

# 目 次

短程硝化工艺预处理合成革废水的研究 ..... 胡家朋 (1)
甘油/聚乙二醇复配增塑改性壳聚糖/聚乙烯醇共混膜的 研究 ..... 简绍菊, 叶名伟 (7)
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -NaCl-H <sub>2</sub> O 三元水盐体系在 313 K 的相平衡研究 ..... 苏丽鳗, 江雅娟, 蒋桑芬, 刘俊劭 (12)
薏米银耳复合酸奶的工艺研究 ..... 黄 艳, 尤燕如, 张见明, 杨宇华 (15)
化学法提取竹笋加工废弃物中膳食纤维的研究 ..... 王昕岑, 张 静, 王淑培, 林真真, 李向安 (23)
法国梧桐废弃修枝堆肥分解初步试验 ..... 魏茂胜 (30)
香椿家系生长遗传分析与评价 ..... 张海燕 (35)
污灌农田土壤中微生物群落碳源代谢及功能多样性的 研究 ..... 林 立, 王 涵 (39)
不同质量水仙岩茶中四种金属元素的相关性研究 ..... 孙丽真, 李秋月, 涂良剑 (44)
基于多类型和身份的代理重加密方案 ..... 王萍姝, 乜国雷 (48)
线性回归模型中非正态数据的处理 ..... 丘 甜, 华伟平, 李宝银, 江希钊 (53)
一种有效的主动式校园网络管理方案 ..... 林 靖 (58)
基于粒子群的微博用户影响力评价算法研究 ..... 江 玲, 夏婷婷, 蒋 艺, 范 琳 (63)

# 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 36 卷 总第 152 期

2017 年 第 6 期(月刊)

## 编辑委员会

顾 问:	付贤智 黄汉升 兰思仁 杨江帆 李宝银
主 任:	吴承祯
副 主 任:	刘用麟 (常务)
编 委:	(以姓氏笔画为序) 卢道明 叶琪瑛 刘用麟 刘清华 许亦善 李宝银 李远华 吴承祯 陈 铎 陈荣村 陈宗道 陈良壁 沈慧芳 杜江伟 杨 昇 张品端 张乔根 林 超 郑细鸣 郑向敏 赵升云 郭翠莲 徐颖惠 路善全 蔡明田

## 编 辑 部

主 编:	吴承祯
副 主 编:	刘用麟 (常务) 沈慧芳
责任编辑:	陈 果 叶丽娜 华伟平 陈 虹 白 琳 冯起国 夏婷婷 苏娟娟 江 玲
英文审译:	陈孝静

JOURNAL OF WUYI UNIVERSITY

目次

CONTENTS

基于模糊分析法的不平衡报价研究 ..... 杨 瑾 (68)

新常态下福建省第三产业内部结构分析  
..... 王 旺 (72)

体质健康测试背景下体能训练融入公共体育课的实验  
研究 ..... 陈金霞 (76)

大学生夜跑锻炼的调查分析  
——福州大学城为例 ..... 许杰龙 (80)

农林院校经管类《高等数学》课程教学改革探索  
..... 陈绩馨 (83)

教育转型发展背景下食品专业实验改革  
——以武夷学院食品质量与安全专业为例  
..... 吴玉琼, 傅新征, 王淑培, 陈宗道 (87)

基于 MATLAB 与 C/C++混合编程的数字图像处理实验教学  
研究 ..... 魏 毅, 林丽惠 (92)

应用技术大学办学模式下高分子材料与工程专业加强实践  
能力的训练和培养 ..... 王兆礼 (97)

环境工程专业应用型人才培养模式探索  
..... 翁仁贵, 刘心中, 林小英, 靳贵晓 (100)

人工智能技术在高校辅导员专业化建设的应用  
..... 李聪慧, 余坤勇 (105)

# 短程硝化工艺预处理合成革废水的研究

胡家朋<sup>1,2</sup>

(1.福建省生态产业绿色技术重点实验室(武夷学院),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)

**摘要:**针对合成革废水的生物脱氮工艺主要围绕缩短硝化反硝化的流程进行探求经济高效的合成革废水脱氮新技术,采用短程硝化(PNP)工艺预处理合成革废水,通过控制系统温度为 $(33\pm 1)^\circ\text{C}$ ,初始游离氨(FA)为10~35 mg/L,溶解氧约0.2~0.6 mg/L,pH值约7.5~8.3,30 d内实现了实际合成革废水(COD 160~580 mg/L, $\text{NH}_4^+\text{-N}$  260~460 mg/L)短程硝化的成功启动。研究表明:出水 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 浓度约为200~300 mg/L, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 浓度稳定地保持在5 mg/L以下,亚硝酸盐积累率达95%以上。

**关键词:**合成革废水;短程硝化;生物脱氮;工艺优化

**中图分类号:**X703.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2017)06-0001-06

厌氧氨氧化(anammox)工艺所必需的基质主要是 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 。其中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 在实际废水中普遍存在,属于需要降解的基本污染物;而 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 属于硝化过程的中间产物,在实际废水中基本不存在。因而,为了实现厌氧氨氧化反应的顺利进行,向反应器提供稳定的 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 就成为了一种必不可少的步骤<sup>[1-3]</sup>。为此,引入短程硝化工艺作为厌氧氨氧化的前置工艺,力求在氨氧化阶段实现约一半的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 氧化成 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ,即实现半亚硝化。由此,如何长期稳定地维持高浓度的 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 的积累,就成为短程硝化工艺研究的重点。短程硝化工艺的启动的原理是利用亚硝酸菌(AOB)和硝酸菌(NO<sub>3</sub>)在生理机制和动力学特性上存在的特有差异,控制反应条件,逐渐淘汰NO<sub>3</sub>,富集AOB,进而使硝化反应停留在亚硝化阶段。实现短程硝化的控制策略主要有高pH值<sup>[4]</sup>、低溶解氧(DO)<sup>[5-6]</sup>、短泥龄、高温<sup>[7]</sup>和高游离氨(FA)浓度<sup>[8-9]</sup>等。

本研究采用有效容积1 m<sup>3</sup>的序批式反应器(se-

quencing batch reactor, SBR),接种传统硝化污泥。通过现场试验,摸索利用合成革废水进行短程硝化启动的基本控制条件,探究稳定运行的控制方法,优化控制参数,以保证合成革废水 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 的稳定积累,为后续厌氧氨氧化提供进水 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 来源。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验装置

PNP反应装置采用SBR反应器,如图1所示。反应器由1Gr18Ni9Ti不锈钢制成,内设防腐层,上部为圆柱体,内径1 000 mm,高1 230 mm;底部为圆锥体,高340 mm,总容积为1.1 m<sup>3</sup>,有效容积为1.0 m<sup>3</sup>。采用空气压缩机供气,由玻璃转子气体流量计控制流量后通过曝气盘进行曝气,DO浓度通过转子流量计调节曝气量进行控制;采用机械搅拌,搅拌器转速约为150 r/min。加热系统由加热棒和自动温度控制仪构成。在反应器壁的垂直方向设置取样口,底部设放空管,用于放空和排泥。每个运行周期由进水、曝气、沉淀和排水4个工序组成,采用可编程控制实验装置(PLC)控制试验的进水、曝气、沉淀和排水时间。

收稿日期:2017-05-16

作者简介:胡家朋(1980-),男,汉族,副教授,主要从事环境功能材料及水污染治理与控制方面研究。



图 1 SBR 反应装置

Figure 1 Reaction equipments of SBR

启动期,PNP 的工艺流程如图 2 所示。合成革污水处理厂的厌氧滤池出水经泵(由磁性浮子翻板液位计液位控制其开闭)抽至储水池 1 的最高液位。开启电磁阀 1, 储水池 1 的废水自流入 SBR 反应器中,根据储水池 1 的液位变化控制电磁阀 1 的关闭。进完水后,开启空压机、搅拌机、温控系统和在线 pH、ORP 及 DO 仪,废水在 SBR 内进行反应,把  $\text{NH}_4^+$  氧化成  $\text{NO}_2^-$ 。反应结束后,静沉 30 min。沉淀后开启电磁阀 2, SBR 出水由管道排入该污水厂的集水井中。

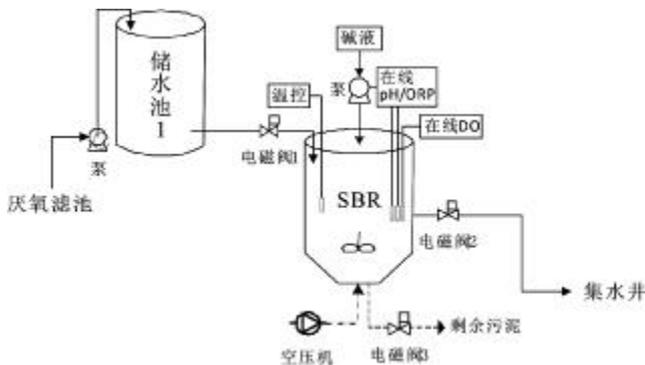


图 2 PNP 工艺流程图

Figure 2 The technological process diagram of PNP

## 1.2 接种污泥

采用该合成革污水处理厂一期工程 CASS 池的传统硝化污泥作为短程硝化的接种污泥。抽取  $1 \text{ m}^3$  CASS 池的混合液于 SBR 中,静置沉淀排上清液,用自来水淘洗 3 次,去除底物基质。该全程硝化污泥含有较为丰富的硝化菌,呈深褐色, VSS/SS 约为 0.61, SV30 约为 50%,具有良好的沉降性能且已适应合成革废水水质,接种该污泥有利于加速合成革废水短程硝化系统的启动。

## 1.3 试验用水

合成革废水氮素主要以有机氮和氨氮的形式存在,有机氮包括 DMF、聚氨酯和二甲胺等含氮化合物。原水中氨氮浓度并不高,但含有大量的有机氮, TN 含量高。因此该废水需先经厌氧生物处理,将废水中含氮有机物分解为氨氮,经过该阶段,废水中有机物浓度下降,氨氮浓度升高。故本试验用水取自该合成革污水处理厂二期工程厌氧滤池出水,水质指标如表 1 所示。

表 1 某合成革污水厂厌氧滤池出水水质指标

Table 1 Index of the effluent water quality

指标	$\text{COD}_G / (\text{mg/L})$	$\text{NH}_4^+-\text{N} / (\text{mg/L})$	pH
范围	200~1 500	150~450	7.0~8.0
均值	850	300	—

## 1.4 分析测试方法

### 1.4.1 常规测试项目分析方法

常规水质测定指标均按照国家环境保护部发布的标准方法进行监测<sup>[9]</sup>,具体见表 2。

表 2 常规测试项目分析方法

Table 2 Analysis methods of the routine testing projects

测定项目	分析方法	测定项目	方法
COD	重铬酸钾法	$\text{BOD}_5$	稀释与接种法
$\text{NH}_4^+-\text{N}$	纳氏试剂分光光度法	MLSS	滤纸称重法
$\text{NO}_2^--\text{N}$	N-(1-萘基)乙二胺光度法	MLVSS	坩埚恒重法
$\text{NO}_3^--\text{N}$	麝香草酚分光光度法	污泥体积指数	体积法
总氮(TN)	碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法	DO	电极法
生物相	光学显微镜观察	ORP/pH	电极法
碱度	酸碱滴定法	—	—

本试验中亚硝酸盐累积率 (nitrite accumulation ratio, NAR)按公式(1)计算:

$$NAR = \frac{\Delta C_{NO_2^- - N}}{\Delta C_{NO_2^- - N} + \Delta C_{NO_3^- - N}} \times 100\% \quad (1)$$

式中:  $\Delta C_{NO_2^- - N}$  为进出水亚硝酸盐氮的浓度差;  $\Delta C_{NO_3^- - N}$  为进出水硝酸盐氮的浓度差。

#### 1.4.2 扫描电镜(SEM)观察

采用 ESEM-TMP 扫描电镜分别对接种污泥与短程硝化污泥表面形貌进行分析,考察驯化前后污泥结构的变化,所用的加速电压为 15 kV。

扫描电镜观察之前,需对样品进行预处理,具体方法为:取出适量的所需污泥置于 5 mL 的离心管中,用去离子水清洗 3~5 次。清洗后,倒入 2.5%的戊二醛溶液 (pH 约 6.8, 25%戊二醛 10 mL, 0.2 mol/L 磷酸缓冲液 50 mL, 纯水 40 mL), 轻轻摇匀, 放于 4 °C 冰箱中固定 5 h; 固定好的污泥, 用 0.1 mol/L 的磷酸缓冲液冲洗 3 次, 10 min/次; 之后, 将样品依次置于系列浓度 50%、70%、80%、90% 的乙醇溶液中进行脱水, 10 min/次, 再用 100% 的乙醇脱水 3 次, 10 min/次。用乙醇:乙酸异戊酯为 1:1 的溶液, 纯乙酸异戊酯各置换 1 次, 15 min/次; 将置换后的样品倒于滤纸叠成的小盒中, 放入干燥器, 干燥 12 h; 将干燥好的污泥样品用导电胶粘在铝制托盘上, 并用离子溅射镀膜仪 (JFC-1100 型) 在样品表面镀上一层厚度为 1 500 nm 的金属膜。将预处理后的污泥样品置于扫描电镜下观察。

#### 1.5 反应器启动策略

短程硝化的启动, 就是要实现将硝化反应控制在亚硝化阶段, 使氨氧化反应中生成的  $NO_2^-$  实现累积。其本质是根据 NOB 和 AOB 在生理机制和动力学特性上存在的特有差异通过人为控制一定的反应条件, 将 NOB 逐步淘洗出系统, 并实现 AOB 的大量富集, 从而阻断  $NO_2^-$  进一步被氧化成  $NO_3^-$  的反应, 最终实现  $NO_2^-$  的大量累积。

实现短程硝化启动的主要控制条件包括温度、pH、DO、FA、泥龄及抑制剂等。

(1) 温度: 相关研究表明<sup>[11]</sup>, 在中高温 (20 °C) 条件下, AOB 的最大比增长速率大于 NOB, 故系统温度宜控制在 25~35 °C 之间。

(2) pH: 相关文献报导<sup>[12]</sup>, AOB 适宜 pH 范围为 7.0~8.5, NOB 为 6.0~7.5, 因此将 pH 控制在 7.5~8.5, 利于短程硝化的实现。本试验系统内初始 pH 为 7.6~8.3, 在硝化反应过程中, 产生  $H^+$  消耗碱度, 使 pH 值下降。当原水碱度不足时, 用 pH 变送器设定低控制值, 当 pH 低于低控制值时, 启动加药泵, 往反应器内加入 NaOH 溶液, 以保证足够的碱度来进行硝化反应。

(3) DO: 溶解氧是实现短程硝化的关键控制因素之一。有研究表明<sup>[13]</sup> AOB 的氧饱和系数是 0.2~0.4 mg/L, NOB 的氧饱和系数是 1.2~1.5 mg/L, 因此将 DO 控制在低浓度水平, 约 0.2~0.6 mg/L。

(4) FA: FA 对 AOB 和 NOB 都有抑制作用, Anthonisen 等<sup>[14]</sup> 试验发现, FA 对于 AOB 的抑制浓度范围为 10~150 mg/L, 对 NOB 的抑制浓度范围为 0.1~1.0 mg/L。因此, 本试验采用“高 FA”策略启动, 反应器每个周期进水约 0.15~0.30 m<sup>3</sup>, 混合后, 氨氮浓度约 100~250 mg/L, 初始游离氨浓度约为 5~25 mg/L。

(5) 泥龄: 理论上, 将泥龄控制在大于 AOB 的世代周期, 小于 NOB 的世代周期, 可逐渐将 NOB 从反应器中“淘洗”掉, 从而使 AOB 成为反应器中的优势菌属。但实际培养过程中, 常采用长泥龄。反应器接种后, 初始 MLSS 约为 4 600 mg/L, 启动初期, 控制污泥龄约 15 d, 后期, 适当排泥, 使反应器内的 MLSS 稳定在 3 500 mg/L 左右。

综上所述, 本 PNP 系统启动阶段控制温度在 (33±1) °C, 初始 pH 为 7.6~8.3, 初始 FA 为 5~25 mg/L, 曝气量为 2.5 m<sup>3</sup>/h, DO 约 0.2~0.6 mg/L。每周期进水水量约 0.15~0.30 m<sup>3</sup>, 反应周期为 12 h, 进水 20 min、曝气 11 h、沉淀 30 min 和排水 10 min。

## 2 结果与讨论

### 2.1 PNP 反应器的启动

#### 2.1.1 各基质的变化

PNP 系统启动过程各氮素、COD 及亚硝酸盐累积率的变化如图 3 所示。短程硝化启动成功的主要标志是出水  $NO_2^- - N$  含量高, 且保持稳定高水平的 NAR。其中, 高水平的 NAR 可直接反应出系统中 AOB 富集

及 NOB 淘洗的效果。

本次 PNP 系统的启动历时约 30 d, 根据启动过程“三氮”(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)及 NAR 的变化, 大致可将整个启动过程分为:启动初期、筛选富集期和稳定运行期等三个阶段。

(1)启动初期(适应期)

该阶段自污泥接种时起,历时约 5 d。主要为微生物为适应外部环境改变而自我调节的一个阶段,且由于 AOB 相对于 NOB 能更快地适应环境变化,在此阶段 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 出现小幅度上升。

此阶段控制 DO 约 0.2-0.6 mg/L;反应初期,系统 pH 约 8.3;FA 约 15-30 mg/L;NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 浓度约 200 mg/L。随着反应的进行,pH 不断下降,当降至 7.4 时向系统投加 NaOH 溶液,调节 pH 至 8.2 左右。由于污泥尚处于适应阶段,活性还并不高,第 1 d 氨氮容积去除负荷仅为 82 mg/(L·d),出水 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 浓度为 50.7 mg/L。随后两天,出水 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 浓度呈上升趋势,继而基本稳定在 50 至 70 mg/L 之间。经过 5 d 的培养,氨氮容积去除负荷上升至 133.65 mg/(L·d),出水 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 浓度为 58.98 mg/L,NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 累积至 40.6 mg/L,NAR 达 25.4%。

(2)筛选富集期

第 6 d 起,基本维持原有的反应条件,系统内 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 浓度逐渐降低,而 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 逐渐累积,系统 NAR 快速升高。说明 NOB 开始受到抑制。

但由于操作失误,第 9 d 时污泥不慎发生较大的流失,为保证系统内一定的生物量,重新向反应器中接种部分硝化污泥。出水 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 浓度有明显上升,NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 累积量有所降低,NAR 也相应的有明显下降。说明重新接种污泥时,同时引入了部分 NOB,对菌种的筛选富集进程起到一定的阻碍作用。

第 15 d 起,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 浓度重新开始降低,NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 逐渐累积,NAR 快速升高。说明 NOB 受到抑制,活性逐渐降低。但第 20 d,系统出现明显的抑制现象,氨氮容积去除负荷下降至仅 22.28 mg/(L·d),分析其原因,发现是因为当天厌氧滤池出水 DMF 过高导致系统受到冲击,从而使 AOB、NOB 均受到抑制。当天加入一定量的 NaCl 并对系统进行 24 h 的闷曝处理。系统所受抑制得到有效解除,氨氮容积去除负荷迅速上升至第 22 d 的 216.73 mg/(L·d),且 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 累积量迅速增

高至 106.98 mg/L,NAR 达 85.62%,标志着短程硝化已基本实现。至第 25 d,NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 累积量增至 227.85 mg/L,NAR 达 98.36%认为短程硝化已启动成功。

(3)稳定运行期

第 26 d 起,整个体系处于相对稳定的状态,表现为:曝气反应 11 h 后,出水 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 浓度约为 250 mg/L,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 浓度稳定地保持在 6.0 mg/L 以下,NAR 高达 97%以上,NOB 已基本被淘汰,短程硝化反应器启动成功。

综上所述,在进水 COD 浓度约 200-350 mg/L(系统混合后浓度),NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 浓度约为 200-350 mg/L(系统混合后浓度),温度为(33±1)℃,高 pH(7.6-8.3)、高 FA(10-35 mg/L)的反应条件下,经过 30 d 的运行,出水 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 基本维持在 6 mg/L 以下,NAR 高达 97%以上,实现了实际合成革废水的短程硝化反应器启动。

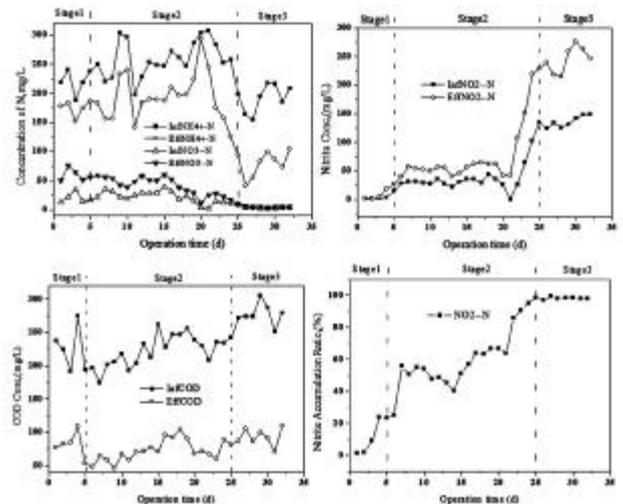


图 3 SBR 启动期运行效果图

Figure 3 The operation effect diagram of SBR start-up period

2.1.2 污泥性状变化

将启动前、启动中期、启动完成期间污泥的颜色、MLSS、MLVSS/MLSS、SVI 的变化进行对比,结果如表 3 所示,并对接种污泥和驯化成功的短程硝化污泥进行扫描电镜观察,结果如图 4 所示。

表 3 启动阶段污泥性状变化

Table 3 Changes of sludge characteristics in the start-up period

污泥特性	启动前期	启动中期	启动完成
颜色	深褐色	棕色	土黄色
MLSS/(mg/L)	4 485	3 860	3 382
MLVSS/MLSS	0.61	0.67	0.69
SVI/(mL/g)	136	123	112

接种污泥为深褐色,沉降性较好,VSS/SS 约 0.61。反应过程,污泥性状发生较大的变化,逐渐变成土黄色,SVI 值逐渐减小,VSS/SS 逐渐增大,有机质含量增高。

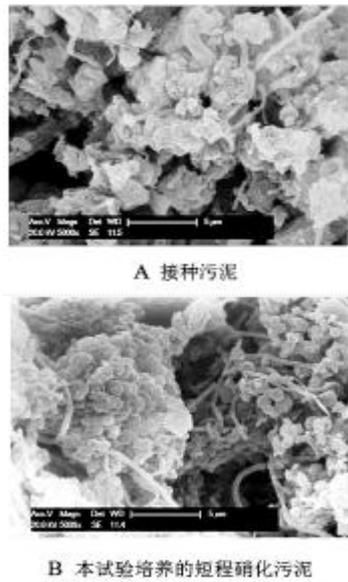


图 4 污泥扫描电镜图

Figure 4 The SEM photographs of the sludge

由 SEM 观察可见,接种污泥(图 4 A)无机质含量较多,球菌、杆菌较少;驯化后(图 4 B),污泥结构具有较明显变化,微生物以球菌、丝状菌居多,丝状菌将球菌缠绕在内,污泥结构良好。但是,PNP 系统是在低 DO 的条件下启动,而丝状菌又因具有较大的比表面积和较低的氧饱和常数,低 DO 环境下相对增殖得更快,故实际运行操作时,应注意防止丝状菌污泥膨胀。

## 2.2 PNP 反应器的稳定运行及控制

PNP 系统稳定运行过程各氮素、COD、NAR 及出水  $\text{NO}_2^-$ -N/ $\text{NH}_4^+$ -N 比值变化如图 5 所示。由图 5 可见,出水  $\text{NO}_2^-$ -N 浓度随进水氨氮的波动及  $\text{NH}_4^+$ -N 降解的量而变化,基本维持在 180~260 mg/L 之间,  $\text{NO}_3^-$ -N 浓度稳定地保持在 6 mg/L 以下, NAR 高达 95%以上, COD 去除效率约 62%~80%, PNP 系统运行稳定。

PNP 反应进程可通过调节反应时间、反应过程 DO 及 pH 值进行调控。通过探索,逐步将出水  $\text{NO}_2^-$ -N/ $\text{NH}_4^+$ -N 比值控制在 1.1~2.0 之间,为后续串联厌氧氨氧化工艺做准备。

综上所述,在成功启动短程硝化后,对系统进行约 30 d 的观察,发现在实际合成革废水水质条件下,

短程硝化可实现稳定高效运行;反应进程及出水  $\text{NO}_2^-$ -N/ $\text{NH}_4^+$ -N 比值可通过反应时间、反应过程 DO 及 pH 进行调控。

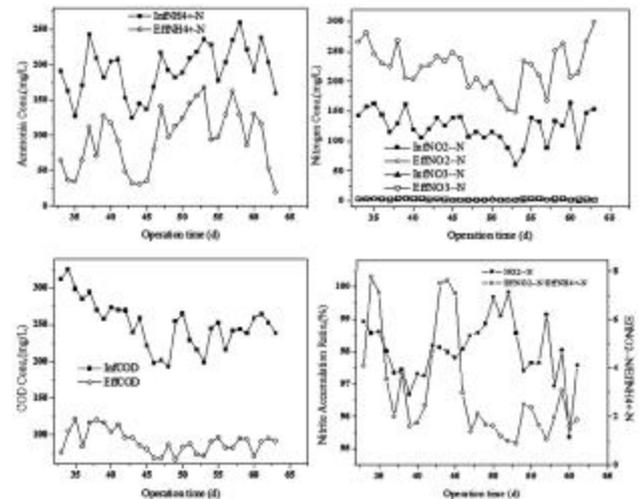


图 5 稳定运行期基质变化曲线

Figure 5 Variation curves of substrate in the stable operation period

由图 5 可见,出水  $\text{NO}_2^-$ -N 浓度随进水氨氮的波动及  $\text{NH}_4^+$ -N 降解的量而变化,基本维持在 180~260 mg/L 之间,  $\text{NO}_3^-$ -N 浓度稳定地保持在 6 mg/L 以下, NAR 高达 95%以上, COD 去除效率约 62%~80%, PNP 系统运行稳定。

## 3 小结

PNP 系统采用有效容积为 1 m<sup>3</sup> 的 SBR 反应器,通过控制系统温度为(33±1) °C,初始 FA 为 10~35 mg/L, DO 约 0.2~0.6 mg/L, pH 值约 7.5~8.3, 30 d 内实现了实际合成革废水(COD 160~580 mg/L,  $\text{NH}_4^+$ -N 260~460 mg/L)短程硝化反应器的成功启动,出水  $\text{NO}_2^-$ -N 浓度约为 200~300 mg/L,  $\text{NO}_3^-$ -N 浓度稳定地保持在 5 mg/L 以下,亚硝酸盐积累率高达 95%以上。PNP 污泥呈土黄色, SEM 观察显示微生物以球菌、丝状菌居多。

合成革废水水质波动大且难降解有机物含量较高,易对自养型的 AOB 菌产生一定的抑制作用。故 SBR 短程硝化系统运行过程中,运行方式宜随着合成革废水水质的季度性变化而变化,当反应器进水 COD 浓度为 700~1 000 mg/L 时,通过调整充水比,可保持 PNP 系统的稳定运行。

当反应器内 AOB 菌群受到抑制时, 加入适量的 NaCl 并进行闷曝, 可刺激其活性恢复。

### 参考文献:

- [1] 吕鑑, 孟凡能, 张树军, 等. 半短程硝化-厌氧氨氧化处理污泥消化液的脱氮研究 [J]. 北京工业大学学报, 2011,37(11): 1737-1742.
- [2] 苏彩丽, 余泳昌, 季宝杰. 短程硝化-厌氧氨氧化生物脱氮研究进展[J]. 环境科学与技术, 2009,32(4): 92-96.
- [3] 孙红芳, 吕永涛, 白平, 等. 短程硝化/厌氧氨氧化联合工艺处理含氨废水的研究[J]. 中国给水排水, 2009,25(3):37-41.
- [4] 高大文, 彭永臻, 王淑莹. 控制 pH 实现短程硝化反硝化生物脱氮技术[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2005,37(12):1664-1666.
- [5] HANAKI K, WANTAWIN C, OHGAKI S. Nitrification at low levels of dissolved oxygen with and without organic loading in a suspended-growth reactor [J]. Water Research, 1990, 24 (3): 297-302.
- [6] 袁林江, 王志盈, 彭党聪, 等. 生物流化床内亚硝酸积累试验[J]. 中国环境科学, 2000, 20(3):207-210.
- [7] FUX C, BOEHLER M, HUBER P, et al. Biological treatment of ammonium-rich wastewater by partial nitrification and subsequent anaerobic ammonium oxidation (anammox) in a pilot plant[J]. Journal of Biotechnology, 2002, 99(3): 295-306.
- [8] SURMACZ G J, CICHON A, MIKSCH K. Nitrogen removal from wastewater with high ammonia nitrogen concentration via shorter nitrification and denitrification [J]. Water Science and Technology, 1997, 36 (10): 73-78.
- [9] 于德爽, 彭永臻, 宋学起, 等. 含海水污水的短程硝化反硝化[J]. 环境科学, 2003, 24 (3): 50-55.
- [10] 刘新梅, 《水和废水监测分析方法》问题探讨[J]. 中国环境监测, 1993, 4 (1): 63-64.
- [11] PENG Y, ZHU G, Biological nitrogen removal with nitrification and denitrification via nitrite pathway[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2006, 73(1): 15-26.
- [12] VLAEMINCK S E, DE H, VERSTRAETE W. Microbial resource management of one-stage partial nitritation/anammox [J]. Microbial Biotechnology, 2012, 5(3): 433-448.
- [13] GE S, WANG S, YANG X, et al. Detection of nitrifiers and evaluation of partial nitrification for wastewater treatment: A review[J]. Chemosphere, 2015(140): 85-98.
- [14] ANTHONISEN A C, LOEHR R C, PRAKASAM T B, et al. Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid[J]. Journal - Water Pollution Control Federation, 1976,48(5): 835-52.

