

# 目次

武夷山上梅乡生态蔬菜基地土壤重金属含量及形态分布特征  
..... 李 灵,唐 辉,张 玉,于 标,陈文龙 (1)

多花山竹子扦插繁殖技术研究  
..... 李肇锋,周俊新,黄华明,余荣卓,钱永平,黄梓良,郑郁善 (7)

福州市清凉山山地公园改造规划设计  
..... 赵 君,林 征,杨 茜,朱晓玥,黄启堂 (12)

林业有害生物防治现状及建议  
..... 林志强 (17)

响应面法优化复合酶解草鱼蛋白工艺  
..... 黄 艳,谢三都,许艳萍 (21)

干制石榴皮多酚的抗氧化活性研究  
..... 张婷婷,谢三都,邹美玲,卓清菊 (28)

响应面法优化武夷岩茶茶膏的制备  
..... 孙 辉,何小滨,吴玉琼,徐晓斌,王淑培,陈宗道,李国平 (32)

凝胶-冷冻法制备红薯微孔淀粉工艺的研究  
..... 傅新征,许海基,张仪秀 (37)

聚己内酯/竹粉发泡复合材料的制备及其性能研究  
..... 赵璠云,刘明锋 (42)

漳州角美美福广场 Low-E 玻璃的性能分析及应用  
..... 施微丹 (46)

一种排序变异的改进蝙蝠算法 ..... 陈梅雯 (50)

期刊基本参数:CN 35-1293/G4\*1982\*m\*A4\*109\*ZH\*P\*¥8.00\*600\*22\*2015-12

# 武夷学院学报



国际标准刊号: ISSN 1674-2109

国内统一刊号: CN 35-1293/G4

第 34 卷 总第 134 期  
2015 年 第 12 期(月刊)

## 编辑委员会

顾 问: 付贤智 黄汉升  
        兰思仁 杨江帆

主 任: 李宝银

副 主 任: 吴承祯 刘用麟 (常务)

编 委: (以姓氏笔画为序)

        卢道明 刘用麟  
        李宝银 李远华  
        吴承祯 陈良壁  
        陈 铎 陈荣村  
        沈慧芳 杨 升  
        林 超 郑细鸣  
        郑向敏 郭翠莲  
        郭 萌 徐颖惠  
        路善全 蔡明田

## 编辑部

主 编: 李宝银

副 主 编: 刘用麟 (常务)  
            沈慧芳

责任编辑: 陈 果 刘朝霞  
            叶丽娜 华伟平  
            陈 虹 林建峰

英文审译: 陆 刚

JOURNAL OF WUYI UNIVERSITY

目  
次  
CONTENTS

Hyper-v 虚拟化技术在校园数据中心中的应用  
..... 谢超群 (56)

基于 CORDOVA 的跨平台闽西生猪疫病 APP 的研究与实现  
..... 唐彬文,戴爱玲,陈亚洲,李晓华,杨小燕,郭士正 (60)

IPSec 中密钥交换协议 IKE 的安全性分析与改进  
..... 瞿 霞,华建祥 (65)

二自由度门式起重机智能定位防摆控制研究  
..... 郑飞杰,晋芳伟,吴 龙,郑亚青,邱丽梅,王春荣 (69)

基于共面电容的非接触式液位线性测量系统的研究  
..... 陈俊龙,施隆照 (74)

批次管理的冰箱产品追踪模型研究 ..... 王海瑶 (79)

基于改进遗传算法的企业物流配送网络的构建  
..... 林 森,洪 伟 (84)

《体育科学》体育社会学 2008-2013 年研究热点  
..... 叶旭红,苏 莹 (89)

新建本科院校《数值分析》实验教学的问题与思考  
..... 王学彬 (95)

MOOC 理念在《树木学》理论与实践教学改革中的探讨  
..... 何中声,陈世品,郑世群,刘 宝,林文俊 (99)

灰色模糊综合评判视角下的全日制专业学位研究生素质  
提升研究 ..... 张玉辉,刘有升 (104)

# 武夷山上梅乡生态蔬菜基地 土壤重金属含量及形态分布特征

李 灵<sup>1,2</sup>, 唐 辉<sup>3</sup>, 张 玉<sup>4</sup>, 于 标<sup>1,2</sup>, 陈文龙<sup>1,2</sup>

(1.福建省生态产业绿色技术重点实验室, 福建 武夷山 354300; 2.武夷学院 生态与资源工程学院, 福建 武夷山 354300;  
3.陕西理工学院 外国语学院, 陕西 汉中 723003; 4.武夷学院 土木工程与建筑学院, 福建 武夷山 354300)

**摘 要:**在武夷山上梅乡生态蔬菜基地采集了 47 个表层土壤样品,采用 BCR 连续提取法分析了土壤重金属 Cu、Zn、Pb 和 Cr 不同形态的含量,并探讨了柠檬酸最佳淋洗条件下对 Pb 形态分布的影响。结果表明:(1)武夷山上梅乡生态蔬菜基地土壤重金属 Cu、Zn、Cr 和 Pb 平均含量分别为 46.01、247.69、154.42 和 58.74 mg/kg,均低于国家《土壤环境质量标准》二级标准限值;(2)Cu、Zn 和 Cr 主要以残渣态存在,分别占总量的 80.23%、90.80%和 91.66%,而 Pb 各形态占总量的比例大小分别为铁锰氧化物结合态(34.30%)>残渣态(23.03%)>有机结合态(19.44%)>碳酸盐结合态(14.13%)>可交换态(5.70%)>水溶态(3.41%),Pb 活性态占总量的比例高达 76.97%。(3)在柠檬酸浓度为 0.1 mol/L,pH=5,震荡时间为 24 h 的最佳条件下,Pb 的去除率为 35.39%,残渣态的比例由淋洗前的 23.03%增大至淋洗后的 59.49%,而活性态的比例由淋洗前的 76.97%减少至淋洗后的 40.51%。

**关键词:**重金属;形态;BCR 连续提取法;武夷山市

**中图分类号:**S151.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2015)12-0001-06

随着人类活动的加剧,菜园土壤重金属污染已越来越引起人们的关注。土壤中的重金属具有隐蔽性、长期性、不可逆性和毒性大等特点,使土壤重金属污染的治理成为国内外研究的热点和难点<sup>[1]</sup>。重金属通过各种途径进入土壤并在土壤中迁移和累积,对蔬菜作物产生危害,影响到蔬菜的品质和重量,从而影响人体健康,并可能造成大气和水污染等问题<sup>[2-4]</sup>。土壤中重金属的总量不能真实评价其环境行为和生态效应,重金属进入土壤通过溶解、沉淀、凝聚、络合吸附等反应,形成不同的赋存形态,土壤中重金属的赋存

形态含量及其比例影响其生物活性、毒性、迁移性和对植物的有效性<sup>[5]</sup>。因此,研究土壤重金属的形态的转化对于对阻断重金属的毒性威胁及污染土壤的治理和修复具有重要意义。

目前,国内许多有关土壤重金属形态的研究已有较多报道,王其枫<sup>[6]</sup>对广东省主要菜地土壤重金属有效态含量的提取及分布进行了研究,结果表明,菜地土壤 Pb 的形态分布次序为:可还原态>残渣态>可氧化态>酸提取态。邱喜阳等<sup>[7]</sup>研究了空心菜土壤中重金属在的形态分布,结果表明,Pb 主要以残渣态为主,Zn 主要以残渣态和水溶态、可交换态、碳酸盐结合态为主。郭朝晖等<sup>[8]</sup>研究矿区污染蔬菜土壤中重金属活性过程中发现,土壤 Cd 以酸可提取态为主,As、Cu 和 Pb 以可还原态为主,Zn 以酸可提取态和可还原态为主。刘丰兴<sup>[9]</sup>研究菜园土壤重金属形态与环境因素之间的关系发现,土壤中 Pb、Zn 和 Cr 主要以残渣态存在,而 Cu 的主要形态则以有机物和硫化物结合态、铁锰氧

收稿日期:2015-12-15

基金项目:南平市科技局项目(N2009Z10-3);武夷学院对接南平产业发展专项项目(2011DJ08);武夷山风景名胜区管理委员会资助项目(2008-03)。

作者简介:李灵(1973-),女,汉族,博士,副教授,主要从事水土保持和土壤生态学研究。

化物结合态存在。武夷山上梅乡生态蔬菜基地土壤重金属形态分析未见报道。

本文对武夷山上梅乡生态蔬菜基地土壤重金属 Cu、Zn、Pb 和 Cr 的含量及化学形态进行初步的研究,为评价重金属的污染状况及环境效应,探讨蔬菜土壤中重金属主要组分形态对蔬菜的生物有效性,为土壤生态修复和保障人体身心健康及其生态安全提供科学依据。

### 1 研究方法

#### 1.1 研究区概况

上梅乡位于武夷山市东部,距市区 23 km,总面积 226 km<sup>2</sup>,属典型的中亚热带季风湿润气候,最高气温 26.40,最低气温 00 左右,偶有霜降、结冰、下雪等现象。境内地势西北高、东南低,平均海拔 500 m 左右。该乡以种植生态绿色蔬菜、瓜果为主,上梅乡生态果蔬基地位于上梅乡下屯,总面积 173 hm<sup>2</sup>,其中 57 hm<sup>2</sup>为设施生态果蔬核心示范区,目前生态蔬菜示范区占地 20 hm<sup>2</sup>,种植花椰菜、甘蓝、辣椒、西红柿、大白菜、豆子、萝卜、黄瓜、甜瓜、西瓜等 20 多个品种。2013 年被福建省人民政府确定为省级农民创业园。

#### 1.2 样品的采集与测试

2014 年 10 月在武夷山上梅乡生态蔬菜基地选取具有代表性的菜园土壤,按照多点采样混合法(在一定面积的田块中采集 3 ~5 个土样混合成一个样品)共采集 47 个耕作层土壤样品,样品带回室内,拣去石砾、植物根系和碎屑,在室内通风处风干,过 2 mm 土壤筛,储藏备用。采用国家土壤环境质量标准 GB 15618—1995 规定的分析方法:Cu、Zn、Pb、和 Cr 均采用火焰原子吸收分光光度法进行测定。土壤中重金属形态分析采用 Tessier 等<sup>[10]</sup>的 BCR 五步连续提取法。

#### 1.3 柠檬酸淋洗实验

柠檬酸的浓度、pH 值及淋洗时间对重金属去除率影响的试验<sup>[11]</sup>,称取过 2 mm 土壤筛的土样 1 g(精确至 0.1 mg),放置于 50 mL 的离心管中:

(1)柠檬酸的浓度对重金属去除率的影响:分别加入 15 mL 浓度为 0.01、0.02、0.04、0.06、0.08、0.10、0.12

mol/L 的柠檬酸溶液,室温下 150 r/min 连续振荡 24 h。

(2)柠檬酸的 pH 值对重金属去除率的影响:分别加入 15 mL 浓度为 0.1 mol/L 的 pH 值为 3、4、5、6、7 的柠檬酸溶液(用氢氧化钠溶液调节 pH),室温下 150 r/min 连续振荡 24 h。

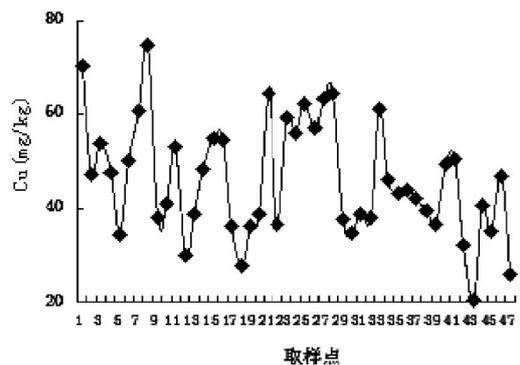
(3)柠檬酸淋洗时间对重金属去除率的影响:分别加入 0.1 mol/L 的 15 mL、pH=5 的柠檬酸溶液,在室温下,以 150 r/min 连续振荡,振荡时间分别为 10 min、30 min、1 h、2 h、3 h、24 h。

震荡后的溶液以 4 000 r/min 的转速离心分离 20 min,离心后取上清液过滤定容至 50 mL,测定 Cu、Zn、Pb 和 Cr 的含量,计算重金属的去除率。淋洗后的土壤烘干,研磨过 1 mm 目筛子,用于测定重金属不同形态的含量。

## 2 结果与讨论

### 2.1 土壤中重金属的含量

不同取样点土壤中 Cu、Zn、Cr 和 Pb 的含量如图 1。从图 1 可知,Cu、Zn、Cr、Pb 含量变化范围分别为 20.58~74.62、117.79~445.07、64.71~261.76 和 23.34~84.84 mg/kg,所有取样点 Cu 和 Pb 的含量均低于国家《土壤环境质量标准》二级标准(Cu≤100 mg/kg,Pb≤300 mg/kg),47 个取样点中 Zn 和 Cr 分别有 25 和 9 个取样点超出国家《土壤环境质量标准》二级标准(Zn≤250 mg/kg,Cr≤200 mg/kg),超标率分别为 53.519%和 19.15%。Cu、Zn、Cr 和 Pb 平均含量分别为 46.01、247.69、154.42 和 58.74 mg/kg,均低于国家《土壤环境质量标准》二级标准限值。



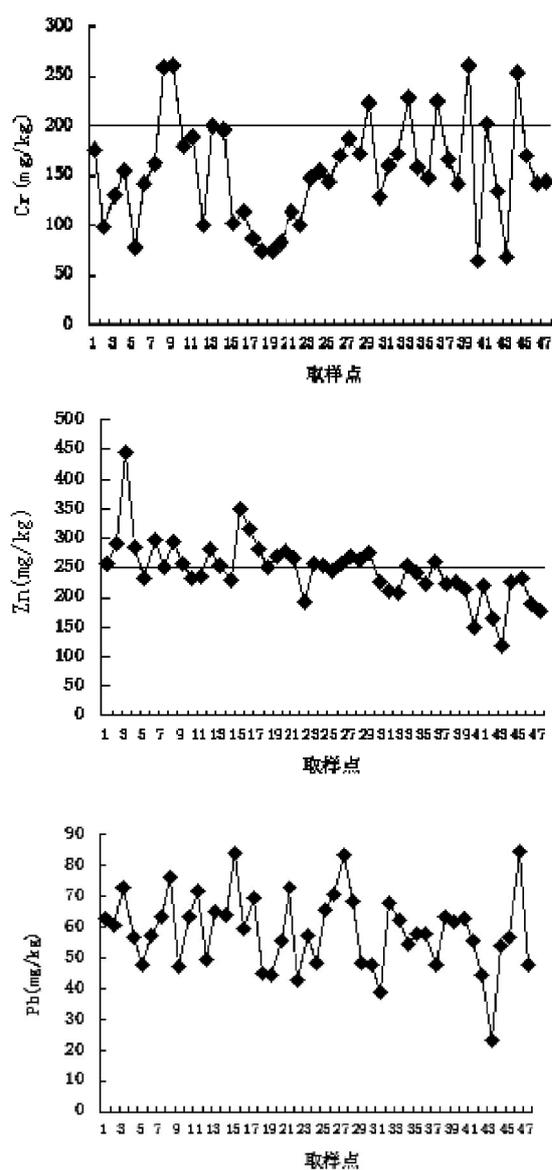


图1 不同取样点土壤重金属的含量(mg/kg)

## 2.2 土壤中重金属的形态分布特征

分析重金属含量相对较高的7个取样点Cu、Cr、Zn和Pb各形态的含量。4种元素Cu、Cr、Zn和Pb各形态含量占重金属总量的比例如图2所示。从图2可知,Cu、Cr、Zn主要以残渣态存在,其余形态所占的比例较小,而Pb的各形态中铁锰氧化物结合态和有机结合态含量相对较高,其次是碳酸盐结合态和残渣态,可交换态和水溶态含量较低。不同元素各形态的具体分布如下。

Cu各形态中主要以残渣态存在,其余形态含量之间相差较小,具体表现为残渣态(80.23%)>铁锰氧化物结合态(5.88%)>有机结合态(4.29%)>水溶态(3.33%)>可交换态(3.14%)>碳酸盐结合态(3.13%),Cu的残渣态占

总量的比例大于80%。Cr各形态中残渣态含量大于90%,其次是有机结合态和铁锰氧化物结合态,其余3种形态含量较低,Cr各形态含量大小顺序为残渣态(90.80%)>有机结合态(4.72%)>铁锰氧化物结合态(2.48%)>碳酸盐结合态(0.74%)>可交换态(0.65%)>水溶态(0.62%)。Zn各形态占总量的比例大小表现为残渣态(91.66%)>铁锰氧化物结合态(5.39%)>有机结合态(1.66%)>水溶态(0.49%)>碳酸盐结合态(0.43%)>可交换态(0.38%),Zn的残渣态占总量的90%以上。Pb各形态的含量与Cu、Cr和Zn不同,各形态比例大小分别为铁锰氧化物结合态(34.30%)>残渣态(23.03%)>有机结合态(19.44%)>碳酸盐结合态(14.13%)>可交换态(5.70%)>水溶态(3.41%)。本研究结果与王其枫<sup>[6]</sup>、邱喜阳等<sup>[7]</sup>、郭朝晖等<sup>[8]</sup>、刘丰兴<sup>[9]</sup>的研究结果不完全一致,这可能与土壤类型、土壤pH值及有机质含量、颗粒组成、耕作方式等不同有关。

Cu、Cr和Zn以残渣态为主要存在形态,这符合土壤自然形成过程中重金属的大部分形态被结合在土壤矿物中以残渣态的形式存在<sup>[12]</sup>。残渣态重金属是一般存在于硅酸盐,原生和次生矿物等土壤晶格中,在自然界正常条件下不易释放,能长期稳定在沉积物中,不易为植物吸收。因此研究区内的Cu、Cr和Zn在正常条件下性对比较稳定。

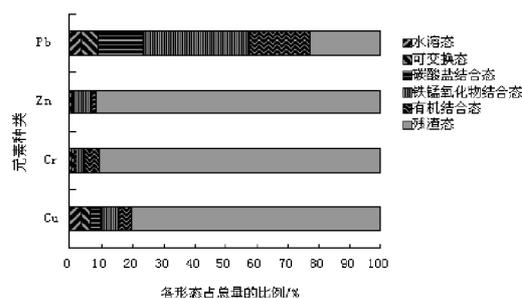


图2 不同形态含量占重金属总量的比例(%)

一般认为,水溶态重金属能被植物直接吸收利用,交换态重金属是最易被植物吸收的部分,水溶态和交换态重金属对环境变化敏感,易于迁移转化,因此土壤中可交换态和水溶态重金属是土壤重金属对生物有效性的主要贡献者<sup>[13]</sup>,碳酸盐结合态在土壤中pH较低时,容易发生迁移转化<sup>[14]</sup>,所以这三种形态为重金属的活性形态或者有效态。研究区Cu、Cr、Zn和Pb水溶态与交换态(二者之和)占总量的比例均低于10%,因此研究区内土壤中生物活性较强的交换态和

水溶态含量较低。Cu、Cr 和 Zn 的碳酸盐结合态的比例均小于 5%，而 Pb 的碳酸盐结合态的比例(14.13%)相对较高。有研究者将非残渣态(水溶态、可交换态、碳酸盐结合态、铁锰氧化物结合态和有机质结合态)作为易于被植物吸收的活性态,在一定程度上表示重金属对作物的有效性<sup>[5]</sup>。研究区土壤中 Cu、Cr 和 Zn 活性态分别占总量的 19.77%、9.20%和 8.34%，而 Pb 活性态占总量的 76.97%，在 4 种重金属元素中 Pb 的活性最高,对作物具有更大的潜在危害。

### 2.3 柠檬酸淋洗对 Pb 形态分布的影响

近年来,国内外学者从土壤重金属分布特征、迁移转化和形态等方面进行了有关土壤重金属污染的修复方法,化学淋洗被认为是一种高效去除高浓度重金属的方法,常用的淋洗剂有螯合剂、有机酸、表面活性剂等<sup>[6]</sup>,其中有机酸的淋洗受到了广泛的重视<sup>[7]</sup>。本研究以柠檬酸为淋洗剂,对柠檬酸淋洗的最佳条件进行了选择,探讨了在最佳的淋洗条件下,柠檬酸的淋洗对土壤中潜在危害较大的重金属 Pb 的形态分布的影响。

#### 2.3.1 柠檬酸最佳淋洗条件的选择

(1)柠檬酸的浓度对重金属去除率的影响:随着柠檬酸溶液浓度的增加,4 种重金属的去除率呈逐渐增大的趋势(图 3),在柠檬酸浓度大于 0.1 mol/L 时,4 种重金属的去除率增幅减缓而趋于稳定,因此选择 0.1 mol/L 为柠檬酸淋洗的适宜浓度。

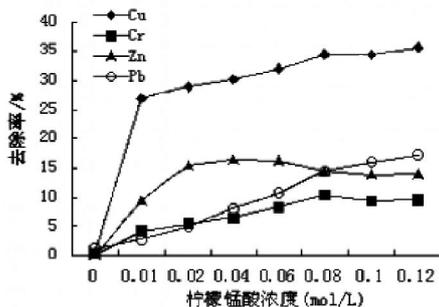


图 3 柠檬酸浓度与重金属去除率关系

(2)柠檬酸的 pH 对重金属去除率的影响:柠檬酸溶液 pH=3~5 时,4 种重金属的去除率逐渐增大(图 4)。当柠檬酸的 pH=5~6 的过程中,除 Cu 的去除率增大外,其余 3 种重金属的去除率均降低,当 pH=6~7 的过程中,4 种重金属的去除率均急剧下降。因此选择 pH=5 柠檬酸淋洗的适宜酸度。

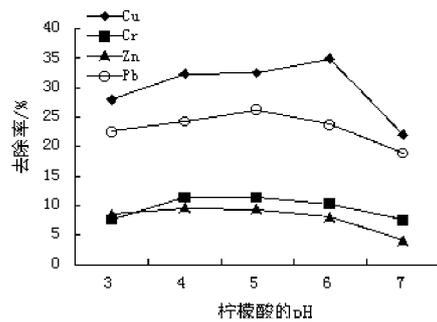


图 4 柠檬酸 pH 与重金属去除率关系

(3)淋洗时间对重金属去除率的影响:由图 5 可知,当柠檬酸淋洗时间在 180~1 440 min 时段内,4 种重金属的去除率均有增加,尤其 Pb 和 Zn 快速增加,因此选择淋洗时间选为 1 440 min(即 24 h)为最佳淋洗时间。柠檬酸淋洗最佳条件结果与邢宇等<sup>[11]</sup>的研究结果一致。

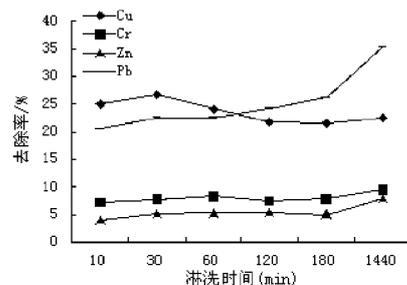


图 5 淋洗时间与重金属去除率关系

#### 2.3.2 柠檬酸淋洗前后 Pb 的形态分布

在柠檬酸浓度为 0.1 mol/L, pH=5, 淋洗时间为 24 h 的条件下, 探讨淋洗前后重金属 Pb 不同形态的变化。Pb 在淋洗前后各形态含量及占重金属总量的比例如表 1。Pb 在淋洗前各形态占总量的比例大小分别为铁锰氧化物结合态(34.30%)>残渣态(23.03%)>有机结合态 (19.44%)>碳酸盐结合态 (14.13%)>可交换态 (5.70%)>水溶态(3.41%)。柠檬酸淋洗后 Pb 各形态占总量的比例大小分别残渣态 (59.49%)>有机结合态 (15.61%)为铁锰氧化物结合态(12.87%)>碳酸盐结合态 (5.36%)>可交换态(4.66%)>水溶态(2.00%)。

表 1 柠檬酸淋洗前后 Pb 的形态分布特征

Pb	淋洗前		淋洗后	
	含量(mg/kg)	比例(%)	含量(mg/kg)	比例(%)
水溶态	2.87	3.41	1.09	2.00
可交换态	4.80	5.70	2.54	4.66
碳酸盐结合态	11.91	14.13	2.92	5.36
铁锰-结合态	28.91	34.30	7.01	12.87
有机结合态	16.38	19.44	8.50	15.61
残渣态	19.41	23.03	32.39	59.49

柠檬酸淋洗后重金属 Pb 总量的去除率为 35.39%，非活性态（残渣态）的比例由淋洗前的 19.49%增大至淋洗后的 59.49%，而活性态（水溶态、可交换态、碳酸盐结合态、铁锰氧化物结合态和有机质结合态）的比例由淋洗前的 76.97%减少至淋洗后的 40.51%。DiPalma L 等<sup>[18]</sup>指出，柠檬酸洗脱重金属主要是通过络合作用以及向土壤中输入 H<sup>+</sup>来改变土壤中重金属的赋存状态，使其从土壤解吸进入到溶液中，降低其有效性。

### 3 结论

土壤中 Cu、Zn、Cr、Pb 含量变化范围分别为 20.58~74.62、117.79~445.07、64.71~261.76 和 23.34~84.84 mg/kg，与国家《土壤环境质量标准》二级标准相比，47 个取样点中 Zn 和 Cr 超标率分别为 53.51%和 19.15%。Cu、Zn、Cr 和 Pb 平均含量分别为 46.01、247.69、154.42 和 58.74 mg/kg，均低于国家《土壤环境质量标准》二级标准限值。

土壤中 Cu、Cr 和 Zn 主要以残渣态存在，分别占总量的 80.23%、90.80%和 91.66%，Pb 各形态比例大小分别为铁锰氧化物结合态(34.30%)>残渣态(23.03%)>有机结合态(19.44%)>碳酸盐结合态(14.13%)>可交换态 (5.70%)>水溶态 (3.41%)。Pb 活性态占总量的 80.41%，在 4 种重金属元素中 Pb 的活性最高，对作物具有更大的潜在危害。

土壤经过柠檬酸（浓度为 0.1 mol/L，pH=5，震荡时间为 24 h）的淋洗，重金属 Pb 总量的去除率为 35.39%，非活性态（残渣态）的比例由淋洗前的 23.03%增大至淋洗后的 59.49%，而非残渣态（水溶态、可交换态、碳酸盐结合态、铁锰氧化物结合态和有机质结合态）的比例由淋洗前的 76.97%减少至淋洗后的 40.51%，降低了 Pb 的生物活性。

武夷山上梅乡生态蔬菜基地土壤中 Cu、Zn、Cr、Pb 平均含量未达污染水平，Cu、Zn、Cr 在正常条件下相对比较稳定，但 Pb 活性态的比例较高，对作物具有较大的潜在危害。建议相关部门及时采取措施，减小 Pb 对当地蔬菜及居民的潜在危害。

### 参考文献:

- [1] Liu C C, Lin Y C. Reclamation of copper-contaminated soil using EDTA or citric acid coupled with dissolved organic matter solution extracted from distillery sludge [J]. Environmental Pollution, 2013(178):97-101.
- [2] Wong C S C, Wu S C, Duzgoren-Aydin N S, et al. Trace metal contamination of sediments in an e-waste processing village in China [J]. Environmental Pollution, 2007, 145 (2): 434-442.
- [3] 姜盛君, 秦樊鑫, 李存雄, 等. 贵州菜园土壤重金属赋存形态分布及生物有效性分析 [J]. 贵州农业科学, 2010, 38(4):92-95.
- [4] 钟晓兰, 周生路, 赵其国. 城乡部土壤污染及其生态环境效应 [J]. 土壤, 2006, 38(2):122-129.
- [5] Sastre J, Hernandez E, Rodriguez R, et al. Use of sorption and extraction tests to predict the dynamics of the interaction of trace elements in agricultural soils contaminated by amine tailing accident [J]. Science of the Total Environment, 2004, 3(29):261-281.
- [6] 王其枫. 广东省主要菜地土壤重金属形态分级研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2012.
- [7] 邱喜阳, 马淞江, 史红文, 等. 重金属在土壤中的形态分布及其在空心菜中的富集研究 [J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2008, 23(2):125-127.
- [8] 郭朝晖, 宋杰, 肖细元, 等. 有色矿冶区污染蔬菜土壤中重金属活性 [J]. 中南大学学报(自然科学版), 2009, 40(21):12-18.
- [9] 刘丰兴. 环境因素对菜园土壤重金属形态及活性的影响 [D]. 厦门: 集美大学, 2010.
- [10] TESSIER A, CAMPBELL P G C, BISSON M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals [J]. Analytical Chemistry, 1979, 51(7):844-851.
- [11] 邢宇, 党志, 孙贝丽, 等. 柠檬酸淋洗去除电子垃圾污染土壤中的重金属 [J]. 化工环保, 2014, 34(2):110-113.
- [12] 郭观林, 周启星. 污染黑土中重金属的形态分布与生物活性研究 [J]. 环境化学, 2005, 4(4):383-388.
- [13] WANG Xiao-ping, SHAN Xiao-quan, ZHANG Shu-zhen, et al. A model for evaluation of the phytoavailability of trace elements to vegetables under the field conditions [J]. Chemosphere, 2004, 55(6):811-822.
- [14] 郭平, 谢忠雷, 康春莉, 等. 利用化学萃取法研究长春市土壤重金属化学形态及其影响因素 [J]. 吉林大学学报(理学版),

- 2005,43(1):116-120.
- [15] 王昌全,代天飞,李冰,等.稻麦轮作下重金属形态特征及其生物有效性[J].生态学报,2007(3):889-897.
- [16] Yan D Y S, Lo I M C..Pyrophosphate coupling with chelant-enhanced soil flushing of field contaminated soils for heavy metal extraction[J].Journal of Hazardous Materials, 2012,199(200):51-57.
- [17] 徐仁扣,肖双成,李九玉.低分子量有机酸对两种可变电荷土壤吸附铜的影响[J].农业环境科学学报,2004,23(2):304-307.
- [18] DiPalma L, Mecozzi R. Heavy metals mobilization from harbour sediments using EDTA and citric acid as chelating agents[J].Journal of Hazardous Materials,2007,147 (3):768-775.
- (责任编辑:华伟平)

## Content and Chemical Speciation of Heavy Metals in Vegetable Soils in Shangmei Town Wuyishan City

LI Ling<sup>1,2</sup>, TANG Hui<sup>3</sup>, ZHANG Yu<sup>4</sup>, YU Biao<sup>1,2</sup>, CHEN Wenlong<sup>1,2</sup>

- (1.Fujian Provincial Key Laboratory of Eco-Industrial Green Technology, Wuyishan, Fujian 354300;  
2. College of Ecology and Resource Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300;  
3.School of Foreign Studies, Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723003;  
4.College of Architecture and civil Engineering, Wuyi University, Wuyishan 354300)

**Abstract:** By means of the BCR-sequential extraction procedure, the chemical speciation of heavy metals (Cu, Cr, Pb and Zn) of forty seven top soil samples in ecological vegetable base from Shangmei town Wuyishan city was analyzed in this paper. And the content change of Pb forms was investigated after citric acid washing. The research results show that : (1)The average contents of Pb, Zn, Cr and Cu in soil were 46.01, 247.69, 154.42 and 58.74 mg/kg, respectively. Soil heavy metal contents were in the range of the secondary grade standard of National Soil Environmental Quality; (2)Heavy metal Cu, Zn and Cr was mainly associated with residual fraction, and the residual fraction of Cu, Zn and Cr accounted for 80.23%, 90.80% and 91.66% of the total heavy metal content, respectively. The different fraction of Pb was ranked as follows: Fe-Mn oxide(34.30%)> residual (23.03%)> organic (19.44%)> carbonate(14.13%)> exchangeable(5.70%)> water soluble (3.41%)。 The percent of Pb active form was high to 76.97%. (3)The removal rates of Pb is 35.39% under the conditions of citric acid solution concentration 0.1mol/L, citric acid solution pH 5 and washing time 24 hours. The percent of residual form was 23.03% increasing to 59.49%, and the percent of active form in total content was 76.97% decreasing to 40.51% in total content after citric acid washing.

**Key words:** heavy metal; chemical speciation; BCR-sequential extraction procedure; Wuyishan City

# 多花山竹子扦插繁殖技术研究

李肇锋, 周俊新, 黄华明, 余荣卓, 钱永平, 黄梓良, 郑郁善

(福建林业职业技术学院, 福建 南平 353000)

**摘要:**对多花山竹子扦插育苗采用 L16(45) 正交试验设计法, 探讨不同插穗类型、激素种类浓度及扦插基质对多花山竹子在平均生根率、平均根系数及平均苗高上的影响差异。结果表明: 采用无顶芽主枝及无顶芽侧枝作为插条, 置于 300  $\mu\text{g/mL}$  的 IBA 中浸泡 1 h, 而后扦插于腐殖质土中, 平均生根率高达 92.3% 且苗木生长发育情况最佳。对各因素处理水平进行多重比较显著性检验, 试验结果表明, 激素浓度是影响其平均生根率的最主要因素, 且该试验结果表现为 5% 水平上差异具有统计学意义。

**关键词:**多花山竹子; 扦插育苗; 繁殖技术; 正交试验

**中图分类号:** S723.132.1    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1674-2109(2015)12-0007-05

多花山竹子 (*Gareinia multiflora* Champ.ex Benth. Khamp.) 为藤黄科 (*Guttiferae*) 藤黄属 (*Gareinia*) 常绿小乔木, 又名山桔子、竹桔子、木竹子、山枇杷等, 高达 20 m。花期 4~5 月, 花数朵组成聚伞形再排成总状或圆锥花序, 顶生, 花橙黄色, 浆果近球形; 多花山竹子叶片对生、革质, 呈矩圆状倒卵形或倒卵状矩圆形, 顶端短渐尖或急尖, 基部楔形、全缘, 碧绿富有光泽。其属热带树种, 主要分布于南岭以南至华南、西南, 适应性强, 即福建、江西、四川、云南等海拔低于 2 000 m 山区, 伴生树种, 位居天然林中的第 2、3 层。该树种适应性强, 喜肥沃、深厚、湿润酸性土壤, 若种植地水肥条件较好, 则生长迅速, 其 6 a 胸径即可达 5~6 cm、树高 5 m 以上, 且开花结实正常, 其果实味酸甜, 可食, 种子中所含油, 可用于制作肥皂及润滑油, 根、果皮及树皮可提炼栲胶, 亦可入药, 具消肿收敛、止痛之功效。因多花山竹子枝叶浓密, 树形呈圆柱状, 枝条着生

角度小, 外观紧凑优美, 且病虫害很少, 抗性强, 养护管理简单粗放, 较外来树种栽培亦易成活, 是珍贵的园林绿化树种和观形观叶植物, 常可用于行道树绿化、花坛疏植及园林绿地绿化。大量使用不仅可令园林绿化建设养护成本及总造价降低, 且能使城市生态系统稳定性增强<sup>[1-2]</sup>。

种子育苗是多花山竹子的常用育苗方式, 但无性繁殖方式——扦插繁殖相对于播种繁殖应用前景广阔, 且与其余无性繁殖手段相比, 材料来源广、操作简单方便、繁殖系数高、育苗周期短、成本低, 关键是不会发生变异, 能保留母本的优良性状<sup>[3]</sup>。目前, 多花山竹子在扦插繁育方面相关研究鲜有报道, 因而本试验以多花山竹子为材料, 进行植物生长调节剂种类、浓度, 插条不同处理方式及扦插基质等方面试验, 不仅为建立和完善多花山竹子扦插繁殖方面提供科学理论基础, 同时对多花山竹子在优良种质资源保存及无性系选择利用方面亦有重要意义<sup>[4-9]</sup>。

收稿日期: 2015-10-24

基金项目: 福建省林业厅关于下达 2012 年度林业科研和标准化项目计划的通知 (闽林科 [2012] 2 号)

作者简介: 李肇锋 (1966-), 男, 汉族, 副教授, 主要从事森林培育与森林生态研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验场地设置于福建林业职业技术学院江南校

区林学系教学实训基地的育苗大棚内,同时为方便试验处理,对人工垒砌的固定长形插床(高 20 cm,宽 120 cm),填装基质后划渠区分,每块区域扦插 1 种试验处理,插条 100 株。插床外搭设遮阳小拱棚并覆膜以保温保湿。扦插周边场地环境采用 1 000 倍百菌清喷施消毒。

1.2 试验时间

该试验研究于 2015 年 5 月开始,扦插枝条剪取时间为 5 月中旬的阴天或清晨,因此时取得的枝条空气湿度大,含水量多,新鲜度高,扦插成活率高。

1.3 试验材料

扦插母株取自于福建省三明市梅列区的瑞云山上,在母本植株种选取向阳生长、长势健壮、节间发育均匀、无病虫害的枝条,剪取约 30~80 cm 长。从取回的枝条上剪取插穗(粗 0.3~0.5 cm、长 8 cm),插穗上端在节上 1 cm 位置平剪,下端斜剪成 45°,除去插穗上多余叶片,剩余 1~2 片叶,叶面积留取 2/3。待插穗处理完成后,全数混合后再按 100 株 1 组捆扎备用。

1.4 试验设计

该试验采用正交试验设计,即 4 水平 5 因素 16 处理,每种处理 100 根插穗并进行 3 次重复试验。植物生长调节剂中 200 μg/mL 处理 1.5 h,300 μg/mL 处理 1 h,500 μg/mL 处理 30 min,750 ppm 处理 10 min,并以清水为空白作对照。不同插条、不同种类浓度植物生长调节剂、不同基质及清水为空白作对照处理的  $L_{16}(4^5)$  试验因子水平及正交组合设计见表 1-2。

表 1 正交试验因子及水平

因子	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4
插穗类型	带顶芽主枝	无顶芽主枝	带顶芽侧枝	无顶芽侧枝
激素类型	IBA	NAA	ABT1	ABT3
激素浓度	200 μg/mL	300 μg/mL	500 μg/mL	750 μg/mL
基质类型	河沙	黄泥土	腐殖质土	田园土
CK	清水空白对照			

表 2 正交设计表  $L_{16}(4^5)$

处理号	第 1 列	第 2 列	第 3 列	第 4 列
1	带顶芽主枝	IBA	200	河沙
2	带顶芽主枝	NAA	300	黄泥土
3	带顶芽主枝	ABT1	500	腐殖质土
4	带顶芽主枝	ABT3	750	田园土
5	无顶芽主枝	IBA	300	腐殖质土
6	无顶芽主枝	NAA	200	田园土
7	无顶芽主枝	ABT1	750	河沙
8	无顶芽主枝	ABT3	500	黄泥土
9	带顶芽侧枝	IBA	500	田园土
10	带顶芽侧枝	NAA	750	腐殖质土
11	带顶芽侧枝	ABT1	200	黄泥土
12	带顶芽侧枝	ABT3	300	河沙
13	无顶芽侧枝	IBA	750	黄泥土
14	无顶芽侧枝	NAA	500	河沙
15	无顶芽侧枝	ABT1	300	田园土
16	无顶芽侧枝	ABT3	200	腐殖质土

1.5 扦插后苗床管理

在各处理插穗扦插完成后,在插床上做好标记,采用木、竹等材料搭设塑料覆膜小拱棚,并定期进行喷水,保持棚内相对湿度为 80%~95%,在高温的夏季则加盖 70%遮荫网以降温,令棚内温度控制在 32℃及以下。

2 数据收集处理

扦插 90 d 后开始观察每种处理的 3 组重复试验所得平均生根率(%)、平均根系数(条),平均根长(cm)并测定平均苗高(cm)。

各指标数据收集方法如下:

(1) 生根率(%):生根插条/总插条×100%;

(2) 根系数(条):取每种处理健壮扦插成活苗 10 株根系总量平均值;

(3) 平均苗高(cm):取每种处理健壮扦插成活苗 10 株苗木高度总和平均值;

(4) 枯死率=已发根及未发根枯死插穗/扦插总数;

本试验所得的数据,采用 DPS 专业版数据处理系统及办公软件 Excel 进行分析与处理。

3 结果与分析

不同插条、不同种类浓度植物生长调节剂及不同基质处理的扦插生根情况,具体观察调查结果列表 3。

表 3  $L_{16}(4^5)$  正交试验结果

苗木生长 情况	处 理 号															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
平均生根率(%)	67.3	85.0	35.5	69.0	92.3	63.0	70.3	35.3	45.0	81.0	60.3	72.0	78.3	52.3	73.0	57.0
平均根系数(条)	9.0	13.3	3.6	9.5	13.0	8.6	10.3	2.8	6.2	12.7	7.8	11.4	12.5	6.7	11.0	7.2
平均苗高(cm)	11.3	17.5	9.2	12.3	18.8	11.3	13.2	8.7	9.3	17.0	10.9	14.1	16.3	9.5	15.7	10.2
平均地茎(cm)	0.411	0.525	0.346	0.422	0.563	0.405	0.432	0.315	0.376	0.483	0.402	0.451	0.474	0.392	0.456	0.396
平均根长(cm)	7.8	13.5	5.2	9.7	14.8	8.9	10.4	6.8	7.4	13.7	8.3	10.7	12.3	7.8	11.9	7.9
枯死率(%)	25.0	8.0	45.0	21.0	5.0	27.0	18.0	52.0	35.0	10.0	29.0	17.0	10.0	33.0	15.0	32.0

表 4 平均生根率极差分析

因素	总 和				均 值				极小值	极大值	极差 R	调整 R'
	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4				
插穗类型	256.8	260.9	258.3	260.6	64.2	65.2*	64.6	65.2*	64.2	65.2	1.0	0.9
激素类型	282.9	281.3	239.1	233.3	70.7*	70.3	59.8	58.3	58.3	70.7	12.4	11.2
激素浓度	247.6	322.3	168.1	298.6	61.9	80.6*	42.0	74.7	42.0	80.6	[38.6]	34.7
基质类型	261.9	258.9	265.8	250.0	65.5	64.7	66.5*	62.5	62.5	66.5	4.0	3.6

注:\*表示各处理因子水平均值最大值,[ ]表示极差 R 最大值

据上述表 3 试验观察数据可知,处理 5 即对采用无顶芽主枝,在 300  $\mu\text{g/mL}$  IBA 中浸泡处理 1 h 后,扦插于腐殖质中,插条平均生根率最高,达 92.3%,平均根系量较其余处理亦较高,苗木生长平均高度及地茎等生长量情况亦达最佳;而处理 8 即对无顶芽主枝采用 500  $\mu\text{g/mL}$  IBA 生根剂浸泡 30 min 后扦插于腐殖质中,平均生根率最低即 35.3%,插条平均根系量及苗木高度等生长指标状况最差。

采用 DPS v7.05 对试验所得各处理平均生根率进行极差分析,所得结果如上述表 4。各因子水平均值大小是最佳做法用量的体现,因而,对于多花山竹子扦插,无顶芽主枝及侧枝最适宜做为扦插繁殖插穗使用。同时,使用 IBA 作为外源激素种类,激素使用浓度 300  $\mu\text{g/mL}$ ,使用腐殖质土作为扦插基质可令扦插平均生根率及苗木生长情况最佳。

表 4 中极差 R 值大小表明,插穗类型、激素类型、激素浓度及基质类型该 4 种因素对多花山竹子平均生根率的影响主次关系为:激素浓度>激素类型>基质类型>插穗类型。该试验结论可从下表 5 平均生根率方差分析结果中得到相互论证。

表 5 平均生根率方差分析

处理因子	生根率(%)		
	平方和	自由度	均方
插穗类型	2.9	3.0	1.0
激素类型	531.2	3.0	177.1
激素浓度	3491.9	3.0	1164.0**
基质类型	33.9	3.0	11.3

注:\*\*表示差异具有高度统计学意义。

表 6 激素浓度各水平间 Tukey 法多重比较分析

Tukey 法多重比较(下三角为均值差,上三角为显著水平)					
水平	均值	2	4	1	3
2	80.575 0	—	0.496 1	0.045 4	0.005 9
4	74.650 0	5.925 0	—	0.119 3	0.009 5
1	61.900 0	18.675 0	12.750 0	—	0.038 4
3	42.025 0	38.550 0	32.625 0	19.875 0	—
字母标记表示结果					
水平	均值	5%显著水平		1%极显著水平	
2	80.575 0	a		A	
4	74.650 0	ab		A	
1	61.900 0	b		AB	
3	42.025 0	c		B	

据表5、表6可知,对各因素的处理水平进行多重比较显著性检验,试验结果表明,4种处理因子,仅因子2(激素浓度)在各处理水平间表现为5%水平上及1%水平上显著差异,其余3种因素各处理水平间差异性不显著。因而,对于多花山竹子来说,激素浓度是影响其平均生根率的最主要因素。在4种激素浓度水平上,300  $\mu\text{g}/\text{mL}$  激素使用与750  $\mu\text{g}/\text{mL}$  使用浓度在1%水平上差异不显著,而此两种浓度与200  $\mu\text{g}/\text{mL}$  及500  $\mu\text{g}/\text{mL}$  存在极显著差异,因而,若考虑产业化生产,从经济角度上以300  $\mu\text{g}/\text{mL}$  为最佳使用浓度,而500  $\mu\text{g}/\text{mL}$  使用浓度最不宜多花山竹子扦插生根。

表7 试验各处理间 Tukey 法多重比较分析

处理号	平均生根率(%)	5%显著水平	1%极显著水平
5	92.3	a	A
2	85.0	ab	A
10	81.0	ab	A
13	78.3	ab	A
15	73.0	ab	A
12	72.0	ab	A
7	70.3	ab	A
4	69.0	ab	A
1	67.3	ab	A
6	63.0	ab	A
11	60.3	ab	A
16	57.0	ab	A
14	52.3	ab	A
9	45.0	ab	A
3	35.5	b	AB
8	35.3	b	AB

表7试验结果表明,采用不同类型扦插枝条(带顶芽主枝、无顶芽主枝、带顶芽侧枝、无顶芽侧枝)进行不同种类(IBA、NAA、ABT<sub>1</sub>、ABT<sub>3</sub>)浓度(200、300、500、750  $\mu\text{g}/\text{mL}$ )植物生长调节剂处理后,并扦插于4种不同基质(河沙、黄泥土、腐殖质土、田园土)中,对多花山竹子在扦插平均生根率的作用影响表现为5%及1%水平上差异,处理8(无顶芽主枝+500  $\mu\text{g}/\text{mL}$  ABT<sub>3</sub>+黄泥土)及处理3(带顶芽主枝+500  $\mu\text{g}/\text{mL}$  ABT<sub>1</sub>+腐殖质土)两种处理与其他处理间有极显著差异,特别是与处理5(无顶芽主枝+300  $\mu\text{g}/\text{mL}$  IBA+腐殖质土)差异更为明显。因而,此两种处理最不宜作为多花山竹子扦插生根使用,而处理5为最佳使用配方。

## 4 讨论

扦插生根与植物本身内源激素,抑制剂以及营养水平密切相关,而外源激素的处理可进一步提高其内源激素水平并使 IAA 氧化酶及过氧化酶活性增强,从而促进植物体内淀粉溶解及糖类代谢,进而促使营养物质增加并向插穗基部运输,为插穗切口细胞分裂分化及根源基的形成提供必需的能量,从而促进根系形成。

生长素 IBA、NAA 是植物进行扦插繁殖常用生根剂,本文以 IBA、NAA、ABT<sub>1</sub> 及 ABT<sub>6</sub> 作为多花山竹子扦插生根剂,试验结果表明,IBA 为最适宜生长素,原因可能是由于 IBA 在植物体内稳定性更强,不易被降解,运输速度慢,在插穗基部作用时间长且毒性小等,从而促使插穗生根能力更佳。

同时在扦插育苗激素处理时,激素使用浓度应不宜太高亦不宜太低,且每种激素相对于不同植物来说,所适用的激素浓度不同,因而若要找到合适的激素浓度处理,必须进行多次重复试验方可验证。本试验结果表明,生长素浓度过高会降低插条生根率,而过低则生根效果不明显,500  $\mu\text{g}/\text{mL}$  为最佳使用浓度,该试验结果可能与植物体内溶液渗透压相关。

## 参考文献:

- [1] 翟学昌,宋墩福,彭丽,等.乡土树种多花山竹子育苗技术[J].林业使用技术,2009(9).
- [2] 王英强,冯颖竹.多花山竹子种子萌发及其幼苗生长分析[J].仲恺农业技术学院学报,1999,12(2):19-25.
- [3] 兰彦平,顾万春.林木无性繁殖研究进展[J].吐界林业研究,2002,15(6):7-13.
- [4] 许晓岗,赵九州,童丽丽,等.生长调节剂对木本花卉扦插生根的影响机理[J].江西林业科技,2006,(1):33-36.
- [5] 李继华.扦插的原理与应用[M].上海:上海科学技术出版社,1987.
- [6] 梁玉堂,龙庄如.树木营养繁殖原理和技术[M].北京:中国林业出版社,1989,78-94.
- [7] 谢艳.ABT生根粉应用技术[J].烟台果树,2006(1),55-55.
- [8] 詹小平.关于扦插生根的几个问题[J].陕西师范大学成人教育学院学报,1999,16(4):90-93.

- [9] 郑均宝. 树木的营养繁殖 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1987.  
1989,66-73.
- [10] 徐华忠. 不同基质对红叶石楠插穗生根的影响[J]. 安徽农学通报,2007,13(17):66-68.
- [11] 李继华. 扦插的原理与应用[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987.
- [12] 陈四维,徐继忠. 茎插条中不定根的起源与发育[J]. 河北农业大学学报,1987,10(3):86-89.
- (责任编辑:夏婷婷)

## On Cuttage Seedling Technique of *Gareinia Multiflora* Champ.ex Benth.Khamp

LI Zhaofeng, ZHOU Junxin, YU Rongzhuo,  
QIAN Yongping, HUANG Ziliang, ZHENG Yushan  
(Fujian Forestry Vocational & Technical College, Nanping, Fujian 353000)

**Abstract:** By adopting  $L_{16} (4^5)$  orthogonal test in cuttage seedling of *Gareinia multiflora* Champ. ex Benth. Khamp, an experiment was conducted to probe how the different cuttings, hormone concentration and base material of cottage influence the seedling's average rooting rate, rooting coefficient and seedling height. The results of the experiments are as follows: Adopt apical-bud-removed bough and apical-bud-removed lateral branch as cuttings, for one-hour soak in 300  $\mu\text{g/mL}$  IBA then to stick in humus soil, the average rooting rate reach up to 92.3% and the nursery-grown plants grow best; hormone concentration is the most significant factor and there is a significance level of difference which is 5%.

