plate heat collector.

Key words: Flat plate solar collectors; Thermal property; Instantaneous efficiency; Numerical analysis

德州市物流业发展的 SWOT 分析及建议

臧 珊

(中共德州市委党校, 山东 德州 253000)

摘 要: 作为复合型服务产业, 物流业发达程度如何, 直接关系到经济整体运行效率和质量. 本文使用 SWOT 分析法分析德州市物流业发展过程中存在的优势、劣势、机遇、威胁, 找出德州市物流业发展中存在的有利因素和不利因素, 然后针对德州的市情, 从发展方向、枢纽地位、品牌特色、标准化以及产业转型方面提出加快发展物流业, 打造“物流德州”城市品牌的建议.

关键词: 德州市; SWOT 分析; “物流德州”

中图分类号: F259.27 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0085-05

1 引言

物流业是融合运输业、仓储业和信息业等多产业的复合型服务产业^[1], 是经济的重要组成部分, 涉及领域广, 吸纳就业多, 促进生产、拉动消费作用大, 已经成为经济新的增长点和综合竞争力的象征, 被誉为促进经济增长的“加速器”和“第三利润源泉”.

德州市是全国农业大市, 自古就有“神京门户、九达天衢”之称, 在发展物流业方面具有良好的经济基础和区位优势. 近几年, 德州市物流业有了较快发展. 但与发达地区相比, 还存在很大差距. 在全国深化供给侧结构性改革、加快新旧动能转换、促进京津冀协同发展的战略部署下, 研究如何发展德州市物流业, 对于提升经济质量、改善投资环境、增强城市综合竞争力具有十分重要的现实意义.

2 德州市物流业发展的 SWOT 分析

2.1 优势(strength)

1) 交通区位优势. 德州市北接京津, 南靠济南, 西接山西煤炭基地, 东连胜利油田, 是华东、华北两个经济区连接带, 有着‘北京一小时经济圈’的交通优势, 处于环渤海经济圈、济南省会城市群经济圈、黄河三角洲高效生态经济区三大经济区交汇处. 德州是全国交通运输主枢纽城市,^[2] 京沪、德石、济邯、德烟铁路以及京沪、青银两大高铁干线在此交汇,

“三纵三横”(以德商高速、京台高速、济乐高速构成“三纵”, 以滨德高速、青银高速、济聊高速构成“三横”)高速公路在此穿境而过, 距离济南遥墙机场、石家庄正定机场、天津机场只有一个小时, 具有建立陆海空立体式联运综合交通运输物流体系的基础条件.

2) 经济基础优势. 作为传统农业大市, 德州市拥有得天独厚的农业资源, 是全国粮食主产区、全国重要的粮棉果菜畜生产基地和农副产品加工基地. 装备制造、纺织、化工、农产品加工是德州四大传统优势产业, 对全市规模以上工业经济贡献率达 75%, 尤其是装备制造业, 2016 年在山东省同行业中的占比为 7% 以上, 产业竞争力不断增强. 2015 年以来, 德州市在打造京津冀产业承接基地和优质农产品供应基地的过程中, 越来越多德州产品走入了京津冀市场, 为物流业的发展提供了广阔的空间.

3) 发展环境优势. 一是政策环境优势: 2011 年, 《山东省现代物流业“十二五”发展规划》将德州定位于山东省七大省级物流节点城市和山东省六大物流区域核心城市, 为德州市物流业的发展提供了强有力的政策保障; 2015 年, 德州市委、市政府出台的《关于抓大扶强加快工业转型发展的意见》中提出打造现代物流体系,^[3] 为物流业的转型升级提供了良好的政策发展环境. 二是市场环境优势, 以德州市为圆心, 以 300 km 为半径的区域内, 涵括北京、天津两个直辖市、30 多个大中城市、2 亿多人口, 区域经济发展迅速, 为物流业的发展提供了良好的市场环境.

收稿日期: 2017-12-12

作者简介: 臧珊(1987-), 女, 山东齐河人, 讲师, 硕士, 研究方向: 政府治理、社会治理.

境。

2.2 劣势(weakness)

1)顶层设计有待完善。完善的顶层设计对物流业发展至关重要。与发达地区相比,德州市物流业发展的顶层设计有待进一步完善,主要体现在以下几个方面:一是规划的引领作用不强。规划缺乏前瞻性、系统性、系统性,成为制约德州市物流业长远发展的重要因素。二是缺乏组织协调机构。与临沂、济南等物流业发达地区相比,德州市缺乏更高层次的推进机制,造成物流业相关的政策规划执行力不强。三是配套性的支持政策有待完善。虽然国家、省、市三级都出台了相应的物流支持政策,但在减少物流车辆通行费用、扩大物流用地供给、降低企业税负成本等具体的实施细则方面缺乏可操作性的办法,物流发展的配套支持政策有待进一步完善。

2)基础设施相对滞后。基础设施是现代物流业迅速发展的前提。但德州市物流基础设施却相对滞后,主要体现在两个方面。

(1)专业性物流基础设施滞后。物流标准化程度低,现代化仓储设施不足,仓储条件无法满足现代物流特别是电子商务物流的新要求;多式联运转运的物流基础设施不足,造成德州市物流的中转成本过高;缺少布局合理、功能完善的物流园区体系,产业发展的集群效应难以发挥。

(2)交通运输基础设施相对滞后。高效、顺畅、便捷的综合交通运输网络不健全,比如,缺乏物流专用的航空站、高铁动车所,各个基础设施之间不衔接、不配套问题比较突出,使得德州市交通区位优势对于人流、物流、资金流的集聚能力不强,对产业的辐射作用有限。

3)市场秩序不规范。物流企业的“小散乱”问题,成为阻碍德州市物流业健康发展的一大瓶颈。从德州市物流业的发展来看,主要体现在以下三个方面。

(1)规模性的物流企业较少。截止到2017年11月,德州市规模以上物流企业仅为125家,仅占德州市物流企业总数量的11%,缺少龙头性的物流企业和物流集团,绝大多数企业规模偏小,使得先进技术推广、物流标准统一的难度加大,从整体上影响德州市物流业的转型升级步伐。

(2)服务专业化水平不高。在企业方面,截止到2017年上半年,德州市物流企业1100多家,其中A级物流企业只有5家,(4A级物流企业2家,3级物流企业2家,2A级物流企业1家)标准化、现代化的物流企业偏少,绝大多数企业市场价值不高,对德州市现代物流业发展的促进作用不大。在人员素质方

面,绝大多数缺乏专业性的知识背景,只能从事运输、保管、快递等业务操作,中高级物流人才比较缺乏,从业人员整体素质有待进一步提升。^[4]

(3)物流管理水平有待提高。从物流信息网络化水平来看,德州市虽有几家物流信息咨询公司,但无法实现与京津冀物流信息平台的互联互通,公共信息网络水平较低,信息孤岛、信息不对称问题突出,配送车辆的空载率较高,物流交易成本居高不下。从信用体系来看,德州市信用体系建设滞后,缺乏专业性的物流业信用平台,对企业和个人失信行为的惩戒力度有待加强,物流信息安全管理水平有待提高。从行业协会作用来看,德州市已有的行业协会组织比较松散,在代表和维护成员企业利益的基本服务和增值服务上相对比较薄弱,满足成员服务需求的能力有限。

2.3 机遇(opportunity)

1)物流产业地位的提升。2014年,国务院《物流业发展中长期规划(2014—2020)》出台,为完善服务体系,保障市场供给,提高物流社会化、专业化、标准化、信息化、组织化水平,促进产业结构调整和经济体质增效具有重要意义。

2)重大战略提升。2013年,山东省省会城市群经济圈和西部经济隆起带“一圈一带”战略的实施,为德州市加快完善物流基础设施网络提供了难得的契机。2015年京津冀协同发展规划明确了德州市“一区四基地”(京津冀南部重要生态功能区和京津冀产业承接、科技成果转化、优质农产品供应、劳动力输送基地)的定位,其中“京津冀优质农产品供应基地”的定位,为德州利用农业大市优势,发展农产品物流提供了难得机遇。

3)入选国家物流标准化试点城市。2016年,德州市入选国家物流标准化试点城市,获得中央财政试点扶持资金8000万元,为推进德州市物流标准化体系建设提供了新的机遇,为扩大德州市物流服务的辐射范围、实现与京津冀地区物流标准对接提供了新动力。

2.4 威胁(threat)

近年来,全国各地竞相发展物流基地和物流园区,各地在加快物流业发展方面形成了拼抢之势。如济南市就建立了三大物流园区、四大物流中心和七个物流站;临沂市统筹商贸业和物流业联动发展,推进临沂商城国际化;潍坊市努力构建和完善现代物流体系,推动物流业和品牌农业联动发展;河北省的沧州、保定等地以承接北京非首都功能疏解和产业转移为重点,加快建设大型物流园区和批发市场。竞

争日益激烈的形势对德州市发展物流业提出了挑战,同时也对克服周边城市的“虹吸效应”,发挥比较优势,打造“物流德州”的城市品牌提出了更高的要求。

3 德州市加快物流业发展的对策建议

加快发展物流业,对于深化供给侧结构性改革,推进新旧动能转换,加快融入京津冀协同发展具有巨大的促进作用。为此,德州应在发挥优势的基础上,针对问题,抓住机遇,迎接挑战,努力打造“物流德州”城市品牌。

3.1 强化顶层设计,明确“物流德州”发展方向

做好物流业发展的顶层设计工作,对于发挥德州的比较优势,明确德州物流业的功能定位,聚焦产业发展的重大问题,在全市形成物流业发展合力具有重要作用。为此,要从以下几个方面入手。

1)突出规划的引领作用。要围绕打造“物流德州”城市品牌的目标,加快编制《德州市物流业中长期发展规划(2018—2030)》,并将其与土地利用规划、城市总体规划以及其他产业发展规划相衔接,加快推进物流业结构调整与创新,把德州市打造成为立足京津冀鲁、面向全国、辐射一带一路沿线国家和地区的物流中心。

2)建立组织协调机构。成立全市物流业发展联席会议制度或物流办公室,由市政府主要同志担任总负责人,市发改委、经信委、商务局、交通局、工商局、地税局、国税局等部门领导为主要成员,定期研究物流业发展情况,协调解决物流业发展中的关键问题,强化物流规划的落实力度和刚性约束力,推动全市形成物流业发展的工作合力。

3)完善配套支持政策。从简化行政审批、扩大物流用地供给、降低企业税负成本等方面研究支持政策,出台可操作性的实施细则,加强与主要物流目的地的政策沟通,进一步优化物流业发展的政策环境。可借鉴株洲市经验,探索建立城市专业物流配送车辆的车牌专用号段制度,实现鲜活农产品配送车辆24小时进城通行和便利停靠。^[5]制定有利于缓解城市交通压力、有利于城市物流配送车辆市区通行及停靠的具体措施和运作机制,提高物流配送效率。

3.2 发挥交通区位优势,提升“物流德州”枢纽地位

长期以来,德州市以“过路经济”为主,交通区位优势对于物流业发展的促进作用有限。为此,应通过加强交通枢纽建设,增强德州的产业集聚和辐射功能,促进物流业的快速发展。

1)提高交通领域话语权。发挥德州市“南北借力、东西逢源”的地缘优势,积极争取上级规划政策,在德州市设立高铁动车所,通过加挂货运车厢,发展高铁货物运输,强化德州市的高速运输服务保障功能,进一步提高德州在全国交通运输主枢纽中的地位。

2)打造多式联运物流枢纽。增加公路物流配载线路,开拓高铁德州客运站的货运功能,加快推进与济南、天津、石家庄等机场以及青岛、天津等港口的无缝衔接,积极构建陆海空综合协作、快速便捷的立体交通网络。继续加强与东盟国家的产业合作,主动对接中欧国际货运班列,增加海铁联运的站点,拓宽与一带一路沿线国家的合作领域,力争将德州市打造成为面向国际的交通物流枢纽。

3.3 围绕京津冀“优质农产品供应基地”定位,打造“物流德州”品牌特色

京津冀协同发展规划将德州市定位为“优质农产品供应基地”,为德州实现兴市强农富民提供了广阔的空间。为此,应在充分发挥德州市农业资源优势的基础上,加快发展农产品物流,以规避周边地区的“虹吸效应”,打造“物流德州”的品牌特色。

1)加强农产品流通体系建设。发挥农业大市优势,完善农产品交易中心功能,促进农产品批发市场提档升级,加快在全市建设一批收储规模化、存储科学化、运营保鲜现代化的农产品产地集配中心,形成上联生产基地、下联零售终端、规范便利的农产品绿色流通体系;依托优质农产品展销会、优质农产品博览会等平台,支持农业生产经营主体宣传推介优质农产品,加快德州市农产品与京津冀鲁市场的产销衔接,提高农产品流通效率,有效解决“菜贱伤农、菜贵伤民”的难题,做强周边城市“放心农场”品牌。