(责任编辑:叶丽娜)

## Study on Pretreatment Synthetic Leather Wastewater by Partial Nitrification Process

HU Jiapeng<sup>1,2</sup>

(1.Fujian Provincial Key laboratory of Eco-Industrial Green Technology(Wuyi University), Wuyishan, Fujian 354300;  
2.College of Ecological and Resources Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** The biological denitrification on synthetic leather wastewater mainly around partial nitrification-denitrification process at present. The denitrification technology with economical and efficiently on synthetic leather wastewater was explored. This paper intends to use partial nitrification process to pretreatment of synthetic leather wastewater. The temperature controlled at  $(33 \pm 1) ^\circ\text{C}$ , the initial free ammonia (FA) is 10-35 mg/L, DO is about 0.2-0.6 mg/L, pH is about 7.5-8.3. The wastewater of synthetic leather successfully achieved partial nitrification within 30 d (COD 160-580 mg/L,  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  260-460 mg/L). In the effluent, the concentration of  $\text{NO}_2-\text{N}$  was about 200-300 mg/L,  $\text{NO}_3-\text{N}$  remained steady at 5 mg/L or less. And the nitrite accumulation rate is about 95%.

**Key words:** synthetic leather wastewater; partial nitrification process; biological denitrification; technology optimization

# 甘油/聚乙二醇复配增塑改性壳聚糖/聚乙烯醇共混膜的研究

简绍菊<sup>1,2,3</sup>, 叶名伟<sup>1</sup>

(1.武夷学院 生态与资源工程学院, 福建 武夷山 354300;  
2.福建省生态产业绿色技术重点实验室(武夷学院), 福建 武夷山 354300;  
3.闽北竹产业公共技术创新服务平台, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**以甘油和聚乙二醇为复配增塑剂,采用流延法制备了甘油/聚乙二醇复配增塑改性的壳聚糖/聚乙烯醇(CS/PVA)共混膜。利用差示扫描量热仪(DSC)、热量分析仪(TGA)、X射线衍射仪(XRD)、红外光谱仪(FTIR)和拉伸性能测试等考察了复配增塑剂含量对共混膜性能的影响。研究表明,复配增塑剂能削弱CS/PVA共混膜氢键作用,使CS/PVA体系结晶性变差,降低CS/PVA的熔融温度和结晶度,对CS/PVA具有优异的增塑效果。力学性能测试结果表明增塑改性后的CS/PVA共混膜的拉伸强度和杨氏模量降低,断裂伸长率增大。甘油/聚乙二醇含量为30%的CS/PVA共混膜的拉伸强度和杨氏模量为33.77、64.24 MPa,分别较纯的CS/PVA共混膜下降了38.74%、79.30%,断裂伸长率为414.13%,较纯的CS/PVA共混膜提高了79.09%。

**关键词:**壳聚糖;聚乙烯醇;增塑;甘油;聚乙二醇

**中图分类号:**TQ325.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2017)06-0007-05

壳聚糖(chitosan, CS)是由甲壳素脱去乙酰基制成的一种无毒无味且具有良好生物可降解和生物相容性的天然高分子化合物,能降血脂、血压和血糖,被广泛应用于生物材料、药物缓释、食品等方面<sup>[1-5]</sup>。然而,壳聚糖存在透光率较低、力学性能不高、韧性小、价格贵等缺点,使其应用受到一定的限制。聚乙烯醇(PVA)是一种可完全降解的亲水性高聚物,具有良好透明性、生物相容性、阻隔性和机械强度。CS分子链上的羟基和氨基均可与PVA分子链上羟基形成氢键,使得两者之间相容性较好<sup>[6]</sup>。因此通过CS与PVA共混改性制备高性能且价格低廉的壳聚糖复合材料

成为拓宽壳聚糖应用的一种有效方法<sup>[7-10]</sup>。CS和PVA通常需要添加一定量的增塑剂来破坏聚合物分子链间的作用力来改善其热塑加工性能。常用的增塑剂有酰胺类、多元醇、醇胺类等低分子量的有机小分子和无机金属盐(氯化镁、硝酸镁)<sup>[11-16]</sup>,而从目前的研究报道来看单一的增塑剂存在与聚合物相容性差或增塑效果不理想等缺点,因此采用安全无毒聚乙二醇和甘油为复配增塑剂,运用流延的方法制备复配增塑改性壳聚糖/聚乙烯醇共混膜,并研究了改性共混膜的热性能、结晶性能和力学性能等。

## 1 实验部分

### 1.1 实验原料

聚乙烯醇(PVA, 1 700±50)和壳聚糖(CS),阿法艾莎化学有限公司;聚乙二醇400和甘油,上海莎恩化学技术有限公司;乙酸,西陇化工股份有限公司;蒸馏水,实验室自制。

收稿日期:2017-03-13

基金项目:武夷学院一般项目(XL201301);福建省大学生创新创业训练项目(201510397033);武夷学院校级科研基金(XL201402)。

作者简介:简绍菊(1985-),女,汉族,讲师,主要从事高分子材料方面研究。

### 1.2 实验设备

红外光谱仪(FTIR),6700,美国热电 Nicolet 仪器公司; 差示扫描量热仪 (DSC),DSC 204, 德国 NET-ZSCH 公司;X 射线衍射仪(XRD),D8 ADVANCE, 德国 BRUKER 公司;热重分析仪(TGA),TG/DTA 6300, 日本精工。

### 1.3 甘油/聚乙二醇复配增塑 CS/PVA 共混膜的制备

将一定量的 CS 加入到 2%乙酸溶液,40 °C 恒温水浴加热 2 h 使其溶解,制得 2% CS/乙酸溶液;称取一定量的 PVA 加入到蒸馏水,于 95 °C 恒温水浴加热机械搅拌 4 h 使其完全溶解,制得 10% PVA/水溶液。

将上述两种溶液按溶液质量比为 1:1 混合,并置于 70 °C 恒温水浴加热机械搅拌 60 min 使其完全混合均匀。然后按照计量加入 10%、20%、30%的甘油/聚乙二醇(3:1),搅拌 2 h 使其完全混合均匀,静置脱泡。将共混液均匀涂覆在洁净的玻璃板,25 °C 风干成膜后,真空干燥。( % 表示的是 CS/PVA 共混膜中添加剂的百分含量,如质量分数 30%代表每 100 g CS/PVA 共混膜中添加的增塑剂为 30 g。)

### 1.4 测试与表征

FTIR 分析,采用全反射模式在 4 000-400  $\text{cm}^{-1}$  范围内直接进行红外分析。TG 测试,取约 10 mg 共混膜,以 10 °C/min 程序升温,在  $\text{N}_2$  保护下测定 30-800 °C 的变化。DSC 测试,取约 5 mg 共混膜,以 10 °C/min 程序升温,在  $\text{N}_2$  保护下测定室温-230 °C 的变化。拉伸测试,在相对湿度为 50%的环境中放置 1 周,力学性能按 GB 13022—91 在室温下于微机控制电子万能试验机上进行测试,试验速率 50 mm/min。XRD 测试,管电压为 30 kV,管电流为 30 mA,辐射源  $\text{CuK}\alpha$ ,扫描范围  $2\theta=5^\circ\sim 50^\circ$ 。

## 2 结果与讨论

### 2.1 FTIR 分析仪

图 1 为纯 CS/PVA 和 30 phr 甘油/聚乙二醇复配增塑改性 CS/PVA 共混膜的红外光谱图。从纯 CS/PVA 的红外图谱上可以看出,在共混膜结构中存在着乙酰氨基( $1\ 650\ \text{cm}^{-1}$ ,酰胺 I, 弯曲振动; $1\ 570\ \text{cm}^{-1}$ ,酰胺 II, 弯曲振动; $1\ 330\ \text{cm}^{-1}$ ,变形振动),-OH 与  $-\text{NH}_2$ ( $3\ 200\sim$

$3\ 600\ \text{cm}^{-1}$ ,伸缩振动)。还有大量的  $-\text{CH}$ ( $1\ 330\ \text{cm}^{-1}$ , 面内弯曲振动)和  $-\text{CH}_2$ ( $2\ 943\ \text{cm}^{-1}$ , 伸缩振动),  $-\text{C}=\text{O}$ ( $1\ 650\ \text{cm}^{-1}$ ,伸缩振动), $\text{C}-\text{C}$ ( $850\ \text{cm}^{-1}$ , 伸缩振动)和  $\text{C}-\text{O}$ ( $1\ 080\ \text{cm}^{-1}$ , 伸缩振动)。壳聚糖的结晶敏感峰在  $664\ \text{cm}^{-1}$  和  $1\ 080\ \text{cm}^{-1}$  处<sup>[17]</sup>,聚乙 烯醇的结晶峰在  $1\ 140\ \text{cm}^{-1}$  处。与纯 CS/PVA 共混膜的红外图谱相比较,改性共混膜中没有出现新的特征吸收峰,说明复配增塑剂的加入并没有引起化学反应。增塑改性后  $3\ 200\sim 3\ 500\ \text{cm}^{-1}$  处羟基和氨基的混合伸缩振动峰逐渐变窄,PVA 在  $1\ 140\ \text{cm}^{-1}$  处结晶峰的强度明显减弱,壳聚糖在  $1\ 080\ \text{cm}^{-1}$  和  $664\ \text{cm}^{-1}$  处的结晶敏感峰分别产生了蓝移和红移现象,这表明增塑剂能降低 CS/PVA 共混膜上的氢键作用强度。

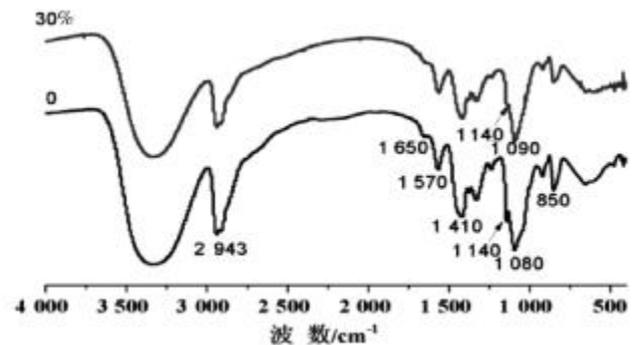


图 1 CS/PVA 和 30%复配增塑剂改性 CS/PVA 共混膜的红外光谱图

Figure 1 Fourier transform infrared spectroscopy of CS/PVA and plasticized with 30% glycerol and poly(ethylene glycol)

### 2.2 甘油/聚乙二醇增塑剂对 CS/PVA 共混膜结晶性能的影响

图 2 为不同含量复配增塑剂改性 CS/PVA 共混膜的 XRD 图。纯 CS/PVA 共混膜在  $2\theta=19.6^\circ$ (101)处出现一个强的特征衍射峰,在  $11.6^\circ$ (100)、 $22.8^\circ$ (200)、 $40.4^\circ$ (111)处出现三个弱的特征衍射峰<sup>[18]</sup>。表 1 列出了不同含量复配增塑剂改性 CS/PVA 共混膜的结晶度值。从表 1 中可以看出,随着复配增塑剂含量的增加,共混膜的结晶度显著减小。这是因为甘油/聚乙二醇体系能削弱共混膜中的氢键作用,使共混膜结晶性变差,结晶度下降。

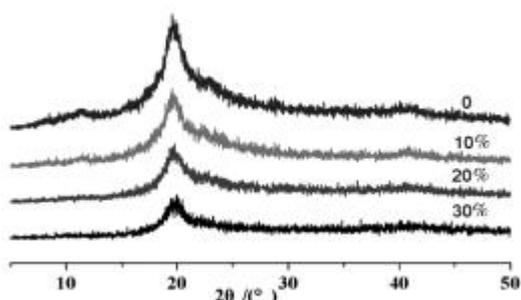


图2 CS/PVA 及复配增塑剂改性 CS/PVA 共混膜的 XRD 图  
Figure 2 XRD cures of CS/PVA modified with different contents of mixed plasticizers

表 1 不同含量复配增塑剂改性 CS/PVA 共混膜的结晶度

Table 1 Crystallinity of CS/PVA modified with different contents of mixed plasticizers

增塑剂含量/%	0	10	20	30
结晶度/%	42.15	30.19	27.58	20.64

### 2.3 甘油/聚乙二醇增塑剂对 CS/PVA 共混膜熔点的影响

增塑改性的 CS/PVA 共混膜的 DSC 曲线如图 3 所示,其熔点列于表 2 中。纯 CS/PVA 共混膜的熔点为 226.9 °C,增塑改性的 CS/PVA 共混膜的熔点随着增塑剂的含量增加而逐渐降低,加入 10%、20%、30%甘油/聚乙二醇复配增塑剂后 CS/PVA 共混膜的熔点分别为 210.7、205.5、200.2 °C。这表明甘油和聚乙二醇分子上的羟基与 CS 和 PVA 分子链上的氨基和羟基相互作用破坏了 CS/PVA 原有的氢键结构,提高了分子链段的移动性,使得共混膜的熔点显著降低,这与 XRD 测试结果相一致。

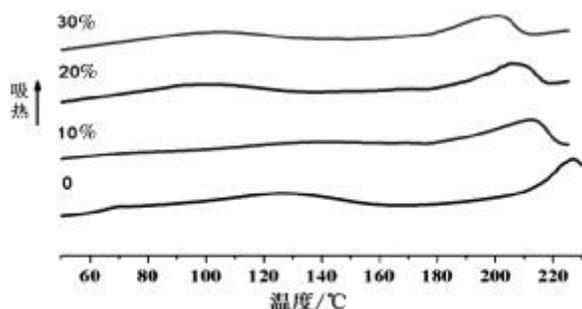


图 3 不同含量复配增塑剂改性 CS/PVA 共混膜的 DSC 曲线  
Figure 3 DSC cures of CS/PVA modified with different contents of mixed plasticizers

表 2 不同含量复配增塑剂改性 CS/PVA 共混膜的熔点

Table 2 DSC date of CS/PVA modified with different contents of mixed plasticizers

增塑剂含量/%	0	10	20	30
熔点 /°C	226.9	210.7	205.5	200.2

### 2.4 甘油/聚乙二醇增塑剂对 CS/PVA 共混膜热稳定性的影响

图 4 是不同含量复配增塑剂增塑后的 CS/PVA 共混膜的热失重曲线。共混膜的热分解反应分为以下 3 个阶段,第 1 阶段是 150 °C 之前水分和醋酸小分子的蒸发;第 2 阶段是 150~300 °C 范围内 PVA 分子间和分子内的脱水缩合反应等;第 3 阶段是 300~800 °C 范围内 CS 和 PVA 主链的降解<sup>[9]</sup>。从图 4 可以看出,加入复配增塑剂后,共混膜的热稳定性有所提高,而甘油和聚乙二醇小分子的挥发和分解导致增塑改性后的 CS/PVA 共混膜起始分解温度降低。

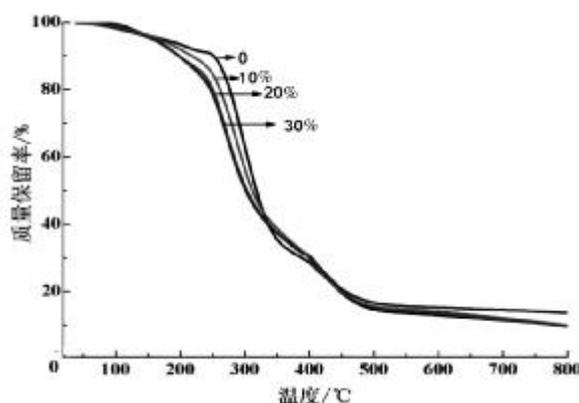


图 4 不同含量增塑剂的 CS/PVA 共混膜的热失重曲线  
Figure 4 TG cures of CS/PVA modified with different contents of mixed plasticizers

### 2.5 甘油/聚乙二醇增塑剂对 CS/PVA 共混膜力学性能的影响

CS/PVA 及增塑改性 CS/PVA 共混膜的力学性能见图 5。纯的 CS/PVA 膜拉伸强度和杨氏模量为分别为 55.13、310.35 MPa,断裂伸长率为 231.24%;加入 30%甘油/聚乙二醇后,CS/PVA 共混膜的拉伸强度和杨氏模量分别降低至 33.77 MPa 和 64.24 MPa,断裂伸长率增加至 414.13%。增塑改性后的 CS/PVA 共混膜的拉伸强度和杨氏模量逐渐降低,断裂伸长率逐渐提高。

可见,甘油/聚乙二醇复配增塑剂对CS/PVA具有显著的塑化作用。

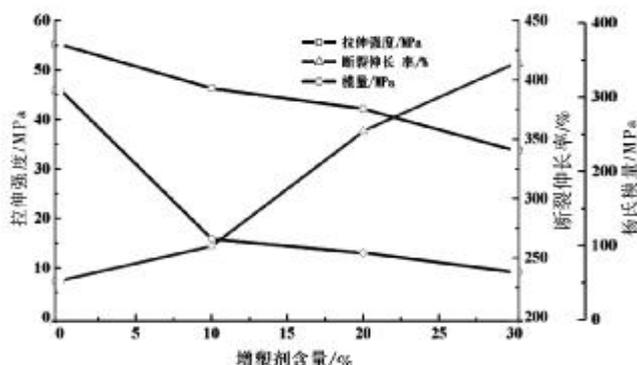


图5 不同复配增塑剂含量对CS/PVA共混膜力学性能的影响

Figure 5 The influence of mixed plasticizers content on mechanical properties of CS/PVA blend films

### 3 结论

甘油/聚乙二醇复配增塑剂加入CS/PVA体系中并没有引起化学反应,而羟基和氨基的伸缩振动峰变窄和PVA及CS的结晶峰的位移偏移明显,这表明甘油/聚乙二醇复配增塑剂削弱了CS/PVA分子链上的氢键作用。加入甘油/聚乙二醇复配增塑剂能提高CS/PVA的热稳定性,破坏其结晶结构,使共混膜的结晶度和熔点下降。随着复配增塑剂含量的增加,CS/PVA共混膜的拉伸强度、模量逐渐降低,而断裂伸长率则逐渐提高,复配增塑剂的含量为30%时对CS/PVA共混膜的增塑效果最佳。

### 参考文献:

- [1] KWEON D K, SONG S B, PARK Y Y. Preparation of water-soluble chitosan/heparin complex and its application as wound healing accelerator[J]. *Biomaterials*, 2003, 24 (9): 1595 - 1601.
- [2] 柴平海, 张文清, 金鑫荣. 低聚壳聚糖功能性质及应用[J]. *大学化学*, 1999, 14(2): 36-40.
- [3] ILLUM L. Chitosan and its use as a pharmaceutical excipient [J]. *Pharmaceutical Research*, 1998, 15(9): 1326-1331.
- [4] THANOU M, VERHOEF J C, JUNGINGER H E. Oral drug absorption enhancement by chitosan and its derivatives [J]. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 2001, 52(2): 117-126.
- [5] 季娟娟, 丁仲娟, 杨雪莲, 等. 壳聚糖缓释膜的制备及性能研究[J]. *华西口腔医学杂志*, 2009 (3): 248-251.
- [6] ZHENG H, DU Y, YU J. Preparation and characterization of chitosan/poly(vinyl alcohol) blend fibers [J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 2001, 80(13): 2558-2565.
- [7] 王国全, 王秀芬. 聚合物改性[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000.
- [8] 章汝平, 丁马太. 聚乙烯醇/壳聚糖共混膜的制备及表征[J]. *功能材料*, 2001, 12(38): 2004-2007.
- [9] 程瑞华. 壳聚糖与聚乙烯醇共混膜和共混纤维的制备及结构与性能研究[D]. 青岛: 青岛大学, 2012.
- [10] HYDER M N, CHEN P. Pervaporation dehydration of ethylene glycol with chitosan-poly(vinyl alcohol) blend membranes: Effect of CS-PVA blending ratios [J]. *Journal of Membrane Science*, 2009, 340(12): 171-180.
- [11] 王茹, 王琪, 李莉, 等. 改性聚乙烯醇的热性能[J]. *塑料工业*, 2002, 30(1): 32-34.
- [12] 李骑伶, 江献财, 代华. 尿素/甲酰胺增塑PVA的性能研究[J]. *塑料工业*, 2012, 40(2): 24-26.
- [13] MA X F, YU J G, WAN J J. Urea and ethanolamine as a mixed plasticizer for thermoplastic starch [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2006, 64(2): 267-273.
- [14] 江献财, 夏超, 张熙, 等. 氯化镁增塑改性聚乙烯醇 [J]. *高等学校化学学报*, 2012, 33(8): 1872-1876.
- [15] 徐斌, 赵乾, 姜黎, 等. 氯化镁与甘油对HES/PVA共混材料结构与性能的影响[J]. *塑料工业*, 2015, 43(6): 61-65.
- [16] 简绍菊, 杨为森, 林维晟. 尿素/硝酸镁复配增塑聚乙烯醇的性能研究[J]. *武夷学院学报*, 2016, 35(9): 21-24.
- [17] 柳明珠, 程熔时, 钱人元. 聚乙烯醇水凝胶溶胀特性研究 [J]. *高分子学报*, 1996(2): 234-239.
- [18] 张园园. 静电纺丝制备壳聚糖聚乙烯醇超细纤维及性能研究[D]. 天津: 天津大学, 2005.
- [19] 王婧, 苑会林, 霍艳丽. 聚乙烯醇热老化机理研究[J]. *北京化工大学学报*, 2005, 32(2): 68-71.

(责任编辑: 叶丽娜)

## Properties of CS/PVA Blend Films Plasticized with Glycerol and Poly(ethylene glycol)

JIAN Shaoju<sup>1,2,3</sup>, YE Mingwei<sup>1</sup>

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

2.Fujian Provincial Key Laboratory of Eco-Industrial Green Technology(Wuyi University), Wuyishan, Fujian 354300;

3.Science and Technology Innovation Public Service Center of Minbei Bamboo Industry, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** The chitosan and polyvinyl alcohol (PVA) blend films had been obtained by solution casting technique using glycerol and PEG 400 as the mixed plasticizers. The properties of blend films modified with different contents of mixed plasticizers are investigated. Thermal properties of blend films are characterized by DSC and TGA. The change of the crystalline of blend film is studied by XRD. The mechanical properties are examined by tensile test. The results indicated that the mixed plasticizer can decrease hydrogen bonding between CS and PVA blend film, destroy the crystalline of the CS/PVA, and reduce the degree of crystallinity and melting points. The tensile strength and modulus of CS/PVA decreases with increase of mixed plasticizers content, while elongation at break increases. The tensile strength and modulus for CS/PVA blend film modified with 30 phr glycerol and poly(ethylene glycol) are 33.77 MPa, 64.24 MPa, 38.74%, 79.30% lower than those of pure CS/PVA blend film, while and elongation at break was 414.13%, 79.09% higher than that of pure CS/PVA blend film.

**Key words:** chitosan; polyvinyl alcohol; plasticization; glycerol; poly(ethylene glycol)

# Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-NaCl-H<sub>2</sub>O 三元水盐体系 在 313 K 的相平衡研究

苏丽曼<sup>1,2</sup>, 江雅娟<sup>1,2</sup>, 蒋桑芬<sup>1,2</sup>, 刘俊劭<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.福建省生态产业绿色技术重点实验室(武夷学院), 福建 武夷山 354300)

**摘要:**采用湿固相法研究 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-NaCl-H<sub>2</sub>O 三元水盐体系在 313 K 条件下的相平衡关系;利用离子色谱测定该体系的溶解度数据,并绘制相图。研究结果表明,利用等温溶解平衡法测定 313 K 时的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-NaCl-H<sub>2</sub>O 溶解度数据,应用湿渣法确定固相组成;利用溶解度数据绘制相图,该体系分为 4 个区,包括纯的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 结晶区、纯 NaCl 的结晶区、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 和 NaCl 的共同结晶区及不饱和区。

**关键词:**Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-NaCl-H<sub>2</sub>O;湿固相法;相图;水盐体系;离子色谱

**中图分类号:**X832 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2017)06-0012-03

水盐体系相图是研究无机盐发生溶解、结晶、分离等相变化过程的重要手段,通过相图的分析可以了解盐类的溶解规律、结晶顺序,还可以通过相图进行物料计算,为化工工艺参数的选定和反应器的设计提供依据<sup>[1-4]</sup>。

硫酸钠、氯化钠和水的三元体系相图是氯化钠制硫酸钠以及硫酸钠-过氧化氢-氯化钠加合物生产的重要的基础数据<sup>[5-7]</sup>。文献表明,硫酸钠在 305.5 K 至 506 K 之间可从水溶液中结晶出斜方晶系无水硫酸钠,高于 506 K 时属于单斜晶系。<sup>[8]</sup>工业上为了得到无结晶水的硫酸钠产品,常将温度控制在 313 K 左右,而目前对于 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-NaCl-H<sub>2</sub>O 在 313 K 处的相平衡数据尚未见报道。

## 1 实验部分

### 1.1 试剂和仪器

碳酸钠、氯化钠、溴化钠、硫酸钠、碳酸氢钠,以上药品均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司生产。

离子色谱仪,IC 6000 安徽皖仪科技有限公司;阴离子色谱柱,SH-AC-1 青岛盛翰色谱技术有限公司;多点磁力搅拌器,IKA/RT10 德国 IKA;恒温槽,DC-0506 上海比朗仪器有限公司;分析天平,BSA224S 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司。

### 1.2 方法

在恒温瓶中加入 20 mL 的去离子水和磁石将其联通到恒温槽上,用精密温度计控制温度,连接好搅拌器,在恒定温度下进行搅拌,加入一定量的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (NaCl),使固体完全溶解。再加入 NaCl(Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)搅拌一段时间,观察晶体是否完全溶解,如果溶解,则继续添加第 2 种盐直至有晶体存在。每隔 1 h 停止搅拌,静置 10 min,取上清液分析,直到连续 2 次测定结果基本一致时,可认为体系达到平衡状态,同时取湿渣样进行分析。

收稿日期:2017-02-05

基金项目:武夷学院青年基金项目(XL1210);福建省大学生创新性实验项目(201410397029)。

作者简介:苏丽曼(1985-),女,壮族,助理实验师,主要从事环境水处理及检测研究。

### 1.3 分析测试方法

离子色谱法测定溶液和湿渣中 Cl<sup>-</sup>和 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>的浓度。离子色谱条件:淋洗液为 3.6 mmol/L Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 和 6.0 mmol/L NaHCO<sub>3</sub> 混合溶液,淋洗液流量为 1.5 mL/min,抑制电流为 75 mA,进样量为 1 mL。

### 1.4 标准曲线的绘制

以淋洗液为稀释液,分别配制 Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>,浓度分别为 2、4、6、8、10 mg/L;内标物 Br<sup>-</sup>的浓度为 4 mg/L,在选定的色谱条件下平行测定 3 次,以与内标物的峰面积比和浓度比绘制标准曲线,其结果如图 1 所示。

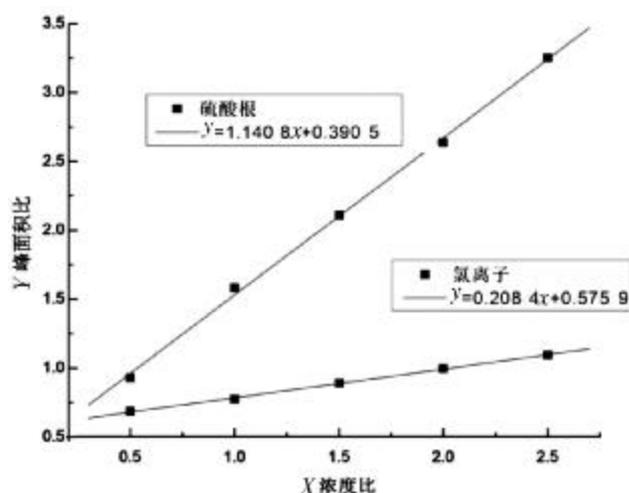


图 1 Cl<sup>-</sup>和 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>标准曲线

Figure 1 Cl<sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> standard curves

按上述方法对混合标准溶液进行测定.在选定的色谱条件下进行测定,以待测离子和内标物的峰面积比为纵坐标,以待测物离子浓度和内标物浓度比为横坐标进行分析线性回归,得方程分别为:氯离子,  $y=0.2084x+0.5759$ ,  $R^2=0.9990$ ;硫酸根离子,  $y=1.1408x+0.3905$ ,  $R^2=0.9992$ 。结果表明,Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>在 2~10 mg/L 范围内线性关系良好。