**Key words:** *Gareinia multiflora* champ.ex benth.khamp; cuttage seedling; propagation technique; orthogonal test

# 福州市清凉山山地公园改造规划设计

赵君<sup>1</sup>, 林征<sup>2</sup>, 杨茜<sup>1</sup>, 朱晓玥<sup>1</sup>, 黄启堂<sup>1</sup>

(1.福建农林大学 园林学院, 福建 福州 350002; 2.福建省林业勘察设计院, 福建 福州 350000)

**摘要:**以清凉山城市山地公园改造规划设计为例,在对清凉山区位特征、自然特征、生态环境和建设现状调查的基础上,从规划设计理念、规划设计策略、规划设计结构、规划设计原则出发,分别对公园的景观功能、道路交通、景观竖向、林相改造等方面提出具体的规划设计策略,实现清凉山城市山地公园规的规划设计目标。

**关键词:**城市山地公园;规划设计;清凉山

**中图分类号:**TU986.52      **文献标识码:**A      **文章编号:**1674-2109(2015)12-0012-05

随着福州城市建设的不断发展,福州城市的局部空间也在发生着改变,城市建筑、硬质景观面积不断扩大,而绿地面积却没有同比增加,在福州这个多山地区,受到地形条件限制,没有大面积的开阔平地可供营造城市公园,因势利导,可利用山体作为城市绿地系统规划的重要部分,丰富城市绿地空间形式,使其成为有效的城市生态群落和休闲场地,应属城市山地公园<sup>[1]</sup>。

山地公园是指场地以山体为主、地形地貌起伏较大、呈脉状分布、坡度陡、以山地景观和山地地域文化为主的公园绿地<sup>[2-8]</sup>。福州市清凉山山地公园建设是马尾新城绿地系统建设的重要组成部分,是新区的城市生态公园。在城市中加强绿地的设置具有很好的生态保护和生态平衡的作用。因此实现“福州旅游城市、最宜居城市”也成为清凉山山地公园建设的主要目标。项目建设对完善马尾区自然生态环保、促进科学、经济与自然协调发展,提高居民生活质量有重要作用。

收稿日期:2015-06-09

基金项目:林业公益性行业科研专项经费(201404314-4538)。

作者简介:赵君(1989-),女,汉族,硕士研究生,主要从事园林规划设计研究。

通讯作者:黄启堂(1963-),男,汉族,教授,主要从事园林植物和观赏园艺研究。

## 1 现状分析

### 1.1 区位及项目概况

福州位于中国福建省东部、闽江下游沿岸,是中国东南沿海重要的贸易港口和海上丝绸之路的商贸门户,也是海西现代金融服务业的中心。清凉山位于福州东部新城三江口处,是水面交通、动车、高速公路进入福州城区的重要门户区,在三江口东部新城、马尾新城和长乐新城及三江山水关系中具有重要意义。清凉山在《福州市总体规划》中,是“福州主城——现代山水城市——东部新城——滨海新城”城市发展轴线上的重要一环。《城市绿地系统规划概况》清凉山是福州市城市绿地系统中“大象山—清凉山—城门山”绿楔的重要组成部分。定性为山地型全市性综合公园,功能以山地运动、健康休闲、登高揽胜为主。《生态福州总体规划》清凉山——乌龙江是重要的生态节点之一清凉山公园山体总面积约 310 hm<sup>2</sup>; 规划面积约 95 hm<sup>2</sup>。

### 1.2 清凉山现状景观分析

清凉山公园原名“华夏世纪园”,历史已久,山上配套设施不健全,较为破败。公园现状南北两侧是生态保育林,分别为马尾松林与相思林,公园现状有一条主干道,两条次干道,原主入口是公园主干道直接

连接到福峡路,连接处只有一个小广场,缺乏较好的集散功能。公园现状仅有三个集散广场,分别是入口与福峡路交接处有一个小型集散空间,清凉顶有较开阔的观景平台,原东入口的采石场。

### 1.3 清凉山山体植被现状

清凉山现状植被类型主要为中亚热带常绿针阔叶混交林(相思林 60.95 hm<sup>2</sup>;马尾林 19.08 hm<sup>2</sup>;混交林 133.37 hm<sup>2</sup>), 中亚热带灌木林、草丛(灌木林约 20.85 hm<sup>2</sup>;自然草地 23.75 hm<sup>2</sup>;芦苇 8.6 hm<sup>2</sup>),经济果林(桔、龙眼约 46.43 hm<sup>2</sup>)。且树种单一、结构不合理、林相单调、缺乏季相变化,未能满足人们对森林资源景观的观赏要求。

## 2 规划设计理念与布局

### 2.1 规划设计理念

以“城江一揽,山花溢彩”为主题,“城”为榕城,“江”为马尾三江口,“城江一揽”就是登高望景,感受城市人文与大自然生态气息;“山花”为清凉山上山体花海,“山花溢彩”指清凉山上丰富的山体季相变化。本着城市人文、自然生态、人工景观之间相协调的设计思想理念,注重生态景观与人文景观的相互交融,在人工景观与生态景观之间寻求保护与开发的平衡点,让城市的喧嚣在大自然中得到归隐、升华(如图 1、2)。

### 2.2 规划设计策略

#### 2.2.1 植被提升与改造

林相改造与花满榕城的主题相呼应,形成四季变化的、成规模的、成格局的、丰富多样植物景观。特别是杜鹃花海,力求打造福州市区第一山地花海公园。

#### 2.2.2 强化重要节点的空间结构

山顶现状几处荒废的场所,揭示了世人对空间选址的共识,我们延续着前人的脚步,再放眼三江口的未来,提炼清凉山的重要节点,创造未来山、水、城的最佳景观体验处。

#### 2.2.3 “巅峰绿道”形成

绿道依山而建,形成了独一无二的“巅峰绿道”,改造公园内现有车行道,实现车行道与游步道的分离,多级路网并存,满足各种需求。



图 1 清凉山城市山地公园规划设计总平面图

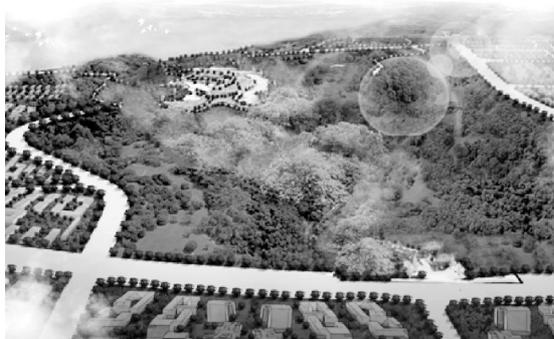


图 2 清凉山城市山地公园鸟瞰图

### 2.3 景观规划设计结构

清凉山山地公园景观结构围绕“一心、一轴、两廊、五片区、多楔”进行布局。“一心”指清凉山山顶核心景观区,通过现代景观手法融合清凉山原有文化形成的主要观赏景观。

“一轴”指贯穿公园东西的景观道路,轴线两侧揽括了所有的景观区。“两廊”指作为公园自然水环境背景环抱于公园的两条水轴,闽江与乌龙江。“五片区”指清凉山公园入口景观区、马尾松保育林区、相思林保育林区、清凉寺景观区、花海景观区五个主要区域。“多楔”指清凉山公园周围多个公园绿楔。

### 2.4 规划设计原则

#### 2.4.1 实用性原则

坚持“以人为本”原则,通过结合城市居住区、商业圈的分布以及市民们的活动情况,了解不同类型的服务对象和生活习惯,一切从人的生存、生活、健康、审美等需求出发,科学的进行公园的功能分区和游览路线的设计,布置适宜的服务、游憩设施,创造满足人为需求和心理需求的生态环境。

#### 2.4.2 生态性原则

以景观生态学原理为指导,就地取材,顺应自然,以自然美为基础,创造园林艺术美,构建生态的城市山地公园<sup>[9]</sup>。规划不仅要充分发挥公园的景观作用,也应保护其生态环境,通过采取各种技术手段和措施,促进人与自然是和谐相处。将人文景观和自然景观进行最大的融合,实现整体的协调和统一。

#### 2.4.3 地方性原则

有诗云“造园如作诗文,必使曲折有法,前后呼应,最忌堆砌,最忌错杂,方称佳构”,道出了造园其精髓<sup>[10]</sup>。每个公园都应有展现其特色文化的主题和内涵,因而,在设计中充分挖掘地方文化,激发地域情感,选择“榕”、“茉莉花”等具有福州文化特色的题材进行景观营造,以求能满足人的行为心理和情感,同时也增加了公园的文化性和可读性。

#### 2.4.4 功效性原则

功效性原则主要指功能、经济、生态效益的多样性。山地公园的景观设计不仅限于改善城市的自然环境,还应满足各种休闲娱乐、观光游览、科普教育等各种功能,实现功能、经济、生态效益的共同发展,使公园既是适合市民需求的公共开放活动空间,同时也是游客参观游览的综合性休闲胜地。

### 3 总体布局

#### 3.1 景观功能分区

##### 3.1.1 “入口引导区”

入口设计利用原有山势,营造变化多样的台地景观,场地设计尊重自然地貌,塑造了丰富生动的山地活动空间,提升了游人的游赏乐趣。西入口服务建筑依山而建,建筑形态溶于自然之间,与景观空间形成了独具特色的山地公共空间,广场采用平面构成手法,大线条分隔场地,并间隔设置绿地与硬地,使入口景观生动活泼(如图3)。东入口为一个废石场,和外围的城市主干道存在高差,充分利用其原有场地,将服务建筑掩于山体中,入口的设计以杜鹃花朵为蓝本,巧妙的融入景观,利用其很好的处理了城市主干道与场地之间地形的高差问题(如图4)。



图3 清凉山城市山地公园西侧入口效果图



图4 清凉山城市山地公园东侧入口效果图

##### 3.1.2 “生态保育林区”

将清凉山植被保护类型分为三种:以相思林为主的乡土植被恢复型、生态景观型、生态保护型;以相思林为主的乡土植被恢复型是植被恢复的核心区,主要措施是保留原有的相思林地,增加山乌柏(*Sapium sebiferum*)、香樟(*Cinnamomum bodinieri*)、榕树(*Ficus microcar*)、黄连木(*Pistacia chine*)、大花紫薇(*Lagerstroemia speciosa*)、福建山樱花(*Cerasus campanulata*)等乡土植物种类;生态景观型生态保护型是保留生长良好的马尾松林与果林,套种或间种常见的乡土植物,发展成为松涛林与观赏性果园,尽量减少人为干扰,以龙眼(*Dimocarpus longan*)、柿子树(*Diospyros kaki*)、柑橘(*Citrus reticulata*)、山乌柏、枫香(*Liquidamba formosana*)、红叶李(*Prunus cerasifera* f. *atropurpurea*)、桂花(*Osmanthus fragrans*)、黄连木、大花紫薇、福建山樱花等乡土植物为主,打造红叶树林,有机自然、佳果荟萃,强烈视觉冲击,感受层林绚秋秋日气息;生态保护型是指生态景观型是以杜鹃花为主的山顶花海,以红色为基调,配置茶梅(*Camellia sasanqua*)、茉莉花(*Jasminum sambac*)、桂花、木棉(*Bombax malabaricum*)、山茶(*Camellia japonica*)、红叶李、碧桃(*Amygdalus persica* var. *persica* f. *duplex*)、三角梅(*Bougainvillea glabra*)、白玉兰(*Michelia alba*)、紫玉兰(*Magnolia liliflora*)等观赏树种,使之达到生态功能与景观功能协调统一。在观景点良好的区域设有休闲观景平台,

配合穿梭在林中的休闲步道,迎合市民登山健身需要与观景。

### 3.1.3 “溪流穿越区”

与动态水互动,设有环溪生态栈道、观景平台,清凉山顶上的“烧香祈福”一直方兴未艾,清凉寺背山面水的坐落于此,该区域以历史悠久的清凉寺为核心,清泉叠溪、钓鱼台、茉莉花田、临水木平台、茶田等内容,点缀于山谷中的清新淡雅茉莉花(*Jasminum sambac*)花田与茶田,映衬陪伴着清凉寺的禅静自得。

### 3.1.4 “杜鹃花海区”

作为清凉山名片,有赏花、摄影基地、露营、科教等功能,还为鲜花副产品体验区提供材料。该区块包含了杜鹃花海、绿色建筑、婚庆广场、清凉工坊鲜花饼体验中心等内容,以毛鹃(*Rhododendron pulchrum*)、比利时杜鹃(*Rhododendron hybrida*)、西鹃(*Rhododendron sp.*)、云锦杜鹃(*Rhododendron fortunei*)、黄杜鹃(*Rhododendron molle*)、山乌桕(*Sapium sebiferum*)等植物为主,花田交错,强烈视觉与嗅觉的冲击,在这里可以站在绿色建筑观赏三江口美景,穿梭杜鹃花海,享受初春的生机盎然,是游客写花、画花、唱花、摄影、研究花的最佳场地。改造山上原有的清富村为鲜花饼制作体验中心和服务于公园的配套设施,让游客可以体验其制作的乐趣,游客也可在此露营,观赏户外婚礼,还可骑自行车穿梭于“巅峰绿道”中,享受三江口的清风带来的一份惬意与悠闲。

## 3.2 道路交通规划

道路是公园的重要组成部分,是指使游人到达公园内各个景点或观景点的所有道路或交通线<sup>[1]</sup>。清凉山山地公园总体呈西南至东北走向,因而园内主干道在现有的道路上进行改良提升,总体上顺应公园的走势,从西南至东北方向连接两个大门。公园次干道总体局势上与主干道平行,在公园的山顶处则形成环形的贯穿于各景区的游览路线。公园的游步道是连接各个景点的纽带,同时步道本身也能给人以美的享受。游人对不同类型的步道特色方面重视顺序依次为:沿途景观、铺面材质、步行时间、步道宽度、困难程度,因此在对于步道周边的景观应予以充分的重视<sup>[2]</sup>。三个不同层次的路网,将公园中各个景点串联,既满足了实用功能,也给人以美的体验,达到康体健身的目的

(如图5)。



图5 清凉山城市山地公园交通规划图

## 3.3 景观竖向设计

现有的地形是公园的自然特色,在设计中充分发挥其原有的优势和特色,因地制宜地进行设计,在原有的多样空间层次的基础上,结合竖向变化有效组合公园中的各个空间节点,如在山顶处设置登高揽胜平台,给人以心旷神怡、一览众山小的感觉。公园利用地形的变化建设各种花海,形成具有自然风情的阶梯式景观,且在公园的中心布置了顺应地形而下的涓涓细流,营造有山有水的田园风光。在小空间的布局上也充分遵循场地的原貌,根据其高差的变化打造不同的景观,如山顶花海区沿着溪流设置的各种节点,大都顺应其地势。

## 4 结论

福州清凉山山地公园具有鲜明地域特色,多种多样的空间形态特征,在设计过程中,充分保护并利用公园原有的生态环境,通过合理的景观手法加以改造设计,将设计与公园原有的植物群落和山体环境结合,使整个园区的生态功能实现可持续性。园区的规划设计融入了福州特有的地方文化,将“榕”、“茉莉花”等贯穿于公园的景观节点中,充分发掘了地域文化。建设与清凉寺相呼应的景观环境,设置了空间和核心的景观控制点,充分体现自然的野趣和城市肌理,使其成为集景观、娱乐、休闲、科普为一体的有当地特色和识别性的城市山地公园。

参考文献:

- [1] 郑梦伊,孙大江.重庆市万州城市山地公园群规划探索[D].四川:四川农林大学,2012.
- [2] 谢欢,何嵩涛.贵州城市山地公园设计分析:义象山城市山地公园景观规划为例[J].山东林业科,2013(2):33-37.
- [3] 王建文.城市山地公园规划设计探讨:以长乐市长安公园为例[J].福建建筑,2014(5):25-27.
- [4] 邓玉涛,张景群,李厚华.基于红色文化的城市山地公园规划设计:以延安市凤凰山公园设计为例[J].西北林学院学报,2012,27(5):277-281.
- [5] 韦新宇,帅民曦,欧阳建友,等.山地公园设计的地域特色营造[J].规划师,2012,28(10):50-53.
- [6] 李伟光.城市山地公园景观规划设计研究[D].山东:山东建筑大学,2013.
- [7] 吴明添.山地公园游步道设计探讨:以福州市金鸡山公园为例[J].福建建筑,2013(7):49-51.
- [8] 张立磊.山地地区城市公园地形设计研究[D].重庆:西南大学,2008(5):26.
- [9] 张德炎.以节约和自然理念构建城市生态公园[J].北方园艺,2010(11):125-126.
- [10] 陈从周.园林清议[M].南京:江苏文艺出版社,2005:77.
- [11] 乔丽芳,张毅川,陈亮明.山地型森林公园道路自然生态化选线及设计[J].林业调查规划,2004,29(3):69-71.
- [12] 黄棍棕.溪头森林步道景观美学评估模式之研究[D].台湾东海大学,1986.

(责任编辑:华伟平)

## Fuzhou Qingliang Mountain Park Planning and Design

ZHAO Jun<sup>1</sup>, LIN Zheng<sup>2</sup>, YANG Xi<sup>1</sup>, ZHU Xiaoyue<sup>1</sup>, HUANG Qitang<sup>1</sup>

(1. College of Landscape Architecture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002;

2. Fujian Forestry Survey and Design Institute, Fuzhou, Fujian 350000)

**Abstract:** Taking reconstruction, planning and design of Qingliang Mountain Park as an example, Based on investigate of the location characteristic, natural features, ecological environment and construction status of Qingliangshan Mountain Park. This article from planning and design concepts, planning and design strategy, planning and design of the structure, planning and design of the principle, to give concrete planning and design strategy for function analysis of landscape, traffic planning, vertical design of landscape, forest reform planning, etc. Achieving to the objective of planning and design of Qingliang Mountain Park.

**Key words:** city mountain park; planning and design; Qingliang Mountain

# 林业有害生物防治现状及建议

林志强

(武夷山市林业局,福建 武夷山 354300)

**摘要:**对当前林业有害生物防治面临着忽视技术应用,缺乏科学认识等问题,结合在基层林业有害生物防治的变化和经验,提出更为科学的林业有害生物防治措施,以期对林业生态环境改善和当前林业有害生物防治体系的技术革新进行探讨。

**关键词:**有害生物;林业生态;生物防治;生态环境;技术革新

**中图分类号:**S763.306.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2015)12-0017-04

随着社会发展,森林被广泛应用于工农业生产及旅游开发,而我国现有森林面积少且人均占有量低。为了林业的永续健康发展,社会各界开始倡导大面积造林,但随之也带来了林业有害生物危害的问题。林业有害生物是指危害森林、林木和林木种子正常生长并造成经济损失的病、虫、杂草等有害生物<sup>[1]</sup>。林业有害生物发生范围及危害程度严重制约着林业生产的产量、质量和持续发展,严重威胁着林业的健康发展,给国家级林业带来巨大的经济损失。因此,做好林业有害生物防治工作,是确保林业健康发展的前提,并在传统林业有害生物防治的基础上,要充分借助先进科学技术手段,尽最大可能减少林业有害生物的危害,为林业的健康发展及持续利用保驾护航。本文在阐述我国林业有害生物防治现状的基础上,提出科学有效防治的建议,以期为林业生产上如何防治有害生物提供参考。

## 1 林业有害生物防治面临的难题

### 1.1 注重化学防治的应用,忽视各项技术的应用

目前,国内对林业有害生物的防治只注重于化学防治,缺乏物理防治、生物防治及新技术的应用,其中

技术包括:雷达、数字化平台、转基因等技术。化学防治不仅污染环境,而且易使病虫害产生抗药性及农药残留对人体的伤害,但物理、生物防治能够克服化学防治的缺点,同时新技术在林业上的应用对科学有效防治林业有害生物起着至关重要的作用<sup>[2]</sup>。

### 1.2 基层技术力量薄弱,缺乏正确的林业有害生物防治的科学认识

首先,基层工作人员配备不足且工作任务量大是造成林业有害生物频发的关键,对林业有害生物防治的科学宣传未做到长期性及持续性的普及。其次,林区农民对林业有害生物的防治只停留于传统的防治措施,缺乏吸收新科技和新知识的积极性。再者,国家对有关林业有害生物防治的惠农普及不全面,林农出于节省资金及腾出精力忙于其他农事的考虑,采取一大切、不实效的化学防治<sup>[3-7]</sup>。

### 1.3 营林技术的不科学,检测体系的不完整

自上世纪 50~70 年代大面积砍伐原始林,出于对森林的生态效益和经济效益考虑,国家出台政策支持大面积造林,但林农只考虑经济效益,根据市场需求大面积营造纯林,造成我国人工林的林分组成单一,这是林业有害生物频发的根本原因。同时,林业有害生物的检测预警的缺失,导致林业有害生物发生发展缺少积极有效的应对措施,也间接上挫伤了林农的生产积极性<sup>[8]</sup>。

### 1.4 后期抚育管理的缺失

林业有害生物易发生于疏于管理的林地内发生,

收稿日期:2015-08-23

作者简介:林志强(1982-),男,汉族,工程师,主要从事病虫害防治研究。

林业有害生物可以短时间内在缺失管理的林地内形成大面积危害。“林农们认为在造林后林木能够自然生长而不必勤于抚育管理”的问题在林区普遍存在,从而使林地内杂草丛生,并与林木争夺水分和阳光,导致林木生长缓慢且质量差,同时杂草丛生的林地也更容易滋生林业有害生物<sup>9)</sup>。

### 1.5 国外引种出现新变化,而针对性的防范措施不足

近年来,由于城市园林绿化建设、林业种植和科研的需要,对外引进植物及产品数量增加,随之带来的是外来物种入侵问题,其中以检疫性病虫害疫情为主。引进苗木较容易携带外来病虫害,而我国对外来检疫性病虫害的防范措施目前暂处于研究阶段。杨勤民等<sup>10)</sup>在国外引种新特点及检疫风险点分析研究中对外来物种出现的新变化归结为:数量阶段性增长、种苗来源全球化、作物种类全面化、引种单位多元化、引种用途多样化、种植区域分散化、引种渠道复杂化等7大新特点;并对潜在检疫风险点归纳为:入境包装材料及类别增多、入境检疫检验业务量增大、植物疫情来源广泛、风险分析要求更高、有害生物传播载体增多、同一起源中心的有害生物传入机会增大、监管对象多元、种植栽培管理模式多样、种苗逃逸变害可能性增加、监测区域范围增大和逃检漏检现象普遍等11项,需要采取有针对性的防范措施<sup>11-12)</sup>。

## 2 对策与建议

### 2.1 科学使用化学农药,重视各项新技术的综合

科学有效使用化学农药关键在于采取合适的化学农药、适宜的施药时间以及合理的施药方式。在科学使用农药的同时,应注重化学、物理及生物防治共同或交叉使用,降低有害生物抗药性的可能性。选用化学农药应坚持坚持“药效长、危害小”的原则,同时适宜的施药时间和合理的施药方式也是科学使用化学农药的关键。物理防治方法包括:①捕杀成虫、幼虫、虫卵等;②利用害虫的趋光性等进行挂诱捕器诱杀;③热水浸种、暴晒等高温杀虫或杀菌;④薄膜包裹、涂药剂等进行人为阻隔。生物防治一般是利用有害生物的天敌进行猎杀,来达到林业有害生物防治的目的。

国内学者在探讨如何规避化学农药对森林生态系统危害及解决农药残留问题的同时,研究新型无公害的化学农药。有文章报道:昆虫信息素作为一种新型无公害生物农药,具有不破话生态环境、对天敌无害、避免害虫产生抗药性等特点,能够通过引诱天敌来捕杀害虫进而达到生物防治的目的。目前,昆虫信息素在国内林业有害生物防治上主要应用于种群监测。

#### 2.1.1 建立和完善数字化林业在林业有害生物中的应用。

我国林业资源丰富且分布范围广、各地域林地面积差异大,在林业监测管理方面仅依靠人力有很大的局限性,而数字化林业能够弥补人为管理林业的盲区,使林业更具直接实时性、方便快捷性、准确监测预报。数字化林业主要包括:3S技术(主要技术支撑是GIS地理信息系统、RS遥感、GPS全球定位系统)、网络技术和通信技术,其中3S技术是基础核心,其在林业上的作用表现为林业信息搜集、处理、分析,通过对图形、图像、数据等的坐落地形位置、林班管理现状及监测预报的结果进行空间展示、数据分析和数据统计。通过对数字化林业技术的剖析,将其应用于林业有害生物防治方面切实可行且是必然趋势,使监测预报更加科学有效,实现疫情准确、及时的掌握,并根据疫情有针对性的进行科学防治。数字化林业是未来林业发展的新方向和必然趋势,是传统林业管理模式进行技术革新的关键点。因此,建立和完善数字化林业进而推进传统林业向现代林业的转变,实现林业资源管理和林业有害生物防治体系的数字化、科学化。

#### 2.1.2 应用基因工程,培育抗病虫苗木

基因工程的发展为培育转基因抗病虫苗木提供了强有力的技术支撑,将转基因技术应用于苗木遗传性状的改良,实现苗木抗病虫害的遗传改良育种的现实可能性。尽管关于苗木遗传性状改良起步慢,但已取得了很好的成绩,据相关文章报道,目前科研机构已对全球内近百种苗木遗传性状改良进行了研究,使今后抗病虫苗木改良的全面推广实现了现实可能性,这给林业有害防治开辟新途径传来了佳音。

### 2.2 通过宣传媒介加大宣传力度,加强基层防治体系建设和人员培训

充分利用电视、报纸、播音和宣传册等媒介,对

《森林病虫害防治条例》、《植物检疫条例》及其实施办法进行综合有效的宣传,将“预防为主、防治为辅”的原则和“谁经营、谁受益、谁防治”的责任制度落实在每个林业相关人员身上,普及林区科学防治病虫害的科学知识,提高林业相关人员对林业有害生物危害的严重性以及防治必然性的认识,使科学防治知识常驻林区每个人心中。

地区林业部门应从林业资源保护和林业经济可持续发展的战略高度来认识林业有害生物防治的重要性,在强化责任制的同时,加强基层设备投入和人员培训,提高基层林业工作人员整体关于有害生物防治的业务水平,逐步建立健全林业有害生物检测预报,推广数字化林业在基层林业部门的应用,实现林业有害生物防治在基层的常态化、日常化、科学化。

### 2.3 提高造林质量,完整监测预警体系

目前,造林面积是衡量林业营林生产唯一的衡量指标,国家补助地区造林也只是根据造林面积进行计算,且造林补助止于幼林成林,至于造林质量、造林方式及生态效益如何则未出台相应章程进行规范,因而造成地区林业部门只是简单统计每年完成造林面积的数据,并未对造林质量进行有效规范。在这种社会环境下,林农只需有造林即可取得国家补助,造成林区造林普遍存在只根据当前林业经济的需求而营造单一的纯林,忽视森林生态等复合效益,这也是造成当前病虫害疫情严重的关键。因此,林业部门应把林业有害生物防治贯穿于日常林业生产过程中,推进传统营林模式向综合性、科学性的营林模式转变,使林分向接近原始森林和混交林方向发展,从而使林分组成多元化,减少病虫害疫情大面积扩展。有研究报道,林分组成多元化的森林爆发病虫害疫情的可能性较纯林低,即使疫情发生也不易成灾。

林业有害生物极易发生于疏于管理的单一人工林中,针对林区内普遍存在的单一人工林这一现实状况,可在林分内套种其他树种或经济作物这一人工促进天然更新技术措施的同时,林业部门应加强林分的监测预警体系,增设监测点,准确的监测预警可有效降低疫情的发生程度。对突发性、危害大、常发生的林业有害生物进行适时的监测和预报,通过电视、报纸、播音等向林农及时发布监测预警信息及如何做好防

范措施。

### 2.4 强化森林抚育,实施科学经营措施

加强林分内的抚育管理,避免杂草丛生滋生病虫害的可能性,使林分充分发挥自身恢复的生态效益。对低质林的改造应本着抚育或封山育林的原则,统一规划并集中实施综合经营措施;对生态功能脆弱的禁伐区,应以抚育为主,避免病虫害疫情的发生,进而发挥林分的生态效益的最大化;对中幼林经营管理的改造,应立足实地情况,划分为抚育型、封山育林型、补植改造型,制定切实可行的技术规程和管理方法,进而采取不同的经营措施。本着立足于实际的原则对林区内进行科学的森林经营措施,对维护生态平衡、改善生态环境、提供林地生产力有着重要作用,充分发挥林分自身固有的功能。

### 2.5 加强引种管理和疫情监测

引种是指把外地优良的品种引入本地,作为育种材料或推广品种加以利用。尽管引种是加快当地农林牧业发展的既便捷又实惠的途径,但同时也给当地带来检疫性病虫害的危险,这些在外地属于常见的病虫害随着引种的苗木或种子传入当地,在当地形成新的病虫害疫情,在当地缺乏有效的防治措施和天敌的控制,短时间甚至长期在当地爆发疫情。因此,加强引种管理和疫情监测在保证引种成果的基础上,对国内农林牧业生产安全、生态环境安全及维护对外贸易信誉等有着至关重要的作用。

在1950年代,国家就十分重视种子和苗木等繁殖材料的引种管理和疫情监测,将引种管理和疫情监测作为对外引种的一项政策性强、技术含量高的关卡。通过引种管理和疫情监测,将外来病虫害进行过滤和筛除,阻隔新型病虫害的入侵,即得到引种的成果,又对当地生态环境和农林牧业正常生产起到保护作用。

## 3 结论

加强林业有害生物防治工作应做到:化学、生物和物理防治的综合实施及不同化学药剂的交替使用,降低病虫害产生抗药性的同时能够降低对生态环境的污染;将当今科学技术引入林业,实现林业的数字

化、科学化,使林业有害生物防治更为科学化、现代化、直观化及效率和效果并重化;充分利用当今主流媒介,加强林业有害生物预报和防治方法方式的宣传力度,使林业有害生物防治更加合理性和有效性;实施综合性、科学性的林业经营措施,既要提高营林质量,又要重视森林抚育;加强引种管理和疫情监测,加大基层林业有害生物基础设施设备的投入,周期性组织基层林业工作人员培训,提高技术人员的业务素质和能力,不断完善基层林业有害生物防治体系。重视和加强林业有害生物防治,不仅能改善林区生态环境,更能促进国民经济和社会可持续发展。

### 参考文献:

- [1] 张龙辉,陈佳,谢德金,等.林业有害生物的防治[J].武夷学院学报,2015,34(3):19-22.
- [2] 张应轩,邱建生.新技术在林业有害生物防治中的应用[J].现代园艺,2014(2):67-68.
- [3] 王兰,冯宏祖,熊仁次.新疆红枣病虫害发生现状及对策[J].中国植保导刊,2014(6):73-75.
- [4] 阿布力孜·布力布力.新疆红枣发展现状、竞争力分析与战略对策[J].山西果树,2012(4):46-48.
- [5] 马荣,张传燕,刘玉,等.新疆红枣黑斑病病菌的室内杀菌剂筛选[J].农药.2012(10):767-770.
- [6] 陈辉煌,李建贵,张俊,等.新疆红枣裂果机理研究进展[J].新疆农业科学,2012,49(6):1066-1072.
- [7] 阿地力·沙塔尔,何善勇,田呈明,等.枣实蝇在吐鲁番地区的发生及蛹的分布规律[J].植物检疫,2008,22(5):295-297.
- [8] 王叶强.营林技术对林业有害生物的控制效果探讨[J].科技创新与应用,2014(11):258.
- [9] 曲作盛,刘彦成.林业有害生物防治工作及加强营林生产管理[J].企业研究,2013(12):52.
- [10] 杨勤民,朱国亮.国外引种新特点及检疫风险点分析研究[J].植物保护,2014,40(4):161-165.
- [11] 林玉英,金涛,金启安,等.瓜实蝇密度和蜂密度对印啮小蜂寄生效能的影响[J].植物保护,2014,40(4):89-91.
- [12] 边勇,周琦,高文娜,等.北京口岸进境苗木线虫检出分析[J].植物保护,2014,40(4):148-152.

(责任编辑:叶丽娜)

## Preventive Situation and Suggestion on Forest Pests

LIN Zhiqiang

(Forestry Bureau of Wuyishan, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** The paper relates and analyzes the current problem and denunciation was faced by the prevention of forest pests, with the change and experience of preventing forest pests in grass-roots work, putting forward with more scientific measures of preventing forest pests, in order to discuss how to improve the forestry ecological environment and innovate the technological system of forest pests.

**Key words:** pests; forestry ecology; biological pest control; ecological environment; technological innovation

# 响应面法优化复合酶酶解草鱼蛋白工艺

黄艳<sup>1</sup>, 谢三都<sup>2</sup>, 许艳萍<sup>2</sup>

(1.武夷学院 茶与食品学院, 福建 武夷山 354300; 2.福建师范大学 闽南科技学院, 福建 泉州 362332)

**摘要:**在单因素实验基础上,选取料液比、酶解 pH、酶解时间、复合酶添加量为自变量,游离氨基态氮含量为响应值,应用 Box-Behnken 设计和响应面法,研究各自变量及其交互作用对酶解效果的影响,模拟得到二次多项式回归方程的预测模型,在酶解温度为 50 ℃的条件下,确定最佳酶解工艺为:料液比 25:100(g/mL),酶解 pH 6.28,复合酶(*m* 风味蛋白酶:*m* 木瓜蛋白酶=2:1)添加量 0.8%,酶解时间 5 h。在此条件下,酶解液中的平均氨基态氮含量为 4.265 g/L。与理论预测值 4.291 g/L 相比,其相对误差为 0.61%。说明通过响应面优化后得出的回归方程预测值较为准确。

**关键词:**草鱼蛋白;复合酶解;响应面法

**中图分类号:**TS254.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2015)12-0021-07

草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)俗名鲢鱼,是淡水鱼中大宗养殖的品种之一,其性温味甘,具有暖胃和中、平肝祛风、益肝明目等功效<sup>[1]</sup>。目前草鱼仍以鲜销为主<sup>[2]</sup>,少数用于加工(以初加工为主,附加值低)。在我国,草鱼现有的主要加工产品有冷冻产品、干制品、腌熏制品、罐头制品及鱼糜制品等,加工水平与发达国家相比存在较大差距<sup>[3]</sup>。因此,开展草鱼深加工技术的研究具有重要的经济价值。

目前,以氨基酸为主要原料的产品越来越受人们的青睐,如氨基酸饮料、复合氨基酸胶囊、调味品等<sup>[4-5]</sup>。我国氨基酸类调味品主要是以豆类发酵生产获得,在发达国家,利用多种来源的动物水解蛋白开发的调味品在整个调味品市场中已占有相当大的比例,因此,开发以动物蛋白为主的氨基酸类高档调味品是调味品发展的主要趋势之一<sup>[6]</sup>,但国内在这方面的研究相对比较较少。

草鱼蛋白作为优质动物蛋白之一,富含人体所需的各种必需氨基酸<sup>[7]</sup>。将鱼肉蛋白水解成氨基酸的方法主要有酸水解法、碱水解法和酶解法。酸解和碱解属于传统的蛋白水解方法,虽简单价廉,却易造成环

境污染<sup>[8]</sup>,且酸法水解会生成氯丙醇等有毒物质<sup>[9]</sup>,且水解程度较难控制。酶解能在温和条件下进行,能在一定条件下进行定位水解产生特定的肽,且水解进程易于控制<sup>[10]</sup>。目前国内外对低值鱼类蛋白酶解利用方面做了不少的研究,但对草鱼蛋白的酶解工艺研究却鲜见报道,因此,本实验以草鱼肉为原料,选取风味蛋白酶和木瓜蛋白酶构成复合酶,研究各酶解条件对草鱼蛋白酶解效果的影响,并通过响应面法优化草鱼蛋白的酶解工艺,以期为今后草鱼鱼肉蛋白资源的酶法利用及其新产品开发提供基础研究资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

**原料及预处理:**草鱼购于农贸市场,去除头尾、内脏、骨、鱼鳞及鱼皮,取肉切成小块,绞成肉糜,18 ℃冻藏备用。

**试剂:**磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、柠檬酸、甘氨酸、氢氧化钠、酚酞、甲醛(36%~38%)等均为国产分析纯。

**酶制剂:**风味蛋白酶(酶活力 40 000 U/g)、木瓜蛋白酶(酶活力 600 000 U/g)、碱性蛋白酶(酶活力 20 000 U/g)、菠萝蛋白酶(酶活力 80 000 U/g)均购于广西南宁庞博生物工程有限公司;胰蛋白酶(酶活力 50 000 U/g),购于河南金润食品添加剂有限公司出品。

收稿日期:2015-08-23

作者简介:黄艳(1984-),女,汉族,讲师,主要从事天然产物的提取与应用、农产品贮藏与加工研究。

## 1.2 仪器与设备

101-1AB型电热鼓风干燥箱:天津市泰斯特仪器有限公司;SHB-Ⅲ型循环水式多用真空泵:郑州长城科工贸有限公司;PL602-S型电子天平:赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;电子精密天平:梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;雷磁pHS-3C pH计:上海精密科学仪器有限公司;78-1型磁力加热搅拌器:江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司;HH-8型数显恒温水浴锅:江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司;台式离心机TDL-40B:上海安亭科学仪器厂;DS-1型组织捣碎机:江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司;不锈钢手提式压力蒸汽灭菌锅:上海博迅实业有限公司;YQ-12型绞肉机:广州麦森厨具有限公司。

## 1.3 试验方法

### 1.3.1 工艺流程

草鱼预处理→解冻→称取一定质量的草鱼肉糜→不同条件下酶解→灭酶(85℃, 10 min)→冷却→离心(6 000 r/min, 15 min)→收集上清液→测定游离氨基态氮含量。

### 1.3.2 游离氨基态氮含量的测定

采用甲醛滴定法<sup>[11]</sup>进行测定。

### 1.3.3 复合酶比例选取及单因素试验

#### 1.3.3.1 复合酶比例的选取

在预实验中,选取风味蛋白酶、胰蛋白酶、碱性蛋白酶、木瓜蛋白酶、菠萝蛋白酶共5种酶,研究它们对草鱼蛋白酶解效果的影响,发现风味蛋白酶的酶解效果最好,并能降低酶解液中的苦味,考虑各蛋白酶的最适酶解温度和pH,本试验选用风味蛋白酶和木瓜蛋白酶构成复合酶进行草鱼蛋白的酶解研究。

设定风味蛋白酶和木瓜蛋白酶的比例分别为1:1、1:2、2:1,在酶解pH7.0,温度50℃,加酶量1%(按鱼肉质量计,下同)及料液比20:100的条件下对草鱼肉蛋白酶解3h,再灭酶、离心,测定酶解液中的游离氨基态氮含量。

#### 1.3.3.2 单因素对草鱼蛋白酶解效果的影响

以酶解液中的氨基态氮含量为评价指标,考察料液比、酶解pH值、加酶量、酶解时间及酶解温度对草鱼蛋白酶解效果的影响。

### 1.3.4 响应面法优化试验<sup>[12-15]</sup>

在草鱼蛋白酶解的单因素试验基础上,考虑复合酶的最适温度在50~55℃,对氨基态氮含量的影响相差基本不大,因此选取料液比、酶解时间、加酶量、酶解pH值为主要因素,每个因素分别设置3个水平,分别以-1、0、1表示,以游离氨基态氮含量为响应值,按照Design-Expert7.1.3软件设计的方案进行试验,以期获得草鱼蛋白的最佳酶解工艺。

### 1.3.5 数据分析

利用Design-Expert7.1.3软件对实验数据进行二次多项回归拟合、方差分析、显著性检验和响应面分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 复合酶比例的确定及单因素试验结果

#### 2.2.1 复合酶比例对草鱼蛋白酶解效果的影响

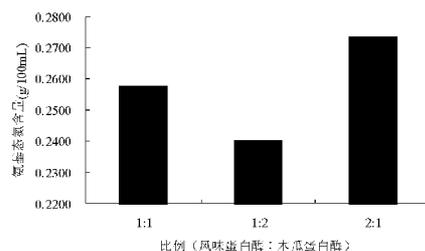


图1 复合酶比例对草鱼蛋白酶解效果的影响

由图1可知,在相同酶解温度、酶解pH值和酶解时间作用条件下,当风味蛋白酶与木瓜蛋白酶的比例为2:1时,草鱼蛋白酶解液中游离氨基态氮含量为2.735 g/L,明显高于试验设定的其它比例。因此,后续酶解试验的复合酶比例均选用2:1。

#### 2.2.2 料液比对草鱼蛋白酶解效果的影响

在酶解温度为50℃、酶解pH7.0及加酶量为1.0%的条件下,以不同的料液比10:100、15:100、20:100、25:100、30:100对草鱼肉蛋白各酶解3h,其对应酶解液中的氨基态氮含量如图2所示。

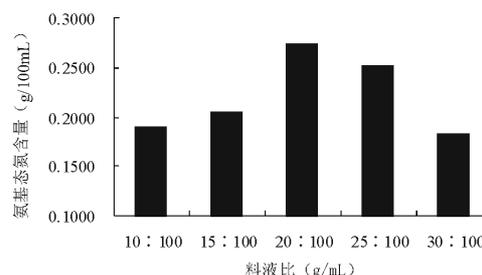


图2 不同料液比对草鱼蛋白酶解效果的影响

由图 2 可知,料液比为 20:100 时对应的酶解液中游离氨基态氮含量最大,达 2.725 g/L。料液比较低时,由于溶液的稀释作用致使酶与鱼肉蛋白接触机率下降而导致酶解效果较差;料液比大于 20:100 时,鱼肉中的酸碱度可能破坏缓冲液稳定性,导致 pH 值改变,酶活性降低而使酶解效果变差。

### 2.2.3 酶解 pH 值对草鱼蛋白酶解效果的影响

在酶解温度为 50 °C、料液比为 20:100 及加酶量为 1.0% 的条件下,以不同的酶解 pH 值 5.5、6.0、6.5、7.0、7.5、8.0 对草鱼肉蛋白各酶解 3 h,其对应酶解液中的游离氨基态氮含量如图 3 所示。

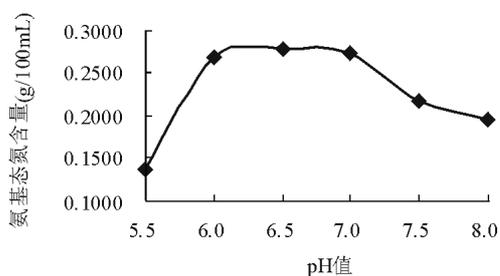


图 3 不同酶解 pH 值对草鱼蛋白酶解效果的影响

酸碱度对酶促反应的影响非常大,过高或过低的 pH 值都会明显抑制酶的活性,甚至会导致酶失活。从图 3 可以看出,pH6.0~7.0 是复合酶促反应较适宜的酸碱范围,且当 pH 为 6.5 时,酶解效果最佳,游离氨基态氮含量达到最大值为 2.785 g/L。

### 2.2.4 加酶量对草鱼蛋白酶解效果的影响

在料液比为 20:100、酶解 pH7.0 及酶解温度为 50 °C 的条件下,以不同的加酶量 0.6%、0.8%、1.0%、1.2%、1.4% 对草鱼肉蛋白各酶解 3 h,其对应酶解液中的游离氨基态氮含量如图 4 所示。

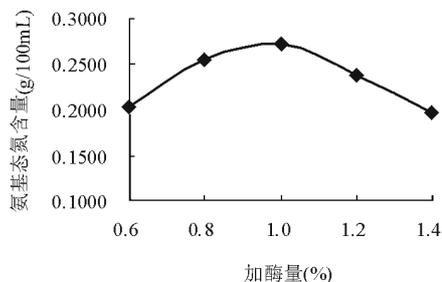


图 4 不同加酶量对草鱼蛋白酶解效果的影响

酶促反应过程中,一般酶解效果随着加酶量的增加而增强,当加酶量增加至饱和状态时酶解效果会趋于稳定,但复合酶之间因可能存在相互影响而使酶活

力受到抑制,进而影响游离氨基态氮的生成<sup>[6]</sup>。由图 4 可知,当复合酶量增加至 1.0% 时,游离氨基态氮含量达到最高值,为 2.730 g/L;但继续增加酶用量,游离氨基态氮含量并未趋于平衡而呈下降趋势,说明复合酶之间存在相互影响。

### 2.2.5 酶解时间对草鱼蛋白酶解效果的影响

在料液比为 20:100、酶解 pH7.0、酶解温度为 50 °C 及加酶量为 1.0% 的条件下,对草鱼肉蛋白分别酶解 1、2、3、4、5、6 h,其对应酶解液中的游离氨基态氮含量如图 5 所示。

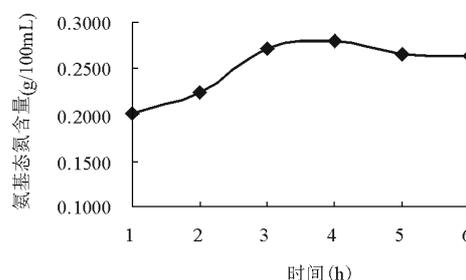


图 5 不同酶解时间对草鱼蛋白酶解效果的影响

由图 5 可知,随着酶解时间的延长,草鱼蛋白酶解液中游离氨基态氮含量逐渐增加,酶解时间达到 4 h 时,其含量为 2.800 g/L,继续延长酶解时间,游离氨基态氮含量并未继续增加而呈下降趋势,最终趋于平衡。这与酶解体系中底物浓度有关,当酶解时间达到 4 h 时,体系中底物的浓度极低或几乎被酶解,继续延长时间,游离氨基态氮含量亦不会再增加。

### 2.2.6 酶解温度对草鱼蛋白酶解效果的影响

在料液比为 20:100、酶解 pH7.0 及加酶量为 1.0% 的条件下,分别在不同的温度 45、50、55、60、65 °C 下草鱼肉蛋白酶解 3 h,其对应酶解液中的游离氨基态氮含量如图 6 所示。

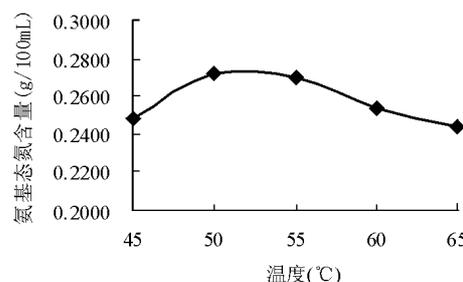


图 6 不同酶解温度对草鱼蛋白酶解效果的影响

温度对酶活性影响而使复合酶促反应结果呈现典型的钟型曲线,随温度的升高,酶促反应效果先上

升,达到最高点后又迅速下降。由图 6 可知,此复合酶酶促反应效果的最高点在 50 ℃,此时酶解液中游离氨基态氮含量为 2.72 5 g/L。

## 2.2 响应面法试验结果与分析

在单因素试验基础上,采用 Box-Behnken 设计,以游离氨基态氮含量为响应值进行响应面优化,试验结果如表 1 所示。

### 2.2.1 回归方程的建立

采用 Design-Expert7.1.3 软件对表 1 中草鱼蛋白酶解的响应面值进行多元回归拟合,得到草鱼蛋白酶解效果(游离氨基态氮含量, Y, 10 g/L)与料液比、酶解时间、加酶量及缓冲液 pH 的二项多元回归方程:

$$Y=0.33+0.024A+0.033B+0.020C-0.047D-1.750 \times 10^{-3}AB-0.021AC-2.875 \times 10^{-3}AD-0.023BC+7.125 \times 10^{-3}BD+5.250 \times 10^{-3}CD+1.738 \times 10^{-3}A^2+0.015B^2-4.500 \times 10^{-4}C^2-0.042D^2$$

表 1 草鱼蛋白酶解的响应面法试验设计与结果

试验号	A 料液比 (g/mL)	B 时间 (h)	C 加酶量 (%)	D 酶解 pH	游离氨基态氮含量 (g/100mL)
1	20:100	3	0.8	6.5	0.273 0
2	20:100	4	1.2	6.0	0.352 0
3	20:100	4	1.0	6.5	0.342 5
4	20:100	5	0.8	6.5	0.358 0
5	20:100	4	1.0	6.5	0.315 0
6	20:100	4	0.8	6.0	0.294 0
7	20:100	4	0.8	7.0	0.208 0
8	20:100	5	1.2	6.5	0.371 0
9	20:100	5	1.0	7.0	0.287 0
10	15:100	4	0.8	6.5	0.280 0
11	25:100	4	1.0	7.0	0.294 0
12	15:100	4	1.2	6.5	0.338 0
13	25:100	3	1.0	6.5	0.294 0
14	20:100	3	1.0	7.0	0.209 5
15	25:100	5	1.0	6.5	0.385 0
16	25:100	4	1.2	6.5	0.336 0
17	20:100	3	1.2	6.5	0.378 0
18	25:100	4	0.8	6.5	0.364 0
19	15:100	4	1.0	6.0	0.280 0
20	20:100	4	1.0	6.5	0.315 0
21	25:100	4	1.0	6.0	0.378 0
22	20:100	4	1.2	7.0	0.245 0
23	20:100	4	1.0	6.5	0.315 0
24	20:100	3	1.0	6.0	0.329 0
25	15:100	4	1.0	7.0	0.207 5
26	20:100	5	1.0	6.0	0.378 0
27	15:100	3	1.0	6.5	0.280 0
28	20:100	4	1.0	6.5	0.339 5
29	15:100	5	1.0	6.5	0.378 0

该方程中各项系数绝对值的大小直接反映各因素对响应值的影响程度,系数的正、负反映了影响的方向<sup>[7]</sup>。由于该方程的二次项系数均为负值,可以推断

方程代表的抛物面开口向下,因而具有极大值点,可以进行优化分析<sup>[8]</sup>。

### 2.2.2 方差分析

对实验建立的响应模型进行方差分析,所得结果如表 2 所示。

表 2 回归模型方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	0.071	14	5.048×10 <sup>-3</sup>	8.87	0.0001	***
失拟差	7.147×10 <sup>-3</sup>	10	7.147×10 <sup>-4</sup>	3.50	0.1191	*
纯误差	8.157×10 <sup>-4</sup>	4	2.039×10 <sup>-4</sup>	-	-	-
总和	0.079	28				
	R <sup>2</sup> =0.898 7		R <sup>2</sup> <sub>Adj</sub> =0.797 5			

注:\*\*\* 差异具有高度统计学意义 (P<0.001);\* 差异不具有统计学意义 (P<0.05)。

由表 2 可知,方程模型的 F 值是 8.87, P<0.001,说明回归方程模型的差异具有高度统计学意义,该方程可以代替试验点对试验结果进行分析;而失拟差 P 为 0.119 1>0.05,差异不具有统计学意义,即模型与实验值的差异较小; R<sup>2</sup><sub>Adj</sub>=0.797 5,说明该模型能解释 79.75% 响应值即草鱼蛋白酶解效果的变化<sup>[9]</sup>;相关系数 R<sup>2</sup>=0.898 7,说明该模型拟合程度较好,对试验结果干扰很小。因此,该模型可以用于草鱼蛋白酶解效果的分析。

### 2.2.3 回归方程系数的显著性检验

对回归方程各系数的显著性进行检验,所得结果如表 3 所示。

表 3 回归方程系数显著性检验

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
A	6.888×10 <sup>-3</sup>	1	6.888×10 <sup>-3</sup>	12.11	0.0037	**
B	0.013	1	0.013	22.69	0.0003	***
C	4.921×10 <sup>-3</sup>	1	4.921×10 <sup>-3</sup>	8.65	0.0107	*
D	0.026	1	0.026	45.95	< 0.0001	***
AB	1.225×10 <sup>-5</sup>	1	1.225×10 <sup>-5</sup>	0.022	0.8854	-
AC	1.849×10 <sup>-3</sup>	1	1.849×10 <sup>-3</sup>	3.25	0.0929	-
AD	3.306×10 <sup>-5</sup>	1	3.306×10 <sup>-5</sup>	0.058	0.8130	-
BC	2.116×10 <sup>-3</sup>	1	2.116×10 <sup>-3</sup>	3.72	0.0743	-
BD	2.031×10 <sup>-4</sup>	1	2.031×10 <sup>-4</sup>	0.36	0.5597	-
CD	1.103×10 <sup>-4</sup>	1	1.103×10 <sup>-4</sup>	0.19	0.6665	-
A <sup>2</sup>	1.958×10 <sup>-5</sup>	1	1.958×10 <sup>-5</sup>	0.034	0.8555	-
B <sup>2</sup>	1.457×10 <sup>-3</sup>	1	1.457×10 <sup>-3</sup>	2.56	0.1318	-
C <sup>2</sup>	1.314×10 <sup>-6</sup>	1	1.314×10 <sup>-6</sup>	2.309×10 <sup>-3</sup>	0.9624	-
D <sup>2</sup>	0.012	1	0.012	20.43	0.0005	***

注:\*\*\* 差异具有极高度统计学意义 (P<0.001);\*\* 差异具有高度统计学意义 (P<0.01);\* 差异具有统计学意义 (P<0.05)。

由表 3 可知,在一次项和二次项中均有显著性因素。一次项 B、D 达到极显著水平, A 达到高度显著水平, C 达到显著水平;二次项 D<sup>2</sup> 达到极显著水平。比较一次项系数的  $F$  值和  $P$  值,可知各因素对草鱼蛋白酶解效果的影响程度大小顺序为:酶解 pH 值>酶解时间>料液比>加酶量。

### 2.3 草鱼蛋白酶解效果的响应曲面分析

响应面图形是响应值对各试验因素所构成的三维空间曲面图,从中可以直观形象的看出最佳参数以及各参数之间的相互作用。当响应面分析图为山丘形曲面时,有极大值存在;当响应面分析图为山谷形曲面时,有极小值存在;当响应面分析图为马鞍形曲面时,无极值存在<sup>[20]</sup>。如果响应面坡度非常陡峭,表明响应值对于各因素的改变非常敏感;如果响应面坡度相对平缓,表明试验指标可以忍受各因素的变异,而不影响到响应值的大小<sup>[21]</sup>。

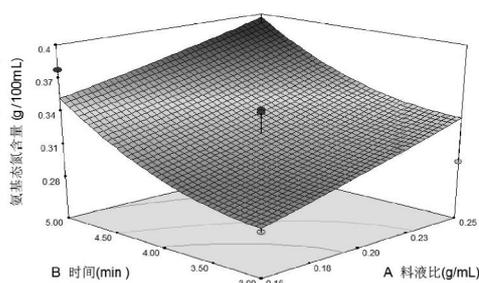


图 7 时间和料液比对游离氨基态氮含量的影响

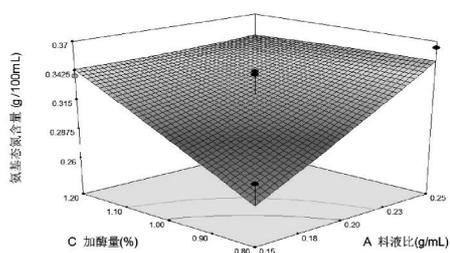


图 8 加酶量和料液比对游离氨基态氮含量的影响

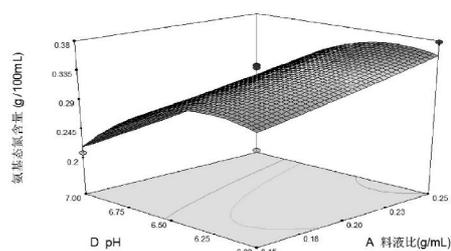


图 9 pH 和料液比对游离氨基态氮含量的影响

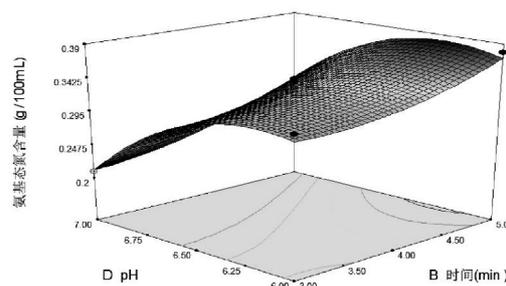


图 10 pH 值和时间对游离氨基态氮含量的影响

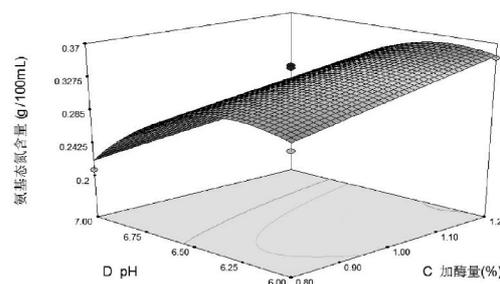


图 11 pH 值和加酶量对游离氨基态氮含量的影响

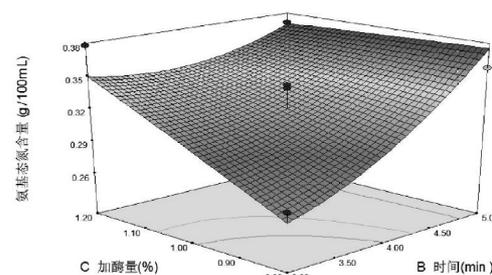


图 12 加酶量和时间对游离氨基态氮含量的影响

图 7 显示,延长酶解时间有利于酶解液中游离氨基态氮含量的增加,当酶解时间大于 4 h,则更有利于草鱼蛋白的酶解;游离氨基态氮含量随料液比的增大逐渐增加后趋于平缓。图 8 显示,当加酶量处于较低水平时,酶解液中的游离氨基态氮含量随料液比的增大而大幅度升高,当加酶量>1.0%时,随料液比的增加,游离氨基态氮含量的增幅大为降低或接近平缓。加酶量对草鱼蛋白的酶解影响与料液比相似。图 9 显示,当 pH 值保持不变时,料液比对酶解液中的游离氨基态氮含量影响不大;而料液比保持不变时,游离氨基态氮含量随 pH 值的增大而升高,当达到最高点后则呈下降趋势。当酶解 pH 值为 6.5,料液比为 20:100 时,酶解液中的游离氨基态氮含量最高。图 10 显示,当 pH 值保持不变时,游离氨基态氮含量随时间的延长而增加;当时间保持不变时,游离氨基态氮含量随 pH 值的增加先升高,达最高点后下降。当酶解时间为

5 h, 酶解 pH 值为 6.5 时, 更有利于草鱼蛋白酶解。图 11 显示, 当加酶量不变时, 缓冲液 pH 值  $\leq 6.5$  时, 酶解液中的游离氨基态氮含量随酶解 pH 值增加而升高; pH 值  $> 6.5$  时, 游离氨基态氮含量则呈下降趋势。当酶解 pH 值保持不变时, 加酶量对草鱼蛋白酶解液中的游离氨基态氮含量的变化影响不显著。图 12 显示, 当加酶量处于较低水平时, 游离氨基态氮含量随酶解时间的延长逐渐升高; 当加酶量处于较高水平时, 游离氨基态氮含量随时间的延长先下降后升高, 时间  $\geq 4$  h 时更有利于草鱼蛋白的酶解。

在酶解温度为 50 °C 的条件下, 采用 Design-Expert 7.1.3 对响应结果分析获得复合酶解草鱼蛋白的最佳工艺是: 加酶量为 0.8%, 料液比为 25:100, pH 值为 6.28, 酶解时间为 5 h。在该条件下, 氨基态氮含量的理论值为 4.291 g/L。根据上述优化条件进行试验结果的验证, 重复 3 次, 实际测得的氨基态氮含量分别为 4.262、4.254、4.283 g/L, 平均氨基态氮含量为 4.265 g/L。与优化前的单因素最优值 2.785 g/L 相比, 氨基态氮含量提高了 53.14%。与理论预测值相比, 其相对误差约为 0.61%, 表明由响应面法分析获得的最佳参数, 可靠性较高, 具有一定的实践指导意义。

### 3 结论与讨论

选取风味蛋白酶和木瓜蛋白酶构成复合酶, 考察复合酶比例对草鱼蛋白酶解效果的影响, 确定复合酶酶解的最佳比例为 2:1。通过单因素试验和应用 Box-Behnken 中心组合设计及响应面分析法对草鱼蛋白酶解工艺进行优化, 拟合了料液比、复合酶添加量、酶解 pH 值、酶解时间这 4 个因素对草鱼蛋白酶解液中的游离氨基态氮含量的回归模型, 经验证实验证明该模型合理可靠, 能较好地预测草鱼蛋白酶解液中的游离氨基态氮含量。通过模型系数显著性检验, 得到因素的主次关系为: 酶解 pH 值  $>$  酶解时间  $>$  料液比  $>$  加酶量。在酶解温度为 50 °C 的条件下, 由该模型确定的最佳工艺条件为料液比 25:100, 复合酶添加量 0.8%, 酶解 pH 6.28, 酶解时间 5 h。在此条件下, 测得草鱼蛋白酶解液中的平均氨基态氮含量为 4.265 g/L, 与预测理论值 4.291 g/L 的相对误差为 0.61%。该研究结果可为

草鱼鱼肉蛋白酶解液制备成氨基酸、调味品等产品提供一定的理论指导, 为草鱼鱼肉蛋白的深加工利用开辟一条新途径。

### 参考文献:

- [1] 王声瑜. 淡水水产品药食功效[J]. 内陆水产, 2002 (8):38.
- [2] 张慈, 张骏. 国内外低值淡水鱼加工与下脚料利用的研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2006, 25(5):115-119.
- [3] 戴新明, 熊善柏. 湖北省淡水鱼加工与综合利用[J]. 渔业现代化, 2004(2):42-43.
- [4] 李静. 氨基酸保健品最新应用进展初探[J]. 科学观察, 2010 (1):72-73.
- [5] 陈智斌, 张秀玲, 李铁晶. 鲢鱼肉营养调味品的研制[J]. 中国调味品, 2001(271):9-12.
- [6] 刘通讯, 李媛, 王永江, 等. 酶法水解鲢鱼蛋白及其水解液合成酱类香味料的研究[J]. 工艺技术, 2004, 25(9):86-88.
- [7] 刘兴旺, 张海涛. 草鱼营养生理研究进展[J]. 饲料博览, 2013 (2):20-24.
- [8] 曹川, 包建强. 酶法水解鲢鱼蛋白质及副产物研究进展[J]. 山西农业科学, 2010, 38(10):60-64.
- [9] 李祥, 杨百勒, 丁红梅. 水解蛋白质调味液中氯丙醇的形成及其控制[J]. 中国酿造, 2003(3): 1-4.
- [10] 武贤壮. 鲢鱼肉蛋白的酶解及产物特性研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2009
- [11] 侯曼玲. 食品分析[M]. 北京:化学工业出版社, 2004: 128.
- [12] Sibel Yagvcl, Fahrettin Gogvus, et al. Response surface methodology for evaluation of physical and functional properties of extruded snack foods developed from food-by-products [J]. Journal of Food Engineering, 2007 (86): 122-132.
- [13] Anderson Kurunczi Domingos, Emir Bolzani Saad, Helena Maria Wilhelm, et al. Optimization of the ethanol sis of *Raphanus sativus* (L Var) crude oil applying the response surface methodology [J]. Bio-resource Technology, 2007(99): 1837-1845.
- [14] C Liyana-Pathirana, F Shahidi Optimization of extraction of phenolic compounds from wheat using response surface methodology [J]. Food & Chemistry, 2005(93): 47-56.
- [15] W C Lee, S Yusof, N S A Hamid, et al. Optimizing conditions for hot water extraction of banana juice using response surface methodology(RSM) [J]. J Food Engineering, 2006(75): 473-479.