2)完善生鲜产品冷链物流网络。发挥农副产品加工基地的优势,鼓励规模性的蔬菜生产基地建设适度的净菜加工、预冷、贮藏保鲜等初加工冷链设施,补齐农产品产地“最先一公里”短板;加快建设面向城市消费的低温加工处理中心和冷链配送设施,支持大型食品生产经营企业和连锁经营企业建设完善停靠装卸冷链设施,推广使用冷藏箱等便利化、标准化冷链运输单元,发展城市“最后一公里”低温配送。^[6]

3)打造粮食物流新模式。发挥产粮大市优势,积极推进粮食流通环节的基础项目建设及设施设备的提升,引进粮食仓储智能化技术,切实改善粮食仓储条件;争取更多京津冀等一线城市外阜储备粮在德州市的异地储备,增加德州市储备规模,完善德州市

基层收纳网点和布局建设,解决粮农售粮难问题,形成“大粮食、大物流”格局。

3.4 利用国家物流标准化试点城市机遇,提升“物流德州”标准化水平

标准化是现代物流业发展的必然要求,对于降低物流成本,提高物流效益,促进物流管理系统化具有重要意义。为此,应充分利用国家物流标准化试点城市的政策机遇,调动企业参与积极性,加快与京津冀地区物流标准对接,提高与京津冀区域物流标准化协同水平。

1)明确支持重点,完善物流标准体系。在实现区域农产品物流标准化的基础上,加快建立与京津冀区域协同的标准化托盘循环共用体系,带动上下游物流设施设备和包装标准化水平提升。与高科技信息公司进行合作,加快建设多功能标准化的信息平台,争取实现与京津冀物流平台的数据交换和共享,解决信息孤岛、信息不对称问题,减少物流交易成本。制定物流包装标准,鼓励快递包装重复使用和回收再利用,提高托盘等标准化器具和包装物的循环利用水平,减少物流周转环节的包装浪费和污染。

2)创新投融资模式,提高投资意愿。在充分利用中央财政试点扶持资金的基础上,可借鉴临沂市经验,探索设立物流标准化专项基金,通过贴息、补助、奖励等多种形式,支持物流标准化建设项目。打造物流园区基础设施 PPP 示范项目,用以撬动社会资金,支持大型物流企业和特色物流企业提高标准化水平。开展多种形式的银企对接,引导银行业金融机构针对物流行业特点进行产品创新,扩大质押融资规模^[7],为物流标准化发展提供更加便利的融资服务。

3)做好宣传工作,营造良好氛围。及时总结试点企业的成功做法和典型经验,形成可复制可推广的新模式,通过其示范带动作用,提高企业参与标准化建设的积极性。充分利用报纸、电视、网络、微信等媒体,广泛宣传物流标准化在推动物流业发展、扩大物流领域影响力方面的重要作用,提高整个社会对物流标准化工作的认同度。

3.5 助推产业转型,壮大“物流德州”市场主体

加快物流业转型升级步伐,提高物流企业的规模化、专业化、规范化水平,对于解决物流企业的“小、散、乱”问题,培育“物流德州”品牌的新型主体,提高德州市物流业的整体竞争力,具有重要意义。为此,应从以下几个方面着手:

1)提高物流企业的规模化水平。鼓励有条件的物流企业通过参股控股、兼并重组、协作联盟等方式

做大做强,培育一批技术先进、运作规范、核心竞争力强的大型现代物流集团,通过规模化经营来提高物流服务的一体化、网络化水平。按照节约、集约用地的原则,合理布局一批基础设施先进、服务功能完善、运营效率高的物流园区,并与专业性的生产加工基地相整合,完善周边公路、铁路等配套设施,充分发挥园区集聚和带动作用,吸纳同类型的生产加工企业和物流企业入驻,推进德州市物流业的集群发展。

2)提高物流服务的专业化水平。专业化是现代物流业发展重要方向,对于满足客户多样化需求、提高物流服务质量具有重要意义。为此,做好以下两个方面:

(1)重点发展第三方物流。第三方物流是现代物流业发展的必然趋势,要坚持放开搞活,优化物流资源配置,促进物流业降本增效,更好服务于经济社会发展。鼓励生产性企业加快主辅业分离,支持从制造企业内部剥离出来的物流企业发挥服务特色化优势,积极为更多企业提供定制化的物流服务,满足日益增长的个性化物流需求^[8]。支持专业性物流企业与产品生产、加工企业加强基础设施、生产能力、设计研发等方面的资源共享,共同完善相关技术、标准和设施,推动物流服务由基础服务向增值服务延伸,提高物流服务的专业化水平。

(2)培养高素质物流人才。促使德州职业技术学院、德州科技职业学院与物流企业开展合作办学,探索实施“订单式”物流人才培养模式,为企业输送更多高水平应用型人才。与国内著名大学开展长期合作,定期举办德州物流和信息化战略研讨班及现代物流供应链管理培训班等进修班,组织全市重点物流企业的主要负责人参加培训,提高物流企业家的整体素质,提高企业管理能力和水平。

3)提高市场秩序的规范化水平。加快物流行业诚信体系建设,完善物流企业和从业人员的信用记录和信用档案,并纳入国家统一的信用信息平台,建立守信联合激励和失信联合惩戒机制,让守信者一路畅通、让失信者寸步难行^[9]。充分发挥行业协会的桥梁纽带作用,通过资金支持、人才支撑、政策优惠,培育壮大一批物流协会或联盟,定期举办符合会员需求的活动,做好“上传下达”“下情上传”工作,加强行业自律,促进物流业健康发展。

参考文献:

- [1] 王玉倩.新常态下宣城市发展现代物流业的 SWOT 分析[J].湖北经济学院学报(人文社会科学版),2016,13

- (1):87-88.
- [2] 尹玮. 山东省城市物流节点布局研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2015.
- [3] 中共德州市委,德州市人民政府. 关于抓大扶强加快工业转型发展的意见[EB/OL]. <http://www.dzsti.gov.cn>,2015-10-10.
- [4] 段文秀. 德州市物流人才需求及人才培养模式研究[J]. 德州学院学报,2012,28(2):107-110.
- [5] 株洲市人民政府办公室. 关于加快现代物流业发展若干政策的意见[EB/OL]. <http://www.zznews.gov.cn>, 2016-10-10.
- [6] 国务院办公厅. 关于加快发展冷链物流保障食品安全促进消费升级的意见[EB/OL]. <http://www.gov.cn>, 2017-4-21.
- [7] 徐文哲. 基于协同发展的物流金融盈利模式研究[D]. 北京:北京交通大学,2014.
- [8] 李元爱. 我国第三方物流企业服务创新研究[J]. 现代商贸工业,2015(25).
- [9] 陈静. 守信者一路畅通 失信者寸步难行[N]. 经济日报, 2017-07-26(005).

The SWOT Analysis and Suggestions of the Development of Logistics Industry in Dezhou City

ZANG Shan

(The Research Department of Management in Party School of CPC Dezhou Municipal Committee, Dezhou Shandong 253000, China)

Abstract: As a composite service industry, the development of the logistics industry is directly related to the overall efficiency and quality of the economy. Firstly, This article analyzed the advantages and disadvantages, opportunities and threats in the developing process of the logistics industry in Dezhou with the method of SWOT analysis. Secondly, the favorable factors and unfavorable factors in the developing process of the logistics industry in Dezhou were found out. In the end, starting from the current situation of Dezhou, this article put forward some suggestions in the direction of development, hub status, brand speciality, standardization and industrial transformation and hoped it can accelerate the development of logistics industry and build up “Logistics in Dezhou” city brand.

Key words: Dezhou City; SWOT analysis; “Logistics in Dezhou”

版 权 声 明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。相关稿酬不再另行支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我刊上述声明。

德州学院学报编辑部

“服务”引导“需求”：鲁产烟上水平的整合营销之思

薛伟, 刘志勇

(山东德州烟草有限公司, 山东 德州 253017)

摘要: 引导消费者对中高档鲁产烟商品的需求, 进而增加其销售量, 不仅可以使烟草商业企业获取新的利润增长点, 而且是其获取竞争优势的途径之一。本文基于对 D 城中高档鲁产烟的销售现状分析及整合营销文献研究的基础上, 从互动营销、体验营销、差异营销和品牌营销四个维度提出鲁产中高档烟引导需求的整合营销模式和服务营销策略, 并构建了鲁产烟上水平整合营销模型, 希望本文能够对鲁产烟上水平和中高档烟的培育具有指导意义。

关键词: 鲁产烟; 顾客需求; 整合营销

中图分类号: F270 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0090-05

1 引言

卷烟作为一种特殊的商品, 在专卖体制下虽然具有很强的计划性, 但随着行业市场化取向改革的日益深入, 引导消费已成为重要课题摆上工商企业的议事日程。而鲁产中高档烟对山东省 D 城当地消费者而言具有独特的优势, 进一步加大鲁产中高档烟的培育力度既可以为鲁烟工业企业做好品牌培育, 也有利于更好地满足当地消费者。卷烟整合营销是以消费者为核心重组工商零行为和市场行为, 综合协调地使用各种形式的营销传播方式, 以统一的目标和统一的传播形象, 传递一致的产品信息, 实现与消费者的双向沟通, 迅速树立产品品牌在消费者心目中的地位, 建立产品品牌与消费者长期密切的关系。通过整合各种营销方式进行鲁产中高档烟消费引导的研究具有重要的意义。因此, 本文在对 D 城鲁产烟销售现状及整合营销文献研究的基础上, 从互动、体验、差异和品牌四个维度提出鲁产烟上水平的整合营销模式和服务营销策略。

2 D 城区市场的中高档鲁产烟销售现状分析

2.1 销售量分布情况

近五年来, D 城区市场的中高档鲁产烟销售量

分布情况如图 1 所示。由图 1 可以看出, 二类卷烟的销售量逐年上升, 一类和三类卷烟近五年销售情况没有明显的变化规律。一类、三类卷烟的销售量明显高于二类卷烟, 特别是三类卷烟销售量明显高于其他两类。这说明在 D 城区市场中档卷烟需求量最大。

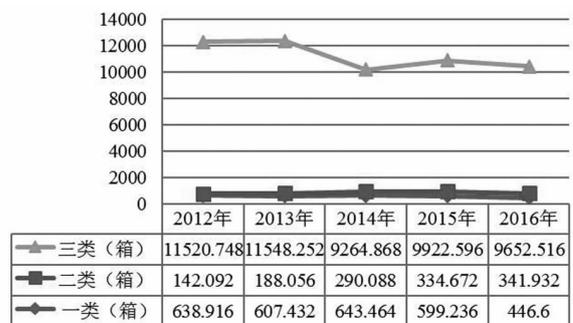


图 1 D 城区市场的中高档鲁产烟销售量分布图

2.2 销售单箱值分布情况

近五年来, D 城区市场的中高档鲁产烟销售量单项值分布情况如图 2 所示。由图 2 可以看出, 这三种类项的卷烟单项值逐年提高, 这说明这三类卷烟的销售档次都在逐年拉升。

总体而言, D 城区市场中高档鲁产烟的销售量在逐年提高, 销售结构也随之拉升。因此, D 城区市场中高档鲁产烟的市场潜力比较大, 有进一步挖掘的潜力。

收稿日期: 2018-01-14

基金项目: 山东德州烟草有限公司科技创新项目(德烟科[2017]4号)

作者简介: 薛伟(1974-), 男, 山东德州人, 助理政工师, 研究方向: 卷烟销售、烟草专卖管理。

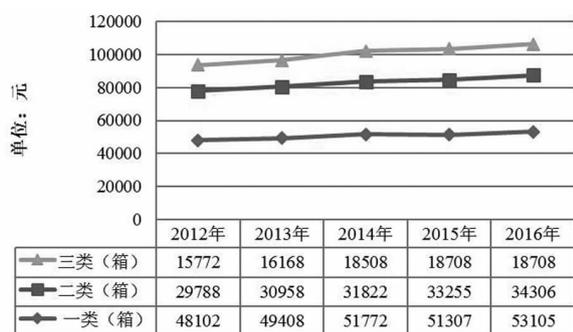


图 2 D 城区市场的中高档鲁产烟销售量单项值分布图

3 整合营销的文献回顾

整合营销是在目标消费者细分的基础上,有针对性地多种营销工具、营销手段进行系统化地结合,根据环境、消费者反馈动态地进行及时性修正,从而使企业和消费者在信息交互中实现价值增值的营销理念和方法.整合营销与传统营销理念不同,是对传统营销理念的革命.整合营销的倡导者——美国舒尔茨教授曾经说过的“营销的传统标识是客户请注意,当下则演变成了请注意客户”.鉴于整合营销前沿性,目前在烟草行业,部分学者已经认识到整合营销对烟草行业发展的重要性,但研究成果还比较少.史丽(2007)^[1]结合延吉卷烟厂的实际情况和相关分析提出了品牌整合方案,其内容包括以“长白山”品牌为自主品牌进行市场开拓,然后以品牌整合传播理论为基础,阐述了延吉卷烟厂品牌整合营销策略的实施.谢山泉(2012)^[2]以白沙新二类品牌营销策略为研究对象,将品牌营销的理念和方法引入白沙新二类品牌战略研究.江欢(2013)^[3]在参考整合营销传播理论的基础上,结合烟草行业微博营销的实际情况,提出“2+N 微博整合营销平台”的核心理念、运营框架与具体策略.彭鲛静(2013)^[4]探讨了某烟草集团的整合营销,提出了卷烟生产企业的整合营销的应用模式分为四部分:卷烟生产企业利害关系者数据库的建立,卷烟生产企业的客户投资回报分析,塑造卷烟生产企业的品牌和卷烟生产企业整合传播策略,期望对卷烟生产企业的发展有所帮助.杨永超(2016)^[5]设计了婚庆市场的红双喜品牌整合传播方案.