## 2 结果与讨论

### 2.1 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-NaCl-H<sub>2</sub>O 三元体系的固液平衡

利用等温溶解平衡法测定 313 K 时 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-NaCl-H<sub>2</sub>O 三元水盐体系的溶解度,应用湿固相法确定固相的组成,结果见表 1。

表 1 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-NaCl-H<sub>2</sub>O 三元体系的溶解度

Table 1 Solubility of ternary system of Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-NaCl-H<sub>2</sub>O

编号	w(Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )/ 质量分数%	w(NaCl)/ 质量分数%	平衡固相
1	0	26.78	NaCl
2	3.43	26.13	NaCl
3	5.21	25.38	NaCl
4	9.97	23.69	NaCl
5	10.58	21.86	NaCl
6	14.13	17.19	NaCl + Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
7	14.14	17.18	NaCl + Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
8	18.72	13.56	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
9	21.41	10.25	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
10	26.43	6.71	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
11	29.36	3.38	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
12	32.75	0	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

### 2.2 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-NaCl-H<sub>2</sub>O 相图的绘制与分析

应用等边三角形表示法,利用表 1 中的数据,绘制 313 K 时 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-NaCl-H<sub>2</sub>O 三元水盐体系的相图,如图 2。

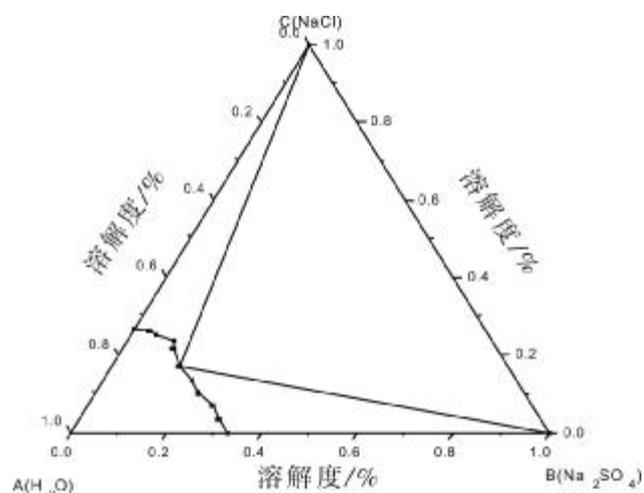


图 2 313 K 时 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-NaCl-H<sub>2</sub>O 三元水盐体系相图

Figure 2 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-NaCl-H<sub>2</sub>O ternary water and salt system phase diagram at 313 K

## 3 结论

采用等温溶解平衡法测定 313 K 时的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-NaCl-H<sub>2</sub>O 溶解度数据,应用湿渣法确定固相组成;利

用溶解度数据绘制相图,结果表明该体系分为4个区,包括纯的 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 结晶区、纯 $\text{NaCl}$ 的结晶区、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 和 $\text{NaCl}$ 的共同结晶区及不饱和区。

### 参考文献:

- [1] 朱巧丽,黄雪莉.-15℃下 $\text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Mg}^{2+}/\text{Cl}^-, \text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 体系相平衡[J].化工学报,2015,66(4):1252-11257.
- [2] 刘宝树,何岩,孙华,等.45℃ $\text{Na}_2\text{SO}_4-\text{MgSO}_4-\text{H}_2\text{O}$ 三元水盐体系相平衡研究[J].河北科技大学学报,2013,34(1):36-39.
- [3] 邓小楠,韩效钊,徐超,等. $\text{FeSO}_4-\text{ZnSO}_4-\text{H}_2\text{O}$ 水盐体系相图及其应用[J].中国土壤与肥料,2014(3):98-101.
- [4] 桑世华,李婷,崔瑞芝.三元水盐体系 $\text{KBr}-\text{K}_2\text{B}_2\text{O}_7-\text{H}_2\text{O}$  348K相平衡研究[J].盐湖研究,2013,21(2):29-32.
- [5] 汤秀华.硫酸钠-过氧化氢-氯化钠加合物的制备[J].无机盐工业,2010,42(2):18-20.
- [6] 王鸿显,李娟,赵红坤,等.硫酸钠-过氧化氢-氯化钠-水四元体系相平衡研究[J].中国井矿盐,2004,35(4):19-22.
- [7] 卢爱军,卢芳仪,屈芸,等.由氯化钠和硫酸制盐酸和硫酸钠的研究[J].盐业与化工.2006,35(5):14-17.
- [8] 《化工百科全书》编辑委员会.化工百科全书[M].北京:化学工业出版社,1996.

(责任编辑:叶丽娜)

## Study on Phase Equilibrium of $\text{Na}_2\text{SO}_4-\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ at 313 K in Ternary Water and Salt System

SU Liman<sup>1,2</sup>, JIANG Yajuan<sup>1,2</sup>, JIANG Sangfen<sup>1,2</sup>, LIU Junshao<sup>1,2</sup>

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

2.Fujian Key Laboratory of Eco-Industrial Green Technology(Wuyi University), Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** The phase equilibrium relationship of  $\text{Na}_2\text{SO}_4-\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$  at 313 K in ternary water and salt system is studied by wet solid phase method;the solubility data of the system are determined by ion chromatography and the phase diagram is plotted.The result of research indicates that the solubility data of  $\text{Na}_2\text{SO}_4-\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$  at 313 K is determined by isothermal dissolution equilibrium method,and the solid phase composition is determined by wet slag method. The phase diagram is drawn by the solubility data, and the system is divided into four regions, including the pure  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  crystallization zone, the crystallization zone of pure  $\text{NaCl}$ , the common crystallization zone and unsaturated zone of  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  and  $\text{NaCl}$ .

**Key words:**  $\text{Na}_2\text{SO}_4-\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ ; wet solid phase method; phase diagram; salt-water system; ion chromatography

# 薏米银耳复合酸奶的工艺研究

黄艳<sup>1</sup>, 尤燕如<sup>1</sup>, 张见明<sup>2</sup>, 杨宇华<sup>1</sup>

(1.武夷学院 茶与食品学院, 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)

**摘要:**以薏米、银耳、脱脂奶粉为主要原料,通过单因素试验和正交试验优化,确定薏米银耳复合酸奶的最佳加工工艺。结果表明,最佳工艺配方为脱脂奶粉添加量 10%,薏米与银耳的比例 9:3,薏米银耳混合浆添加量 40%,CMC-明胶添加量 0.4%,白砂糖添加量 8%,接种量 4%,43℃发酵 4.5h。在此配方条件下可制出组织状态良好、香气协调的薏米银耳复合酸奶。

**关键词:**薏米;银耳;复合酸奶

**中图分类号:**TS252.42 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2017)06-0015-08

薏米(*Coix chinensis*)又称薏苡仁、药玉米、回回米等,是禾本科多年生草本植物薏苡的种仁,在全国各地均有栽培<sup>[1]</sup>。薏米营养价值较高,富含各种营养成分,如蛋白质、脂肪、碳水化合物、无机盐、维生素等,且还含有三萜类化合物、薏苡仁酯、薏米多糖等生物活性成分<sup>[2-3]</sup>。包佩燕等<sup>[4-5]</sup>利用丙酮提取薏苡仁中的薏苡仁酯,发现其具有镇定中枢神经、降血糖、降血压等功效。而薏米中的另一个主要生物活性物质——薏苡多糖,则具有清热、健脾、利湿、抗癌作用<sup>[6]</sup>。银耳,食味鲜美,兼具营养价值与医药作用,其含有的多糖成分具有类似薏米的生理功效。而银耳中含有的胶质,长期食用具有滋阴及润肤的功效。

酸奶是以新鲜牛乳或脱脂乳粉等为原料,经乳酸发酵而成的一种营养丰富的产品,尤其富含钙,特别适合缺钙人群食用。酸奶发酵过程中生成的乳酸,促进胃液的分泌、提高食欲,还能帮助乳糖不耐受人群克服乳糖不耐受,同时它能有效抑制肠道中有害微生物的生长繁殖,对维持肠道健康具有积极作用。

目前国内已见较多关于水果、蔬菜、谷物复配加

工复合酸奶的研究报道<sup>[7-9]</sup>,关于薏米或银耳与其它原料复配加工成酸奶的报道亦见相关报道<sup>[10-13]</sup>,但利用薏米和银耳复配加工成酸奶的研究尚未见报道。

以薏米、银耳和脱脂奶粉为主要原料,通过乳酸发酵,研制出一种兼具薏米、银耳保健功效及酸奶营养价值的复合酸奶,提高了它们单一生产时的市场价值,丰富了市场酸奶的花色品种,同时拓宽了薏米、银耳深加工的利用途径,提高了薏米、银耳的产品附加值。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料与仪器

#### 1.1.1 试验材料

薏米,由福建浦城县米良农副产品直销公司提供,颗粒饱满、无虫蛀、无变质霉烂;银耳,市售,无杂质、色泽金黄、有光泽、朵大体轻、肉质肥厚;脱脂奶粉,市售,新西兰原装进口考拉脱脂奶粉,不含抗生素,理化指标和微生物指标均符合 GB 19644—2010 要求<sup>[14]</sup>;菌种,嗜热乳酸链球菌(*Lactobacillus bulgaricus*)与保加利亚乳杆菌(*Streptococcus thermophilus*)均由武夷学院茶与食品学院微生物实验室分离获得;白砂糖,市售 1 级,符合 GB 317—2006 要求<sup>[15]</sup>;CMC(耐酸型),FH9 中粘,购于上海申光食用化学品有限公

收稿日期:2017-01-18

基金项目:武夷学院青年专项(XQ1207)。

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

司,符合 GB 1904—2005 要求<sup>[16]</sup>;明胶,食品级,购于河南思远生物科技有限公司。

### 1.1.2 试验仪器

SW-CJ-IFD 超净工作台,苏州净化设备有限公司;DHP-9082 型培养箱,上海慧泰仪器制造有限公司;GYB-500-6S 型均质机,上海华东高压均质机厂;Sartorius TE124S 型电子分析天平,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;YXQ-LS-50S11 型高压灭菌锅,上海博讯实业有限公司医疗设备厂;Anke TDL-40B 型离心机,上海安亭科学仪器厂;PHS-25 雷磁 pH 计,上海精密科学仪器有限公司;九阳 JYL-C020E 厨房机械料理机,九阳股份有限公司;海尔 BCD-215KJN 型电冰箱,青岛海尔有限公司;美的 WT2121 电磁炉,美的集团有限公司。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 薏米银耳复合酸奶的加工工艺流程

薏米→清洗→浸泡→水煮→磨浆→薏米浆  
 银耳→清洗→浸泡→切碎→熬煮→过滤→银耳胶  
 脱脂奶粉→脱脂牛奶

白砂糖、  
稳定剂  
↓  
调配→均质→灭菌→冷却→接种→保温发酵→  
冷却→后熟→产品→感官评定

### 1.2.2 加工操作要点

#### 1.2.2.1 菌种的制备

##### ①培养基的制备

称取脱脂奶粉 20 g 于锥形瓶中,加入已冷却至常温的开水 200 mL,混合均匀后得到适于菌种生长的液态脱脂乳培养基。将锥形瓶用报纸包扎好,置于高压灭菌锅中于 115 ℃下灭菌 15 min,经冷却置于 0~5 ℃冰箱中保存备用。

##### ②菌种的活化

将贮藏于冰箱中的液态脱脂乳培养基取出,加热至 43 ℃左右,在无菌条件下挑取一个接种环的量进行接种,再于 43 ℃下培养 6 h,培养完成后取出冷却,置于 0~5 ℃冰箱中储存。

为保证试验过程中对充足菌种的需求,必须使菌

种保持活力。因此实际操作中需反复接种 3~4 次,直至菌种活力稳定。

##### ③发酵剂的扩大培养

在无菌条件下,用移液枪移取 5%的纯培养物于已灭菌(115 ℃,15 min)的脱脂乳中,再置于恒温培养箱中在 43 ℃下培养,待凝固后转移至其他的灭菌脱脂乳中,反复接种 3~4 次,使菌种活力稳定。然后用移液枪移取 3%的母发酵剂于已灭菌(95 ℃,5 min)的脱脂乳中,再冷却至 43 ℃,并于此温度下恒温培养 3 h,待凝固后,凝乳无分层现象、质地均匀、组织细腻、具有典型的乳香味,再将其置于 0~5 ℃冰箱中保存备用。

#### 1.2.2.2 薏米浆的制备

将薏米清洗干净后,以 1:3 的料液比加入沸水浸泡 8 h,使薏米吸水软化,更易煮熟,同时可以促进薏米中植酸的分解,减少植酸对体内蛋白质、镁等营养成分吸收的影响。然后高温水煮 1.5 h,直至汤汁呈粘稠状,再进行磨浆,即可得到粘稠细腻无颗粒感的薏米浆。

#### 1.2.2.3 银耳胶的制备

将银耳清洗干净后,去除杂质、耳蒂,以 1:5 的料液比加入沸水浸泡 8 h,使银耳充分吸水膨胀,便于熬煮。将泡发充分的银耳切成 2 cm×2 cm 大小的碎片,高温熬煮 2.5 h,使之呈粘稠状,再用 100 目的纱布滤去银耳碎片,即可获得银耳胶。

#### 1.2.2.4 调配

根据试验设定比例,准确称取 CMC-明胶的重量,少量多次慢慢加入水中直至完全溶解,使溶液呈粘稠状且不结块,再与薏米浆、银耳胶、10%脱脂乳、白砂糖混合,充分搅拌,使之均匀。

#### 1.2.2.5 均质

将上述调配好的混合原料液加热至 60~70 ℃,在 20 MPa、5 000 r/min 的条件下均质 3 min,即可获得均匀的溶液。

#### 1.2.2.6 灭菌、冷却

密封均质好的料液,置于灭菌锅中于 115 ℃灭菌 15 min,再迅速冷却至 40~45 ℃<sup>[17]</sup>。

#### 1.2.2.7 接种

在无菌条件下用已灭菌的移液枪按试验设定的比例接种,轻微搅动,使接种均匀。

### 1.2.2.8 保温发酵

将接种后的均匀混合物料置于 43 ℃ 的恒温培养箱中培养一定时间,发酵过程中避免振动,以免影响最终成品的组织状态。

### 1.2.2.9 冷却、冷藏

从恒温培养箱中取出发酵好的酸奶,移至 0~5 ℃ 的冰箱中进行后熟 24 h,以促进风味物质的产生并改善成品的口感。

## 1.2.3 单因素试验设计

以感官评价和分层率为考察指标,研究薏米银耳比例、混合浆添加量、发酵剂接种量、CMC-明胶添加量、白砂糖添加量及发酵时间对薏米银耳复合酸奶品质的影响。

### 1.2.3.1 薏米银耳比例的确定

以薏米银耳混合浆的总添加量为 30%,将薏米银耳的比例按 6:6、7:5、8:4、9:3、10:2、11:1 分别加入脱脂奶中,再分别依次加入 CMC 0.3%、明胶 0.1%、白砂糖 7%,于 5 000 r/min 的转速下均质 3 min,再于 115 ℃ 灭菌 15 min,待冷却后在无菌条件下接种 4% 的发酵剂,于 43 ℃ 培养 4.5 h 后对成品进行感官评价及分层率的测定。

### 1.2.3.2 混合浆添加量的确定

固定 1.2.3.1 确定的最佳薏米银耳比例,将薏米银耳混合浆添加量按 20%、30%、40%、50%、60% 分别加入脱脂奶中,再分别依次加入 CMC 0.3%、明胶 0.1%、白砂糖 7%,于 5 000 r/min 的转速下均质 3 min,再于 115 ℃ 灭菌 15 min,待冷却后在无菌条件下接种 4% 的发酵剂,于 43 ℃ 下培养 4.5 h 后对成品进行感官评价及分层率的测定。

### 1.2.3.3 发酵剂接种量的确定

固定 1.2.3.1 确定的最佳薏米银耳的比例以及 1.2.3.2 确定的薏米银耳混合浆添加量的比例,将 CMC 0.3%、明胶 0.1%、白砂糖 7% 分别依次加入脱脂奶中,于 5 000 r/min 的转速下均质 3 min,再于 115 ℃ 灭菌 15 min,待冷却后在无菌条件下接种发酵剂,接种量分别为 2%、3%、4%、5%、6%,于 43 ℃ 下培养 4.5 h 后对成品进行感官评价及分层率的测定。

### 1.2.3.4 CMC-明胶添加量的确定

固定 1.2.3.1 确定的最佳薏米银耳的比例以及

1.2.3.2 确定的薏米银耳混合浆添加量的比例,CMC 与明胶比为 3:1,CMC-明胶的添加量按 0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7% 分别加入脱脂奶中,再加入白砂糖 7%,于 5 000 r/min 的转速下均质 3 min,再于 115 ℃ 灭菌 15 min,待冷却后于无菌条件下按节 1.2.3.3 确定的最佳接种量接种发酵剂,于 43 ℃ 下培养 4.5 h 后对成品进行感官评价及分层率的测定。

### 1.2.3.5 白砂糖添加量的确定

固定 1.2.3.1 确定的最佳薏米银耳的比例以及 1.2.3.2 确定的薏米银耳混合浆添加量的比例,将白砂糖添加量按 6%、7%、8%、9%、10% 分别加入脱脂奶中,再分别依次加入第 1.2.3.4 确定的最佳添加量的 CMC-明胶,于 5000 r/min 的转速下均质 3 min,再于 115 ℃ 灭菌 15 min,待冷却后于无菌条件下按节 1.2.3.3 确定的最佳接种量接种发酵剂,于 43 ℃ 下培养 4.5 h 后对成品进行感官评价及分层率的测定。

### 1.2.3.6 发酵时间的确定

固定 1.2.3.1 确定的最佳薏米银耳的比例以及 1.2.3.2 确定的薏米银耳混合浆添加量的比例,将 1.2.3.4 确定的最佳添加量的 CMC-明胶、白砂糖 7% 分别加入脱脂奶中,于 5 000 r/min 均质机中均质 3 min,再于 115 ℃ 灭菌 15 min,待冷却后于无菌条件下按节 1.2.3.3 确定的最佳接种量接种发酵剂,于 43 ℃ 下分别培养 3.5、4.0、4.5、5.0、5.5 h,对成品进行感官评价及分层率的测定。

以上每组试验均至少进行 3 次重复,结果取平均值。

## 1.2.4 正交试验设计

在单因素试验基础上,选取薏米银耳混合浆添加量、CMC-明胶添加量、发酵时间及接种量作为试验因素,以感官评价为考察指标,通过  $L_9(3^4)$  的正交试验确定薏米银耳复合酸奶加工的最佳工艺参数。

表 1 正交试验因素水平

水平	A	B	C	D
	混合浆添加量/%	CMC-明胶添加量/%	发酵时间/h	接种量/%
1	30	0.3	4.0	4
2	40	0.4	4.5	5
3	50	0.5	5.0	6

注:A 表示混合浆添加量;B 为 CMC-明胶添加量;C 为发酵时间;D 为接种量。

### 1.2.5 评价指标

#### 1.2.5.1 感官评定

参照魏海香等<sup>[7]</sup>感官评价标准,制定出薏米银耳复合酸奶的感官评定标准,采用评分检验法<sup>[9]</sup>对薏米银耳复合酸奶的乳清析出情况、风味、组织状态等方面进行感官评定。评分采取百分制,由10个食品质量与安全专业的学生组成评定小组,按照表2的评定标准进行审评,结果去除最高分和最低分,剩余分数取平均值,保留一位小数,即得到产品最终的感官评价分数。

表2 薏米银耳复合酸奶的感官评定标准

Table 2 The sensory evaluation criteria of coix seed and tremella compound yogurt

指标	标准	得分/分
乳清析出情况 (15分)	无乳清析出	13~15
	有乳清析出	10~12
	有明显乳清析出	5~9
	乳清析出严重	<5
风味 (20分)	具有较浓酸乳和薏米银耳香气	18~20
	酸乳和薏米银耳香气明显	15~17
	酸乳和薏米银耳香气平淡	10~14
	酸乳和薏米银耳香气微弱	<10
组织状态 (30分)	凝乳稳固细腻、均匀一致	27~30
	凝乳较稳固细腻、均匀	24~26
	凝乳粗糙或柔软不成形	20~23
	不成凝乳	<20
滋味 (35分)	酸甜适中、乳酸味浓厚且柔	32~35
	酸甜较适中、乳酸味较浓	29~31
	酸甜一般、酸味较浓或淡	25~28
	酸甜不协调、风味平淡	<25

#### 1.2.5.2 分层率

取制备好的样品于离心管中静置1h,再于3600 r/min转速下离心5min,测定上清液的高度,以分层率A值的大小评价产品的稳定性。分层率的计算公式如下。

$$A = \frac{h}{H} \times 100\% \quad (1)$$

式中:A为分层率(%);h为离心后上清液高度(cm);H为样品的总高度(cm)。

由上式可知,A值越低,酸奶的稳定性越好。

### 1.2.6 数据处理

采用正交助手软件进行数据处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素试验结果分析

#### 2.1.1 薏米银耳比例的确定

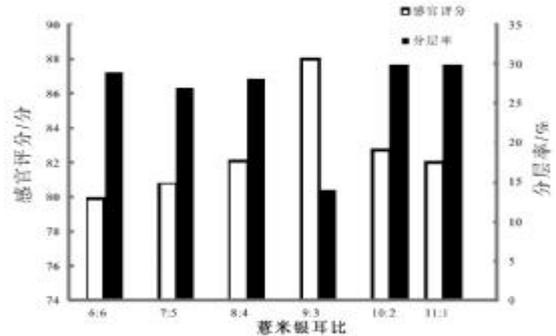


图1 薏米银耳比例对复合酸奶品质的影响

Figure 1 Effects of the ratio of coix seed and tremella on the quality of compound yogurt

由图1可知,随着薏米添加量的不断增加,感官评分逐渐增加,酸奶的凝固稳定性也越来越好,这可能与薏米浆对凝胶结构的影响较大相关。当薏米与银耳的质量比为9:3时,感官评定发现复合酸奶既具有典型的酸奶风味,又具有薏米与银耳的独特清香味,且组织结构、口感均较好,两者之间的协调性达到最佳状态。随着薏米所占比例的继续增大,发现薏米的风味明显掩盖了银耳和牛奶的风味,因此感官评分分值下降。试验过程发现,复合酸奶的分层率之间的差异性较小,因此只要有略微差异,其凝固稳定性就会有所不同。因此,综合产品的感官评分和分层率,薏米与银耳的比例以9:3为宜。

#### 2.1.2 混合浆添加量的确定

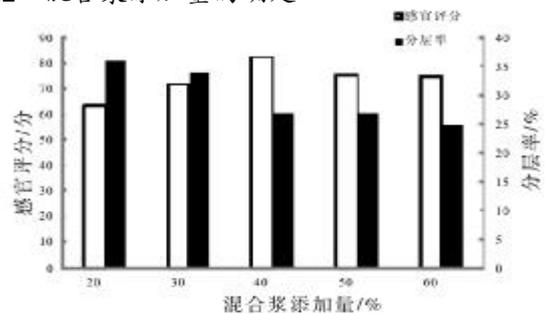


图2 混合浆添加量对复合酸奶品质的影响

Figure 2 Effects of mixed size addition on the quality of compound yogurt

由图 2 可知,随着混合浆添加量的不断增加,感官评分分值呈先上升后降低的趋势。当添加量达到 40% 时,酸奶产品的风味、组织状态均达到最佳状态,乳清析出不显,故感官评分最高,同时对应的分层率也较低;当混合浆添加量高于 40% 时,酸奶的口感略粗糙,混合浆中的薏米银耳香气将乳香掩盖,且过多的混合浆会使酸奶呈暗灰色,外观不佳。因此,综合产品的感官评分和分层率,混合浆适宜添加量为 40%。

### 2.1.3 接种量的确定

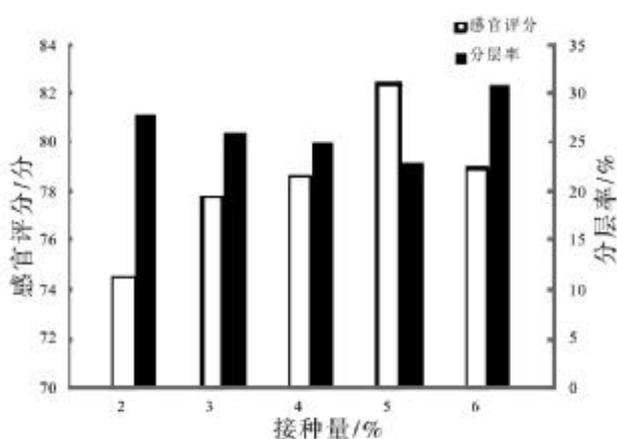


图 3 接种量对复合酸奶品质的影响

Figure 3 Effects of inoculation amount on the quality of compound yogurt

由图 3 可以看出,随着接种量的不断增加,复合酸奶的感官评分逐渐提高,当接种量为 5% 时,感官评分达到最高。接种量直接影响产品的最终酸度,在相同的发酵温度和发酵时间条件下,当接种量小于 5% 时,产酸不足导致组织状态不稳定,出现较严重的乳清析出现象;当接种量为 5% 时,薏米银耳复合酸奶的产酸速度较为缓慢,产酸量较少,使得乳酪蛋白的网状结构形成有充足的时间,同时把水分包裹起来,这样制得的产品其凝固状态相对稳定,整体口感风味最佳;继续增加接种量,由于接种量过多导致产酸量过多且速度过快,使乳酪蛋白所需凝结的时间过短,形成发软的凝块,亦出现乳清严重析出现象<sup>[8]</sup>。因此,综合产品的感官评分和分层率,发酵剂的接种量应选择 5% 为宜。

### 2.1.4 CMC-明胶添加量的确定

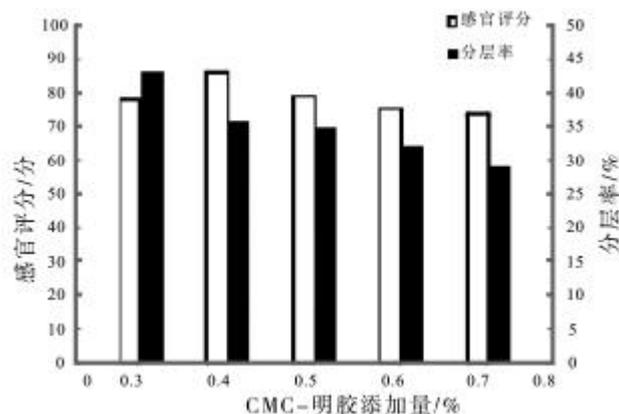


图 4 CMC-明胶添加量对复合酸奶品质的影响

Figure 4 Effects of CMC-gelatin addition on the quality of compound yogurt

为保证酸奶的稳定性,通常需要在加工过程中添加适量的稳定剂。稳定剂主要具有两种基本功能:提高产品的持水性和粘度的稳定性,其最佳食用量及其功能作用机理都直接影响产品的品质<sup>[20]</sup>。本实验选取 CMC 与明胶组成复配稳定剂,参照陈燕<sup>[6]</sup>、刘辉<sup>[21]</sup>等人的研究成果,选取 CMC-明胶之间的最适宜比例为 3:1。由图 4 可知,当稳定剂添加量过少或过多时,薏米银耳复合酸奶的口感、组织状态均较差,感官得分均较低,当其添加量为 0.4% 时,终产品的质地、口感均达到最佳状态,随着稳定剂的继续添加,虽然其分层率下降,但其口感变得过于粘稠,失去了酸奶本身的爽滑感。因此,综合产品的感官评分和分层率,稳定剂 CMC-明胶的添加量应选取 0.4% 为宜。

### 2.1.5 白砂糖添加量的确定

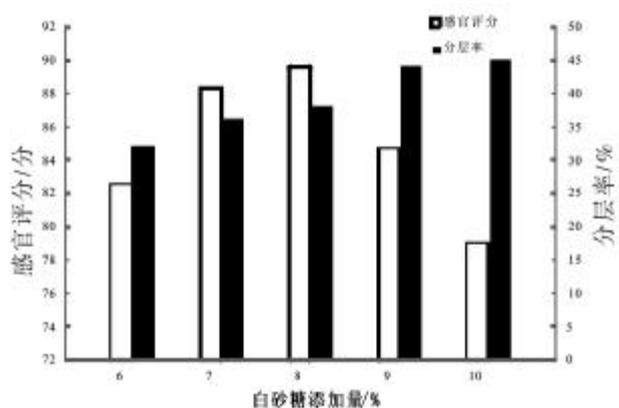


图 5 白砂糖添加量对复合酸奶品质的影响

Figure 5 Effects of white sugar addition on the quality of compound yogurt

由图 5 可知,随着白砂糖添加量的增加,复合酸奶愈来愈甜,感官评分呈现先增后减的趋势。当白砂糖添加量为 8%时,薏米银耳复合酸奶的口感细腻滑爽,酸甜适中,整体风味最佳。继续增加白砂糖的用量,复合酸奶口味过于甜腻,且组织状态不稳定。这是由于糖的过量添加对酸奶本身发酵产生的乳酸味和薏米银耳具有的独特风味进行了掩盖,从而影响了感官品质。同时,糖的过量增加会对发酵剂——保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌的生长产生抑制作用,并延长发酵时间,导致酸奶的组织状态不如添加量为 8%时稳定,其整体风味变差,感官评分降低。因此,综合产品的感官评分和分层率,白砂糖添加量应选择 8%为宜。