- [16] 吴求林, 郑宝东. 响应面法优化虾壳酶解的工艺[J]. 福建农林大学学报:自然科学版, 2011, 40(1):80-83
- [17] 肖卫华, 韩鲁佳, 杨增玲, 等. 响应面法优化黄芪黄酮提取工艺的研究[J]. 中国农业大学学报, 2007, 12(5): 52-56.
- [18] 乔小瑞, 烟利亚, 刘兴岚, 等. 荔枝壳多酚提取工艺的响应面法优化及自由基清除活性研究[J]. 中国食品学报, 2010, 10(5): 22-29.
- [19] 谢三都, 陈惠卿. 响应面法优化荔枝壳多酚超声波提取工艺的研究[J]. 福建师范大学学报:自然科学版, 2012, 28(4): 99-103, 124.
- [20] GUPTA S, MANOHAR C S. An improved response surface method for the determination of failure probability and importance measures [J]. Structural Safety, 2004, 26: 123-139.
- [21] 张林涛, 张锋, 王志祥, 等. 银杏叶黄酮提取工艺的优化[J]. 中国药物警戒, 2011, 8(3): 147-150.
- (责任编辑:叶丽娜)

## Optimization of Composite Enzymatic Hydrolysis Process of Grass Carp Protein by Response Surface Methodology

HUANG Yan<sup>1</sup>, XIE Sandou<sup>2</sup>, XU Yanping<sup>2</sup>

(1.School of Tea and Food Science, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300;

2.Minnan Science and Technology Institute, Fujian Normal University, Quanzhou, Fujian 362332)

**Abstract:** Four hydrolysis parameters including solid-liquid ratio, pH, hydrolysis time and compound enzyme dosage were optimized using Box-Behnken design and response surface methodology based on single-factor experiments for achieving maximum content of amino nitrogen. The interaction of the respective variables and their influence on hydrolysis result were studied and the simulated quadratic polynomial regression equation of prediction model was set up. Under the condition of hydrolysis temperature 50°C, the optimum hydrolysis technology was solid-liquid ratio 25:100(g/mL), pH6.28, compound enzyme dosage of 0.8% (mass ratio of flavor proteinase and pawpaw proteinase=2:1) and hydrolysis time of 5h. Under these conditions, the average content of amino nitrogen was 0.004 265 g/mL. Compared to the theoretical value, the relative error was 0.61%. Optimized by response surface regression equation derived some practical significance.

**Key words:** grass carp protein; composite enzymatic hydrolysis; response surface methodology

# 干制石榴皮多酚的抗氧化活性研究

张婷婷<sup>1</sup>, 谢三都<sup>2</sup>, 邹美玲<sup>1</sup>, 卓清菊<sup>1</sup>

(1. 武夷学院 茶与食品学院, 福建 武夷山 354300; 2. 福建师范大学 闽南科技学院, 福建 泉州 362332)

**摘要:**采用超声波萃取技术从干制石榴皮中提取石榴皮多酚。以羟自由基(OH·)、超氧阴离子(O<sub>2</sub>·)的清除率和油脂过氧化值为指标,研究了干制石榴皮多酚的抗氧化活性。结果表明:石榴皮多酚具有较强的自由基清除能力和一定的抗油脂氧化效果,在 0.26~0.45 mg/mL 时,石榴皮多酚对羟基自由基(OH·)的清除效果不及 Vc;但在 0.46~0.60 mg/mL 时,石榴皮多酚则优于 Vc;在相同浓度下石榴皮多酚对超氧阴离子的清除效果总是略高于 Vc;抗油脂过氧化效果仅略低于 BHT。

**关键词:**干石榴皮;多酚;抗氧化活性

**中图分类号:**TQ914.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2015)12-0028-04

石榴皮,也称石榴壳,是石榴的果皮。石榴皮干燥后仍有 2~3 mm 的厚度,形状为不规则或半圆形,粗糙有小凸点。外表皮红棕色,内表皮鲜黄色。石榴皮约占石榴总重量的 30%,石榴皮一般不被食用,因此在食品加工行业中往往作为废料丢弃,造成很大的资源浪费。

石榴皮中的药效成分有鞣质、多酚化合物、黄酮类化合物、植物雌激素、没食子酸、甘露醇等等。石榴皮多酚是植物多酚的一种,具有多酚羟基结构,包括鞣花单宁、栲精、没食子酸、没食子单宁、鞣花酸、儿茶素、绿原酸、花色素、和阿魏酸等多种化合物。具有抗氧化、降血压、抗衰老、润肤美容、抗癌防癌、抗菌和预防心脑血管疾病等多种生理和药理活性<sup>[1]</sup>,在食品、保健品、化妆品、医药、以及日用化学品等主要行业具有很好的应用前景<sup>[2]</sup>。

石榴皮多酚作为一种有效的抗氧化成分,主要存在于石榴的废弃部分,从中提取抗氧化成分可减少资

源的浪费。关于植物多酚这方面的研究主要以日本为首。我国在近几年也开始重视和研究这类开发。多酚抗氧化剂可用在食品行业、医药行业和化妆品行业。

本实验以干石榴皮粉末为原料,采用 40% 无水乙醇,通过超声波辅助提取石榴皮多酚<sup>[3]</sup>。对石榴皮多酚的羟自由基、超氧阴离子的清除作用和油脂的抗氧化活性进行测定,并将测定的结果与常用抗氧化剂进行比较,研究石榴皮多酚的抗氧化活性,为进一步开发应用石榴皮多酚提供数据支持。

## 1 材料与仪器

### 1.1 原料与试剂

干石榴皮粉(购于武夷学院辅建中药店)、玉米油(购于武夷学院双好超市);

没食子酸(天津市科密欧化学试剂有限公司);无水乙醇、三氯甲烷、冰醋酸、碘化钾、硫代硫酸钠、可溶性淀粉(均购于国药集团化学试剂有限公司);酒石酸钾钠、硫酸亚铁、磷酸氢二钾、磷酸二氢钾、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 溶液、水杨酸、抗坏血酸、焦性没食子酸(均购于上海展云化工有限公司)。所用试剂均为分析纯。

收稿日期:2015-09-23

基金项目:武夷学院校科研基金一般项目(xl201006)。

作者简介:张婷婷(1985-),女,汉族,讲师,主要从事食品化学与营养研究。

## 1.2 仪器

RE-52A 型旋转蒸发仪(上海亚荣生化仪器厂);KQ-500V 超声波清洗机(宁波新芝生物科技股份有限公司);HH-4 型恒温水浴锅(常州国华电器有限公司);UV-3200PC 紫外可见分光光度计(上海美谱达仪器有限公司);TE124S 型电子分析天平(北京赛多利斯科学仪器有限公司);Z3R 台式高速冷冻离心机(上海力申科学仪器有限公司);DHG-9245A 型恒温干燥箱(上海慧泰仪器制造有限公司);SHB-D 循环水式真空泵(巩义市予华仪器有限责任公司)。

## 2 实验方法

### 2.1 干制石榴皮中多酚的提取及含量的测定

从干制石榴皮中提取多酚的方法及多酚含量的测定,采用同组实验员前期实验的得出的最优方案进行提取<sup>[3]</sup>。

### 2.2 抗氧化能力测定

测定干制石榴皮多酚对羟基自由基(OH·)、超氧阴离子(O<sub>2</sub>·)的清除效果和抗油脂过氧化作用效果,并将测得的结果与常用抗氧化剂的效果进行比较,从而判断石榴皮多酚的抗氧化能力。

#### 2.2.1 清除羟基自由基(OH·)的能力检测

采用 Fenton 体系产生羟基自由基,再测定石榴皮多酚提取液对羟基自由基的清除率。实验方法同李南薇<sup>[4]</sup>论文中“羟基自由基清除率测定”的测定方法。

#### 2.2.2 清除超氧阴离子(O<sub>2</sub>·)的能力检测

处于碱性条件中的邻苯三酚能够迅速发生自氧化,释放出超氧阴离子,生成有颜色中间物质,该物质在 322 nm 处有强烈吸收<sup>[5]</sup>。加入的被测物如果具有清除超氧阴离子的能力,则使超氧阴离子减少,从而使有色物质生成量减少,吸光度下降。

实验步骤及测定方法同张婷婷<sup>[6]</sup>论文中“清除超氧阴离子(O<sub>2</sub>·)能力检测”的实验方法。

#### 2.2.3 抗油脂过氧化活性测定

油脂在空气中,其不饱和碳链易与氧反应生成过氧化物。依据过氧化值(POV 值)的大小,可以评价油脂的氧化程度,从而间接得出抗氧化剂对油质抗氧化性的大小<sup>[7-9]</sup>。

将石榴皮多酚提取液经过真空浓缩、冷冻干燥后得到石榴皮多酚粉末。实验方法参照范现丽<sup>[10]</sup>的实验方法,略作修改。取 4 个锥形瓶,分别加入 30 g 植物油,再称取质量为油质量的 0.02%、0.2%和 1%的石榴皮多酚粉末,溶于少量乙醇后,分别加入 3 个锥形瓶中,最后第 4 个锥形瓶内加入质量为油质量的 0.02%的油溶性抗氧化剂 BHT,用于比较多酚的抗氧化性。将 4 个锥形瓶至于 70℃恒温箱中保存,每隔 48 h 定时测定 POV 值。POV 值的测定方法同范现丽<sup>[10]</sup>论文中“香桃木粗多酚对油脂的抗氧化性测定的实验方法”。

## 3 结果与分析

### 3.1 石榴皮多酚对羟基自由基(OH·)的清除能力

由图 1 可见,将石榴皮多酚和 Vc 对羟基自由基的清除作用作比较可得,两者都对羟基自由基有清除作用,且随着样液浓度的上升,清除能力都呈上升的趋势,但效果有所差别。Vc 对羟基自由基(OH·)清除能力在低浓度时较高,但随着提取液浓度的增加,清除率增长得较慢;石榴多酚对羟基自由基(OH·)清除能力在低浓度时较低,但随着提取液浓度的增加,清除率增长较快。即在 0.26~0.45 mg/mL 实验浓度范围内,石榴皮多酚对羟基自由基(OH·)的清除率不及 Vc;在 0.46~0.60 mg/mL 实验浓度范围内,石榴皮多酚对羟基自由基(OH·)的清除率高于 Vc。

因此,石榴皮多酚具有良好的清除羟基自由基的能力,其能力接近强抗氧化剂 Vc,在较高浓度下清除能力甚至高于 Vc。

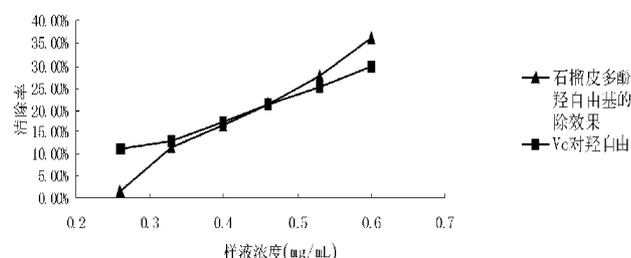


图 1 石榴皮多酚和 Vc 对羟基自由基的清除效果

### 3.2 石榴皮多酚对超氧阴离子(O<sub>2</sub>·)的清除能力

从图 2 可看出石榴皮多酚和 Vc 对超氧阴离子的清除效果,随着样液浓度的上升,清除率都呈上升趋势。石榴皮多酚对超氧阴离子的清除效果总是高于 Vc

对超氧阴离子的清除效果,即相同浓度石榴皮多酚对超氧阴离子的清除率总是略高于强抗氧化剂 Vc。因此,石榴皮多酚对超氧阴离子具有良好的清除能力。

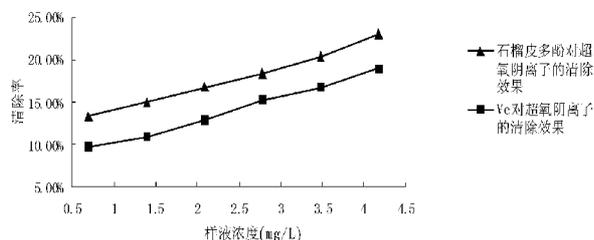


图2 石榴皮多酚和 Vc 对超氧阴离子的清除效果

### 3.3 石榴皮多酚抗油脂过氧化物活性

POV 值表示的是油脂氧化后生成的过氧化物量,在氧化初期,POV 值越大,说明油脂被氧化的程度越大<sup>[11]</sup>。由图 3 可观察到,加入不同浓度多酚提取液的油脂,随着时间的延长,POV 值都逐渐上升。表明油脂暴露在空气中的时间越长,其产生的过氧化物越多。从三条曲线的比较可知,前 4 d 所测得的 POV 值都较接近,油脂氧化程度相差不多,但第 4 d 过后,所测得的 POV 值大小开始有差别,加入多酚的浓度越高,POV 值上升越慢,即油脂被氧化程度越低。不同浓度的多酚抗油脂过氧化作用能力大小为:0.02%石榴皮多酚<0.2%石榴皮多酚<1%石榴皮多酚。

BHT 是常被添加于油脂类食品中的一类油溶性抗氧化剂,市面上出售的食用油,大多都有添加 BHT<sup>[12]</sup>。本实验主要通过多酚和 BHT 的抗油脂氧化作用比较,判断石榴皮多酚在油脂中的过氧化能力与 BHT 的差距。由图 4 可观察到,当石榴皮多酚和 BHT 都为油添加量的 0.02%时,石榴皮多酚的抗油脂过氧化能力与 BHT 有一定差距。综合图 3、4 可得,可通过提高石榴皮多酚的添加量,即 1%石榴皮多酚的抗油脂过氧化作用接近 0.02%BHT。因此,石榴皮多酚具有一定的抗油脂过氧化作用,但不及 BHT。

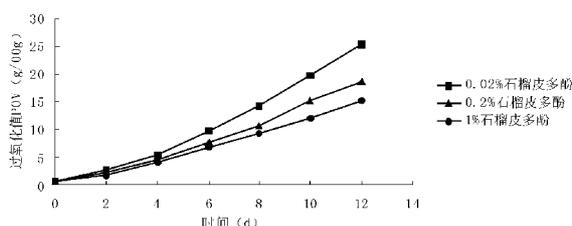


图3 不同浓度石榴皮多酚的抗油脂过氧化作用

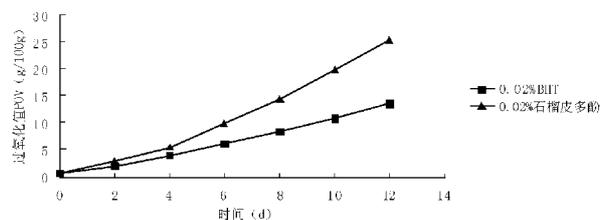


图4 0.02% BHT 和石榴皮多酚的抗油脂过氧化作用对比

## 4 结论

本论文通过从干制石榴皮提取的多酚,对羟自由基、超氧阴离子自由基的清除和抗油脂过氧化作用三个实验,结果表明:(1)石榴皮多酚具有良好的自由基清除能力,与强抗氧化剂 VC 相比也不逊色;(2)石榴皮多酚同样具有抗油脂氧化的作用,但与油溶性抗氧化剂 BHT 相比,还有一定差距;(3)石榴皮多酚的抗氧化效果与其浓度密切相关,随着浓度的增加其清除能力逐渐增强。

本实验所用的多酚是超声波辅助提取的粗多酚,并未进行提纯。未提纯的粗多酚中除了多酚外可能还含有鞣酸及其他物质。这些物质有可能对实验造成误差,降低多酚对自由基的清除率和抗油脂过氧化活性。因此,若是经过提纯后的石榴皮多酚,抗氧化活性有可能更优。

干制石榴皮多酚提取的工艺简单,成本低;干制石榴皮资源丰富;石榴皮多酚具有良好的抗氧化活性,是一种天然的抗氧化剂。因此干制石榴皮多酚在抗氧化领域具有广阔的应用前景。

## 参考文献:

- [1] 焦士蓉,王玲,陈明夏.石榴皮总多酚的超声波辅助提取及其抗氧化活性研究[J].西华大学学报:自然科学版,2009, 28(1): 60-62.
- [2] 林樱姬,赵萍,王雅.植物多酚的提取方法和生物活性研究进展[J].陕西农业科学,2009 (6):105-107.
- [3] 张婷婷,卓清菊,邹美玲,等.超声波辅助提取干制石榴皮多酚工艺研究[J].武夷学院学报,2015, 3, 30-33.
- [4] 李南薇.南瓜苗总黄酮的提取及清除自由基能力研究[J].食品科学,2011, 32(8):58-60.
- [5] 许申鸿,杭翊,李运平.超氧化物歧化酶邻苯三酚测活法的研

- 究及改进[J].化学通报,2001(8):516-519.
- [6] 张婷婷.甲壳低聚糖酶法制备工艺优化及生理活性研究[D].福建农林大学,2010.
- [7] 宁正祥.食品成分分析手册[M].北京:中国轻工业出版社,1998:167-168.
- [8] 扬惠芳,李明元,沈文.食品卫生理化检验标准手册[M].北京:中国标准出版社,1998:67-75.
- [9] 赵新淮,张娜,王琳.油脂过氧化值的碘量测定法比较研究[J].中国油脂,2003,28(4):60-62.
- [10] 范瑰丽,王高,王宏,等.香桃木叶片粗多酚抗氧化活性的研究[J].植物研究,2009(3):375-379.
- [11] 阚建全.食品化学[M].北京:中国农业大学出版社,2008.
- [12] 郝利平.食品添加剂[M].北京:中国农业大学出版社,2009.
- (责任编辑:叶丽娜)

## Study on the Antioxidant Activity of Polyphenol from Dry Pomegranate Peels

ZHANG Tingting<sup>1</sup>, XIE Sandu<sup>2</sup>, ZOU Meiling<sup>1</sup>, ZHUO Qingju<sup>1</sup>

(1.School of Tea and Food Science, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300;

2. Minnan Science and Technology Institute, Fujian Normal University, Quanzhou, Fujian 362332)

**Abstract:** The ultrasonic extraction was used to extract polyphenol from dry pomegranate peels. Taking the scavenging rate to OH· and O<sub>2</sub><sup>-</sup>·, and POV as indexes, the antioxidant activity of the dry pomegranate peel polyphenol was studied. The results showed that the pomegranate peel polyphenol had strong free radical scavenging activity and certain anti lipid oxidation effect. When the concentration of the pomegranate peel polyphenol was 0.26-0.45 mg/mL, the OH· scavenging activity was inferior to VC, but better at the concentration of 0.46-0.60 mg/mL. The O<sub>2</sub><sup>-</sup>· scavenging activity was always higher than VC. Anti lipid peroxidation effect was only slightly lower than BHT.

**Key words:** dry pomegranate peels; polyphenol; the antioxidant activity

# 响应面法优化武夷岩茶茶膏的制备

孙 辉, 何小滨, 吴玉琼, 徐晓斌, 王淑培, 陈宗道, 李国平

(武夷学院 乌龙茶产业协同创新中心, 福建 武夷山 354300)

**摘 要:** 为了提高武夷岩茶茶膏得率, 以茶膏得率为指标, 采用响应面法优化茶膏制备工艺参数。研究武夷岩茶茶膏最佳的二次逆流法浸提工艺条件为固液比(g/mL)1:21, 浸提时间 21.0 min, 浸提温度为 90 ℃, 茶膏得率为 48.68%。此茶膏汤色红橙明亮, 木香淡雅, 滋味醇厚, 回味清甜。

**关键词:** 武夷岩茶; 茶膏; 响应面法; 得率; 逆流法

**中图分类号:** TS272.59 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-2109(2015)12-0032-05

近年来, 随着人们生活节奏的加快, 健康方便的日常消费品的需求也越来越高。茶膏作为茶汁精华的浓缩品, 具有化痰消食、清理肠胃和生津的功效, 存在很高的品饮和保健价值<sup>[1-2]</sup>, 另外, 茶膏具有体积较小、重量较轻, 方便携带等优点。所以, 研究高品质茶膏的制备技术具有积极的实际意义。张万新等<sup>[3]</sup>研究表明, 现代茶膏通过改进生产工艺, 将茶叶原料经除杂、浸提、浓缩、干燥等一系列复杂工序精制而成。Lu C H<sup>[4]</sup>, 陈继伟<sup>[5]</sup>等人的研究发现, 茶膏中多种活性多酚类氧化产物能有效抑制巨噬细胞中脂多糖诱导产生 NO 及可以抑制低密度脂蛋白(LDL)的氧化作用。现代医学也证明茶膏中多种活性多酚类氧化产物具有较强清除自由基抑制脂质氧化作用<sup>[6-8]</sup>、抗氧化、抗诱导突变、抗癌变等作用<sup>[9-12]</sup>。故本研究以武夷山丰富、低廉的武夷岩茶下脚料作为原料, 通过响应面法优化武夷岩茶茶膏的制作工艺<sup>[13-14]</sup>, 为武夷岩茶茶膏的开发利用提供一定的理论依据。茶膏可以保留茶叶自身营养价值, 既可以做直接消费品, 还可以当作原料制成其它茶产品, 为当地创造经济价值, 为大众提供方便实

用的茶制品。

## 1 材料与设备

### 1.1 主要材料

L-谷氨酸(上海展云化工有限公司); 95%乙醇(上海展云化工有限公司); 茚三酮(国药集团化学试剂有限公司); 武夷岩茶(粗老叶片, 自制)其他所有试剂均为分析纯。

### 1.2 主要设备

UV3200PC 型紫外可见分光光度计(上海美谱达仪器有限公司); AR224CN 型分析天平(奥豪斯仪器有限公司制造); 手动凯氏定氮仪(实验室组装); RE-2000A 型真空旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂); FZ102 型微型植物粉碎机(天津市泰斯特仪器公司); HH-4 型数显恒温水浴锅(国华电器有限公司)。

## 2 试验方法

武夷岩茶下脚料及粗老叶为原料→粉碎(过 40 目筛)→浸提→减压抽滤(重复 3 次)→旋转蒸发→干燥→成品。

### 2.1 单因素试验

采用二次逆流法, 考察浸提温度、浸提时间、固液

收稿日期: 2015-07-07

基金项目: 福建省教育厅科技项目 B 类项目(JB14098)。

作者简介: 孙辉(1986-), 女, 汉族, 助教, 主要从事食品化学与营养研究。

比对茶膏得率的影响。

## 2.2 中心组合试验

结合单因素试验结果,采用 Box-Behnken 中心组合试验设计方法,研究 3 个因素(浸提温度、浸提时间、固液比)对武夷岩茶茶膏得率的影响,以武夷岩茶茶膏得率为响应值设计响应面试验,因素和水平取值见表 1。

表 1 响应面分析的因素水平编码表

因素	水平				
	-1.682	-1	0	+1	+1.682
浸提温度(℃)	76.5	80.0	85.0	90.0	93.4
浸提时间(h)	11.6	15.0	20.0	25.0	28.4
固液比(g/mL)	1:12	1:15	1:20	1:25	1:28

## 2.3 数据分析

每组试验均重复 3 次取平均值,中心组合实验采用 Design Expert 7.0.1.0 进行数据分析。

## 2.4 相关分析

### 2.4.1 茶膏得率的测定

称重法测定,计算公式参照:

$$\text{干物质含量} = \frac{m_0}{m_1} \times 100\%$$

式中: $m_0$  为试样的原始质量 (g); $m_1$  为浓缩后的试样质量(g)。

### 2.4.2 茶膏感官分析

#### 2.4.2.1 接受性检验<sup>[16]</sup>

随机选择 10 名品评员(5 男 5 女),对处于相同温度环境的样品进行品评,样品采用三位数随机编码,品评员采用 7 点快感标度进行评分,并将相应的样品编码写在相应的位置,以得到最佳饮用浓度。

#### 2.4.2.2 质地剖面描述分析

邀请 10 名品评员组成感官评定小组,评定在感官实验室内进行。在实验前,对品评员进行针对性的训练以弄清茶膏各种感官特性指标的含义和参照物的刻度点。样品采用随机的三位数编码并按随机顺序分发,品评员通过将样品与参照物进行比较,按照 0 到 10(0=强度最小,10=强度最大)的得分对武夷岩茶冬片茶膏的感官特性指标进行打分。

表 2 感官特性评定各指标含义表

感官特性指标	含 义
色泽	汤色色调色度类型和饱和度。
滋味	滋味浓厚、醇润程度,有无沉香味。
明浊度	清澈透明程度,有无沉淀物和悬浮物。
香气	岩茶自然茶香类型和浓淡。
回甘	回味甜美,即滋味由涩变甜。

## 3 结果与讨论

### 3.1 单因素试验

#### 3.1.1 浸提温度对武夷岩茶茶膏得率的影响

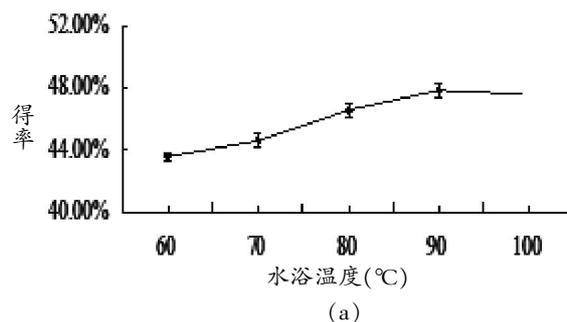
从图 1 中的 a 图可以看出,刚开始茶膏的得率随着浸提温度的升高而增大,当浸提温度达到 90 ℃时其得率出现略微的下降。可能是刚开始由于分子的扩散速度随着温度的升高而加快,当达到一定温度时,分子的运动速度接近极限且部分水溶性和挥发性物质随温度的升高而加快散失,从而影响其得率。因此,选择 90 ℃作为浸提温度。

#### 3.1.2 固液比对武夷岩茶茶膏得率的影响

从图 b 可以看出,武夷岩茶茶膏得率随着固液比的增大而增大,但当固液比达到 1:20 时,随着固液比的变化其得率上升幅度不明显,考虑到能源及成本问题,故选择固液比为 1:20 作为固液比。

#### 3.1.3 浸提时间对武夷岩茶茶膏得率的影响

从图 c 可以看出,浸提时间对武夷岩茶茶膏的得率影响较小,当浸提时间达到 20 min 时,随着浸提时间的增加茶膏得率变化较小,当浸提时间达到 25 min 时,其得率开始出现略微的下降,可能是因为随着浸提时间的延长,其可溶性物质和易挥发性物质的散失所致,所以选择浸提时间为 20 min。



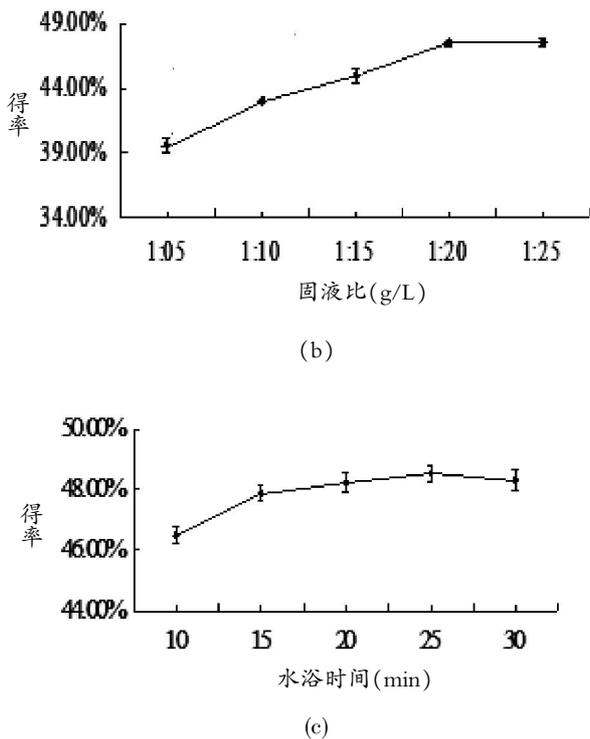


图1 浸提温度(a)、固液比(b)、浸提时间(c)对武夷岩茶茶膏得率的影响

### 3.2 响应面法确定武夷岩茶茶膏的最佳浸提条件

#### 3.2.1 武夷岩茶茶膏浸提条件的优化

根据 Box-Behnken Design 的中心组合设计原理,设计了 3 因素 3 水平的响应面分析试验,浸提温度  $X_1$ 、浸提时间  $X_2$ 、固液比  $X_3$  为自变量,以浸提液中武夷岩茶茶膏得率作为响应值,试验设计及结果见表 3。

表3 中心组合设计表及试验结果

试验序号	浸提温度 $X_1$ (°C)	浸提时间 $X_2$ (min)	固液比 $X_3$ (g/mL)	得率 Y(%)
1	0	0	0	48.12
2	1.682	0	0	47.98
3	0	1.682	0	46.09
4	1	1	-1	46.62
5	-1	-1	-1	43.23
6	0	-1.682	0	45.49
7	-1	1	-1	46.14
8	1	-1	-1	45.99
9	-1.682	0	0	45.23
10	1	1	1	48.01
11	0	0	0	44.96
12	0	0	0	47.80
13	0	0	0	48.20
14	-1	1	1	46.52
15	0	0	-1.682	40.16
16	0	0	0	48.40
17	1	-1	1	46.62
18	0	0	0	48.03
19	0	0	0	48.32
20	0	0	0	43.42

利用 Design-Expert 软件对表 2 试验数据进行二次多项回归拟合,获得浸提温度  $X_1$ 、浸提时间  $X_2$ 、固液比  $X_3$  关系的二次多项式回归方程为:

$$Y = 48.24 + 0.81X_1 + 0.55X_2 + 0.703 - 0.31X_1X_2 - 0.011X_1X_3 - 0.074X_2X_3 - 0.28X_{12} - 0.57X_{22} - 1.98X_{32} \quad (1)$$

由表 3 分析结果看出模型与实际情况拟合较好 ( $R^2 = 0.8848$ ),因此能较好的反映反应体系茶膏得率的变化,可用于实际反应情况预测。Design-Expert 软件分析表明各因素对武夷岩茶茶膏得率的影响顺序为浸提温度>固液比>浸提时间。

表4 回归方程方差分析表

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值
模型	75.93	9	8.44	8.53	0.0012
失拟项	9.66	5	1.93	41.71	0.0004
纯误差	0.23	5	0.05	-	-
所有项	85.81	19	-	-	-

注:  $R^2 = 0.8848$ ,  $R_{Adj}^2 = 0.7811$

通过回归方程所作的响应面曲面图,如图 2 所示。浸提时间和浸提温度对反应体系中武夷岩茶茶膏得率交互作用响应面如图 2 的 a,二者之间的交互作用较小。当浸提时间一定时,随着浸提温度的升高,其茶膏得率也提高,这一现象与分子扩散运动有关。当浸提时间 20 min 时,浸提温度 80~90 °C 时茶膏得率较高。

固液比和浸提温度对茶膏得率作用响应面如图 2 的 b,二者之间的交互作用较大,当浸提温度一定时,所选浸提时间范围内茶膏得率随固液比的升高先增加后降低,这一现象与茶叶水浸出物浸出效率的反应动力学有关。当浸提温度 90 °C 时,固液比为 1:15 ~ 1:20 时茶膏得率较高。

浸提时间和固液比对茶膏得率交互作用响应面如图 2 的 c,二者之间的交互性较大。从图中可得知,当固液比一定时,所选浸提温度范围内茶膏得率随浸提时间的延长先增加后减少,这一现象与可溶性和易挥发性物质的流失有关。当固液比为 1:20 时,浸提时间为 15~20 min 时茶膏得率较大。

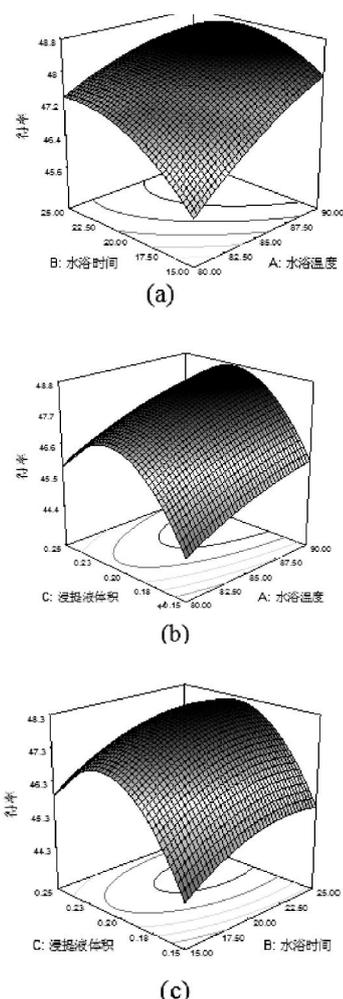


图2 武夷岩茶茶膏浸提条件响应面图

对回归模型进行数学分析,计算得到极大响应值和对应的因素条件为:茶膏得率 $Y$ 为48.76%,浸提温度 $X_1$ 为90℃、浸提时间 $X_2$ 为21.1 min、固液比 $X_3$ 为1:21。

### 3.2.2 验证实验

采用上述工艺条件进行实际操作,测得茶膏得率为48.68%(三次平均值),与理论值(48.76%)无显著差别,说明响应面法优化得到的工艺条件参数准确可靠。

### 3.3 武夷岩茶茶膏风味描述分析

由接受性检验得到最佳饮用浓度为0.75 g/mL。按照上述感官评分最佳饮用浓度制成茶汤,采用QDA蜘蛛网点标度法进行质地剖面描述分析,可以看出武夷岩茶茶膏茶汤各项指标评价均良好,明浊度感官评价最优,其中香气得分相对较低。总体感官特征:汤色红橙明亮,木香淡雅,滋味醇厚,回味清甜。

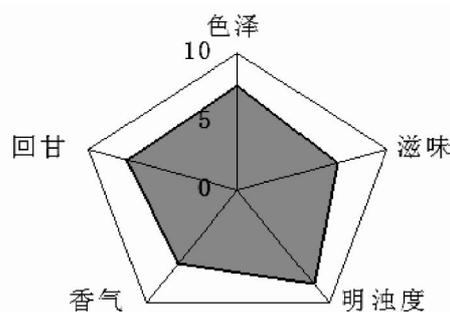


图3 武夷岩茶茶膏茶汤 QDA 图

## 4 结论

响应面方法优化武夷岩茶茶膏的最佳工艺条件为固液比1:21,浸提时间20.0 min,浸提温度为90.0℃,此条件下武夷岩茶茶膏得率48.68%。茶膏具有汤色红橙明亮,木香淡雅,滋味醇厚,回味清甜的优良感官品质。茶膏的最佳饮用浓度为0.75 g/mL。

## 参考文献:

- [1] 闵良,魏用林,王茜,等.微波消解:原子荧光光谱法测定普洱茶膏中的砷和铅[J].光谱实验室,2011,28(6):2926-2929.
- [2] 陈锦玉,杨芳,邵金良,等.茶膏的营养成分分析[J].现代食品科技,2012,28(12):1788-1792.
- [3] 张万新.茶膏可以喝的古董[J].中国拍卖,2006,28(8):47-48.
- [4] Lin S D, Lee C C. Effect of GABA tea on quality characteristic of chiffon cake[J]. Cereal Chemistry, 2008,85(1):31-38.
- [5] Lu C H, Huang L S. Safety, biological activity and the active components of pu-erh tea [J]. International Tea Symposium, 2005, 30(7):272-279.
- [6] Luczaj W, Skrzydlewska E. Antioxidative properties of black tea[J].Preventive Medicine,2005(40):910-918.
- [7] 于海宁,沈生荣.茶黄素类抗氧化及抗肿瘤作用的研究进展[J].茶叶,2001,27(3):7-11.
- [8] Hou Y, Shao W F, Xiao R, et al. Pu-erh tea aqueous extracts lower atherosclerotic risk factors in a rat hyperlipidemia model [J].Experimental Gerontology,2009,37(4):429-434.
- [9] 张冬英,刘仲华,施兆鹏,等.高通量筛选法对普洱茶降血糖血脂作用的研究[J].茶叶科学, 2005,26(1):49-53.
- [10] Wang B S, Yu H M, Chang L W, et al. Protective effects of pu-erh tea on LDL oxidation and nitric oxide generation in

- macrophage cells [J]. LWT—Food Science and Technology, 2008,102(1):351–360.
- [11] Lu C H, Hwang L S. Polyphenol contents of pu-erhteas and their abilities to inhibit cholesterol biosynthesis in hepg2 cell line[J]. Food Chemistry, 2008,1216(15):3223–3231.
- [12] Wu S C, Yen G C, Wang B S, et al. Antimutagenic and antimicrobial activities of pu-erh tea [J]. LWT—Food Science and Technology, 2007,188(2):121–128.
- [13] 陈继伟,何昆萍. 普洱茶茶膏传统制作工艺探讨[J]. 茶叶科学技术, 2009,28(3):39–41.
- [14] Myers R H, Montgomery D C, Anderson-cook C M. Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments [J]. Journal of Statistical Planning and Inference, 1997,59(1):185–186.
- [15] 朱洪梅,赵猛. 响应面法优化沙棘色素提取及抗氧化性研究[J]. 林产化学与工业, 2010,30(4):78–834.
- [16] 韩北忠,童华荣. 食品感官评价[M]. 北京:中国林业出版社, 2009:156–173.

(责任编辑:叶丽娜)

## Wuyi Rock Tea Cream Response Surface Method to Optimize the Preparation Technology

SUN Hui, HE Xiaobin, WU Yuqiong, XU Xiaobin,

WANG Shupe, CHEN Zongdao, LI Guoping

(Center of Collaborative Innovative Wulong Tea Industry, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** To enhance the extraction yield of Wuyi Rock Tea cream, response surface analysis was applied to optimize the conditions of preparation tea cream with the extraction yield of tea cream as response. The results showed that the optimum heat reflux extraction for producing Wuyi Rock Tea cream in this study was: temperature for 90 °C, material water ratio for 1:21 (g/mL), time for 21.0 min. The high yield for 48.68% of tea cream was obtained at the above conditions and the concentration of tea were brightly red and orange, lightly woodiness fragrance, mellow taste and sweet aftertaste.

**Key words:** Wuyi Rock Tea; cream; response surface method; yield; reflux extraction

# 凝胶-冷冻法制备红薯微孔淀粉工艺的研究

傅新征, 许海基, 张仪秀

(武夷学院 茶与食品学院, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**以红薯淀粉为原材料制备红薯微孔淀粉,以红薯微孔淀粉的吸水率和吸油率为指标,探讨并优化凝胶-冷冻法制备红薯微孔淀粉的工艺参数。结果表明,制备红薯微孔淀粉的优化工艺参数为:红薯淀粉乳浓度 100 g/L、糊化时间 40 min、冷冻时间 39 h、糊化温度 90 ℃,此工艺下制备的红薯微孔淀粉吸水率为 467.51%、吸油率为 76.36%。

**关键词:**红薯淀粉;红薯微孔淀粉;凝胶-冷冻法

**中图分类号:**TS235.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2015)12-0037-05

微孔淀粉又名多孔淀粉,是一种新型变性淀粉,其颗粒呈多孔状,类似于蜂窝,比表面积较大,对固态和液态物质具有良好的吸附性能,故可作为载体用于吸附包埋各种水溶性或脂溶性物质,广泛应用于医药、食品、化妆品和农药等行业<sup>[1-2]</sup>。微孔淀粉的制备方法有酶解法、凝胶-冷冻、酸解法、喷雾法、机械撞击法等<sup>[3-4]</sup>,其中酶水解法的研究较多<sup>[5-8]</sup>,而其他方法的研究较少。凝胶-冷冻法与其他方法相比,其操作简单易行,不会产生酸碱等化学物质的污染,其具体操作方法是先将糊化得到的淀粉糊低温冷冻,再用乙醇作为溶剂交换淀粉凝胶里的冰晶,最终干燥即可得到微孔淀粉<sup>[9-10]</sup>。红薯含有 30%左右的淀粉,是天然淀粉的重要来源。在我国,红薯种植面积大产量大,具有容易获得且价格低廉的优点。本文以红薯淀粉为原料制备红薯微孔淀粉,研究凝胶-冷冻法制备红薯微孔淀粉的工艺参数,以期红薯淀粉的综合利用与红薯微孔淀粉的工业化生产提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

食用油为厦门中鹭植物油有限公司所生产,红薯、豆薯、土豆、山药、芋头的产地为武夷山市,无水乙醇(AR)是三明市三圆化学试剂有限公司所生产。

### 1.2 试验仪器设备

HH-4 型数显恒温水浴锅:国华电器有限公司;AR224CN 型分析天平:奥豪斯仪器(上海)有限公司;DHG-9245A 型电热恒温鼓风干燥箱:上海慧泰仪器制造有限公司;SHB-III 循环水式多用真空泵:郑州长城科工贸有限公司;砂芯漏斗:郑州长城科工贸有限公司;立方冷藏陈列柜:浙江星星家电股份有限公司;中科美菱超低温冷冻储存箱:中科美菱低温科技有限责任公司;FW80 高速万能粉碎机:天津市泰斯特仪器有限公司;JYL-C051 料理机:九阳股份有限公司。

### 1.3 红薯淀粉的制备工艺

(1)新鲜红薯清洗、去皮、切块。

(2)红薯块加水磨浆,混合浆液过 100 目筛除去大颗粒杂质,将滤液放在冰箱中静置 5 h,倒去上清液,取出沉淀物。

(3)沉淀物反复加水洗涤、静置,至少 3 次。

(4)将洗涤好的沉淀物置于 40 ℃的烘箱中干燥,即可得到红薯淀粉。

收稿日期:2015-06-13

作者简介:傅新征(1986-),女,汉族,助教,主要从事食品化学与营养研究。

### 1.4 红薯微孔淀粉的制备工艺

本试验采用凝胶-冷冻法制备红薯微孔淀粉,工艺流程为:红薯淀粉→加水糊化→冷藏→冷冻→无水乙醇洗涤→烘干→红薯微孔淀粉

凝胶-冷冻法制备红薯微孔淀粉的操作要点:

(1)糊化:将红薯淀粉与蒸馏水混合配制成浓度为 100 g/L 的红薯淀粉乳,将红薯淀粉乳倒入烧杯中,置于 95 ℃ 的恒温水浴锅中加热糊化 30 min,加热糊化过程中不断搅拌,红薯淀粉完全糊化后,可停止搅拌。

(2)冷藏:将糊化后的红薯淀粉糊倒入制冰盒的格子中(每格容积为 1 cm<sup>3</sup>),将装有红薯淀粉糊的制冰盒放入 4 ℃ 的冷藏柜中 12 h。冷藏后形成红薯淀粉凝胶。

(3)冷冻:将红薯淀粉凝胶,置于-20 ℃ 的超低温冷冻储存箱中 48 h。

(4)无水乙醇洗涤:将冷冻后的样品取出,倒入无水乙醇浸泡 30 min,期间不断搅拌剂压,使无水乙醇完全将淀粉中的水洗脱出来。

(5)烘干:将洗脱好的样品放入 50 ℃ 的干燥箱中,烘干后粉碎即可得到红薯微孔淀粉。

### 1.5 试验设计

#### 1.5.1 淀粉的筛选

按照 1.3 的制备工艺,分别以豆薯、红薯、土豆、山药、芋头为原料制备淀粉。按照 1.4 的制备工艺,分别以上述淀粉为原料,采用凝胶-冷冻法制备微孔淀粉,以制得的微孔淀粉的吸水率和吸油率为指标,筛选出适宜制备微孔淀粉的淀粉种类。

#### 1.5.2 单因素试验

经过预实验可知,红薯淀粉乳浓度、糊化时间、糊化温度和冷冻时间对制得的红薯微孔淀粉的吸附性能有较大影响,故单因素试验选以上 4 个因素进行研究,以红薯微孔淀粉吸油率和吸水率为试验指标。

(1)红薯淀粉乳浓度对红薯微孔淀粉吸油率和吸水率的影响

分别配制淀粉浓度为 50、100、150、200 和 250 g/L 的红薯淀粉乳,按照 1.4 制备红薯微孔淀粉。

(2)糊化时间对红薯微孔淀粉吸油率和吸水率的影响

控制糊化时间分别为 10、20、30、40、50 min,按照

1.4 制备红薯微孔淀粉。

(3)糊化温度对红薯微孔淀粉吸油率和吸水率的影响

控制温度分别为 80、85、90、95、100 ℃,按照 1.4 制备红薯微孔淀粉。

(4)冷冻时间对红薯微孔淀粉吸油率和吸水率的影响

控制冷冻时间分别为 30、36、42、48、54 h,按照 1.4 制备红薯微孔淀粉。

#### 1.5.3 正交试验

在单因素试验的基础上,选取红薯淀粉乳浓度、糊化时间、冷冻时间和糊化温度的适宜水平进行 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 的正交试验,进一步优化红薯微孔淀粉制备的工艺参数。正交试验的因素水平见表 1。

表 1 正交试验因素水平表

水平	因素			
	A 红薯淀粉乳浓度(g/L)	B 糊化时间(min)	C 冷冻时间(h)	D 糊化温度(℃)
1	75	35	39	87
2	100	40	42	90
3	125	45	45	93

#### 1.5.4 试验指标的测定方法

(1)吸油率的测定<sup>[11]</sup>:称取红薯微孔淀粉质量为 m<sub>1</sub>(g),恒温下与食用油搅拌混匀 30 min。用砂芯漏斗 m<sub>2</sub>(g)抽滤,直至没有油滴滴下,称量砂芯漏斗与吸油后红薯微孔淀粉的总质量 m<sub>3</sub>(g)。按以下公式计算吸油率:

$$\text{吸油率 } S = \frac{m_3 - m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

(2)吸水率的测定<sup>[12]</sup>:称取离心管的质量 m<sub>1</sub>(g),向离心管中加入红薯微孔淀粉,称量离心管与红薯微孔淀粉的总质量 m<sub>2</sub>(g),再向离心管加入一定量的蒸馏水,摇匀放置 30 min 后,置于转速为 4 000 r/min 的离心机中离心 10 min,倒掉上层清液,称量离心管与吸水后红薯微孔淀粉的总质量 m<sub>3</sub>(g)。按以下公式计算:

$$\text{吸水率 } W = \frac{m_3 - m_2}{m_2 - m_1} \times 100\% \quad (2)$$

## 2 结果与分析

### 2.1 淀粉筛选结果

表 2 不同淀粉和微孔淀粉的吸水率和吸油率

材料	吸水率(%)		吸油率(%)	
	淀粉	微孔淀粉	淀粉	微孔淀粉
豆薯	61.02	185.99	14.73	21.32
红薯	68.55	206.35	15.69	30.94
土豆	51.29	192.87	10.65	13.53
山药	75.40	108.79	6.60	11.26
芋头	79.72	148.05	13.56	14.89

由表 2 可知,在豆薯淀粉、红薯淀粉、土豆淀粉、山药淀粉和芋头淀粉中,红薯淀粉制备的微孔淀粉的吸水率与吸油率最好,吸水率由原红薯淀粉的 68.55% 提高到 206.35%,吸油率由原红薯淀粉的 15.69% 提高到 30.94%。因此,选择红薯淀粉为原材料制备微孔淀粉。

### 2.2 单因素试验结果与分析

#### 2.2.1 红薯淀粉乳浓度对红薯微孔淀粉吸油率与吸水率的影响

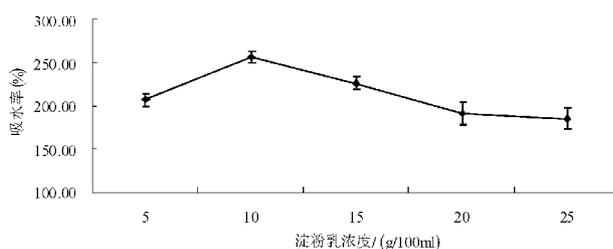


图 1 红薯淀粉乳浓度对红薯微孔淀粉吸水率的影响

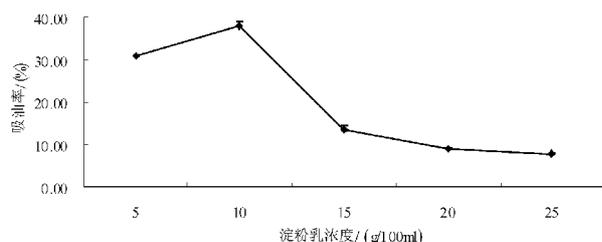


图 2 红薯淀粉乳浓度对红薯微孔淀粉吸油率的影响

由图 1 和图 2 可以看出,红薯淀粉乳浓度从 50 g/L 增加到 100 g/L 时,吸水率和吸油率均升高;从 100 g/L

增加到 250 g/L 时,吸水率和吸油率均呈下降趋势。在红薯淀粉乳浓度 100 g/L 时吸水率和吸油率达到最高,因此适宜的红薯淀粉乳浓度为 100 g/L。

#### 2.2.2 糊化时间对红薯微孔淀粉吸油率与吸水率的影响

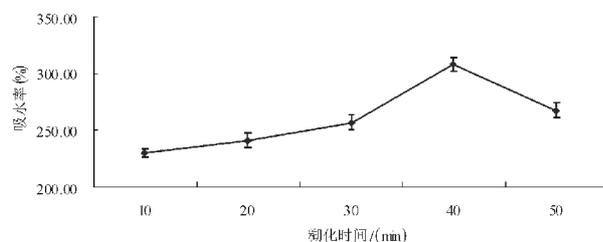


图 3 糊化时间对红薯微孔淀粉吸水率的影响

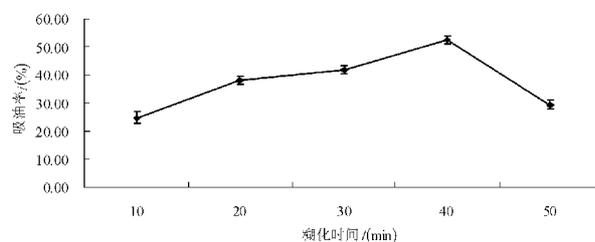


图 4 糊化时间对红薯微孔淀粉吸油率的影响

从图 3 和图 4 可以看出,糊化时间在 10 min 到 40 min 内吸水率和吸油率逐渐升高;糊化时间超过 40 min 后,吸水率和吸油率均开始下降;在糊化时间 40 min 时吸水率和吸油率达到最高,因此适宜的糊化时间为 40 min。

#### 2.2.3 糊化温度对红薯微孔淀粉吸油率与吸水率的影响

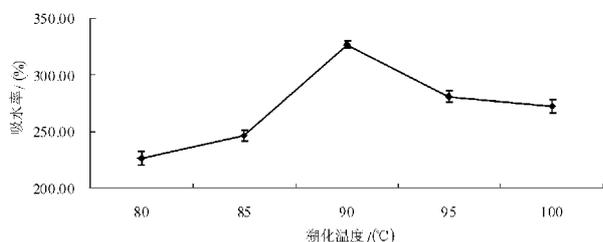


图 5 糊化温度对红薯微孔淀粉吸水率的影响

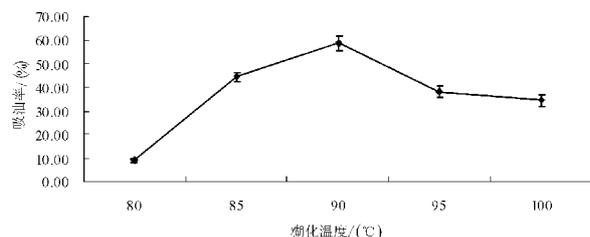


图 6 糊化温度对红薯微孔淀粉吸油率的影响

从图 5 和图 6 可以看出, 糊化温度从 80 ℃升高到 90 ℃时, 吸水率和吸油率逐渐升高; 糊化温度高于 90 ℃后, 吸水率和吸油率均下降; 在糊化温度 90 ℃时吸水率和吸油率达到最高, 因此适宜的糊化温度为 90 ℃。

### 2.2.4 冷冻时间对红薯微孔淀粉吸油率与吸水率的影响

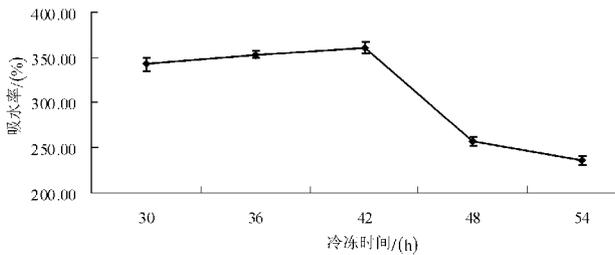


图 7 冷冻时间对红薯微孔淀粉吸水率的影响

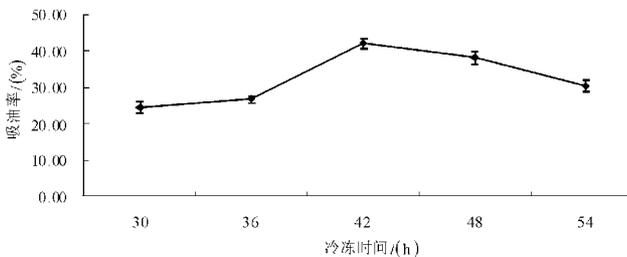


图 8 冷冻时间对红薯微孔淀粉吸油率的影响

从图 7 和图 8 可以看出, 冷冻时间在 30 h 到 42 h 内, 吸水率缓慢升高, 吸油率升高较明显; 冷冻时间超过 42 h 后, 吸水率下降明显, 吸油率逐渐下降; 在冷冻时间 42 h 时吸水率和吸油率达到最高, 因此适宜的冷冻时间为 42 h。

### 2.3 正交试验结果与分析

表 3 吸水率的正交试验结果

试验号	因素				吸水率/ (%)
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	319.56
2	1	2	2	2	461.69
3	1	3	3	3	281.16
4	2	1	2	3	369.13
5	2	2	3	1	380.56
6	2	3	1	2	376.73
7	3	1	3	2	428.48
8	3	2	1	3	369.12
9	3	3	2	1	317.59
$k_1$	354.1	372.4	355.1	339.2	-
$k_2$	375.5	403.8	382.8	422.3	-
$k_3$	371.7	325.2	363.4	339.8	-
极差 R	21.4	78.6	27.7	83.1	-

注: 表中的  $k_1, k_2, k_3$  为均值

表 4 吸油率的正交试验结果

试验号	因素				吸油率/ (%)
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	23.16
2	1	2	2	2	67.05
3	1	3	3	3	44.60
4	2	1	2	3	46.74
5	2	2	3	1	56.07
6	2	3	1	2	74.27
7	3	1	3	2	50.48
8	3	2	1	3	63.78
9	3	3	2	1	35.84
$k_1$	44.937	40.127	53.737	38.357	-
$k_2$	59.027	62.300	49.877	63.933	-
$k_3$	50.033	51.570	50.383	51.707	-
极差 R	14.090	22.173	3.860	25.576	-

注: 表中的  $k_1, k_2, k_3$  为均值

由表 3 中极差的大小可知, 四个因素对红薯微孔淀粉吸水率影响的主次顺序为 D>B>C>A, 即糊化温度的对红薯微孔淀粉的吸水率影响最大, 其次是糊化时间和冷冻时间, 而红薯淀粉乳浓度对红薯微孔淀粉的吸水率影响最小。由表 3 中四个因素的均值可知, 吸水率的最优组合为 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>D<sub>2</sub>, 即红薯淀粉乳浓度 100 g/L、糊化时间 40 min、冷冻时间 42 h、糊化温度 90 ℃。

由表 4 可知, 四个因素对红薯微孔淀粉吸油率影响的主次顺序为 D>B>A>C, 即糊化温度的对红薯微孔淀粉的吸油率影响最大, 其次是糊化时间和红薯淀粉乳浓度, 而冷冻时间对红薯微孔淀粉的吸油率影响最小; 吸油率的最优组合为 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>D<sub>2</sub>, 即红薯淀粉乳浓度 100 g/L、糊化时间 40 min、冷冻时间 39 h、糊化温度 9 ℃。

由吸水率和吸油率的正交试验结果可知, 最终优化的冷冻时间不一致, 分别为 42 h 和 39 h。考虑到冷冻时间对红薯微孔淀粉吸附性能的影响较弱, 再加上微孔淀粉常用作亲油性物质的包埋物和载体, 而且从成本上考虑, 节省时间可使微孔淀粉的生产成本大大降低。所以冷冻时间采用吸油率正交试验得到的结果 39 h。综上, 制备红薯微孔淀粉的最佳工艺组合为 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>D<sub>2</sub>, 即红薯淀粉乳浓度为 100 g/L, 糊化时间为 40 min, 冷冻时间为 39 h, 糊化温度为 90 ℃。

## 2.4 验证试验

最优组合  $A_2B_2C_1D_2$  不在 9 组正交试验中,为此进行验证试验。以吸水率和吸油率为指标,控制工艺条件为  $A_2B_2C_1D_2$  进行试验。吸水率结果为 467.51%,吸油率结果为 76.36%,高于所有正交实验组,由此可验证  $A_2B_2C_1D_2$  为最佳组合。

## 3 结论

以吸油率与吸水率为指标,对凝胶-冷冻法制备红薯微孔淀粉的工艺进行研究。由单因素试验及正交试验表明,凝胶-冷冻法制备红薯微孔淀粉的最佳工艺为:红薯淀粉乳浓度 100 g/L,糊化时间 40 min,冷冻时间 39 h,糊化温度 90 °C,此条件下制备的红薯微孔淀粉吸水率为 467.51%,吸油率为 76.36%。

### 参考文献:

- [1] 许立宪.微孔淀粉的应用实验研究[J].河北化工,2011,34(6):27-28.
- [2] 黄时海,曹喜秀,冯国芳,等.微孔型淀粉特性及其研究进展[J].食品研究与开发,2011,23(9):213-218.
- [3] 彭飞.冷冻法制备多孔淀粉以及性能研究[D].天津:天津大

- 学理学院.2010.
- [4] 段善海,缪铭.新型有机吸附剂:多孔淀粉的研究与分析[J].食品工业科技,2007,28(1):240-244.
- [5] 王海凤.酶法红薯多孔淀粉的制备[J].食品研究与开发,2012,33(6):50-52.
- [6] 吕峰,傅新征,李宇翔.薏苡仁淀粉酶改性多孔化关键工艺优化[J].中国粮油学报,2013,28(6):44-49.
- [7] 刘宇欣,肖志刚,杨庆余,等.挤压复合酶法制备玉米多孔淀粉工艺参数优化[J].农业机械学报,2013,44(4):171-178.
- [8] 陈丽,谭亦成,张喻.多孔淀粉的酶法制备及在食品中的应用研究进展[J].粮油食品科技,2013,21(2):16-19.
- [9] 周琼.微孔淀粉材料优化制备技术及其应用研究[D].重庆:西南大学.2011.
- [10] YuminZhang,LuyangHu,JiecaiHan.Solublestarchscaffolds with uniaxial aligned channel structure for in situ synthesis of hierarchically porous silica ceramics [J]. Microporous and Mesoporous Materials, 2010(130):327-332.
- [11] 周坚,沈汪洋,万楚筠.微孔淀粉制备的预处理工艺研究[J].食品科学,2005,26(11):154-156.
- [12] 林海涛,唐忠锋,凌新龙.酸法优化玉米微孔淀粉的工艺及结构研究[J].食品科技,2009,34(3):216-219.