从以上研究现状可以看出,现有的研究成果主要集中在卷烟工业企业市场培育和整合营销对行业的重要性的必要性的阐述上,但对如何进行高档卷烟市场培育和整合营销的研究成果基本没有,更没有具体的实施方案.在作者研究的范围内,也没有发

现专门针对“鲁产中高档烟”整合营销的研究,因此,本研究提出“服务”引导“需求”:鲁产烟上水平的整合营销之思的选题,希望不但能够丰富该方面的理论成果,而且能够为提高“鲁产中高档烟”提供一个新的营销思路.

4 “服务”引导“需求”的整合营销模式

客户的需求往往是多方面的、不确定的,需要去分析和引导,企业通过创造需求、引导消费,将客户脑海中没有的或者潜在的需求转化为现实的、真正的需求.引导需求是指在初步了解顾客的需求方向后,主动介入,通过相关的专业知识,来逐步引导顾客找出自己的具体需求点,帮助顾客分析情况,理清思路,明确真实适合自己的需求.这些被引导出来的需求点,肯定在销售范畴内,最后达成销售.

引导顾客需求首先要与顾客进行互动,只有与消费者进行充分的沟通和理解,才能充分考虑顾客的实际需求,进而为客户提供个性化服务的同时,树立起企业产品和服务在顾客心目中差异化的形象和好的品牌形象,强化顾客的品牌意识.其次,消费者消费的时候,是理性与感性兼有的,消费者在消费前、消费时、消费后的体验,对企业品牌经营都是非常重要的.从引导需求角度来说,以体验为基础,让顾客参与新产品开发或新产品活动,在与消费者良好沟通互动过程中触动消费者内在情感和情绪,从感官、情感、思考、行动、关联等几个方面创造体验活动吸引消费者,进一步激发消费和的需求,在消费者心目中建立良好的差异化形象,进而强化消费者的品牌意识.不同的消费者具有不同的爱好、不同的个性、不同的价值取向和不同的消费理念等,从而决定了他们对产品品牌有不同的需求侧重,引导顾客需求的另一项重要工作就是差异化营销.通过有特色的宣传活动、灵活的推销手段、周到的差异化服务,在消费者心目中树立起不同一般的形象,占据消费者心智,从而获取竞争优势.前面的互动营销、体验营销恰恰是运用各种营销策略为品牌找到一个具有差异化个性、能够感染消费者内心的品牌核心价值,让消费者更加明确、清晰地识别出自己的需求与品牌利益点和个性的契合程度,进一步驱动消费者认同、喜欢乃至爱上一个品牌,正是品牌营销的关键点.因此,本文提出强调从互动、体验、差异和品牌四个维度进行整合营销,其中互动营销和体验营销是整合营销的服务手段,差异营销和品牌营销是整合

营销的服务目的.下面基于该整合营销模式,来探索中高档鲁产烟的整合营销和服务策略.

5 中高档鲁产烟的整合营销

鲁产烟是山东本土的卷烟品牌,中高档鲁产烟一直是山东烟草工商企业品牌培育的重点.以服务引导需求,采取有效方式引导消费者了解、认同并最终选择鲁产品牌,是提升鲁产卷烟品牌培育水平,做大做强鲁产卷烟品牌的关键所在.因此,工商企业同零售客户一起,建立共同面向消费者的鲁产品牌消费引导机制,采取共同开展营销、共同引导消费、共同培育鲁产品牌的整合营销模式,根据消费者吸烟习惯、品牌偏好、消费水平等有效信息,准确定位目标消费者,借鉴采取互动营销、体验营销、差异化营销和品牌营销等途径进行消费引导,找准与消费者的契合点,获得广大消费者的认可和支持,使中高档鲁产品牌烟获取一定的竞争优势.

5.1 中高档鲁产烟的互动营销

消费者主权时代已经来临,消费者需求的引导应该能够让其参与其中,产生对话或互动,才能提升营销精准度.过去卷烟商业企业大多是基于线下的互动,例如邀请消费者参加新产品推介活动或假烟识别的活动,通过零售客户面向消费者进行问卷调查来了解消费者对卷烟价格、包装或口味的意见,从而了解消费者的需求.随着互联网及移动互联网的发展,线上比线下在接近消费者及与消费者互动方面表现出更大的优势.因此,建议鲁产烟建立消费者互动营销网络平台,将工商零消结合起来,以烟草公司为主,积极调动起鲁产烟工业企业和零售客户的参与积极性,使得卷烟工业企业、烟草公司和零售客户能够共同面向消费者了解消费者的需求.在该平台上,烟草商业企业可以与卷烟工业企业、零售客户和消费者进行互动,卷烟工业企业也可以与零售客户和消费者进行互动,而零售客户也可以与消费者进行互动.该平台不但可以发布新产品推介活动、口味测试活动、问卷调查活动等,做到线上线下的结合,还可以提供让消费者进行互动营销体验交流的社区平台,卷烟工业企业和烟草公司都可以通过该平台收集消费者需求信息,对这些信息进行数据挖掘,为鲁产烟品牌营销工作与消费者需求匹配提供决策支持.

5.2 中高档鲁产烟的体验营销

如今的消费者,理性与情感并存,一方面对频繁的产品宣传或促销习以为常,不再轻易相信商家所

宣传的卖点和特色,另一方面希望能够亲自参与、亲眼目睹、亲身体验到产品和服务所带来的价值,在体验中感受到自己被尊重,且从心理、情感等深层次方面被打动.消费者的这种变化催生了新的营销方式——体验营销的出现. Schmitt(1999)^[6]提出,体验式营销是站在消费者的感官、情感、思考、行动、关联五个方面,重新定义、设计营销的思考方式.对烟草行业来说,通过让消费者看、听、用、参与等环节,实现企业、品牌与消费者零距离接触,从而引导消费者的需求,促进消费,进一步提高品牌知名度和培养顾客忠诚度.

目前,烟草行业运用最多的体验营销策略是建设“卷烟品牌体验店”,鲁产烟也可以针对中高端卷烟运用此策略.通过品牌体验店可以达到以下营销目的.一是体验店可以通过视觉识别、实物陈列和多媒体播放等方式进行品牌展示,给顾客以感官体验;二是通过店内咨询服务和销售服务等,进一步加强与顾客的情感联系,增加顾客的情感体验;三是通过在店内开展各种主题的品牌培育活动,引导消费者参与,增加顾客的思考体验和行动体验;四是通过鲁产烟不同品牌的文化涵义,与消费者的文化价值观契合,增加顾客的关联体验.但在实际运营中,品牌体验店侧重终端建设的感官体验,开展的主题活动以品吸为主,其他方面开展还不够.因此,鲁产烟需要从多方面下功夫,如可以开展品牌俱乐部,将具有共同吸烟爱好的消费者群体纳入微信群或qq群,在此群体开展丰富多彩的活动,如自驾游、登山等,增强顾客的情感体验、关联体验和行动体验,进而增加顾客的品牌忠诚度.当然,只要与顾客有接触点的地方(包括上面建立的互动平台),都会给顾客留下不同的体验,所以需要在这些接触点采取各种服务策略,提高服务质量,增强顾客良好体验,从而达到引导需求的目的.

5.3 中高档鲁产烟的差异化营销

在卷烟产品同质化的今天,产品的本质和功能基本相同,如何运用差异化的营销策略,让消费者感觉你与众不同,在引导需求方面是非常重要的.当然对鲁产烟来说,差异化营销是一项复杂的工程,既包括工业企业差异化品牌定位及宣传,也包括工商企业对零售客户和消费者的差异化营销,还包括零售客户在营销终端的差异化营销策略等.本文是从商业企业角度来研究,因此,只对工商企业的差异化营销进行分析.

对零售客户细分,实行服务差异化策略.服务差异化的核心是以客户为中心,基础是客户细分,重在

加强服务管理,关键是执行创新^[7].首先,以客户为中心就必须制定以制定客户为导向的服务标准,而且要对客户服务状况进行深入了解,了解客户的满意度,找到问题点,提高和改善服务.当然烟草企业要建立以客户为中心的服务文化,使企业所有工作人员能够自发为客户服务、主动创新服务策略.其次,客户细分的关键是选择细分变量,可以重点选择客户价值、忠诚度/满意度、经营能力、零售业态、地理位置等要素作为细分变量.再次,差异化服务的工作重点是加强服务管理,主要包括信息、关系、价值等方面的管理,当然要做好这些工作,还需要建立客户服务的科学流程、制订服务规范和标准并加强服务的监督与管理.最后,客户对服务的要求越来越高,烟草企业需要不断创新,提供更多的差异化的超值服务,才能让客户感动和忠诚.根据前面的客户细分,进行等级化服务、标准化服务、个性化服务和亲情化服务等.可以通过会员制度,让价值更高的零售客户得到企业的额外打折货赠品等,从而延伸增值服务,可以通过对零售客户的培训,提高他们的销售技能和服务技能,从而帮助其提高销售量.当然,随着网络信息化的发展,建立以 App、微信、qq 群等为工具的工商零消信息交流平台,本身就是差异化服务平台,能够及时响应零后客户提出的各种服务需求.

对消费者细分,实行差异化营销策略.对卷烟产品来说,选择细分变量,也是消费者细分的关键.可以根据购买商品的价格将消费者分为低档、中档和高档消费者;也可以根据产品口味的需求分为清香型消费者、浓香型消费者、中间香消费者和雅香消费

者等;根据消费者心理可以分为安全需求、社交需求、尊重需求和自我实现需求等.比如安全型消费者比较注重健康,因此,焦油含量低的鲁产中高档香烟成为他们的购买目标;社交需求的消费者关注品牌文化深厚、品牌知名度高和包装精美的中高档香烟;尊重需求的消费者关注是能够提升个人品味和社会身份的高档香烟;自我实现需求的消费者更加关注品牌文化与自身价值观相契合的中高档品牌香烟.当然,实施差异化营销策略最为关键的是创造顾客需求,也就是在深度分析消费者对产品和服务的需求结构和特征的基础上,寻找消费者差异性的消费特征和个性化体验需求.

5.4 中高档鲁产烟的品牌营销

对烟草商业企业来说,品牌营销的主要工作是品牌培育.品牌培育是指通过对消费者市场进行调研,设定产品类组合宽度,确定卷烟品牌的生命周期,从而科学得出品牌引入和退出的结论,从运用合理有效的方法对卷烟品牌进行市场培育的管理过程.品牌培育工作主要包括品类管理、生命周期管理、品牌引退机制、新品上市、品牌维护.一方面通过品牌培育工作可以增加品种多样性,让零售客户和消费者具有更大的选择空间,另一方面,也可以分散产品过度集中的风险,减少公司的投放压力,防止货源不稳定而造成市场的波动.如果说“按订单组织货源”是零售客户通过自己对品牌的认同度来主动选择是否订购该品牌,是“推”的动作,那么,“品牌培育”是烟草商业企业通过“拉”的手段来提高零售户对某些卷烟品牌的认同感,从而引导消费者对该品牌的需求,进而提高销售量.