### 2.1.6 发酵时间的确定

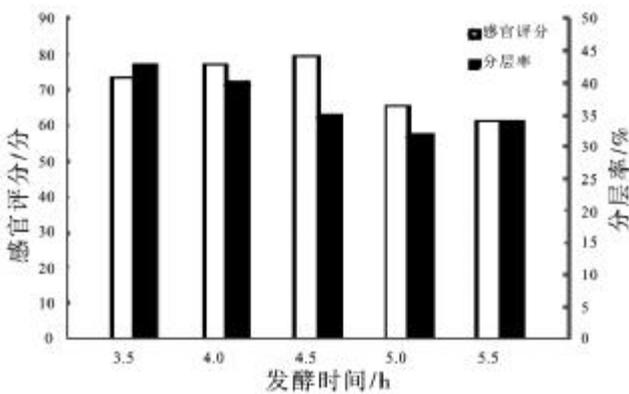


图 6 发酵时间对复合酸奶品质的影响

Figure 6 Effects of fermentation time on the quality of compound yogurt

由于本次试验设置的发酵时间不同,为了尽量减少试验误差,使五组试验结束的时间相同,以保证酸奶冷藏后熟的起始结束时间一致。试验过程发现,在其他试验变量均一致的情况下,发酵时间的不断延长,酸奶的酸度及其黏稠度有所增加。由图 6 可知,复合酸奶的感官评分呈现先增后减的趋势。当发酵时间为 4.5 h 时,酸奶的酸度及黏稠度最适宜,整体风味及口感均达到最佳状态。随着发酵时间的继续增加,酸奶乳清析出严重,其组织状态变得粗糙甚至形成蜂窝状,并且酸味越来越大,口感不佳。因此,综合产品的感官评分和分层率,选择发酵时间应选择 4.5 h 为宜。

## 2.2 正交试验结果分析

表 2 薏米银耳复合酸奶的正交试验结果及直观分析

Table 2 Orthogonal experiment results and analysis of coix seed and tremella compound yogurt

试验号	因素				感官评分
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	74.3
2	1	2	2	2	77.6
3	1	3	3	3	76.2
4	2	1	2	3	83.5
5	2	2	3	1	91.0
6	2	3	1	2	81.2
7	3	1	3	2	78.8
8	3	2	1	3	86.4
9	3	3	2	1	88.7
k <sub>1</sub>	76	78.9	80.6	84.7	—
k <sub>2</sub>	85.2	85	83.3	79.2	—
k <sub>3</sub>	84.6	82	82	82	—
R	9.2	6.1	1.4	5.5	—
最优水平	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	—

注:表中的 k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, k<sub>3</sub> 为均值

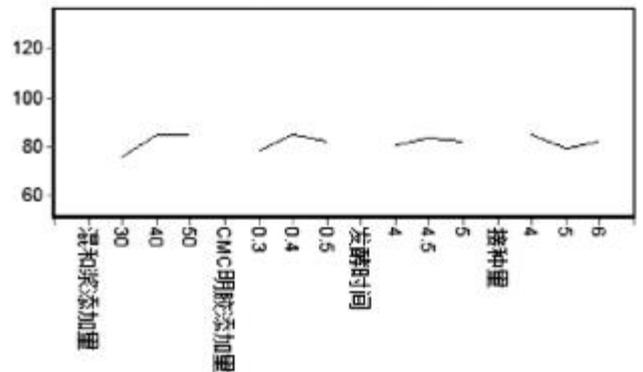


图 7 正交试验效应曲线

Figure 7 The orthogonal experiment effect curve

由表 2 中的极差分析可以看出,  $R_A > R_B > R_D > R_C$ , 即四个因素对薏米银耳复合酸奶的感官品质影响程度由大到小依次为: 混合浆添加量、CMC-明胶添加量、接种量、发酵时间。从效应曲线图可以看出  $A_2B_2C_2D_1$  为最优组合, 即薏米银耳复合酸奶的最佳工艺参数为: 混合浆添加量 40%, CMC-明胶添加量 0.4%, 接种量 4%, 发酵时间 4.5 h。

### 2.3 验证试验

因薏米银耳复合酸奶的最佳工艺组合  $A_2B_2C_2D_1$

不在 9 组正交试验中,因此对此组合进行了验证试验。按最佳工艺条件进行三组平行试验,感官评分结果均值为 92.0 分,高于此次正交的所有试验组。

## 2.4 产品质量分析

根据正交试验的最佳工艺配方制得的薏米银耳复合酸奶产品具有以下特点:色泽乳白,无乳清析出,具有典型的酸乳风味和独特的薏米银耳香气,凝乳稳固细腻,均匀一致,酸甜适中,乳酸味浓厚且柔爽。

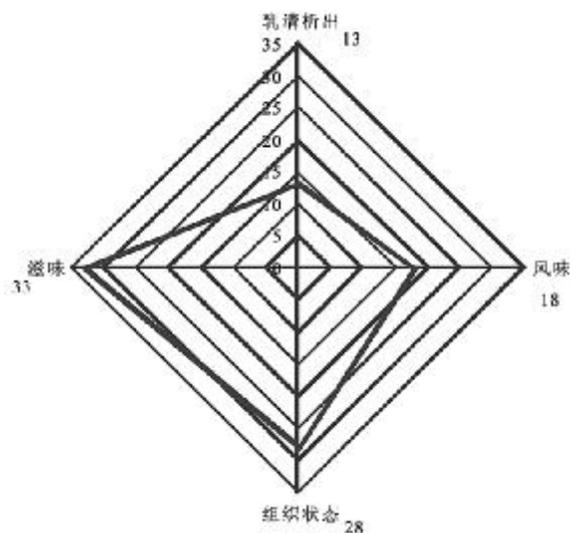


图 8 薏米银耳复合酸奶的风味剖面图

Figure 8 Flavor profile analysis diagram of coix seed and tremella compound yogurt

## 3 结论

在本试验设计范围内,综合单因素及正交试验,确定了薏米银耳复合酸奶的最佳加工工艺为:脱脂奶粉添加量为 10%,薏米银耳的比例 9:3,薏米银耳混合浆添加量 40%,CMC-明胶添加量 0.4%、白砂糖添加量 8%,发酵剂接种量 4%,于 43 ℃下发酵 4.5 h。在此条件下加工的酸奶呈乳白色,具有光泽感,酸甜适中,口感细腻爽滑,具有薏米及银耳的香气和酸奶的特殊风味,组织状态稳定,为兼具保健功能与营养价值的一种新型乳制品。

## 参考文献:

[1] 刘月好.薏米的营养及在食品中的开发应用[J].食品科技,

2003 (9):47-49.

- [2] 庄玮婧,吕峰,郑宝东.薏米营养保健功能及其开发应用[J].福建轻纺,2006(11): 103-106.
- [3] 刘春兰,周宜君,周恒彦,等.薏苡的开发和利用[J].中央民族大学学报(自然科学版), 2001(2):182-185.
- [4] 包佩燕,梁雪,王一波.薏苡仁酯的波谱表征及量子化学研究[J].计算机与应用化学, 2008 (2): 46-48.
- [5] 赵素霞,程再兴,李连珍,等.薏苡仁药理研究新进展[J].河南中医, 2004(2): 83-84.
- [6] 陈燕,曾艺琼. 薏苡仁保健酸奶的工艺研究[J].中国酿造, 2008(22): 34.
- [7] 吴耀辉,刘丹君,陈建华.龙眼大豆保健酸奶的研制[J].经济林研究,2014, 32(4): 135-139.
- [8] 邹磊.樱桃番茄保健酸奶的研制[J].江苏农业科学,2013, 41 (1): 267-268.
- [9] 董道顺.木瓜,山楂复合型保健酸奶的研制[J].贵州农业科学, 2013, 40(12): 187-190.
- [10] 尚宏丽,付莉.薏米和糯米混合发酵酸奶研究[J].安徽农业科学,2011(2): 840-842.
- [11] 马川兰,郭志芳.红豆薏米复合保健酸奶的工艺研究[J].中国食物与应用,2014,20(8):61-63.
- [12] 杨柳,尤丽新,张英楠.银耳枣汁酸奶工艺参数的优化[J].北京农业,2014(33):4.
- [13] 王玉心,王团团,王馨研,等.搅拌型枸杞银耳酸奶的研制[J].中国林副特产,2012(2):7-10.
- [14] GB 19644—2010,食品安全国家标准:乳粉[S].北京:中国标准出版社,2010.
- [15] GB 317—2006,白砂糖[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [16] GB 1904—2005,食品添加剂:羧甲基纤维素钠[S].北京:中国标准出版社,2005.
- [17] 魏海香,梁宝东,李湘利,等.菱角-莲子酸奶的生产工艺研究[J].中国酿造, 2014, 33(8): 172-176.
- [18] 包维臣,陈霞,邵玉宇,等.保加利亚乳杆菌与嗜热链球菌共生机理的研究进展[J].中国乳品工业, 2011, 39(12): 20-23.
- [19] 王栋,李崎.食品感官评价原理与技术[J].2001, 12(8): 87-90.
- [20] 倪辉,杨远帆.蜂蜜酸奶的研制[J].食品科学, 2002, 23(9): 71-74.
- [21] 刘辉.乳饮料稳定机理及其复配稳定剂的研究[D].西安:陕西科技大学, 2008.

(责任编辑:叶丽娜)

## A Study on the Technology of Compound Yogurt of Coix Seed and Tremella

HUANG Yan<sup>1</sup>, YOU Yanru<sup>1</sup>, ZHANG Jianming<sup>2</sup>, YANG Yuhua<sup>1</sup>

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

2. College of Ecology and Resource Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** Using coix seed, tremella and skim milk powder as the main raw material, the best technology of compound Yoghurt of Coix seed and Tremella was determined by single factor and orthogonal tests optimization. The results indicated that the optimum formulas were determined as follows: skim milk powder 10%, the ratio of coix seed and tremella 9:3, mixed addition of coix seed and tremella 40%, CMC-gelatin 0.4%, sugar 8%, inoculum 4%, fermentation temperature 43°C and fermentation time 4.5h. Under these conditions, the yoghurt had good texture and aroma coordination.

**Key words:** coix seed; tremella; compound yoghurt

# 化学法提取竹笋加工废弃物中膳食纤维的研究

王昕岑<sup>1,2</sup>, 张 静<sup>1,2</sup>, 王淑培<sup>1,2</sup>, 林真真<sup>1</sup>, 李向安<sup>3</sup>

(1.武夷学院 茶与食品学院, 福建 武夷山 354300; 2.中国乌龙茶产业协同创新中心, 福建 武夷山 354300;  
3.福建出入境检验检疫局武夷山办事处, 福建 武夷山 354300)

**摘 要:**以竹笋头、竹笋壳为原料,采用碱液和酸液浸泡的化学法提取膳食纤维,通过单因素试验与正交试验对提取工艺进行优化,得到最佳的工艺参数,即笋头及笋壳的碱液提取条件为:pH 值为 12,料液比 1:20,温度 70 ℃,时间 80 min;酸液提取条件:笋头的 pH 值为 2,料液比为 1:10,温度为 50 ℃,时间为 100 min;笋壳的 pH 值为 2,料液比为 1:10,温度为 50 ℃,时间为 120 min。

**关键词:**竹笋;膳食纤维;加工废弃物;化学法

**中图分类号:**TQ917 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2017)06-0023-07

竹笋是我国的传统美食之一,其营养价值丰富,肉质鲜嫩,食用起来甜脆爽口。竹笋富含膳食纤维,膳食纤维具备许多生理功能,其不仅可以降血糖、助消化,还可有效降低血脂及防止癌症的发生。相关研究表明,竹笋的加工废弃物中含有大量的纤维素、半纤维素以及木质素<sup>[1-3]</sup>。但目前在我国,竹笋加工废弃物的资源并未被合理利用。

目前已知的膳食纤维提取方法有化学法<sup>[4]</sup>和发酵法<sup>[5-7]</sup>,化学法提取膳食纤维成本较低<sup>[8-9]</sup>,适宜工业化生产。本研究以竹笋加工废弃物的笋头及笋壳为原材料,对其进行干燥后再利用化学法提取膳食纤维。为解决竹笋加工废弃物造成的堆积问题提供了一定参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验原料及试剂

竹笋废弃物(笋头、笋壳)为福建古田市售马蹄笋处理所得,用清水洗净、切片,置于 60 ℃干燥箱中烘干 12 h,粉碎,过 20 目筛,密封保存,备用。NaOH、HCl 均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

Neofuge23R 台式高速冷冻离心机,上海力申公司;FZ102 微型植物粉碎机,天津市泰斯特公司;HH-S4 数显恒温水浴锅,常州中捷公司;分析天平,上海奥豪斯公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 竹笋废弃物膳食纤维的提取

分别称取 2 g 左右过筛后的竹笋壳、竹笋头粉末,调节料液比(1:5、1:10、1:15、1:20、1:25)、碱溶液 pH 值(9、10、11、12、13)、浸提温度(40、50、60、70、80 ℃)和时间(60、80、100、120、140 min),提取竹笋废弃物中的膳食纤维,并在 20 ℃下 5 000 rpm/min 离心 20 min,重复离心 3 次。取滤渣,调节料液比(1:5、1:10、1:15、1:20、1:25)、酸溶液 pH 值(1、2、3、4、5)、浸提温度(40、50、60、70、80 ℃)和时间(60、80、100、120、140 min)再次提取其中的膳食纤维,并在 20 ℃下 5 000 rpm/min

收稿日期:2017-03-03

基金项目:福建省教育厅科技项目(JA14313);南平市科技计划项目(N2014D07);福建省科技厅引导性项目(2016Y0076);中国乌龙茶产业协同创新中心项目(闽教科[2015]75号)。

作者简介:王昕岑(1990-),女,汉族,助教,主要从事食品化学与营养支持方面研究。

通讯作者:张静(1982-),女,汉族,讲师,主要从事食品科学及食品微生物方面研究。

离心 20 min,重复离心 3 次。将经上述处理过的笋头笋壳的滤渣放置在 70 °C 电热恒温鼓风干燥箱中,设置温度 70 °C,干燥时间约 12 h,粉碎,过 60 目筛,最后获得膳食纤维。

### 1.3.2 膳食纤维提取率计算

$$\text{膳食纤维提取率}(\%) = (\text{所得膳食纤维质量} / \text{样品质量}) \times 100\% \quad (1)$$

### 1.3.3 提取工艺的优化

选取碱液 pH 值、提取时间、料液比、提取温度为 主要影响因素,以膳食纤维的提取率为参考指标进行单因素实验,并在此基础上,选用  $L_9(3^4)$  正交表,以确定竹笋废弃物的膳食纤维提取最佳工艺参数。笋壳粉碎物的工艺参数与提取方法和笋头粉碎物一致。

## 2 结果与分析

### 2.1 碱液提取单因素对竹笋废弃物膳食纤维提取率的影响

#### 2.1.1 碱液 pH 值

在不同的碱液 pH(9、10、11、12、13)下,固定提取时间为 100 min,料液比为 1:15,温度为 60 °C。酸液提取条件为:pH 值为 2,时间为 100 min,料液比为 1:15,温度为 60 °C,以膳食纤维提取率为衡量标准进行实验,结果见图 1。

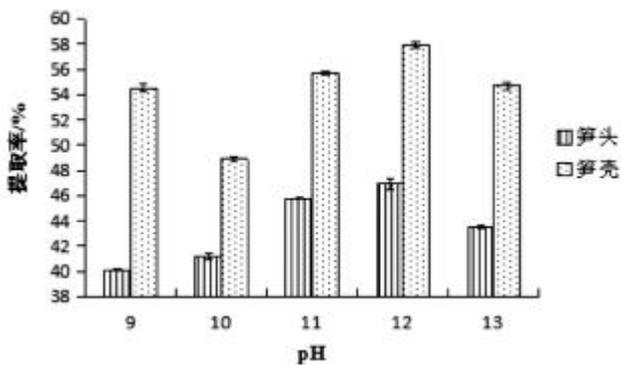


图 1 碱液提取 pH 值对膳食纤维提取率的影响  
Figure 1 Effect of alkaline solution pH on the yield of dietary fiber

如图 1 所示,pH 值较低时,笋壳中膳食纤维的提取率略高,可能由于低浓度碱液无法让笋壳中蛋白质

等物质与纤维素完全分离,造成了提取率较大的一种假象。随着 pH 值的增加,笋头和笋壳中膳食纤维的提取率均呈现先增加后降低的变化趋势,这是由于在 pH 值较高的时候,破坏了纤维素与半纤维素间的氢键,从而提取率的增加;但当 pH 继续升高,高浓度碱液的破坏性增强,膳食纤维溶解度增加,因此提取率开始降低<sup>[9]</sup>。因此,较优的碱液提取 pH 值为 12。

#### 2.1.2 碱液提取时间

选取不同的碱液提取时间(60、80、100、120、140 min),固定碱液 pH 值为 12,温度为 60 °C,料液比为 1:15。酸液提取条件为:pH 值为 2,时间为 100 min,料液比为 1:15,温度为 60 °C,以膳食纤维提取率为衡量标准进行实验,结果如图 2。

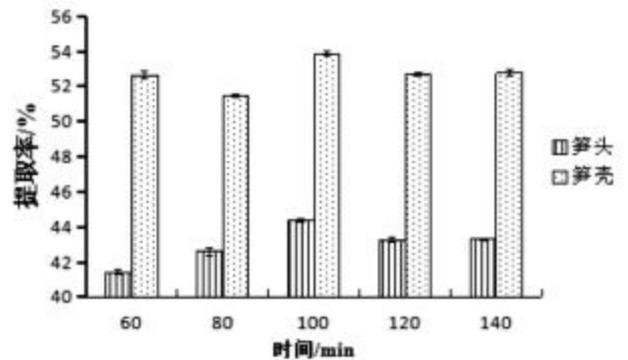


图 2 碱液提取时间对膳食纤维提取率的影响  
Figure 2 Effect of alkaline extracting time on the yield of dietary fiber

图 2 表明,随着碱液提取时间的增加,笋头和笋壳中膳食纤维的提取率增加,当提取时间为 100 min 时,笋壳、笋头中的膳食纤维提取率均达到最大值。继续增加萃取时间,笋头和笋壳的提取率均呈现下降趋势,可能是由于浸泡时间过长,膳食纤维发生水解,从而提取率降低<sup>[9]</sup>。因此,较优的碱液提取时间为 100 min。

#### 2.1.3 碱液料液比

在不同的碱液料液比(1:5、1:10、1:15、1:20、1:25)条件下,固定碱液 pH 为 12,时间为 100 min,温度为 60 °C。酸液提取条件为:pH 值为 2,时间为 100 min,料液比为 1:15,温度为 60 °C,以膳食纤维提取率为衡量标准进行实验,结果如图 3。

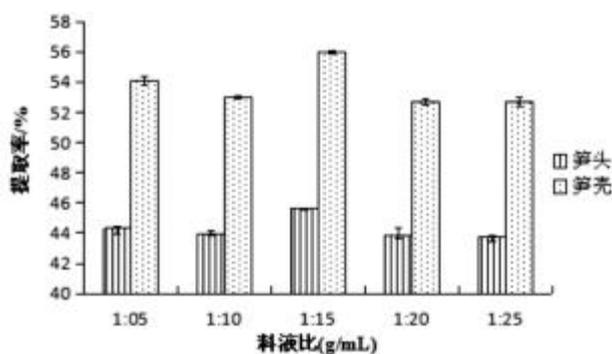


图3 碱液提取料液比对膳食纤维提取率的影响

Figure 3 Effect of material-liquid ratio on the yield of dietary fiber

图3表明,随着提取中碱液体积不断增加,笋头、笋壳的提取率整体呈现先升高后下降的趋势。碱液料液比在1:5时笋头、笋壳提取率均略高,此时可能因为碱液与原料料液比过小,物料在溶液中吸水呈现糊状,无法充分接触碱溶液,使得提取率出现偏高假象<sup>[2]</sup>。料液比为1:15时,笋头、笋壳的膳食纤维提取率最高。而随后增加碱液体积时,笋头、笋壳的膳食纤维提取率下降,可能是料液比过大导致原料中部分的膳食纤维也被分解。因此,较优的碱液提取料液比为1:15。

#### 2.1.4 碱液提取温度

选取不同的碱液提取温度(40、50、60、70、80℃),固定碱液pH值为12,时间为100min,料液比为1:15。酸液提取条件为:pH值为2,时间为100min,料液比为1:15,温度为60℃,以膳食纤维提取率为衡量标准进行实验,结果见图4。

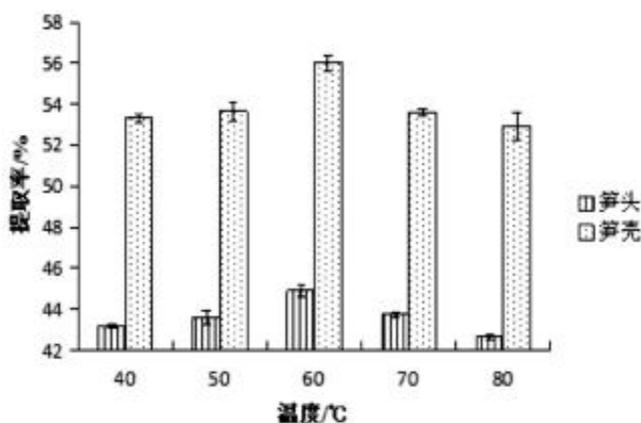


图4 碱液提取温度对膳食纤维提取率的影响

Figure 4 Effect of alkaline extracting temperature on the yield of dietary fiber

图4表明,笋头、笋壳均在40~60℃时提取率随

温度的增加而增大,大于60℃提取率呈下降趋势。温度较低时,温度升高促进了纤维素与碱液发生反应;而温度过高则可能会破坏膳食纤维结构<sup>[13]</sup>。因此,较优的碱液提取温度为60℃。

#### 2.1.5 碱液提取正交试验结果分析

在单因素试验基础上,选择碱液提取pH值(A)、碱液提取时间(B)、料液比(C)和温度(D)这4个因素,选用 $L_9(3^4)$ 正交表,以确定笋头、笋壳碱液提取的最佳工艺参数。正交试验因素水平设置见表1,笋头碱液提取正交试验结果见表2。

表1 碱液提取正交试验 $L_9(3^4)$ 因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal experiment

因素水平	by alkaline extraction			
	A pH	B t/min	C 料液比/(g/mL)	D /°C
1	11	80	1:10	50
2	12	100	1:15	60
3	13	120	1:20	70

表2 笋头碱液提取正交试验直观分析表

Table 2 Results of orthogonal test for bamboo shoots

因素	head by alkaline extraction				膳食纤维提取率/%
	A pH	B t/min	C 料液比/(g/mL)	D /°C	
试验1	1(11)	1(80)	1(1:10)	1(50)	43.57
试验2	1	2(100)	2(1:15)	2(60)	43.62
试验3	1	3(120)	3(1:20)	3(70)	44.05
试验4	2(12)	1	2	3	45.26
试验5	2	2	3	1	44.95
试验6	2	3	1	2	44.83
试验7	3(13)	1	3	2	40.57
试验8	3	2	1	3	40.52
试验9	3	3	2	1	38.87
均值 $k_1$	43.747	43.133	42.973	42.463	—
均值 $k_2$	45.013	43.030	42.583	43.007	—
均值 $k_3$	39.987	42.583	43.190	43.277	—
极差R	5.026	0.550	0.607	0.814	—

从表 2 可以看出,对于笋头各因素对膳食纤维提取率影响的大小顺序为 A>D>C>B,即 pH 值 >温度>料液比>时间,笋头最佳碱液提取条件为 A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>3</sub>D<sub>3</sub>,即 pH 值为 12,时间为 80 min,料液比为 1:20,温度为 70 ℃。

表 3 笋壳碱液提取正交试验直观分析表

Table 3 Results of orthogonal test for bamboo shoots shell by alkaline extraction

因素	A	B	C	D	膳食纤维提取率/%
	pH	t/min	料液比/(g/mL)	/℃	
试验 1	1(11)	1(80)	1(1:10)	1(50)	53.89
试验 2	1	2(100)	2(1:15)	2(60)	54.23
试验 3	1	3(120)	3(1:20)	3(70)	54.55
试验 4	2(12)	1	2	3	55.38
试验 5	2	2	3	1	55.18
试验 6	2	3	1	2	55.05
试验 7	3(13)	1	3	2	51.54
试验 8	3	2	1	3	51.15
试验 9	3	3	2	1	50.39
均值 k <sub>1</sub>	54.223	53.603	53.363	53.153	—
均值 k <sub>2</sub>	55.203	53.520	53.333	53.607	—
均值 k <sub>3</sub>	51.027	53.330	53.757	53.693	—
极差 R	4.176	0.273	0.424	0.540	—

极差的大小反映了各因素对指标影响的程度,从表 3 可以看出,对于笋壳各因素对膳食纤维提取率影响的大小顺序为 A>D>C>B,即 pH 值>温度>料液比>时间,笋壳选择最佳碱液提取条件为 A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>3</sub>D<sub>3</sub>,即 pH 值为 12,时间为 80 min,料液比为 1:20,温度为 70 ℃。

## 2.2 酸溶液提取单因素对竹笋废弃物膳食纤维提取率的影响

### 2.2.1 酸溶液 pH 值

在不同的酸溶液 pH(1、2、3、4、5)下,固定提取时间为 100 min,料液比为 1:15,温度为 60 ℃,碱液提取条件为:pH 值为 12,时间为 80 min,料液比为 1:20,温度为 70 ℃,以膳食纤维提取率为衡量标准进行实验,

结果见图 5。

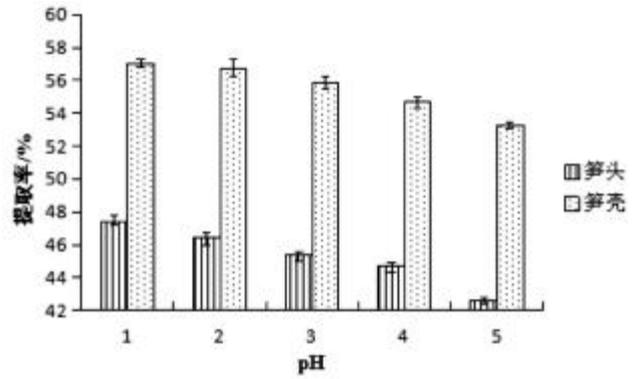


图 5 酸液提取 pH 值对膳食纤维提取率的影响

Figure 5 Effect of acid solution pH on the yield of dietary fiber

图 5 表明,笋头和笋壳膳食纤维的提取率随着 pH 值的增大而逐渐下降,可能原因是在 pH 值较低的时候原料中的淀粉、果胶等物质会发生水解<sup>[14]</sup>,有利于膳食纤维的提取;当提取液 pH 值增大,酸溶液浓度降低,导致膳食纤维的提取率下降。因此,较优的酸液提取 pH 值为 2。

### 2.2.2 酸溶液提取时间

选取不同的酸溶液提取时间(60、80、100、120、140 min),固定酸溶液 pH 值为 2,温度为 60 ℃,料液比为 1:15,碱液提取条件为:pH 值为 12,时间为 80 min,料液比为 1:20,温度为 70 ℃,以膳食纤维提取率为衡量标准进行实验,结果如图 6。

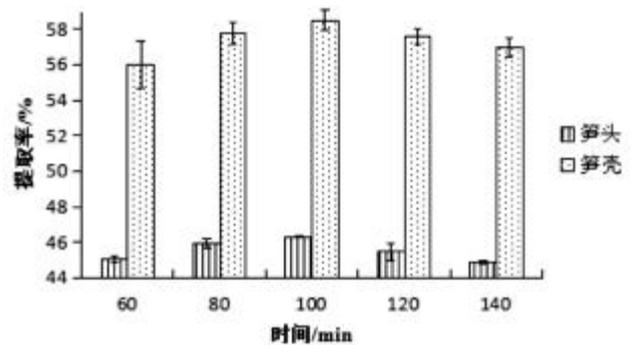


图 6 酸液提取时间对膳食纤维提取率的影响

Figure 6 Effect of acid extracting time on the yield of dietary fiber

图 6 表明,笋头、笋壳中膳食纤维的提取率随提取时间的增加呈现先增加后下降的趋势,在 100 min 时,膳食纤维的提取率最高。此后随着时间的增加膳食纤维的提取率呈下降趋势,可能是由于提取时间过长,部分膳食纤维出现水解,导致提取率的降低<sup>[15]</sup>。因

此,较优的酸液提取时间为 100 min。

### 2.2.3 酸溶液料液比

在不同的酸溶液料液比(1:5、1:10、1:15、1:20、1:25)条件下,固定酸溶液 pH 值为 2,时间为 100 min,温度为 60 ℃,碱液提取条件为:pH 值为 12,时间为 80 min,料液比为 1:20,温度为 70 ℃,以膳食纤维提取率为衡量标准进行实验,结果如图 7。