(责任编辑:叶丽娜)

# Study on the Gel-freezing Method Preparation Chinese Sweet Potato Microporous Starch

FU Xinzheng, XU Haiji, ZHANG Yixiu

(School of Tea and Food Science, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** Chinese sweet potato starch was used as the raw materials to prepared Chinese sweet potato microporous starch. The water absorption rate and oil absorption rate of Chinese sweet potato microporous starch were used as indexes, discuss and optimize the process conditions of the gel-freezing method preparation Chinese sweet potato microporous starch. The results showed that the optimum preparation process conditions of Chinese sweet potato microporous starch: Chinese sweet potato starch milk concentration 10g/100ml, gelatinization time 40min, freezing time 39h, gelatinization temperature 90°C. Under the condition, the water absorption rate of Chinese sweet potato microporous starch was 467.51%, and the oil absorption rate of Chinese sweet potato microporous starch was 76.36%.

**Key words:** Chinese sweet potato starch; Chinese sweet potato microporous starch; gel-freezing method

# 聚己内酯/竹粉发泡复合材料的制备及其性能研究

赵璠云<sup>1,2</sup>, 刘明锋<sup>1,2</sup>

(1.武夷学院 生态与资源工程学院, 福建 武夷山 354300; 2.福建省高校绿色化工技术重点实验室, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**以聚己内酯(PCL)为基体,竹粉为共混物,无机 NaHCO<sub>3</sub> 和有机偶氮二异丁腈(AIBN)为发泡剂,通过开炼和热压成型制备 PCL/竹粉发泡复合材料。研究竹粉含量、发泡剂用量及比例对 PCL/竹粉密度和力学性能影响。实验结果表明:AIBN 量从 0 份增加到 1 份,PCL/竹粉密度从 1.15 g/cm<sup>3</sup> 减小到 0.60 g/cm<sup>3</sup>。PCL/竹粉的拉伸强度和冲击强度分别从 10.0 MPa 和 9.2 KJ/m<sup>2</sup> 降到 3.9 MPa 和 5.3 KJ/m<sup>2</sup>。随着竹粉含量增加,PCL/竹粉密度略有降低,然而竹粉含量从 0 份增加到 20 份拉伸强度和冲击强度分别由 7.5 MPa 和 18.1 KJ/m<sup>2</sup> 降低到 6.0 MPa 和 10.1 KJ/m<sup>2</sup>。竹粉含量进一步增加至 30-60 份,冲击强度和拉伸强度略有减小。

**关键词:**聚己内酯;竹粉;发泡剂;密度

**中图分类号:**TQ32 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2015)12-0042-04

能源危机和环境污染已成为当今世界发展的两大难题<sup>[1-3]</sup>。随着塑料在生活中用量增加,废弃塑料造成的白色污染已经越来越严重。大部分废弃塑料在自然界中是不可降解的,若废弃后的塑料没及时处理,这将会是我们生活中一个较大的污染源,因此开发研究可降解塑料将是当今世界的一个热点主题<sup>[4-5]</sup>。我国竹材资源丰富,现有竹林总面积 4.2×10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup>,竹材产量居世界第一。福建闽北地区是竹材资源丰富地区之一,在竹材生产加工过程中会产生大量的端材,竹粉,竹屑,目前广泛价格低廉的竹粉资源的充分利用还是远远不够的。

我国废弃塑料的污染严重,可降解性也比较低,虽然可以通过可降解聚合物来解决这一问题,但是其材料密度大,价格也比较昂贵,生产成本也比较高,因

此,通过在可降解聚合物中添加竹粉和发泡剂既可以有效的降低材料的密度和减少生产成本,也解决了废弃塑料不可以降解的难题<sup>[6-8]</sup>。还可以充分利用了闽北地区丰富的废弃竹粉资源。因此本研究以可降解的 PCL 为基体,加入一定量竹粉共混。并加入无机发泡剂 NaHCO<sub>3</sub> 和有机发泡剂 AIBN,研究发泡剂含量和比例对 PCL/竹粉复合材料密度和力学性能影响。

## 1 实验部分

### 1.1 原料

偶氮二异丁腈(AIBN),分解温度为 64 ℃,化学纯,上海试四赫维化工有限公司;钛酸酯偶联剂,化学纯,南京品宁偶联剂有限公司;碳酸氢钠,分解温度为 50 ℃,分析纯,广东汕头市细陇化工厂;竹粉,90 目,自制;聚己内酯(PCL),南京宇部化工有限公司。其它试剂均为市售。

### 1.2 仪器和设备

电热鼓风干燥箱(DHG-9075A),上海慧泰仪器制造有限公司;开放式炼塑机(SK-100),上海科创橡塑机械设备有限公司;电动加硫成型机(BL-6170-A),实轮精密检测仪器有限公司;摆锤式冲击试验机

收稿日期:2015-04-05

基金项目:福建省教育厅项目(JK2012055);福建省自然科学基金(2012N0027);南平市科技局[N2011WZ05, N2012Z06(6)],国家大学生创新性实验(201210397003)。

通讯作者:赵璠云(1983-),男,汉族,讲师,主要从事天然高分子研究。

(ZBC7251-B)美斯特工业系统有限公司;微机控制电子式万能试验机(WDW-2E)中国济南试金集团有限公司;电子天平(DY202K)上海民侨精密科学仪器有限公司。

### 1.3 PCL/竹粉发泡复合材料制备

PCL/竹粉发泡复合材料的制备流程图如图1所示。把一定量竹粉在110℃烘箱中干燥6h取出。然后准确称取钛酸酯偶联剂(竹粉含量的5%),二者混合,在双辊开炼机上120℃混炼,进行表面改性处理,制成改性竹粉。取100份PCL,然后在开炼机上密炼(55℃),根据配比加入改性竹粉和发泡剂,不停的打三角包,割刀,取出,再投入开炼机上,混合均匀后(约30min),取出冷却、切片。将上述切片放入模具内,在平板硫化机上80℃,4MPa,保温15min,然后升温到110℃,保温15min停止。然后不加压力冷却。冷却充分后开模取样,24h后裁样测试其性能。

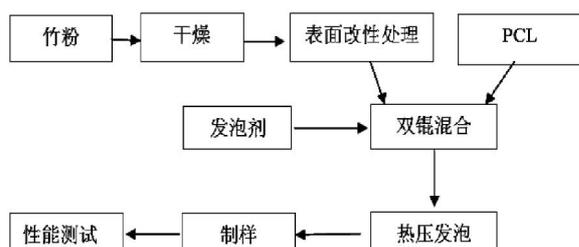


图1 PCL/竹粉制备流程图

### 1.4 表征

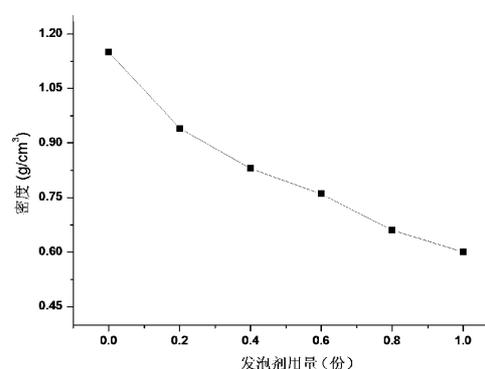
复合材料的冲击强度按照GB/T1043-92标准,采用液晶式塑料摆锤试验机测试缺口试样的简支梁冲击强度,平行测试5个样,取平均值;复合材料的拉伸强度采用WDW-2E微机控制电子式万能试验机,按照GB/T1040-92标准测试断裂拉伸强度,拉伸速度为5mm/min,平行测试5个样,取平均值。

## 2 结果与讨论

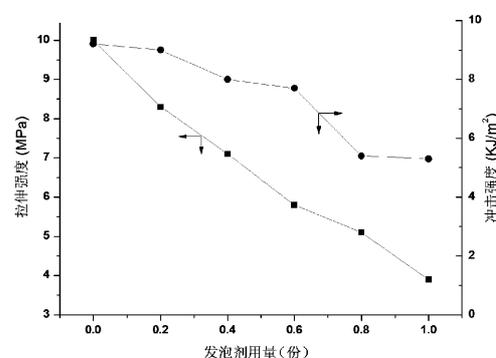
### 2.1 发泡剂量的影响

为了研究发泡剂的量对PCL/竹粉发泡复合材料性能的影响,本次实验取PCL 100份,竹粉30份,钛酸酯偶联剂1.5份,AIBN发泡剂的量分别为0,0.2,0.4,0.6,0.8和1份,无使用发泡剂NaHCO<sub>3</sub>。发泡剂AIBN的量对PCL/竹粉密度的影响如图2(a)所

示。在一定范围内随着AIBN量从0份增加1份,复合材料的密度从1.15 g/cm<sup>3</sup>减小到0.60 g/cm<sup>3</sup>。主要因为随着AIBN的增加,其分解放出气体增加,使复合材料形成的气孔数增加,从而导致复合材料密度降低。图2(b)为AIBN用量对PCL/竹粉拉伸强度和冲击强度影响。随着AIBN量从0份增加1份,复合材料的拉伸强度和冲击强度分别从10.0 MPa和9.2 KJ/m<sup>2</sup>降到3.9 MPa和5.3 KJ/m<sup>2</sup>。这是因为随着发泡剂量的增加,复合材料内的产生了比较多的孔隙,孔隙率的增加导致了拉伸强度和冲击强度降低。



(a)发泡剂用量对密度影响



(b)发泡剂用量对拉伸强度和冲击强度影响

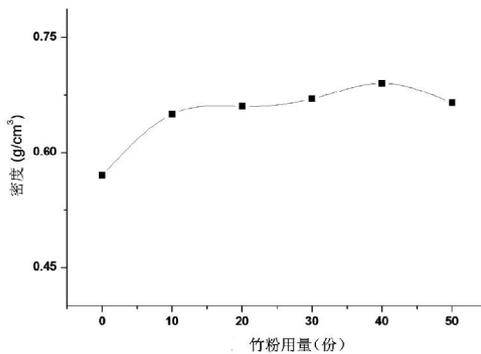
图2 发泡剂用量对密度、拉伸强度、冲击强度的影响

### 2.2 竹粉用量的影响

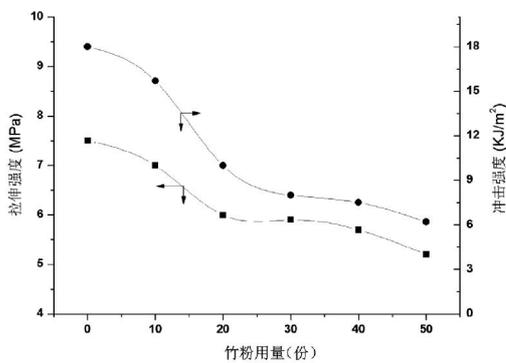
为了研究竹粉用量对PCL/竹粉密度和力学性能影响,取PCL 100份,AIBN 0.6份,偶联剂1.5份,竹粉的量分别为0,10,20,30,40和50份。图3(a)为竹粉用量对PCL/竹粉密度的影响。随着竹粉含量从0份增加到40份,PCL/竹粉的密度略有增加,从0.57 g/cm<sup>3</sup>增加到0.69 g/cm<sup>3</sup>。主要因为发泡在塑料的熔体内进行,竹粉的增加导致了能发泡的熔体相对减少,所以在竹粉量从0份增加到40份材料的密度会增加。随着竹粉的含量进一步增加到50份,PCL/竹粉的密度

反而减小到 0.66 g/cm<sup>3</sup>。这是因为竹粉的密度较小,这时候竹粉为主导因素,加上发泡剂的一些发泡,导致了复合材料的密度稍微有点降低。

图 3(b)为竹粉含量对拉伸强度和冲击强度影响,随着竹粉含量增多,拉伸强度和冲击强度都下降。但是竹粉含量从 0 份增加到 20 份拉伸强度和冲击强度分别由 7.5 MPa 和 18.1 KJ/m<sup>2</sup> 降低到 6 MPa 和 10.1 KJ/m<sup>2</sup>。因为竹粉是刚性的,竹粉的加入破坏了 PCL 塑料基体的连续性质,加上竹粉内含有大量的羟基,随着竹粉量的增加,竹粉和 PCL 的结合能力减小,而且又有较多内氢键存在,这样对能量的传递和扩散很不利。所以随着竹粉量的增加复合材料的拉伸性能降低<sup>[9]</sup>。随着竹粉含量进一步增加至 30~60 份,拉伸强度和冲击强度略有下降。这是因为竹粉也具有了一定的刚度和刚性,在竹粉量大于 30 份的时候,竹粉量增加,这样使得了复合材料的拉伸和冲击性能下降不会那么大。



(a)竹粉用量对密度影响



(b)竹粉用量对拉伸强度和冲击强度影响

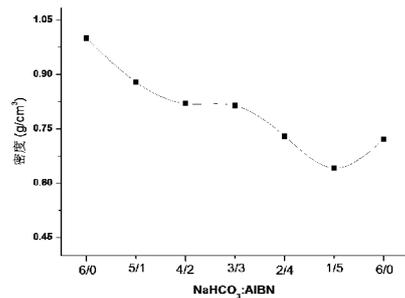
图 3 竹粉用量对密度、拉伸强度、冲击强度的影响

### 2.3 发泡剂比值

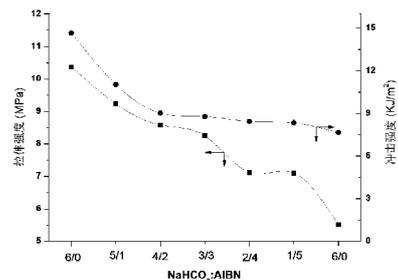
发泡剂按种类可以分成无机发泡剂和有机发泡剂,根据在发泡过程中的热量变化发泡剂也可以分为

吸热型和放热型发泡剂。放热型发泡剂如 NaHCO<sub>3</sub>,其发泡过程比较缓慢,而放热型发泡剂如 AC 发泡剂、偶氮类发泡剂,其分解温度较高,分解速度快,易造成熔体局部过热等现象而使发泡过程难以控制。选择无机吸热型发泡剂和有机放热型发泡剂混合使用,使发泡过程达到一个平衡,使高发气量和较好的泡体质量得到统一<sup>[10]</sup>。

本实验采用无机吸热型发泡剂和放热型发泡剂 AIBN 相结合,发泡剂总量为 0.6 份,PCL 100 份,竹粉 30 份,钛酸酯偶联剂 1.5 份,研究发泡剂比值(NaHCO<sub>3</sub>:AIBN)对 PCL/竹粉复合材料性能影响。从图 4(a)可知,单纯吸热型发泡剂 NaHCO<sub>3</sub> 发泡效果比较差,可能是因为分解速度缓慢,分解温度比较低,分解温度范围广,在混炼的过程中可能提前分解。一定比例 NaHCO<sub>3</sub> 和 AIBN 共混发泡效果比较好,因为 NaHCO<sub>3</sub> 是吸热型发泡剂,AIBN 是放热型发泡剂,两个发泡剂在分解时吸收的能量跟放出的能量部分中和抵消,达到了一个平衡,从而使发泡剂发泡的热效应明显降低,这样有效的降低了发泡剂发泡能力波动对复合材料加工工艺不利影响<sup>[11]</sup>。从而使发泡效果比较理想,得到孔隙率比较均匀的复合材料。随着发泡剂中 AIBN 含量的增多,PCL/竹粉复合材料的拉伸强度和冲击强度均下降。



(a)发泡剂比值对密度影响



(b)发泡剂比值对拉伸强度和冲击强度影响

图 4 发泡剂比值对密度、拉伸强度、冲击强度的影响

### 3 结论

以聚己内酯(PCL)为基体,竹粉为共混物,以无机 $\text{NaHCO}_3$ 和有机AIBN为引发剂,通过开炼和热压成型制备PCL/竹粉发泡复合材料。在可降解聚合物PCL中添加竹粉和发泡剂既可以有效的降低材料的密度和减少生产成本,也解决了废弃塑料不可降解的难题还可以充分利用了闽北地区丰富的废弃竹粉资源。

#### 参考文献:

- [1] Chen L, Qiu X, Xie Z, et al. Poly (*L*-lactide)/starch blends compatibilized with poly (*L*-lactide)-*g*-starch copolymer [J]. Carbohydrate Polymers, 2006, 65(1): 75-80.
- [2] Cuenoud M, Bourban P E, Plummer C J G, et al. Plasticization of Poly-*L*-lactide for tissue engineering [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2011, 121(4): 2078-2088.
- [3] Fabiyi J S, McDonald A G, Wolcott M P, et al. Wood plastic composites weathering: visual appearance and chemical changes [J]. Polymer Degradation and Stability, 2008, 93(8): 1405-1414.
- [4] Shogren R, Doane W, Garlotta D, et al. Biodegradation of starch/poly(lactic acid)/poly (hydroxyester-ether) composite bars in soil [J]. Polymer Degradation and Stability, 2003, 79(3): 405-411.
- [5] Copinet A, Bertrand C, Longieras A, et al. Photodegradation and biodegradation study of a starch and poly(lactic acid) co-extruded material [J]. Journal of Polymers and the Environment, 2003, 11(4): 169-179.
- [6] 周建, 罗学刚, 林晓艳. 淀粉和木质素可降解发泡材料研究进展及展望[J]. 化工进展, 2006, 25(8): 923-927.
- [7] 李及珠, 蔡奕辉. 可降解植物纤维增强淀粉塑料发泡餐具的研制[J]. 塑料工业, 2002, 30(5): 45-46.
- [8] Wang H J, Rong M Z, Zhang M Q, et al. Biodegradable foam plastics based on castor oil [J]. Biomacromolecules, 2007, 9(2): 615-623.
- [9] Liu R, Luo S, Cao J, et al. Characterization of organo-montmorillonite (OMMT) modified wood flour and properties of its composites with poly (lactic acid)[J]. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2013, 51(4): 33-42.
- [10] 周琼, 吴俊涛. 新吸-放热平衡型发泡剂 EXOCEROL232的特性研究[J]. 塑料工业, 1999, 27(5): 32-35.
- [11] 王克智. 塑料助剂的开发及应用[J]. 塑料科技, 1995, 2(2): 195-199.

(责任编辑:叶丽娜)

## Fabrication and Properties of PCL/bamboo Power Foamed Composites

ZHAO Jinyun<sup>1,2</sup>, LIU Mingfeng<sup>1,2</sup>

(1.School of Ecological and Resources Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300;

2. Key Laboratory of Green Chemical Technology in Fujian, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** Polycaprolactone (PCL)/bamboo power foamed composites were fabricated by mixing and hot press molding using PCL as matrix, bamboo power as blending and inorganic  $\text{NaHCO}_3$  and organic AIBN as foaming agent. The effect of the content of bamboo power and foaming agent and the ratio of foaming agent on the density and mechanical properties were studied. The results showed that the density of PCL/bamboo power decreased from 1.15 to 0.60  $\text{g}/\text{cm}^3$  with increasing AIBN content from 0 to 1 portion. Moreover, the tensile strength and impact strength decreased from 10.0 MPa and 9.2  $\text{KJ}/\text{m}^2$  to 3.9 MPa and 5.3  $\text{KJ}/\text{m}^2$ , respectively. The density of PCL/bamboo power slightly decreased with increasing bamboo power content. However, the tensile strength and impact strength decreased from 7.5 MPa and 18.1  $\text{KJ}/\text{m}^2$  to 6 MPa and 10.0  $\text{KJ}/\text{m}^2$  with increasing power content from 0 to 20 portion. With increasing bamboo power content to 30-60, the tensile strength and impact strength slightly decreased.

**Key words:** polycaprolactone; bamboo power; foaming agent; density

# 漳州角美美福广场 Low-E 玻璃的性能分析及应用

施微丹

(福州理工学院 建筑工程学院, 福建 福州 350506)

**摘要:**通过漳州角美美福广场 7# 三层商业楼的工程实例,介绍了 Low-E 玻璃的节能特性:保温隔热性能好、透光性良好、隔音性能良好、外形美观。以天正节能软件分析不同类型的玻璃窗方案的能耗情况,同时分析了不同朝向以及不同窗墙比对于选择玻璃窗方案的影响,在夏热冬暖地区北面基本上晒不到太阳,可以使用普通玻璃,以节约门窗建筑成本。在窗墙比大的朝向,应推广使用 Low-E 玻璃。最后通过对比普通玻璃和 Low-E 玻璃的能耗,来阐述 Low-E 玻璃的优点以及其带来的巨大的经济性。基于这些优点我们应该大力发展 Low-E 玻璃的应用,为我国的节能事业做出贡献,引领人们享受绿色节能生活。

**关键词:** Low-E 玻璃;保温隔热;透光性;节能计算;经济性分析

**中图分类号:** TQ171.72    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1674-2109(2015)12-0046-04

我国既有的高耗能建筑中有 40%的耗能是通过门窗散失的<sup>[1]</sup>。因此建筑设计在选择建筑物的玻璃门窗时,已经越来越重视热量控制、制冷成本等问题。绿色建材始于节能玻璃,在节能玻璃中 Low-E 玻璃最为成熟,目前 Low-E 已经被建筑界所推崇,是公认最好的建筑“外衣”,许多住宅开发商也逐渐引入了这种全新的材料。Low-E 玻璃或由此进入高速发展阶段,营造节能环保时代。

通过对漳州角美美福广场项目门窗设计时使用普通玻璃和 Low-E 玻璃的各项数据对比,通过天正节能软件来计算节能指标,来比较使用两种玻璃的节能性与经济性。

## 1 Low-E 玻璃的特性

Low-E 是英文 Low-Emissivity 的简称。Low-E 双

收稿日期:2015-09-21

作者简介:施微丹(1983-),女,汉族,工程师,主要从事建筑设计研究。

层中空玻璃又称低辐射玻璃,是在玻璃表面上镀上一至三层银层的膜系,来降低能量吸收或控制室内外能量交换,是镀膜玻璃家族的一员。

### 1.1 保温隔热性能好

Low-E 玻璃的使用可以达到“冬暖夏凉”的效果。它具有优异的隔热、保温性能。研究表明,玻璃表面得传热以辐射为主,玻璃表面镀上一层膜后,其辐射率可以降低到 0.1 以下,因此可以减少室内热能向室外传递。

### 1.2 良好的透光性

与普通玻璃相比,Low-E 具有可见光高透过率、远红外低透过率和低辐射的特点,因而当夏天外面阳光非常强烈的时候,它能阻挡热量进入室内,而且因其具有可见光高透过率的特点,使室内的明亮度不受影响,而一般的热反射镀膜玻璃会反射大量的可见光,从而造成室内昏暗和光污染(出现闪光和其他建筑物影子)。换句话说,它良好的透光性可以反射周围景致,让建筑的外观更炫亮,同时,可以为居住在建筑中的人们提供最大限度的无遮视野。

表 1 几种中空玻璃的主要光热参数

玻璃名称	种类、结构	透光率 (%)	遮阳系数 $S_c$	传热系数 $U_{冬}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	传热系数 $U_{夏}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
透明中空玻璃	6C+12A+6C	81	0.87	2.75	3.09
热反射镀膜中空玻璃	6CT140+12A+6C	37	0.44	2.58	3.04
高透型 Low-E 中空玻璃	6CES11+12A+6C	73	0.61	1.79	1.89
遮阳型 Low-E 中空玻璃	6CEB12+12A+6C	39	0.31	1.66	1.70

### 1.3 隔音性能佳

双层中空 Low-E 玻璃通过双层玻璃刚体材料和干燥空气层的有效阻隔,强制声波震动并使噪音损失能量,从而达到良好的隔音效果。

### 1.4 外形美观

LOW-E 玻璃幕墙加工精度高,且平整度好,这使它具外立面的装配感、立体感,可以使建筑的线条更清晰流畅,而这种良好的质感可以突出建筑的品质。从室外观看,透明而清晰的外观给人以良好舒服的视觉效果。而其反射光的颜色多为浅淡的蓝色,具有一定的装饰效果。

## 2 Low-E 玻璃的工程应用

漳州角美美福广场地处漳州龙海市角美工业综合开发区角美 A05 商住地块,地块东至规划角美大道、西至规划公园路、北至规划仁和北路,南至仁和西路。该地块总用地面积为 30 954.39 平方米,总建筑面积 103 505 m<sup>2</sup>,其中地上总建筑面积为 82 105 m<sup>2</sup>,容积率 3.0,建筑密度 35%,绿地率 30.22%,本工程共设计 5 幢高层商住楼及 2 幢多层公建。本工程公共建筑部分所属地区为夏热冬暖地区,使用“TBEC”天正节能软件进行节能计算,设计依据为《民用建筑热工设计规范》(GB 50176—93)与《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005)。

本工程沿街 7#、8# 为三层店面,东西朝向。5 幢高层商住楼为南北朝向。外门窗框料均采用断热铝合金,玻璃采用隔热金属型材中空玻璃窗(6 较低透光 LowE+12 空气+6 透明,传热系数:2.60 W/(m<sup>2</sup>·K)。

现通过研究计算 7# 的东向、南向玻璃窗,来比较两种不同的玻璃窗方案的节能性:一、断热铝合金+无色透明中空玻璃。二、断热铝合金+Low-E 玻璃。东向、南向的窗墙比为 0.53 与 0.01。由于 7# 是东西朝向,所以南面基本无窗,而东西向则大面积开窗,开门。

表 2 7# 建筑信息

建筑层数	建筑高度	建筑面积	北向角度	建筑窗墙比
3 层	8.78	1 790.30 m <sup>2</sup>	67.6 度 (正东向 0°, 正北向 90°, 正西向 180°, 正南向 270°)	东向:0.53, 西向:0.50, 南向:0.01, 北向:0.58

根据《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005),漳州属于夏热冬暖地区,其围护结构部位中,单一朝向的外窗的传热系数和遮阳系数限值必须满足规范中表 4.2.2-5 的要求<sup>[2]</sup>。

表 3 夏热冬暖地区单一朝向外窗传热系数和遮阳系数限值

外窗 (包括透明幕墙)	传热系数 K	遮阳系数 SC (东、南、西向/北向)	朝向	窗墙面积比 $C_m$
0.2<窗墙面积比≤0.3	≤4.7	≤0.50/0.60	东	0.53
0.3<窗墙面积比≤0.4	≤3.5	≤0.45/0.55	西	0.50
0.4<窗墙面积比≤0.5	≤3.0	≤0.40/0.50	南	0.01
0.5<窗墙面积比≤0.7	≤3.0	≤0.35/0.45	北	0.58

以 7# 东向为例,外窗面积为 187.39 m<sup>2</sup>,窗墙比为 0.53,使用“TBEC”天正节能软件进行节能计算,设计初始外门窗框料采用普通铝合金,玻璃采用无色透明中空玻璃(6+12+6),计算结果如下,得出的结论是不满足节能要求。

表 4 7# 东向外窗普采用通铝合金+无色透明中空玻璃节能计算结果

外墙面积 (m <sup>2</sup> )	外窗面积 (m <sup>2</sup> )	朝向窗墙比	朝向平均综合遮阳系数	传热系数
350.34	187.39	0.53	0.74	4.100
标准规定	夏热冬暖地区,平均窗墙面积比:0.5< $C_m$ ≤0.7, 传热系数 K 应≤3.00,遮阳系数应≤0.35			
结论	不满足要求			

现改用外门窗框料采用断热铝合金,玻璃采用隔热金属型材中空玻璃窗(6 较低透光 Low-E+12 空气+6 透明),软件计算结果为满足节能要求。

表 5 7# 东向外门窗采用断热铝合金+Low-E 中空玻璃节能计算结果

外墙面积 (m <sup>2</sup> )	外窗面积 (m <sup>2</sup> )	朝向窗墙比	朝向平均综合遮阳系数	传热系数
350.34	187.39	0.53	0.30	2.600
标准规定	夏热冬暖地区,平均窗墙面积比:0.5<C <sub>m</sub> ≤0.7,传热系数 K 应≤3.00,遮阳系数应≤0.35			
结 论	满足要求			

7# 南向窗墙比为 0.01,传热系数仅需要满足 K≤6.5 即可,为了节约造价,外门窗框料采用普通铝合金,玻璃采用无色透明中空玻璃(6+12+6)既可满足节能要求。

### 3 Low-E 玻璃的经济性

GB 50736—2012《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》中规定<sup>[3]</sup>,空调区的夏季计算得热量主要来源与于以下几个方面:1、通过维护结构:如门、窗、墙传入的热量,其中又以窗传入的热量影响最大;2、通过外窗进入的太阳辐射热量;3、照明散热量例如发电机组、各种灯具、变压器;4、设备,器具,管道及其他内部热源散热量,其中最明显的是空调;5、伴随各种散失过程产生的潜在热量。

以上可见,在其他热源条件没有改变的情况下,通过维护结构和外窗传热是主要来源。而降低外维护主要占比的玻璃进入的热量是减少空调能耗的主要措施。Low-E 玻璃能进一步提高外窗的保温性能,真正达到冬暖夏凉。简单来说,由于银 Low-E 玻璃大大减少了室内外环境透过玻璃进行的热量交换,因此当空调进行制冷时,在室内温度达到了设定温度后,空调就能够更长时间的处于待机状态,从而节省耗电量。因此从初期投资来说,Low-E 玻璃的单价是普通玻璃的数倍,但是长远来看,能够降低空调能耗,达到经济性的目的。本工程采用的较低透型 Low-E 玻璃,遮阳系数 Sc<0.5,对透过的太阳能衰减较多。这对以

空调致冷的福州和大窗墙比的地方极为适用,夏季可最大限度地限制太阳能进入室内,并阻挡来自室外的远红外热辐射,从而节省空调的使用费用<sup>[4-5]</sup>。

### 4 结论

通过上面的数据对比,我们可以发现通过控制建筑不同朝向的窗墙比,从而可以减少不利朝向外窗的能耗损失。比如在夏热冬暖地区,尽量减小东向和西向开窗的面积以减少夏季的能耗损失。而北向,基本上晒不到太阳,这一面就不需要用到价格较为昂贵的 Low-E 玻璃,以节约门窗建筑成本。在建筑的其他几个面,特别是窗墙比大的朝向,应推广使用新型的玻璃和框体材料。

我国目前 LOW-E 玻璃的使用率相对发达国家而且较低,北美 2000 年就已有 88% 的用户使用了 LOW-E 玻璃,而我们亚太地区的市场占有率仅为 1%。未来发展的空间十分广泛。基于本文谈到的 LOW-E 玻璃的几个优点以及其优良的经济性,同时在国家建筑节能相关政策的推动下,希望我国建筑市场的 LOW-E 玻璃能得到大力的发展。将来一定会有更多的开发商大面积使用这种玻璃。

### 参考文献:

- [1] 裴中良.阐述建筑设计与建筑节能[J].城乡建设,2010(3): 352-353.
- [2] 中国建筑科学研究院.GB50189-2005,公共建筑节能设计标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [3] 中国建筑科学研究院.GB50736-2012,民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [4] 张京玲,王文彪.Low-E 玻璃选型及其在节能建筑中的应用[J]中国建材科技,2010(8):163-169.
- [5] 王富盛,罗新.神奇的 LOW-E 玻璃[J].科技资讯,2007(11): 246.

(责任编辑:叶丽娜)

## Performance Analysis and Application on Low-E Glass by Meifu Plaza in Zhangzhou Jiaomei

SHI Weidan

(Fuzhou Institute of Architecture and Civil Engineering, Fuzhou, Fujian 350506)

**Abstract:** By Zhangzhou jiaomei meifu Plaza Projects three commercial building of 7 # , introduce the energy-saving features of Low-E glass: good thermal insulation properties, light transmission is good, good noise performance, beautiful appearance. By Tengen saving software to analyze the energy consumption of different types of glazing solutions, and analyzes the effects of different orientation than the choice of different window and wall glazing solutions. In the north of the subtropical region is substantially less than the sun , you can use ordinary glass, doors and windows in order to save construction costs. In the window to wall ratio of orientation, should promote the use of Low-E glass. By comparing the energy consumption of ordinary glass and Low-E glass to illustrate the advantages of Low-E glass and huge economy. Based on these advantages should develop applications Low-E glass, to contribute to the cause of energy conservation and guides people to enjoy green life.

**Key words:** Low-E glass; insulation; translucent; energy-efficient computing; economy analysis

# 一种排序变异的改进蝙蝠算法

陈梅雯

(福建农林大学 计算机与信息学院, 福建 福州 350002)

**摘要:**针对蝙蝠算法易陷入局部最小值等不足,提出一种改进的蝙蝠算法,局部搜索采用指数交叉变异,提高局部搜索能力的同时又保持种群多样性;受自然界启发,优良的品种总是包含有好的信息,采用排序策略选择较优质的个体进行变异来产生优质的候选解。在典型测试函数上对新算法进行了仿真,结果表明改进的蝙蝠算法能够有效提高算法的收敛速度并改善解的质量,与其它改进蝙蝠算法和改进群智能算法的比较表明,改进算法在求解多维函数优化问题上是具有竞争力的。

**关键词:**蝙蝠算法;变异;多样性;排序

**中图分类号:**TP301.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2015)12-0050-06

近年来,受自然规律和生物群体智能行为的启发,陆续提出了一些新颖的仿生群智能算法,如鱼群算法、蜂群算法、萤火虫算法、布谷鸟算法(Cuckoo Search, 简称 CS)等<sup>[1]</sup>,在科学计算和工程技术领域内显示出独特的特点和应用效果。例如布谷鸟算法模拟布谷鸟寄生育雏行为以及鸟类或果蝇的 Lévy 飞行行为。蝙蝠算法(Bat Algorithm, 简称 BA)<sup>[2]</sup>是模拟自然界中蝙蝠通过超声波搜索,回声定位行为,捕食猎物的生物学特性发展而来的一种新颖的群智能优化算法,最早由 Yang X S 提出。目前 BA 算法已经广泛应用于自然科学与工程科学领域中,但也存在易陷入局部极小点、后期收敛速度较慢等问题,针对这些不足,目前国内学者对 BA 算法提出相关的改进策略,如谢健等<sup>[3]</sup>提出的基于 Lévy 飞行轨迹的 LBA 算法,Wang 等<sup>[4]</sup>把和声搜索作为变异算子嵌入到 BA 算法中,Iztok 等<sup>[5]</sup>把 DE 算法策略应用于局部搜索中,以此加强算法的局部求精能力,He 等<sup>[6]</sup>提出的基于模拟退火和高斯扰动的 SAGBA 算法,这些改进策略都有效提高了 BA 算

法的求解精度和收敛速度。

BA 算法中个体的飞行由最佳解引导,以及局部搜索随机游走于最佳解附近,这些导致种群多样性降低过快,易陷入局部极小值,影响了算法的寻优性能;其次,响度参数影响候选解的接收概率,有可能会使好的解丢失。本文受自然界现象的启发,即优良的品种总是包含有好的信息,它们应该有更多的机会被用于引导其它物种。因此,针对 BA 算法局部搜索的不足,本文提出基于排序变异的改进 BA 算法(improved bat algorithm with ranking-based mutation, 简称 RBA)。仿真实验结果说明 RBA 算法有效地提高了算法的局部求精能力,并改善收敛速度和解的质量。

## 1 蝙蝠算法

假设在 D 维空间中,蝙蝠  $i$  在  $t$  时刻的位置  $x_{it}$ 、速度  $v_{it}$  更新公式为:

$$f_i = (f_{\max} - f_{\min}) \cdot \beta \quad (1)$$

$$v_{it} = v_{it}^{t-1} + (x_{it}^{t-1} - x^*) \cdot f_i \quad (2)$$

$$x_{it} = x_{it}^{t-1} + v_{it} \quad (3)$$

其中,  $\beta \in [0,1]$  是来自均匀分布的随机变量,  $x^*$  是全局最优解。

收稿日期:2015-09-10

作者简介:陈梅雯(1978-),女,汉族,讲师,主要从事计算智能及应用研究。

对于局部搜索部分,当一个解被选为当前最好解时,新解通过如下的随机游走方式产生:

$$x_{new} = x_{old} + \varepsilon A_t \quad (4)$$

这里的  $\varepsilon \in [-1, 1]$  是一个服从均匀分布的随机数,  $A_t = \langle A_i^t \rangle$  是在  $t$  时刻所有蝙蝠的平均响度。响度和脉冲发射率的更新公式为:

$$A_i^{t+1} = \alpha A_i^t \quad (5)$$

$$r_i^{t+1} = r_i^0 [1 - \exp(-\gamma t)] \quad (6)$$

其中,  $\alpha$  和  $\gamma$  是常数。

基于上述,基本的 BA 算法的基本流程如算法 1 表示。

#### 算法 1. Bat Algorithm

Begin

初始化各参数及种群位置  $x_i$  .

计算适应值,得出  $fit_{min}$ ,  $x^*$ .

While(不满足停止条件)

For (i=1 to popsize)

通过公式(1-3)产生新解. {飞行}

If (rand >  $r_i$ )

通过公式(4)产生解.

EndIf{局部搜索}

检查是否越界.

计算新的适应值  $fit_{new}$  .

If ( $fit_{new} < fit(i)$  &  $rand < A_i$ )

接收新解.

利用公式(5-6)更新  $r_i$  和  $A_i$  .

EndIf

EndFor

找出当前最佳解  $fit_{min}$ ,  $x^*$ .

EndWhile

End

## 2 排序变异的蝙蝠算法

### 2.1 指数交叉变异

本文的重点是提高局部搜索的求精能力,算法 1 中的局部搜索受差分算法的启示,公式(4)改为

$$x_{new}^i = x_{r_1}^{i-1} + r \cdot (x_{r_2}^{i-1} - x_{r_3}^{i-1}) \quad (7)$$

其中  $r_1, r_2, r_3 \in [1, \text{popsize}]$ , 且  $r_1 \neq r_2 \neq r_3, r \in [-1, 1]$  为服从均匀分布随机数,达到双向搜索,扩大搜索范围。

差分算法中有二项式和指数两种交叉方式, Lin<sup>[7]</sup> 和 Zhao<sup>[8]</sup> 的研究表明,使用指数概率分布的交叉效果要好于二项式交叉,因此本文采用指数交叉操作进行局部搜索。具体描述如算法 2。

#### 算法 2. 指数交叉操作

Begin

用公式(7)修改第  $j$  维

While (rand <=  $C_r$  & len <= dimension)

$j = \text{mod}(j, \text{dimension}) + 1$

用公式(7)修改第  $j$  维

len = len + 1;

Endwhile

End

其中  $C_r$  为指数分布概率,  $j \in [1, \text{dimension}]$  中的随机数, len 表示修改维数的长度。

### 2.2 排序选择策略

一般来说,对于公式(7)中的  $r_1, r_2, r_3$  是从父代随机选取的。在自然界中,优质的品种总是包含有好的信息,它们应该有更多的机会被用于引导其它物种。因此通过排序的方式,让较优质的个体更有机会被选中, Gong<sup>[9]</sup> 等人的实验表明,基于排序选择的策略用于原始的差分算法和改进的差分算法中,其搜索性能都有明显提高。

(1) 排名分配:种群中个体的适应度值按从优到差进行排列,每个个体的排名分配按照如下公式(8):

$$R_i = NP - i, \quad i = 1, 2, \dots, NP \quad (8)$$

其中  $NP$  表示种群的大小,  $R_i$  表示第  $i$  个个体的分配值,从公式(8)可以看出,当前种群中,排名越前的个体获得的分配值就越大。

(2) 选择概率:当前种群中每个个体的选择概率按照公式(9):

$$p_i = \frac{R_i}{NP} \quad i = 1, 2, \dots, NP \quad (9)$$

其中  $p_i$  表示第  $i$  个个体的选择概率,很明显排名越前的个体,其概率值越高。

基于排序策略的选取公式(7)中的  $r_1, r_2$  的具体实现如算法 3 描述。

算法 3. 排序策略

Begin

    随机选择  $r_1[1, \text{popsize}]$

        While ( $\text{rand} > p_{r_1}$  or  $r_1 = i$ )

            随机选择  $r_1[1, \text{popsize}]$

        Endwhile

    随机选择  $r_2[1, \text{popsize}]$

        While ( $\text{rand} > p_{r_2}$  or  $r_2 = r_1$  or  $r_2 = i$ )

            随机选择  $r_2[1, \text{popsize}]$

        Endwhile

    随机选择  $r_3[1, \text{popsize}]$

        While ( $r_3 = r_2$  or  $r_3 = r_1$  or  $r_3 = i$ )

            随机选择  $r_3[1, \text{popsize}]$

        Endwhile

End

其中  $\text{rand} \in [0, 1]$  为服从均匀分布随机数。

最后, 借鉴阈值接收算法<sup>[9]</sup>的策略来使用响度, 在接收优质解的同时, 概率接收劣质解, 这样可以减少算法陷入局部极小的可能性, 增加种群的多样性, 提高算法的稳定性。

2.3 RBA 算法

综合 2.1 和 2.2, 本文提出了基于排序变异操作应用于局部搜索中的改进蝙蝠算法, 具体算法描述如下:

算法 3. RBA 算法

Begin

    初始化各参数及种群位置  $x_i$ .

    计算适应值, 得出  $\text{fit}_{\min}, x^*$ .

    While(不满足停止条件)

        For ( $i=1$  to  $\text{popsize}$ )

            通过公式(1)(2)(3)产生新解.

            If ( $\text{rand} > r_i$ )

                通过算法 3 选择  $r_1, r_2, r_3$

                通过算法 2 实现指数交叉变异

            EndIf(局部搜索)

        If ( $\text{fit}_{\text{new}} - \text{fit}(i) < A_i$ )

            接受新解.

    利用公式(5-6)更新  $r_i$  和  $A_i$ .

    EndIf

EndFor

    找出当前最佳解  $\text{fit}_{\min}, x^*$ .

EndWhile

End

3 仿真实验与分析

3.1 实验函数及参数设置

为便与其它改进的 BA 算法进行性能比较, 使用 Izlok F J 等<sup>[5]</sup>所用的 10 个测试函数进行实验, 见文后附表。实验中的参数设置见表 1。

表 1 实验参数表

函数	$A_0$	$r_0$	$\alpha$	$\gamma$	$f_{\min}$	$f_{\max}$	Cr
BA	0.5	0.5	-	-	0	2	-
RBA	0.9	0.01	0.8	0.9	0	2	0.1

注: BA 算法中的参数依据源代码给出, 而 RBA 算法中的参数依据个人经验给出。

表 2 RBA 算法与 NRBA 算法的实验比较结果

函数	NRBA	RBA
$f_1$	$1.12 \times 10^{-23} \pm 1.00 \times 10^{-23}$	+ $6.06 \times 10^{-25} \pm 4.30 \times 10^{-25}$
$f_2$	$7.10 \times 10^0 \pm 9.14 \times 10^0$	+ $4.12 \times 10^0 \pm 4.26 \times 10^0$
$f_3$	$5.54 \times 10^{-13} \pm 2.37 \times 10^{-13}$	+ $1.16 \times 10^{-13} \pm 2.70 \times 10^{-14}$
$f_4$	$2.46 \times 10^{-7} \pm 1.72 \times 10^{-6}$	= $3.37 \times 10^{-7} \pm 2.31 \times 10^{-6}$
$f_5$	$0.00 \times 10^0 \pm 0.00 \times 10^0$	= $0.00 \times 10^0 \pm 0.00 \times 10^0$
$f_6$	$2.37 \times 10^0 \pm 1.67 \times 10^1$	= $4.74 \times 10^0 \pm 2.34 \times 10^0$
$f_7$	$-1.00 \times 10^0 \pm 9.38 \times 10^{-17}$	= $-1.00 \times 10^0 \pm 7.77 \times 10^{-17}$
$f_8$	$-2.96 \times 10^1 \pm 2.58 \times 10^{-2}$	= $-2.96 \times 10^1 \pm 2.72 \times 10^{-2}$
$f_9$	$3.51 \times 10^{-12} \pm 3.76 \times 10^{-26}$	+ $3.51 \times 10^{-12} \pm 5.98 \times 10^{-27}$
$f_{10}$	$2.15 \times 10^2 \pm 3.42 \times 10^1$	= $2.12 \times 10^2 \pm 3.10 \times 10^1$
+/-/=		4/0/6

注: “+”表示两种算法获得的平均适应值误差在置信水平 0.05 下 Wilcoxon Signed-rank 检验是显著的, 而且 RBA 优于 NRBA; “-”表示两算法获得的平均适应值误差在置信水平 0.05 下 Wilcoxon Signed-rank 检验是显著的, 而且 RBA 劣于 NRBA; “=”表示两算法获得的平均适应值误差在置信水平 0.05 下 Wilcoxon Signed-rank 检验是不显著的。

### 3.2 排序选择策略对算法性能影响的分析

受自然界的启发,本文采用排序选择策略对 2.1 节中的  $r_1, r_2$  两个父个体有概率的择优选取,表 2 列出了在  $D=30$  维空间上未排序和有排序的实验结果,以函数适应值误差“平均值 $\pm$ 标准差”的呈现形式。其中用“NRBA”表示未排序的算法,种群的规模  $\text{pop-size}=D$ ,迭代次数为  $2\,000\times D$ ,每个算法独立运行 50 次,为了公平,两种算法中所有的参数都一致。

从表 2 数据可知,排序选择策略对于提高算法的寻优性能是有影响的。对于  $f_2, f_3$  和  $f_9$  函数,虽然函数适应值误差近似,但根据统计实验结果,RBA 算法的寻优性能显著优于 NRBA 算法。由此说明排序策略是有效的。

### 3.3 寻优质量和收敛速度分析

表 3 给出了 BA 算法和 RBA 算法在  $D=30$  维空间上的函数适应度“平均值 $\pm$ 标准差”的形式,其中,种群的规模  $\text{popsize}=D$ ,迭代次数为  $2\,000\times D$ ,每个算法独立运行 50 次,其它参数设置见附表,数据加粗表示得到较好的解。

表 3 BA 算法与 RBA 算法的实验比较结果

函数	BA		RBA
$f_1$	$2.39\times 10^6\pm 3.97\times 10^5$	+	$6.06\times 10^{-25}\pm 4.30\times 10^{-25}$
$f_2$	$1.15\times 10^7\pm 1.77\times 10^6$	+	$4.12\times 10^0\pm 4.26\times 10^0$
$f_3$	$1.92\times 10^1\pm 2.22\times 10^{-1}$	+	$1.16\times 10^{-13}\pm 2.70\times 10^{-14}$
$f_4$	$5.88\times 10^2\pm 5.88\times 10^1$	+	$3.37\times 10^{-7}\pm 2.31\times 10^{-6}$
$f_5$	$1.48\times 10^3\pm 1.96\times 10^2$	+	$0.00\times 10^0\pm 0.00\times 10^0$
$f_6$	$7.06\times 10^3\pm 1.96\times 10^2$	+	$4.74\times 10^0\pm 2.34\times 10^1$
$f_7$	$-1.97\times 10^{-110}\pm 1.39\times 10^{-109}$	+	$-1.00\times 10^0\pm 7.77\times 10^{-17}$
$f_8$	$-1.27\times 10^1\pm 1.81\times 10^0$	+	$-2.96\times 10^1\pm 2.72\times 10^{-2}$
$f_9$	$1.76\times 10^{-11}\pm 2.39\times 10^{-15}$	+	$3.51\times 10^{-12}\pm 5.98\times 10^{-27}$
$f_{10}$	$1.20\times 10^8\pm 2.58\times 10^8$	+	$2.12\times 10^2\pm 3.10\times 10^1$
+/-/=	10/0/0		

注:“+”表示两种算法获得的平均适应值误差在置信水平 0.05 下 Wilcoxon Signed-rank 检验是显著的,而且 RBA 优于 BA;“-”表示两算法获得的平均适应值误差在置信水平 0.05 下 Wilcoxon Signed-rank 检验是显著的,而且 RBA 劣于 BA;“=”表示两算法获得的平均适应值误差在置信水平 0.05 下 Wilcoxon Signed-rank 检验是不显著的。

从表 3 中的最后一行可知,对于 10 个测试函数,RBA 算法的求解质量都比 BA 算法有显著的提高,特别对于  $f_5$  和  $f_7$  函数,改进算法获得全局最优解。同时,

为了观察两种算法的收敛速度,下图给出部分函数的收敛曲线,图 1 至图 3 图形化展示了某些函数在两种算法中的收敛过程。从图 1、图 2 可看出 RBA 算法在  $f_1$  和  $f_3$  函数上前期具有较快的收敛速度,后期有较好的求精能力。图 3 可看出,虽然 BA 算法在  $f_6$  函数上一开始求解精度高于 RBA 算法,但后期求精能力差,可能是陷入局部极小值;而 RBA 算法一开始求解精度不高,但有较好的寻优性能。从图中很明显看出,BA 算法在求解精度和收敛速度都差于 RBA 算法。以上图形直观地说明了提出的改进算法在很大程度上提高了基本算法的搜索性能。

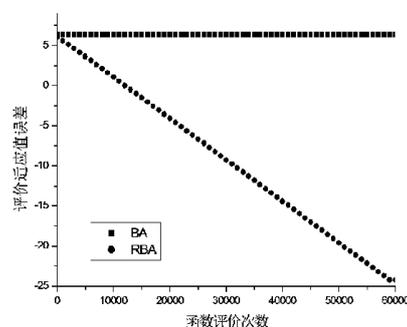


图 1  $f_1$  函数的收敛曲线

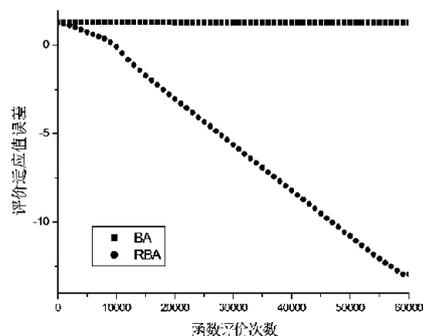


图 2  $f_3$  函数的收敛曲线

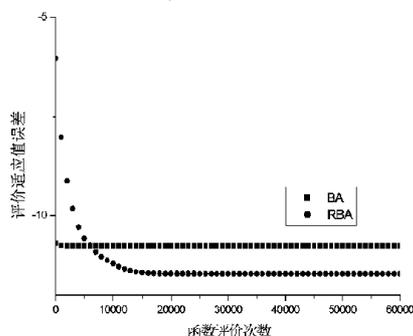


图 3  $f_6$  函数的收敛曲线

### 3.4 与其它改进的 BA 算法及其它改进的群智能算法比较

为了观察 RBA 算法性能的竞争性,表 4 给出了

RBA 算法和其它改进的 BA 算法 HSABA<sup>[9]</sup>, 以及其它改进的群智能算法, 即 ICS<sup>[10]</sup>算法和 CSPSO<sup>[11]</sup>算法, 显示“平均适应度值±标准差”的形式。同时表 4 中采用 Zhan Z H 等<sup>[12]</sup>的排序比较方法将每个算法求解各函数的平均适应值误差按升序排序, 排序结果为“R”。例如, 各算法求解函数  $f_1$  函数, HSABA 算法和 RBA 算法分别获得最大和最小平均适应值误差, 故其“R”分别为 4 和 1。此外, “ $R_{ave}$ ”表示每个算法在所有函数上的平均排序, 而“ $R_k$ ”表示每个算法根据“ $R_{ave}$ ”得到的最终排序。其中, 种群个数 popsize=20, 维数  $D=30$ , 函数评价次数 FES=1 000× $D$ , 每个算法独立运行 25 次, HSABA 算法、ICS 算法和 CSPSO 算法的参数根据其各自文献设置。

从表 4 中可知, 各种改进算法针对不同的函数, 其寻优性能有所不同。如针对函数  $f_7$  函数, ICS 算法的求解精度高于其它三个算法; 对  $f_{10}$  函数, CSPSO 算法的求解质量优于其它三个算法; 根据统计结果, RBA 算法的寻优性能明显优于 CSPSO 算法、ICS 算法和 HSABA 算法, 表现出较强的竞争力。

#### 4 结论

BA 算法是一种新元启发式的优化算法, 该算法通过模拟蝙蝠回声定位行为, 改变频率、响度和脉冲

发射率, 进行最佳解的选择, 目前已经广泛应用于自然科学与工程科学领域中。为进一步提高 BA 算法的性能, 本文提出了基于排序选择的指数交叉变异的改进蝙蝠算法。实验仿真结果说明改进的策略能有效地提高 BA 算法的寻优能力, 并改善收敛速度和解的质量, 且与其它改进的 BA 算法和改进的群智能优化算法做比较, 表现出较好的竞争力。此外, 还需要在更多的实际优化问题中对改进算法进行分析与验证。

#### 参考文献:

- [1] Yang X S, Deb S. Cuckoo search via Lévy flight [M]. Piscataway, NJ: IEEE Inc, 2009:210–214.
- [2] Yang X S. A new metaheuristic bat-inspired algorithm [M]. Berlin: Springer, 2010: 65–74.
- [3] Xie J, Zhou Y Q, Chen Huan. A bat algorithm based on Lévy flight trajectory [J]. Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2013, 26(9): 830–837.
- [4] Wang G, Guo L H. A novel hybrid bat algorithm with Harmony search for global numerical optimization. Hindawi publishing corporation journal of applied [Z]. Mathematics Volume 2013, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/696491>.
- [5] Iztok F J, Simon F, Janez B, et al. A novel hybrid self-adaptive bat algorithm [Z]. Hindawi Publishing Corporation Scientific World Journal Volume 2014, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/709738>.