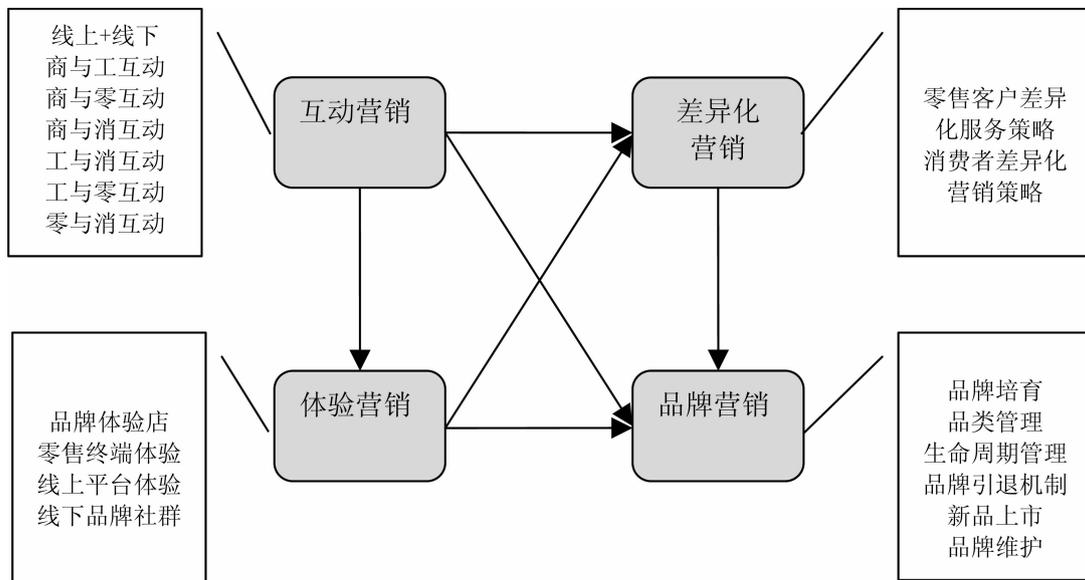


图 3 鲁产烟上水平整合营销模型

总之,工商零消的互动平台为消费者参与品牌培育工作提供了通道,加强了品牌与目标消费者的直接交流,实现了产品与消费者之间的“零距离”,同时为零售客户及消费者的个性化需求提供了信息依据,有利于烟草商业企业制订科学合理的差异化服务及差异化营销策略.以品牌体验店和零售终端为基础的体验营销将品牌培育工作延伸至零售客户,大大激发了零售客户品牌培育的热情.对零售客户及消费者进行细分,进而提供差异化服务或营销策略,本身就是为品牌培育工作服务的.因此,互动营销和体验营销是整合营销的服务手段,互动营销也能影响体验营销,差异营销和品牌营销是整合营销的服务目的,同时差异化营销也是为品牌营销服务.根据前文的分析,本文构建了“鲁产中高档烟整合营销模型”(见图 3).

参考文献:

- [1] 史丽. 延吉卷烟厂品牌整合营销策略分析[D]. 长春: 吉林大学, 2007.
- [2] 谢山泉. 白沙新二类卷烟品牌营销策略研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2012.
- [3] 彭蛟静. 整合营销传播理论在 HH(烟草)集团的应用研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2013.
- [4] 江欢. 浅谈构建上海烟草 2+N 微博整合营销平台[C]. 中国烟草 2013 年学术年会论文集, 2013.
- [5] 杨永超. 基于婚庆市场的红双喜品牌整合传播方案设计[D]. 上海: 华东理工大学, 2016.
- [6] Schmitt B H. *Experiential Marketing: How to get customers to sense, feel, think, act, relate to your company and brands*[M]. Free Press, New York, 1999.
- [7] 胡世良. 借差异化服务创造客户价值[J]. 中国电信业, 2008(7).

Service Guided Demand: Thinking of Integrated Marketing on the Level of Cigarettes Produced in Shandong

XUE Wei, LIU Zhi-yong

(Shandong Dezhou Tobacco Monopoly Bureau, Dezhou Shandong 253017, China)

Abstract: Guiding consumers' demand for medium and high-grade cigarettes produced in Shandong and increasing their sales volume, which not only enables tobacco business enterprises to get new profit growth points, but also is one of the ways to obtain competitive advantage. This paper proposed integrated marketing and service marketing strategy from the four dimensions, which are interaction marketing, experience marketing, differential marketing and brand marketing, based on the analysis of the sales of medium and high grade cigarettes produced in Shandong of D city and the research on the integrated marketing literature. Finally, this paper constructed an integrated marketing model of increasing sales volume of cigarettes produced in Shandong. I hope this paper can have guiding significance for raising the sales level and brand cultivation of cigarettes produced in Shandong.

Key words: Cigarettes produced in Shandong; Customer demand; Integrated marketing

基于 OBE 的 CREO 机械基础与应用教学改革与实践

孟俊焕, 柳永亮, 吴延霞

(德州学院 汽车工程学院, 山东 德州 253023)

摘要: 针对 CREO 机械基础与应用课程教学中存在的瓶颈问题, 通过明确教学目标, 制定学习成果清单, 项目化教学内容, 创新教学策略、采取多元化考核方式, 进行创新创意综合设计训练, 激发了学生学习热情, 培养了学生创新能力、团队协作意识以及工程应用能力, 提高了教学质量和教学效果。

关键词: OBE; CREO; 教学改革

中图分类号: G642.0 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0095-04

1 引言

OBE(成果导向教育, Outcome Based Education)是以最终成果为导向的一种工程教育认证的观点, 也通常被称能力导向教育、目标导向教育或需求导向教育, 由美国人 Spady 于 1981 年率先提出后, 在美国、英国、加拿大等国家以惊人的速度获得了广泛重视和应用, 成为这些国家教育改革主流理念。2013 年 6 月, 中国被接纳为“华盛顿协议”签约成员。用成果导向教育理念引导工程教育改革, 针对中国工程教育人才培养与行业企业需求脱节的现实问题具有现实意义。OBE 教育理念要求实施课程教学要遵循反向设计原则。即课程教学内容及教学设计从最终学习成果为起点, 由最终成果决定培养目标, 由培养目标决定毕业要求, 由毕业要求决定课程体系, 最后课程体系中每一门课程为最终成果实施的落脚点。

2 CREO 机械基础与应用教学存在的问题

CREO 机械基础与应用是机械类和近机械类专业开设的一门非常实用的软件应用课程。与后续课程设计、毕业设计密切相关, 参加各类机械产品创新设计大赛、参与科研课题及今后走上机械领域工作岗位都会用到这项技能。本课程涉及知识点多, 教

学中普遍采用的教学方法是按功能模块顺序, 教师讲解每个模块命令的操作方法, 学生跟随老师按步骤练习。在知识交叉性较强, 教学内容繁多, 学时少的条件下教师难以讲全讲透, 从而不能达到预期的教学目的^[1]。课程内容设置脱离学生实际, 实践环节严重缺乏, 学生学习兴趣不高, 学习主动性不强, 运用软件独立解决实际问题欠缺; 没有经过创新环节训练, 达不到提高创新能力培养的目标。而通过将 OBE 成果导向教育模式应用到 CREO 机械基础与应用课程的教学, 能够有效的培养学生分析问题、解决问题的能力 and 创造性思维的能力, 提升职业综合竞争能力。

3 基于 OBE 理念的 CREO 机械基础与应用课程改革

3.1 理清课程改革总体思路

OBE 是指, 教学设计和教学实施的目标是学生通过教育过程最后所取得的学习成果。聚焦 OBE 强调回答的 4 个问题^[2]。

- (1) 对学生预期取得的学习成果是什么?
- (2) 让学生取得这样的学习成果的理由是什么?
- (3) 怎样有效地帮助学生取得这些学习成果?
- (4) 如何判断学生已经取得了这些学习成果?

通过与用人单位座谈交流, 了解用人单位岗位技能要求、结合近几年学生在课程设计和毕业设计中存在的问题, 对 CREO 机械基础与应用课程教学

收稿日期: 2017-10-26

基金项目: 高教司产学研合作协同育人项目 (201602028022)

作者简介: 孟俊焕(1970-), 女, 山东德州人, 副教授, 硕士, 研究方向: 高等教育。

成果系统地进行梳理,并依此确定课程教学目标.为帮助学生达成学习成果,采取项目化教学内容,改革考核方式.衡量学习成果达成度主要通过课程考核及后续课程设计、毕业设计及学生参加各类创新设计的质量反馈^[3].

3.2 明确专业培养目标,制定学习成果清单

OBE 要求学校和教师应该先明确学习成果,配合多元弹性的个性化学习要求,让学生通过学习过程完成自我实现的挑战,再将成果反馈用来改进原有的课程设计与课程教学.

以汽车服务工程专业为例,在前期调研基础上制定专业培养目标,明确本课程在专业课程体系中的作用,为学生制定清晰的学习成果清单,使学生明确所学对于培养目标达成的作用.本课程的学习成果为:(1)利用该软件熟练进行典型产品三维造型的能力;(2)掌握实体装配方法;(3)掌握创建工程图的方法;(4)提高空间想象思维能力,激发学生创新思维,进而为毕业设计和毕业后从事专业工作打下坚实的基础;(5)通过本课程学习以及相关专业知识的掌握可以使学生在毕业后从事 CREO 产品设计师的工作岗位.(5)通过学习培养学生团队协作能力;(6)通过学习建立 CAD/ CAM 先进设计理念,培养学生的自我学习能力和可持续发展能力,为以后在实际工作中学习其他软件奠定扎实基础.

3.3 项目化教学内容,激活学习热情

以学习成果达成为起点,反向优化设计教学内容^[4].结合学生工程实际经验少,教学内容多而散的实际,选取学生熟悉的齿轮泵、曲柄滑块机构、油桶、茶壶、显示器等典型机械产品为教学载体,采取项目化教学,以项目统领整个教学过程.这些项目综合起来,包含了课程所有的知识点.每个项目集成了教学内容的主要模块,每个模块的教学任务在一个具体项目创建过程中得到集中体现(见表 1).每个项目实施前,把典型教学载体给学生演示,吸引学生注意力,激发学习欲望,极大地激发了学生学习主动性.在具体项目创建的学习目标引领下,以化零为整的方式取代传统的按部就班讲解操作步骤和建模命令使用,提高了学习效果,而且项目化教学实质是是理实一体化,这样也弥补了学生因为工程实践经验少带来的学习困扰.学习过程中,尽管每个学生都能参与其中,部分学习能力强的学生都能在课堂上达成学习目标,学习能力差些的学生也能通过课后学习,跟上学习进程,最终结果达到每个学生都能成功的教学目标.

表 1 项目化教学设计一览表

项目载体	教学内容	教学任务
零件设计		创建基础特征
		创建工程特征
		创建基准特征
		参数化设计
齿	装配设计	自下而上装配设计
		自上而下装配设计
轮	装配设计	装配分解图创建
		干涉检查
泵	工程图设计	创建零件工程图
		创建装配工程图
曲柄滑块机构	运动仿真与分析	齿轮机构运动仿真
		机构装配
油桶	曲面设计	基础曲面设计及编辑
		高级曲面设计及编辑
显示器	实体设计和曲面设计	综合运用

3.4 创新教学策略,提高教学实效

针对每个教学任务难易程度,运用灵活的教学策略和教学手段组织教学.

(1)对于难度系数大的内容,采取分层三循环教学法:即:设置由简到难两个阶梯项目在时间上分层次进行,每个项目训练采取讲解、操练、归纳三步循环教学法;

(2)因材施教教学法:OBE 强调人人都能成功.所有学生都能在学习上获得成功,但不一定同时或采用相同方法.而且,成功是成功之母,即成功学习会促进更成功的学习.针对学习能力强的学生,另外布置具有挑战性的学习内容,使优秀者更优秀.对于学习本课程有困难的学生,增加前导学习环节,通过提前发放录屏视频,使其提前学习,再结合课堂上采取分组合作学习方式,帮助这部分学生顺利达成学习目标.

(3)启发式教学法:为提高同学们的学习兴趣,精心挑选生活中常见的案例,比如鼠标、旋转楼梯,造型新颖美观的花瓶等,教师不直接告诉学生最快捷的建模方法,而是启发他们自己分析找出建模思路,大胆尝试,体验由失败到成功的喜悦,最后师生一起分析最优建模设计方案.