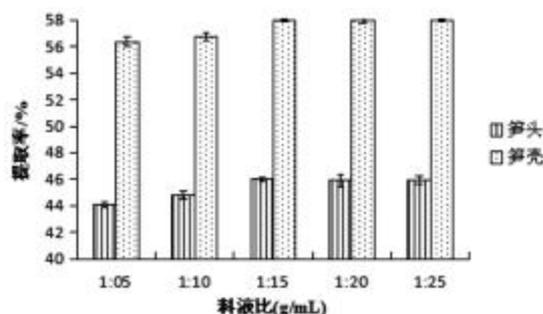


图 7 酸液提取料液比对膳食纤维提取率的影响

Figure 7 Effect of material-liquid ratio on the yield of dietary fiber

图 7 表明,酸液提取料液比从 1:5 增至 1:15 时,笋头、笋壳提取率也随之增大,而大于 1:15 时,提取率趋于平缓。原因是当料液比达到 1:15 时,其中的酸液已跟反应物充分接触,从而再增加料液比,膳食纤维提取率没有明显的变化。因此,较优的酸液提取料液比为 1:15。

### 2.2.4 酸溶液作用温度

选取不同的酸溶液作用温度(40、50、60、70、80 ℃),固定酸溶液 pH 值为 2,时间为 100 min,料液比为 1:15,碱液提取条件为:pH 值为 12,时间为 80 min,料液比为 1:20,温度为 70 ℃,以膳食纤维提取率为衡量标准进行实验,结果见图 8。

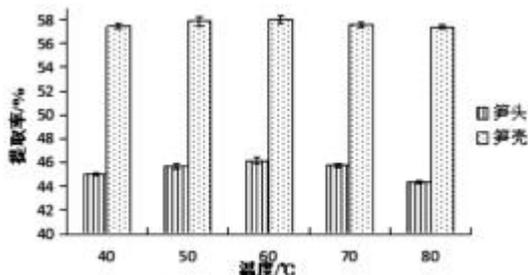


图 8 酸液提取温度对膳食纤维提取率的影响

Figure 8 Effect of acid extracting temperature on the yield of dietary fiber

图 8 表明,笋头和笋壳在 40~60 ℃时提取率随着

碱液提取温度的增加而增大,超过 60 ℃时,膳食纤维的提取率呈下降趋势,可能是由于温度升高,膳食纤维的结构被破坏,从而导致了提取率的下降。因此,较优的酸液提取温度为 60 ℃。

### 2.2.5 酸液提取正交试验结果分析

在单因素试验基础上,选择酸液提取 pH 值(A)、酸液提取时间(B)、料液比(C)和温度(D)这 4 个因素。选用  $L_9(3^4)$  正交表,以确定碱液提取的最佳工艺参数。正交试验因素水平设置见表 4,依照正交试验设计方案的工艺条件进行提取试验,笋头的酸液提取试验结果分析见表 5。

表 4 酸液提取正交试验  $L_9(3^4)$  因素水平表

Table 4 Factors and levels of orthogonal experiment

因素水平	by acid extraction			
	A pH	B t/min	C 料液比/(g/mL)	D /°C
1	1	80	1:10	50
2	2	100	1:15	60
3	3	120	1:20	70

表 5 笋头酸液提取正交试验直观分析表

Table 5 Results of orthogonal test for bamboo shoots head by acid extraction

因素	A	B	C	D	膳食纤维提取率 /%
	pH	t/min	料液比/(g/mL)	/°C	
试验 1	1(1)	1(80)	1(1:10)	1(50)	45.72
试验 2	1	2(100)	2(1:15)	2(60)	45.33
试验 3	1	3(120)	3(1:20)	3(70)	45.09
试验 4	2(2)	1	2	3	46.85
试验 5	2	2	3	1	47.84
试验 6	2	3	1	2	47.99
试验 7	3(3)	1	3	2	45.91
试验 8	3	2	1	3	46.52
试验 9	3	3	2	1	46.29
均值 $k_1$	45.380	46.160	46.743	46.617	—
均值 $k_2$	47.560	46.563	46.157	46.410	—
均值 $k_3$	46.240	46.457	46.280	46.153	—
极差 R	2.180	0.403	0.586	0.464	—

从表5可以看出,对于笋头各因素对膳食纤维提取率影响的大小顺序为A>C>D>B,即pH值>料液比>温度>时间,笋头最佳酸液提取条件为A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub>,即pH值为2,时间为100 min,料液比为1:10,温度为50℃。笋壳酸液提取正交试验结果见表6。

表6 笋壳酸液提取正交试验直观分析表

Table 6 Results of orthogonal test for bamboo shoots shell by acid extraction

因素	A	B	C	D	膳食纤维提取率%
	pH	t/min	料液比/(g/mL)	/°C	
试验1	1(1)	1(80)	1(1:10)	1(50)	57.29
试验2	1	2(100)	2(1:15)	2(60)	56.59
试验3	1	3(120)	3(1:20)	3(70)	56.17
试验4	2(2)	1	2	3	57.34
试验5	2	2	3	1	58.14
试验6	2	3	1	2	59.45
试验7	3(3)	1	3	2	56.81
试验8	3	2	1	3	57.24
试验9	3	3	2	1	57.48
均值 k <sub>1</sub>	56.683	57.147	57.993	57.637	—
均值 k <sub>2</sub>	58.310	57.323	57.137	57.617	—
均值 k <sub>3</sub>	57.177	57.700	57.040	56.917	—
极差 R	1.627	0.553	0.953	0.720	—

从表6可以看出,对于笋壳各因素对膳食纤维提取率影响的大小顺序为A>C>D>B,即pH值>料液比>温度>时间,笋壳最佳酸液提取条件为A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>1</sub>D<sub>1</sub>,即pH值为2,时间为120 min,料液比为1:10,温度为50℃。

### 2.3 验证试验

用正交试验水平理论上的最佳因素对本试验结果进行验证,通过验证性试验最终确定了化学法提取膳食纤维的最佳碱液提取和酸液提取的工艺条件,其中碱液提取条件为:pH值为12,时间为80 min,料液比为1:20,温度为70℃;酸液提取包括笋头、笋壳,其中笋头:pH值为2,时间为100 min,料液比为1:10,温度为50℃;笋壳:pH值为2,时间为120 min,料液比为1:10,温度为50℃。笋头中膳食纤维的提取率为47.98%,笋壳中膳食纤维的提取率为59.49%。

## 3 结论

以经干燥后的笋头、笋壳为原料,采用化学法进行提取膳食纤维,对提升竹笋废弃物的利用价值具有一定的现实意义。通过运用单因素试验和正交试验的工艺优化,碱液提取对膳食纤维提取率影响的大小顺序为碱液提取pH值>温度>料液比>时间;酸液提取条件对膳食纤维提取率影响的大小顺序为酸液提取pH值>料液比>温度>时间。确定了化学法提取竹笋加工废弃物中膳食纤维的最佳工艺参数组合,即笋头及笋壳的碱液提取均为:pH值为12,料液比为1:20,温度为70℃,时间为80 min;酸液提取包括笋头和笋壳,其中笋头:pH值为2,料液比为1:10,温度为50℃,时间为100 min;笋壳:pH值为2,料液比为1:10,温度为50℃,时间为120 min。本研究为竹笋废弃物中膳食纤维的提取提供了参考,有利于对竹笋废弃物的进一步开发利用。

### 参考文献:

- [1] 许文宪.从胡萝卜渣中提取膳食纤维的工艺研究[J].科技信息,2010(32):303-308.
- [2] 薛菲,陈燕.膳食纤维与人类健康的研究进展[J].中国食品添加剂,2014(2):208-213.
- [3] ANDERSON J W, PAT B, DAVIS J R H, et al. Health benefits of dietary fiber.[J]. Nutrition Reviews, 2009, 67(4):188.
- [4] 宋燕,罗松明,向建军,等.响应面法优化花椒籽不可溶性膳食纤维提取工艺研究[J].中国油脂,2011,36(7):62-67.
- [5] 唐浩国,徐淑娟.发酵法制备竹笋膳食纤维的工艺研究[J].农产品加工(学刊),2007(7):11-15.
- [6] 李安平,谢碧霞,种秋平,等.响应面分析法优化竹笋膳食纤维乳酸发酵改性条件研究[J].食品工业科技,2009(9):193-195.
- [7] 徐灵芝.雷竹笋渣膳食纤维的制备工艺及其物化特性研究[D].长沙:中南林业科技大学,2014.
- [8] 陈龙.方竹笋残渣毛油和膳食纤维提取工艺研究[D].重庆:重庆工商大学,2014.
- [9] 曹小敏.雷竹笋膳食纤维的制取工艺及其特性研究[D].雅安:四川农业大学,2005.
- [10] 付全意,刘冬,李坚斌,等.膳食纤维提取方法的研究进展[J].食品科技,2008,33(2):225-228.

- [11] LÓPEZ-VARGAS J H, FERNÁNDEZ-LÓPEZ J, PÉREZ-ÁLVAREZ J A, et al. Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit ( *Passiflora edulis*, var. *flavicarpa* ) co-products [J]. *Food Research International*, 2013, 51(2):756-763.
- [12] 于丽娜,杨庆利,禹山林,等. 花生壳不溶性膳食纤维提取工艺的研究[J]. *食品科学*, 2010, 31(2):74-78.
- [13] 李加兴,刘飞,范芳利,等. 响应面法优化猕猴桃皮渣可溶性膳食纤维提取工艺[J]. *食品科学*, 2009, 30(14):143-148.
- [14] 何玉凤,张侠,张玲,等. 马铃薯渣可溶性膳食纤维提取工艺及其性能研究[J]. *食品与发酵工业*, 2010(11):189-193.
- [15] 张水华.食品分析[M].北京:中国轻工业出版社,2005:63-71.

(责任编辑:华伟平)

## Extraction of Dietary Fiber from Bamboo Shoots Process Waste by Chemical Method

WANG Xincen<sup>1,2</sup>, ZHANG Jing<sup>1,2</sup>, WANG Shupe<sup>1,2</sup>, LIN Zhenzhen<sup>1</sup>, LI Xiangan<sup>3</sup>

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

2.Collaborative Innovation Center for Chinese Oolong Tea Industry, Wuyishan, Fujian, 354300;

3.Wuyishan Office of Fujian Entry-Exit Inspection & Quarantine Bureau of P.R.C., Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** Bamboo shoots head and bamboo shoots shell are used as raw material to extract dietary fiber by chemical method using alkaline and acid solution. Based on single factor experiment and orthogonal test to optimize the extraction process. The optimal process parameters were as follows: bamboo shoots head and bamboo shoots shell of alkaline extraction is 80 min extracting with pH 12, ratio of material to liquid is 1:20 at 70 °C, reaction time is 80 minutes. The function of acid: bamboo shoots head: 100 min extracting with pH 2, ratio of material to liquid is 1:10 at 50 °C. Bamboo shoots shell: 120 min extracting with pH 2, ratio of material to liquid is 1:10 at 50 °C.

**Key words:** bamboo shoots; dietary fiber; byproduct; chemical method

# 法国梧桐废弃修枝堆肥分解初步试验

魏茂胜

(三明市园林管理局, 福建 三明 365000)

**摘要:**法国梧桐废弃枝叶在3种堆肥处理过程中,堆料含水量相较于初始含水量变化不大,pH值总体上呈下降趋势。堆肥过程中的真菌个体数量随堆肥时间进程出现季节性波动,3种处理间的真菌个体数量差异不具有统计学意义,各处理月份间真菌数量差异具有统计学意义,总体上以9月真菌的个体数量最多。真菌类群数量随堆肥时间的不同而变化,其中以3月真菌类群数量最多,又以尿素处理的真菌类群最为丰富和数量最多。从供试废弃枝叶的3种堆肥处理中共分离出18个真菌类群,其中小克银汉霉属(*Cunninghamella*)、刺座霉属(*Volutella*)、节枝孢属(*Articulospora*)和共头霉属(*Syncephalastrum*)为优势真菌类群。综合试验结果表明,在法国梧桐废弃枝叶堆肥处理中添加碳酸氢铵和尿素,对提高分解微生物的活性有积极意义,对废弃枝叶的分解有一定的促进作用。

**关键词:**法国梧桐;废弃枝叶;堆肥;真菌;含水量;pH值

**中图分类号:**X705 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2017)06-0030-05

在园林绿化养护过程中会产生大量的废弃物,诸如植物凋落物、树木修剪枝叶、草坪修剪物等等,如上海每年行道树修剪至少产生 $1.0 \times 10^5$  t的废弃枝叶,北京市园林绿化废弃物年产量达 $2.36 \times 10^6$  t多<sup>[1-2]</sup>。园林废弃物中,修剪的树枝占了70%,树叶25%,草5%<sup>[3]</sup>,树木修剪下的枝桠占据空间大,给垃圾填埋带来巨大压力。园林废弃物的无害化处理和资源化利用,堆肥化处理是一个可行的途径<sup>[4]</sup>。废弃有机物堆肥处理是在微生物分解作用下形成类似腐殖质的物质,可用作基肥或改良土壤等方面<sup>[5-6]</sup>。好氧堆肥因发酵时间短,发酵温度均匀,无害化等优点,被广泛应用<sup>[7-13]</sup>。有机物分解是在多种微生物共同作用下进行的<sup>[14]</sup>,分解微生物的种类和数量对废弃枝叶等有机底物的分解影响很大<sup>[15]</sup>。堆肥过程温湿度的变化,微生物种群和数量亦会随之变化,不同种类微生物对有机物质的分解能力

和分解速率也不同。为了提高堆肥效率缩短发酵时间,可采用添加微生物菌剂的方法来达到这一目的<sup>[9,16-17]</sup>。试验选用城镇常见行道树法国梧桐修剪枝叶作为堆制材料,采用3种易操作的堆肥处理方式,试图了解参与废弃枝叶分解的微生物类群及堆肥处理的基本参数,为园林废弃物的分解利用提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 堆垛制作与取样

试验地设在福建省三明市园林管理局苗圃,试验材料选用城镇具有代表性的行道树法国梧桐修剪下来的废弃新鲜枝叶,用Vermeer BC600xl粉碎机粉碎成大小约0.5~7 cm备用。采用3种堆肥处理方式[堆垛每层分别喷洒0.1%碳酸氢铵、0.1%尿素、水(CK)],初始含水量控制在60%左右,堆垛每层堆料厚度20~30 cm,重复层次堆积,堆成高约1.5 m,底部直径约2 m的圆锥体,用塑料布覆盖堆体。每隔30 d翻堆1次。每次翻堆前从堆体上、中、下部分别多点取样。每个样品约1 kg,混合后立即装入无菌的自封袋中带回实验室测定。

收稿日期:2017-03-05

基金项目:福建省自然科学基金资助项目(2014J01076)。

作者简介:魏茂胜(1965-),男,汉族,高级工程师,主要从事城市园林绿化研究。

## 1.2 真菌的分离和鉴定

真菌分离培养基用孟加拉红培养基,计数采用稀释平板法<sup>[10]</sup>。称取样品 10 g(鲜质量)于锥形瓶中,加无菌蒸馏水 200 mL, 150 r·min<sup>-1</sup> 震荡 30 min, 然后用移液管吸取 1 mL 移入培养皿中,将冷却至 45~50 ℃ 的孟加拉红培养基后倒入培养皿中与之混匀,冷却凝固后倒置于(28±1)℃恒温培养箱中培养。4 d 后统计真菌菌落数,并换算成每克干重真菌个数,随后进行纯化培养并鉴定真菌种类。试验设 3 个重复。

## 1.3 含水量测定

堆肥各阶段堆料水分含量采用烘干恒重法进行。

试验设 3 个重复。

## 1.4 pH 值测定

称取样品 10 g(鲜质量)加 100 mL 蒸馏水,置于锥形瓶中用震荡器震荡 30 min, 雷磁 pH 计测定 pH 值。试验设 3 个重复。

## 2 结果与分析

### 2.1 堆肥处理方式对真菌种群和数量变化的影响

从表 1、图 1 和图 2 可知,法国梧桐废弃枝叶 3 种处理的真菌个体数量随堆肥时间进程出现季节性波

表 1 堆肥处理方式对真菌种群和数量变化的影响

处理	真菌类群	堆肥时间段及真菌数量/个·g <sup>-1</sup>										总和	占比 / %	
		11月	12月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月			10月
碳酸 氢铵	刺座霉属 <i>Volutella</i>	0	99	0	0	0	0	0	0	418	33	18	569	7.66
	小克银汉霉属 <i>Cunninghamella</i>	36	0	0	0	0	0	262	976	0	1 537	1 624	4 435	59.77
	共头霉属 <i>Syncephalastrum</i>	1 089	99	0	0	0	0	0	0	48	24	0	1 260	16.99
	锁霉属 <i>Itersoniella</i>	0	0	0	0	77	0	0	0	0	0	0	77	1.04
	毛霉属 <i>Mucor</i>	0	21	0	27	0	0	0	0	0	0	14	62	0.83
	根霉属 <i>Rhizopus</i>	23	87	8	27	22	0	0	17	12	18	0	213	2.87
	节枝孢属 <i>Articulospora</i>	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0.34
	三枝孢属 <i>Tricladium</i>	0	0	0	0	77	0	0	0	0	0	0	77	1.04
	树粉孢属 <i>Oidiodendron</i>	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	23	0.30
	青霉属 <i>Penicillium</i>	31	0	148	114	29	50	0	59	22	0	0	452	6.09
	曲霉属 <i>Aspergillus</i>	0	0	54	33	0	0	126	0	0	0	0	213	2.87
	地霉属 <i>Geotrichum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	15	0.20
尿素	刺座霉属 <i>Volutella</i>	1 118	164	0	0	0	0	0	0	316	33	0	1 631	24.81
	小克银汉霉属 <i>Cunninghamella</i>	0	80	0	0	21	140	0	332	0	1 048	133	1 755	26.69
	共头霉属 <i>Syncephalastrum</i>	18	70	0	0	0	0	0	0	47	0	0	135	2.05
	锁霉属 <i>Itersoniella</i>	0	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0	54	0.83
	毛霉属 <i>Mucor</i>	33	13	0	45	0	0	0	0	0	0	0	91	1.39
	根霉属 <i>Rhizopus</i>	20	0	36	0	12	33	36	11	13	22	0	184	2.80
	节枝孢属 <i>Articulospora</i>	0	0	1 338	205	0	0	0	0	0	0	0	1 544	23.48
	三枝孢属 <i>Tricladium</i>	0	0	0	96	209	72	0	0	0	0	0	377	5.73
	树粉孢属 <i>Oidiodendron</i>	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	14	0.21
	青霉属 <i>Penicillium</i>	0	40	0	96	0	18	0	127	47	0	0	328	4.98
	曲霉属 <i>Aspergillus</i>	0	0	0	0	45	0	52	0	0	19	0	117	1.78
	单囊霉属 <i>Haplosporangium</i>	0	0	57	35	15	0	0	0	0	0	0	107	1.63
头珠霉属 <i>Oedocephalum</i>	0	0	0	0	0	0	123	0	0	0	0	123	1.86	
假丝酵母菌属 <i>Candida</i>	0	0	0	0	0	0	57	0	0	0	0	57	0.87	
地霉属 <i>Geotrichum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	13	0.19	
木霉属 <i>Trichoderma</i>	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0.67	
水(CK)	刺座霉属 <i>Volutella</i>	16	220	0	0	0	0	0	0	1 373	61	0	1 670	20.07
	小克银汉霉属 <i>Cunninghamella</i>	0	0	0	0	175	152	189	399	0	1 313	1 634	3 863	46.42
	共头霉属 <i>Syncephalastrum</i>	362	274	218	0	0	0	0	76	16	57	0	1 001	12.03
	锁霉属 <i>Itersoniella</i>	0	0	0	0	81	0	0	0	0	0	0	81	0.98
	根霉属 <i>Rhizopus</i>	34	14	24	20	10	12	34	83	14	9	9	262	3.15
	节枝孢属 <i>Articulospora</i>	0	0	0	193	0	0	0	0	0	0	0	193	2.32
	三枝孢属 <i>Tricladium</i>	0	0	0	133	67	0	0	0	0	0	0	200	2.40
	青霉属 <i>Penicillium</i>	11	0	0	0	0	0	0	39	52	0	46	148	1.78
	曲霉属 <i>Aspergillus</i>	0	0	0	87	35	99	73	0	0	20	0	313	3.76
	毛霉属 <i>Mucor</i>	0	20	0	20	15	18	0	10	0	0	0	82	0.99
	被孢霉属 <i>Mortierella</i>	0	0	177	0	0	0	0	0	0	0	0	177	2.13
	葡萄孢属 <i>Botrytis</i>	0	0	180	0	0	0	0	0	0	0	0	180	2.16
头珠霉属 <i>Oedocephalum</i>	0	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	28	0.34	
地霉属 <i>Geotrichum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	23	0.27	
木霉属 <i>Trichoderma</i>	0	0	101	0	0	0	0	0	0	0	0	101	1.21	

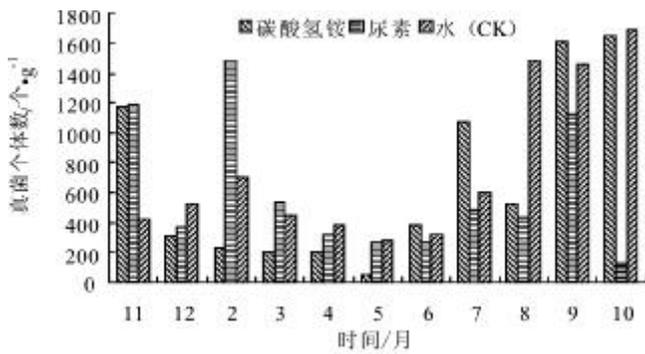


图1 堆肥进程真菌个体数量变化动态

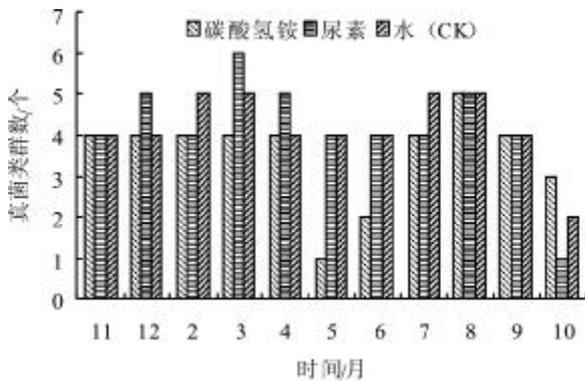


图2 堆肥进程真菌类群数量变化动态

动,在堆肥发酵初期(11月),碳酸氢铵和尿素处理组真菌数量显著上升,添加碳酸氢铵和尿素的处理会降低堆料碳氮比,从而有利于发酵性真菌的繁衍。碳酸氢铵处理真菌数12月到次年5月均出现明显下降,到5月达到最低,6月以后数量逐渐增加,7-9月上升加速,9-10月达到高峰。尿素处理的真菌数量继11月增长高峰后,12月显著下降,次年2月达到最高,3-6月数量逐渐减少,7-9月呈上升趋势,9月达到高峰,10月降到最低点。水(CK)处理的真菌数量从11月到次年2月呈逐渐上升趋势,3-5月数量逐渐下降,

6-10月逐渐上升,8-10月个体数达到高峰。从表2可知,3种处理间的真菌个体数量差异不具有统计学意义( $F_{2,8}=0.37, P>0.05$ ),3种处理不同月份间差异具有统计学意义( $F_{2,8}=2.41, P<0.05$ ),从总体上看以9月真菌的个体数量最多。同时真菌种群和数量也随堆肥时间的变化出现波动,12月至次年4月以及7-8月真菌种群数量较多,其中以3月真菌种群数量最多,又以尿素处理的真菌种群最为丰富和数量最多。从供试法国梧桐废弃枝叶的3种堆肥处理中共分离出18个真菌类群,其中碳酸氢铵处理的优势种群为小克银汉霉属(*Cunninghamella*)和共头霉属(*Syncephalastrum*);尿素处理的优势种群为小克银汉霉属(*Cunninghamella*)、刺座霉属(*Volutella*)和节枝孢属(*Articulospora*);水(CK)处理的优势种群为小克银汉霉属(*Cunninghamella*)、刺座霉属(*Volutella*)和共头霉属(*Syncephalastrum*)。

2.2 堆肥处理方式对含水率和pH值变化的影响

试验结果表明(表3),法国梧桐废弃枝叶堆料的含水率随堆肥时间的延长出现规律性的波动,但与初始含水量差异不太大,可满足微生物对水分的生长需求,其中尿素处理较其他两个处理的含水率高。3种处理间堆料含水量差异具有高度统计学意义( $F=9.092, P<0.01$ ),但碳酸氢铵和尿素处理堆料的含水量差异不具有统计学意义,这两个处理与水(CK)处理间差异具有高度统计学意义。

在堆肥过程中3种处理堆料pH值随堆肥时间进程总体上呈现堆肥初期(10-12月)较高的pH值,随后pH值有所下降,后期又逐渐升高。但水(CK)处理的pH值堆肥初期和后期变化不太大,而碳酸氢铵和尿

表2 真菌个体数的差异性检验

处理	堆肥时间段及真菌数量/个·g <sup>-1</sup>											
	11月	12月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	平均值
碳酸氢铵	1179	306	235	200	204	50	388	1075	515	1612	1656	674.55aA
尿素	1190	368	1476	532	303	263	269	484	435	1122	133	597.73aA
水(CK)	422	527	699	453	382	281	324	606	1477	1460	1690	756.45aA
平均值	930.55	400.32	803.17	395.12	296.51	197.83	326.92	721.67	809.08	1397.94	1159.64	—
5%	abc	bc	abc	bc	c	c	bc	abc	abc	a	ab	—
1%	AB	AB	AB	AB	AB	B	AB	AB	AB	A	AB	—

注:\*经Duncan新复极差分析,具有不同小写字母者表示在0.05水平上差异具有统计学意义,不同大写字母者表示在0.01水平上差异具有统计学意义。下同。

表 3 堆肥处理方式对含水率和 pH 值变化的影响

时间/月	含水率/ %			pH 值		
	碳酸氢铵	尿素	水(CK)	碳酸氢铵	尿素	水(CK)
10	73.99	74.37	73.86	8.30	8.30	8.30
11	66.41	67.39	66.89	8.42	7.69	7.78
12	65.31	66.93	66.52	7.25	8.62	8.31
2	62.29	63.77	63.73	6.09	5.52	8.02
3	60.27	62.58	62.69	5.42	4.13	7.97
4	74.43	74.90	67.90	4.78	3.96	6.44
5	73.37	75.77	66.36	6.17	4.72	7.95
6	74.10	66.01	60.57	5.14	4.32	7.68
7	72.30	74.97	66.83	6.19	5.29	7.29
8	70.05	73.36	57.76	5.94	5.16	5.24
9	68.75	71.89	54.70	6.06	4.27	7.03
10	64.96	73.58	57.84	6.05	5.86	7.28
平均值	68.85aA	70.46aA	63.80bB	6.32bB	5.65bB	7.44aA

素处理的 pH 值下降比较显著,这可能与添加碳酸氢铵和尿素的处理会影响堆料的酸碱度有关。水(CK)处理的 pH 值最高,尿素处理的 pH 值最低。3 种处理间 pH 值差异具有高度统计学意义( $F=14.487\ 0, P<0.01$ ),但碳酸氢铵和尿素处理间差异不具有统计学意义,这两个处理与水(CK)处理间差异具有高度统计学意义。

### 3 结论与讨论

有机物分解是在多种微生物共同作用下进行生物化学反应的结果<sup>[14]</sup>。不同种类微生物对有机物质的分解能力和分解速率不同,分解微生物的种类和数量对有机物的降解有着非常重要的影响<sup>[15]</sup>。在堆肥过程中,真菌可以利用有机底物中所有的木质纤维素,因此,分解真菌的存在对于堆料的腐熟和稳定具有重要的意义<sup>[16]</sup>。试验结果显示真菌个体数量随堆肥时间进程出现明显的季节性波动,不同月份间个体数量差异具有统计学意义。真菌种群和数量也随堆肥时间进程而变化。小克银汉霉属(*Cunninghamella*)、共头霉属(*Syncephalastrum*)、刺座霉属(*Volutella*)和节枝孢属(*Articulospora*)为优势种群。其中共头霉属(*Syncephalastrum*)和节枝孢属(*Articulospora*)主要在堆肥前期出现的数量多,刺座霉属(*Volutella*)在堆肥前期和后期都有较大数量,小克银汉霉属(*Cunninghamella*)

在堆肥后期真菌数量剧增。说明不同种类的真菌,在废弃枝叶分解的不同阶段所起的作用是不同的。

微生物对水分十分敏感,含水量不适宜,微生物的降解速率会显著下降。堆料吸水膨胀软化便于微生物分解,溶解在水中的可溶性物质可为微生物提供营养。微生物在堆体中随水分移动和扩散,使堆料更易分解和腐熟均匀。一般认为堆肥最佳湿度为 50%~60%<sup>[20]</sup>。本试验在堆肥过程中法国梧桐废弃枝叶堆料的含水率随堆肥时间的延长出现波动,但与初始含水量差异不太大,可满足微生物对水分的生长需求,其中尿素处理较碳酸氢铵和水(CK)处理的含水率高。3 种处理间堆料含水量差异具有高度统计学意义。

pH 是影响微生物生长发育的重要因素。堆肥发酵会产生有机酸,使 pH 值降低,但随堆肥时间增长,有机酸会被分解为  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ , pH 值重新上升。在堆肥过程中,3 种处理间 pH 值差异具有高度统计学意义。3 种处理堆料 pH 值均随堆肥时间进程总体上呈现堆肥初期具较高的 pH 值,随后 pH 值有所下降,后期又逐渐升高。但水(CK)处理的 pH 值堆肥初期和后期变化不太大,而碳酸氢铵和尿素处理的 pH 值下降比较显著,这可能与添加碳酸氢铵和尿素的处理会影响堆料的酸碱度有关。添加碳酸氢铵和尿素的处理会影响堆料的酸碱度和降低堆料碳氮比,有利于分解真菌的繁衍和对木质纤维的分解。对本植物来说,其

枝叶中木质纤维成分居多,偏酸性的生态环境更适宜纤维素分解真菌和木质素分解真菌的生长和繁殖。

### 参考文献:

- [1] 吕子文,方海兰,黄彩娣.美国园林废弃物的处置及对我国的启示[J].中国园林,2007(8):90-94.
- [2] 杨纯.北京建成首家园林废弃物处理场[N].科技日报,2008-07-15(3).
- [3] DEMURO P E.Composting economics for landscapers[J].Biocycle,1995,36(6):33-34.
- [4] 韩怀芬,金漫彤,迟春娟,等.适合我国国情的城市生活垃圾处理方法[J].环境污染与防治,2000(6):40-41.
- [5] 张继南,贾翠娟.城市垃圾处理技术应用与发展[J].广西轻工业,2007(6):73-75.
- [6] WESTERMAN P W,BICUDO J R.Management considerations for organic waste use in agriculture [J].Bioresource Technology,2005,96(2):215-221.
- [7] 席北斗,刘鸿亮,孟伟,等.高效复合微生物菌群在垃圾堆肥中的应用[J].环境科学,2001(5):122-125.
- [8] 周少奇.有机垃圾好氧堆肥法的生化反应机理[J].环境保护,1999(3):30-32.
- [9] 顾希贤,许月蓉.垃圾堆肥微生物接种实验[J].应用与环境生物学报,1995,1(3):274-278.
- [10] JAKOBSEN S T.Aerobic decomposition of organic wastes value of compost as a fertilizer [J].Resources Conservation and Recycling,1995,13(1):57-71.
- [11] BRABER K,NOVEM B V. Anaerobic digestion of municipal solid waste;a modern waste disposal option on the verge of breakthrough[J].Biomass and Bioenergy,1995,9(1):365-376.
- [12] MATA J.Biological Household Waste Treatment in Europe: second aalborg international conference [J].Resources Conservation and Recycling,1996,17(1):67-73.
- [13] GARCIA C,HERNANDEZ T,Costa F.The influence of composting on the fertilizing value of an aerobic Sewage sludge[J].Plant and Soil,1991,136(2):269-272.
- [14] 黄得扬,陆文静,王洪涛.有机固体废物堆肥化处理的微生物学机理研究[J].环境污染治理技术与设备,2004,5(1):12-18.
- [15] 徐曾符.沼气工艺学[M].北京:农业出版社,1981:28-33.
- [16] 席北斗,刘鸿亮,黄国和,等.复合微生物菌剂强化堆肥技术研究[J].环境污染与防治,2003,25(5):262-264.
- [17] 耿冬梅,宣世伟.高温好氧菌群用于接种垃圾堆肥的实验研究[J].上海环境科学,2003,22(10):699-701.
- [18] 许光辉,郑洪元.土壤微生物手册[M].北京:农业出版社,1986,91-133.
- [19] MOUCHACCA J. Thermophilic fungi;biodiversity and taxonomic status[review][J]. Cryptogamie Mycologie,1968,18(1):19-69.
- [20] 罗维,陈同斌,高定,等.城市污泥与猪粪混合堆肥过程中湿度空间变异[J].环境科学学报,2004,24(1):126-133.