表 4 RBA 算法与 HSABA 算法、ICS 算法、CSPSO 算法实验比较结果

函数	HSABA	R	ICS	R	CSPSO	R	RBA	R
$f_1$	$2.63 \times 10^{-2} \pm 4.82 \times 10^{-2}$	4	$5.47 \times 10^{-4} \pm 1.98 \times 10^{-4}$	2	$7.89 \times 10^{-3} \pm 1.45 \times 10^{-2}$	3	$5.02 \times 10^{-17} \pm 3.01 \times 10^{-17}$	1
$f_2$	$1.02 \times 10^2 \pm 3.18 \times 10^2$	4	$3.03 \times 10^1 \pm 6.43 \times 10^0$	2	$3.16 \times 10^1 \pm 1.72 \times 10^1$	3	$2.07 \times 10^1 \pm 1.62 \times 10^1$	1
$f_3$	$9.44 \times 10^0 \pm 6.63 \times 10^0$	4	$2.98 \times 10^{-3} \pm 1.08 \times 10^{-3}$	2	$1.53 \times 10^0 \pm 4.53 \times 10^{-1}$	3	$7.84 \times 10^{-10} \pm 2.56 \times 10^{-10}$	1
$f_4$	$7.71 \times 10^{-1} \pm 1.26 \times 10^{-1}$	4	$3.66 \times 10^{-3} \pm 3.30 \times 10^{-3}$	2	$1.58 \times 10^{-2} \pm 1.71 \times 10^{-2}$	3	$9.44 \times 10^{-6} \pm 3.15 \times 10^{-5}$	1
$f_5$	$4.63 \times 10^1 \pm 7.42 \times 10^1$	2	$1.06 \times 10^2 \pm 1.49 \times 10^1$	4	$6.71 \times 10^1 \pm 2.01 \times 10^1$	3	$1.59 \times 10^{-1} \pm 3.72 \times 10^{-1}$	1
$f_6$	$2.70 \times 10^2 \pm 7.85 \times 10^2$	4	$3.11 \times 10^3 \pm 5.45 \times 10^2$	2	$4.79 \times 10^3 \pm 6.94 \times 10^2$	3	$5.21 \times 10^1 \pm 6.91 \times 10^1$	1
$f_7$	$0.00 \times 10^{-0} \pm 0.00 \times 10^0$	4	$-1.00 \times 10^0 \pm 1.72 \times 10^{-7}$	1	$-2.57 \times 10^{-4} \pm 8.82 \times 10^{-4}$	3	$-1.00 \times 10^0 \pm 0.00 \times 10^0$	1
$f_8$	$-1.30 \times 10^1 \pm 2.10 \times 10^0$	4	$-1.71 \times 10^1 \pm 5.73 \times 10^{-1}$	3	$-2.42 \times 10^1 \pm 1.99 \times 10^0$	2	$-2.95 \times 10^1 \pm 7.63 \times 10^{-2}$	1
$f_9$	$6.06 \times 10^{-12} \pm 4.16 \times 10^{-12}$	3	$4.45 \times 10^{-10} \pm 2.93 \times 10^{-10}$	4	$4.99 \times 10^{-12} \pm 1.52 \times 10^{-12}$	2	$3.51 \times 10^{-12} \pm 8.89 \times 10^{-24}$	1
$f_{10}$	$2.72 \times 10^1 \pm 3.90 \times 10^1$	3	$2.49 \times 10^1 \pm 5.61 \times 10^0$	2	$4.14 \times 10^{-1} \pm 4.18 \times 10^{-1}$	1	$2.52 \times 10^2 \pm 3.50 \times 10^1$	4
$R_{ave}$		3.6		2.4		2.6		1.3
$R_k$		4		2		3		1

- [6] He X S, Ding W J, Yang X S. Bat algorithm based on simulated annealing and gaussian perturbations [J]. *Neural Computation & Application*. 2014, 25(2): 459–468.
- [7] Dueck G, Scheuer T. Threshold accepting: a general purpose algorithm appearing superior to simulate annealing [J]. *Journal of Computational Physics*, 1990(12):161–175.
- [8] Gong W Y, Cai Z H. Differential evolution with ranking-based mutation operators [J]. *IEEE Trans Cybernetics*, 2013, 43(6):2066–2081.
- [9] Valian E, Mohanna S, Tavakoli S. Improved cuckoo search algorithm for global optimization [J]. *Int'l Journal of Communications and Information Technology*, 2011, 1(1):31–44.
- [10] Wang F, He X S, Luo L G, et al. Hybrid optimization algorithm of PSO and cuckoo search [A]. In: *proc. of the 2nd int'l conf. on artificial intelligence, management science and electronic commerce (AIMSEC)*. Piscataway: IEEE Inc., 2011:1172–1175.
- [11] Zhan Z H, Zhang J, Li Y, et al. Orthogonal learning particle swarm optimization [J]. *IEEE Transaction on Evolutionary Computation*, 2011, 16(5):832–847.

(责任编辑:叶丽娜)

## Improved Bat Algorithm with Ranking-based Mutation

CHEN Meiwen

(School of Computer and Information Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002)

**Abstract:** Aiming at the shortages that bat algorithm is easy falling into local minimum, an improved bat algorithm is proposed. Exponential crossover mutation is employed in the local search, which improve searching capabilities while maintaining the diversity of population on the process of iterations. Inspired by nature, good species always contain good information, and hence, they have more chance to be utilized. So some of the parents in the mutation operators are proportionally selected according their rankings in the current population. The higher ranking a parent obtains, the more opportunity it will be selected. The simulation experiments on typical test functions show the proposed method can improve the convergence speed and the quality of the solution effectively. Meanwhile, the results also reveal the proposed algorithm is competitive for solving multi-dimensional function optimization compared with other improved bat algorithm and swarm intelligence algorithms.

**Key words:** bat algorithm; mutation; diversity; ranking

# Hyper-v 虚拟化技术在校园数据中心的應用

谢超群

(武夷学院 网络数据科, 福建 武夷山 354300)

**摘要:** 高校信息化校园网服务器管理面临管理维护难, 资源利用率低等问题。结合高校实际情况将微软 Hyper-v 虚拟化技术应用到校园网数据中心建设中, 利用微软的 System center 私有云管理套件搭建了高校的私有云平台。实践证明, 该平台不仅提高了系统可用性和硬件利用率, 而且方便管理不同操作系统和应用, 同时为校园各种关键应用服务的备份恢复提供了可靠的支持。

**关键词:** 虚拟化; 数据中心; 服务器; Hyper-v

**中图分类号:** TP393.18    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1674-2109(2015)12-0056-04

随着高校信息化的不断深入, 校园数据中心面向全校提供的教学, 科研等应用服务越来越多, 为了使校园信息化快速增长的需求得到有效满足, 必须不断增加服务器实体的购买, 然而, 这些众多而又繁杂的服务器操作和管理系统, 给校园数据中心管理人员带来了大量的工作, 同时, 伴随着服务器愈来愈强大的计算功能, 学校的一些单项应用对已有资源无法进行充分利用, 同时由于业务需求和应用的改变, 计算资源的灵活分配也无法实现<sup>[1]</sup>。针对以上出现的问题, 可以应用 Hyper-v 虚拟化技术来简化数据中心资源的管理模式, 从而使服务器资源进行合理灵活分配、数据备份得以高效快速恢复, 并使校园数据中心的建设和运行成本得以有效降低、利用效率和高效运行得到有效提升, 最终实现校园数据中心的高效科学管理<sup>[2]</sup>。

## 1 校园数据中心建设面对的问题分析

伴随着校园数据中心应用服务的逐步拓展, 在校园网络应用中, B/S 系统应该是应用最多的。种类多样

的教学科研管理平台和 Web 网站等应用数量的逐步增多, 使得这些服务器中的数据在备份、迁移和恢复过程中存在一定的难度; 在校园数据风险管理中, 最重要的是灾难恢复的速度和维持业务的连续性, 在管理中对关键的服务器(比如教务数据库、学生信息管理数据库服务器等)做好负载均衡和热备, 以备不时之需, 但是, 这些在现有数据中心管理体系下都无法很好的实现; 学校数据中心在面对繁杂的数据中心维护时, 往往面临一系列问题, 比如资源利用效率低下、资源分配灵活性不够、系统管理繁杂等。

针对以上问题如何进行有效解决, 一个有效的解决办法就是在校园数据中心管理应用工作中探索运用 Hyper-v 虚拟化技术。

## 2 Hyper-v 虚拟化技术简介

虚拟化技术是按照一定的逻辑关系配置资源、实现物理资源逻辑抽象的一种技术, 它可以同时在同一实体服务器上实现多个虚拟机的运行<sup>[3]</sup>。

在当前的实际操作中, 硬件层次和操作系统层次上的虚拟化技术被普遍的运用在服务器中。Hyper-v 虚拟化技术是硬件层次完全虚拟化的代表形式, 这种技术是运用一定的转化工具来实现从物理机到虚拟

收稿日期: 2015-6-17

作者简介: 谢超群(1982-), 男, 汉族, 工程师, 主要从事云计算、数据中心研究。

机的转化的,它能在多台服务器上运转的应用系统进行资源整合,进而在同一服务器上运行的目的,这样以来可以把服务器硬件的使用效率由原来的12%大大提高至75%。

在硬件层次上构建起来的 Hyper-v 虚拟化技术,可以把各种服务器硬件资源通过底层 Hyper-v 微内核抽象成虚拟机中的逻辑硬件资源,这些虚拟机都有各自的虚拟资源,可以保持相对独立的工作和运行状态,可以把各自不同的应用程序和不同版本的 Windows 和 Linux 操作系统在这些抽象的虚拟资源上启动运行。同时结合微软的 System center 工具可以对这些虚拟机进行统一监控和资源调度,并能实现负载均衡和虚拟机备份与恢复。这不但提供可靠的软件解决方案,而且提供一定的数据中心硬件资源的管理方案。因此 Hyper-v 虚拟化技术是目前校园数据中心的较佳虚拟化应用平台。

### 3 校园数据中心中 Hyper-v 虚拟化技术的应用

#### 3.1 Hyper-v 虚拟化技术在数据中心的解决方案

笔者以所在大学的亲身实践为例,充分发挥运用 Hyper-v 虚拟化技术的特点和优越性,制定如下具体

方案来实现对服务器的整合及虚拟化。

笔者在大学的数据中心工作,数据中心托管着学校各院系、各部门的二级网站,以前,这些二级网站的管理人员网管水平有限且高低不齐,网站服务器由各部门自行选购,服务器使用的可靠性和稳定性没有保障,多数服务器的使用效率极低,一般仅有6%到25%左右,并且经常宕机或者被攻击,学校投入了大量的财力,还造成了硬件资源的极大浪费。另外,数据中心还配合学校各部门各院系对学校各种教务系统,设备管理系统,精品课程网站等提供服务器托管服务,这些措施大大增加了服务器购置和使用,在实际操作中存在很大的不可行性。如果在管理操作过程中采用传统的实体机服务器,则可能导致服务器使用数量的持续增加,使日常管理和操作变得非常繁杂,大大地增加了工作量,运行成本和复杂性也大大增加。因此我们利用 Hyper-v 技术,结合微软的 System center 虚拟机管理套件进行二次开发,建立了一个高效可用、灵活方便的虚拟机云管理平台。实施的具体方案如图1所示。

#### 3.2 Hyper-v 虚拟服务器的应用分析

##### 3.2.1 应用概况

根据图1的方案,利用一台 dell 刀片机柜和八台

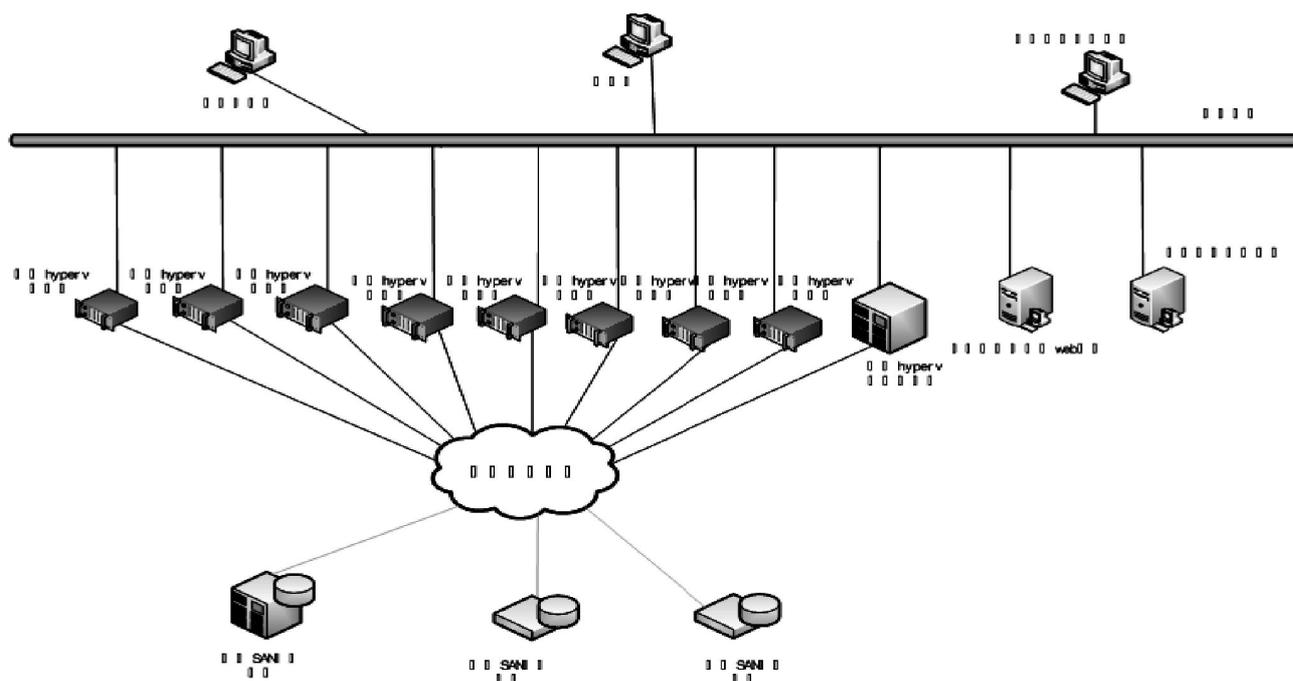


图1 武夷学院数据中心 Hyper-v 服务器虚拟化平台架构图

曙光高性能服务器作为承载虚拟机的平台。在每台服务器上安装 Windows 2012 R2 企业版 64 位操作系统,部署 Hyper-v,并通过 Hyper-v 的虚拟网络管理器划分不同的 Vlan,使每台服务器上的虚拟机可接入不同的服务器网段,每一个虚拟的机器的 IP 地址都是独立的,同时依据各种资源的需求情况,对中央处理器、内存、硬盘等进行灵活配置<sup>[4]</sup>。

所有服务器通过存储网络连接到后端的存储设备。存储设备采用的是二台锐捷和一台联想的 IPSAN 设备,这是当前计算机存储中应用最多的一门技术,ISCSI 技术在传送 SCSI 相关数据、响应和命令时以太网协议进行。通过这种传送方式,ISCSI 技术对直接连接存储中的一些不足之处进行了有效克服,使在不同的服务器之间的存储资源共享得以实现,同时还能在不停机的情况下进行卷的创建,迁移,备份,恢复等操作。所以对这种存储设备进行选择,不单单使硬件成本得到有效降低,同时操作起来也非常方便,维护成本也得到有效降低。

Dell 刀片机柜包含十台刀片服务器,分别做成三个不同的集群,来实现负载均衡和虚拟机的高可用性,为学校教务系统,设备管理系统,校园主页等各种关键应用提供虚拟机平台。另外八台曙光服务器为学校的精品课程网站,实验平台等非关键应用提供虚拟机平台。所有虚拟机通过微软的 System Center Virtual Machine Manager 2012 进行统一管理和监控,网络管理人员可以通过此平台实现对虚拟机的集中管理。同时通过微软的 System Center Data Protection Manager 2012 定期自动对学校虚拟机的关键性数据进行 7 天的备份和恢复。另外,通过 System Center Service Manager Portal 2012 自定义校园私有云注册门户,各个用户可以通过门户自助提交虚拟机请求,通过管理员审批后即可自动创建需要的虚拟机,可以访问 System Center App Controller 2012 自助虚拟机 WEB 管理门户,自行进行虚拟机的重起,关机,备份以及重装等操作<sup>[5]</sup>。

### 3.2.2 应用效果

(1)使资源得到有效整合,管理效率得到有效提升。这种管理模式比较灵活,从而使数据中心的工作人员从繁杂、重复的数据操作中解放出来,使管理效

率得到有效提升,比如 System Center Virtual Machine Manager 2012 的集中化的管理体系,能实现对很多的硬件资源进行同时管理,使附加的硬盘和内存得以快速分配。

(2)资源动态分配,提升数据中心资源使用效率。利用 Hyper-v 虚拟化技术将数据中心服务器和存储资源整合资源池,方便校园的数据中心能够针对校园各种业务系统对资源的不同需求进行灵活动态的资源调配。

(3)使服务器部署更加快捷方便。数据中心的每一个虚拟的服务器在硬盘上只是以一个 VHD 文件的形式存在并能制作通用模板,所以在 Hyper-v 中创建新的虚拟服务器或者克隆现有系统时速度非常快,方便快捷。

(4)降低了基础设备成本,微软 Hyper-v 虚拟化技术除节省管理时间外,同时也使设备采购成本和电费成本得到了有效节约。

(5)系统的可移植性得到进一步增强。利用微软 SCVMM 的 V2V 功能自动完成实体服务器间虚拟机的迁移,利用微软 SCVMM 的 P2V 功能,快速实现实体服务器到虚拟机的转换。

(6)实现负载均衡,提高服务可用性。通过刀片服务器建立 Hyper-v 集群服务器系统,虚拟机可以根据实体机的负载和故障情况,自动选择状况良好的实体机进行实时迁移,大大提高了校园服务的可用性。

(7)方便数据备份和灾难恢复。在不中断服务的情况下,利用微软的 System Center Data Protection Manager 2012 工具在短的时间内实现虚拟服务器群的数据备份和恢复工作。

## 4 结论

在校园数据中心建设过程中,基于 Hyper-v 虚拟化技术能使现有的服务器的利用效率得到有效提升,使学校在购买新的服务器中进一步节省开支。与此同时,为管理、维护数据中心的资源提供了高质量的软件平台,使硬件资源得到有效节约,为信息化校园的发展提供软件平台和硬件保障。本文提出的基于 Hyper-v 虚拟化技术的应用方案,当前已经在很多大

学校园里广泛应用,且在运行中性能稳定,效果良好。

### 参考文献:

- [1] 周铁成.虚拟化技术在数据中心架构中的应用研究[J].现代计算机.2009(4):21-22.
- [2] 宋晓光,杨晒晒,吕渊鸣.虚拟化技术在数字化校园建设中的应用[J].中国教育网络.2011(6):77-78.
- [3] 鲁松.计算机虚拟化技术及应用[M].北京:机械工业出版社,2008:99.
- [4] 董嘉男.Windows Server Hyper-V 配置与管理[M].北京:清华大学出版社,2011:13-16.
- [5] 赵立威,方国伟.让云触手可及:微软云计算实践指南[M].北京:电子工业出版社,2011:67-69.

(责任编辑:叶丽娜)

## Application of Virtualization Technology in Campus Data Center based on Hyper-v

XIE Chaoqun

( Department of Network and Data , Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** With the continuous development of information construction in Colleges and universities, the management of campus network server is faced with the problems of management and maintenance, low resource utilization ratio and so on. In face of the actual situation of the University, this paper will use Microsoft's Hyper-v virtualization technology in the construction of the campus network data center, and use Microsoft's center system private cloud management suite to build a private cloud platform in Colleges and universities. Practice has proved that this platform can not only improve the system availability and hardware utilization, but also facilitate the management of different operating systems and applications, and provide a reliable support for the backup and recovery of various key applications.

**Key words:** virtualization; data center; server; Hyper-v

# 基于 CORDOVA 的跨平台 闽西生猪疫病 APP 的研究与实现

唐彬文<sup>1</sup>, 戴爱玲<sup>2</sup>, 陈亚洲<sup>1</sup>, 李晓华<sup>2</sup>, 杨小燕<sup>2</sup>, 郭士正<sup>1</sup>

(1. 集美大学 诚毅学院, 福建 厦门 361021; 2. 福建省生猪疫病防控工程技术研究中心, 福建 龙岩 364000)

**摘要:**随着移动互联网的发展和智能手机的普及,基于 B/S 结构的信息系统已经不能满足用户的需要。分析了用户需求的基础上,研究和实现基于 CORDOVA 的跨平台闽西生猪疫病 APP。APP 不仅调用原系统的报表查询、病例查询和检测报表查询等功能模块,而且增加了预约采血、新消息、讨论区、新药新技术和防疫与保健等新功能。希望以此提高养殖户使用系统的粘性和丰富研究中心实验室的信息化管理方法。

**关键字:**CORDOVA;生猪疫病;HTML5;APP;闽西

**中图分类号:**S828.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2015)12-0060-05

福建省区域科技重大项目的子课题闽西生猪流行病学信息系统的构建和实施已经有 3 a 了。三年来,系统的使用提高了生猪疫病防控工程技术研究中心的管理效率,方便了养殖专业户的信息查询。但是随着智能手机的发展,移动端的使用日益成为人们生活和工作中不可或缺的信息获取和传递渠道。单独的 PC 端平台已经不能满足用户的需要,因此本项目萌发出构建实现基于 CORDOVA 的跨平台闽西生猪疫病 APP,以增加用户对原有系统的信息获取、传递、加工和存储的方式。以此完善省科技平台建设内容。

## 1 可行性分析

### 1.1 管理可行性

防控中心分别在 2010 年研发并使用闽西生猪疫病流行病学信息系统,在 2012 年构建并实施了生科

院条码系统。现已有 992 个用户。其中血清的检验数量维持在每年 1.8 万条左右。无论从用户或者管理员的使用频率都维持在稳定的水平。此外,据 eMarketer 预测,国内智能手机的普及已近 40%,一线城市甚至达到了 55%。因此,移动应用的使用具有了广泛的用户基础。

### 1.2 技术可行性

防控中心原先的系统都是基于 B/S 结构开发,将系统从 PC 端转移到移动端,面对的两大问题是各种智能手机系统的兼容性和手机屏幕大小、分辨率各异的适配性。而 CORDOVA 是近年来使用比较多的跨平台框架结构,开发者能在 CORDOVA 框架下,短期内开发出兼容 Android,IOS,Windows Phone 和 BlackBerry 等主流智能手机操作系统的 APP。可谓一举多得。采用 html5+css3+javascript 作为移动前端的开发又能够很好地适配不同屏幕大小的手机。因此,从技术上开发 APP 接入原先的 B/S 结构的闽西生猪疫病流行病学信息系统是成熟的。选用 CORDOVA 框架是从网站应用向移动端应用转变的较好技术解决方案。

### 1.3 经济可行性

由于不同平台的异质性,开发适配各个平台的 APP 非常昂贵。<sup>[1]</sup>而使用跨平台的 CORDOVA 框架建立的 APP 具有很强兼容性。其主要投入包括开发账号

收稿日期:2015-11-17

基金项目:福建省省科技平台建设项目(2014N2011);龙岩市科技项目(2013LY07)。

作者简介:唐彬文(1982-),男,汉族,讲师,主要从事管理信息系统、电子商务、数量经济分析方法研究。

费用(IOS)、框架搭建、设计模式、界面设计和应用程序设计等费用。系统总体建设费用是可控的。

## 2 系统设计

### 2.1 功能结构设计

经过前期的调研,按照原先系统的用户类型和用户需求,汇集了以下主要的功能。

表 1 闽西生猪疫病 APP 的功能结构

用户类型	功能描述	备注
专业户	报表查询	查询原先系统的各类报表
专业户	检测报告查询	查询专业户各自的检测报告
专业户	手机号登录、注册	多样化的登录认证
管理员	消息推送	选择性 1:1 或者 1:n 的消息推送
管理员	病例管理	移动端进行病例的信息增、删、改
所有用户	讨论区	所有用户的移动端 BBS
所有用户	二维码扫码登录	多渠道的登录方式
管理员	新兽药 新技术	发布药品促销
专业户	新兽药 新技术	查询药品促销
管理员	防疫与保健	发布防疫与保健信息(每月 1 篇)
专业户	防疫与保健	查询防疫与保健信息
管理员、普通用户	预约采血	审核预约信息
专业户	预约采血	预约信息的增、删、改
管理员	提醒采血功能(悬浮窗)	3 个月自动提醒一次

### 2.2 CORDOVA 框架使用

Phonegap 被 Apache 组织收购后更名为 APACHE CORDOVA。CORDOVA 是一种移动开发框架,相当于桥接本地移动端 API 和互联网应用的中间件。CORDOVA 针对不同智能系统的 webkit 的扩张和封装,通过 webview 调用 JS 进行终端服务器和各个不同本地客户端 SDK API 的通讯。CORDOVA 拥有丰富的插件库,其采用面向对象方式,解决了程序员适配不同手机 API 的问题。CORDOVA 插件对本地 API 的调用,如短信、GPS、电话和摄像头等本地硬件,使得 APP 能够接近,甚至达到原生应用的水准。使用 CORDOVA 云打包的 APP 能够兼容当下包括 IOS, Android、Windows Phone、Blackberry 和 Symbian 等所有的智能手机系统。不仅解决了各个智能系统之间信息孤岛的窘

境,而且节省了软件重复开发的成本。因此本项目 APP 的开发结合了本地移动技术和 Web 调用 Web-View API 技术的思路<sup>[2]</sup>,采用 CORDOVA 框架构建智能手机 APP。其结构如下所示:

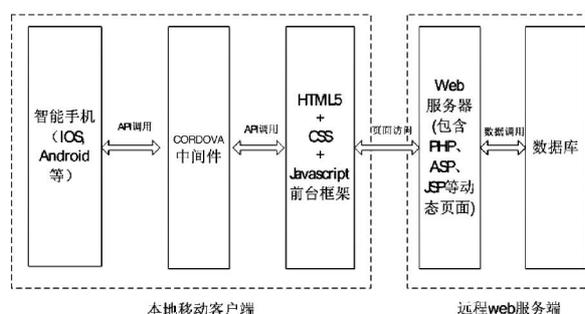


图 1 基于 CORDOVA 框架的 APP 结构图

### 2.3 数据库设计

本项目数据库设计沿用原先信息系统的数据库类型,采用了 access 数据库。在原先关系二维表的基础上,重新构建了适用于 APP 的几张二维表。包括 appointment(预约)、BBS(讨论区)、BBScontent(讨论区评论)、product(新药新技术)、Healthcare(防疫与保健)和 message(新消息)等 6 张二维表。以下是关于主要的二维表数据结构的描述。

表 2 Appointment(预约)

字段名称	数据类型
id	自动编号
Address(用户地址)	文本
Name(用户姓名)	文本
Phone(联系电话)	文本
Number(预约份数)	文本
Time(预约时间)	日期/时间
Examine(审核)	文本
State(状态)	文本

表 2 用于存放用户预约采血的信息,包括用户的地址、联系电话、预约份数、时间、审核情况和处理状态等信息。

表 3 BBS(讨论区)

字段名称	数据类型
id	自动编号
title(标题)	文本
Content(内容)	备注
Time(时间)	日期/时间
imagedata1(图片 1 地址)	文本
Imagedata2(图片 2 地址)	文本

表 3 用于存放讨论区用户发布的内容和图片地址。图片采取相对地址的存放方式。在图片上传过程中采用插件压缩图片,并在服务器建立单独的文件夹存放上传的图片。

表 4 Message(新消息)

字段名称	数据类型
id	自动编号
Sender(发送者)	文本
Receiver(接收者)	文本
title(标题)	文本
Content(内容)	文本
Time(时间)	日期/时间

消息的结构包含了发送者、接收者和内容等信息。采用了点对点 and 点对群的消息传送模式。点对群的模式中,Receiver 自动设定为 all。

此外由于 product(新药新技术)和 Healthcare(防疫与保健)的数据结构和 BBS(讨论区)类似,就不再阐述。

### 3 系统实现

#### 3.1 设计目标

##### 3.1.1 实用性

Hybrid 模式和本地 HTML5 Web 应用程序的结合不仅具有更好的移植性,而且具有更好地利用本地移动设备的能力<sup>[3]</sup>。CORDOVA 开发框架从技术讲是一种优秀的 Hybrid 模式,它和 HTML5 都具有跨平台性,它们的结合使得程序的开发事半功倍。本项目 APP 程序设计采用触屏响应式符合移动端的使用风格。UI 采用扁平风格图标和文字图标两种相结合的方式,消除了 Hybrid APP 先天流畅性不足的缺点。HTML5+CSS3+javascript 的前端设计,能够很好地兼容不同分辨率和大小手机屏幕。后台的 asp 动态页面开发也能很好地兼容原先 B/S 结构系统。满足对先前报表、病历记录和检测报告等信息的动态调用。

##### 3.1.2 扩展性

APP 的开发过程,前端和后台的设计是分离的。前端静态页面(HTML5)的开发和布局的扩展较为容易。前端功能的增减只是页面标签和布局的调整而

已。后台采用动态的页面处理技术(asp),一方面程序的升级过程,几乎省略了客户端的调试,升级起来较为容易;另一方面后台功能的增减,只需在前台的标签中加入或删除相应的 iframe 框架或者 href 超级链接。

##### 3.1.3 稳定性

数据库面对高数量和高频率的访问时,能否及时的响应是评价 APP 稳定性的重要衡量标准。本项目的 APP 是属于行业性较高的 APP,不同于即时聊天工具、视频软件和办公软件等常用的 APP。其数据的并发量是有限的。在 B/S 系统设计的初期,报表的计算量最大,曾一度出现系统掉线,但是经过算法的改进,已经能够满足单个客户端高频率地访问数据库的要求。在 PC 端数据库也经历了压力测试。转换到移动端平台后,只要能保证一定的网速,在 3G/4G 或 WiFi 环境下,系统报表的移动端调用是流畅的。

##### 3.1.4 安全性

数据库安全是系统安全的最大保障,也是 APP 端安全的最后防线。系统的安全性设计首先对用户的个人信息进行 md5 加密;其次严格区分不同用户的访问权限;最后严格设定了各个录入界面的数据格式,从根本上消除了 sql 注入威胁。此外 HTML5 技术拥有一批解决安全问题的新特性,进一步保障了系统的安全性<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 技术实现

##### 3.2.1 环境搭建

CORDOVA 环境的搭建需要首先完成 Java SDK、Android SDK、ANT 打包工具和 Node.js 的安装。其中由于 CORDOVA 云打包的特性,node.js 在大陆地区不能安装最新的 0.12 版本,目前只能安装 0.10.36 版本。安装完以上的基础软件包,就可以开始安装 CORDOVA。下面以 widows7 为例,描述 CORDOVA 的安装过程。

- (1)“node.js command prompt”命令进入 dos 界面。
- (2)输入“npm config set registry https://registry.npm.taobao.org”命令,使用淘宝代理,进行镜像的安装。
- (3)安装 CORDOVA:npm install -g CORDOVA。
- (4)删除文件“~/.npmrc”中“registry =?https://registry.npm.taobao.org”内容,即删除淘宝代理,才能正常使用 CORDOVA5.1 版本。
- (5)创建一个“MyAPP”工程:CORDOVA create

myAPP com.yourname.myapp MyAPP

(6) 添加安卓平台:CORDOVA platform add android。

(7)打包 APK: CORDOVA build android。

### 3.2.2 界面设计和功能实现

通过修改工程文件“MyAPP”中的 WWW 文件,即可完成对 APP 前台客户端的设计和开发。前端开发主要是对 WWW 文件中的 index.html 的修改,采用 HTML5 +CSS3 +javascript 三者结合的技术方案。HTML5 和 CSS3 主要布局移动端界面,javascript 调用本地的 API。后端的开发沿用原先系统的动态代码 ASP。前后端混合编程,即满足移动端界面设计的需要,又能够兼容原先的信息系统。APP 的主要功能实现依次为。



图 2 Login 界面

APP 的登录界面采用传统的密码验证的方式。在登录中设定了三种权限的用户验证。



图 3 APP home 界面

APP home 界面采用扁平化的图标和文字图标相结合的方式。保障了软件的直观性和流畅度。Home 界

面涵盖了软件所有的功能模块的快捷菜单。



图 4 预约采血功能

预约采血模块显示了预约的受理状态和审核情况。满足移动用户对预约情况的查询和跟踪。



图 5 报表查询

报表查询调用了原先闽西生猪疫病流行病学信息系统的报表查询模块,并转化为适合移动端浏览的信息内容。其内容包括:猪瘟、蓝耳、伪狂犬、衣原体和弓形体等疫病信息的报表查询。

### 蓝耳的防治【置顶】

asia发表于2015/11/16 21:33:50 >

### 生科院每周一例【置顶】

asia发表于2015/11/16 21:34:23 >

图 6 讨论区

讨论区的开放,为研究人员、专家学者和养殖户建立了沟通的桥梁,同时也丰富了 APP 信息传递的实质内容。讨论区、新药新技术、防疫与保健三种内容的结合,将为养殖用户创造更多的有价值有营养的信

息,以此增加 APP 使用的粘性。

图7 病例记录管理界面

病例记录管理界面也是对原先系统的功能模块调用,其移动端界面的实现增加了研究人员信息录入的端口,实现了移动化的信息存储和更新。

#### 4 结束语

信息技术高速发展的今天,信息获取渠道的多样化,不仅有利于系统使用粘性的增加,也有利于工作效率的提高。本项目开发构建的 APP 能够满足养殖用户的移动端信息获取需要,提高研究中心工作人员的工作效率。基于 CORDOVA 的跨平台闽西生猪疫病

APP 的实现不仅是对原先 PC 端信息系统的补充,更是顺应了当下移动互联网发展的需要。项目采用的技术标准:CORDOVA 框架、HTML5、CSS3、javascript 和 asp 的 Hybrid 模式,具有跨平台性、扩展性、稳定性和安全性等优势。为研究中心信息系统从 PC 端向移动端的漂移奠定了坚实的技术基础。

#### 参考文献:

- [1] Henning, Herbert, Tim A. Majchrzak. Extending a model-driven cross-platform development approach for business apps[J].Science of Computer Programming,2015,97(1):31-36.
- [2] Timothy, Reina, Josef.Review of multi-platform mobile application development using webview: learning management system on mobile platform [J].Procedia Computer Science, 2015(59):291-297.
- [3] Davy, Yolande, Wouter. The future of mobile e-health application development: exploring HTML5 for context-aware diabetes monitoring [J]. Procedia Computer Science, 2013,21: 351-359.
- [4] Steve.Divide and conquer: the threats posed by hybrid APP and HTML 5[J].Network Security, 2010(3):4-6.

(责任编辑:夏婷婷)

## Research on Cross-platform APP for Minxi's Pig Disease Base on CORDOVA and Its Implementation

TANG Binwen<sup>1</sup>, DAI Ailing<sup>2</sup>, CHEN Yazhou<sup>1</sup>,  
LI Xiaohua<sup>2</sup>, YANG Xiaoyan<sup>2</sup>, GUO Shizheng<sup>1</sup>

(1. Chengyi College, Jimei University, Xiamen, Fujian 361021; 2. Fujian Provincial Engineering Research Center for The Prevention and Control of Pig Diseases, Longyan, Fujian 364000)

**Abstract:** With the development of mobile Internet and the popularity of smart phones, information system base on B/S can't satisfy the needs of users. Based on the analysis of users' needs, we research and implement the cross-platform APP for Minxi's pig disease base on CORDOVA. The APP not only uses report query, case inquiry and test cases report query of the original system but also has new features such as blood reservations, news, discussion forums, new technologies and new drugs prevention and health. The purpose of this study is to make some help for increasing system viscosity of farmers and improving the information management method of research center laboratory.

**Key words:** CORDOVA; pig disease; HTML5; APP; Minxi

# IPSec 中密钥交换协议 IKE 的安全性分析与改进

瞿 霞, 华建祥

(福建林业职业技术学院, 福建 南平 353000)

**摘 要:**对 IKE 协议的交换过程进行了安全性分析,针对 Diffie-Hellman 密钥交换算法易受“中间人”攻击的问题,提出了一种使用动态口令对 IKE 协议进行改进的方案,实验结果表明,该方案是可行的,有效的。

**关键词:**动态口令;密钥交换协议;IPSEC 协议;IKE 协议

**中图分类号:**TP393.08 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2015)12-0065-04

IKE(Internet Key Exchange)协议是在 1998 年由 IETF 在 RFC2409 中制定的标准,主要用于交换和管理在 VPN 中使用的加密密钥。Internet 密钥交换协议(IKE)解决了在不安全的网络环境中安全地建立或更新共享密钥的问题,其不仅可为 IPSEC 协商安全关联,还可为 SNMPv3、RIPv2、OSPFv2 等任何要求保密的协议协商安全参数,IKE 作为 IPSEC 默认的密钥交换协议,在主机之间建立密钥和相关的参数,用于保护主机之间数据传输的安全,是 IPSEC 的重要组成部分。IKE 协议的交换机制是建立在 Diffie-Hellman 密钥交换算法的基础之上,但因 D-H 交换算法极易受到“中间人”攻击,本身并不安全,为此,IKE 引入了四种认证机制,分别为预共享密钥认证、数字签名认证、标准公钥加密认证和修订公钥加密认证。由相关研究表明<sup>[2-5]</sup>,以上认证方式均存在改进的空间,本文针对 IKE 使用的 D-H 交换算法易受“中间人攻击”的特点提出一种改进方案,将动态口令引入到 IKE 协议中,在 IKE 的第一阶段交换前添加动态口令认证,实现对 VPN 通信客户端身份的有效认证,同时利用动态口令产生保护第一阶段 Diffie-Hellman 密钥交换的随机串,保证了双方通信安全,不会带来额外的开销。

收稿日期:2015-06-19

作者简介:瞿霞(1982-)女,汉族,讲师,主要从事网络安全研究。

首先对标准 IKE 协议中引入的 D-H 密钥交换算法进行了分析,然后重点研究了 D-H 密钥交换算法遭受“中间人攻击”的过程,并简要分析了 IKE 协议引入的认证机制的安全缺陷,然后给出了基于动态口令认证的 IKE 协议解决方案,并对该方案进行了安全性分析。

## 1 Diffie-Hellman 密钥交换过程

基于原根的定义和性质,可以定义两个全局公开的参数,一个整数  $a$  和素数  $q$ , $a$  是  $q$  的一个原根,假定  $A$  和  $C$  在公共信息上利用 D-H 算法建立共享密钥,其过程如下所述:

(1)  $A$  生成随机数  $x$ , 计算  $P_a = a^x \bmod q$ ,  $A$  将  $P_a$  传给  $C$ ,  $x$  为  $P_a$  的保密数据;

(2)  $C$  生成随机数  $y$ , 计算  $P_c = a^y \bmod q$ ,  $C$  将  $P_c$  传给  $A$ ,  $y$  为  $P_c$  的保密数据;

(3)  $A$  计算的共享密钥为  $K_a, K_a = P_c^x \bmod q = a^{xy} \bmod q$ ;

(4)  $C$  计算的共享密钥为  $K_c, K_c = P_a^y \bmod q = a^{xy} \bmod q$ ;

由于 D-H 密钥交换算法的有效性依赖于计算离散对数的难度,而在素数  $q$  的范围内计算离散对数是不可能的,因此窃听者即使获取到了  $P_a, P_c, a$  和  $q$ ,也无法计算出双方共享的密钥。

## 2 标准 IKE 协议安全性分析

### 2.1 D-H 算法“中间人攻击”过程分析

由文中第 2 部分描述可知,标准 IKE 协议中引入的密钥交换算法 Diffie-Hellman,可以帮助通信双方快速建立共享密钥,但该算法本身存在缺陷,容易遭受“中间人”攻击,其过程如图 1 所示。

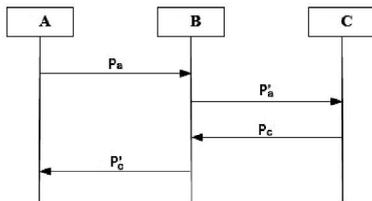


图 1 中间人攻击图例

这里假定攻击者为 B,与文中第 2 部分约定相同,这里通信双方同样确定好一个整数  $a$  和素数  $q$ ,满足条件  $a$  是  $q$  的原根;同时  $a$  和  $q$  并不保密。建立通信时 A 选择了一个  $X_a < q$  并且计算出  $P_a = a^{X_a} \bmod q$ ,并将计算结果  $P_a$  发给 C,但是 B 先行截获了这条消息,然后 B 重新选择了一个  $X_b$  并计算得到  $P_a' = a^{X_b} \bmod q$ ,同时将计算结果  $P_a'$  转给了 C,当 C 收到结果后选择了一个  $X_c < q$ ,计算得出  $P_c = a^{X_c} \bmod q$ ,并把  $P_c$  传送给了 A,然而这条消息一样被 B 截获了,随后 B 重新选择  $X_d$  计算得到  $P_c' = a^{X_d} \bmod q$ ,重新将该结果传送给了 A,消息传递完毕后,A 并未发觉  $P_c'$  是 B 发送而非 C,随之将发送过来的结果  $P_c'$  通过  $(P_c')^{X_a} \bmod q$  计算得到密钥  $K_1$ ,同时,C 亦未发现,通过  $(P_a')^{X_c} \bmod q$  计算得到密钥  $K_2$ ,双方将计算得到的密钥作为与对方通信的密钥,然而  $K_1$  和  $K_2$  是通过 B 发送的数据生成的,所以 B 完全知晓,因此,双方后续的通信内容对 B 而言就完全是开放的。

通过以上攻击流程的分析可知,“中间人”这种攻击方式之所以会在 D-H 密钥交换算法中奏效,最大的原因是通信双方都没有验证对方的身份,当然也就无法辨别消息的真正来源。由于 D-H 密钥交换算法这种缺陷,出于安全需要,使用 D-H 密钥交换算法的 IKE 协议中引入了多种身份认证方法,但由于协议设计的缺陷,IKE 协议的交换过程中还容易受到变换载

荷的攻击。

IKE 协议除了容易受到变换载荷的攻击之外,还存在一个漏洞就是可能会泄漏通信双方的身份。在实际网络环境下,为避免恶意的第三方伪装成合法用户发起主动攻击,隐藏协商双方或某一方的身份是很有必要的。

对于公钥加密及其改进版本的认证方式,攻击者一般都较难获取通信双方的身份信息,除非是对应私钥泄漏,但这种安全保证是以增加协议的复杂性和运算量为代价的。另外两种认证方式:预共享密钥认证和数据签名认证方式,在野蛮模式交换中根本不提供身份保护,即使是主模式也无法避免通信身份的泄漏,从而导致恶意第三方的攻击发生。

对于数字签名认证方式,在主模式下,攻击者可以首先在 D-H 交换时,发起“中间人”攻击,从而和协议交互双方分别生成一个共享密钥,假设为  $K_1$  和  $K_2$ ,然后分别产生  $SKEYID1 = \text{prf}(Ni\_b, K_1)$  和  $SKEYID2 = \text{prf}(Ni\_b | Nr\_b, K_2)$ ,从而最后生成了  $SKEYID\_e$ 。发起人发出的第 5 条消息是受  $SKEYID\_e$  保护的,因此,攻击人可以从该消息中获得发起人的身份信息。不过攻击人无法再进行“中间人”攻击,因为攻击人无法修改该条消息中的数字签名。

对于预共享密钥认证方式,虽然第 5 条和第 6 条消息中对身份信息进行了加密,但是由于发起者必须根据共享密钥计算 SKEYID,所以必须首先知道对方的身份,因此 IKE 协议明确指出,此时只能使用 IP 地址作为身份标识,也就是说,任何攻击者都可以根据前面的消息交换获得双方 IP 地址,从而获得双方的身份信息,导致了信息的泄漏。

### 2.2 基于动态口令认证的 IKE 协议

为了将动态口令认证机制引入到 IKE 协议中,本文对 IKE 协议的两阶段交换进行了扩展,将其密钥交换过程扩展为三个阶段,如图 2 所示。

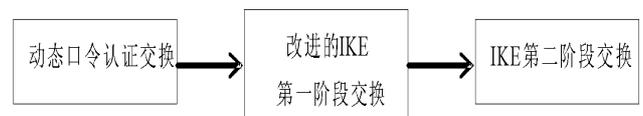


图 2 改进后的 IKE 协议

在 IKE 的第一阶段交换前添加动态口令认证交换是为了对 VPN 通信客户端进行有效的身份认证,同时

利用动态口令产生保护第一阶段 Diffie-Hellman 密钥交换的随机串,动态口令认证的流程如图 3 所示。

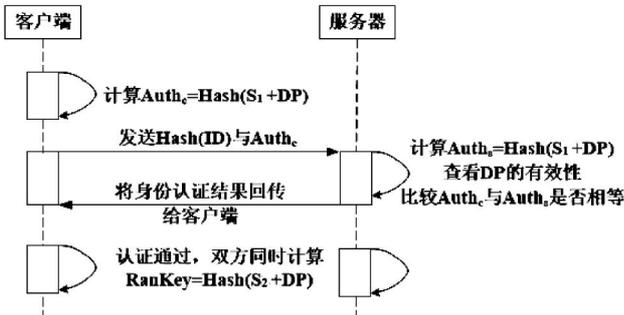


图 3 动态口令身份认证技术的认证过程

动态口令身份认证过程中,认证双方共享秘密信息  $S_1$ 、 $S_2$  和  $D_0$ , 这里  $D_0$  是用来产生动态口令 DP 的密钥,当用户通过 VPN 输入用户名和动态口令时,客户端程序会根据输入生成  $\text{Hash}(S_1 + DP)$  和  $\text{Hash}(ID)$ , 服务器端收到该认证请求后,通过比较 ID 的 Hash 值确认用户 ID,并计算该用户 ID 的动态口令 DPS,通过计算得到  $\text{Hash}(S_1 + DPS)$ ,该值若与客户端传上来的值相等则认证成功,否则认证失败,当认证成功时双方都可通过计算得到  $\text{Hash}(S_2 + DP)$ ,该值即为随机保护串  $\text{RanKey}$ , 该串将用于保护 IKE 第一阶段 Diffie-Hellman 的密钥交换。

### 2.3 改进的 IKE 第一阶段交换

改进的 IKE 第一阶段交换利用了上一阶段生成的随机保护串  $\text{RanKey}$  对 DH 的密钥交换过程进行保护和校验,同时利用 DH 密钥交换得到主模式的 SA, 经过改进后的 IKE 第一阶段如图 4 所示。

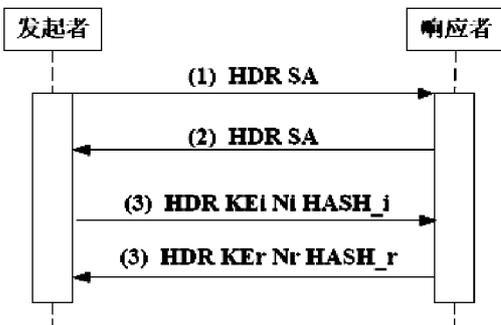


图 4 改进后的 IKE 第一阶段交换

与标准的 IKE 第一阶段主模式交换相比,对图 4 中的第 3、4 条消息进行了修改,而删除了第 5、6 条消息:

(1)在第三条消息中添加了一个参数  $\text{HASH}_i$ ,该参数的计算公式如下:

$$\text{HASH}_i = \text{prf}(\text{RanKey}, \text{Kei} \parallel \text{Ck}_i \parallel \text{Ck}_R \parallel \text{SA}_i \parallel \text{SA}_r \parallel \text{b})$$

(2) 在第四条消息中同样添加了一个参数  $\text{HASH}_r$ ,该参数的计算公式如下:

$$\text{HASH}_r = \text{prf}(\text{RanKey}, \text{Ker} \parallel \text{Ck}_i \parallel \text{Ck}_R \parallel \text{SA}_r \parallel \text{b})$$

标准 IKE 协议中,响应端收到第三条消息之后并不对该消息的来源进行确认,这也就是为何 DH 会受到中间人攻击的原因,改进后的协议中,当响应收到第三条消息后,要利用相同的算法计算  $\text{HASH}_i\text{-Check} = \text{prf}(\text{RanKey}, \text{Kei} \parallel \text{Ck}_i \parallel \text{Ck}_R \parallel \text{SA}_i \parallel \text{SA}_r \parallel \text{b})$ ,若  $\text{HASH}_i$  与  $\text{HASH}_i\text{-Check}$  一致,则校验成功,否则说明中间人修改了  $\text{Kei}$ 、 $\text{SA}_i$  或者  $\text{SA}_r$ ,响应者中止交换。

当第四步以后,双方完成 D-H 交换,产生主密钥  $\text{Mastkey}$ ,通过该密钥可衍生出  $\text{SKEYID}_e$ ,下一阶段的密钥交换则在  $\text{SKEYID}_e$  的保护下进行。

$\text{SKEYID}_e$  的计算方式如下:

$$\text{SKEYID} = \text{prf}(\text{RanKey}, \text{Ck}_i \parallel \text{Ck}_R)$$

$$\text{SKEYID}_2 = \text{prf}(\text{SKEYID}, \text{MasterKey} \parallel \text{Ck}_i \parallel \text{Ck}_R \parallel 0)$$

$$\text{SKEYID}_a = \text{prf}(\text{SKEYID}, \text{SKEYID}_2 \parallel \text{MasterKey} \parallel \text{Ck}_i \parallel \text{Ck}_R \parallel 1)$$

$$\text{SKEYID}_e = \text{prf}(\text{SKEYID}, \text{SKEYID}_a \parallel \text{MasterKey} \parallel \text{Ck}_i \parallel \text{Ck}_R \parallel 2)$$

### 2.4 增加的消息和载荷类型

由于 IKE 协议进行了修改,增加了部分消息以及参数,因此需要增加这部分消息和载荷,下表 1 中定义了两种消息类型,主要在动态口令认证交换中使用。

表 1 新增消息类型

新增消息类型	类型值
IKE_DID_AUTHREQUEST	1
IKE_DID_RESULTREPLY	2

增加的载荷统一使用图 5 的结构,

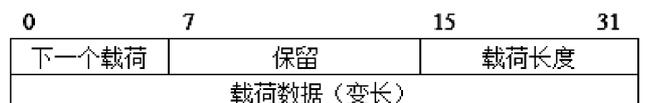


图 5 增加的载荷结构

本文新增了如表 2 所示的载荷类型,分别为  $\text{USERID}$ 、 $\text{DIDAUTH}$  和  $\text{RESULT}$ ,具体意义如下,三者均在动态口令身份认证阶段使用:

表2 新增载荷类型

新增载荷类型	载荷类型对应值	属性值	属性类型
USERID	14	不定长串	用户名载荷
DIDAUTH	15	20 字节	身份认证串
RESULT	16	0 失败,1 成功	认证结果载荷

### 3 改进的 IKE 协议的安全性分析

引入动态口令身份认证之后, IKE 协议实现了一种轻量级认证机制——动态口令认证机制保护下的安全认证和传输。由于 IKE 协议所使用的 D-H 交换最容易受到“中间人”攻击, 这里以该攻击方式为例, 分析改进后的 IKE 协议的安全性。

在动态口令认证阶段, 由 2.2 节可知, 网络上并未直接传送用户 ID 信息和动态口令, 攻击者若假扮用户, 并不能正确获取到动态口令 DP, 因而也不能计算得到正确的 AuthC 值, 没有正确的 AuthC 值, 服务器则可中断协议, 若攻击者假冒服务器端, 鉴于动态口令是服务器端单向验证, 此时用户端暂时无法察觉受到了欺骗, 但是由于假冒的服务器无法解析出正确的动态口令 DP, 因而也无法产生正确的随机保护串 RanKey。

在改进后的第一阶段 D-H 的生成过程中, 无论攻击者冒充用户还是冒充服务器, 一旦修改了 KE<sub>i</sub>、KE<sub>r</sub>、SA<sub>i</sub> 和 SA<sub>r</sub> 中的任何一个, 由于不知道 RanKey 或者只知道一个错误的 RanKey, 就无法得到 HASH<sub>i</sub> 和 HASH<sub>r</sub> 正确的值, 借由此客户端和服务端均可判断出是否遭受了“中间人”攻击, 一旦确定受到攻击, 通信任何一方即可中止协商。

由上分析可知, 在动态口令认证交换中, 原只有服务器端对客户端的单向身份认证存在, 而在改进后的 IKE 第一阶段交换过程中, 客户端和服务端实现了双向认证, 从分析结果看, 该 IKE 的改进方案是可行的, 有效的。

### 4 结论

通过对标准的 IKE 协议的安全性进行了分析, 研究了 D-H 算法遭受“中间人”攻击的过程, 通过在 IKE 协议中引入动态口令认证的方法, 有效解决了 D-H 算法易受“中间人”攻击的问题, 由于 IKE 协议本身非常复杂, 对于 IKE 协议的安全性和改进方面, 仍存在不少问题有待进一步研究, 相信随着对这些问题的逐步解决, IKE 协议将更加完善。

#### 参考文献:

- [1] 范红. 互联网密钥交换协议及其安全性分析[J]. 软件学报, 2003, 14(3): 600-605.
- [2] 何伟伟, 季新生, 刘彩霞. 基于数字签名认证的 IKE 协议安全性分析及改进[J]. 计算机应用, 2008, 28(7): 1808-1815.
- [3] 武涛, 郑雪峰, 姚宜霞, 等. 基于预共享密钥认证的 IKE 协议分析与改进[J]. 计算机工程, 2008, 34(8): 147-149.
- [4] 付小青, 丁俊民. 基于公钥签名的 IKE 分析与改进[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2003, 31(10): 51-53.
- [5] 韩秀玲, 王行愚. IPSEC 中密钥交换协议认证过程的研究及协议的改进[J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(18): 29-32.