(4)注重上好第一堂绪论课:好的开始是成功的一半.绪论课要达到激发学生学习欲望,以使他们能够满怀激情地投入学习.绪论课给学生讲清楚这门课程对于学生专业学习、课程设计、毕业设计、科技创新及今后从事机械产品设计的作用.为了增强课

程吸引力,通过加入采用CREO制作的视频,和优秀学生作品,以形象直观的效果,提高学生的学习欲望。我分别选用来自工程实际的虎钳装配动画,这是学生金工实习时用到的工程产品。第二个是二级圆柱齿轮减速器装配动画,减速器是学生进行机械设计课程设计时的设计任务,每个学生都很熟悉,学生知道通过学习可以直接完成这样的实体产品后,可以激发学习热情。第三个实例展示往届学生期末综合创新创意设计系列作品,学生看到这些学生作品后,认识到自己通过学习本课程,可以设计出这样的作品,进一步增强了学习兴趣。第四个实例是学生参加大学生科技创新比赛获奖作品展示。通过观看这些优秀作品,在产生敬佩之情的同时,学习本课程的热情进一步提高,为全面深入地投入到课程学习奠定了好的基础。综上所述,在教学过程中,充分体现以学生为中心,教师为主导,发挥每一个学生的学习潜能,提高教学实效。

3.5 改革考核方式,培养综合能力

OBE教学理念不仅要求人人都能成功,而且更加关注高阶培养,要求通过具有挑战性的任务来展示他们的能力。OBE强调个性化评定。根据每个学生个体差异,制定个性化的评定等级^[5],并适时进行评定,从而准确掌握学生的学习状态,对教学进行及时修正。

为了更好地体现学生的学习效果,践行OBE教学理念,课程进行考试改革,实行多元化考核评价:CREO机械基础与应用课程最终成绩由三部分组成:平时表现占10%,课堂操作练习50%、期末综合创新创意设计占40%。

教学实施中,教师认真记录学生每次课堂练习成绩效果明显。这种考核方式突出表现为以下优势。

(1)教师实时记录平时成绩,通过抓学习过程,考查学学到了什么,促使每一位学生在课堂上有好的表现,避免学生复制别人作业的现象出现,能够形成良好的学习氛围。

(2)教师在登记成绩过程中,能收集学生中共性错误,有利于教师教学反思,持续改进教学策略。

(3)检查记录平时成绩,可以使教师深入掌握每位学生学习基础、习惯、困难和出勤情况等,及时给予关心帮助;切身感受到被重视和被关爱的学生学

习积极性课提高。

(4)期末综合创新创意设计。这部分注重学生创新能力、团队协作能力和工程实践能力考核。全班5~6名同学为一组,分组采取自愿组合,同时要保证学习能力强的同学在每组均匀分配,以保证项目按时顺利完成,具体要求是:综合所学知识,密切结合生活和工程实际,对产品进行改进设计或创意设计。这项考核成绩由产品说明书撰写情况、结构设计合理性、产品的创新性、团队协作程度、学生解决工程实际问题的能力、综合设计总结等方面组成。通过团队合作完成复杂项目的考核环节,综合培养学生创造性思维能力、分析综合能力、组织策划能力、思辨探究能力。

4 结束语

将OBE成果导向教育理念引入到CREO机械基础与应用课程教学中,通过预先制定学习成果清单,项目化教学内容,创新进教学策略,改革考核方式,激活了学生的学习热情,调动了学生的学习主动性,同时通过小组合作完成综合创新创意项目的训练,培养学生的团队协作意识、创新意识以及工程实践能力,提高了本课程的教学质量和教学效果。学生的课程设计和毕业设计质量有了很大提高,近3年,学生的综合创新设计作品有2项获得国家一等奖,4项获得国家二等奖,8项获得国家三等奖。获得20多项省级大学生机械产品创新设计奖,达到了预期的学习成果。

参考文献:

- [1] 张富晓. Pro/E课程教学改革思考与实践[J]. 实验科学与技术,2016(12):189-191.
- [2] 李志义. 用成果导向教育理念引导高等工程教育教学改革[J]. 高等工程教育研究,2014(2):29-34.
- [3] 孙晶,张伟,任宗金,王殿龙,崔岩. 工程教育专业认证毕业要求达成度的成果导向评价[J]. 清华大学教育研究,2017,38(4):117-124.
- [4] 李志义. 成果导向的教学设计[J]. 中国大学教学,2015(3):32-39.
- [5] 陆国栋. 教学方法改革的模式与举措[J]. 中国大学教学,2011(8):14-16.

Reform and Practice of CREO Mechanical Basis and Mechanical Applications Based on OBE

MENG Jun—huan, LIU Yong—liang, WU Yan—xia

(School of Automotive Engineering, Dezhou University, Dezhou Shandong 253023, China)

Abstract: In order to get round the teaching bottleneck in the course—OREO Mechanical Basis and Mechanical Applications, we adopted following methods to improve teaching, as clarifying teaching objectives, making learning achievement list, projectizing teaching content, innovating teaching method, adopting diversified assessing criteria, developing inventive and innovative design training. Through these methods, we successfully stimulated students' learning enthusiasm, cultivated their innovative ability, and strengthened their team spirit as well as their capabilities of engineering application.

Key words: OBE; CREO; teaching reform

(上接第 49 页)

6 结论

通过研究整理采自 2011—2016 年的两万余头标本,发现德州岔河的昆虫物种非常丰富,仅以目级阶元为单位就分为 11 个目,可以推测分类到科级阶元、属级阶元甚至种级阶元,数量是相当庞大的。

参考文献:

- [1] 孙虎山. 动物学实验教程[M]. 北京:科学出版社,2004:1—177.
- [2] 赛道建. 动物学野外实习教程[M]. 北京:科学出版社,2005:1—331.
- [3] 陈炳华. 普通生物学实验[M]. 北京:科学出版社,2012:1—154.
- [4] 李后魂,郑哲民. 小蛾类昆虫标本的研究方法[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版),1996,24(3):63—70.
- [5] 刘凌云,郑光美. 普通动物学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2010:1—177.

Preliminary Investigation of Insect Resources in Cha River of Dezhou

SUN Ying—hui, SUN Yong—ling

(College of Life Sciences, Dezhou University, Dezhou Shandong 253023, China)

Abstract: The investigation of insect resources in Cha River of Dezhou is carried out and eleven orders are listed along with the diagnostic characteristic. In addition, the tools and drugs using for collection are introduced, along with the methods of specimen preparation and preservation. This research provides basic data of the insect diversity in Cha River or even in Dezhou City.

Key words: Dezhou; Cha River; insect; investigation

基于微信环境移动学习平台的构建研究

张道华

(亳州学院 电子与信息工程系, 安徽 亳州 236800)

摘要: 计算机技术和互联网技术的高速发展,给移动学习的可持续发展提供了强劲动力.为了协助学生更好地自主学习,加强师生之间、同学之间的互动交流,以微信环境为依托,以《C语言程序设计》课程为例,建设开发移动学习资源与平台,旨在增强课程的教育教学效果,以期为其他课程的教学提供新的思路与实践路径.

关键词: 微信; 移动环境; 移动学习; 学习平台

中图分类号: TP31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0099-03

随着计算机技术与移动网络技术的快速发展,以及智能手机的广泛普及,移动媒体作为新媒体环境的代表,已然成为信息传播和交流的重要载体,并改变着人们的学习习惯和学习方式,学习者已由传统的被动学习转变为移动学习环境支持下的自主学习.为了营造师生、学伴之间交流互动和评价反馈的学习氛围,构建基于微信环境的移动学习平台,并设计和建设移动学习环境下的学习资源,具有十分重要的社会意义和科研价值.

1 移动学习及其相关理论

移动学习不拘泥于时间和地点,是课堂的延伸,学习者借助移动终端设备与互联网,按照学习计划完成学习任务的一种自主学习方式,不仅能够随时随地进入学习,而且能够消除学习者因害羞、胆怯而不敢和老师或同学交流的心理负担.移动学习由于其自身的独有特性而与传统学习形式区别开来,主要有以下几个特点^[1]:

1) 便利性. 移动学习以便携设备为主要载体,比如手机、平板等,突破了有线连接所带来的限制,学习不再限于学习桌或电脑前,学生随时随地进入学习状态成为可能,可以在不同时间不同地点进行不同方式的学习^[2].

2) 个性化. 学习者可以根据自身前期知识的储

备情况,选取自己需要的或感兴趣的学习内容进行学习,学习时间、学习地点甚至学习进度都由学习者掌控,体现了学习的个性化.

3) 普及性. 智能手机价格的普遍走低,为普及移动学习提供了可能.

4) 碎片性. 移动学习特有的碎片性特点主要体现在两个方面:一是时间的碎片性,学习者可以充分利用零散的时间进行学习;二是知识的零散性^[3],零散的知识便于学习者在较短的时间摄入,形成完整的知识系统,从而实现预定的学习目标.

5) 交互性. 手机是移动学习使用最多的设备,而良好的交互是手机基础的功能,手机能够实现以对话、视频、图片等方式的交流,实现针对学习问题的精准交流、精准解决.

以《C语言程序设计》课程为例,基于微信环境构建移动学习平台,能够支持学生随时随地进入学习,涉及到以下学习理论:泛在学习理论,通过微信环境搭建泛在移动学习平台,使课堂教学和课外学习相结合,学生作为主体积极参与,以完成学习目标;自主学习理论,大学生具有一定程度自主学习的能力,并能够监督自主学习过程、评估自主学习,搭建微信环境,为学生营造学习环境,引导和辅助学生开展自主学习;微型学习理论,将《C语言程序设计》知识点加以整合,使之片段化,能够满足学生的个性化学习,为学生提供即时交流沟通的便利.

收稿日期: 2018-01-25

基金项目: 安徽高校自然科学研究项目(KJ2017A703); 安徽省质量工程项目(2016ckjh124); 安徽省教学研究重大项目(2016jyxm067); 安徽省质量工程项目“名师(大师)工作室”(2014msgzs170)

作者简介: 张道华(1984-),女,安徽六安市人,讲师,研究方向:模式识别与图形图像处理、教师教育.

2 选取微信公众平台作为开发环境的缘由

微信在众多应用中,用户数量遥遥领先,且活跃群体数量庞大.微信公众平台由于其能够群发消息、按关键词回复、接收或发送实时消息、共享信息,实现 1 对 1 知识解答,正极大影响着我们的学习方式.选择微信公众平台作为移动学习资源开发环境,是因为其具有以下明显的特征:

1) 人气旺. 微信拥有庞大的用户群,用户资源众多,年龄跨度大,但以年轻群体为主要力量,奠定了开展移动学习的人气基础^[4].

2) 时效高. 信息推送到达率高,时效高. 管理者登录便能管理平台,把信息推送给关注公众号的群体,操作简单,并且能随时随地管理平台,突破时空的限制,实现时时交流,并能够对用户和信息设置分组,以便精准推送信息给有需要的学习者,保证对方有效接收信息.

3) 形式多. 微信公众平台支持形式丰富的信息呈现形式,不仅可以快速发送文字,还可以发送语音或图片,多形式的信息呈现形式能够满足不同用户的需求,方便、快捷,能针对学习者的问题给出清晰的解释说明,精准解决疑难问题.

4) 微型性. 即推送的信息碎片化,如一个小视频、一段语音、一张图片等,推送信息的时间也是零散的或者非固定的,便于学生开展自主学习.

3 移动学习资源的建设

学习资源的建设是为学习者更好的开展移动学习而设计的,因此,移动学习资源建设必须考虑移动学习的特征与微信平台的特性.

首先,移动学习的过程往往是非持续、动态的^[5],相对来说,学习者维持注意力的时间较短. 鉴于此,建设移动学习资源,需要整合学习内容,设计相对完整的知识点,将知识模块碎片化,使之短小精湛,帮助学生在短时间内形成较完整的知识体系.

其次,推送的资源要精练,着重解决“重、难、疑”问题.“重”是课程的重点知识,是学生必须掌握的基础知识,以《C 语言程序设计》课程为例,如数据类型、运算符与表达式,数据的输入输出,三种程序结构,数组、指针、函数调用等;“难”是正常教学中的难点问题,是对基础知识的升华,如一维数组和二维数组的应用,函数的递归调用等;“疑”是针对教学中学

生容易产生疑虑的内容进行清楚地阐释,如循环嵌套的使用.

最后,由于部分课程内容可能不适合开展移动学习,应对学习资源进行筛选,为了保证资源建设的优质性,选取内容前应对学生进行课程学习需求分析学情分析,由于学生学习能力及知识储备不同,导致学生学习需求也不尽相同,资源建设应做到按需设置,具有相关性,知识层层递进. 移动学习是课堂的延伸,是课堂内引导,课堂外持续学习,最终回归课堂的体现,是一个环环相扣、相互促进、有效循环并且互为反馈的过程,能够帮助学生形成知识的内化和迁移. 本文设计的 C 语言互动教学平台,其学习资源有以下三种呈现方式.

1) 图文形式. 以《C 语言程序设计》课程资源为例,可以将“重、难、疑”问题以图文的形式推送给学生,重点开阔学生的思路,帮助学生将知识点联系起来,形成完整的知识系统,如课堂介绍程序的循环结构,用循环语句实现 $1+2+\dots+100$ 、 $1+3+\dots+99$ 、 $1-2+3-4+\dots+99-100$., 在“课堂练习”中推送相关但难度加深的程序设计题,如:推送 $1+(2*2)+(3*3*3)+(4*4*4*4)+\dots+(9*9*9*9*9*9*9*9*9)$ 问题,为了引导学生思考,在图文中给出解决锦囊,帮助利用循环嵌套写出代码. 教师可以结合学生的实际情况,利用知识的“联”性,给出 $1+(1+2)+(1+2+3)+(1+2+3+4)+\dots+(1+2+3+4+5+6+7+8+9)$ 问题.

2) 微视频形式. 随着计算机和网络技术的普及,传统课堂教学已经难以满足学生的学习需求,翻转课堂教学将学习的主体地位真正彰显,教师可以将 C 语言教学中的重、难知识点进行整合与设计,以微视频的形式推送到微信公众号上,引导学生自学或内化知识,突破了传统课堂教学在时间和地点上的局限性,体现了人类学习方式的完善性与个性化,彰显了移动学习的优势.

3) 微网站形式. 根据学习者的学习需要,可在课堂练习或 ACM 程序设计大赛试题中给出能够提供参考资料的网页或网站,帮助学习者开阔思路,完成算法设计和代码编写,提高学生的编程能力、解决问题的能力以及创新能力.