(责任编辑:华伟平)

## Preliminary Experiments on Composting of Waste Branch Leaves of *Platanus orientalis*

WEI Maosheng

(Garden Administration Bureau of Sanming City, Sanming, Fujian, 365000)

**Abstract:** Composting on waste branch leaves of *Platanus orientalis* dealing with three composting treatment method are investigated. The results indicates that the moisture changed little compared with initial moisture contents. The pH value of experimental groups, in general, tended to decrease. The number of fungi isolated from samples changes obviously with the season. There is no significant difference in the fungal quantity between different treatment group, and existes significant difference in different months, while in general, the individual number of fungi is the highest in September. The quantity of fungal genera varied with time, and the number is maximum in March. The fungal genera was the richest and the most in number treated by Urea. 18 fungal genera are isolated and identified from samples of waste branch leaves, among them, *Cunninghamella*, *Volutella*, *Articulospora* and *Syncephalastrum* were the predominant fungal genera. In conclusion, the decomposing microbial activity of groups treated by ammonium bicarbonate and urea shows a stronger tendency, which has promoting effect on waste branch leaves decomposition of *Platanus orientalis*.

**Key words:** *Platanus orientalis*; waste branch leaves; compost; fungus; moisture content; pH

# 香椿家系生长遗传分析与评价

张海燕

(福建省邵武市林业科技推广中心, 福建 邵武 354000)

**摘要:**在福建邵武开展了香椿 70 个优树半同胞子代家系林对比试验,对 4 年生时的家系间生长性状差异进行比较分析。结果表明:香椿家系间树高、胸径、单株材积差异具有高度统计学意义。根据聚类分析和生长比较结果,将 70 个家系分为 I、II、III、IV 和 V 5 个类别,其中, I 类的家系有 11 个(家系号为:9、205、44、226、160、34、62、207、209、223、58),表现优异,为优良家系,与参试群体平均表现比较,其 4 年生时的树高、胸径和单株材积遗传增益分别达到了 28.46%、19.09% 和 56.83%,增产效益显著。

**关键词:**香椿;家系;生长差异性;初步评价

**中图分类号:**S644.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2017)06-0035-04

香椿(*Toona sinensis*), 楝科香椿属落叶乔木,其速生性好,材质细致美观,用途广泛,被广泛用于家具、装修、车船以及艺术品等领域;香椿的嫩叶味道鲜美,是不可多得的美味佳肴<sup>[1-9]</sup>。邵武市位于福建省北部,是省内的主要林区,为了丰富邵武的主要阔叶造林树种,在笔者之前 2009 年的研究中,已收集 70 个优树种子并开展家系试验,本文将对该试验林进行跟踪观测,以期从中筛选出适宜邵武推广应用的优良香椿家系。通过对 4 年生香椿不同家系间胸径、树高、单株材积生长速度等生长遗传变异性的分析,为今后的香椿良种选育提供前期的理论准备。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于福建省邵武市二都国有林场下坡石

工区,北纬 26°55'~27°57',东经 117°2'~117°52',属于中亚热带季风气候,年平均气温为 17.7℃,无霜期为 346 d,年平均降水量为 1796.8 mm,年平均蒸发量为 1 347.6 mm。试验地地貌为丘陵,海拔 200~300 m。土壤主要为山地红壤,土层厚 90~150 cm,土壤深厚肥沃,为 I 类立地,林下植被以芒萁等蕨类植物为主。

### 1.2 试验材料

参试材料分别来自 2010 年 3 月营建的香椿半同胞子代家系林,参试家系 70 个(分别来自 16 个不同的种源地),详见表 1。试验林造林均采用完全随机区组设计,4 株小区,株行距为 2.0 m×2.5 m,8 次重复,重复间种植一行杉木作为隔离行。

### 1.3 数据采集与处理

2013 年 11 月,对参试林木每木调查,实测树高、胸径、单株材积生长速度。单株材积采用《福建省阔叶树二元立木材积表》公式,即  $V=0.000\ 052\ 764\ 291D^{1.882\ 161}\ H^{1.009\ 316\ 6}$  计算,其中 D 为胸径,H 为树高。统计各试验小区平均胸径、树高、单株材积,进行方差分析。以各参试家系的平均胸径、树高、单株材积数据为样本集,进行聚类分析。方差分析、聚类分析采用 DPS 等数据处理分析软件处理。

家系遗传增益计算公式为  $\Delta G = h^2 S/\bar{X}$ ,其中,  $h^2$  为家系遗传力 ( $h^2=1-1/F$ ,F 为家系方差分析的 F 值),S

收稿日期:2016-06-12

**基金项目:**福建省第四期林木种苗科技攻关项目“香椿良种选育及繁育技术研究”(闽林科[2013]1号);中央科研院所基金项目(RISF6808);福建省林业科研项目(闽林科[2009]8号)。

**作者简介:**张海燕(1965-),女,汉族,高级工程师,主要从事森林培育与科技推广方面研究。

为选择差,  $\bar{X}$  为总体平均数<sup>[10-12]</sup>。

表 1 参试的香椿家系及其种源地

Table 1 Participate in the study of Chinese toon family and its provenances

家系号	种源地	家系号	种源地
3, 6, 9	河南卢氏	118, 119, 121, 123, 126	江苏南京
16, 19, 24, 25	湖南郴州	142, 153	甘肃天水
32, 34, 37, 40, 44	湖南凤凰	160, 163, 164	四川峨眉山
47, 48, 50, 55	湖北武汉	171, 178, 179, 182	河南濮阳
58, 59, 62	湖南新宁	194, 195, 196, 197, 198	湖南衡山
69, 71, 72, 74, 77, 78	江西九连山	203, 204, 205, 206, 207, 209, 212, 213	湖南桑植
103, 104, 105	河北邯郸	219, 220, 221, 223, 224, 226, 230	贵州晴隆
108, 110, 111, 112, 114	江西九江	298, 311, 315	湖北恩施

## 2 结果与分析

### 2.1 香椿不同家系的生长及遗传变异性分析

香椿 70 个家系的树高、胸径以及单株材积的生长状况见表 2, 从 2 中可以看出, 不同家系树高为 1.30~6.32 m, 胸径为 1.25~5.22 cm, 单株材积为  $1.7 \times 10^{-4}$ ~ $88.4 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ 。通过方差分析(见表 3), 可知 70 个香椿家系树高、胸径和单株材积之间的差异具有高度统计学意义 ( $P < 0.01$ )。通过对家系表型变异系数进行分析, 可知树高、胸径和单株材积的表型变异系数分别为: 33.68%、32.41%和 86.49%。从表 3 的各性状家系遗传力的估算值可知, 树高的家系遗传力最高, 达到 0.501 7; 胸径、单株材积的家系遗传力分别为 0.384 6、0.383 5,

表 2 香椿家系测定林 70 个家系的生长状况

Table 2 The growth status in 70 families of Chinese toon

家系号	树高/m	胸径/cm	单株材积/ $\text{m}^3$	家系号	树高/m	胸径/cm	单株材积/ $\text{m}^3$
3	2.38	2.46	$18.0 \times 10^{-4}$	123	3.57	3.43	$34.6 \times 10^{-4}$
5	1.48	1.53	$2.5 \times 10^{-4}$	126	1.93	1.98	$9.1 \times 10^{-4}$
9	3.91	3.57	$46.2 \times 10^{-4}$	142	1.65	1.75	$4.0 \times 10^{-4}$
16	1.83	1.65	$3.3 \times 10^{-4}$	153	2.05	2.01	$5.4 \times 10^{-4}$
19	3.37	3.20	$21.5 \times 10^{-4}$	160	4.62	3.80	$41.2 \times 10^{-4}$
24	3.33	3.11	$26.6 \times 10^{-4}$	163	2.46	2.73	$11.8 \times 10^{-4}$
25	3.41	3.69	$31.1 \times 10^{-4}$	164	3.05	3.53	$28.2 \times 10^{-4}$
32	3.31	3.37	$24.3 \times 10^{-4}$	171	1.57	1.36	$1.7 \times 10^{-4}$
34	3.85	3.97	$36.1 \times 10^{-4}$	178	1.30	1.25	$2.0 \times 10^{-4}$
37	3.03	2.96	$22.7 \times 10^{-4}$	179	2.47	2.38	$10.6 \times 10^{-4}$
40	1.53	1.44	$2.4 \times 10^{-4}$	182	2.86	2.82	$30.2 \times 10^{-4}$
44	4.13	3.67	$34.0 \times 10^{-4}$	194	2.70	3.02	$16.2 \times 10^{-4}$
47	2.22	2.09	$5.8 \times 10^{-4}$	195	2.44	2.09	$10.0 \times 10^{-4}$
48	2.32	2.23	$12.0 \times 10^{-4}$	196	3.35	2.90	$29.1 \times 10^{-4}$
50	1.76	1.84	$7.5 \times 10^{-4}$	197	3.50	3.62	$27.0 \times 10^{-4}$
55	1.89	1.75	$5.1 \times 10^{-4}$	198	3.50	3.46	$28.6 \times 10^{-4}$
58	6.32	5.22	$88.4 \times 10^{-4}$	203	3.52	3.90	$28.5 \times 10^{-4}$
59	3.21	3.11	$24.3 \times 10^{-4}$	204	2.20	2.33	$13.8 \times 10^{-4}$
62	4.07	4.09	$42.7 \times 10^{-4}$	205	3.77	3.47	$27.7 \times 10^{-4}$
69	1.79	1.82	$4.4 \times 10^{-4}$	206	2.80	2.58	$14.2 \times 10^{-4}$
71	2.83	3.34	$19.4 \times 10^{-4}$	207	4.04	3.98	$38.2 \times 10^{-4}$
72	2.16	1.55	$2.9 \times 10^{-4}$	209	4.04	4.25	$60.3 \times 10^{-4}$
74	2.18	2.14	$6.1 \times 10^{-4}$	212	3.26	3.42	$44.5 \times 10^{-4}$
77	2.75	2.83	$2.7 \times 10^{-4}$	213	3.11	2.90	$16.1 \times 10^{-4}$
78	2.80	2.80	$11.3 \times 10^{-4}$	219	2.60	2.98	$15.6 \times 10^{-4}$
103	1.76	1.73	$5.1 \times 10^{-4}$	220	2.43	2.54	$10.2 \times 10^{-4}$
104	1.45	1.32	$2.0 \times 10^{-4}$	221	2.09	2.08	$13.1 \times 10^{-4}$
105	2.28	2.10	$10.9 \times 10^{-4}$	223	4.54	4.65	$59.4 \times 10^{-4}$
108	2.40	2.28	$11.5 \times 10^{-4}$	224	2.60	2.55	$10.4 \times 10^{-4}$
110	1.95	1.62	$3.9 \times 10^{-4}$	226	4.13	3.82	$53.0 \times 10^{-4}$
111	2.52	2.51	$14.8 \times 10^{-4}$	230	2.07	2.03	$6.5 \times 10^{-4}$
112	2.92	2.93	$18.9 \times 10^{-4}$	298	1.99	2.07	$6.6 \times 10^{-4}$
114	1.87	2.06	$6.9 \times 10^{-4}$	311	2.72	2.55	$11.7 \times 10^{-4}$
118	2.48	2.52	$12.6 \times 10^{-4}$	315	1.80	2.08	$8.2 \times 10^{-4}$
119	2.62	2.58	$19.6 \times 10^{-4}$				
121	1.79	1.69	$4.1 \times 10^{-4}$	总体平均值( $\mu$ )	2.75	2.70	$19.3 \times 10^{-4}$

相差不大。

表 3 香椿家系测定林 70 个家系的生长性状  
方差分析及遗传变异估算

Table 3 The analysis of variance of growth traits and genetic  
variation estimation in Chinese toon's 70 families

性状	自由度	均方	F 值	P 值	标准差	表型变 异系数	家系遗 传力
树高	69	2.881 9	2.007 0**	0.000 2	0.926 9	33.68	0.501 7
胸径	69	2.664 6	1.625 0**	0.006 2	0.875 4	32.41	0.384 6
单株材积	69	0.000 0	1.622 0**	0.006 4	0.001 7	86.49	0.383 5

注:\*\*表示差异具有高度统计学意义。

## 2.2 香椿不同家系聚类分析及初步评价

通过对香椿各家系的胸径、树高、单株材积等 3 个生长性状平均值进行聚类分析(见图 1),将 70 个家系分成 I、II、III、IV、V 等 5 个类别(见表 4),表 4 中数据表明:5 类家系的 3 个生长性状的均值排序均为: I > II > III > IV > V。因此,可分别将 I、II、III、IV、V 类家系定性为优、良、中、差和极差家系, I 类的 11 个家系(家系号为:9、205、44、226、160、34、62、207、209、223、58),其树高、胸径和单株材积的平均遗传增益分别达到了 28.46%、19.09%和 56.83%,生长较好,在本研究中表现出较强适应性,可为比较优秀的家系。

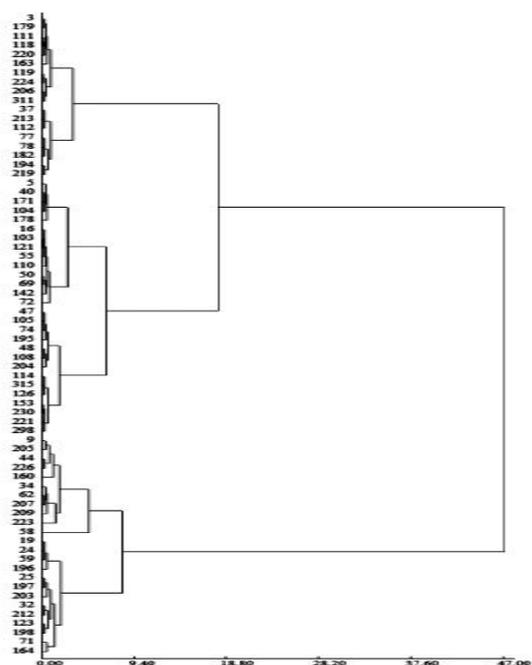


图 1 香椿家系测定林不同家系生长性状的聚类图

Figure 1 Clustering graphs of growth traits of  
different toon forest families

## 3 结论与讨论

树高、胸径、单株材积是香椿的主要生长性状,可作为家系选择的主要指标,能够较好地反映家系对特定环境的适应能力。不同家系树高为 1.30~6.32 m,胸

表 4 香椿家系测定林不同家系生长性状聚类分析表

Table 4 Cluster analysis of growth traits of different toon forest families

分 类	家 系	树 高		胸 径		单株材积		评 价
		均值/m	平均遗传 增益/%	均值/cm	平均遗传 增益/%	均值/m <sup>3</sup>	平均遗传 增益/%	
I	9、205、44、226、160、34、62、207、209、 223、58	4.31	28.46	4.04	19.09	47.9×10 <sup>-4</sup>	56.83	优
II	19、24、59、196、25、197、203、32、212、 123、198、71、164	3.32	10.40	3.39	9.83	28.3×10 <sup>-4</sup>	17.88	良
III	3、179、111、118、220、163、119、224、206、 311、37、213、112、77、78、182、194、219	2.68	-1.28	2.70	0.00	15.4×10 <sup>-4</sup>	-7.75	中
IV	47、105、74、195、48、108、204、114、315、 126、153、230、221、298	2.13	-11.31	2.11	-8.40	9.0×10 <sup>-4</sup>	-20.47	差
V	5、40、171、104、178、16、103、121、55、 110、50、69、142、72	1.71	-18.97	1.59	-15.81	3.6×10 <sup>-4</sup>	-31.20	极差

径为 1.25~5.22 cm, 单株材积为  $1.7 \times 10^{-4}$  ~  $88.4 \times 10^{-4}$  m<sup>3</sup>。70 个香椿家系树高、胸径和单株材积之间的差异具有高度统计学意义。树高、胸径和单株材积的表型变异系数分别为: 33.68%、32.41%和 86.49%, 这说明家系间的变异较为丰富, 从而为优良家系的选择提供了更多的空间。遗传力作为反映性状变异受到遗传控制的程度。树高、胸径、单株材积的家系遗传力分别为 0.501 7、0.384 6、0.383 5, 香椿树高受遗传因素的影响最大, 家系选择时应更加重视树高的选择。

聚类分析和生长比较结果表明, 70 个家系可分为 I、II、III、IV 和 V 5 个类别。初步认为有 11 个家系表现优异 (家系号为: 9、205、44、226、160、34、62、207、209、223、58), 其树高、胸径和单株材积的平均遗传增益分别达到了 28.46%、19.09%和 56.83%, 生长较好, 在本研究中表现出较强的适宜性, 可为比较优秀的家系。在表现优、良的 24 个家系中, 其中有 17 个家系种源地在湖南, 从而进一步对种源试验的结论进行了一定的佐证(我们设计的试验包括香椿家系试验和种源试验, 在种源试验中我们初步发现湖南、江西中西部和广西北部可能是香椿的较优种源区, 关于种源试验的详细成果我们将会另文发表)。当然, 由于半同胞子代家系林的林龄还较短, 本文的研究结果只是对各家系的幼林期生长表现的初步评价, 我们会随着林龄的增长定期进行生长性状调查, 从而选出适合本地发展的可靠的优良家系。

## 参考文献:

- [1] 梁有旺. 不同种源香椿种子及苗木差异性分析[D]. 南京: 南京林业大学, 2006.
- [2] 王倩. 香椿栽培技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [3] 高瑞龙, 吴光华, 李大盆. 不同树龄香椿人工林木材材质的比较[J]. 江西农业大学学报, 2003(25): 124-127.
- [4] 李晓晶, 李德生, 李海茹, 等. 香椿设施化栽培技术[J]. 北方园艺, 2012(2): 43-44.
- [5] 彭方仁, 梁有旺. 香椿的生物学特性及开发利用前景[J]. 林业科技开发, 2005, 19(3): 3-6.
- [6] 王承南, 李平, 谷战英, 等. 香椿温室水培催芽技术[J]. 经济林研究, 2012, 30(4): 159-161.
- [7] 高瑞龙, 吴光华, 李大盆. 不同树龄香椿人工林木材材质的比较[J]. 江西农业大学学报, 2003, 25(1): 124-127.
- [8] 杨玉珍. 不同种源香椿抗性机理及综合评价[D]. 南京: 南京林业大学, 2008.
- [9] 雷小华, 涂炳坤, 王茂丽, 等. 主成分分析在香椿性状评价和优良单株选择中的运用[J]. 华中农业大学学报, 2006, 25(4): 441-444.
- [10] 朱积余, 蒋焱, 梁瑞龙, 等. 广西红锥种源/家系造林试验研究初报[J]. 西部林业科学, 2005, 34(4): 5-9.
- [11] 申文辉, 朱积余, 刘秀, 等. 红锥种源区域试验与优良种源选择[J]. 中南林业科技大学学报, 2014, 34(3): 11-17.
- [12] 沈熙环. 林木育种学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990.

(责任编辑: 华伟平)

## Genetic Analysis and Evaluation of Different Toona Sinensis Families Growth

ZHANG Haiyan

(Forestry Science and Technology Extension Center of Shaowu, Shaowu, Fujian 354000)

**Abstract:** By randomized block analysis, the growth traits of 4-year-old 70 families of *Toona sinensis* in Fujian Shaowu are investigated. The results showed that: the average height in the range is between 1.30m-6.32m, the average diameter between 1.25 to 5.22 cm, the average individual volume  $1.7 \times 10^{-4}$  to  $88.4 \times 10^{-4}$  m<sup>3</sup>. The differences of tree height, DBH and individual volume of 70 families all reached a very significant level. Abundant variability and high family heritability of each family provides important reference for selecting excellent pedigree. Cluster analysis and growth comparison shows that 70 families could be divided into I, II, III, IV and V five categories. 11 families are considered outstanding performance (pedigree number: 9, 205, 44, 226, 160, 34, 62, 207, 209, 223, 58), and the average genetic gain of its height, DBH and individual volume respectively reaches 28.46%, 19.09% and 56.83%. They have strong adaptability and good growth, which are considered as relatively good pedigree.

**Key words:** *Toona sinensis*; family; genetic analysis; preliminary evaluation

# 污灌农田土壤中微生物群落碳源代谢及功能多样性的研究

林立, 王涵

(武夷学院 生态与资源工程学院, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**为研究污灌农田土壤中微生物代谢和功能多样性,调查了冶炼厂附近农田土壤营养元素含量、重金属含量并通过生态板法(AWCD)和 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数测定其微生物代谢特性和功能多样性。结果显示,农田土壤受 Cu、Cd、Pb、Zn 轻度或中度污染。Cd、Zn 和速效 P 是影响土壤微生物代谢多样性的主要因素,重金属刺激微生物代谢,速效 P 降低生物代谢。Cd 可增加土壤微生物群落的功能多样性;含量过高的营养元素(如速效 P)会降低土壤生物多样性。

**关键词:**重金属污染;微生物代谢特性;微生物功能多样性;农田土壤

**中图分类号:** Q89 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-2109(2017)06-0039-05

土壤重金属污染现象,已经成为现代土壤生态环境保护的一个突出问题<sup>[1]</sup>。随着工农业的发展,大量含有重金属的废水、废渣通过各种途径污染农田。农田重金属污染不仅造成作物产量与品质下降,还可通过农作物的富集作用影响人类健康,而且重金属长期污染也可能影响农田土壤的理化性质<sup>[2]</sup>。KANDELER 等<sup>[3]</sup>认为,通过对土壤微生物特性和土壤酶活性的监测能够了解土壤受外界干扰的状况。而 JONER 等<sup>[4]</sup>通过田间添加 AI 的原位实验后得出结论,比较植物根系和土壤化学性质,土壤微生物对污染更为敏感。同时 KUPERMAN 和 CARREIRO 在多种重金属污染的草地生态系统所做的调查表明,大多数污染土壤中微生物量较低,重金属污染对土壤微生物活性和丰富度存

在不利的影 响,从而影响到有机物质降解与营养物质循环<sup>[5]</sup>。但土壤微生物群落的变迁受多种因素制约,重金属因素仅能部分解释微生物群落变化。赵祥伟等<sup>[6]</sup>分析了冶炼厂附近 Cu、Cd、Pb、Zn 复合污染农田微生物的遗传多样性,结果发现重金属与多样性间不是简单的负相关关系,最大的多样性指数出现在中等污染程度的土壤中。Del V 等<sup>[7]</sup>研究了含重金属污泥的长期污染对菌根真菌的影响,研究发现大量施用污泥降低了真菌多样性指数,然而污泥中等施用量反而增加了真菌丰富度与 Shannon-Wiener 指数。因此本研究基于这样一个背景之下,从农田物质的生物循环角度,考察重金属污染对微生物代谢功能的影响,进而探讨重金属污染对农田物质循环的可能影响。

## 1 材料和方法

### 1.1 土壤样品的采集和处理

采样点位于福建省龙岩市某冶炼厂附近农田,农田主要种植叶菜类,土壤大部分为粘壤。沿污灌渠,从两岸农田随机抽取 11 个表层土壤样品( $\leq 20$  cm),运回实验室。剔除杂物后过 2 mm 筛,迅速进行微生物群

收稿日期:2017-02-27

基金项目:高效脱氮菌的筛选及其复合菌的构建 (JA15528)。

作者简介:林立(1987-),男,汉族,助教,主要从事景观生态学、土壤生态学等方面研究。

通讯作者:王涵(1970-),男,汉族,讲师,主要从事环境微生物方面研究。

落代谢功能分析,以及土壤理化性质分析。部分样品风干、研磨后过 0.1 mm 筛,进行重金属含量分析。

## 1.2 土壤理化性质及重金属含量分析

采用碱解扩散法测定土壤碱解氮;钼蓝比色法测定速效磷;醋酸铵提取火焰分光光度法测定速效钾;重铬酸钾氧化法测定有机质;电位法测定土壤 pH 值;柠檬酸盐-连二亚硫酸钠碳酸氢钠法测定游离铁;土壤有效 Cu、Cd、Pb、Zn、Ni 和 Co 采用 DTPA 法提取测定<sup>[9]</sup>。

## 1.3 土壤微生物碳源代谢和功能多样性分析

采用 Biolog 生态板分析微生物碳源代谢特性。按照说明书中的步骤进行土壤预处理并接种于生态板,28 ℃培养。分别在 0、24、48、72、96、120、144 和 168 h,使用酶标仪(TECAN-F50)于 590 nm 读取平板上每个孔的 OD 值。

平均显色(AWCD)计算为: $AWCD = \sum(C-R)/n$ ,其中 C 和 R 分别是响应孔(含某一碳源)和对照孔(无碳源)的 OD 值, n 是响应孔的数目。Shannon-Wiener 多样性指数(H')计算为: $H' = -\sum P_i \ln P_i$ ,其中  $P_i$  是第 i 孔 OD 值变化和所有孔 OD 值变化和的比值,即  $P_i = (C-R)/\sum(C-R)$ 。Shannon even(E)计算为: $E = H'/\ln S$ ,其中 S 是在孵育时间内 OD 值变化的孔的数目。Simpson 多样性指数计算为: $D = N(N-1)/\sum[n_i(n_i-1)]$ ,其中  $n_i$  是第 i 孔的 OD 值, N 是生态板所有孔 OD 值总和。上述 3 项多样性指数均采用 96 h 的 OD 值计算。