(责任编辑: 叶丽娜)

## Security Analysis and Improvements on IKE in IPSEC

QU Xia, HUA Jianxiang

(Fujian Forestry Vocational Technical College, Nanping, Fujian 353000)

**Abstract:** The paper analyzes the security issue of the exchange process of IKE protocol, revises IKE protocol of the program by dynamic passwords for the vulnerability issue of Diffie-Hellman key exchange algorithm. The program revised proves to be feasible and effective by the experiment carried out.

**Key words:** dynamic passwords; protocol of key exchange; IPSEC protocol; IKE protocol

# 二自由度门式起重智能定位防摆控制研究

郑飞杰<sup>1,2</sup>, 晋芳伟<sup>1,2</sup>, 吴 龙<sup>1,2</sup>, 郑亚青<sup>3</sup>, 邱丽梅<sup>1,2</sup>, 王春荣<sup>1,2</sup>

(1.三明学院 机电工程学院, 福建 三明 365004; 2.机械现代设计制造技术福建省高校工程研究中心, 福建 三明 365000;  
3.华侨大学 机电及自动化学院, 福建 厦门 361021)

**摘 要:**为了实现二自由度门式起重机小车精确定位和有效控制吊载摆动,提高门式起重机的工作效率,很多学者对防摆控制方法做了大量研究。利用拉格朗日方程建立动力学模型的非线性微分方程,提出了几种控制策略,设计了几种控制器,并在 MATLAB/Simulink 环境中进行仿真。通过仿真结果比较,分析哪种控制器响应速度快,控制过程较平稳,稳态精度更高。

**关键词:**二自由度;门式起重机;模糊 PID 控制器;MATLAB/Simulink;仿真

**中图分类号:**TH213.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2015)12-0069-05

随着工业化在 21 世纪的逐渐深入,门式起重机作为一种重要的运输机械,在船运吊装、厂房设备吊运、水电站、火车车厢运输安装等方面得到广泛应用<sup>[1]</sup>。起重机在运输过程中,由于小车与吊载之间采用钢丝绳连接,在有外界干扰(风力、小车加减速等)时极易产生晃动<sup>[2]</sup>。不仅会降低吊运系统的定位精度和稳定性,还会影响工作效率,甚至会引发安全事故。本文基于以往经典控制方法的大量研究<sup>[3-4]</sup>,设计了 PID 控制器和模糊控制器,并在 MATLAB 中建立仿真框图,对二自由度门式起重机作定位防摆控制仿真分析,通过结果比较,体现每种控制器自身的特点和能实现的控制效果,择优选用<sup>[5]</sup>。

在要求范围内,实现控制目的,本文由吊运系统的物理模型分析建立了对应的数学模型,以此来研究影响吊载摆动的因素<sup>[6]</sup>。二自由度门式起重机吊运系统模型如图 1 所示。

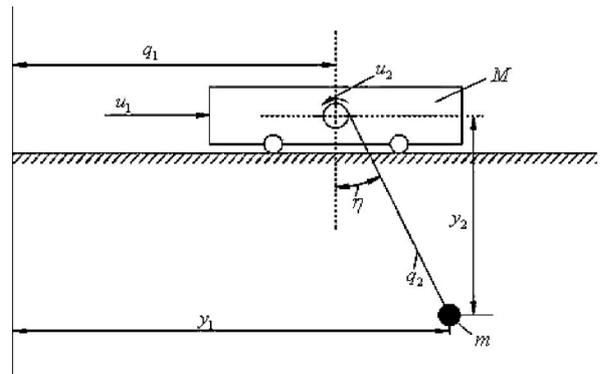


图 1 二自由度门式起重机器人吊运系统模型

利用分析力学中的拉格朗日方程建立的二自由度门式起重机吊运系统的非线性动力学微分方程如下<sup>[5,7]</sup>:

## 1 二自由度门式起重机定位防摆控制系统建模

为了二自由度门式起重机能同时控制小车停在指定位置、绳长伸缩到要求距离,还有抑制吊载摆角

$$\begin{cases} (M+m)\ddot{q}_1+m\ddot{q}_2\sin\eta+2mq_2\dot{\eta}\cos\eta+mq_2\ddot{\eta}\cos\eta-mq_2\dot{\eta}^2\sin\eta=u_1 \\ 2q_2\dot{\eta}+q_2\ddot{\eta}+q_1\cos\eta+g\sin\eta=0 \\ m\ddot{q}_2+m\ddot{q}_1\sin\eta-mq_2\dot{\eta}^2-mg\cos\eta=u_2 \end{cases} \quad (1)$$

收稿日期:2015-07-09

基金项目:福建省教育厅科技项目(JB14094);三明学院  
科研基金自然科学基金项目(B201309/Q);福  
建省教育厅“卓越计划”试点项目(SD1109)。

作者简介:郑飞杰(1987-),男,汉族,助教,主要从事机器人  
人技术、机械设计研究。

本文起重机控制分析选取小车位置  $q_1$  和绳长  $q_2$  为输入参数, 设定一定参考期望值, 结合式(1)有:

$$\begin{cases} \ddot{q}_1 = \frac{u_1 - u_2 \sin \eta}{M} \\ \ddot{q}_2 = \frac{Mu_2 - mu_1 \sin \eta + mu_2 \sin^2 \eta + Mmg \cos \eta + Mmq_2 \dot{\eta}^2}{Mm} \end{cases} \quad (2)$$

上式所列即为吊运系统的数学模型, 其中将摆角当作系统本身内部的一个变量, 其数学方程为:

$$\ddot{\eta} = \frac{-2Mq_2 \dot{\eta} - u_1 \cos \eta + u_2 \sin \eta \cos \eta - Mgs \sin \eta}{Mq_2} \quad (3)$$

### 2 二自由度门式起重机系统仿真与分析

在没有任何专门设计的控制器添加进去的情况下, 对二自由度门式起重机本身系统进行测试, 验证其各项特性, 为后续控制策略的提出做好数据准备。如图 2 所示, 建立仿真模型。

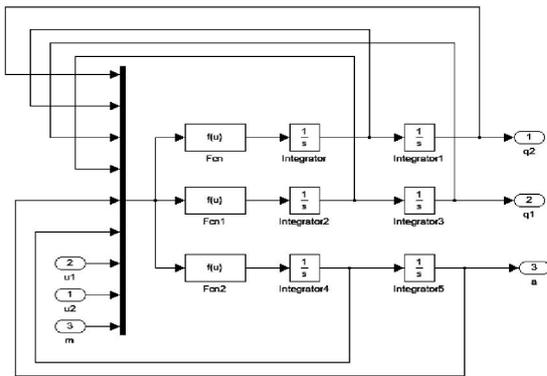
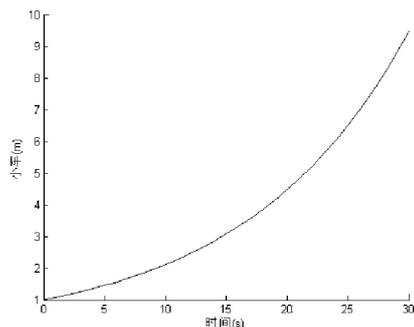
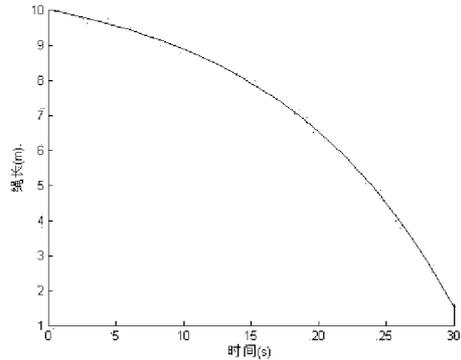


图 2 二自由度门式起重机系统仿真模型

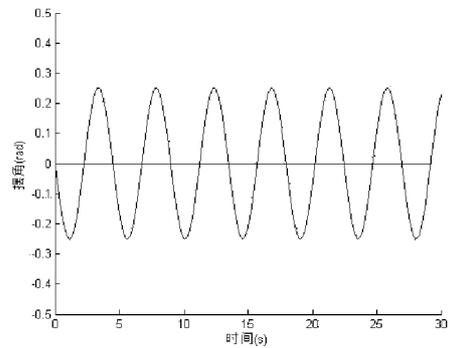
如上图所示, 输入变化量为  $u_1, u_2, m$  三个参数, 为简单验证系统的特性, 模型中给定  $u_1, u_2$  分别一个阶跃, 取一个绳长初始值和吊载质量  $m$  值。仿真结果: 小车位置变化、钢绳长度变化和吊载摆角变化曲线图如图 3 所示。



(a) 小车位置变化



(b) 钢绳长度变化



(c) 吊载摆角变化

图 3 二自由度门式起重机系统仿真结果

分析图 3 所示结果, 作为没有任何外加控制器的开环式系统, 在输入激励的作用下, 出现振荡、持续变化的状态, 无法实现预期的要求, 稳定性差。

### 3 PID 控制器的设计与仿真

常规 PID 控制器按控制性质来分是属于线性控制器<sup>[8]</sup>, 其控制偏差是由给定值  $r(t)$  与实际输出值  $y(t)$  之差所得:

$$e(t) = r(t) - y(t) \quad (4)$$

其调节原理: 通过比例 ( $P$ )、积分 ( $I$ )、微分 ( $D$ ) 来对偏差  $e(t)$  进行计算, 由线性组合来得到输出控制量  $u(t)$ 。根据这个原理来控制被控对象, 即设定  $K_p, K_i$  和  $K_D$  的值。

PID 控制器的控制效果取决于参数  $K_D, K_i, K_p$  的整定好坏。本文采用稳定边界法 ( $Z-N$ ) 进行整定, 依表 1 整定 PID 的三个参数值。

表 1 Z-N 参数整定计算公式

控制器类型	$K_P$	$K_I$	$K_D$
P	$0.5K_P$	-	-
PI	$0.445K_P$	$0.535K_P / T$	-
PID	$0.6K_P$	$1.2K_P / T$	$0.075K_P / T$

如图 4 所示,建立二自由度门式起重机 PID 控制系统仿真框图。外环控制小车位置和绳长大小;内环控制吊重摆角,以反馈摆角信号来抑制吊重摆动。

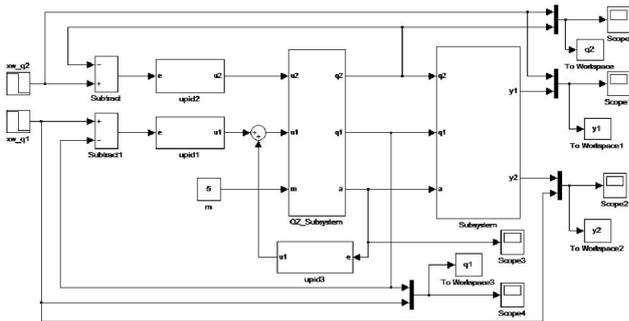
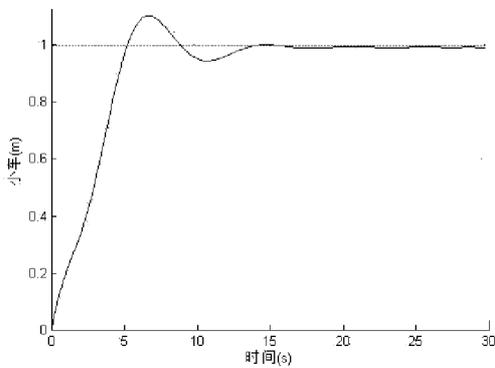
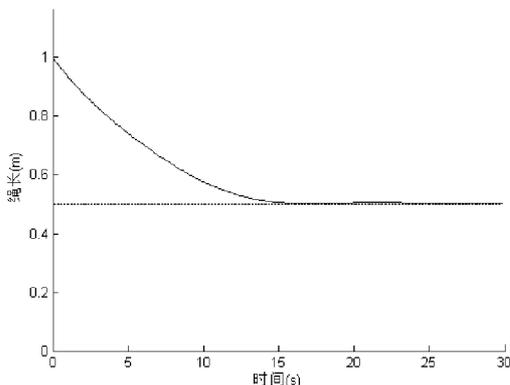


图 4 起重机器人系统常规 PID 控制仿真图

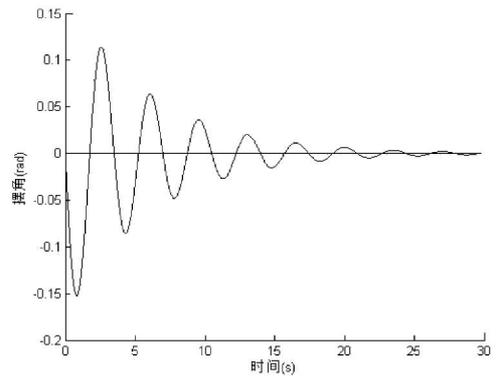
在 MATLAB/Simulink 中建模仿真,结果如图 5 所示:小车位置和绳长,还有吊载摆角的变化曲线图。



(a) 小车位置变化



(b) 钢绳长度变化



(c) 吊重摆角变化

图 5 常规 PID 控制仿真结果

由图 5 所示可知,小车在 15 s 左右达到目标值稳定;钢绳长度在 15 s 左右收缩到指定长度。明显,在设计添加了 PID 控制器后,系统控制效果得到改善,虽然调整时间有点长,超调量也比较大,整体不够理想,但小车位置和绳长实现可控,吊载摆动也得到有效抑制。

#### 4 模糊控制器的设计与仿真

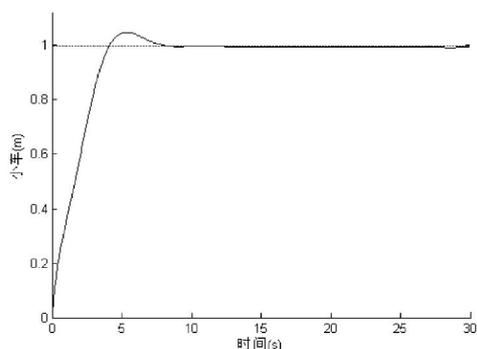
本文所研究的对象二自由度门式起重机,其系统是非线性的,而作为线性控制器的 PID 控制器是很难满足它的控制要求的,所以设计了另一种控制器——模糊控制器,它是属于一种非线性控制器,为非线性系统的控制开辟了新的方向<sup>[9]</sup>。

模糊控制器主要包括模糊规则、模糊化、模糊推理、解模糊化和输入输出量化等部分<sup>[10]</sup>。二自由度门式起重机系统定位防摆采用模糊控制,主要是依据操作者的实战经验和专家库知识建立控制规则,本文采用三个模糊控制器进行控制,即把  $q_1$  和  $\dot{q}_1$ 、 $q_2$  和  $\dot{q}_2$ 、 $\eta$  和  $\dot{\eta}$  分开控制,一个模糊控制器中用两个输入变量,即为二维的控制器,规则数就变少了,其中小车位置模糊控制规则如表 2 所示。

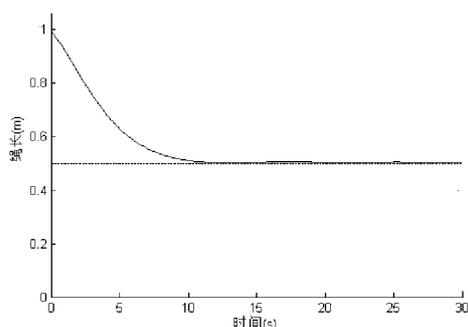
表 2 小车位置模糊控制规则表

$u_1$	$q_1$						
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	NB	NB	ZO	PM	PB	PB	PB
NM	NM	NM	ZO	PS	PB	PB	PB
NS	NM	NS	NS	PS	PM	PB	PB
ZO	NS	NS	NS	ZO	PM	PM	PB
PS	NB	NB	NM	NS	NS	PM	PM
PM	NB	NB	NM	NM	NS	PS	PM
PB	NB	NB	NB	NB	NB	PS	PS

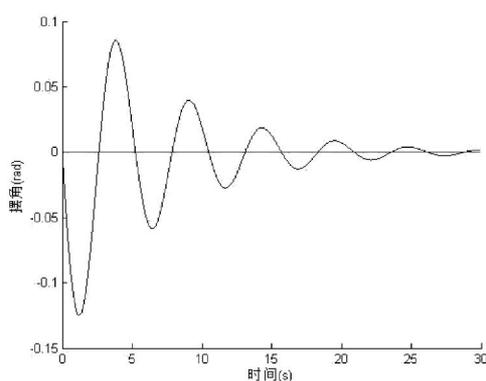
在PID控制器的基础上,把系统中PID控制模块置换成模糊控制器,同时在特定位置设置添加比例因子和量化因子<sup>[5]</sup>。在MATLAB/Simulink环境中建模仿真,得小车位置、绳长、摆角的变化仿真曲线,如图6所示。



(a) 小车位置变化



(b) 钢绳长度变化



(c) 吊载摆角变化

图6 模糊控制系统仿真结果

由上图仿真结果分析,模糊控制在10s左右使小车位置、绳长运行到预期给定值,吊载摆动得到抑制效果也很明显,接近预期要求,且速度快。整体调整时间实质性的缩短,超调量控制越趋理想,系统控制平稳。

## 5 结束语

通过对二自由度门式起重机系统进行了定位防摆控制研究,针对起重机本身开环式控制系统存在的缺陷,设计了PID控制器和模糊控制器,并采用仿真软件MATLAB/Simulink进行控制仿真分析。结果表明,模糊控制比PID控制响应速度快,而且起重机定位防摆系统可以在较小的位置超调下使小车迅速到达预期位置,同时迅速抑制吊载摆动,所以从某种方面讲,模糊控制大大提高了系统的控制性能。这也为后续模糊自适应PID控制器的设计和应用分析奠定了基础。

## 参考文献:

- [1] 高武龙, 陈志梅, 孟文俊. 桥式起重机防摆控制方法综述[J]. 起重运输机械, 2014(5): 1-5.
- [2] Khalid L S, William S, Stephen D. A controller enabling precise positioning and sway reduction in bridge and gantry cranes[J]. Control Engineering Practice, 2007(15): 825-837.
- [3] 蒋理, 陈树广. 基于模糊控制的桥式起重机定位防摆研究[J]. 计算机仿真, 2009, 26(6): 179-182.
- [4] 陈兵伟, 廖卫强. 应用变论域模糊PID的直流电机调速系统[J]. 集美大学学报(自然科学版), 2011, 5(3): 207-211.
- [5] 郑飞杰. 基于模糊PID的2自由度门式起重机机器人轨迹跟踪控制研究[D]. 厦门: 华侨大学, 2013.
- [6] 胡艳丽, 刘团结, 季学斌, 等. 基于模糊的桥式起重机智能防摆控制研究[J]. 数字技术与应用, 2014(7): 22-24.
- [7] 胡宗武. 工程振动分析基础[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1985.
- [8] 刘金琨. 先进PID控制MATLAB仿真[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [9] 李庆等. 双闭环直流调速系统的自适应模糊PID控制[J]. 学术论文, 2009(6): 61-64.
- [10] 胡艳丽. 基于模糊PID的桥式起重机防摆控制研究[D]. 河南: 河南理工大学, 2010.

(责任编辑: 叶丽娜)

## Investigation of Intelligent Positioning and Anti-sway Control of Two-Degree-of-Freedom Gantry Crane

ZHENG Feijie<sup>1,2</sup>, JIN Fangwei<sup>1,2</sup>, WU Long<sup>1,2</sup>, ZHENG Yaqing<sup>3</sup>,  
QIU Limei<sup>1,2</sup>, WANG Chunrong<sup>1,2</sup>

(1. School of Mechanical & Electronic Engineering, Sanming University, Sanming, Fujian, 365004;

2. Fujian College Engineering Research Center of Modern Design and Manufacturing Technology, Sanming, Fujian, 365000;

3. School of Mechanical Engineering and Automation, Huaqiao University, Xiamen, Fujian, 361021.)

**Abstract:** In order to precisely position the trolley and promptly control load swing of the two degree of freedom gantry crane, further to improve the efficiency of gantry cranes, many scholars have done a lot of studies for anti-swing control methods. This paper uses the Lagrange equation to establish nonlinear differential equation of dynamics model, recommends several control schemes and designs several controllers, and simulates in MATLAB/Simulink environment. Through the simulation results, analyzed what kind of method has fast response, high steady-state accuracy and the control process is more stable.

**Key words:** two-degree-of-freedom; gantry crane robot; fuzzy PID control; MATLAB/Simulink; Simulation

# 基于共面电容的非接触式液位线性测量系统的研究

陈俊龙<sup>1,2</sup>, 施隆照<sup>1</sup>

(1.福州大学 物理与信息工程学院, 福建 福州 350116; 2.智恒(厦门)微电子有限公司, 福建 厦门 361008)

**摘要:**一种基于共面电容传感器的非接触式液位线性测量系统主要包括前端平面电容传感器的设计、中间电容信号转换电路、后级的单片机数据处理以及液晶显示功能设计。与传统的线性液位电容传感器相比较本系统所设计的电容液位传感器,传感器可以直接安装在密闭容器外面,避免与容器内的液体接触造成污染或腐蚀传感器等问题。设计中采用差分电容的设计方案提高了系统的抗干扰能力。该测量系统具有结构简单,灵敏度高,稳定性好,动态响应特性好,可以在高温、强磁场、强辐射环境下精确测量非金属密闭容器内液位的实时状态。该系统可以广泛应用于液位在线监测领域。

**关键词:**共面电容传感器;电容边缘效应;非接触式;线性液位测量

**中图分类号:**TP216.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2015)12-0074-05

电容式传感器具有结构简单,价格便宜,灵敏度高,稳定性好,动态响应特性好<sup>[1]</sup>,可以在高温、强磁场、强辐射环境下长期工作等优点<sup>[2]</sup>。传统的液位电容传感器是一个同轴的容器,当液体进入容器后引起传感器壳体和感应电极之间电容量的变化,传感器需要深入到容器内与里面的液体相接触才能测量<sup>[3]</sup>,与传统的线性液位电容传感器相比较,本系统所设计的电容液位传感器,采用非接触模式<sup>[4]</sup>,可以安装在密闭容器外面,避免与容器内的液体接触造成污染或腐蚀传感器等问题。可以精确测量非金属密闭容器内的实时液位状态,可以广泛应用于液位在线监测领域<sup>[5]</sup>。

传送到 C-V 转换电路<sup>[6]</sup>,电路将电容值转换成相应的电压值。芯片输出的电压值可直接输入单片机内部的 AD 模块进行模数转换。单片机可以根据测量的容器壁的厚度以及溶液的不同来调整电荷放大电路的放大倍数以及零点电平等数据。最终将容器内的液位高度的相应电平转换成液位高度在液晶屏上直观的显示出来。

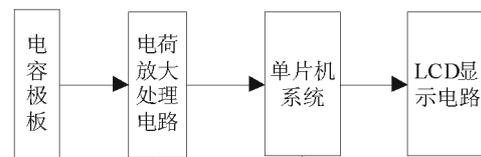


图 1 测量系统结构图

## 1 系统结构

测量系统结构图如图 1 所示。电容极板会根据所测区域内溶液的变化而产生不同的电容值,将电容值

### 1.1 工作原理

最常见的电容传感器是由两个平行电极组成,极板间以空气为介质。传统平行板电容器如图 2 所示。如果忽略边缘效应则电容传感器的电容值为:

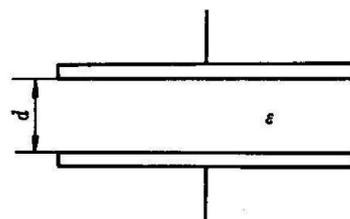


图 2 传统平行板电容器

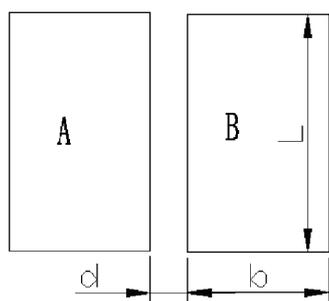
收稿日期:2015-05-27

作者简介:陈俊龙(1987-),男,汉族,硕士,主要从事嵌入式系统及其应用研究。

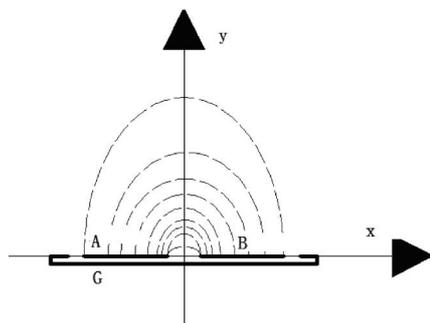
通讯作者:施隆照(1968-),男,汉族,副教授,主要从事智能仪器、集成电路设计研究。

$$C = \frac{\epsilon S}{d} \quad (1)$$

式中  $\epsilon$  为电容极板间介质的介电常数,  $S$  为两块极板间互相覆盖的有效面积,  $d$  为两极板之间的距离, 由上式可知三个参数中任何一个的变化都能引起电容量的变化, 因此电容传感器又可以分为变极距式、变面积式、和变介质式三类<sup>[7]</sup>。本设计所采用的平面电容传感器是属于变介质式中的一种。



(a)极板尺寸



(b)极板剖面图

图3 共面极板电容传感器

共面极板电容传感器顾名思义就是将电容的两个极板设计在同一个平面上<sup>[8]</sup>, 其结构如图3所示。假设两个矩形极板具有相同的尺寸。极板尺寸如图3(a)所示。当极板间距  $d$  很小时, 极板剖面如图3(b)所示。图中  $G$  为屏蔽极板。接近于以原点  $O$  为圆心的同心圆, 远离  $O$  点时为一簇椭圆形, 虚线代表电力线, 离极板越近电力线越稠密<sup>[9]</sup>。在  $X$  轴方向上电力线的电场强度为  $E$ 。

设极板电荷密度为  $\sigma$

$$\sigma = \epsilon_0 E = \frac{\epsilon_0 U}{\pi x} \quad (2)$$

则总电量  $q$  为:

$$q = \int_s \sigma ds = \int_{\frac{d}{2}}^b \frac{\epsilon_0 U}{\pi x} = \frac{\epsilon_0 U}{\pi} \int_{\frac{d}{2}}^b \frac{dx}{x} = \frac{\epsilon_0 U}{\pi} \ln\left(\frac{2b}{d}\right) \quad (3)$$

所以电容量  $C$  为:

$$C = \frac{q}{U} = \frac{\epsilon_0}{\pi} \ln\left(\frac{2b}{d}\right) \quad (4)$$

公式中的极板尺寸  $d, b, L$  尺寸见图3(a)。

在上述的计算中, 已将无限大量  $b$  进行了有限化, 当  $b \gg d$  时, 这种近似是可行的<sup>[10]</sup>。从上式可知, 应用于液位测量系统中被测物品与极板平面的距离是固定的, 仅与公式中的介电常数与液位高度有关, 故而同一种溶液中液位的高低与电容量  $C$  值成线性关系<sup>[11]</sup>。

## 2 传感器的设计

### 2.1 电容极板的结构

电容的极板采用双面板的 PCB 制作而成, 激励极板与接受极板的有效面积都为  $2 \text{ mm} \times 120 \text{ mm}$ , 两极板的中间间距  $1 \text{ mm}$ 。两极板设计同一个 PCB 平面上, 极板的周围用接地铜箔包围用于屏蔽周围的电磁干扰。实验中还采用了两对电容极板组成差分测量系统用于降低周围环境湿度对测量系统的影响以提高测量精度, 同时也提高测量系统的抗干扰的能力<sup>[12]</sup>。

### 2.2 C/V 电路设计

系统的测量电路主要是采用 C-V 转换电路如图4所示。将前端电容传感器所测得电容的变化量转换成电子系统所能识别的电压信号。C-V 转换电路采用智恒(厦门)微电子有限公司设计的 C-V 转换芯片 AXL100D。

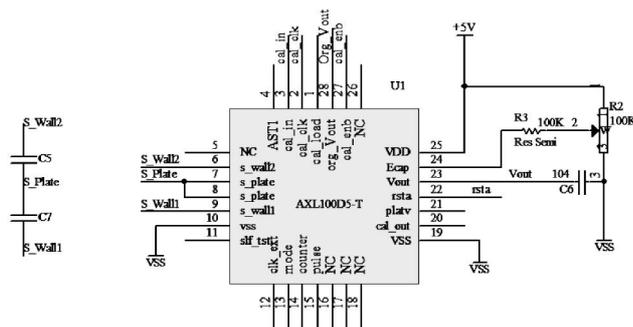


图4 C-V 转换电路

AXL100D 芯片内部的结构图如图 5 所示。该芯片是一个差分输入的电容专用芯片。芯片采用全模拟信道,噪声低,响应频率可达 10 kHz。芯片内部自带 OSC 振荡器。Uref 的电平为芯片工作电压的一半。芯片本身具有零点调节,增益可调,频带可调等功能,可以通过 CLK 与 IN 端口对芯片的参数进行设置。芯片的电容分辨率达到 0.01 pF,灵敏度高于 1 V/pF。芯片内部还具有非线性的校正功能。

有内置 EEPROM,8 通道的 10 位高速 ADC 等功能模块;AD 的采样精度基本满足系统的设计要求。人机界面显示单色的字符型 LCD1602 用于显示系统的相关数据与参数设置。MCU 可以通过 cal\_in 和 cal\_clk 将有关参数输入 AXL100D 的芯片内。S1 是系统的复位键。S2~S5 是用户的操作按键,由于篇幅关系相关的操作在这不做详细介绍。

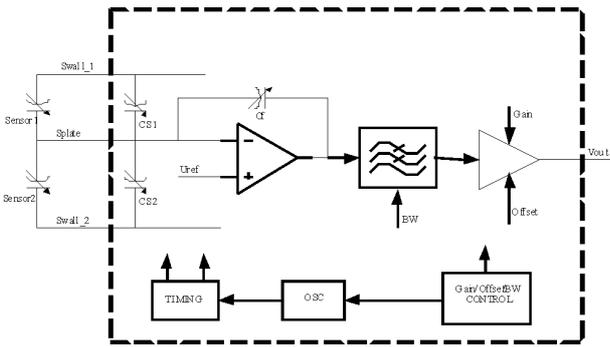


图 5 AXL100D 芯片内部结构图

### 2.3 MCU 控制电路

本设计的 MCU 控制与显示电路如图 6 所示。系统中 MCU 部分采用 STC12C5A60AD 单片机,芯片具

### 3 实验测试

实验中液位的实际高度采用标准的超声波传感器作为测量的参照标准,实验数据经整理后每间隔 5 mm,测量芯片输出的电压值。PCB 极板的有效测量长度为 120 mm。实验中 PCB 的电容极板紧贴在容器的壁外,容器内的溶液采用自来水来作为测试液体。三次测量是在芯片内部增益,溶液材质不变的情况下,分别采用 3 种不同壁厚与材质的容器壁来实验的。三次测量的壁厚分别为 2.5,2.7 和 2.1 mm。实验数据见表 1。

从表 1 的实验数据中可得在 12 cm 的范围内,第

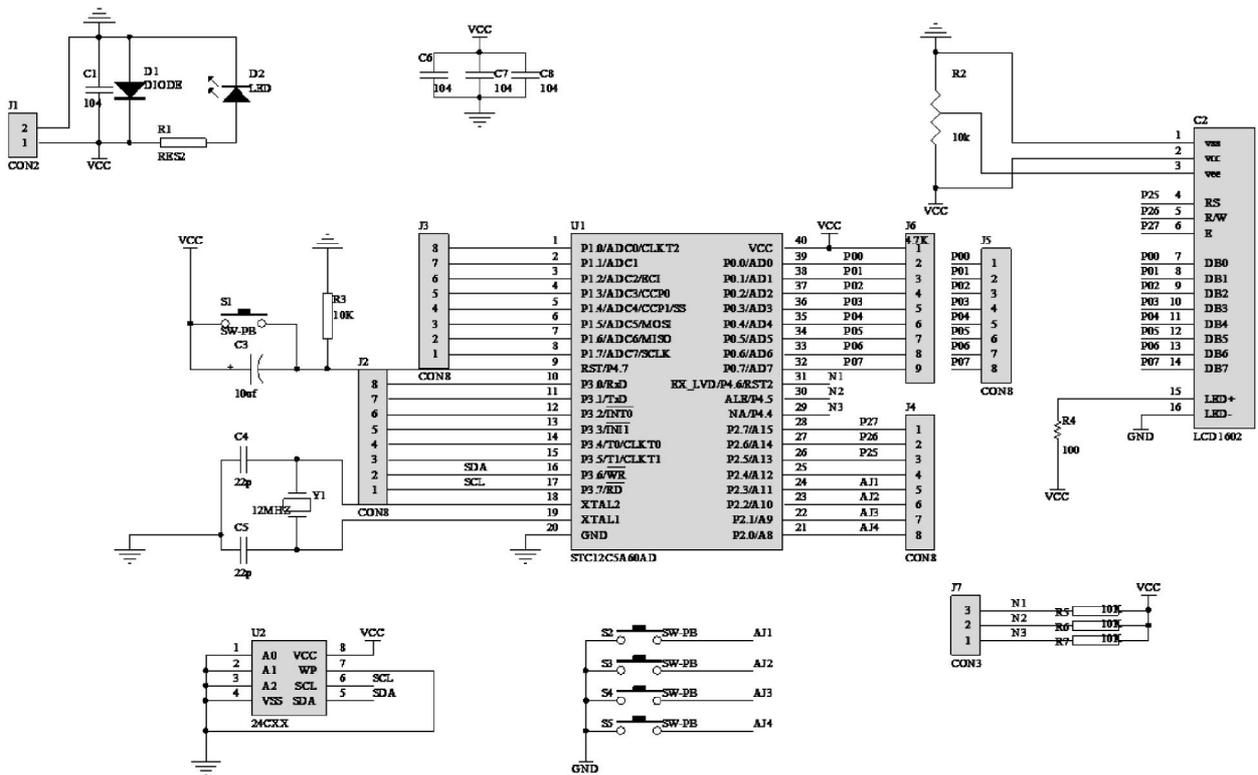


图 6 MCU 控制与显示电路

表 1 电容液位线性传感器测量结果

液位高度(mm)	第一次测量(V)	第二次测量(V)	第三次测量(V)	液位高度(mm)	第一次测量(V)	第二次测量(V)	第三次测量(V)
615	1.285 38	1.531 27	1.711 07	550	1.949 66	2.012 97	2.783 8
610	1.356 63	1.574 77	1.778 55	545	1.997 64	2.045 32	2.875 95
605	1.412 01	1.626 33	1.858 98	540	2.036 62	2.078 71	2.951 13
600	1.472 21	1.665 66	1.938 84	535	2.085 13	2.111 08	3.040 86
595	1.528 69	1.710 87	2.02	530	2.134 21	2.144 17	3.117 75
590	1.577 45	1.745 66	2.124 48	525	2.184 18	2.177 63	3.208 07
585	1.635 97	1.786 82	2.208 88	520	2.232 49	2.210 18	3.281 46
580	1.679 91	1.821 69	2.313 74	515	2.278 27	2.241 47	3.364 28
575	1.732 93	1.855 94	2.393 13	510	2.321 72	2.271 52	3.444 45
570	1.774 52	1.892 45	2.475 74	505	2.362 08	2.304 51	3.504 84
565	1.814 8	1.919 92	2.556 27	500	2.397 4	2.327 93	3.566 57
560	1.863 25	1.947 29	2.647 95	495	2.421	2.342 09	3.614 09
555	1.902 38	1.980 23	2.707 95				

注:温度为 25 ℃

一次测量电压总变化量约为 1.2 V。每毫米的变化量为  $1200/120 \approx 10$  mV;第二次测量电压总变化量为 0.8 V。每毫米的变化量为  $800/120 \approx 6.67$  mV;第三次电压总变化量为 1.9 V。每毫米的变化量为  $1900/120 \approx 15.8$  mV。出现这种情况是由于实验过程中容器壁厚不同所造成的。不过从实验的数据来看,传感器的线性度不受这些条件的影响。而传感器的灵敏度与容器的壁厚有直接关系。在实际应用中可以根据不同的壁厚来选择芯片内部的不同参数。将实验数据做线性处理如图 7 所示。

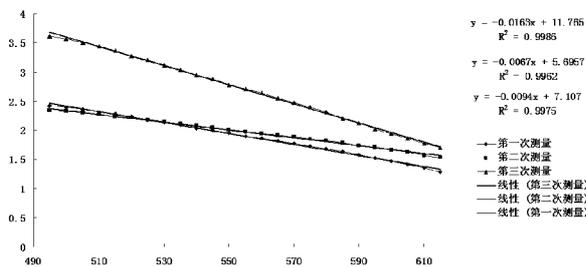


图 7 实验数据的线性处理

从图 7 数据处理的结果来看,三次测量的输出电压的线性度都保持在 99.5% 以上,可以满足工程中的实际应用。不同增益以及容器壁厚时传感器的分辨率不同,因此在实际应用过程中要做好零点和满量程校准,才能精确测量。两种校准都可以通过 MCU 在测量前进行手动校准。

## 4 结论

与传统的线性液位电容传感器相比较本系统所设计的电容液位传感器,采用非接触模式,可以直接安装在密闭容器外面,避免与容器内的液体接触造成污染或腐蚀传感器等问题。设计中所采用差分式设计的电容传感器的方案更是提高了系统的抗干扰能力。从实验的数据来看传感器输出的线性度较好,可以满足工程中的应用。所设计的测量系统可以精确测量非金属密闭容器内的实时液位状态,系统可以广泛应用于各种液位在线监测领域内。

## 参考文献:

- [1] 王爱玲,房亚民.电容传感器寄生电容干扰的产生原因及消除方法[J].华北科技学院学报,2005,2(1):93-95.
- [2] 杨三序.多极板电容式液位传感器[J].传感器技术,2003,22(8):15-17.
- [3] 张波.分段电容式液位测量的研究[D].大连:大连海事大学,2010.
- [4] 程大鹏.基于电容传感器的薄膜厚度测量系统研究[D].桂林:桂林电子科技大学,2011.
- [5] Yu J, Wang W, Li X, et al. Simulation analysis on characteristics of a planar capacitive sensor for large scale measurement[A]. 2009 2nd International Conference on Intelligent

- Computing Technology and Automation, 2009: 201–204.
- [6] 刑本凤.高精度微弱电容检测技术研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2010.
- [7] 彭益武,李国辉.电容式传感器的设计方法探讨[J].芜湖职业技术学院学报,2013,15(3):40–43.
- [8] 刘少刚,安进华,罗跃生,等.单一平面电容传感器数学模型及有限元解法研究[J].哈尔滨工程大学学报,2011,32(1):79–84.
- [9] 黄林.无线单片式微位移电容传感器的研究[D].成都:西南交通大学,2013.
- [10] McIntosh R B, Mauger P E, Patterson S R. Capacitive transducers with curved electrodes [J]. IEEE Sensors Journal, 2006, 6(1): 125–138.
- [11] 袁有臣,于祥洲,田洪贞.差动电容传感器信号调理中的非线性校正[J].青岛科技大学学报(自然科学版),2012,33(3):321–324.
- [12] 董林玺,李寿洛,陈金丹,等.不同检测电容结构对 MEMS 电容传感器性能的影响分析[J].传感技术学报,2010,23(4):501–507.

(责任编辑:叶丽娜)

## Non-contact Linear Liquid Level Measurement System Based on Coplanar Capacitor

CHEN Junlong<sup>1,2</sup>, SHI Longzhao<sup>1</sup>

(1.School of Physics and Information Engineering, Fuzhou University, Fuzhou, Fujian 350116;

2. Intellisense Microelectronics Led.Company, Xiamen, Fujian 361008)

**Abstract:** This paper designed a non-contact linear liquid level measurement system based on coplanar capacitive sensor. The system includes the coplanar capacitive sensor, the capacitance to voltage conversion circuit, the process of converted capacitance data and the liquid crystal display. Compared with the traditional linear liquid level sensor in this system design of the capacitance liquid level sensor, the sensor can be installed directly outside the airtight container, avoid contact with the liquid container which brings the problems such as pollution or corrosion sensors. Adopted in the design of the differential capacitance design scheme to improve the anti-interference ability of the system. The measurement system has simple structure, high sensitivity, good stability, good dynamic response characteristics, it can accurately measure the level of liquid in an airtight container in real time in high temperature, strong EMI environment. It can be widely used in the online monitoring of the liquid level.

**Key words:** coplanar capacitive sensor; capacitive fringe effect; non-contact; linear level measurement

# 批次管理的冰箱产品追踪模型研究

王海瑶

(福建江夏学院 工程学院, 福建 福州 350108)

**摘要:**在介绍产品追踪和批次管理的概念的基础上分析了基于批次管理的产品追踪方法,结合冰箱总装实际生产过程建立产品追踪模型、制定批次编码和确定批次关联关系,搭建冰箱批次 BOM 并实现其生产过程中的产品追踪。

**关键词:**产品追踪;批次编码;批次关联;批次 BOM

**中图分类号:**F273.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2015)12-0079-05

批次管理是实现产品追踪的办法之一,利用批次管理的方法对企业所采购的物料进行有效的可追溯性管理也是企业实现精细化管理的重要途径。产品在生产过程中会用到来自不同供应商的不同批次的零部件,如果企业所生产的产品属系列产品且型号复杂,这将产生非常复杂的产品批次信息。如果能对这些信息做到很好的处理和利用,将会为企业带来可观的经济效益,如提高产品质量控制能力、为问题产品召回节约成本、为供应商评价提供依据等。论文将从产品追踪和批次管理所应用到的相关知识概念说起,最后结合实际建立基于批次管理的产品追踪模型,以实现产品的准确追踪。

## 1 产品追踪和批次管理概述

### 1.1 产品追踪概述

对于制造业的产品可追溯性,Moer T 给出如下定义:可追溯性是一种通过全部或部分产品链跟踪产品批次或者产品历史信息的能力,或者是在产品链中的某一步内进行跟踪,例如生产<sup>[1]</sup>。在实际的追踪过程

中,通常会有两种追踪方式:前向追踪和后向追踪。

(1)前向追踪是由零件到产品的追踪过程,例如某批次 A 零件存在质量缺陷,我们可以通过零件批次信息追踪到对应批次的已使用 A 零件的完成品,进行准确的产品召回工作;

(2)后向追踪是由产品到零件的追踪过程,例如某批次 B 产品在使用过程中发现某个零件存在质量问题,我们可以通过产品批次信息追踪到对应零件的批次信息找到问题零件,阻止问题零件上线造成批量损失。在实际的追踪过程中,前向追踪和后向追踪通常同时存在,组合形成闭合追踪模型,其具体的实现过程还要借助先进的追踪技术,如条形码技术和射频技术(radio frequency identification, RFID),条形码技术简单,采集数据快,可靠性高,跟踪系统灵活实用而且成本低。RFID 技术数据存储量大,速度快,使用方便而且经久耐用。从费用角度看 RFID 技术成本较高,条形码跟踪技术相对便宜。

### 1.2 批次管理概述

加工原料经历整个生产工序最终形成若干半成品、产成品的全过程称为“批”。在相同条件下生产或已生产完成的产品的集合称为“批次”。“批号”常用来标识同一物料或者产品,定义为用于识别“批”的一组数字或者字母加数字<sup>[2]</sup>。

“批次管理”是指从生产产品所需的采购原料开始,链状似的跟踪产品在在每个单位、每道工序的加

收稿日期:2015-09-17

基金项目:福建省科技厅自然科学基金资助项目  
(2015J01635)。

作者简介:王海瑶(1976-),女,汉族,讲师,主要从事生产运作与管理、质量管理研究。

工情况,经历产品入库,产品销售直至售后服务的整个过程,根据这个过程中生产条件发生的改变,相应地用批次标识来区分,并按照批次标识进行记录管理<sup>[3]</sup>。批次管理的一项重要工作是对批次管理对象进行批次划分并给予批次标识。搞好批次管理,能确保产品从原材料进厂到出厂交付、再到售后服务的每个环节都能实现“五清六分批”。五清指批次清、数量清、质量清、责任清和生产动态清;六分批指分批投料、分批加工、分批转工、分批入库、分批保管和分批装配。这样就可以保证一旦产品出现质量问题,可以准确地查出原因,有效降低返修报废的数量,最大程度地减少因产品质量问题对顾客使用的影响。

实际管理过程中,可以根据企业在生产、销售和服务方面的不同需求,结合管理对象的特点将批次管理分为批次单件管理和批次非单件管理,如冰箱、汽车等组成成分复杂或者价格比较昂贵的产品可以选择批次单件管理,食品、药品等组成成分单一的产品可以选择批次非单件管理<sup>[4]</sup>。

## 2 批次管理的产品追踪实现方法

### 2.1 建立基于批次管理的产品追踪模型

根据前面对批次管理的详细介绍,结合企业的生产实际过程,建立覆盖产品整个生命周期的基于批次管理的产品追踪模型,如图 1 所示。

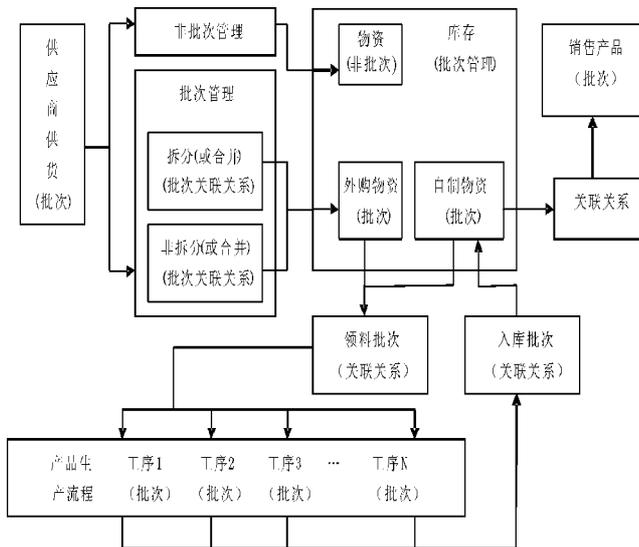


图 1 基于批次管理的产品追踪模型图

从模型可以看到,从物资到货、出入库、生产和销

售等各个环节都需要进行批次管理。供应商在交付产品生产原料时,企业根据供应商的个体信息、交付货物的类别、交付日期和批次生成该批货物的库存批次信息;根据不同订单产品的生产流程,仓库在办理相应零部件的出入库手续时,会根据最终产品的类别和流水订单日期信息生成和库存批次相对应的关联批次信息;当从仓库出库到生产线上的物品因某种原因需要重新入库时,则该物品的批次信息在原仓库库存信息的基础上关联了上次拟生产订单产品的批次信息;所有产品在完成生产流程进入销售环节时候,该产品的相关零部件都确保已经记录了包含供应商、供应日期和批次的准确的可追溯原始信息。通过该模型的应用,在产品的全生命周期里,可以很便捷、准确地得到某批次原材料被用到那些批次的成品或半成品中,也可以及时、准确地根据产品批次找出该批次产品所使用的原材料批次,真正实现包含产品质量信息、销售信息、产品生产过程信息和供应商信息等在内的企业产品信息的全面可追溯管理。

### 2.2 产品追踪模型的基本构成要素

产品的追踪路径是一个树型结构,与产品 BOM 的结构十分相似,其区别在于产品 BOM 不仅反映了产品内部的成分结构关系,还反映了它们之间的数量关系,因此我们可以利用产品 BOM 所反映的成分结构关系来构建我们的产品追踪模型的主要架构。如何保证每批次产品元器件在产品生命周期中的数据信息的唯一性是实现产品批次管理的关键<sup>[5]</sup>。在解决追踪模型后,还需要对产品及其组成部分进行标识,只有对所有的产品进行唯一性的标识,才能实现对产品及其组成部分的追踪。因此,我们要对批次管理的结果进行唯一性标识,即批次编码的建立,利用该编码对活动结果进行记录存档生成批次 BOM,方便日后的信息查询和问题追踪,这里以产品及其组成成分为对象进行批次编码<sup>[6]</sup>。产品通常由多个部件组成,往下部件又由多个零件组成,零件在入库时就要对其进行批次划分。因此,我们将批次编码分为四个级别来编写:

(1) 库存级别:库存级别的编码由 K+零件供应商缩写+零件名称缩写+供应批次流水号组成。例如,对由 A 供应商在 2014 年 2 月 13 号供应的当日第三批 B 零件进行入库编码为 KAB2014021303;

(2) 零件级别:零件级别的编码由 L+零件名称缩写+零件批次合并后的批次流水号组成;例如,为 2014 年 6 月 1 号生产所准备的 B 零件由 KAB2014031311、KGB20140-12923、KAB2014021303 三个批次的 B 零件组成,此次 B 零件批次合并为当日 B 零件的第 8 次批次合并,经过批次合并对应该生产批次的 B 零件批次编码为 LB2014060108;

(3) 部件级别:部件级别的编码由 B+部件名称缩写+零件组装批次流水号组成;例如,为 2014 年 6 月 1 号生产所准备的 C 部件由 LB2014060108、LC2014060101、LD2014060111、LD2014050903 (2014/5/9 未用完 D 零件,使用时需备注此部分 D 零件批次 BOM 信息)、LF2014060108 和 LE2014060108 五种零件组装而成,此次 C 部件组装为当日组装的第 2 批 C 部件,则此批次 C 部件的批次编码为 BC2014060102;

(4) 产品级别:产品级别的编码由 C+产品名称缩写+流水订单号组成;例如,2014 年 6 月 1 号生产的第 4 单号 D 产品,其批次编码为 CD2014060104。

### 2.3 批次关联关系

从前面的研究可以看到,在生成批次编码的基础上,为了实现产品的信息追踪还需要建立各种批次之间的相关性联系,以此产生完整的信息链。在每个批次编码生成的时候需要记录新批次和旧批次之间的关联关系<sup>[7]</sup>。关联关系是描述两个实体之间数量等属性的对应关系,不同物资批次之间主要有以下四种关联关系:

一对一的关联关系。一对一是指一个批次的物资全部与另一个新的批号对应,新旧批号之间一对一,例如库存零件 B 其批次编码为 KAB2014062309,同批次零件整体运用到生产中其零件级别批次编码变为 LB2014062501;

一对多的关联关系。同批次的物料被拆分为多个新的批次,例如供应商批次为 A 的产品入库时,同批次的产品被拆分为多个部分分开存储;

多对一的关联关系。多个批次的同规格的产品合成新的批次。比如销售或者库存调整时,同型号不同批次的产品合并存储的情况;

多对多的关联关系。比如一个批号的产品在出库时会分成多个新的批号,但是在出库时该批号可能会

和别的批号合并为另外一个新的批号一起出库,例如库存有产品 B 的两批货物,批次编码分别为 KAB2013050509 和 KCB2013060204,数量分别为 15 和 10,第一次领料时领走 14 个 B (批号 KAB2013050509),新批号为 LB2013070302,在第二次领料时需要 11 个,这时需要把批号为 KAB2013050509 和 KCB2013060204 的产品合并为一批 LB2013070304 进行出库。

## 3 基于批次管理的冰箱产品追踪模型分析

实际生产过程中,通过批次管理对所生产的产品、物料及技术文件进行管理是实现产品追踪的有效手段,产品追踪的实现也是实现本文研究目的的基础。下面我们将结合冰箱实际生产过程,利用前面的研究内容对如何实现冰箱总装过程中追踪问题进行分析。

### 3.1 冰箱产品追踪模型搭建

产品追踪在制造型企业中的一项重要应用就是利用产品追踪技术实现对产品质量状态的追踪,由此,实现对企业所生产的产品质量进行实时准确的控制<sup>[8]</sup>。我们通过对产品追踪理论和产品 BOM 的研究对比,发现追踪的树形结构与产品的产品 BOM 结构十分相似,可以引用产品的产品 BOM 来作为产品追踪的追踪模型。

通过对冰箱总装的研究,我们得出冰箱主要由箱体、门体、制冷系统、电气系统及附件五部分组成,在这五个部分以下还有为实现各个部分功能而组合在一起的零件。

### 3.2 冰箱总装过程中批次 BOM 搭建

下面通过一个案例来解释分析:某家电生产企业的冰箱制造部门收到销售部门发来的 A 产品生产订单,订单显示客户针对冰箱使用的压缩机有特殊要求,要求压缩机必须为 B 公司供应,同时订单必须在 2014 年 6 月 9 日完成。

生产主管在接到生产订单后开始拟定生产计划,根据排产计划中该订单号 01,确定该订单的批次编码为 CA2014060901,并将根据生产计划确定的物料计划表,如表 1 所示。生产主管将该物料计划表发送给物料仓管员让其准备生产物料。

表 1 物料计划表

生产批次号: CA2014060901 交单日期: 2014 年 6 月 9 日			
零件名称	数量	供应商	批次信息
压缩机	1 000	B 公司	LYSJ2014060901
...	...	...	...
温控器	1 000	C 公司	LWKQ2014060901

仓管员在按照生产计划准备物料时发现同一批次由 B 公司供应的压缩机数量少于生产需要,必须将不同批次的 B 公司所供的同型号压缩机合并后用于生产,两个批次的压缩机批次编码分别为 KBYSJ2014021303 和 KBYSJ2014031301,该批次合并为当日第 1 次合并,则该生产批次的压缩机批次编码为 LYSJ2014060901,如图 2 所示。仓管员在准备温控器时发现,仓库内有一批批次编码为 LWKQ2014052311 的因之前订单临时取消而留下的待上线温控器,并查得其批次 BOM 信息如图 3,但其数量少于 LWKQ2014060901 要求。其他零件均视为当日同批次足额正常出库。仓管员将各种零件的批次 BOM 信息统计完成后发给生产主管。

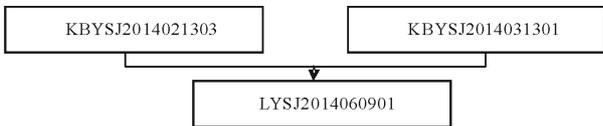


图 2 压缩机的批次 BOM

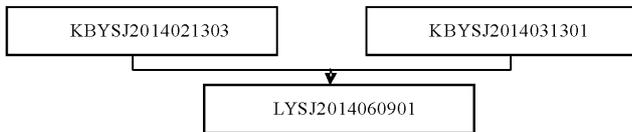


图 3 LWKQ2014052311 批次 BOM 信息

生产主管在收到仓管员的关于各种零件的批次 BOM 信息后,根据生产计划流水号建立整个生产批次的批次 BOM。如图 4 所示,这样的产品批次 BOM 即可作为我们生产制造过程中的产品追踪模型,它可以对生产过程中所涉及到的各类零部件实现有效的批次追踪。如果是在生产过程中发现产品出现局部的质量问题,通过后向追踪可以找出问题零部件和疑似的库存零部件,并实现及时有效的质量评估,防止问题零部件上线产生批量问题产品造成生产损失;通过前

向追踪可以找出疑似问题产品,并对疑似问题产品进行及时有效的质量评估,防止未上市问题产品上市,造成企业产品信誉的损失<sup>[9]</sup>。

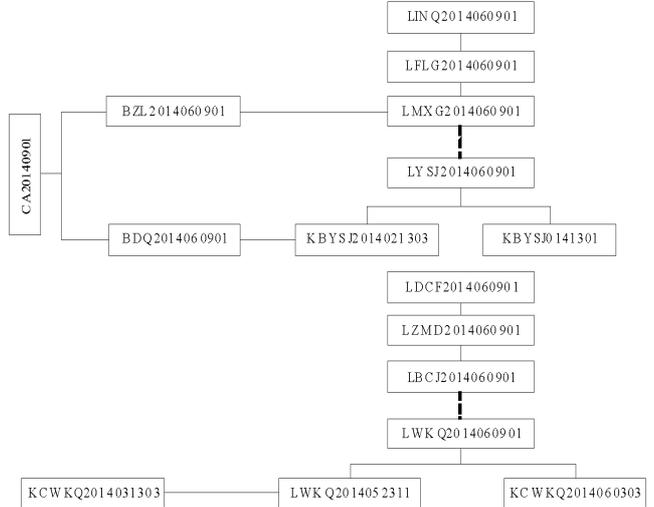


图 4 基于客户需求的 A 产品批次 BOM

### 4 结论

本文提出的基于批次管理的产品追踪管理模型可以适应制造企业对产品追踪的要求,在产品质量管理、售后服务及供应商的管理方面具有重要意义,同时,在其他的实践应用方面也具有一定的可扩展性。但是,这样的基于批次管理的产品追踪方法还需要结合企业的实际生产状况进行针对性的优化。特别是在当今顾客对产品品种需求多样化、产品供货期需求更快速的生产环境下,如何使新的生产管理方法能够在实施的过程中最大程度地匹配不同企业的实际生产现状,更好地满足顾客及市场的需求则是此类管理方法应用的研究前提。同时,本文所研究的基于批次管理的产品追踪方法在实施的过程中,还要注重有效结合当前较为先进的技术手段和方法来优化管理实施方式,提高方法的实际管理效率,这些问题也将是我们今后研究的方向。

### 参考文献:

[1] Moe T. Perspectives on traceability in food manufacture[J]. Trends in Food Science & Technology, 1998, 9(5): 211-214.  
 [2] 刘晓病,李雯等.基于质量追踪溯源理论的机车产品安全质量管理体系研究[J].工业工程与管理,2013(18):6-12.