4 移动学习平台的建设

4.1 功能设计

以《C 语言程序设计》课程为例,基于微信环境建设 C 语言教学互动平台. 关注该公众号的学生,

可通过文字、语音互动交流,能够有效提高学生学习的积极性和解决问题的效率.功能设计充分考虑不同层次学生的学习需求,并设置功能选项与对应链接文字^[6],点击或发送功能选项数字即可获取相关内容(见图1).



图1 移动学习平台的功能设计

学生在此互动平台,可互动交流,也可注册消息,包括姓名、学号等,有助于教师了解学生学习情况,实施精准辅导;可进行资料下载,如软件下载,C语言与计算机二级资料下载、省二级专栏资料下载等;可进入习题练习,包括当日课堂知识点测试,每日一题及相关二级模拟试题练习等,将学生课下练习与教师训练呼应联动,对应项目同期安排,相关活动联合举行;可进入翻转课堂模式,在此微网站中给出了C语言的教学进程表,和每个章节的教学课件及优质课视频,供学生自主学习,并设置有过关测试题,用于检测学生的自学成果,提高学生学习的参与度和积极性;学生也可通过该教学互动平台进入省二级模拟考试系统,进行模拟预测,提高等级考试的通过率.同时,考虑到学生的起点水平和学习能力的差异,在习题练习中设有每日一题和拓展训练提高题,根据学生实际水平划分等次,分别提出不同要求,体现出分层推进思想;在同一时段内将编程能力训练向系科学生活动、学生社团活动、寒暑假作业布置等项目进行渗透,使之成为课外学生活动的主线之一,同时开展各级程序设计类比赛,并将比赛内容与蓝桥杯软件设计大赛、ACM程序设计大赛等相关内容进行无缝对接,通过对各种活动的整体规划,协同培养学生的编程能力和创新能力,体现出综合培养的思想.

4.2 功能实现

基于微信公众平台设计互动教学环境,学生(用

户)在客户端发送/接收信息给微信公众平台服务器,微信公众平台服务器在接收来自客户端请求的同时,要将消息发送给开发者服务器并等待响应,开发者服务器接收消息、处理数据,并将数据封装返回给微信公众平台服务器^[7].

经过系统的设计与实践研究,根据平台功能需求,选择合适的工具进行平台开发.首先采用新浪云服务器作为开发者服务器,为了方便快捷地处理用户的请求,采用PHP语言创建动态交互站点,MySQL是开源的关系数据库,具有简洁、轻便和可移植性,而成为平台开发的首选数据库^[8].用户关注公众号进入C语言教学互动平台,学习者点击需要的或感兴趣的链接文字,平台根据学习者发出的请求信息后,查询和调用数据库数据并将资源发送给学习者,进入单元和模块资源的浏览,开启微网站浏览模式进行自主学习.手机浏览网页和网站,由于设备的特殊性,网站设计要符合移动设备的碎片化阅读,网页风格要与微信公众平台保持一致,打开、浏览素材文件耗费流量较少.微网站都使用了图片滑动浏览插件Photowipe控件,是一个专门针对手机等触摸设备开发的,可以设置各种各样的图片效果,如:淡入/淡出、放大/缩小等.采用HTML5+Javacript实现.

5 结语

随着移动网络技术的发展以及智能手机的逐渐普及,移动设备在人们工作、学习和生活中的重要地位日益凸显,已经成为工作与学习的首选,移动学习应用横空出世.选择微信公环境开发移动学习平台,能够帮助学生提高学习的效率和学习参与度,促使学生自主学习以及个性化学习,是互联网时代学习方式完善的完善,也为教师实现精准教学、分层教学和因材施教提供了思路.因此,研究基于微信环境学习平台的建设具有重要的教学研究意义和科学研究价值.

参考文献:

- [1] 殷慧文,吴亚坤,易俗,马玉琴."互联网"十时代基于移动学习的计算机基础教学研究与探索[J].辽宁大学学报,2017,44(2):189-191.
- [2] 蒋哲昕.移动学习资源建设模式研究[J].电脑知识与技术,2017(8):8-10.

(下转第110页)

应用定向免费医学生培训标准化病人的实践及思考

张媛媛

(安庆医药高等专科学校, 安徽 安庆 246052)

摘要: 探索培养合格全科医疗卫生人才的途径,应用定向免费医学生招募培训标准化病人,运用于教学及考核并回馈完善标准化病人的培训管理. SP 实验组在病史采集及查体技能、临床思维、医患沟通、职业素养方面的考核结果明显优于对照组. SP 应用于考核能够反馈指导其培训,有助于建立高素质的 SP 队伍. 应用定向免费医学生培训标准化病人,符合培养高素质全科医生的目标,为基层培养合格的医学人才奠定扎实的基础.

关键词: 定向免费医学生; 培训; 标准化病人

中图分类号: G642.0 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0102-04

1 引言

全科医学人才短缺是我国基层卫生服务发展的瓶颈,2010 年开始实施“农村订单定向医学生免费培养项目”,为确保培养“学的实、用得上、干得好”的全科临床医学人才,对定向医学生实行行业准入遴选,免费培养定向就业协议书明确要求取得执业助理医师资格证. 临床技能是医学生临床实践和执业助理医师资格考试最重要的内容,医学专科生学制三年,在校学习时间短,临床技能常规教学方式单一、照本宣科的现状不能适应临床技能高度的实践性和情境教学的需要,不利于为基层培养应用型全科医学人才. 招募培训标准化病人(Standardized Patient, SP)可突破临床实践与情境教学的瓶颈,以基层医疗卫生需求为导向,突出了人才培养的实用性、应用性. SP 是经过训练能恒定、逼真地模拟临床病人情况,在临床技能考核中扮演病人、教师和评估者等多重角色的正常人或病人^[1].

2 SP 招募

2.1 SP 的基本要求及招募

招募前充分发挥学生会及社团的宣传效能,应用制定问卷进行宣传及调研. 为增强 SP 队伍的稳定性,招募一年级农村订单定向免费医学生组织扫

码答卷. 要求语言表达及沟通能力良好、工作责任心较强,最好有表演天赋. 遴选时按上述要求进行面试,培训结束后,组织学生和教师进行双向考评,考评合格者正式聘为“标准化病人”.

2.2 SP 的工作职责

SP 必须完全按照病例剧本模拟患者,绝不可随意改变、减少或添加剧本内容,对内容有疑问时应向培训教师咨询请教. 考核过程中禁止 SP 与考生自行交流,考核结束后适当反馈考生,注意言语态度不要影响考生的学习积极性,不要过分追究细节^[2].

3 重视岗位需求,设计 SP 培训

根据我国基层卫生人才的岗位需求,采用适应农村基层实际的教育理念和方法来设计 SP 培训,培养能胜任基层医疗卫生全科医疗工作的应用型定向医学生.

3.1 培训内容

培训病种涉及基层常见病、多发病. 要求每位 SP 至少能表演 5 个标准化剧本. 剧本包括表演剧本、查体、正确回馈、客观评估,儿科剧本的问诊内容以患儿家属为询问对象进行编写. 标准化剧本并非让 SP 照本宣科,而是让不同的 SP 有相同的解读. 对 SP 的行为表现、常咨询的问题做出规定和预设,体现了问诊思路和临床思维. 参与考核的 SP 需要

收稿日期: 2017-10-26

基金项目: 安徽省高校优秀青年人才支持计划项目(gxyq2017210)

作者简介: 张媛媛(1983-),女,安徽安庆人,讲师,硕士,研究方向:临床疾病教学.

克服因反复模拟同一症状产生心理暗示所导致的不适。

开发案例的标准除剧本内容外,还包括实际病人问题的个性和情感特征。语言方面包括语调、音量、语速、停顿和沉默。此外,还包括动作细节,如抱怨恶心的同时,将手放在上腹部显示恶心的反射动作。案例描述不宜过短,时间控制在约7 min。为适应基层医疗卫生需求,增加了实用内容:慢病系列标准化剧本。如:一例糖尿病早期低血糖症患者的病例。病人注射了其本人正常剂量的胰岛素,但在准备食物时割破了右手。病人因立即去急诊室而忘记吃饭。当病人被单独留在急诊病房等待护士进一步治疗后,剧本开始。病人表现得很困惑,抱怨饥饿和头痛,恼怒、颤抖。慢性阻塞性肺疾病显著影响中国农村老年人的生存质量,在编写慢阻肺剧本时添加了有关“洗澡、进食、上下床、穿衣、如厕”能力问诊的具体内容,并对患者有无焦虑、抑郁倾向予以询问,定向免费生在演绎 SP 剧本的过程中深化了对慢性病管理的重要性、复杂性的认知。

评分时紧扣定向生“面向农村、服务大众”的特点,具体评分项目如:剧本内容熟练程度、动作表情等细节、情感充沛程度。培训时结合病例将问诊、查体等要点分解讲述,以便 SP 量化判断。培训结束后 SP 能通过感觉、观察及判断,独立对考生进行客观公正的评价。

3.2 SP 培训方法

问诊、查体培训,共12学时。观看剧本涉及病例的视频,理解相关症状、体征。指导 SP 理解、熟悉剧本,引导 SP 加入病人常见的表情、动作及情感,要求培训后能熟记问诊、查体内容及技巧。

SP 作为“评估者”的培训,共6学时。SP 必须熟记评分标准。问诊培训时,要求 SP 能够评价问诊内容和技巧。查体培训时,培训 SP 根据自己被查体的情况评价体格检查的内容、技巧及顺序是否准确。考核时先由教师与 SP 同时评分并对照,比较异同并交流,逐步过渡到 SP 独立评分。

SP 作为“指导者”的培训,共6学时。培训 SP 如何反馈学生在考核中出现的问题和不足,要求系统性、针对性强,以帮助考生接受并改正。

要求 SP 使用“三明治”法进行评估及指导。包括:1)予以肯定。SP 在评估、指导前首先表扬并肯定,能够提高学生的自信心和学习兴趣;2)对学生问诊、查体的主要缺陷进行评估;3)指导努力的方向并给予鼓励。

安排高年级学生配合 SP 模拟考核,在实践中学习标准化的评估和指导方法。根据考勤及培训中的具体表现表彰。培训全程仅限 SP 团队知情,以保证考核的客观公正。

4 SP 应用于考核

4.1 考核方式

对照组采用传统考核方式,即问诊采取问卷考核,体格检查、临床技能考核时,学生之间分别角色扮演病人。实验组考生担任“检查医生”,SP 作为患者;采取单盲的方法,“检查医生”不知道患者的“病情”,SP 和考评教师掌握其“病情”。“检查医生”采集病史,逐步分析病情,按要求完成接诊首程记录,配合必要辅助查体,作出初步诊断并选择必要的实验室检查或辅助检查,完成后由教师及 SP 共同评价并指导。

4.2 考核结果

根据问卷结果进行统计学分析表明,实验组在病史采集及查体技能、临床思维、医患沟通、职业素养方面的考核结果明显优于对照组,考核中引入 SP 模式有助于克服传统医学教育弊端,提高了学习积极性。考核中引入 SP 模式,以疾病为线索,将问诊、查体、进一步检查的选择、初步诊断等临床思维串联在 SP 和病例上,增加了趣味性,促进了学生积极、主动地参与学习。SP 应用于考核能够反馈指导其培训,有助于建立高素质的 SP 队伍。

5 讨论

5.1 医学教学中应用 SP 的优势

招募培训的 SP 具有稳定性、可靠性、可重复性,可突破当前见患者难、临床实践难的瓶颈。标准化剧本选取了社区常见病、多发病,凸显了“以病例为中心、社区为导向”。传统评价模式开门见山得指出错误,容易造成医学生的心理压力,引起下意识的自我防护,导致不容易接受合理的建议;缺少正面反馈也不利于坚持已养成的好的问诊、查体习惯。培训要求 SP 使用“三明治”法进行评估并指导,有效消除了传统评价模式的弊端。免费医学生的工作需要面对复杂多变的基层医疗环境,SP 的培训及应用有助于定向生增强临场应变能力,掌握系统、准确的问诊和查体能力,培养规范活跃的临床思维,客观、全面、准确地考量了学生的医学知识、临床技能、职业道德、沟通能力及人文关怀等综合素质,提高了接诊能力。

表 1 标准化病人参与考核的应用情况调查表

项目	实验组(n=60)	对照组(n=60)
	($\bar{x} \pm s$)	($\bar{x} \pm s$)
教育性:(每项 10 分,共 40 分)		
1. 能否巩固病史采集、查体技能	9.8±0.76 [△]	6.1±0.47
2. 是否有助于培养规范活跃的临床思维	9.5±0.83 [△]	5.7±0.78
3. 能否提高医患沟通能力,提升观察、应变和思维能力	9.6±0.57 [△]	6.2±0.12
4. 能否评价你的职业素养	9.4±0.92 [△]	4.1±0.89
客观性:(每项 10 分,共 20 分)		
1. 该考核方式是否客观	9.2±0.21 [△]	5.7±0.56
2. 考核的病例是否典型	9.1±0.87 [△]	6.5±0.19
技术性:(每项 10 分,共 20 分)		
1. SP 是否配合考核(对照组为未培训仅角色扮演)	9.1±0.57 [△]	6.3±0.25
2. SP 的表演是否逼真(对照组为未培训仅角色扮演)	8.8±0.19 [△]	4.8±0.31
趣味性(每项 5 分,共 20 分)		
1. SP 是否优于未培训仅角色扮演组	4.9±0.15	—
2. 是否喜欢该考核方式	4.8±0.43 [△]	3.1±0.27
3. 是否希望继续采用并推广该考核形式	4.6±0.87 [△]	2.7±0.64
4. 你是否有意愿参与下学期的 SP 招募	4.1±0.56 [△]	2.5±0.17

实验组与对照组比较,[△]表示 $P < 0.05$

5.2 应用定向免费生培训 SP 的特点

为增强 SP 的稳定性,SP 培训对象以一年级专科生为主体.定向免费生的特征之一为“定向”,由于入学前签订了定向就业协议,缺乏就业压力导致定向生学习动力不够,SP 培训学习倦怠水平高于其他专业医学生^[3],学习目标不明确.定向免费生的另一个特征为“免费”,免学费使得该专业学生有特殊感,多数定向免费生对自身培训的评价高于实际情况.此外,定向免费生对签约基层认知不足,不能意识到基层卫生工作能同时实现自我价值和社会价值^[4],对助理全科医生的发展缺乏信心,影响了与专业密切相关的 SP 培训的参与度.