## 1.4 数据分析

所有实验数据均由 Excel 和 SPSS 的统计软件处理,采用单因素方差分析检验 5%最小显著性差异(LSD)。

## 2 结果

### 2.1 农田营养元素及重金属含量状况

分析结果见表 1,11 个样品中有效态 Cu 浓度从 7.16 mg/kg 到 82.63 mg/kg,平均值为 20.94 mg/kg。有效态 Cd 浓度在 0.10 mg/kg 和 1.47 mg/kg 之间变化,平均值为 0.73 mg/kg。有效态 Pb 浓度在 8.23 mg/kg 和 220.92 mg/kg 之间,平均值为 71.29 mg/kg。有效态 Zn 浓度在 11.89 mg/k 与 155.13 mg/k 之间,平均值为 66.69 mg/kg。有效态 Ni 浓度从 0.13 mg/kg 变为 0.65 mg/kg,平均值为 0.35 mg/kg。有效态 Co 浓度在 0.02 mg/kg 与 0.33 mg/kg 之间,平均值为 0.08 mg/kg。这些数据表明,本研究所选样地的土壤均遭到一定程度的重金属污染。

土壤中游离态 Fe 含量从 14.65 mg/kg 到 53.41 mg/kg,平均值为 29.76 mg/kg。有效态 P 从 33.01 mg/kg 至 162.83 mg/kg,平均值为 116.92 mg/kg。有效态 K 从 73.18 mg/kg 至 637.98 mg/kg,平均值为 248.34 mg/kg。碱解 N 含量从 96.66 mg/kg 到 222.78 mg/kg,平均值为 141.28 mg/kg。比照《全国第二次土壤普查养分分级标准》(可见下表 2)可知,除 4 号样品的有效态 P 含量只达到二级标准外,其余样品均达到一级标准;2 号、4 号、5 号和 11 号的有效态 K 含量达到四级标准,1 号和 3 号样品达到三级标准,6 号样品达到二级标准,其余样品均超过一级标准;1 号、2 号、4 号和 5 号样品的碱解 N 含量达到三级标准,3 号、6 号和 11 号样品达到二级标准,其余样品均超过一级标准。说明待测土壤养分含量相对较高,土壤较为肥沃。

表 1 土壤样品的营养元素和重金属含量

单位:mg/kg

Table 1 Heavy metals and basic properties of soil samples

样品编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
有效态 Cu	17.32	10.74	10.90	7.16	10.95	15.05	82.63	18.37	32.27	14.95	9.99
有效态 Cd	1.47	1.29	1.28	0.72	0.93	1.27	0.25	0.12	0.35	0.25	0.10
有效态 Pb	—	218.53	220.92	55.60	57.58	91.90	18.63	18.71	8.23	9.02	13.73
有效态 Zn	155.13	131.42	135.95	38.49	58.75	115.43	15.79	11.89	31.11	25.72	13.94
有效态 Ni	0.44	0.55	0.51	0.23	0.65	0.50	0.29	0.13	0.21	0.18	0.19
有效态 Co	0.03	0.04	0.03	0.05	0.12	0.04	0.15	0.03	0.04	0.02	0.33
游离态 Fe	33.71	30.33	26.24	20.07	23.84	53.41	35.20	14.65	36.08	38.45	15.37
碱解 N	119.48	102.03	134.83	96.66	113.83	120.91	222.78	164.12	169.26	178.88	131.30
速效 P	123.60	121.02	102.82	33.01	93.86	94.77	154.58	147.90	143.06	108.63	162.83
速效 K	131.59	82.64	119.06	73.19	97.73	174.43	637.98	402.15	608.08	320.88	84.06

表 2 全国第二次土壤普查养分分级标准

Table 2 The second national soil grading standards

项 目	级 别	土 壤	项 目	级 别	土 壤
有机质 (g/kg)	一级	>40	有效磷 (mg/kg)	一级	>40
	二级	30~40		二级	20~40
	三级	20~30		三级	10~20
	四级	10~20		四级	5~10
	五级	6~10		五级	3~5
	六级	<6		六级	<3
碱解氮 (mg/kg)	一级	>150	速效钾 (mg/kg)	一级(极高)	>200
	二级	120~150		二级(很高)	150~200
	三级	90~120		三级(高)	100~150
	四级	60~90		四级(中)	50~100
	五级	30~60		五级(低)	30~50
	六级	<30		六级(很低)	<30

## 2.2 微生物代谢强度的变化

碳源代谢特征(AWCD)的变化能很好的反映土壤微生物群落功能的变迁,其颜色变化的速度快慢能反映微生物土壤微生物代谢强度高。土壤样品 31 个碳源 AWCD 的变化特征总体上随培育时间增加而增加,具体表现为:从 48 h 到 96 h 间土壤微生物具有很高的代谢活性;随后放缓,168 h 后,AWCD 达到最大显色水平。

在分析了 AWCD 变化特征与有效态重金属、速效营养元素的相关性后(分析结果可见表 3),发现: Cd 具有对微生物群落最大的影响,Zn 位居第二位,Pb

具有较弱的效果。由于土壤样品中 Cu 含量较低,Cu 与微生物碳代谢之间的关系不明确。速效 P 对微生物活性有显著的影响,但速效 N 和速效 K 的影响较弱。在培育时间上则表现为:96 h AWCD 与有效态 Cd 和 Zn 显著正相关,但与有效态 P 显著负相关。120 h AWCD 与有效态 Cd 和 Zn 正相关,并与速效 P 负相关。这结果表明,Cd 和 Zn 和有速效 P 是影响土壤微生物代谢多样性的两个主要因素:Cd 和 Zn 刺激微生物代谢,速效 P 降低生物代谢。

## 2.3 微生物群落功能多样性的变化

土壤样品的微生物功能多样性指数及相关性分

表 3 6 种碳源的相关系数

Table 3 Correlation coefficients in 6 types of carbon sources

培育时间	碳源	有效态 Cu	有效态 Cd	有效态 Pb	有效态 Zn	速效 N	速效 P	速效 K
72 h	糖	-0.280	0.614*	0.141	0.523	-0.384	-0.556	-0.350
	羧酸	-0.187	0.521	-0.120	0.446	-0.324	-0.405	-0.235
	氨基酸	-0.290	0.595	0.048	0.536	-0.373	-0.453	-0.282
	聚合物	-0.215	0.512	0.063	0.463	-0.247	-0.491	-0.297
	胺	-0.350	0.451	-0.102	0.390	-0.322	-0.551	-0.223
	酚酸	-0.314	0.500	-0.037	0.451	-0.313	-0.528	-0.222
96 h	糖	-0.402	0.795**	0.445	0.698*	-0.591	-0.618*	-0.458
	羧酸	-0.286	0.645*	0.111	0.556	-0.462	-0.480	-0.339
	氨基酸	-0.367	0.690*	0.269	0.611*	-0.466	-0.610*	-0.323
	聚合物	-0.120	0.517	0.118	0.430	-0.228	-0.592	-0.268
	胺	-0.566	0.634*	0.314	0.585	-0.559	-0.628*	-0.391
	酚酸	-0.359	0.621*	0.058	0.529	-0.543	-0.546	-0.452
120 h	糖	-0.416	0.783**	0.491	0.708*	-0.569	-0.583	-0.382
	羧酸	-0.372	0.730*	0.317	0.644*	-0.551	-0.567	-0.410
	氨基酸	-0.327	0.754*	0.496	0.694*	-0.473	-0.596	-0.307
	聚合物	-0.124	0.591	0.314	0.513	-0.292	-0.625*	-0.311
	胺	-0.674*	0.658*	0.389	0.626*	-0.730*	-0.586	-0.592
	酚酸	-0.084	0.252	-0.329	0.136	-0.290	-0.325	-0.310

注:\* 为  $P<0.05$ ; \*\* 为  $P<0.01$ ,下同。

表4 在96 h时土壤微生物碳源代谢的多样性

Table 4 Diversities of soil microbial carbon sources metabolizing at 96 h

样品编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Shannon-wiener	3.424	3.265	3.350	3.364	3.410	3.371	3.270	3.287	3.279	3.299	3.200
Shannon even	0.997	0.951	0.976	0.980	0.993	0.982	0.952	0.957	0.955	0.961	0.932
Simpson	47.796	48.571	50.555	46.873	56.405	49.447	68.479	53.190	48.182	50.333	96.865

析如表4和表5所示。通过相关性分析可知 Shannon-wiener 指数和 Simpson 指数在 96 h 时与所有 31 个碳源中的 23 个碳源的 AWCD 显着正相关,与有效态 Cd 正相关,但与速效 P 负相关。该结果说明有效态 Cd 可增加生物群落的功能多样性,速效 P 降低农田中微生物群落的功能多样性。

### 3 讨论

重金属污染对土壤微生物群落的影响极大。其影响效应包括微生物数量和多样性的下降,微生物群落结构和代谢功能的改变<sup>[9]</sup>。本研究表明有效态重金属(Cd 和 Zn)和有效态养分(速效 P)是影响土壤微生物代谢多样性的主要因素。重金属(Cd 和 Zn)刺激微生物代谢,速效 P 降低微生物代谢。Cd 可增加土壤微生物群落的功能多样性;含量过高的营养元素(如速效 P)会降低土壤微生物多样性。

相比于其他生物指标,AWCD 更适合反映研究中微生物群落的变化。前人的研究表明碳源利用和微生物群落的代谢功能多样性受到高浓度重金属的显着抑制<sup>[9]</sup>。但本研究发现,Cd 和 Zn 明显刺激土壤微生物的代谢活动。产生这个结论的原因可能有两个:一方面本研究所选的受重金属污染的农田土壤,其重金属浓度相对低于 KUPERMAN 等人<sup>[9]</sup>的研究样品;另一方面,所选用样品的营养元素和有机物含量较 KUPERMAN 等人<sup>[9]</sup>研究的土壤样品更高(见表1)。在高肥力土壤中可能存在更多品种和数量的微生物,这可能为微生物群落提供更强的抗干扰的能力<sup>[11]</sup>。在长期污水灌溉农田中进行的一项研究也表明,Cr 和 Zn 浓度与 AWCD 值和微生物多样性呈正相关<sup>[12]</sup>。

重金属污染对农田土壤微生物的代谢特性和功

能多样性的影响较为复杂,但从本研究结果来看中度重金属污染和较为肥沃的土壤中 Cd 和 Zn 明显刺激土壤微生物的代谢活动,增加功能多样性,同时,含量过高的营养元素(如速效 P)会降低土壤微生物代谢活动和多样性。这一结论可为后续的研究提供一定的参考价值,同时,在田间条件下,多种环境因素同时作用于微生物群落,重金属、营养元素对土壤微生物的代谢特性和功能多样性的影响与其他因子之间的关系仍需进一步研究。

### 参考文献:

- [1] BIAN Z F, INYANG H I, DANIELS J L, et al. Environmental issues from coal mining and their solutions [J]. *Mining Science and Technology*, 2010(20): 215-223.
- [2] 王广林, 王立龙, 王育鹏, 等. 冶炼厂污灌区土壤铜和锌污染与土壤酶活性[J]. *应用生态学报*, 2005, 16(2): 328-332.
- [3] KANDELER E, TSCHERKO D, SPIEGEL H. Long-term monitoring of microbial biomass, N mineralisation and enzyme activities of a Chernozem under different tillage management[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 1999, 28(4): 343-351.
- [4] JONER E J, EIDHUSET T D, LANGEL H, et al. Changes in the microbial community in a forest soil amended with aluminium in situ[J]. *Plant and Soil*, 2005(275): 295-304.
- [5] KUPERMAN R G, CARREIRO M M. Soil heavy metal concentrations, microbial biomass and enzyme activities in a contaminated grassland ecosystem [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1997, 29(2): 179-190.
- [6] 赵祥伟, 骆永明, 滕应, 等. 重金属复合污染农田土壤的微生物群落遗传多样性研究[J]. *环境科学学报*, 2005, 25(2): 186-191.
- [7] DEL V, BAREA J M, AZCÓN-AGUILAR C. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungus populations in heavy-metal-contaminated soils[J]. *Applied and Environmental Microbiol-*

- ogy, 1999, 65(2): 718-723.
- [8] GB/T 17138—1997.土壤质量 铜、锌的测定 火焰原子吸收分光光度法[S].北京:国家环境保护局,1997.
- [9] LOCK K, JANSSEN C R. Influence of soil zinc concentrations on zinc sensitivity and functional diversity of microbial communities[J]. *Environmental Pollution*,2005(136): 275-281.
- [11] GIRVAN M S, CAMPBELL C D, KILLHAM K, et al. Bacterial diversity promotes community stability and functional resilience after perturbation[J]. *Environmental Microbiology*, 2005(7): 301-313.
- [12] ZHANG Y L, DAI J L, WANG R Q, et al. Effects of long-term sewage irrigation on agricultural soil microbial structural and functional characterizations in Shandong, China[J]. *European Journal of Soil Biology*,2008, 44: 84-91.

(责任编辑:华伟平)

## Study on Carbon Metabolism and Functional Diversity of Microbial Community in Sewage Water Irrigated Farmland Soil

LIN Li, WANG Han

(College Of Ecology and Resource Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** For the study of the microbial metabolism and functional diversity in sewage water irrigated farmland soil, nutrient content and heavy metal content are investigated in the farmland near the smelting plant, the diversity of microbial metabolic characteristics and functions are measured by Average Well Color Development (AWCD), Shannon-wiener index and Simpson index. The result shows that the farmland soil was mildly or moderately polluted by Cu, Cd, Pb and Zn. Cd, Zn and available P are the major factors affecting the diversity of soil microbial metabolism, heavy metal stimulates the microbial metabolism, available P reduces the biological metabolism. Cd could increase the functional diversity of soil microflora, while high content of nutrient elements (such as available P) will reduce the soil microbial diversity.

**Key words:** heavy metal pollution; microbial metabolic characteristics; microbial functional diversity; farmland soil

# 不同质量水仙岩茶中四种金属元素的相关性研究

孙丽真, 李秋月, 涂良剑

(武夷学院 茶与食品学院, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**采用原子吸收光谱法研究6个不同质量水仙岩茶中的4种矿质元素(Pb、Mn、Fe、Ca),结果表明:各质量水仙岩茶中各矿质元素含量大小均为Ca>Mn>Fe,未检出Pb的存在;水仙岩茶的质量越高,Ca的含量越低,两者呈显著的相关关系( $|r| \geq 0.8, P < 0.05$ );而其他元素与质量好坏无显著相关关系( $P > 0.05$ ),且各元素之间基本不相关( $P > 0.05$ )。

**关键词:**岩茶水仙;矿质元素;相关性

**中图分类号:**TS272.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2017)06-0044-04

科学家发现自然界的一百多种元素中有钾、钙、镁、铜、锰、锌、铁等25种人体所必须的矿质元素,它们参与和调节茶树体内的生理生化活动的诸多方面,从而影响茶叶的产量、品质和饮用保健功能<sup>[1]</sup>。各地茶叶中矿质元素的分析均有很多报道,但有关福建武夷水仙岩茶茶叶中矿质元素的分析报道较少。四川省茶科所《微量元素》课题组<sup>[2]</sup>和黄意欢等<sup>[3]</sup>的研究结果表明:各元素含量存在着季节差异性,元素Fe含量是春>夏>秋,Mn是夏>春>秋,Ca是夏>秋>春。对于茶树的生长及代谢而言,适宜比例含量的微量元素十分重要<sup>[4]</sup>。如果微量元素比例失调,茶树生理将会产生紊乱,甚至会导致茶树发生缺乏症或者受到毒害而死亡<sup>[5]</sup>。

作为大自然赐予人类最好的绿色饮品,茶叶除了有人们所熟悉的多酚类物质、茶氨酸、蛋白质、维生素等有利于人体健康的营养成分,还有锰、铁、铜、铝、钙、硒等矿物质元素,所以饮茶对人体有一定的保健功能。近几年来,人们在追求更好质量茶叶的同时,也逐渐关注茶叶中各种生化成分对人体的保健作用。因此,研究不同质量水仙岩茶与其矿质元素含量的关

系,对于进一步开发利用茶叶功效及其对人体的保健作用具有重要意义,也为人们合理购茶、科学饮茶等方面提供理论参考。

采用原子吸收光谱法<sup>[6]</sup>测定6个不同质量水仙岩茶中的4个金属元素(Pb、Mn、Fe、Ca)的含量,然后根据国家标准GB/T 23776—2009对水仙岩茶的五项因子进行感官审评,最后采用数据统计分析软件SPSS分析质量与矿质元素含量的相关关系。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与试剂

#### 1.1.1 主要仪器

乌龙茶审评器具全套。PE公司900F型的原子吸收分光光度计。

#### 1.1.2 样品与试剂

样品有6个不同质量的武夷水仙岩茶,按质量从好到坏划分,编号分别为S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>、S<sub>3</sub>、S<sub>4</sub>、S<sub>5</sub>、S<sub>6</sub>,均来自大坑口。主要试剂有硝酸、过氧化氢、氯化镧,试剂均为优级纯。

### 1.2 实验方法

感官审评根据国家标准GB/T 23776—2009对水仙岩茶的五项因子进行审评。矿质元素检测参照食品安全国家标准GB 5009.12—2010,利用原子吸收分光

收稿日期:2016-07-07

作者简介:孙丽真(1993-),女,汉族,学士,主要从事栽培育种的研究。

表 1 六个不同质量水仙岩茶的品质

Table 1 The quality of six different kinds of Rock tea Shuixian

样品号	外形 20%		汤色 5%		滋味 35%		香气 30%		叶底 10%		总分
	评语	评分	评语	评分	评语	评分	评语	评分	评语	评分	
S <sub>1</sub>	匀整色润	90	橙红较亮	86	浓厚滑爽	91	花香	88	软亮	88	89.35
S <sub>2</sub>	匀整色较润	88	橙红较亮	92	浓醇较爽	86	花香浓郁	91	较软亮	80	87.60
S <sub>3</sub>	较壮实色较润	80	橙黄	89	浓醇较爽	88	花香	88	叶质肥厚	90	86.65
S <sub>4</sub>	较匀整色润	88	橙红	83	浓醇较爽	84	花香尚浓郁	85	肥厚较软亮	86	85.25
S <sub>5</sub>	色较润带黄片	75	橙红尚亮	84	醇厚甘醇	90	花香	89	尚软	75	84.90
S <sub>6</sub>	较壮实较匀整	84	深橙黄尚亮	80	浓醇较爽	84	花香尚浓郁	82	较肥厚软亮	84	83.20

光度计测定茶叶中矿物元素的含量<sup>[7]</sup>。数据分析采用数据统计分析软件 SPSS。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同质量水仙岩茶的感官审评结果

6个水仙岩茶的质量存在差异,水仙 S<sub>1</sub> 的质量最好,其次是 S<sub>2</sub>、S<sub>3</sub>、S<sub>4</sub>、S<sub>5</sub>,质量最差的是水仙 S<sub>6</sub>(见表 1)。

### 2.2 不同质量水仙岩茶中 Pb、Mn、Fe、Ca 的含量

不同质量水仙岩茶中 Pb、Mn、Fe、Ca 的含量各不相同,有的相差大,有的相差小(见表 2)。

铅(Pb):6个不同质量的水仙岩茶均未检测出铅含量,完全符合 GB 2762—2005《食品中污染物限量》标准( $\leq 5.0$  mg/kg),合格率为 100%。

锰(Mn):S<sub>2</sub>>S<sub>5</sub>>S<sub>1</sub>>S<sub>3</sub>>S<sub>6</sub>>S<sub>4</sub>,质量较好的水仙 S<sub>2</sub> 含锰量最高,为 564.39 mg/kg;质量较差的水仙 S<sub>4</sub> 含锰量最低,为 178.56 mg/kg。不同质量的水仙岩茶中锰的含量差距较大,最高与最低锰含量相差 385.83 mg/kg。

铁(Fe):S<sub>1</sub>>S<sub>4</sub>>S<sub>5</sub>>S<sub>3</sub>>S<sub>6</sub>>S<sub>2</sub>,质量最好的水仙 S<sub>1</sub> 含铁量最高,为 230.01 mg/kg;质量较好的水仙 S<sub>2</sub> 含铁量最低,为 73.89 mg/kg。不同质量的水仙岩茶中铁的含量相差较小,最高与最低铁含量仅相差 156.12 mg/kg。

钙(Ca):S<sub>6</sub>>S<sub>3</sub>>S<sub>4</sub>>S<sub>5</sub>>S<sub>2</sub>>S<sub>1</sub>,质量最差的水仙 S<sub>6</sub> 含钙量最高,为 4 309.66 mg/kg;质量最好的水仙 S<sub>1</sub> 含钙量最低,为 3 010.35 mg/kg,最高与最低钙含量相差 1 299.31 mg/kg。不同质量水仙岩茶中钙的含量差距很大,而且随着钙含量的增加,水仙岩茶的质量基本

越好。

表 2 不同质量水仙岩茶中 Pb、Mn、Fe、Ca 的含量

单位:mg/kg

Table 2 The content of Pb, Mn, Fe, Ca in different

kinds of Rock tea Shuixian					
编号	样品号	全铅	全锰	全铁	全钙
1	S <sub>1</sub>	未检出	229.23	230.01	3 010.35
2	S <sub>2</sub>	未检出	564.39	73.89	3 444.95
3	S <sub>3</sub>	未检出	219.75	139.98	3 673.79
4	S <sub>4</sub>	未检出	178.56	172.67	3 667.57
5	S <sub>5</sub>	未检出	368.45	150.02	3 493.41
6	S <sub>6</sub>	未检出	189.70	93.42	4 309.66

### 2.3 不同质量水仙岩茶与 Mn、Fe、Ca 的相关性分析

根据 SPSS 统计分析软件分析不同质量水仙岩茶与 Mn、Fe、Ca 这三个矿质元素含量的关系如下表 3 所示(因为在茶叶中未检测出铅元素,所以不加入分析)。

表 3 水仙岩茶不同质量与 Mn、Fe、Ca 的相关性

Table3 The correlation of Mn、Fe、Ca and different

kinds of Rock tea Shuixian			
项目	全锰	全铁	全钙
Pearson 相关性	0.286	0.471	-0.889*
显著性(双侧)	0.583	0.346	0.018
N	6	6	6

注:\*表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

首先武夷水仙岩茶的质量与茶叶中的锰含量相关程度低( $|r|<0.3$ ),基本没有相关性( $P>0.05$ );然后与茶叶中铁的含量呈低度正相关( $0.3\leq|r|<0.5$ ),即水仙

质量越好,茶叶含铁量越多,但两者之间没有显著的相关关系( $P>0.05$ ),这基本符合表2中铁含量的变化规律;最后与茶叶中钙含量呈高度负相关( $|r|\geq 0.8$ ),即水仙岩茶质量越好,茶叶含钙量越少,且水仙质量好坏与含钙量的大小有显著的相关关系( $|r|<0.05$ )。

### 3 讨论

在这6种不同质量的水仙岩茶中,均未检测出铅元素,这可能是由于茶叶中铅含量太少,仪器无法检测出来,也可能与武夷山污染少、空气清新的自然环境有关。钙的含量都是最高的,其次是锰的含量,铁的含量是最少的,这与黄渊泽等<sup>[9]</sup>分析的云南其它地方及浙江、四川的茶叶结果——不同茶叶中金属元素含量顺序为  $Ca>Mg>Mn>Fe(Na)>Zn>Cu$  相一致。

水仙岩茶富含钙,可能与水仙岩茶鲜叶的采摘标准有关。一般采摘一芽二三叶,鲜叶比较成熟,而且锰、铁、钙都是一旦被茶树吸收就难以移动的元素,且随着叶龄的增长而增加,所以水仙岩茶中锰、铁和钙的含量本就较多。

根据SPSS统计软件的统计结果显示,武夷水仙岩茶的质量好坏与茶叶中钙含量呈显著负相关( $r=-0.889$ ),即水仙岩茶质量越好,茶叶含钙量越少,且水仙岩茶质量好坏与含钙量的大小有显著的相关关系。这与严俊、黄标<sup>[10]</sup>测试了一至六级的绿茶茶叶中的钾、钠、钙、镁等19种矿质元素的发现——钙元素与品质等级呈显著负相关( $r=-0.972$ )的规律相符合。

其余两个元素(锰、铁)则与茶叶质量无明显的相关关系。这与孙威江等<sup>[10]</sup>的研究结果——乌龙茶中锰的含量与茶叶品质呈正相关,即乌龙茶品质越好,茶叶中锰含量越高这一规律不相符。这可能是由于研究者选择的品种及特定品种吸收和利用矿质元素的能力不同,其具体原因有待进一步研究。

所测不同质量水仙岩茶中都含有较高的锰含量,但由于粗老茶中锰的浸出率较低,因此饮用水仙岩茶对锰的摄入都是安全的(我国1989年修订的营养素日供给量中,锰的安全与适宜摄入量为  $2.5\sim 5.0\text{ mg/d}$ <sup>[11]</sup>)。

水仙岩茶质量好坏除了与其含钙量有关,还可能与水仙岩茶生长环境(土壤条件、空气、气候)、树龄等

有关。据福建省农业科学院茶叶研究所<sup>[12]</sup>的调查,福建不同水仙鲜叶的内含物存在较明显的差异,从而影响到水仙岩茶的品质,甚至在相邻的地块水仙品质也差别甚大;此外,树龄也会影响到武夷岩茶的品质,如同样的福建水仙品种,其幼龄茶树加工的岩茶香气较高,但岩韵不明显;具有20a以上树龄的茶树采制的茶叶则不仅香气浓郁,而且岩韵明显。

因此,武夷山的茶厂可以通过对改良茶叶的生长环境,选择及培育更好的茶叶品种,以及采取一些特殊的栽培管理和加工措施,以提高武夷水仙岩茶中更有利于人体健康的矿质元素含量,使武夷水仙岩茶具有更高的保健价值。

### 4 结论

不同质量的武夷水仙岩茶中矿物元素的含量各有不同,在所分析的6个不同质量的水仙岩茶中都是钙的含量最高,其顺序基本为钙>锰>铁。其中,元素钙的含量与水仙岩茶的质量呈显著负相关,即水仙岩茶质量越好,茶叶含钙量越少;元素锰、铁与水仙岩茶的质量基本无显著的相关关系。武夷水仙岩茶中含有人体必需的矿物元素锰、铁、钙,而有害元素铅未检出,说明水仙岩茶没有受到重金属铅的污染。因此,人们在选择水仙岩茶时可以根据自己的需求和能力合理选择。

### 参考文献:

- [1] 宛晓春,李大祥,张正竹,等.茶业生物化学研究进展[J].茶叶科学,2015(1):1-10.
- [2] 王云.茶树品种矿质元素含量季节变化分析[J].茶叶科学简报,1990(3):30-34.
- [3] 黄意欢,徐仲溪,王滢,等.茶树六种无机元素含量年周期动态研究[J].湖南农学院学报,1992(2):270-278.
- [4] 韩文炎,王晓萍.茶叶中主要矿质元素含量背景值的调查[J].中国茶叶,1992(1):18-19.
- [5] 吴全,王银华.茶叶微量元素研究[J].西南农业大学学报,1993(1):14-16.
- [6] 刘国凌,彭珊珊,石燕.原子吸收光谱法测定茶叶中钙[J].光谱实验室,2004,21(4):763-764.
- [7] 刘家福.茶树的锰营养[J].福建茶叶,1983(4):5-10.

- [8] 王宝森,刘杰,郭俊明,等.茶叶中七种金属元素的测定及成分分析[J].食品研究与开发,2008,29(4):136-137.
- [9] 俨俊,黄财标.“屯绿”矿质元素含量与人体健康的关系[J].中国茶叶,1998,20(2):30-31.
- [10] 孙威江,郭远民,郑金凯.福建乌龙茶的矿质营养元素[J].福建茶叶,1994(4):18-21.
- [11] 郭修泉,罗绪刚,刘彬.鸡锰营养需要量研究进展[J].中国饲料,2000(9):17-18.
- [12] 孙威江,陈泉宾,林锻炼,等.武夷岩茶不同产地土壤与茶树营养元素的差异 [J]. 福建农林大学学报 (自然科学版), 2008,1(1):47-50.

(责任编辑:叶丽娜)

## The Correlation between the Four Metals and the Quality in Six Different Kinds of Rock Tea Shuixian

SUN Lizhen, LI Qiuyue, TU Liangjian

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

**Abstract:** The study on the mineral elements content in tea is important. In this paper, the four metal elements (Pb, Mn, Fe, Ca) in six different kinds of quality for Rock tea Shuixian have been studied, and the method of atomic absorption spectrometry was used. The results show that the quality of mineral elements in each kind of quality for Rock tea Shuixian is  $Ca > Mn > Fe$ , and Pb was not detected. The quality of Rock tea Shuixian is better with less Ca and there is significant correlation between them ( $|r| \geq 0.8$ ,  $P < 0.05$ ). While the correlation between other elements and the quality is not significant ( $P > 0.05$ ), and the correlations between each element are also not significant ( $P > 0.05$ ).