- [3] 齐晓平.计算机信息化系统在产品批次管理中的应用[J].信息系统工程,2015(8):55.
- [4] 王浩.批次管理在物资仓储中的应用[J].物流技术,2014,33(9):377-380.
- [5] 王胜德,王兵.基于批次管理的装甲装备维修器材仓储管理信息系统数据库模型设计[J].物流科技,2013(3):81-84.
- [6] Steele D C. A structure for lot-tracing design [J]. Production and Inventory Management Journal, 1995, 36(1): 53.
- [7] 李明.基于批次管理的产品追踪技术及溯源机理研究[D].重庆:重庆大学,2008.
- [8] 刘志,蒋增强,葛茂根,等.面向装配的现场数据采集和过程监控研究[J].机械工程师,2009(4):52-54.
- [9] 叶明海,赵敏.缺陷汽车产品召回的批次性质量追溯方法[J].汽车工程,2006,28(6): 595-601.

(责任编辑:叶丽娜)

## Model Research on Refrigerator Product Tracking of Batch Management

WANG Haiyao

(School of Engineering, Fujian Jiangxia University, Fuzhou, Fujian 350108)

**Abstract:** As the market for product traceability increasingly high demand for extensive management status quo of China's manufacturing, research-based batch management product tracking problems. Firstly, the concept of product tracking and batch management; Secondly, the analysis of the product tracking method based batch management; Finally, refrigerator assembly and the actual production process to establish product tracing model, developed to determine the associated batch encoding and relationships batch BOM structures refrigerator batch production process and to achieve their product tracking.

**Key words:** product tracking; batch management; batch encoding; associated batch; batch BOM

# 基于改进遗传算法的企业物流配送网络的构建

林 森<sup>1</sup>, 洪 伟<sup>2</sup>

(1. 福建农林大学 交通与土木工程学院, 福建 福州 35002; 2. 福建农林大学 林学院, 福建 福州 350002)

**摘 要:**以居家通企业的订单数据和配送网络为研究对象,采用改进的遗传算法对其合作店铺的服务网络计算,获得最短配送路线与实际配送路线、标准遗传算法计算的路线进行对比并通过 GIS 地图标注,同时研究当企业规模扩大,合作店铺需配送的酒店数量增加后在改进遗传算法计算下的配送路径。结果表明:实际配送路线为 5.33 km,标准遗传算法路线为 5.04 km,改进遗传算法路线结果在 GIS 地图上表现最优为 4.33 km,并且当增加 5 个配送节点后,配送路线长为 8.5 km。

**关键词:**居家通企业;改进遗传算法;Matlab

**中图分类号:**F253.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2015)12-0084-05

物流配送是商品流通中至关重要的环节,是物流企业的运作主体,掌握市场的起伏变动,直接接触客户最满意的需求,从而实现整个物流网络价值,其效率是判断企业效率高低的重要指标<sup>[1]</sup>。了解客户最终需求,企业通过构建一个较为齐全的物流配送网络以便更好的为客户提供服务。以物流节点为网络运营货物的集散载体,运输路径为网络运营货物的连接桥梁,二者紧密合作,将货物从供应商到客户之间形成一条科学合理的动态运输链<sup>[2]</sup>。根据我国 2014 年统计的 5.6 万亿元的运输费用,其中我国总物流费用约占 52.9%,而发达国家对物流流程进行优化后,可节约 5%~20% 的总运输成本<sup>[3]</sup>。因此,是否合理安排配送路径会影响到企业的整体效益和客户满意度,企业也急需时效性强、成本低、服务质量高且能快速规划路线的物流配送平台。

## 1 “居家通”商旅服务平台

“居家通”商旅服务平台是专门为商旅人士打造的

收稿日期:2015-10-26

作者简介:林森(1986-),男,汉族,博士研究生,助教,主要从事现代物流管理研究。

通讯作者:洪伟(1947-),男,汉族,博士生导师,教授,主要从事数理统计、系统工程研究。

服务性平台。它由庞大商旅消费群体和酒店周边能够提供高产品、快配送、优服务的商家组成。入住酒店的客户可从酒店提供的客户端在酒店下单,形成委托配送任务,业务员进行接单汇总处理,通过配送网络分析客户的相关信息并且通知周围的店铺,由店铺通过本身所具有的货物种类进行进货储存、分拣、装载货物和路线的选择等安排配送,在客户需求在规定时间内将货物送达地点后,由最终客户进行确认签收。

通过调查 2014 年 3—10 月居家通企业的各个店铺订单统计总量(见图 1),总订单量有 406 份,而与居家通企业合作店铺约 97 家,合作商旅酒店约 394 家。目前虽然客户通过居家通平台下单情况还未达到较大规模,但每月均呈现上升趋势,该企业正在快速成长阶段。居家通企业做为首家商旅服务企业仍旧拥有不足之处。

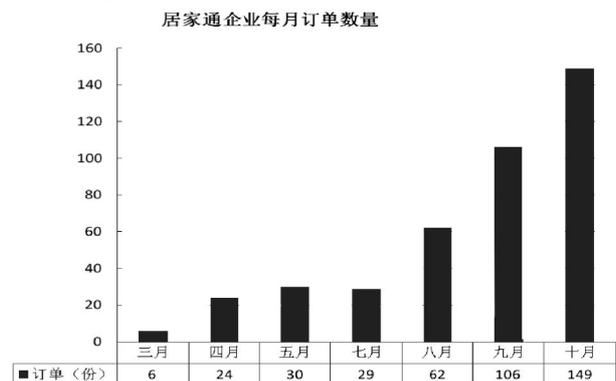


图 1 2014 年居家通企业每月订单数量

### 1.1 配送的产品多品种、小批量

由于店铺提供的商品多种多样,而且顾客是来自不同地区的商旅人士,所以对商品需求是多样的,而且能带产品重量是有限,这就是“消费多样化、需求多样化”,这导致订单较为分散,每个酒店旅客需要多样化服务,向不同的店铺订购产品,这也对配送提出较高要求。

### 1.2 配送时间不定

根据订单分析可知订单的时间不均衡且数量少,每家店铺平均每天不到一份的订单,为了能提供优质服务将产品即时的送到顾客手上,店铺以“客户第一”为宗旨,再加上顾客下单时间不确定,就导致店铺配送的时间不确定。因此,店铺只能根据经验提供配送服务。

### 1.3 未规划配送路径

调研过程中发现在产品配送过程中,部分配送人员对配送路径没有规划,甚至部分配送人员根据订单顺序先到一家宾馆后,然后再查找去下一家宾馆路径。这不但增加配送成本,还会导致物流配送路径变长,加重交通负担,造成倒流运输、迂回运输、单程运输和空驶等现象<sup>[4]</sup>。

物流配送是实现居家通企业规模效益的关键因素,居家通企业应认识到自身配送尚未形成规模,抓住我国物流企业发展趋势的机遇,解决物流配送问题,提高配送效率。因此本文从居家通及与其合作店铺的配送现状出发,对配送网络的需求进行研究,构建物流配送网络模型结合改进遗传算法及实际路线状况,寻求到了多个配送宾馆之间的最短配送路径,这将有效提高提升居家通企业的综合竞争力。

## 2 基于改进遗传算法构建居家通企业物流配送路线模型

### 2.1 构建目标函数

该企业的配送路线模型思路为:在每个店铺接到订单后,从店铺中选取车辆装上商品,将商品送到  $n$  个不同的酒店中,再进行酒店内各个消费者的配送,最终回到出发点,因此该配送路线为巡回路径,采用 Grefenstette 等提出巡回路径的整数编码方法<sup>[5-6]</sup>。

假设路线中的全部酒店构成列表  $K$ ,店铺与每位

酒店分别记为  $1-n$  并按其顺序排列放到表  $K$  中,所以该路径的配送顺序是  $H=(h_0, h_1, h_2, \dots, h_n)$  并规定每次配送完一个酒店后就在列表  $K$  中把该点除去,用第  $i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) 个所配送酒店,  $h_i$  在所有未配送酒店列表  $K-\{h_0, h_1, h_2, \dots, h_{i-1}\}$  对应的位置序列号  $b_i$  ( $1 \leq b_i \leq n-i+1$ ) 就可表示为具体配送给哪个酒店,由此直到将  $K$  中的需求点全部送完,  $b_i$  按照配送的先后顺序构成新的列表:  $B=(b_1, b_2, \dots, b_n)$ , 就是可表示一条巡回配送路线,即为遗传算法中一个个的基因。按此规则侦查所有的路径长度,寻求最短的配送路线其目标函数为:

$$\min f(H) = \sum_{i=0}^{n-1} d(b_i, b_{i+1}) + d(b_n, b_0) \quad (1)$$

其中:  $b_0$  为店铺(配送中心);  $b_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) 为第  $i$  个酒店;  $d(0, 1)$  为店铺到第 1 位酒店之间的距离;  $d(n, 0)$  为第  $n$  个酒店到店铺的距离;  $d(i, j)$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) 为  $i$  到  $j$  之间的距离,且  $d(i, j)=d(j, i)$ 。

### 2.2 改进遗传算法模型架构

(1) 初始群体的生成。经过编码将数据转换成染色体的基因链形式,并对种群规模进行确定,设进化的代数计数器  $h=0$ , 最大代数为  $H$ , 然后随机产生  $M$  个不同的染色体构成算法的初始解  $P(0)$ , 并把其当成开始迭代的初始点。

(2) 评价适应度函数值。从  $P(h)$  群体中进行全局搜索,并从中找出适应度最高或接近最优的个体。

设  $h_0 | h_1 | h_2 | \dots | h_n |$  为一个采用整数编码的基因型染色体,  $d(h_i, h_{i+1})$  为酒店  $h_i$  到酒店  $h_{i+1}$  的距离, 则该个体的适应度为  $F(H) = \frac{1}{f(H)}$ , 即:

$$F(H) = \frac{1}{\sum_{i=0}^{n-1} d(h_i, h_{i+1}) + d(h_n, h_0)} \quad (2)$$

(3) 选择。从现有的种群中选出对自然环境适应能力强大的个体,将其作为父代进一步繁衍后代。为了能够收敛全局得到最优解的个体,选取最佳个体保留与赌轮选择的方法相互结合,得到下一代个体。

Step 1: 采用改良圈的近似算法,求得一个初始种群  $P(h)$ 。

Step 2: 从初始化群体中  $P(h)$  找出适应度最大的

个体,保证父代种群中最优良的特性遗传给子代,用  $b$  表示。

Step 3: 假如种群中的个体  $q$  经过赌轮选择的方法求出的选择概率为  $P(q)$ :

$$P(q) = \frac{F(q)}{\sum_{i=0}^{n-1} F(i)} \quad (q=1, 2, 3, \dots, n) \quad (3)$$

Step 4: 设  $Z(0)=0, Z(q)=Z(1)+Z(2)+\dots+Z(q), (q=1, 2, \dots, n)$

通过以上操作后,在 $[0, 1)$ 区间内生成  $n-1$  个均匀分布的随机数列  $A_i(i=1, 2, \dots, n-1)$ ,每一个随机序列与群体的各个个体相对应,并对  $n-1$  个个体按顺序进行选择检测,假如  $Z(q-1) \leq A_i \leq Z_q$ ,则  $q$  被选中当成下一个个体。

(4)改进型的单点交叉操作。经选择操作产生新的种群之后,并利用生物学中的有性繁殖的基因重组原理,选择改进型的单点交叉操作方法,通过染色体配对后产生基因交换,将优良基因遗传到子代个体。

Step 1: 以“门当户对”为原则,对父代个体进行配对并按目标函数值进行排序,目标函数值最小的与小的配对,反之,大的目标函数值与大的进行配对。

Step 2: 应用混沌序列确定交叉点的位置。

Step 3: 对确定的交叉项基因进行交叉操作。

通过改进遗传算法,可避免和削弱在算法交叉强度大时而产生的寻优抖振问题,提高算法的收敛精度。

(5)改进的变异操作。个体的少数基因随机发生改变其结构或位置,变动的几率较小,一般在 0.001 到 0.1 之间。从初始种群  $P(h)$  随着遗传算子的不断进化

迭代后中得到新的种群  $P(h+1)$ ,不断进行繁衍优化。遗传算法经过变异实现种群多样性的一种手段,在遗传操作过程中保留最优良的个体,个体上各个基因位进行变异,使个体的排列顺序发生较大的变化,而配送路径上的配送点顺序对应种群的各个个体也会产生很大的变化,所以其相应的基因值也不同<sup>[7]</sup>。按照给定的变异率,对选定的变异个体,随机选取三个整数,  $1 < m_1 < m_2 < m_3 < (n+1)$ ,把  $m_1, m_2$  之间的基因段(含  $m_1$  和  $m_2$ )的基因段插入到  $m_3$  之后。按照给定的变异率,随机选取两个在 2 到  $n$  之间的整数,对这两个数对应的位置基因进行变异,并在变异时利用混沌序列把这两个位置的基因换成新的基因值,进而得到新的染色体。

(6)终止条件。若  $h \leq H$ ,则  $h=h+1$ ,转到步骤(2);若  $h > H$  则已经达到最大的种群迭代数的终止原则,将此作为最优解,即最短配送路径。

### 3 居家通店铺配送路线仿真

选取居家通企业其中一个合作店铺 Pizza 芝根芝底为例,该店铺以订单达到 29 元为起送价格,以此店为配送中心向周边酒店实施配送,该店到各个酒店的实际距离(见表 1),假设该店铺只有一辆车和一名配送员工并且能装下一次巡回路线送的所有订单。表 2 为居家通企业合作店铺 Pizza 芝根芝底(59)、南公快捷酒店(37)、如家快捷酒店(74)、纸业大酒店(82)、丽嘉宾馆(211)、小希尔顿源利明珠店(212)、榕盛商务宾馆(213)、速 8 酒店(215)、汉庭酒店(216)。

表 1 配送中心、各配送点之间的实际距离

单位:m

代码编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
用户编号	59	37	74	82	211	212	213	215	216
59	0	1 100	920	1 300	700	1 300	770	960	420
37	-	0	230	745	450	640	520	810	190
74	-	-	0	990	490	690	590	920	260
82	-	-	-	0	610	510	570	1 800	840
211	-	-	-	-	0	250	310	1 200	260
212	-	-	-	-	-	0	150	1 400	450
213	-	-	-	-	-	-	0	1 200	650
215	-	-	-	-	-	-	-	0	930
216	-	-	-	-	-	-	-	-	0

### 3.1 店铺实际配送路径

经调查店铺一般以 10 分钟为时间段,结合实际交通拥堵情况和客户下单时间对各配送点进行配送。配送路径基本固定为 1-3-2-9-5-7-6-4-8-10,即 Pizza 芝根芝底(59)-如家快捷酒店(74)-南公快捷酒店(37)-汉庭酒店 (216)-丽嘉宾馆 (211)-榕盛商务宾馆(213)-小希尔顿源利明珠店(212)-纸业大酒店(82)-速 8 酒店(215)-PIZZA 芝根芝底(59)的巡回路径,总路径长度为 5.330 km。

### 3.2 遗传算法模拟居家通店铺配送路径

利用遗传算法,各参数设置为:种群规模为 50,迭代次数为 100,交叉率为 1,变异率为 0.02。经 Matlab 分别计算标准遗传算法和改进的遗传算法的最短配送路径(见表 2)并将配送结果用 GIS 地图标注(见图 2)以便将来 GPS 导航系统的开发。

表 2 实际配送路线与算法配送路线对比

指标	实际配送路线	遗传算法配送路线	改进遗传算法配送路线
配送路线	-	1-8-2-9-5-7-6-4-3-1	1-3-5-4-6-7-9-2-8-1
路线长度(km)	-	2.942 9	2.941 8
实际路线长度(km)	5.33	5.04	4.33
执行时间(s)	-	-	0.539 109



图 2 遗传算法(左)和改进遗传算法(右)求得的配送路径(按 1:200 比例)

从表 2 和图 2 可知改进遗传算法求得的路线长度最短为 4.33 km 并且在 GIS 地图上可以明显看出其回程的路线更短则有效减少运输返程的空载,更合理的安排配送路径,缩短配送时间。

### 3.3 企业规模增加,修改配送路径

随着居家通企业的快速发展,不断有新的酒店采用该平台时,即周围再增加新银河酒店公寓(45)、福州华亿宾馆(262)、速 8 酒店(工业路宝龙店)(276)、福州盐业快捷酒店(303)、福州汇雄商务宾馆(307)五个酒店时,如表 3 为增加的配送点的位置坐标。

表 3 新增配送点的坐标

用户编号	45	262	276	303	307
代码编号	10	11	12	13	14
经度 X	119.297 9	119.311 8	119.288 5	119.319 2	119.295 4
纬度 Y	26.069 9	26.071 4	26.070 9	26.071 9	26.071 0
与 59 店距离(km)	2.5	1.2	3.4	1.9	2.9

结合表 1 和表 3,当店铺在表 1 订单 8 个配送点的基础上再新添 5 个配送点时,用 Matlab 编程求出配送的最短路径为 8.50 km, 配送路径为 1-8-10-12-14-11-6-4-7-5-13-9-2-3-1 的巡回路径(见图 8)。



图 3 配送路径地图(按 1:200 比例)

由图 3 可知,当店铺配送范围内出现新的配送点时,原有的单巡回路线则会变长,造成空载时间长、运输距离长、配送时间增加等现象,影响订单配送时效承诺。此时,店铺在配送时需根据订单情况,适当增加配送人员和运输车辆,然后对配送路线进行重新规划,实现多批次、小批量的配送,尽最大限度满足客户对时效的需求。

### 3.4 结果分析

(1)完善配送网络,联合居家通企业共同配送。

由企业现有状况来看,在这个区域范围内,当每个店铺订单数量较少时,可通过该区域范围内的店铺进行合作或交给居家通企业统一配送,先由每个店铺构成一条取货路线收集各个店铺的订单产品,再规划各个酒店配送的一条巡回路线。

未来随着企业发展,合作的酒店和店铺不断增加时,会产生大量的订单,店铺自营物流较难完成居家通企业的“15或30分钟送达”送货时间承诺,影响配送服务质量。这时,居家通企业应当建立配送团队和配送中心帮助店铺完成订单配送服务,实现双方的共赢,提高配送服务质量。

(2)对订单定时段进行统计分析,增加目标函数的约束条件

企业在以客户为考虑起点的同时也要对店铺和酒店的利益方面考虑,在实际情况中并不能单方面考虑客户需求,损失店铺及旅店的利益。所以居家通在接到客户订单的时候,在一定的时间段内对订单进行统计分析,并将信息传递给给店铺统计可同时配送的订单,不至于影响配送效率。同时对于模型中目标函数可加入车辆配送限制载重和时效要求的约束条件,以寻找最适合的配送路径。

#### 4 结论

本文以居家通企业为例展开分析,针对该企业的路径问题,构建居家通企业配送网络的路线,建立相应的改进遗传算法模型,避免种群在追求最优解时产生寻优抖振问题,加速收敛速度。最后,结合居家通合作企业的实际配送状况进行模拟分析,实现快速配

送,达到供需的双赢。但对于构建企业物流配送网络应该考虑到的因素还不够完全,尤其未来当企业规模扩大时,本文构建模型的约束条件还不能满足于企业的发展,将来的研究方向应当考虑到批量配送点、时间效能、车辆配载、绩效评价等配送因素,模型将更符合企业的实际运作,提高企业的物流配送效率,有效降低物流成本,提高企业的综合竞争力。

#### 参考文献:

- [1] 许婧.电子商务环境下物流配送体系研究:以特能中国公司为例[J].经营管理者, 2011(19): 296-296.
- [2] 张旭凤.第三方物流企业配送网络演化规律及路径优化研究[D].北京:北京工业大学, 2012.
- [3] 刘洋.城市路网中的集送货一体化车辆路径问题研究[D].重庆:重庆交通大学, 2013.
- [4] 徐军辉.基于核心竞争力的绿色物流管理研究:以CW公司为例[J].商业经济, 2011(23):37-39.
- [5] 叶欢, 经亚枝. Grefenstette 编码法的 MATLAB 实现[J].中国测试技术, 2004(2):58-60.
- [6] 孙慧平, 李健, 郭伟刚.改进遗传算法求解旅行商问题[J].数学的实践与认识, 2009(4):127-133.
- [7] 王会云, 肖建禄, 刘登泰, 等.基于遗传算法的配送路线优化[J].后勤工程学院学报, 2008(3):91-94.

(责任编辑:叶丽娜)

## Construction on Improvement-based Genetic Algorithm of Enterprise Logistics Distribution Network

LIN Sen<sup>1</sup>, HONG Wei<sup>2</sup>

(1. School of Transportation, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002;

2. Forestry College, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002)

**Abstract:** To the order data of JOJTOM enterprise and distribution network as the research object, using the improved genetic algorithm for the cooperation the store service network calculation, get the shortest delivery route and the actual distribution route, the standard genetic algorithm is applied to calculate the route of the contrast and through GIS maps. When enterprise scale, the cooperation after the shops need to increase in the number and distribution of hotel under the improved genetic algorithm is the distribution of path. Results show that the actual distribution route is 5.33 km, the standard genetic algorithm (ga) route is 5.04 km, improved genetic algorithm performance optimal route results in GIS map of 4.33 km, and after five distribution nodes are added, the distribution of path is 8.5 km.

**Key words:** JOJTOM enterprises; improved genetic algorithm; Matlab

# 《体育科学》体育社会学 2008-2013 年研究热点

叶旭红, 苏莹

(福建师范大学 体育科学学院, 福建 福州 350108)

**摘要:**对《体育科学》体育社会学近五年的论文进行总结分析,采用文献资料法、问卷调查法、数理统计法总结发现近五年来刊载体育社会学方面的论文,集中于奥运会、群众体育、体育公共服务方面,研究内容多为对我国体育发展现状的描述性研究,实用性研究较少。

**关键词:**社会学;体育;公共服务

**中图分类号:**G812.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2015)12-0089-06

## 1 总体情况

### 1.1 论文分布情况

五年体育社会学中关于奥运问题 16 篇,群众体育 18 篇;体育理论及政策 8 篇。从表 1 中可以得出 2008、2009 年以北京奥运会为主题进行研究;2010 年则多为我国体育发展战略、体育社会学理论、群众体育参与研究;2011 年的研究焦点为中国体育发展战略、全民健身状况研究;2012 年多为体育公共服务研究、不同区域群众体育研究;2013 年为体育公共服务及奥运会相关研究。群众体育的研究伴随奥运年更为突出,相对于奥运会相关研究的分布群众体育研究有明显的政策倾向性。

表 1 2008~2013 年体育科学体育社会学论文分布表

主题	年份						合计
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
奥运会	9	2	2	-	-	3	16
群众体育	8	1	9	4	10	-	32
体育理论及国家政策	-	3	4	4	8	-	19
合计	17	6	15	8	18	3	67

收稿日期:2015-06-05

作者简介:叶旭红(1960-),女,汉族,副教授,主要从事学校体育研究。

### 1.2 论文来源情况

从表 2 和表 3 中的统计可以得出论文项目基金总体上以国家社会科学研究基金项目及国家体育总局体育哲学社会科学研究项目为主,部分为教育部、文化部社会科学研究项目,地方性项目多为东部发达地区省份,其中上海市最多,江苏省、辽宁省、山东省各 1 个中部地区较少,只有安徽省有 1 个。科学基金项目研究分布不均衡,东部发达省份研究较多,中西部地区较少,发达省份要带动中西部地区促进科学研究均衡发展。

表 2 论文来源基金项目分布

来源	2013 年	2011 年
国家社会科学基金资助项目	7	13
国家体育总局体育哲学社会科学研究项目	4	7
教育部人文社会科学基金资助项目	2	3
文化部文化艺术科学研究项目	-	1

表 3 论文来源地方性基金项目分布

基金项目年限	2013 年	2011 年
上海市社会科学研究项目	1	2
地方性社会科学规划项目(江苏、安徽、辽宁、山东)	1	3

## 2 重点研究问题

### 2.1 奥运相关研究

在统计年份中恰跨越北京奥运会和伦敦奥运会,

学者们对其的关注也如同思念一度的奥运盛会一样也如约而至。研究者主要从奥运会的性质、改革实质、对举办国的影响、奥运媒介文化的传播、奥林匹克学的建设等方面对奥运会进行剖析。

### 2.1.1 奥林匹克运动与政治的关系

奥林匹克运动与政治的复杂关系一直是研究者们关注的问题,为理清二者的关系,李金龙、张志学、赵杰从奥林匹克运动政治化与非政治化的含义、关系、特征及其成因几个方面探讨奥林匹克运动政治化与非政治化的关系问题。研究认为奥林匹克运动政治化与非政治化的关系问题就是将奥林匹克运动为某个或某些国家的利益服务还是为世界所有国家的共同利益——和平、友谊、相互了解服务的关系问题,它们之间并不是必然的对立和冲突的关系,而是相互影响、相互制约的关系。其最好的关系存在形式就是相互兼顾和一致,即将爱国主义与国际主义二者相结合、相统一<sup>[1]</sup>。此观点为我们理解奥林匹克运动与政治的复杂关系提供思路,对如何处理利益冲突提供理论指导。

我国著名学者任海教授<sup>[2]</sup>回顾由1998年底盐湖城冬奥会申办丑闻的披露而引发的国际奥委会改革,探讨改革的背景、发展过程、改革措施及改革引发的新问题,指出国际奥委会的改革实质为组织转型。这次转型对国际奥委会来说是一次由传统进入现代的质的飞跃。

### 2.1.2 关于北京奥运会的研究

由于2008年北京奥运会在我国的举办,因此对其研究较伦敦奥运会多。研究者从国家形象、奥运精神遗产、对中国精神文明建设的影响多个角度探析北京奥运会对中国的影响。

北京奥运会不仅是体育的盛会而且是一场文化的盛宴。清华大学戚学民、仇军教授<sup>[3]</sup>在讨论北京奥运会主题与奥林匹克文化渊源的基础上,分析北京奥运会对中华文明的整体走向的影响,认为北京奥运会的举办,为中华文明提供了展示自己魅力的舞台,也是伟大文明被世界认可的机会。北京奥运会的成功举办留下了丰富的精神文化遗产,赵溢洋、刘一民<sup>[4]</sup>借鉴帕森斯的AGIL模型及社会资源文化载体论证了如何弘扬北京奥运遗产。为我们更好地保护与弘扬大型体育

文化提供思路。

北京奥运会的成功举办离不开那些活跃在各个场馆的志愿者,他们功不可没。这些志愿者大多为各个高校的在校学生。方千华等<sup>[5]</sup>从奥林匹克与高等教育互动发展出发在对北京市参与奥运服务的20所高校进行调查的基础上,对打造中国特色的合作模式状况进行深入分析、总结,为现代奥林匹克运动提供借鉴,为未来奥运会组织管理提供参考依据。

北京奥运会在国内的宣传报道如火如荼的进行时时,西方国家也开始关注北京奥运会,并增加了对中国的报道。郭晴等<sup>[6]</sup>学者通过对比纽约时报和泰晤士报2008年的涉华报道,指出了北京奥运背景下,西方媒体对中国极端的国家形象有了部分修正,但偏见依然存在。如今北京奥运会已然结束,我国应如何塑造自己的形象,如何打破西方国家对我国的偏见值得我们去探究。

### 2.1.3 关于伦敦奥运会的研究

2012年伦敦奥运会的成功举办后又迎来一次对伦敦奥运会的研究热潮,2013年刊载了两篇关于伦敦奥运会的相关问题研究,分别从英国体育政策和奥运会王室仪式政治角度探析伦敦奥运会。《以奥运战略引领大众体育发展的实践与启示——基于伦敦奥运会英国体育政策的思考》一文<sup>[7]</sup>中研究指出英国伦敦奥运会大众体育政策成功地激发了英国大众体育的发展,群众的体育参与度持续增加,草根体育得到发展,年轻人参与体育运动多起来。北京奥运会后我国掀起大众体育的热潮,我们应借鉴其成功经验改革体育管理体制和运行机制,以竞技体育引领群众体育的发展,加快竞技体育与学校体育、学校体育与社区体育的互动发展,从而真正的做到全民健身。

骆正林<sup>[8]</sup>转换传统思维,从国家软实力、媒介事件等理论出发,对媒体关于伦敦奥运会的报道进行内容、案例分析、对比研究,探讨英国王室活动的原因及仪式功能。指出英国王室——英国的“非物质文化遗产”成功利用伦敦奥运会进行文化展示,充分挖掘了媒介事件的功能,也向世界各国展示了英国的国家软实力,最大程度地赢得了世界人民的尊重。对我们今后借助举办赛事要注重挖掘民族文化特色,通过文化多样性传递国家文化软实力,同时要注重非物质文化遗

产的保护。

#### 2.1.4 奥林匹克学研究

2010年熊斗寅<sup>[9]</sup>对建立奥林匹克学进行研究,对建立奥林匹克学的条件及可行性进行分析论证,认为建立奥林匹克学的条件已基本成熟,同时提出对于如何建立奥林匹克学提出了建议。

整体来看关于奥运会的研究从学科建设、奥运会的性质、改革,进行剖析为我们更好的理解奥运精神,传承奥运文明提供理论知识。学者们对北京奥运会的研究主要谈其对中国的影响及如何传承北京奥运会给中国带来的文明。对于奥运会的研究更多是从精神层面对其进行剖析,然而对于构筑成功奥运会背后的幕后工作者、整体奥运呈现的文化等方面缺少研究。对于伦敦奥运会的研究视角对较新颖,从仪式政治角度探寻新的发现。两届伦敦奥运会的成功举办各有特色,学者尚未展开对于二者的比较研究,伦敦奥运会的成功举办对我国有什么可以借鉴也值得我们去探讨。奥运会的成功举办为大型运动会的举办、举办国(城市)的文化宣传、体育文化的传承具有重要借鉴,学者们对奥运会的关注在一定程度上有助于奥运体育更好的发展。

## 2.2 群众体育研究

对群众体育的研究主要集中在对其发展现状、性质、供给机制进行探讨。对与群众生活息息相关的体育公告服务体系研究、城市化与市民体育的兴起成为学者们关心的问题。研究认为群众体育多元化的需求使其供给方式相应的多元化。

### 2.2.1 体育公共服务体系建设

党的十六大以来我国政府明确提出把构建公共服务体系作为新时期建设服务型政府的一项基本任务。研究者对公共服务体系的关注日渐增多。研究者从历史演变到构建理论体系、资源开发利用、资源配置、建设理论模型等方面对我国体育公共服务体系进行研究。

#### 2.2.1.1 发展模式及发展水平

研究者通过对不同群体体育公共服务现状进行分析,就我国体育公共服务存在的问题提出相应建议。

周爱光在对公共服务理论的诸多观点进行归纳分析,界定了体育公共服务概念的本质内涵,并将公

共服务体系分为四种不同类型,深入探讨政府在不同体育公共服务体系中的地位和作用。指出体育公共服务是通过提供各种体育产品满足公民需要的公共服务。

通过对我国体育公共服务体系现状进行分析,对比国外发达国家先进体育公共服务建设。研究者提出借鉴一些发达国家先进体育公共服务的先进理念与管理经验,建议构建以“政府主导、社会参与、适度竞争、监管有力”的供给主体多元发展模式提供体育公共服务,满足广大人们群众日益增长的体育公共需求,促进和谐的社会主义社会的建设。

理论研究填补了体育公共服务的发展方向,只有了解当前的发展现状,才能更好地将理论与实际结合,完善体育公共服务。为了解当前的发展状况,王小娟等<sup>[10]</sup>在对浙、苏、湘、皖、川、陕6省部分农村进行问卷、访问调查的基础上对新农村公共体育服务多元化形式进行实证研究。提出新农村多元体育服务发展现状的非均衡特点,因此要因地制宜,区别对待,建立和完善新农村体育公共服务体系,构建适合农村非均衡发展现状的多元体育公共服务模式。发展形式要从农村实际情况出发紧密地与当地农民文化娱乐活动、农村学校体育教育、新农村医疗制度、村镇企业职工体育相结合,真正实现多元发展。

#### 2.2.1.2 体育公共服务均等化及评价体系研究

体育公共服务的迅速发展,学者们从不同角度探索其发展道路、未来的发展方向。张丽等<sup>[11]</sup>对我国体育公共服务均等化现状进行调查分析的基础上对其发展提出转变观念、加大投入、完善机制等建议。刘玉<sup>[12]</sup>通过对改革开放30年我国体育公共服务供给模式转型与现实选择进行研究,指出我国体育发展逐渐由基本没有公共服务职能,到逐步实现了“发展导向—效率优先”向“进步导向—均等共享”转型。推进体育公共服务均等化,已经成为未来体育治理的战略目标。随着体育公共服务的发展,其评价体系研究进入研究者视角。王凯等<sup>[13]</sup>学者从公共服务视域探讨政府体育工作绩效提出了“异体评估”的新型评估体系。对改革政府体育公共服务评估体系提供了新思路。

朱梅新等<sup>[14]</sup>在总结前人对体育公共服务均等化研究的基础上,选取一系列反映体育公共服务水平的典

型性指标于2009年对全国31个省(或直辖市自治区)体育公共服务水平进行评价,研究认为体育公共服务的城乡差异是实现体育公共服务均等化的主要障碍,体育场馆设施服务是影响体育公共服务均等化的主要因素,体育公共服务水平存在较大差距。

在关注体育公共服务均等化的同时,社会弱势群体也进入学者们的研究视角,在调查分析弱势群体体育公共服务的需求及供给现状,并探索了残疾人体育公共服务体系发展的影响路径。

从总体上看研究者立足与不同的角度分别对我国体育公共服务发展的模式、现实选择、现状及未来发展进行探讨,提出了我国公共体育服务水平目前存在着城乡显著差异,尤其突出的是体育场馆设施服务;体育公共服务资源分布不均,利用不充分。针对目前状况学者提出体育公共服务供给主体多元发展模式,坚持效率优先,集中精力不断完善体育公共服务体系,满足广大人们群众日益增长的体育公共需求,走均等共享的发展道路。体育公共服务的发展方向、道路是学者最关心的问题,但是们提出的建议大多是方向性的,没有给出具体如何操作、实施方案,可行性分析。当明确了发展方向后,如何发展成为最为关键的问题,此方面的研究应加强。对于现状研究逐渐开始大范围关注,现状研究仅仅只是对现状的描述、分析,对分析结果没有进行更进一步的深入探讨。现状的结果对于我们有何反思?对今后的发展有何意义应该更值得我们关注。

### 2.3.1 城市化与市民体育的兴起

改革开放后,城乡发展的差距,使城乡一体化日益受到重视。骆秉全等<sup>[15]</sup>就城乡体育发展一体化基本内涵进行了系统研究和探讨,提出了用多指标综合分析方法测度城乡体育发展一体化的思路,并以北京为案例对首都城乡体育发展进行实证分析,提出了缩小城乡差距,促进体育发展一体化的措施。

市民体育方面学者就对经常参加体育锻炼的人口发展、中国城市女性体育参与、体育锻炼中的分层现象、区域体育差异等进行研究。比较突出的有熊欢<sup>[16]</sup>抓住改革开放以来,城市女性在体育参与及休闲运动的参与中出现的分层现象,以社会分层理论和体育女性主义理论为指导,分析不同阶层女性参与体育运动

行为及观念。得出不同群体妇女参与体育运动的机会和制约不同,受社会及个人因素的制约,她们并不能完全地、平等地获取城市体育发展的成果。区域体育差异主要是对中、西部地区、农村、村落、社区、城乡等不同区域群众的体育参与现状、影响因素进行分析。研究表明,我国居民体育锻炼参与情况和我国社会经济水平的区域趋势相似,具有明显的东、中、西部区域差异,东部地区居民体育锻炼的总体情况好于中、西部地区,沿海区域高于内陆区域。居民参加体育锻炼具有的东、中、西部区域差异主要体现在体育锻炼的质量、消费水平、锻炼中断等方面<sup>[15]</sup>。

关于全民健身服务体系研究者从内涵、特征、结构、任务、功能、目标六个方面对多元化全民健身服务体系理论进行总结,并结合北京市进行了现实考证,进一步丰富和完善了我国全民健身服务体系理论框架,为进行实践提供理论指导。

### 2.2.3 残疾人体育参与

残疾人体育的研究相对较少,仅有4篇。张军献等<sup>[17]</sup>从竞争性或非竞争性角度出发对残疾人参与体育运动的性质进行再认识,提出残疾人体育本质属性的回归,展望未来残疾人体育融合、参与是发展趋势,区域化是发展路径,但竞争性难以避免。另一些研究者逐渐从社会、人文角度关怀残疾人体育的发展。对残疾人体育参与及可持续发展、残疾人事业与体育的互动发展进行研究。

## 2.3 体育发展政策

体育发展问题始终是学者们讨论较热烈的问题,对于体育的政策方面主要对中国特色体育发展道路进行探讨。田雨普<sup>[18]</sup>对体育大国向体育强国发展的基本进程进行了分析判断,并从战略层面提出了加快发展的对策建议。

对于竞技体育与群众体育发展的侧重点方面,研究者以群众体育和竞技体育的发展为主线,分阶段回顾了新中国体育发展战略重点调整的历程。指出新中国体育发展战略重点调整始终在普及与提高相结合的要求下进行;在新中国成立的特殊时期,振兴中华的国家和民族取向,促进了对竞技体育的有所侧重;形成了竞技体育与群众体育的明显落差。对“后奥运时期”正确处理群众体育与竞技体育发展的关系提出

了建议。

从经济学角度杨越通过揭示当前我国人口结构即将面临的重大转变——“人口红利窗口期即将关闭”的经济社会特征,提出了未来我国实现“体育、健康、人口、经济增长四位一体协调发展”的理论体系,并在实证研究的基础上,进一步提出了体育事业为我国人口发展和经济增长做出新贡献的战略选择<sup>[9]</sup>。

体育与国家政策,是否是体育政治化,究其原因又是什么,为回答这些问题,刘桂海对体育政治化深层机理进行研究。初步认为导致体育政治化的原因包括多种因素,体育影响力是体育政治化的基石;国家利益“体育式寻租”是体育政治化的根本原因;体育组织结构是体育政治化的动力。

除对相关政策研究外,学者们还对目前体育社会科学存在的基本认识问题的判断,结合研究案例,进行分析,讨论概念、通则和理论等在体育社会科学认识活动中的若干价值。对于社会学热点问题也进行讨论。

### 3 结论

#### 3.1 研究方法

从体育社会学的文章来看研究方法以文献分析法、问卷调查法、数理统计法为主,研究方法单一。但是有的学者逐渐开始关注实践调查、实证研究,体育社会学的研究不仅仅是理论上的泛泛而谈,理论源于实践,更高于实践,要更好地研究体育社会学需要学者进行深入的实证的调查研究而非总结前人的文献,社会在发展,人们的社会活动也在发展,这需要学者有勇于探索的精神、敏锐的视角及时捕捉社会中的问题。

#### 3.2 研究内容主题

体育科学体育社会学的研究内容关注依次为大众体育、国家体育政策及奥运会相关研究。大众体育中对大众体育公共服务的需求与供给、体育人口、体育参与现状及影响因素分析为多,对弱势群体如老年人、残疾人、留守儿童、特殊人群(如罪犯)等的研究较少,虽然残疾人体育逐渐进入了研究者的视野,但是从社会学、文化学角度的研究较少,对残疾人的关

怀有待进一步研究。

随着城市化进程加快,对于城乡一体化进程中产生的问题需要研究者进一步深入研究。目前我国社会难以满足群众对健身的多元需求,体育的发展政策是学者们讨论较热烈的问题,对于如何提高我国大众体育研究较少,多数研究只是提出理论上的大概建议,没有进行深入实践验证,可操作性不强。研究范围以划地研究为多,全国性的研究、国内外的对比研究甚少。国外发达国家大众体育发展的很多经验我们可以借鉴,对之加以改造,以更好地促进我国体育的发展。对于奥运会的研究受奥运会的举办的影响,主要集中于对奥运会举办国的经济、文化发展、奥运志愿者进行研究。

综上所述,目前体育科学中体育社会学的研究中,大多是基于我国体育发展现状、影响因素、发展方向及道路的描述性研究,实用性的研究较少。研究的内容的具有时代性,随着社会的发展研究内容也相应地随即产生变化,研究者应该瞄准社会前沿变化,及时捕捉社会的种种变化与体育的关系。

#### 参考文献:

- [1] 李金龙,张志学,赵杰.奥林匹克运动的政治化与非政治化特征及其成因[J].体育科学,2008(11):78-81.
- [2] 任海.论国际奥委会的改革[J].体育科学,2008,28(7):3-25.
- [3] 戚学民,仇军.论北京奥运会对中国精神文明建设的影响[J].体育科学,2008,28(6):3-15.
- [4] 赵溢洋,刘一民.论北京奥运精神遗产的 AGIL 模型与文化载体的利用[J].体育科学,2009,29(8):20-25.
- [5] 方千华,翁兴和,汪焱.现代奥林匹克与高等教育互动发展的实证研究:基于北京高校参与奥运的调查与启示[J].体育科学,2010,30(2):55-63.
- [6] 郭晴,王宏江,余婷婷,等.北京奥运背景下的中国国家形象研究[J].体育科学,2009,29(8):3-11.
- [7] 王磊,司虎克,张业安.以奥运战略引领大众体育发展的实践与启示:基于伦敦奥运会英国体育政策的思考[J].体育科学,2013,33(6):23-30.
- [8] 骆正林.奥运会期间英国王室的仪式政治[J].体育科学,2013,33(6):31-38.
- [9] 熊斗寅.关于建立奥林匹克学的思考[J].体育科学,2012,30(1):74-79.

- [10] 王小娟,郁俊,罗华敏,等.新农村多元化公共体育服务形式实证研究[J].体育科学,2012,32(2):69-80.
- [11] 张丽,陈雪梅,王琦,等.集体形式和社会环境对 SNARC 效应的影响[J].心理学报,2012, 10:1309-1317.
- [12] 刘玉.改革开放 30 年我国体育公共服务供给模式转型与现实选择[J].体育科学,2013,33(2):11-21.
- [13] 王凯,殷宝林,王正伦等.公共服务视域政府体育工作绩效“异体评估”研究[J].体育科学,2011,31(9):34-40.
- [14] 朱梅新,熊飞.体育公共服务均等化的综合评价[J].体育科学研究,2012(5):11-16.
- [15] 骆秉全,郑飞.首都城乡体育发展一体化指标体系与实证研究[J].体育科学 2010,30(11):24-33.
- [16] 熊欢.中国城市女性体育参与分层现象的质性研究[J].体育科学,2012,32(2):28-38.
- [17] 张军献,虞重干.竞争性与非竞争性:残疾人参与体育运动的思考[J].体育科学,2008,28(4):57-64.
- [18] 田雨普,杨印川.20 世纪末我国群众体育的发展趋势与对策[J].哈尔滨体育学院学报,1999(3):1-8.
- [19] 刘桂海.体育政治化深层机理研究[J].体育科学,2012,32(8):66-72.

(责任编辑:叶丽娜)

## Analysis on Sports Science PE Sociology of Research Hot Spot in 2008-2013

YE Xuhong, SU Ying

(Sports Science Institute , Fujian Normal University, Fuzhou, Fujian 350108)

**Abstract:** Sport Science “ Sociology of Sport nearly five papers were analyzed, the researchers believe that the past five years, the paper published in sports sociology, Summarize discovery “*Sport Science*” focuses on the Olympic sports sociology, mass sports, sports public services. Research mostly descriptive study of the status of China’s sports development, and less practical research. Research Methods in literature, questionnaire, mathematical statistics based.

**Key words:** sociology; physical; public service

# 新建本科院校《数值分析》实验教学的问题与思考

王学彬

(武夷学院 数学与计算机学院, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**以武夷学院数学类专业为例,回顾了自2007年招收第一届本科生以来数值分析课程的教学过程,阐明实验教学在该类院校数值分析课程教学中的重要性,并指出普遍存在的评价体系、教学方法、教学内容等方面的共性问题。最后从大纲的编写,教材的选择,实验平台的构建,与其它教学环节相结合及第二课堂的开展等五个可操作层面上提出解决问题的一些思路。

**关键词:**新建本科院校;《数值分析》;实验教学

**中图分类号:** O241-45      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-2109(2015)12-0095-04

## 1 新建本科院校数值分析课程实验教学的重要性

### 1.1 数值分析的课程性质决定了实验教学的重要性

新建本科院校中,数学类专业均开设数值分析课程,且均为专业核心课,为主要课程,其主要研究用计算机求解各种数学问题的数值计算方法及其理论与软件实现<sup>[1]</sup>。《数值分析》课程的核心内容是研究用计算机求解数学问题的各种数值计算方法,利用数学基础理论知识对各类算法的收敛性和数值稳定性进行分析,是围绕所设计的数值计算方法这个核心展开的<sup>[2]</sup>。鉴于此,如果只谈“数值计算方法的理论”,而忽略了其“软件实现”既实验教学,实际上等于只完成了一半工作。

实验教学是数值分析有别于其它大多数数学专

业课的地方,主要目的是培养学生的实践和编程能力,将课堂上学到的数值分析方法理论应用到具体的实例中。学生可在计算过程中消化课堂上学习的收敛性、稳定性等不易理解的知识点,而且实验教学与课堂教学的结合也是一种初级科研过程,可以让学生初步感受到科研的乐趣<sup>[3]</sup>。

### 1.2 加强实验教学是培养应用型人才的需要

陈小虎<sup>[4]</sup>指出“新建本科院校应大胆地进行培养方案改革,建立以实际能力需要,从而以实践教学体系为核心主导的、理论教学体系以满足实践教学能力本位需要的新型人才培养方案指导原则”。可见,地方新建本科院校要在人才培养目标上,突出岗位型、应用型人才的培养,突出为地方经济建设和社会发展对各类人才的需求,需要这样以实践教学体系为核心主导的新型人才培养方案,而加强实验教学成为实践教学体系中必不可少的教学环节。

## 2 新建本科院校数值分析课程实验教学中普遍存在的问题

潘懋元<sup>[5]</sup>按原来的专科层次基础,将新建本科院校分为三类:(1)在升本以前,大多数是师专(多数已设非师专业或与非师学校合并);(2)一部分是高职(以财经、工科为主);(3)少量是成人高校转制。从专

收稿日期:2015-06-01

基金项目:福建省本科高校教育教学改革研究项目(JAS151344);福建省本科高校教育教学改革研究项目(JAS14777);武夷学院质量工程项目“数值分析重点课程建设”(Jgzk201019);武夷学院青年教师专项科研基金(xq201022)。

作者简介:王学彬(1976-),男,汉族,副教授,主要从事分数阶微积分、偏微分方程数值解研究。

科到本科,不仅学校的办学定位等顶层设计需要转变,具体到每门课程,都需要有新的定位,而这种定位既不能简单继承、保留原有专科模式,也不能生搬硬套地模仿老本科学校的传统。所以很多课程的教学在从专科到本科的过渡阶段往往都会面临不少问题。

从学生方面看,新建本科院校学生基础知识不够扎实,学习的主动性不强,钻研能力较弱,学生容易厌学,结果是导致实验报告重复,互相抄袭的现象较严重。一次实验报告全班五六十人只有几个版本,造成老师难以评价实验结果,打实验成绩时的无奈。这就对实验教学的评价体系乃至教学本身提出了更高的要求。

从师资方面看,新建本科院校缺乏学科带头人,对教师的培养特别是年轻教师的培养缺乏传帮带的过程,大部分新进教师从学校毕业直接进入讲台,教学能力急需加强,而有些老教师教育观念停留在升本前的专科教育模式,习惯于黑板上演绎数学公式,而对实验教学不够重视。

从实验教学本身来看,实验教学内容、实验时间安排上的不合理,也对师生教学造成困扰。时间安排上,有些实验室管理人员为了方便,将数值分析课程的实验集中挤压在学期末的最后阶段,据我们的经验,对与新建本科院校的学生而言,不是很合适。因为学生本身学习不够主动,在相对集中的时间内既要学软件,又要复习之前学过的数值方法,没给学生学习充分的吸收、消化、缓冲知识的时间,再者期末本身学习任务重,所以实验报告抄袭的现象也就可以理解了。

就教学内容来说,选择合适的实验项目,对于选定的实验项目,考虑实验类型,是综合性、设计性、还是验证性?这些都是在教学过程中应该花大力气研究的。而新建本科院校中普遍存在模仿老本科的办法,把老本科的教学大纲、考核大纲、实验大纲作简单的加减法就得到了自己的大纲,未能根据学生的具体情况,因材施教,实际执行起来会有很多问题。比如:课程内容太多,老师赶进度,教学内容偏难,学生吃力,失去学习动力等等。

### 3 新建本科院校数值分析课程实验教学的思路

鉴于数值分析课程中实验教学的重要性,针对其

具体执行中的一些问题,武夷学院数学与应用数学专业和信息与计算科学专业均开设该课程,从第一届本科生(2007级)开始,我们就在实践中探索数值分析课程中实验教学的方法,下面是一些思路:

#### 3.1 重视大纲的编写,认真制定教学计划

新建本科院校培养应用型人才,人才培养方案是重中之重,而对培养方案起支撑作用的是各门课程在教学运行中的纲领性文件,如:教学大纲、考试大纲、实验大纲等。每当课程结束后,课程组成员都会集中在一起,对课时分配、教学内容、评价方式、实验教学比例,实验项目安排时间等问题逐一探究,试图找到可完善的空间,在此基础上,完成对大纲的修订。最后,通过系教学指导委员会讨论通过,确定使用。每年开课前,课程组成员都要根据之前制定的大纲,一起讨论本课程的教学计划,合理安排实验教学,不与理论教学脱节,做到理论与实验相互验证,相互支撑,浑然天成。目前,我校信息与计算科学专业数值分析课程安排理论教学60学时,实验教学12学时,共6个实验项目。课程结束后,学生基本可以掌握MATLAB软件的初级使用,而且对理论教学内容也掌握的更好。

#### 3.2 根据教学大纲选择合适的教材

目前市面上数值分析教材百花齐放,理论性太强,推导太多的教材,学生不容易接受,不适用于新建本科院校数学类专业使用。宜选用侧重讲解思路,数学推导弱化,讲解详细,实例较多的教材。基于我们对《数值分析》课程的认识和多年来的教学经验,我们一直在探索编写一本能适用于新建本科院校数学专业的教材,目前尚在努力中。我们还根据实验大纲编写了实验指导书。对每个实验项目的目的、意义、性质、方法及实验所涉及的软件(MATLAB)都作了详细说明,方便学生预习及实验时使用。

#### 3.3 以 MATLAB 为平台进行实验教学

MATLAB(MATrix LABoratory)自20世纪80年代初问世以来,历经30年的实践检验、市场筛选和时间凝练,已成为科学研究、工程技术等众多领域最可信赖的科学计算环境和标准仿真平台,成为高等教学必须传授的学习和计算软件,成为学术演讲、交流中实验数据和曲线图形的来源<sup>[6]</sup>。基于MATLAB的这些优势,我们一直选用MATLAB软件作为平台进行实验教

学,也与本专业开设的其它先验和后继课程(如:数学建模等课程)保持着较好的承上启下的关系。

在实验教学中我们也注重总结使用 MATLAB,以及基于 MATLAB 解决一些数值问题的体会、经验,考虑了 MATLAB 中在迭代法解线性方程组应用<sup>[7-10]</sup>,求解常微分方程和微积分中的一些问题,并对结果进行比较、分析、讨论,与理论教学部分互相验证,进行可供学生在预习时使用,启发他们的思考。比如,王学彬<sup>[7]</sup>分别基于 MATLAB 利用雅可比迭代法,高斯-塞德尔迭代法,逐次超松弛迭代法解同一线性方程组,并列下表对比三种迭代法解线性方程组的收敛速度。

表 1 三种迭代方法的收敛速度比较

	$n$	$m$
雅可比迭代法	12	38
高斯-塞德尔迭代法	7	21
逐次超松弛迭代法	2	11

表 1 中, $n$  为迭代过程中使方程的根不再有大致的振荡,而是逐渐趋于平稳,接近收敛值所需的迭代次数, $m$  为迭代法达到要求的精度所需的迭代次数,弛迭代法  $\omega=1.3$  为最佳松弛因子,三种方法的收敛速度差异验证了“高斯-塞德尔迭代法可看作是雅可比迭代法的一种改进,逐次超松弛迭代法是高斯-塞德尔迭代法的一种修正”这一理论结果。而且在逐次超松弛迭代法算例中,取  $\omega=1$  时,结果与高斯-塞德尔迭代法相同,也验证了“当  $\omega=1$  时,逐次超松弛迭代法即为高斯-塞德尔迭代法”这一结论。

下面给出逐次超松弛迭代法主程序:

```
function [x,k]=Zhusor(A,b,x0,w,tol)
    max = 300;
    if(w<=0 || w>=2)
        error;
        return;
    end
    D=diag(diag(A));
    L=-tril(A,-1);
    U=-triu(A,1);
    B=inv(D-L*w)*((1-w)*D+w*U);
    f=w*inv((D-L*w))*b;
```

```
x=B*x0+f;
k=1;
while norm(x-x0)>=tol
    x0=x;
    x =B*x0+f;
    k=k+1;
    if(k>=max)
        disp('迭代超过 300 次,方程组可能不收敛');
        return;
    end
end
```

以上程序就像“规范化”后的算法,可以看出, MATLAB 是一种面向对象的高级语言,具有编程效率高、易学易用、调试容易等优点。

### 3.4 与其它教学环节结合

与其它教学环节相结合,以点带面,盘活整个实践教学体系。下面以毕业论文环节为例,希望起到抛砖引玉之作用。

长期以来,对本科生是否撰写毕业论文,有两种截然不同的态度。一种观点认为“毕业论文是我国本科培养规格和培养质量的表现维度,撰写毕业论文是促进学生个体发展的有效手段,本科毕业论文制度在我国具有强烈的实践特质,取消的最终结果必然导致本科培养质量的进一步下滑”<sup>[11]</sup>,另一种观点认为“高等教育日益大众化,取消本科毕业论文可能是大势所趋。绝大多数高校的师资力量、图书资料和实验设备不能适应本科毕业论文的要求。从现实来看,本科毕业论文质量不高,而且弄虚作假和形式主义倾向严重。在这种情况下,与其让‘掺水’论文泛滥,不如取消本科毕业论文”<sup>[12]</sup>。

而在新建本科院校的许多师生的心目中,更是“心中永远的痛”,各种抱怨不胜枚举。但是,国家教育行政部门又对本科毕业论文工作高度重视,在教育部组织的本科教学工作评估中,毕业论文是必须检查、重点反映的核心指标。从短期来看,取消本科毕业论文是不可能的。

我们认为,毕业论文环节是毕业前对学生最后的综合训练,是实践教学体系中重要的一环,体现学生的综合素质。自 2007 级以来,我们探索毕业论文与课程

结合,每一届都指导几个学生写数值分析方面的论文,以教学中发现的一些问题为出发点,训练学生解决问题的能力。比如2007级本科的一位学生,考虑迭代法解线性方程组,通过查找文献资料,参照连加迭代公式的推导过程,在 Gauss—Seidel 迭代法和逐次超松弛迭代法的基础上分别推导出两个新的迭代公式,并在 Matlab 上对其进行实现,被评为学校当年的优秀本科毕业论文。实践表明,部分学生在完成毕业论文工作的同时,切实体会到初级科研的滋味。

### 3.5 加强第二课堂的开展

对课程的学习,若止于课堂,其深度和广度都必受到限制。我们借力校内外的一些平台,大力倡导学生通过第二课堂活动,加强对数值分析课程的学习。比如教育部的全国数学建模大赛,内蒙古数学会的数学建模网络挑战赛,学校的大学生科技节活动,学院组织的数学建模培训班等等都是搭建第二课堂的好平台。

以学校每年的大学生科技节活动的数学建模大赛为例,每年参加的人数逐年递增,2012年不足200人,2013年210人,2014年230人,而数学专业的学生,占着相当大的比例。我们发现新建本科院校的学生,喜欢这样通过项目驱动的体验式学习,为配合学生的积极性,我校数学与计算机学院每年都会组织几次数学建模培训,学生乐在其中,主动咨询,参加暑期培训班的同学人数众多。通过这样的活动和平台,学生在解决实际问题的过程中,进一步加深对课程的理解,有益于消除部分学生感慨的“所学无用论”,也做到了课

内课外的良好互动。

### 参考文献:

- [1] 李庆扬,王能超,易大义,等.数值分析[M].北京:清华大学出版社,2012:69-71.
- [2] 万中,韩旭里.《数值分析》课程教学的新认识及改革实践[J].数学教育学报,2008,17(2):65-66.
- [3] 赵景军,吴勃英.关于《数值分析》教学的几点探讨[J].大学数学,2005,21(3):28-29.
- [4] 陈小虎.新型应用型本科院校改革发展中的十个困惑与思考[J].中国大学教学,2014(7):11-20.
- [5] 潘懋元.再论新建本科院校的定位、特色与发展[J].荆门职业技术学院学报·教育学刊,2008,23(7):1-4.
- [6] 张志涌.精通 MATLAB R2011a[M].北京:北京航空航天大学出版社,2011.
- [7] 王学彬.基于 Matlab 实现线性方程组的迭代解法[J].武夷学院学报,2014,33(5):6-9.
- [8] 王学彬.基于 Matlab 求解常微分方程 [J].武夷学院学报,2010,29(5):19-22.
- [9] 王学彬.利用 Matlab 求解高等数学中的一些问题[J].武夷学院学报,2009,28(2):15-18.
- [10] 王学彬.利用 Madab 求解导数的一些问题[J].武夷学院学报,2009,28(5):18-19.
- [11] 蒋亦华.我国本科毕业论文制度的阐释与建构[J].现代大学教育,2009(2):101-106.
- [12] 周凯.本科生忙找工作论文质量差,专家建议取消本科毕业论文[N].中国青年报,2004-03-29.