5.3 应用定向免费生培训 SP 的优势

针对定向生的上述特点加以疏导及应用.深化其对协议的认识:顺利就业的前提是按时取得执业助理医师资格证,强调合格规范的 SP 已应用于执业助理医师考试,调动了定向生参与 SP 培训的主观能动性.在认识到参与 SP 培训对执业助理医师考证大有裨益后,超过半数的定向生自愿参与 SP 招募.

培训 SP 的评估能力时,安排高年级定向生配合 SP 模拟考核,根据考核反馈客观评价 SP 的培训情况,有助定向生正确判断自身能否胜任“评估者”;低年级课程设置以基础课为主,培训 SP 问诊、体检

的指导能力使低年级定向生早期接触到临床,有助其培养专业知识及素养,明确助理全科医生的学习目标.

在 SP 培训过程中反复强调,定向生就业地点为基层卫生院,因基层医疗条件限制、就诊人群对医疗费用的心理预期,定向生的临床工作不可能依赖检查,必须具备扎实的问诊、体检等临床技能.撰写、修订 SP 剧本时,注重结合基层卫生服务需求,避免了教学与基层实际脱节导致的“用不上”的问题.

网络信息是当前了解疾病最新进展、诊疗指南的主要途径,优质的基层卫生服务需要定向生拓展自主学习和获取信息的能力.培训中以 SP 剧本为中心,组织定向生通过 PPT、视频及微课等方式自主学习相关疾病的知识,使其在理解的基础上演绎好标准化剧本,同时也锻炼了自主学习和获取信息的能力.

5.4 应用定向免费生培训 SP 的意义

全科医生是基层医疗卫生服务的核心,基层卫生现状迫切需要“下得去,留得住,用得上”的应用型全科医学人才.应用定向免费生培训 SP,是教育方法为适应农村基层实际进行的尝试,有利于农村全科医生胜任素质的养成^[5].对专业的认同程度极大地影响学生的学习积极性、工作态度,应积极引导定向生参与与专业密切相关的 SP 培训实践,提升专

业喜好度、认同度,增强学生对基层医疗工作的情感认同^[6]。不仅培养了专业 SP 队伍,还为基层培养了全科医学人才,培训过程也加强了全科医学师资队伍的建设,SP 能作为评估者和指导者,具备了一定的问诊、查体等临床技能,使其假期在乡镇、社区医院卫生实践时,有能力参与社区卫生工作,落实了“早临床、多临床,早社区、多实践”,激发了定向生的学习兴趣,使其体会到自我价值实现的成就感^[7];早期参与基层卫生工作也使得定向生切实感受到基层的医疗卫生现状,唤起了人文情怀和责任意识,对其整个学习阶段及今后的医疗工作有深远影响^[8]。

为适应定向生的基层卫生服务需要,增加了慢性病 SP 剧本,低年级学生演绎中老年好发的慢病剧本难度较大,有待进一步研究。培训中暴露出定向生对职业发展缺乏信心,如何助力定向生同步实现自我价值和社会价值,仍是亟待解决的问题。

参考文献:

[1] NiHman PL, Regan MB, Philbin M, *et al.* Results of a survey on the use of standardized patients to teach and e-

valuate clinical skills[J]. *Acad Med*, 1990, 65(5): 288-292.

[2] 马盼, 马肖容, 王珍珠. OSCE 中标准化病人的培训管理和实践[J]. *中华医学教育探索杂志*, 2014, 13(4): 370-372.

[3] 吴辉, 李强, 张合喜, 等. 农村订单定向本科医学生时间管理倾向与学习倦怠的关系研究[J]. *重庆医学*, 2015, 44(31): 4449-4451.

[4] 郭玉琼. 卓越医生培养视域下医学生思想政治教育研究——以农村订单定向医学生为例[J]. *辽宁医学院学报(社会科学版)*, 2014, 12(2): 26-28.

[5] 杨秀木, 齐玉龙, 申正付. 农村全科农村全科医生胜任力素质模型的理论构建与实证研究[J]. *南方医科大学学报*, 2015, 35(4): 516-521.

[6] 李杰, 刘洋, 宋梅歌. 农村订单定向医学生专业认同调查[J]. *现代预防医学*, 2015, 42(6): 1023-1025.

[7] 刘振优. 订单定向本科临床医学专业学生状况分析[J]. *重庆医学*, 2012, 41(16): 1668-1670.

[8] 范文燕, 汪鑫, 车向新, 等. 基于职业认同的农村订单定向医学人才培养模式探索[J]. *中国卫生事业管理*, 2014(3): 212-214.

Practice and Thinking on Training Tuition—waived Medical Students as Standardized Patient

ZHANG Yuan—yuan

(Anqing Medical and Pharmaceutical College, Anqing Anhui 246052, China)

Abstract: To explore approach on training general medical and health personnel. Recruit and train tuition - waived medical students as standardized patient. Applied to teaching and assessment. Feedback and improve the training management of standardized patient. The result such as history-taking, physical examination skills, clinical thinking, doctor-patient communication and professional qualities of SP test group is better than that of control group. According to the assessment results of standardized patient from feedback and direction for the training, contribute to the establishment of high-quality SP team. Training-tuition - waived medical students as standardized patient conforms to training high-quality general practitioners. The research established solid foundation to the cultivation of qualified medical talents at the grass - roots units.

Key words: tuition - waived medical students; train; standardized patient

基于可追溯性的专业课堂教学质量内涵探索

许炳照

(福建船政交通职业学院 汽车运用工程系, 福州 350007)

摘要: 为了揭示专业课堂教学质量建设内涵, 介绍一门归档专业课堂教学记录案例, 运用智慧课堂教学平台的各种教学手段, 结合汽车维修专业课程的课堂教学改革, 检验教学质量体系在课堂教学中的运行情况. 实践证明: 建立求质益精、求量益密的课堂教学质量保障体系, 有利于教师全员参与全过程教学质量保障, 有利于教师提高专业课堂的教学质量, 有利于管理者提升管理和质量的内生动力.

关键词: 专业课堂; 教学质量; 内涵研究

中图分类号: G719.21; G424.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2018)02-0106-05

1 引言

在提倡高职教育质量新形势下, 学院在 2017 年上半年完成了“智慧校园”平台的改造升级, 建立一个科学、规范、有效的课堂教学质量保证体系, 从全方位、全过程、针对性、高质量人才培养的要求出发, 配置各种先进的现代优质教学资源, 创设符合现代高职教育规律的先进教学方法和有效的教学手段, 这是提高高职专业课堂教学质量的前提条件. 好的课堂是一次次充满科学性和艺术性的教学活动, 教师在执教中必须熟练运用各种资源, 灵活选择教学方法, 精心组织专业课堂的教学活动^[1]. 那么, 在全员参与的教学质量体系, 专业教师如何在自己岗位上自觉推动质量课堂建设, 针对教学目标和教学内容, 灵活采用各种教学方法和手段、有效地组织教、做、学的活动? 如何促使专业课堂的教学质量符合教学计划、教学实施、中期检查和改进提高的良性循环, 达到打造高技能的人才质量?

2 课堂教学质量的思维导图模型设计

专业课堂是高职院校专业教师的执教场所, 必须采取得当的教学模式, 满足以教师为主导, 以学生为主体的高职教育特色要求, 这种模式包括讲授、问答、讨论、演示、实操、考试和自学指导等各种教学方

法. 因应上述高职特色教法要求, 结合专业课程的行动导向特点, 设计了《汽车底盘传动系统检修》课程的课堂教学质量模型(见图 1). 它是利用网络+教学平台、手机终端、PC 端多种教学手段创新数字化、网络化、信息化的汽车维修专业课堂教学方法, 按课程教学任务书的要求结合校企合作资源, 运用基于汽车维修工作过程的行动导向与互联网+的多种教学手段, 创设一种可追溯教学质量记录(PDCA)的模型^[2].

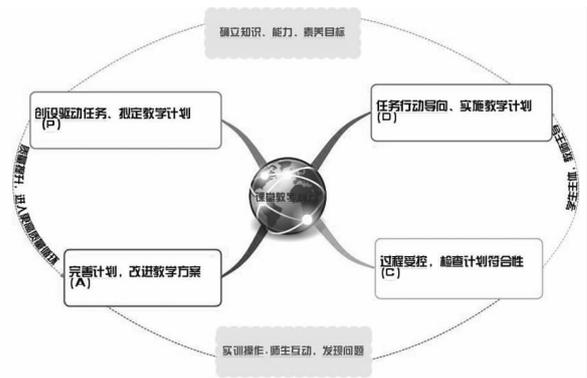


图 1 《汽车底盘传动系统检修》课堂教学质量思维导图

3 教学准备是教学质量内涵建设的必然要求

教学准备的依据是教学计划和课程标准, 教师在课堂授课前必须做好课程的教学计划, 再根据教

收稿日期: 2018-01-05

基金项目: 2016—2017 年度福建船政交通职业学院教育教学改革项目 (CZJY1606)

作者简介: 许炳照(1964-), 男, 福建安溪人, 副教授, 研究方向: 汽车运用工程.

学计划和课标进行相关教学资料的开发和准备,《汽车底盘传动系统检修》课程教学准备的资料如图 2 所示.专业课堂教学准备是教师必须在较短的时间内,有计划、有目的地将各种资料和过程的信息进行精心准备(备课),包括教学实施方案、教案、讲稿、课件、工单、视频、动画、题库、试卷,甚至网上资源建设,为便于应用和管理,对教学准备开发的资源进行编号标识,分门别类,并上传到学院的教学资源网.根据专业课程体系的的不同,在一门专业课程中,教师需要运用多种不同的教学方法,使课堂张弛有度、深入浅出,能够激发学生的学习积极性和内在动力,这样会取得很好的教学效果^[3].同时,根据教学实践和对教学资料应用的中期检查和反思,及时对教案、讲稿、课件、工单、视频、动画、题库、试卷进行持续改进,拆出不符合教学质量要求的资料,增加符合教学质量要求的新措施、新办法(注:限于硬盘容量,每次改进直接覆盖旧版本),促使教学准备的资源符合教学质量体系的运行要求.教学准备不当,则会事倍功半,影响教学质量体系的正常运行.



图 2 《汽车底盘传动系统检修》教学资料记录追溯

4 课堂教学过程质量的受控管理

课堂教学过程实施阶段,大致分为签到环节;课堂讲授;答题、测试、讨论、互动与评价,期末考试;技能训练等教、学、做过程的协调穿插.课堂讲授是以知识讲授为主的教学模式,向综合能力培养的行动导向法转变,反映的是高职教育对学生综合素质的重视以及教师教学信念、教师角色、师生关系的改善^[4].技能训练则是以培养学生的操作能力为主,在“行动为导向”的引导下,课堂教学以学生为中主体,通过学生的自主学习、任务操作和技术探究,教师完成对学生创新能力和实践能力的辅导.教师需要对教学实施过程进行自我检查和评估,及时发现问题,及时采取必要的措施进行整改,确保教学质量体系在教学实施环节的有效运行^[5].