(责任编辑:叶丽娜)

## Study on the Experiment Teaching Problem of Numerical Analysis Course Based in the New Undergraduate College

WANG Xuebin

(School of Mathematics and Computer Science, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** The newly-built university in the process of the pattern transferring, to meet the need of cultivating the applied talents, it is necessary to construct a suitable and characteristic practical teaching system. This specific teaching system can neither follow or keep the mode of the general university simply, nor can imitate the running concept old undergraduate school. We first introduces writer's teaching experiences of Numerical analysis Course since the first undergraduate in 2007, then illustrates the importance of experiment teaching applied in it, as well as the common problems in the aspects of evaluation system, teaching methods, teaching content, finally puts forward some available solutions from the five maneuverable perspectives which are preparation of the outline, selection of teaching materials, construction of experimental platform, the combination of other teaching links and second classroom development.

**Key words:** newly-built university; numerical analysis; experiment teaching

# MOOC 理念在《树木学》理论与实践教学改革中的探讨

何中声, 陈世品, 郑世群, 刘 宝, 林文俊

(福建农林大学 林学院, 福建 福州 350002)

**摘要:**大规模网络开放课程(MOOC)为人们提供一种新的知识获取渠道与学习模式,成为大学生创新意识和个性化能力培养的新途径。通过介绍《树木学》教学改革的标准与要求,以及其在大林学专业课程体系中的地位,提出《树木学》MOOC 课程建设框架与教学示范体系,旨在为《树木学》教学改革提出依据,提升学生该课程的理论实践水平,进一步提升学生创新意识和实践能力。

**关键词:**大规模网络开放课程;《树木学》;教学改革

**中图分类号:**S718.4-42 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2015)12-0099-05

现代网络技术的迅猛发展,学生获取知识的渠道呈现出多元化。慕课即 MOOC (Massive Open Online Courses,大规模网络开放课程)是近年来兴起的一种新型高等教育授课方式<sup>[1]</sup>。MOOC 是以大规模互动参与、借助互联网开放获取资源为目标的在线课程,将数以万计的学习者,在共同学习目标、学习兴趣和知识储备的情况下组织起来<sup>[2]</sup>。MOOC 从根本上改变以往高等教育的课程模式、授课形式与教学管理等流程,为探索新教学模式提供了思路和方法<sup>[3]</sup>。

随着社会对人才质量要求的提高,对大学生创新意识和能力的培养已成为目前高等院校教学改革的重要内容<sup>[4]</sup>。在培养大学生创新能力的众多途径中,实践教学是重要途径之一,是实现高校培养目标的重要教学环节<sup>[5]</sup>。如何有效开展不同教学方式使学生的创新意识和各种能力(认知能力、分析能力和创新能力等)得到培养和锻炼,已经成为目前教学改革中的亟

待解决的重点问题<sup>[6]</sup>。

《树木学》脱胎于植物分类学,北美和欧洲地区将树木的形态、地理分布、生长和适应特性等进行细分和综合,并与林业学科结合,形成了树木学学科<sup>[7]</sup>。《树木学》是林学、生态学、环境学、园艺学与果树学等学科的基础课程,也衍生出园林树木学与经济树木学等分支学科,具有很强的实践应用价值,对相关专业的其他课程学习起着承上启下的作用,学好这门课程对森林种苗培育、造林、园林规划与城市景观建设等课程学习和社会实践具有重要意义。学生在学习本门课程中,对实践课有着较浓的兴趣,但在理论课的学习中存在诸多困难。主要体现在:(1)传统的《树木学》在教学方式上多以教师在课堂上向学生单向传授知识为主,效果不明显;(2)课程内容专业性较强,记忆难度大;(3)与实践联系存在困难,知识掌握不扎实导致树木特征容易混淆等<sup>[8]</sup>。因此,迫切需要对《树木学》传统教学理念、教学内容和教学方法进行改革,通过互动性教学,提高教学效果与教学质量。

收稿日期:2015-09-15

基金项目:福建农林大学本科教学改革研究项目(111415109);福建省高等学校教学改革研究专项(JAS14679);福建农林大学高等教育教学改革立项项目重大项目(111414001);福建农林大学 A 类毕业生启动项目(KXML2008A)。

作者简介:何中声(1985-),男,汉族,讲师,主要从事树木学、生物多样性保护研究。

## 1 MOOC 教学理论与模式研究的现状

MOOC 是代表麻省理工学院开放课件运动之后兴起的又一开放课程资源建设热潮<sup>[9]</sup>。MOOC 沿承了开放共享资源的理念,实现了优质教育资源的全球共

享,是学习方式和方法的突破性创新<sup>[10]</sup>。MOOC 通过名校资源共享,将世界上最优质的教育资源传播到地球各个角落,促进了教育公平与教学资源的多元化。MOOC 课程有两种存在形式,一种是单课程以教师个人组织实施注重知识创造与生成的关联主义学习理论 cMOOC,另一种是商业化运作的以公司与学校合作注重知识重复的行为主义学习理论 xMOOC<sup>[11]</sup>。这两种在线教育方式,可以让不同人群共享优质教育资源,并使得大规模且个性化的学习成为可能。对于高校来讲,这不仅是教育技术的革新,更会带来教育观念、教育体制、教学方式、人才培养过程等方面变化。对于教师而言,从过去“舞台上的智者”逐步转变为“边上的向导”,成为学习的激励者与启发者<sup>[12]</sup>。

MOOC 课程具有较完整的课程结构,与网络主题讨论存在区别;是一种资源和信息均开放且全部通过网络传播的教育形式;是一种广泛参与者的课程,资源丰富;学习者与学习环境是开放与个性化的。MOOC 大规模、多样性、交互性与开放性的主要特征<sup>[13]</sup>,体现在四个方面,一是高校、教师、学生与投入等方面的规模化;二是学习对象、教学形式、课程内容与教育理念等方面的开放性;三是随时随地、主动学习与数据挖掘等方面的网络化;四是课程组织方式、课程内容、学习方式与课程评价等方面的创新性<sup>[11]</sup>。

我国始于 2003 年并在 2011 年的精品开放课程建设与共享工作,称为中国式 MOOC<sup>[14]</sup>。但相关平台建设的深度和利用广度还不够,如网易云课堂、中国大学 MOOC 等,注册人数较少,平台有待完善。刘继斌等以电磁学,张振虹等以心理学课程为例,对 MOOC 项目、OCW 项目与国家精品课程进行了分析与比较<sup>[15-16]</sup>。国家精品课程和 OCW 等开放课件只提供教师授课视频和课件的单向上传,强调“教”的过程,而 MOOC 项目更注重调动学习者“学”的主动性<sup>[16]</sup>。精品课程教学管理系统是目前远程开放教育的主要媒介,仅支持学习者对课程知识单方面访问,对以关联主义学习理论为基础,具有更多交互性的 MOOC 课程模式支持不够充分,有必要对当前学习管理系统框架进行改进<sup>[17]</sup>。MOOC 这种发展迅速的学习模式,从课程资源的整体设置和以学习者为中心鼓励交互学习,给当前的高等教育教学改革带来了重要启示<sup>[15]</sup>。

## 2 《树木学》理论教学与课程教学改革的现状

《树木学》课程的教学目录基于分类学系统,通常选用哈钦松(Hutchinson)系统。系统的安排主要依据进化亲缘关系,如果没有很好的分类学基础知识,会感到树木学的内容庞杂,逻辑性差,专业术语较多,常常使初学者难以掌握<sup>[18]</sup>。因此,除了增加相关知识性和趣味性内容以提高学习兴趣外,要求教学全过程始终贯彻理论联系实际原则。国内外对《树木学》理论教学与课程教学改革主要体现在以下 4 个方面。

### 2.1 教学内容的优化

部分学校通过调整教学大纲,有目的地进行教学,压缩课堂教学学时,实验课学时基本保持不变,并将原来的 1 周课程实习增加到 2 周。调整教学内容,扩大课堂信息,着重介绍树木学的重要性、实用性和特殊性,使学生产生学习兴趣<sup>[19]</sup>。

### 2.2 教学方法和手段的革新

目前《树木学》教学均已运用现代化教学手段,直观教学。随着计算机的普及和教学条件的改善,多媒体教学已成为树木学教学改革提高教学质量的重要手段之一。

### 2.3 加强实践教学环节

通过加强树木园建设力度与利用效率,开放实验室,充分利用教学实习巩固和扩展教学内容,让学生根据所学理论知识鉴定树木,培养学生解决实际问题的能力。

### 2.4 完善教学考核体系

在理论课考核中,为了使考试成绩具有真实性和代表性。首先,实行考教分离制度,授课教师只负责教学,考试由教研组负责从题库抽取试题并负责阅卷工作。其次,试题覆盖面大,形式多样化,难易兼具。实验技能包括熟悉并正确使用实验仪器和正确运用工具书鉴定标本两方面,每次实验都有不贴标签的标本供学生鉴定用,以增强学生动手和使用工具书的能力。

## 3 《树木学》理论与实践教学 MOOC 方案的初步构想

MOOC 教学与传统教学相比,重视交互学习的过

程,强调个性化教学以及多种模式学习提高学生兴趣,在学生体验、教学环境建设与课程组织上均具有独特的优势<sup>[20]</sup>。(1)学生体验上:MOOC 强调以学生为中心,强调学习自主性与创造性,坚持以人为本,特别是实践课与课程实习,让学生对《树木学》学习产生兴趣,将传统的植物特征识记变为让学生积极观察与讨论交流的形式来认识植物种类。(2)教学环境建设上:MOOC 倡导教师与学生积极交流,共同完成和完善课程的学习任务,提高学生自主探索能力和在线学习能力,特别是在野外植物鉴别上充分利用工具书进行鉴定;(3)课程组织上:MOOC 改造了传统课程组织方式,学生在网络上通过视频、PPT 进行课程学习,有了学习后产生的基本观点,然后在课堂上与老师讨论互动,从而有助于加深对《树木学》理论知识体系的理解,形成新的认识。

基于 MOOC 理念的《树木学》课程教学材料组织和构建,建立网络平台完成 MOOC 资源的开放利用,初步形成基于多种操作系统(OS)的应用软件(APP),让学习变得更加便利与直观。《树木学》MOOC 将学习内容的大部分环节移出课堂,同时将课堂讲授变为课堂讨论,翻转传统课堂教学的模式,能真正地帮助学习者加深对《树木学》理论知识的理解,训练自主学习能力和提高树木学理论与实践结合的教学效果,最终实现课程培养目标。MOOC 的教学理念和模式为传统的《树木学》教学改革与创新提供一个新思路,因此,基于 MOOC 的理念和技术,从资源建设、技术体系建设和课程组织三个维度对《树木学》的理论教学与实践教学进行改革,以引导式与启发式教学为核心,实现自我教育为目的的教学模式更有利于现代教学体系的建立,满足学生全面发展的需求,进一步提升学生创新意识和实践能力。

### 3.1 总体框架与预期目标

福建农林大学《树木学》课程在多年树木学教学积累与网络平台构建的基础上,提出《树木学》MOOC 的知识结构和技术框架,建立 MOOC 网络平台(图 1)。

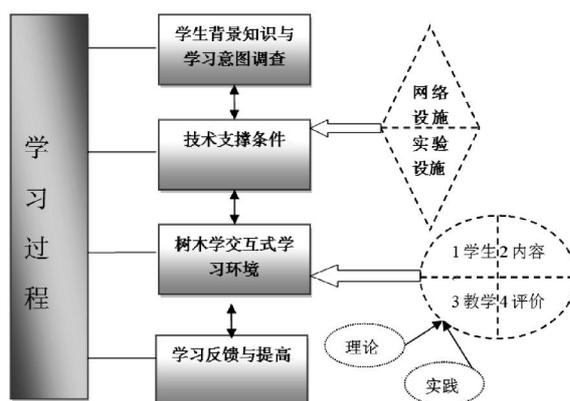


图 1 《树木学》MOOC 教学的工作框架设计

MOOC 平台通过把树木学课程的教学内容分解为 200 个左右的知识点,分别编写 MOOC 资源脚本,录制形成资源库,建成由教师音视频、课件内容、课件内容索引三部分构成的三分屏网络平台。开发互动后台,将交流、指导、问答、提交作业、考试、批改等环节集成在网络平台。

根据学生背景知识与学习意图,通过改革课件制作、课堂讲解与课后作业布置形式的改善,充分利用网络课堂,将课件与课程教学视频进行网络共享,进一步改革课堂教学,培养学生对《树木学》学习的兴趣。在实验教学中培养学生创新意识,采用自主性实验教学,使学生被动学习转变为主动实践,提高学生对树木的认知程度,激发学生的学习兴趣,为野外实习奠定基础。

技术支撑条件上,通过树木电子标本馆和网络 MOOC 教学的高效利用,提高树木电子标本馆的实验效率与方法,利用 MOOC 视频教程,提高了识别植物种类的准确性和时效。根据树木电子标本库和园林植物检索系统可以有效解决使用标本和标本室的繁琐问题,提升学生自学能力。

交互学习上,在野外实习教学中,培养学生创新能力:①通过制定合理的实习方案,让学生分专题实习,实地观察,调查及室内分析完成研究报告。②实习报告形式多样化,提高了分析问题和解决问题的能力,提高学生科技写作能力。③实践教学与科研相结合,利用校内和校外实习实践基地进行科研探索,提升学生科研能力。

学习反馈与提高上,通过传统课程考核与网络评价,使考试成绩具有真实性和代表性。理论课考核实

行考教分离制度,重点考察学生对理论知识的理解与掌握,考试内容更加开放化,注重学生对知识灵活运用能力。实验与实习考核学生正确使用实验仪器和正确运用工具书鉴定标本两方面,通过探索性实验与野外实践重点考察学生对理论知识的熟悉程度与融会贯通能力。网络评价可以通过随机抽取树木电子标本馆中植物标本进行随机考核,并可采用学生互评等方式提高学习者参与性与积极性,使学生从被动的被评价者到积极的评价者,营造共同学习的良好气氛。

### 3.2 《树木学》MOOC 教学示范平台

通过构建《树木学》MOOC 教学示范平台,以木兰科为例(图 2),从技术平台构建、教学体系构建、资源制作与指南编写进行资源整合,规范与实施。

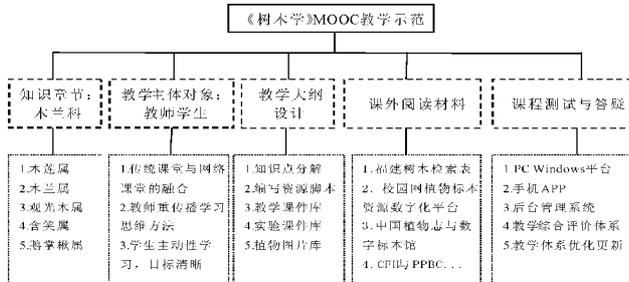


图 2 《树木学》MOOC 教学示范

#### 3.2.1 MOOC 技术平台构建

初步开发支持多系统和设备的网络授课平台,尽量采用第三方产品,实现为客户端提供远程教育和培训的功能,使学习网络化、云端化。基于福建农林大学校园网络平台,通过上传《树木学》MOOC 资源数据库,将整个平台开发成基于 PC Windows 和手机 Android 系统的 APP。

#### 3.2.2 基于新模式的《树木学》MOOC 教学体系构建

在 MOOC 教学方式下,探讨《树木学》的新教学理念、教学目标、教学方法、教学模式、学习方法、考核方式等,修订教学大纲,重新编写教学计划,形成一套新的教学体系。

#### 3.2.3 《树木学》MOOC 资源制作

把树木学课程的教学内容分解为 200 个左右的知识点,分别录制视频,并将教学内容知识点进行分解,编写教学课件库、实验课件库与植物图片库并上传供学生学习。同时,教师通过上传与教学内容有关的课外阅读材料,如论文、电子书籍与野外图库,让学生可以在线学习并能足不出户也能掌握野外植物资

源种类。

#### 3.2.4 MOOC 构建指南编写

依据“课程选题→课程规划→知识点设计→课程设计→课程拍摄→后期制作→辅助资料→宣传→课程上线”的步骤来进行 MOOC 构建指南的编写。

网络平台的构建是《树木学》MOOC 课程实现的技术基础。对《树木学》课程总体教学体系进行新模式下的重新认识和解读,编写总体框架用于指导 MOOC 资源的创建。通过系统试错、反馈、修改、再试错、再反馈、再修改的模式不断完善技术系统和 MOOC 资源创建的理念和方法。

## 4 结论

MOOC 教学理念引发大学传统学习形态的根本性改变和社会个体学习方式的重大变迁,不仅给教育技术手段,而且给教育观念、体制方式和人才培养过程等多方面带来强烈挑战和深刻影响<sup>[21]</sup>。MOOC 以学习者为中心的课程设计理念,基于知识块的视频资源建设,界面友好的交互平台,效果良好的教学新模式,自主学习与交互学习并存的学习环境,是对我国高等教育课程教学改革的很好的启示<sup>[15]</sup>。MOOC 的出现改变了传统教学手段,由“以教师为中心的教育”转变为“以学生为中心的教育”。因此,相应的教育管理模式如教学计划管理、教学组织管理与教学质量管理等都会发生相应的变化<sup>[22]</sup>。

MOOC 课程实施只有让学生从课程中收获到知识与能力,该课程的教学质量与认可度才会提高<sup>[23]</sup>。MOOC 课程在实施过程也存在一定不足,如何使学生能够坚持完成全部的教学内容及课程的项目实践部分,从而保证学习的质量和完整<sup>[24]</sup>。如何在超大规模的前提下提高学习质量,确定学习完成率与学习成果,如何评价分析了该课程改革设计后的教学效果等等,都将是 MOOC 课程开设过程中需要关心的问题,这也是《树木学》MOOC 课程应重点解决的问题。

《树木学》MOOC 课程通过实现传统课堂与网络学堂的融合,在完成所有知识点 MOOC 教学资源构建后在林学专业进行示范,之后在生态学、水土保持与荒漠化防治、森林保护学、自然地理与资源环境等专

业进行推广,根据各专业性质不同侧重点可以适当调整,还可以在《园林树木学》、《植物学》、《植物分类学》等课程中进行推广与应用,并可以作为通识课程进行推广,主要受益学生将是农林类相关专业学生,并提高学生兴趣与创新能力。同时,该课程也可以作为科普视频为广大林业工作者服务,在线开展树木植物识别和利用等方面的教育和技术培训,提升林业工作者的业务水平和工作能力,从而实现优质资源的共享,提升高等院校的社会服务功能,进而成功构建学习型社会。

### 参考文献:

- [1] Pappano L. The Year of the MOOC[J]. The New York Times, 2012,2(12): 2012.
- [2] 张振虹,刘文,韩智.从 OCW 课堂到 MOOC 学堂,学习本源的回归[J].现代远程教育研究,2013,3(1):2012.
- [3] 尚俊杰.教育流程再造:MOOC 之于高等教育改革[A].北京论坛.高等教育的全球参与和知识共享[C].北京:北京大学出版社,2013,240-252.
- [4] 万思志.探索大学生创新性实验计划实施路径[J].中国高等教育,2010(11):42-43.
- [5] 姚聪莉,任保平.国外高校创新人才的培养及对中国的启示[J].中国大学教学,2008(9):91-94.
- [6] 潘健,叶书有,夏日红.《树木学》实践教学对大学生创新意识与能力培养的探讨[J].黄山学院学报,2012,14(5):127-130.
- [7] Steiner K C, Kunsman J R. Dendrology education in the United States[J]. Journal of Forestry, 1979, 77(5): 289-291.
- [8] 王雪娟,张远兵.关于《园林树木学》理论课教学改革探讨[J].安徽科技学院学报,2011,25(3):60-62.
- [9] Kellogg S. Online learning: How to make a MOOC[J]. Nature, 2013, 499(7458): 369-371.
- [10] 王颖,张金磊,张宝辉.大规模网络开放课程(MOOC)典型项目特征分析及启示[J].远程教育杂志,2013(4):67-75.
- [11] 郝丹.国内 MOOC 研究现状的文献分析[J].中国远程教育, 2013(21):42-50.
- [12] 陈肖庚,王顶明.MOOC 的发展历程与主要特征分析[J].现代教育技术,2013,23(11):5-10.
- [13] 王鹏,边琦,肖凤艳,等.MOOC 背景下教学资源建设的发展方向:基于对国家精品开放课程工作的回顾[J].现代教育技术,2014,24(4):82-87.
- [14] 刘继斌,赵晓宇,黄纪军,等.MOOC 对我国大学课程教学改革的启示[J].高等教育研究学报,2013,36(4):7-9.
- [15] 张振虹,刘文,韩智.从 OCW 课堂到 MOOC 学堂,学习本源的回归[J].现代远程教育研究,2013,3(1):2012.
- [16] 李华,龚艺,纪娟,等.面向 MOOC 的学习管理系统框架设计[J].现代远程教育研究,2013(3):28-33.
- [17] 康永祥,李登武,李景侠,等.林学专业树木学课程教学体系改革[J].安徽农业科学,2012,40(29):14556-14558.
- [18] 李景侠,张文辉,赵建民.树木学课程教学改革的研究与实践[J].中国林业教育,2001(4):18-20.
- [19] 张遐.MOOCs 对开放大学教学组织形式的影响[J].河北广播电视大学学报,2013,18(6):9-11.
- [20] Robinson A C, Kerski J, Long E C, et al. Maps and the geospatial revolution: teaching a massive open online course (MOOC) in geography[J]. Journal of Geography in Higher Education, 2015, 39(1): 65-82.
- [21] 老松杨,江小平,老明瑞.后 IT 时代 MOOC 对高等教育的影响[J].高等教育研究学报,2013,36(3):6-8.
- [22] Gamage D, Fernando S, Perera I. Quality of MOOCs: A review of literature on effectiveness and quality aspects[J]. Education, 2015(121): 2.
- [23] Yu C J. Challenges and Changes of MOOC to Traditional Classroom Teaching Mode[J]. Canadian Social Science, 2015, 11(1): 135-139.

(责任编辑:叶丽娜)

## Curriculum Reform for Theoretic and Practice of *Dendrology* Based on MOOC Idea

HE Zhongsheng, CHEN Shipin, ZHENG Shiqun, LIU Bao, LIN Wenjun  
(Forestry College, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002)

**Abstract:** Massive open online courses provides a new channel for knowledge acquiring and new pattern for studying of human beings, which has being formed a new path for cultivation of the innovation consciousness and personalized ability for college students. This paper introduced the criterion and requirement for the curriculum reform of *Dendrology*, and then stated its position in the curriculum system of grand forest. The preliminary of constructional framework and teaching demonstration system for MOOC course *Dendrology* were proposed in this paper. This could be as a basis for curriculum reform of *Dendrology*, so as to improve the theoretic and practical levels in this course and further develop students' innovation consciousness and practical ability.

**Key words:** Massive open online courses; *dendrology*; curriculum reform

# 灰色模糊综合评判视角下的全日制专业学位研究生素质提升研究

张玉辉<sup>1</sup>, 刘有升<sup>2</sup>

(1.福州大学 研究生院, 福建 福州 350116; 2.福州大学 经济与管理学院, 福建 福州 350116)

**摘要:**为深化全日制专业学位研究生教育,需要清晰把握其素质状况。构建全日制专业学位研究生的综合素质评价体系,进行灰色模糊综合评判及个案分析,能为其素质提升这一复杂的系统工程提供新的研究视角和思路。研究中建立的全日制专业学位研究生的综合素质模型,能测度出其综合素质水平,为推进全日制专业学位研究生教育提供借鉴。新形势下,只有各利益相关者密切配合,引导和推动全日制专业学位研究生提高思想人文素质、加强科研创新素质、拓展实践职业素质,才能实现系统功能最大化,切实培育出身心健康、业务突出、善于实践的全日制专业学位研究生。

**关键词:**全日制;专业学位研究生;素质;灰色模糊综合评判

**中图分类号:**G643.0 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2015)12-0104-06

伴随着经济和社会的深入变革,2009年我国一改以学术型为主的全日制研究生教育局面,全日制专业学位研究生教育应运而生并迅速发展<sup>[1]</sup>。客观把握全日制专业学位研究生教育及研究生综合素质,对推进教育改革,进一步服务和推动经济社会发展具有重要的现实意义。

## 1 全日制专业学位研究生教育问题透视

近年来,全日制专业学位研究生教育取得了可喜的进展,但也存在一些不容忽视的问题,需要我们正视并加以解决。

### 1.1 社会认知性和认同性不高

首先,我国教育对学生社会实践能力的培养意识不足,注重实践的教育一直得不到高校及社会的广泛认可。这与当前主流思想即“学术至上”的导向密不可分。其次,在研究生的招生过程中,专业学位研究生常被当作学术学位研究生的调剂对象。这难免误导人们

产生“专业学位低人一等”的想法。最后,相较于同等条件的学术学位研究生,一些培养机构对于专业学位研究生的培养模式及课程设计更为粗放,导致学生的自我认同感不高、学习的热程度也大大消减。

### 1.2 课程体系学术化

每个课程单元都是研究生汲取知识的丰富源泉,它是学生了解学科基础理论的重要渠道,然而多数培养机构中全日制专业学位研究生的培养模式仅仅是在学术型研究生培养模式复制的基础上简单改动,专业学位研究生教育并未充分发挥其特有的人才培养优势。

### 1.3 导师队伍学术化

目前,学校的研究生导师队伍普遍存在同时肩负专业学位研究生和学术学位研究生指导老师的双重责任现象。在教学模式中,教学方式和理论指导也与学术型学位研究生大体一致;在实践应用能力的培养中,缺乏相关的经验及技能。同时,校外导师师资队伍建设尚未健全,且部分校外导师工作繁重,难以经常指导学生,导致教学效果大打折扣。

### 1.4 实践环节形式化

对实践能力的培养是全日制专业学位研究生教育的核心和生命线,因此实践环节是全日制专业学位研究生培养中的核心环节,但实际上并未落到实处,

收稿日期:2015-09-01

基金项目:2013年度福建省社会科学规划项目(2013B092)。

作者简介:张玉辉(1966-),男,汉,副研究员,主要从事高等教育管理研究。

特别是一些应用性和实践性很强的专业实践环节没有真正走进实践基地或者厂矿企业。

## 2 全日制专业学位研究生综合素质评价体系

对全日制专业学位研究生综合素质的评价,不可能是空穴来风,须立足于当前全日制专业学位研究生教育问题基础上,在一定原则指导下进行,惟其如此,这一评价方能对研究生教育改革产生较大的指导意义。

### 2.1 全日制专业学位研究生综合素质评价原则

全日制专业学位研究生教育侧重培养在专业和专门技术上经正规和高水平训练的高层次应用型人才<sup>[2]</sup>。全日制专业学位研究生除具备研究生群体的共性外,在培养过程中还应凸显“三性”:一是实践性。不仅要求学生具备较强的科研能力,还应通过专业学习、社会工作等增强实践能力。二是创新性。创新是科学的灵魂和生命,要加强学生创新意识的激发和创新能力的培育,既需使他们牢固掌握基本理论知识,也需培育其批判性胆魄和思维。三是职业性。全日制专业学位研究生具有特定的职业指向性,这一教育需要将特定的职业需求和行业及社会诉求紧密结合,使学生较好具备相关职业从业资格,毕业后能缩短磨合期,较快进入社会角色<sup>[3]</sup>。为此,我们开展全日制专业学位研究生素质评价,就须遵循以下三个原则:其一,全面性与针对性结合。既要全面体现素质教育,也要着力彰显“专业学位”特色,使评价更全面、更具针对性。其二,科学性与可行性结合。评价体系不仅要满足二级指标与上层指标之间的相关性、各层次指标之间的可比性,还要能够保证指标体系的科学性,使之具有较高的使用价值<sup>[4]</sup>。其三,定性与定量研究结合。以往的评价主要是定性评价或简单的定量统计,实际操作中我们可以尝试发挥专家的知识 and 经验优势,定性分析与定量分析有机结合。

### 2.2 全日制专业学位研究生综合素质评价体系

本研究借鉴郭昱等的研究成果,优化择取全日制专业学位研究生综合素质评价指标。第一,思想人文素质。身心健康是全日制专业学位研究生成长成才的必要条件。本研究选用思想修养、职业道德、沟通适应、团队合作作为衡量指标。第二,科研创新素质。全

日制专业学位研究生应具备过硬的科研积淀,创新素质是创新意识和创新能力的统一,这些是其自身价值得以发挥的基础和前提。本研究使用科研能力、创新意识和创新能力作为反映指标。第三,实践职业素质。这是全日制专业学位研究生区别于学术型研究生的重要标志。本研究择取实践能力、专业知识和学业成绩作为体现指标。据此,建立了全日制专业学位研究生综合素质评价体系(表1)<sup>[4]</sup>。

表1 全日制专业学位研究生综合素质评价体系

总目标(目标层)	基准层(一级指标)	指标层(二级指标)
全日制专业学位 研究生综合素质 X	思想人文素质 X <sub>1</sub>	思想修养 X <sub>11</sub>
		职业道德 X <sub>12</sub>
		沟通适应 X <sub>13</sub>
		团队合作 X <sub>14</sub>
	科研创新素质 X <sub>2</sub>	科研能力 X <sub>21</sub>
		创新意识 X <sub>22</sub>
		创新能力 X <sub>23</sub>
		实践能力 X <sub>31</sub>
		专业知识 X <sub>32</sub>
	实践职业素质 X <sub>3</sub>	专业知识 X <sub>32</sub>
		学业成绩 X <sub>33</sub>

## 3 全日制专业学位研究生综合素质灰色模糊综合评判及运用

灰色模糊综合评判定性与定量分析相结合,它通过邀请专家评价各影响因素重要性,再对具体某一个体进行灰色模糊评判的应用,在一定灰度情况下给予等级评判<sup>[5]</sup>。综合考虑各因素对全日制专业学位研究生综合素质的影响程度,确定权重,构建数学模型,测度出此全日制专业学位研究生的综合素质水平。

### 3.1 确定评价对象因素集

设因素集:  $X = \{X_1, X_2, X_3\}$ , 以及进一步子集:  $X_1 = \{X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}\}$ ,  $X_2 = \{X_{21}, X_{22}, X_{23}\}$ ,  $X_3 = \{X_{31}, X_{32}, X_{33}\}$ 。

### 3.2 确定模糊综合评判的权重集

权重系数的确定对于灰色模糊综合评判十分关键,权重设置方法诸多,本研究采用专家估计法得出权重集 W。通过专家调查问卷确定各因素的权重,具体选取来自不同高校的研究生院领导、全日制专业学位研究生校内导师和校外导师、企业负责人、全日制专业学位研究生各 8 人,共 40 人开展调查。

3.2.1 确定基准各因素的权重

专家对基准层各因素影响程度的判定如表2所示,得出基准层因素的权重集:

表2 基准层各因素权重表

专家	因素			合计
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	
专家1	0.1	0.4	0.5	1
专家2	0.2	0.2	0.6	1
专家3	0.15	0.3	0.55	1
专家4	0.1	0.4	0.5	1
专家5	0.2	0.4	0.4	1
专家6	0.05	0.35	0.6	1
专家7	0.1	0.4	0.5	1
专家8	0.2	0.4	0.4	1
专家9	0.1	0.2	0.7	1
专家10	0.15	0.25	0.6	1
专家11	0.1	0.3	0.6	1
专家12	0.3	0.2	0.5	1
专家13	0.4	0.2	0.4	1
专家14	0.25	0.3	0.45	1
专家15	0.1	0.4	0.5	1
专家16	0.2	0.4	0.4	1
专家17	0.15	0.4	0.45	1
专家18	0.1	0.4	0.5	1
专家19	0.1	0.45	0.45	1
专家20	0.15	0.4	0.45	1
专家21	0.15	0.25	0.6	1
专家22	0.15	0.4	0.45	1
专家23	0.3	0.2	0.5	1
专家24	0.05	0.35	0.6	1
专家25	0.1	0.4	0.5	1
专家26	0.15	0.3	0.55	1
专家27	0.2	0.4	0.4	1
专家28	0.1	0.4	0.5	1
专家29	0.1	0.4	0.5	1
专家30	0.4	0.2	0.4	1
专家31	0.2	0.2	0.6	1
专家32	0.15	0.4	0.45	1
专家33	0.1	0.45	0.45	1
专家34	0.1	0.2	0.7	1
专家35	0.1	0.3	0.6	1
专家36	0.25	0.3	0.45	1
专家37	0.2	0.4	0.4	1
专家38	0.1	0.4	0.5	1
专家39	0.2	0.4	0.4	1
专家40	0.1	0.4	0.5	1
权重	0.16	0.337 5	0.502 5	1

$$W=[(0.16,0)(0.337\ 5,0)(0.502\ 5,0)]$$

3.2.2 确定指标层各因素对应基准层各因素的权重

同样采用专家调查问卷方式,与确定基准层各因素的权重同法,如表3所示:

表3 指标层各因素权重表

基准层因素	指标层因素(权重)(i=1,2,3,4)				合计
	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>	
X <sub>1</sub>	0.212 5	0.295 0	0.245 0	0.247 5	1
X <sub>2</sub>	0.495 0	0.245 0	0.260 0	-	1
X <sub>3</sub>	0.487 5	0.315 0	0.197 5	-	1

即 X<sub>1</sub> 对应的指标层因素权重

$$W_1=[(0.212\ 5,0)(0.295\ 0,0)(0.245\ 0,0)(0.247\ 5,0)];$$

X<sub>2</sub> 对应的指标层因素权重;

$$W_2=[(0.495\ 0,0)(0.245\ 0,0)(0.260\ 0,0)];$$

X<sub>3</sub> 对应的指标层因素权重;

$$W_3=[(0.487\ 5,0)(0.315\ 0,0)(0.197\ 5,0)];$$

3.3 确定判断矩阵

本研究对评价集设置为  $U:U=\{U_1,U_2,U_3,U_4\}$ ,  $U$  代表影响程度,这里  $U_1$  为“很好”, $U_2$  为“良好”, $U_3$  为“一般”, $U_4$  为“较差”;鉴于信息量难以用准确数值衡量,本研究使用一些描述性语言来描述灰度范围,例如把信息充分程度分成如下五类:{很充分,比较充分,一般,比较贫乏,很贫乏},对应灰度值分别为:{0~0.2,0.2~0.4,0.4~0.6,0.6~0.8,0.8~1.0},并用  $V$  值表示。

可根据选定的某个全日制专业学位研究生的实际填写下表(表4):

表4 某全日制专业学位研究生综合素质评估表

评估项目	评估指标	综合素质评分				打分灰度 ( $0 \leq v \leq 1$ )
		很好	良好	一般	较差	
思想人文素质 X <sub>1</sub>	思想修养 X <sub>11</sub>	-	√	-	-	0.2
	职业道德 X <sub>12</sub>	-	√	-	-	0.45
	沟通适应 X <sub>13</sub>	√	-	-	-	0.51
	团队合作 X <sub>14</sub>	√	-	-	-	0.56
科研创新素质 X <sub>2</sub>	科研能力 X <sub>21</sub>	-	√	-	-	0.12
	创新意识 X <sub>22</sub>	-	-	√	-	0.33
	创新能力 X <sub>23</sub>	-	-	-	√	0.37
实践职业素质 X <sub>3</sub>	实践能力 X <sub>31</sub>	√	-	-	-	0.15
	专业知识 X <sub>32</sub>	-	√	-	-	0.22
	学业成绩 X <sub>33</sub>	-	-	√	-	0.1

据此可得基准层各因素 X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>、X<sub>3</sub> 的灰色模糊评价值矩阵分别为:

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \begin{bmatrix} X_{11} \\ X_{12} \\ X_{13} \\ X_{14} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (0,1) (1,0.2) (0,1)(0,1) \\ (0,1) (1,0.45) (0,1)(0,1) \\ (1,0.51)(0,1) (0,1)(0,1) \\ (1,0.56)(1,0.2) (0,1)(0,1) \end{bmatrix} \\
 X_2 &= \begin{bmatrix} X_{21} \\ X_{22} \\ X_{23} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (0,1)(1,0.12)(0,1) (0,1) \\ (0,1) (0,1)(1,0.33)(0,1) \\ (0,1) (0,1) (0,1)(1,0.37) \end{bmatrix} \\
 X_3 &= \begin{bmatrix} X_{31} \\ X_{32} \\ X_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (1,0.15)(0,1) (0,1) (0,1) \\ (0,1) (1,0.22)(0,1) (0,1) \\ (0,1) (0,1) (1,0.1)(0,1) \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

### 3.4 灰色模糊综合评判

先对指标层因素进行灰色模糊综合评判,接着向上对基准层因素进行灰色模糊综合评判,得出最终的评判结果。

一级评判:采用算子( $\vee, \wedge$ )有:

1. 思想人文素质( $X_1$ )

$$R_1 = W_1 * X_1 = [(0.247\ 5, 0.51)(0.295\ 0, 0.2)(0, 1)(0, 1)]$$

2. 科研创新素质( $X_2$ )

$$R_2 = W_2 * X_2 = [(0, 1) (0.495\ 0, 0.12) (0.245\ 0, 0.33) (0.26, 0.37)]$$

3. 实践职业素质( $X_3$ )

$$R_3 = W_3 * X_3 = [(0.487\ 5, 0.15)(0.315\ 0, 0.22)(0.197\ 5, 0.1) (0, 1)]$$

根据前述对思想人文素质、科研创新素质、实践职业素质的一级评判计算数据,按照最大隶属原则和最小灰度原则,可以对该全日制专业学位研究生得出如下评判结果:以0.2的灰度给予思想人文素质良好的评判,以0.12的灰度给予科研创新素质良好的评判,以0.15的灰度给予实践职业素质很好。这表明,评判结果总体较好,且灰度很低,因此研究具有较高的可信度。

欲开展第二级评判,须先对以上各评判结果中的隶属度之和归一化,结果为:

$$X = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (0.456\ 2, 0.51)(0.543\ 8, 0.2) (0, 1) (0, 1) \\ (0, 1) (0.495, 0.12)(0.245, 0.33)(0.26, 0.37) \\ (0.487\ 5, 0.15)(0.315, 0.22)(0.197\ 5, 0.1) (0, 1) \end{bmatrix}$$

已知  $X_i (i=1, 2, 3, 4)$  在  $X$  中的权重分配为

$$W = [(0.16, 0)(0.337\ 5, 0)(0.502\ 5, 0)].$$

所以二级评判为:

$$R = W * X = [(0.487\ 5, 0.15) (0.337\ 5, 0.12) (0.245, 0.1) (0.26, 0.37)]$$

与上述研究原理一致,一般灰色模糊综合评判根据最大隶属原则和最小灰度原则权衡,故本次评判的结论是:以0.15的灰度给予此全日制专业学位研究生有很好综合素质的评判,这同样是在很低的灰度下做出的评判。

整个评判的灰度:

$$g(R) = \frac{0.15 + 0.12 + 0.1 + 0.37}{4} = 0.185。$$

综上所述,研究中建立的全日制专业学位研究生综合素质评价体系、基准层各因素权重表、指标层各因素权重表具有较高的可信度,选定的研究样本——某个全日制专业学位研究生思想人文素质良好、科研创新素质良好、实践职业素质很好,综合素质很好,这也是我们乐见其成的。

## 4 提升全日制专业学位研究生综合素质的相关建议

前述研究既验证了建立的数学模型,又为我们推进全日制专业学位研究生教育提供了借鉴。全日制专业学位研究生综合素质评价体系的构建和实践,为我们开展研究生教育改革实践提供了一个新的研究视角。新形势下,做实做细做好提升全日制专业学位研究生素质这一系统工程,需要有机把握好以下三个方面:

### 4.1 提高思想人文素质

本研究的样本中,全日制专业学位研究生的思想人文素质占其素质总权重的16%。虽然比例不高,但育人人为本、德育为先。为此,提高全日制专业学位研究生的思想人文素质只能加强、不能削弱。首先,将人文精神融入培养计划。着重对相关专业的历史介绍,特别是名人事迹及重要研究成果对人类文明发展贡献的生动解说;开设哲学思维课程,使学生能潜移默化地掌握辩证思维方式,并以此为工具来探寻社会发展道路;重视美学知识熏陶,让学生能以全新视角感知世界,慢慢转变为善于发现美,并将这种感知美的眼光带入学术研究,探索出一个全新的学术天

地。其次,将人文思想与知识渗透到教育教学中。教师应以身作则,起到模范作用。在课堂教学环节中,教师可以通过讲解本专业的历史发展和相关人物事迹,让学生进一步了解历史进程及人类进步所付出的巨大努力,帮助他们树立责任感;在社会实践环节中,要让研究生深入基层一线,“从市场中来,到市场中去”,在明确市场需求前提下,更好地让所学知识效用最大化,并由此实现个人价值;以第二课堂为媒介,以形式多样的课余活动为载体,为不同领域与专业学生创造沟通机会,为不同思维模式碰撞并产生灵感火花提供平台,培养学生的创新思维和理念。最后,将人文理念体现于评价体系中。评价标准应该是多元全面,促进研究生完善自身不足之处、不断提升自身的综合素质;评价方式方面除课程成绩外,还可以考虑论文发表、竞赛参与及获奖、学生工作参与及相关组织活动影响力等多种指标,最后得出综合素质能力;相关学术论文方面可借鉴团队合作方式来集思广益,个体只需具体阐述在论文写作过程中如何提出、解决和总结问题,这相较于原有体系,对研究生社会实践和专业知识掌握情况考查更加综合,从细节处充分体现人性化特点,同时更能体现出其创新精神、社会责任感、团队合作精神与奉献精神,体现人文素质教育的初衷。

#### 4.2 加强科研创新素质

在全日制专业学位研究生素质的总权重中,科研创新素质占33.75%,其重要性不言而喻。加强全日制专业学位研究生的科研创新素质,一是要重视科研创新意识与创新能力。唯有树立培养研究生科研创新能力意识,高校才会通过相关制度和措施,在行动上将研究生科研创新能力培养落到实处。科研创新能力的培养是一项长期而繁重的工程,在短期内很难见效,要求高校权衡短期与长期利益。实际上只有取长期利益,才可以在最大程度上提高研究生科研创新能力。同时,引导研究生提高对自身科研创新能力重视,通过必要的教育让他们深刻意识到培养科研创新能力对于提高个人综合能力、实现个人价值乃至对国家和社会发展的重要意义。二是要改革教学环节。要以项目为导向,突出以学生为主,注重发挥学生学习主动性,减少教师单向知识灌输。通过课程体系的相应调整,减少教师课堂理论课的教授时数,提高研究生独

立学习、自主研究或创新的占比。以项目为导向的研究式教学模式简单来说即将项目作为主要授课内容或研究对象的教学模式,为学生提供自主选题、设计及制作契机,实行开放式、启发式教学,让方法和知识自然融入项目中并为学生所掌握。同时通过加强学术交流让学生更多接触创新思维、碰撞思想火花。三是要积极扶持科研创新项目。经费投入为研究生科研创新能力培养提供必要的物质支持<sup>[6]</sup>,激发学生参与科研的动力,丰富科研创新形式。增加研究生科研创新项目的方式灵活多样,较为常见的包括为研究生创新项目提供专项经费资助以建立大学生科技创新基地,发挥桥梁作用,申请校外项目,通过竞赛形式激发研究生的科研学术兴趣。

#### 4.3 拓展实践职业素质

在全日制专业学位研究生素质的总权重中,实践职业素质占据半壁江山,占比超过50%,其重要性无法替代,可以说实践环节是推动研究生培养类别成功转型的关键<sup>[7]</sup>。加强全日制专业学位研究生的实践职业素质,第一要加强社会实践教学。除高校自身要提高认识外,政府及教育部门应做好督促和服务工作。一是政府及教育部门可以规定实践基地与学生比例的最低要求,对于达不到要求的高校,应制定一定的处罚措施,如限制招生、减少优惠等。二是规范考核体系。督促高校按照评价指标的要求,开展好相应的工作。三是鼓励企业与高校合作。通过制定一系列优惠政策,例如对采纳实习生的企业单位,在税收、项目、信贷等方面给予优惠,以提高企业与高校合作的积极性。第二要增加教师的实践经验。不少学术型教师因为自身实践经验缺乏,在专业学位教学中影响力有限。因此,要通过提升教师的实践经验来更好地引导学生。一是鼓励教师与企业共同开展研究工作,把企业专家请进来,促进产学研结合;让教师在企业挂职锻炼、讲演或担任顾问等,以此来增加其实践教学经验。二是注重国际合作与交流。一方面通过聘请国外知名教授学者为学生授课,让师生员工从中受到启发,借鉴他们实践教学方法;另一方面可让教师更多参与国际合作项目,促进学术跨国交流,提升自身实践技能。三是鼓励开发本土化案例。使教师的实践经验得到进一步凝练和升华,学生更好吸收知识。第三

要提高学生实践意识。一是加强对学生的宣传教育。要从社会需求、培养目标和教学特点等方面加强对专业学位研究生实践意识教育,促进学生的认识程度,提高学生重视程度。二是建立奖励制度。通过表彰和奖励引导学生提高实践意识;与企业进行定单培养,以提高学生实践的主动性。

### 参考文献:

- [1] 成甜. 全日制专业学位研究生教育质量保障体系研究[D]. 天津:天津工业大学,2012: 71.
- [2] 綦菁华. 关于学术型和全日制专业型研究生培养模式的思考[J]. 教育教学论坛, 2014(6): 195-196.
- [3] 张玉辉, 郑直. 全日制专业学位研究生提升职业能力培养模式初探[J]. 宁夏大学学报:人文社会科学版,2014(6):185-188.
- [4] 郭昱. 全日制专业学位研究生综合素质评价指标体系研究[J]. 中国农业教育, 2013(3):84-88.
- [5] 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2013:144-193.
- [6] 曾兴雯, 裴庆祺. 加强工科研究生培养的实践环节[J]. 中国高教研究, 2005(1): 30-32.
- [7] 文冠华. 抓好专业实践环节确保全日制专业学位研究生培养质量[J]. 学位与研究生教育, 2010(8):1-4.

(责任编辑:夏婷婷)

## Research on How to Improve the Quality of Full-time Academic Graduate Students from the Angle of Grey-fuzzy Comprehensive Evaluation

ZHANG Yuhui, LIU Yousheng

(Post-graduate School of Fuzhou University, Fuzhou, Fujian 350116;  
School of Economics and Management, Fuzhou University, Fuzhou, Fujian 350116)

**Abstract:** In order to deepen the education of full-time academic graduate students, the university needs have a good knowledge of their quality. Building up a comprehensive evaluation system for full-time academic graduate students and analyze individual cases from the angle of grey-fuzzy evaluation can provide the complicate project with an innovative research perspective that how to improve students' quality. In the research, we construct a comprehensive quality model for full-time academic graduate students, which is capable to test their comprehensive quality, so as to make a contribution to the education of full-time academic graduate students. Only if stakeholders cooperate closely to improve students' humanistic quality, innovation quality, and occupational quality, under the new situation, can we educate excellent full-time academic graduate students with healthy body, brilliant capacity and skilled practice ability.

**Key words:** full-time; academic graduate students; quality; grey-fuzzy comprehensive evaluation

# JOURNAL OF WUYI UNIVERSITY

No.12 Vol.34, DEC, 2015

- Content and Chemical Speciation of Heavy Metals in Vegetable Soils in Shangmei Town Wuyishan City  
..... LI Ling, TANG Hui, ZHANG Yu, YU Biao, CHEN Wenlong(1)
- On Cuttage Seedling Technique of *Gareinia Multiflora* Champ.ex Benth.Khamp  
..... LI Zhaofeng, ZHOU Junxin, YU Rongzhuo, QIAN Yongping, HUANG Ziliang, ZHENG Yushan(7)
- Fuzhou Qingliang Mountain Park Planning and Design  
..... ZHAO Jun, LIN Zheng, YANG Xi, ZHU Xiaoyue, HUANG Qitang(12)
- Preventive Situation and Suggestion on Forest Pests ..... LIN Zhiqiang(17)
- Optimization of Composite Enzymatic Hydrolysis Process of Grass Carp Protein by Response Surface Methodology  
..... HUANG Yan, XIE Sandou, XU Yanping(21)
- Study on the Antioxidant Activity of Polyphenol from Dry Pomegranate Peels  
..... ZHANG Tingting, XIE Sandu, ZOU Meiling, ZHUO Qingju(28)
- Wuyi Rock Tea Cream Response Surface Method to Optimize the Preparation Technology  
..... SUN Hui, HE Xiaobin, WU Yuqiong, XU Xiaobin, WANG Shupe, CHEN Zongdao, LI Guoping(32)
- Study on the Gel-freezing Method Preparation Chinese Sweet Potato Microporous Starch  
..... FU Xinzhen, XU Haiji, ZHANG Yixiu(37)
- Fabrication and Properties of PCL/bamboo Power Foamed Composites ..... ZHAO Jinyun, LIU Mingfeng(42)
- Performance Analysis and Application on Low-E Glass by Meifu Plaza in Zhangzhou Jiaomei ..... SHI Weidan(46)
- Improved Bat Algorithm with Ranking-based Mutation ..... CHEN Meiwen(50)
- Application of Virtualization Technology in Campus Data Center based on Hyper-v ..... XIE Chaoqun(56)
- Research on Cross-platfrom APP for Minxi's Pig Disease Base on CORDORA and Its Implementation  
..... TANG Binwen, DAI Ailing, CHEN Yazhou, LI Xiaohua, YANG Xiaoyan, GUO Shizheng(60)
- Security Analysis and Improvements on IKE in IPSEC ..... QU Xia, HUA Jianxiang(65)
- Investigation of Intelligent Positioning and Anti-sway Control of Two-Degree-of-Freedom Gantry Crane  
..... ZHENG Feijie, JIN Fangwei, WU Long, ZHENG Yaqing, QIU Limei, WANG Chunrong(69)
- Non-contact Linear Liquid Level Measurement System Based on Coplanar Capacitor  
..... CHEN Junlong, SHI Longzhao(74)
- Model Research on Refrigerator Product Tracking of Batch Management ..... WANG Haiyao(79)
- Construction on Lmprovement-based Genetic Algorithm of Enterprise Logistics Distribution Network  
..... LIN Sen, HONG Wei(84)
- Analysis on *Sports Science PE* Sociology of Research Hot Spot in 2008-2013 ..... YE Xuhong, SU Ying(89)
- Study on the Experiment Teaching Problem of Numerical Analysis Course Based in the New Undergraduate College  
..... WANG Xuebin (95)
- Curriculum Reform for Theoretic and Practice of *Dendrology* Based on MOOC Idea  
..... HE Zhongsheng, CHEN Shipin, ZHENG Shiqun, LIU Bao, LIN Wenjun(99)
- Research on How to Improve the Quality of Full-time Academic Graduate Students from the Angle of  
Grey-fuzzy Comprehensive Evaluation ..... ZHANG Yuhui, LIU Yousheng(104)