4.1 学生课堂签到记录的检查与改进措施

在学期开始前的教学准备中,从学院教务网站下载所教班级的点名表,上课时要求学生用手机刷

二维码或搜索教学教平台关注后,加入专业课堂,每堂课由学生主动签到,改变由教师被动点名的状况,图 3 所示为 2016—2017 学年第二学期的点名记录归档情况,由于学期结束后,教师对课堂进行归档管理,需要抽查记录时,随时都可以调出档案来查看.图 3 中由于三个班级共用一个课堂,所以显示签到率只有 30%.而对于旷课、迟到和请假的情况按不同的颜色,在签到记录的下方进行标识.教师可以直观的看到翘课的同学,为防止学生不来教室签到,需要开启 GPS 按钮,屏幕可显示签到结果.因此,签到时,教师需要注意总人数,以防学生不在教室参加签到.

签到过程需要检查未签到的学生情况,关注其动向.改进的措施是:一种是通知班委查实未到课同学是否向辅导员请假,追查假条的审批记录;另一种是教师在班级 QQ 中向翘课学生发起私聊,作出批评、提出要求,防止影响学习进程;还有一种是对于长期翘课的情况,直接通知班级辅导员,全面了解并反馈学生的真实情况,防止缺课学生失去学校的正常管理,发生安全问题,及早消除可能发生在学生身上的隐患.



图 3 课堂签到归档截屏示例图

4.2 答题、测试、讨论、互动的的评价与统计

互动教学方式打破了以教师为主体的教学模式,教师在课堂上熟练运用自己建立的资源库,在课堂进程中适时辅导学生进行答题、讨论或测试,并在短时间内完成提交.答题提交之后教学平台会即时统计学生的答题结果,包括参加测试的人数、答题内容甚至细化到选择题每个答案的百分比,以数据和统计图表等形式清晰地展现在课堂的网页屏幕上,

学生的参与效果清清楚楚(见图 4);教师可根据学生参与率和答题正确率的差异,将学生参与互动学习结果进行公布,也可以实时检查未提交答案的学生参与学习的情况,采取的改进措施:调整教学内容和教学进度,有效管控整个课堂。



a) 答题自动统计直方图

分	组	学号	姓名	答案	分	组	学号	姓名	答案
25	未分组	163905132	潘鹏鑫	D	26	未分组	163905136	29游宝勇	B
27	未分组	163905137	李加光	C	28	未分组	163905140	24孙儒彬	C
29	未分组	163905141	32侯德祥	D	30	未分组	163905142	33 黄学艇	D
31	未分组	163905144	35 徐贵云	B	32	未分组	163905145	张林金	D
33	未分组	163905145	检-34李	B	34	未分组	163905201	37谢建东	C
35	未分组	163905203	20罗志伟	C	36	未分组	163905204	黄伟檀	C
37	未分组	163905206	40 黄耀华	A	38	未分组	163905207	34魏晓艺	C
39	未分组	163905213	游立志	C	40	未分组	163905214	43 刘荣科	B
41	未分组	163905215	44刘波	D	42	未分组	163905216	16汽检-1	D
43	未分组	163905217	46余志明	A	44	未分组	163905215	47罗铸荣	A
45	未分组	163905220	48张权	B	46	未分组	163905221	49曾锦添	A

b) 答题结果导出表格

图 4 答题、测试、讨论、互动的评价与统计记录截图

4.3 问题讨论的管理与改进对策

图 5 所示是组织学生参与课堂问题讨论记录,在 6 月 13 日的讨论中,教师对讨论的结果在隐藏学生姓名的情况下进行抽查,发现答案与正确答案差异较大问题。在课堂上及时抓住学生急于核对答案的心理,采用应对的措施是:以学生提交答案出现的新问题做为课堂的导向,逐一讲解,有针对性的调整教学内容和教学进度,以学生的的问题为导向,进行课堂翻转教学。这样大大提高学生的学习效果,从而提高课堂教学质量。

4.4 平时成绩的输出与统计

以汽车检测专业某班级《汽车底盘传动系统检修》课程的课堂答题、测试、讨论、互动的评价为例,教学平台可以自动记录每次的答题、测试、讨论与互动的平均成绩如图 6 a)所示,需要时可以导出;并自动统计全学期的平时答题、测试、讨论与互动的平均成绩如图 6 b)所示。灵活应用教学软件,对于教师处理日常大量事务,在课堂质量的有效控制方面,起着积极的推进作用。



图 5 学生参与问题讨论投屏记录截图

学号	姓名	1:1	2:2	3:1	8:2	12:	14:	未命名组卷 - 0619
163905132	潘鹏鑫	0	0	0	1	0	0	1
163905136	29游宝勇	1.1	1	1	0	1.1	1	0
163905137	李加光	0	0	0	1	0	0.1	1
163905140	24孙儒彬	1	1	1	0	1.1	0	0
163905141	32侯德祥	1	1	1	0	1.1	0	0
163905142	33 黄学艇	1	1.1	1	0	1.1	0	0
163905144	35 徐贵云	1.1	1	1	0	0	0	0
163905145	张林金	1	1	1	0	1.1	0	0
163905145	检-34李	0	0	0	0	0	0	0
163905201	37谢建东	1	1.1	1.1	0	1.1	1	0
163905203	20罗志伟	1	1.1	0	0	1.1	0	0
163905204	黄伟檀	0	0	0	0	0	0	0
163905206	40 黄耀华	1	1.1	1.1	0	1.1	1	0
163905207	34魏晓艺	1	1.1	0	0	1.1	0	0
163905213	游立志	0	0	0	0	0	0	0
163905214	43 刘荣科	1	1.1	1.1	0	1.1	1	0
163905215	44刘波	0	0	0	0	0	0	0
163905216	16汽检-1	0	0	0	0	0	1	0
163905217	46余志明	1	1.1	1.1	0	1.1	1	0
163905220	48张权	0	0	0	0	0	1	0
163905221	49曾锦添	0	0	0	0	0	1	0

a) 平时成绩记录导出表格



b) 平时成绩自动统计图

图 6 平时评价与统计记录

4.5 实训环节的过程检查与问题应对措施

根据教学计划设计的课堂实训任务,学生按计划完成技能训练,模式不是以教师为中心的训导,而是运用“基于工作过程”的方法,在以项目为驱动、任务为载体,行动为导向,学生通过工单的引导自主

手实践,通过动手发现问题,自主讨论;教师主要检查的节点有:学生是否注意车间安全规程?是否执行生产设备操作规程?工艺过程是否符合工艺指导书的要求?教师作为课堂教学质量的指导者、引导者、受咨询者和促进者,应随时对学习过程进行检查,乃至达到实训教学质量良性循环的控制.发现问题立即解决(不能过后解决,否则不符合人才质量的培养),采用的问题应急对策有

(1)教学实施注重全员行动导向的有效组织与落实,采用分小组的方格化管理,指定小组长协助安全与纪律的控制,安全与纪律是课堂教学质量的重要构成要素.

(2)技能训练教学之前,布置全员质量意识,对操作规程、工艺顺序、操作规格可直观参考维修手册,以便学生查阅各种工序和相关标准.

(3)技能训练教学实施全过程监控,发现新问题,立即停止操作,及时召集小组讨论,加深对问题的理解,对违反工艺的方法及时地给予纠错和正确引导.

(4)对学生有疑问的问题,要求学生大胆质疑,重复试验,边行动、边观察、边研讨,高质量、创造性地完成技能训练任务.

(5)实训工单起着引导学生自主学习的作用,学生记录全过程的学习内容,突出参与的全员性.在工单填写环节,需要及时发现并解决问题,即时指导.比如在实训环节的过程检查发现学生填写的工单错误,教师在此环节发现学生存在记录错误问题,直接公布正确答案上传班级QQ群,当场纠正整改,否则学生将错就错.在此节点,对普遍存在的问题加以改进和完善,可以进入下一个新的教学质量循环.

5 期末课堂教学质量的直方图分析

以汽车检测专业某班级《汽车底盘传动系统检修》课程期末数据统计为例,本课程期末成绩总评构成:期末理论考试(40%)、作业与学习态度成绩(10%)、课堂讨论(10%)、考勤及综合表现(10%)、实践量化计分考核(30%)各按比重纳入期末总评.命题采用的基本题型包括判断题、单项选择题、多项选择题、填空题、简答题、综合运用与实践题等.课程结束时收集所有过程评价记录进行统计,形成考试成绩直方图(见图7).图中可直观地传递教学过程质量的状况信息,中部只有一顶峰,左右两边逐渐降低,这时可以判断课程教学质量运行体系正常,处于稳定状态^[2].

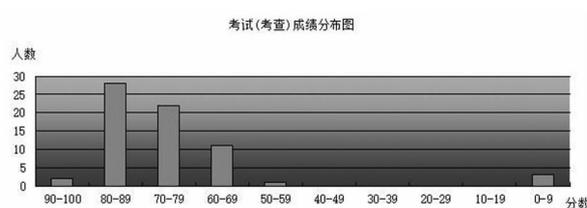


图7 期末课堂教学质量直方图

6 结语

综合专业课堂教学记录的可追溯性检验,真实践行质量课堂的理念,学院“智慧校园”平台在教师日常海量的教学管理方面,在课堂有效控制、教学过程快速检查与质量改进方面,创设求质益精、求量益密的课堂教学质量保障体系,因此,从追溯归档的课堂教学记录来看,可归纳出以下三点共性思考.

1)“智慧校园”教学平台建设是实现提升专业课堂教学管理,保障教学质量体系正常运行的重要手段.

2)专业课程包含计划中的每个专业课堂,每一个“PDCA”的课堂质量版,构成专业课程教学质量的重要单元.加强课堂教学质量的管理,就是加强整体教学质量运行体系的维护管理.

3)专业课堂内部循环的持续改进超越专业课程教学质量本身的局限,促进教学质量运行体系的完善升级.

总之,期初做课程教学计划,期间实施教学计划,教学过程检查各种教学记录和教学进度的落实情况,发现问题及时提出措施进行整改,期终统计分析,提出改进方案,直到进入下一学期的质量改进循环.简言之,不断自查自纠,持续改进,确保课堂教学质量运行体系处于正常循环,达到不断提高专业课堂教学质量的目标,也是学院“精益求精、密益求密”质量精神在教学质量运行体系中的具体体现.

参考文献:

- [1] 饶佩,张凌云. 大学课堂教学质量的问题表征及原因探析[J]. 重庆高教研究, 2015(6): 76-81.
- [2] 廖永平,等. QC小组基础教材[M]. 北京: 中国工业出版社, 2013.
- [3] 周晓红. 高职精品课程内涵建设的创新[J]. 教育与职业, 2013(26): 143-144.
- [4] 郝清玉,等. 高校教师提升教学质量的路径[J]. 黑龙江高教研究, 2016(9): 86-88.
- [5] 蔡宝来,车伟艳. 课堂有效教学内涵、特征及构成要素[J]. 教育科学研究, 2013(1): 12-16.

Grove for the Connotation of the Quality of Specialized Classroom Teaching Based on Traceability

XU Bing—zhao

(Department of Auto Application, Fujian Chuanzheng Communication College, Fuzhou 350007, China)

Abstract: In order to reveal the connotation of the construction of professional teaching quality, the paper introduces a specialized classroom teaching record case filing. Applying various teaching methods of intelligent classroom teaching platform, and combined with the classroom teaching reform of automobile maintenance major, we have checked up the teaching quality system to run tests in the classroom teaching. The practice shows that: Establishing the quality guarantee system of seeking quality and more, seeking quantity and more, it would help the teachers to join in the whole process of teaching of full participation in quality management, and help the teachers to improve the teaching quality of the specialized classroom, so as to help the managers to enhance the management and quality of endogenous power.

Key words: specialized classroom; quality of teaching; connotation study

(上接第 101 页)

- [3] 张婷. 新媒体环境下微信公众平台在移动学习中的应用研究——以《广告摄影》课程为例[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2016, 32(11): 244—245.
- [4] 董娜. 基于微信平台的移动教学应用研究[J]. 安徽职业技术学院学报, 2016, 15(4): 78—80.
- [5] 路璐. 移动学习环境下微课程教学设计与实现研究[D]. 南京: 东南大学, 2015.

- [6] 戴云武, 郑楠, 戴云莉, 刘小安. 移动互联环境下公选课混合学习资源建设应用——以某高校《影视鉴赏》公选课为例[J]. 赣南师范大学学报, 2017(3): 119—121.
- [7] 张晓兰, 陈奋. 基于微信公众号的移动学习平台建设[J]. 通化师范学院学报(自然科学), 2016, 37(4): 5—7.
- [8] 郎晓安. 基于微信公众平台的移动学习环境的设计与实现[D]. 杭州: 浙江师范大学, 2016.

The Research on the Construction of Mobile Learning Platform Based on Wechat Environment

ZHANG Dao—hua

(Department of Electronics and Information Engineering, Bozhou University, Bozhou Anhui 236800, China)

Abstract: The rapid development of computer technology and Internet technology provides a strong motivation for sustainable development of mobile learning, In order to help students autonomous learning better, and strengthen the interaction between teachers and students, This essay takes C language program design course as an example to construct mobile learning resources and its platform based on Wechat environment, The aim is to enhance the teaching effect of the course, and provide new ideas or practical path for other courses.

Key words: wechat; mobile environment; mobile learning; learning platform