**Key words:** Rock tea Shuixian; mineral elements; correlation

# 基于多类型和身份的代理重加密方案

王萍姝<sup>1</sup>, 卮国雷<sup>2</sup>

(1. 青海民族大学 数学学院, 青海 西宁 810007; 2. 青海民族大学 计算机学院, 青海 西宁 810007)

**摘要:**在代理重加密中,代理人通过代理重加密密钥能够将授权人的加密密文全部地转换给受理人,但有些实际应用场景,授权人只允许代理人按密文子集的类型转换给相应的受理人。针对此问题,将基于类型的代理重加密扩展到多个类型和基于身份的环境中,提出了基于多类型和身份的代理重加密概念,给出了形式化的定义,构造了一个具有多类型的基于身份的代理重加密方案,在随机预言模型下达到了CPA安全性。

**关键词:**代理重加密;基于类型代理重加密;基于身份代理重加密;双线性映射

**中图分类号:**TP309.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2017)06-0048-05

代理重加密允许一个半可信的代理人,通过代理重加密密钥将授权人用自己的公钥加密的密文转换为受理人用自己私钥解密的密文。在代理重加密中,代理人使用重加密密钥可以将授权人的全部密文转换为受理人用其公钥加密的密文。代理重加密有着广泛的应用背景,如加密邮件的转发,分布式文件存储系统等等。

在实际的应用中,有这样的应用场景,授权人的加密密文不是全部转发给受理人去处理,而是授权人根据需把密文划分为若干类,每一类标记不同的标签,按标签发给相关的受理人。如某公司有下属两个子公司A和B,公司总经理的邮件包括市场、销售和人力资源等不同类型,他出差时需要把邮件发给子公司经理去处理,与市场和销售相关的邮件分派给子公司A的经理去处理,销售和人力资源的邮件分派给子公司B的经理,同时对于涉及机密的部分还不能转发给他人,只能留给他自己处理。解决此类问题的关键

是授权人需要一个细粒度策略来控制代理人对密文的转换能力,授权人将委托受理人处理的密文分类,按密文类型指定受理人,代理人只能按类型进行转换。授权人也可对重加密密钥附加某种条件,代理人只能转换与授权人设定的条件相一致的密文给受理人。基于这种思路,基于类型的代理重加密和条件代理重加密分别被提出<sup>[1-2]</sup>。在这类扩展的代理重加密中,代理人只能按授权人对密文预设定的类型或对重加密密钥附加的条件去转发密文,起到了授权人对代理人的转换能力的控制,是解决上述实际问题的一种有效方法。

现有的基于类型的代理重加密方案,采用的方法是授权人用他的公钥加密密文时,对密文分为子集,不同的密文子集标记不同的标签,同时标签作为代理重加密密钥的一部分,代理人进行密文转换时只能转换与标签相一致的密文给受理人,以此达到对重加密密文细粒度控制。但对更复杂的情形,如对同一密文子集贴多个标签、不同密文子集具有相同类型标签情况,目前还没有提出有效的解决方案。本文试图在综合已有文献方法的基础上,针对同一密文子集标有多个标签的情形进行研究,提出一个基于多类型和身份的代理重加密方案,使代理人能对标有多个标签的密文子集转换给指定的受理人。

收稿日期:2017-05-01

基金项目:青海省自然科学基金(2011-Z-906);教育部“春晖计划”项目(Z2012113)。

作者简介:王萍姝(1967-),女,汉族,教授,主要从事密码学的研究。

## 1 相关工作

代理重加密(proxy re-encryption, PRE)的概念是 BLEUMER 等<sup>[9]</sup>提出的,在代理重加密中,授权人用自己的公钥加密的密文允许代理人将其转换为用受理人公钥加密的密文,代理人不能得到有关授权人的私钥和密文的任何信息。随后代理重加密得到了广泛地研究,以重加密密文的转换方向和转换次数分别提出了单向/多向和单跳/多跳的代理重加密方案<sup>[4-7]</sup>。GREEN 等<sup>[8]</sup>扩展代理重加密到基于身份的公钥密码体制中,提出了基于身份的代理重加密概念,并构造了两个非交互的单向基于身份的重加密方案。在基于身份的环境中,各种代理重加密方案被提出<sup>[9-10]</sup>。

在公钥密码体制环境中,代理重加密允许代理人把授权人的密文全部转换为受理人可解密的密文。为控制代理人使用代理重加密权限,TANG<sup>[11]</sup>和 WENG<sup>[12]</sup>分别引入了基于类型的代理重加密(type-based proxy re-encryption, TBPRES)和条件代理重加密,虽然两个文献在概念的命名上有所不同,但实质上是相同的。WENG<sup>[12]</sup>提出了一个在双线性 Diffie-Hellman 假设下达到 CCA 安全的条件代理重加密方案,但 WENG 等<sup>[11]</sup>指出该方案并未达到 CCA 安全。2011 年,LIANG 等<sup>[13]</sup>在基于身份的环境中提出了两个基于身份的条件代理重加密方案,并声称在标准模型下达到了 CCA 安全性,但 HE 等<sup>[15]</sup>给出了具体的攻击,表明方案中的原始密文不具有不可展性,未能达到 CCA 安全。基于类型的代理重加密和条件代理重加密都得到了很多学者的关注,先后在传统的公钥密码体制下,特别是在基于身份的环境下提出了诸多方案<sup>[12,14]</sup>。IBRAIMI 等<sup>[16]</sup>将基于类型与基于身份结合,提出了基于类型和身份的代理重加密方案,并达到了 CPA 安全性。

本文的贡献是在文献[16]的基础上,将授权人标记单一密文类型扩充到标记多个类型(即类型集),提出并形式化定义基于多类型和身份的代理重加密,构造了一个具体的基于多类型和身份的代理重加密方案。

## 2 基于多类型和身份的代理重加密

下面给出双线性映射、复杂性假设和 DBDH 假设等相关定义,参见文献[14]。

### 2.1 双线性映射

设  $G$  和  $G_T$  是两个阶为素数  $q$  的循环乘法群,一个双线性映射  $e:G \times G \rightarrow G_T$  满足下列条件:

双线性性:对  $\forall g_1, g_2 \in G$  和  $\forall a, b \in \mathbb{Z}_q^*$ , 满足

$$e(g_1^a, g_2^b) = e(g_1, g_2)^{ab}.$$

非退化性:  $\exists g_1, g_2 \in G$ , 使得  $e(g_1, g_2) \neq 1$ .

可计算性:对  $\forall g_1, g_2 \in G$ , 存在高效的算法能够计算出  $e(g_1, g_2)$ .

### 2.2 复杂性假设

定义 1 DBDH 问题 (Decisional Bilinear Diffie-Hellman, DBDH): 设  $G$  和  $G_T$  是两个阶为素数  $q$  的循环乘法群,  $g$  是  $G$  的生成元, 双线性映射  $e:G \times G \rightarrow G_T$ 。对于给定的元组  $(g, g^a, g^b, g^c, Q) \in G^4 \times G_T$ , 判断  $Q = e(g, g)^{abc}$ , 其中  $a, b, c \in \mathbb{Z}_q^*$ 。对于一个多项式时间的敌手  $A$  解决  $(G, G_T)$  上的 DBDH 困难问题的优势定义为:

$$\text{Adv}_A^{\text{DBDH}} = |\Pr[A(g, g^a, g^b, g^c, e(g, g)^{abc}) = 0] - \Pr[A(g, g^a, g^b, g^c, Q) = 0]|.$$

定义 2 DBDH 假设:若对于任意多项式  $t$  时间的敌手  $A$ , 对解决群  $(G, G_T)$  上的 DBDH 困难问题的优势  $\text{Adv}_A^{\text{DBDH}}$  均小于  $\varepsilon$ , 则称  $G$  上的  $(t, \varepsilon)$ -DBDH 假设是成立的。

### 2.3 基于多类型和身份的代理重加密模型

基于多类型和身份的代理重加密(Multiple Type-and -Identity-based PRE, MTIBPRE)由以下算法构成:

Setup ( $1^k$ )算法:该算法输入一个安全的参数  $1^k$ , 输出一个全局公开参数  $\text{params}$  和主秘密参数  $\text{msk}$ 。

KeyGen ( $\text{params}, \text{msk}, \text{ID}$ ) 算法:该算法以  $\text{params}, \text{msk}$  和用户的身份  $\text{ID}$  作为输入, 输出与身份  $\text{ID}$  相一致的用户秘密密钥  $\text{sk}_{\text{ID}}$ 。

Enc ( $\text{params}, \text{ID}, m, T$ )算法:该算法以  $\text{params}$ 、用户的身份  $\text{ID}$ 、消息  $m \in G$ 、类型集  $Q$  的子集  $T \subseteq Q$  作为输入, 输出具有与类型子集相一致, 并用用户  $\text{ID}$

加密的密文  $C$ 。

$ReEnKeyGen(params, sk_{ID_1}, T, ID_1, ID_2)$ 算法: 该算法以  $params$ 、身份为  $ID_1$  用户的私钥  $sk_{ID_1}$ 、消息的类型集  $T$  以及身份  $ID_1$  和  $ID_2$  作为输入, 输出与类型集  $T$  相一致的代理重加密密钥  $rk_{ID_1 \rightarrow ID_2}^T$ 。

$ReEnc(Params, C, sk_{ID_1 \rightarrow ID_2}^T)$  算法: 该算法以  $params$ 、身份为  $ID$  的密文  $C$  和重加密密钥  $rk_{ID_1 \rightarrow ID_2}^T$  作为输入, 输出重加密密文  $C'$ 。

$Dec(Params, C, sk_{ID})$ 算法: 该算法以  $params$ 、加密密文  $C$  和身份为  $ID$  的用户私钥  $sk_{ID}$  作为输入, 输出与密文相一致的明文  $m$  或错误符  $\perp$ 。

### 2.4 基于多类型和身份的代理重加密方案

在文献[1]和[16]给出的基于类型的代理重加密定义基础上, 构造基于多类型和身份的代理重加密方案 (MTIBPRES), 本方案由以下六种算法构成。

**Setup (1\*)**算法: 该算法由可信的第三方 PKG 执行, 生成全局参数, 具体操作如下四步。

(1) 选取一个大素数  $q$ , 生成两个循环乘法群  $G$  和  $G_T$ , 取  $G$  的生成元  $g$ , 一个双线性映射  $e: G \times G \rightarrow G_T$ 。

(2) 随机选取  $\alpha \in Z'_q$  作为主秘密参数  $msk = \alpha$ , 并生成参数  $mpk = g^\alpha$ 。

(3) 选择两个 Hash 函数:

$$H_1: \{0, 1\}^* \rightarrow G \text{ 和 } H_2: \{0, 1\}^* \rightarrow Z'_q。$$

(4) 生成全局公开参数  $params = \{G, G_T, g, mpk, e, H_1, H_2\}$  和主秘密参数  $msk = \alpha$ 。

**KeyGen(params, msk, ID)**算法: 该算法由可信的第三方 PKG 执行, 生成与用户身份  $ID$  相一致的私钥  $sk_{ID} = H_1(ID)^\alpha$ 。

**Enc(params, ID, m, T)**算法: 该算法由授权人执行, 得到用授权人身份  $ID$  加密并与类型子集相一致的密文  $C$ , 该密文允许代理人转换为受理人解密的密文。具体执行如下操作。

(1) 取  $T$  为类型子集, 记  $h = \prod_{t \in T} t$ 。

(2) 随机选取  $r \in Z'_q$ , 计算  $C_1 = g^r$ ,

$$C_2 = m \cdot e(H_1(ID), mpk)^{rH_2(ID \parallel h)}, C_3 = h, C_4 = mpk^r。$$

取  $C = (C_1, C_2, C_3, C_4)$  为授权人加密并标有类型

$T$  的密文。

$ReEnKeyGen(params, sk_{ID_1}, T, ID_1, ID_2)$ 算法: 该算法由授权人执行, 生成代理重加密密钥  $rk_{ID_1 \rightarrow ID_2}^T$ , 具体操作如下。

(1) 随机选取  $s \in Z'_q$ , 计算  $d_1 = H_1(ID_1)^{s^{-1}}$ ,

$$d_2 = H_1(ID_2)^s, d_3 = g^s。$$

(2) 计算  $d_4 = C_4^{-SH_2(ID_1 \parallel t)}$ 。

取代理重加密密钥为  $rk_{ID_1 \rightarrow ID_2}^T = (d_1, d_2, d_3, d_4)$ , 授权人将  $rk_{ID_1 \rightarrow ID_2}^T$  和  $R = (V, T)$  一并发给代理人。其中,  $ID_1$  和  $ID_2$  分别为授权人和受理人的身份信息,  $T$  为类型子集,  $V = H_2(ID \parallel t)$ 。

**ReEnc(Params, C,  $rk_{ID_1 \rightarrow ID_2}^T$ )**算法: 该算法由代理人执行, 将授权人加密的附有类型集的密文转换为受理人能够解密的密文, 即重加密密文  $C' = (C'_1, C'_2, C'_3)$ 。具体操作如下。

(1) 代理人通过  $R = (V, T)$  计算  $H_2(ID_1 \parallel t)$ , 验证  $H_2(ID_1 \parallel t) = V$ , 若成立, 则执行(2)。

(2) 计算  $C'_1 = e(d_1, d_4)$ ,  $C'_2 = C_2 e(d_2, mpk)^{H_2(ID_1 \parallel t)}$ ,  $C'_3 = d_3^{H_2(ID_1 \parallel t)}$ 。

**Dec(Params, C,  $sk_{ID}$ )**算法: 该算法由授权人/受理人用可信第三方生成的私钥  $sk_{ID}$  对密文/重加密密文进行解密操作, 得到相应的明文  $m$  或错误符  $\perp$ 。具体操作如下。

(1) 对加密密文  $C = (C_1, C_2, C_3, C_4)$ , 授权人用其私钥  $sk_{ID}$ , 并执行下面的解密运算得到明文

$$m = C_2 e(sk_{ID}, C_1)^{-H_2(ID \parallel C_3)}$$

(2) 对重加密密文  $C' = (C'_1, C'_2, C'_3, C'_4)$ , 受理人用其私钥  $sk_{ID_2}$ , 并执行下面的解密运算得到明文

$$m = \frac{C'_1 C'_2}{e(sk_{ID_2}, C'_3)}$$

方案的正确性由下面的两个等式得到:

$$m = \frac{C_1 C_2}{e(sk_{ID}, C_3)}$$

### 2.5 正确性

方案的正确性由下面的两个等式得到:

$$\begin{aligned}
 (1) & C_2 e(\text{sk}_{ID}, C_3)^{-H_2(ID \parallel C_3)} \\
 &= m \cdot e(H_1(ID), \text{mpk})^{r_{H_2(ID \parallel h)}} \cdot e(H_1(ID)^\alpha, g)^{-H_2(ID \parallel h)} \\
 &= m \cdot e(H_1(ID), g)^\alpha \cdot e(H_1(ID)^\alpha, g)^{-H_2(ID \parallel h)} \\
 &= m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (2) & \frac{C_1' \cdot C_2'}{e(\text{sk}_{ID_2}, C_3')} \\
 &= \frac{m \cdot e(H_1(ID_1), \text{mpk})^{r_{H_2(ID_1 \parallel h)}} \cdot e(H_1(ID_1), \text{mpk})^{r_{H_2(ID_1 \parallel h)}} \cdot e(H_1(ID_2), \text{mpk})^{H_2(ID_2 \parallel h)}}{e(H_1(ID_2), g)^\alpha} \\
 &= \frac{m \cdot e(H_1(ID_1), g)^\alpha \cdot e(H_1(ID_1), g)^\alpha \cdot e(H_1(ID_2), g)^\alpha}{e(H_1(ID_2), g)^\alpha} \\
 &= m
 \end{aligned}$$

### 3 性能和安全性分析

#### 3.1 性能与效率分析

(1)提出的方案具有文献[8]中所描述的 IBPRE 两个重要性质,具体如下。

单向性:由代理重加密密钥算法和代理重加密算法看出,授权人用其加密的附有类型集的密文只能单向地转换为受理人能够解密的密文,但反之不行。

非交互性:代理重加密密钥  $\text{rk}_{ID_1 \rightarrow ID_2}$  生成完全由授权人执行,无需受理人参与,授权人仅将受理人的身份信息作为代理重加密密钥生成算法的输入参数,不涉及受理人任何秘密信息。但在文献[16]中,代理重加密密钥的生成使用了受理人的  $\text{Encrypt}_2(X, \text{id}_i)$  信息,未能真正实现非交互性。

(2)文献[1]和[16]只对密文标记一种类型,而本方案对密文标记多个类型,当  $|T|=1$  时,方案为同一域中的基于类型和身份的代理重加密方案,由此看出本方案是文献[16]的扩充形式,在应用范围上比文献[16]扩大了。

(3)令  $t_e$  和  $t_p$  分别表示一次双线性对运算和一次指数运算。下面将本文中提出的方案与文献[1]和[16]中的方案在双线性对运算和指数运算的效率上作以比较,从表 1 比较看出,在相同安全性的前提下,本文

提出的方案具有较高的效率。

表 1 基于类型和身份代理重加密方案效率比较

Table1 The efficiency comparison of multiple type-and-identity-based proxy re-encryption scheme

方案	加密效率	重加密效率	原始密文解密效率	重加密密文解密效率
文献[1]方案	$2t_e+1t_p$	$3t_e+1t_p$	$1t_e+1t_p$	$1t_e+1t_p$
文献[16]方案	$2t_e+1t_p$	$3t_e+2t_p$	$1t_e+1t_p$	$2t_p$
本文方案	$2t_e+1t_p$	$2t_e+2t_p$	$1t_e+1t_p$	$1t_p$

#### 3.2 安全性分析

文献 [16] 中的授权人和受理人可以来自不同的域,而本方案两者均在同一个域中。因此,对文献[16]的 IND-ID-DR-CPA 安全定义做适当修改,取  $\text{Extract}_2$  查询与  $\text{Extract}_1$  查询相同,并用  $T^*$  代替  $t^*$  就可形成 IND-TIBPRE-CPA 安全定义,由于篇幅所限此处略去。

与文献[16]中的证明类似,在随机预言模型下可证明下面的定理是成立的。

定理 1. 假设在群  $G$  中 DBDH 问题是困难的,则方案在随机预言模型下是 IND-TIBPRE-CPA 安全的。

### 4 总结

在文献[1]和[16]的基础上,对基于类型和身份的代理重加密中的类型扩充到了类型集,提出了基于多类型和身份的代理重加密和一个具体的重加密方案,对标有多个类型的密文能够实现受理人按照授权人设定的密文类型转换给相应的受理人。就理论方案而言,在相同安全的前提下,与现有方案相比在代理重加密和重加密解密的计算上具有较高的效率。

#### 参考文献:

- [1] TANG Q. Type-based proxy re-encryption and its construction[C]// International Conference on Cryptology in India: Progress in Cryptology. Springer-Verlag, 2008:130-144.
- [2] WENG J, DENG R H, DING X, et al. Conditional proxy re-encryption secure against chosen-ciphertext attack[C]// ACM Symposium on Information, Computer and Communications Security, ASIACCS 2009, Sydney, Australia, March. DBLP, 2009:322-332.

- [3] BIAZE M, BLEUMER G, STRAUSS M. Divertible protocols and atomic proxy cryptography [C]// Advances in Cryptology-Crypto'98, LNCS 1403. Berlin: Springer-erlag, 1998,127-144.
- [4] LIBERT B, VERGNAUD D. Unidirectional Chosen - Ciphertext Secure Proxy Re-encryption [C]//Proc. of PKC'08, LNCS 4929, Springer-Verlag, 2008. 360-379.
- [5] CANETTI R, HOHENBERGER S. Chosen-Ciphertext Secure Proxy Re-Encryption [C]//Proceeding of ACM CCS 2007. 185-194.
- [6] CHOW S S, WENG J, YANG Y, et al. Efficient unidirectional proxy re-encryption [C]//Bernstein D J, Lang T,eds. AFRICA CRYPT, LNCS.6055,Berlin:Springer-Verlag,2010:316-332.
- [7] SHAO J, CAO Z F. CCA -Secure Proxy Re -encryption without Pairings [C]//Public Key Cryptography. LNCS 5443. 357 - 376.
- [8] GREEN M, ATENIESE G. Identity-based proxy re-encryption [C]// ACNS 2007, volume 4521 of LNCS, 2007. 288 - 306.
- [9] CHU C K, TZENG W G. Identity-based proxy re-encryption without random oracles [C]. Proc. of ISC'07. LNCS 4779.189 - 202.
- [10] MATSUO T. Proxy re-encryption systems for identity-based encryption[C]//Proc.of Paring'07, LNCS 4575.247 - 267.
- [11] WENG J, YANG Y J, TANG Q, et.al. Efficient conditional proxy re-encryption with chosen-ciphertext security [C]//In: Proc. of ISC'09, Springer-Verlag, LNCS 5735.151 - 166.
- [12] SHAO J, WEI G, LING Y, et al. Identity-Based Conditional Proxy Re-Encryption[C]// IEEE International Conference on Communications. IEEE, 2011:1-5.
- [13] LIANG K, LIU Z, TAN X, et al. A CCA-Secure identity-based conditional proxy re -encryption without random oracles[C]//International Conference on Information Security and Cryptology. Springer-Verlag, 2012:231-246.
- [14] ZHOU D H, CHEN K F, LIU S L, et.al. Identity -Based Conditional Proxy Re -Encryption [J]. Chinese Journal of Electronics, 2013(1): 61-66.
- [15] HE K, WENG J, DENG R H, et al. On the security of two identity-based conditional proxy re-encryption schemes[J]. Theoretical Computer Science, 2016, 652:18-27.
- [16] IBRAIMI L, TANG Q, HARTEL P, et al. A type -and -identity -based proxy re -encryption scheme and its application in healthcare [C]//Secure Data Management 2008, LNCS 5159. Berlin: Springer-Verlag, 2008,185-198.

(责任编辑:叶丽娜)

## A Multiple Type-and-Identity-based Proxy Re-encryption Scheme

WANG Pingshu<sup>1</sup>, NIE Guolei<sup>2</sup>

(1.School of Mathematics, Qinghai University for Nationalities, Xining 810007;

2.School of Computers'science and Technology, Qinghai University for Nationalities, Xining 810007)

**Abstract:** In a proxy re-encryption system, a semi-trusted proxy can convert all ciphertexts by delegator encrypted plaintext with his public key to the delegatee so that the re-encrypted ciphertexts can be decrypted with the delegatee's private key. However, in many application scenarios, delegator only allows proxy to convert ciphertext with corresponding type set as tag to a specific delegatee. In order to address this issue, we extend the concept of type-and-identity-based proxy re-encryption to multiple type setting and propose multiple type-and-identity-based proxy re-encryption (MTBPRE), which enables the delegator to control his delegate right for proxy. We present a concrete MTBPRE system, and prove it against the chosen-plaintext attack (CPA) in the random oracle model.

**Key words:** proxy re-encryption; type-based proxy re-encryption; identity-based proxy re-encryption; bilinear maps

# 线性回归模型中非正态数据的处理

丘甜<sup>1</sup>, 华伟平<sup>2</sup>, 李宝银<sup>3</sup>, 江希钿<sup>4</sup>

(1.武夷学院 商学院, 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.福建江夏学院, 福建 福州 350108; 4.福建农林大学 林学院, 福建 福州 350002)

**摘要:**为了对非正态数据进行线性回归分析,需要对非正态数据的处理方法进行研究。在 Box-Cox 变换的基础上改进的双幂变换是一种有效的处理方法。结合 Matlab 软件给出了双幂变换下线性回归模型中参数的极大似然估计与最小二乘估计方法,并通过实例研究显示:双幂变换使非正态数据服从正态分布,对于异常数据的处理有一定的效果,是数据正态变换的理想工具。

**关键词:**非正态数据;双幂变换;线性回归模型;极大似然估计;最小二乘估计

**中图分类号:** O212 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-2109(2017)06-0053-05

线性回归模型的因变量假定来源于正态分布的总体。在这一假定前提下,通常的做法是采用极大似然法或最小二乘法给出参数的估计。如果通过随机抽样的数据非正态分布,则会使显著性检验程序是无效的,实际上估计出来的参数没有意义,直接影响回归分析结果。这意味着,当数据不满足正态性假定时,可能拒绝实际上好的模型,大大地增加了统计推断中所犯第一类错误的概率。因此,非正态数据的处理是应用线性回归模型时需要解决的问题。

## 1 处理非正态数据的常用方法

### 1.1 Box-Cox 变换

在考察可观测随机因变量 Y 和自变量 X 之间的关系时,经常采用如下正态线性回归模型<sup>[1-2]</sup>:

$$\begin{cases} Y = X\beta + \varepsilon, \\ \varepsilon \sim N_n(0, \sigma^2 I_n), \end{cases} \quad (1)$$

其中  $\beta \in R^p$  为回归系数,  $\varepsilon$  为不可观测随机误差向量。易知,模型(1)实际上需要满足 Gauss-Markov 条件:  $Y \sim N_n(X\beta, \sigma^2 I_n)$ 。针对所获得的数据,对其进行回归诊断,若不满足 Gauss-Markov 条件,研究者在统计推断时有可能会增加犯错误的概率。常用的处理方式是对数据采取某种“治疗”措施,其中,数据变换就是一种常用的处理非正态数据的办法。至于采取何种变换更为有效,这取决于数据本身的特点,也成为了如今国内外统计学界研究的热点问题之一。迄今为止,如下由观测值 Y 到  $Y(\lambda)$  的 Box-Cox 变换<sup>[3]</sup>(依赖于未知参数  $\lambda$ ):

$$f(Y, \lambda) = \begin{cases} \frac{Y^\lambda - 1}{\lambda}, & \lambda \neq 0, \\ \log Y, & \lambda = 0 \end{cases} \quad Y > 0 \quad (2)$$

式(2)是研究得最为透彻的变换。通过参数的选择,达到对非正态数据的综合治理。虽然 Box-Cox 变换具有许多优点,但注意到

$$f(Y, \lambda) \in \begin{cases} (-\infty, -\frac{1}{\lambda}), & \lambda < 0, \\ (-\frac{1}{\lambda}, +\infty), & \lambda > 0, \\ (-\infty, +\infty), & \lambda = 0, \end{cases}$$

收稿日期: 2017-02-16

基金项目: 南平市科技计划项目(N2014Z01); 校科研项目(XLZ201401, XL201512S); 福建省生态产业绿色技术重点实验室资助项目(WYKF2017-8)。

作者简介: 丘甜(1988-), 女, 汉族, 助教, 主要从事空间计量模型的统计推断研究。

通讯作者: 江希钿(1958-), 男, 汉族, 教授, 主要从事生物数学建模研究。

这表明 Box-Cox 变换存在截断问题, 即当  $\lambda < 0$  时,  $Y(\lambda)$  在  $-1/\lambda$  处右截断, 而  $\lambda > 0$  时,  $Y(\lambda)$  是在  $-1/\lambda$  处左截断的, 只有在  $\lambda = 0$  时,  $Y(\lambda)$  取值范围是  $(-\infty, +\infty)$ , 从而认为  $Y$  经过变换(2)得到的  $f(Y, \lambda)$  是一组正态样本是不正确的(除了  $\lambda = 0$  这种情况)。

### 1.2 双幂变换

为了克服 Box-Cox 变换中的截断问题, 诸多学者进行了研究。目前, Yang<sup>[4-5]</sup>引入了如下变换。

$$Y(\lambda) = g(Y, \lambda) = \begin{cases} \frac{Y^\lambda - Y^{-\lambda}}{2\lambda}, & \lambda \neq 0, \\ \log Y, & \lambda = 0 \end{cases} \quad Y > 0 \quad (3)$$

变换(3)是在 Box-Cox 变换的基础上进行修正而得到的一种新变换, 被称为双幂变换。非正态数据通过双幂变换后服从以下正态线性回归模型:

$$\begin{cases} Y(\lambda) = X\beta + \varepsilon, \\ \varepsilon \sim N_n(0, \sigma^2 I_n), \end{cases} \quad (4)$$

式中:  $X$  是已知  $n \times p$  列满秩设计阵;  $\varepsilon$  是不可观测的  $n$  维随机误差向量;  $\lambda \in (-\infty, +\infty)$ ,  $\beta, \sigma^2$  是未知参数。

对于参数  $\lambda \in (-\infty, +\infty)$  均有  $g(Y, -\lambda) = g(Y, \lambda)$  成立, 这意味着根据样本  $Y = (Y_1, \dots, Y_n)^T$  不能唯一确定模型(4)中的参数  $\lambda$ 。因此, 为了消除这种不确定性, 将参数  $\lambda$  限制在区间  $[0, +\infty)$  内。

## 2 非正态数据处理下参数的估计

### 2.1 极大似然估计

由模型(4)可得未知参数  $\lambda, \beta, \sigma^2$  基于  $Y = (Y_1, \dots, Y_n)^T$  的对数似然函数为:

$$L(\lambda, \beta, \sigma^2 | Y) = \log J(Y, \lambda) - \frac{n}{2} \log(2\pi\sigma^2) - \frac{1}{2\sigma^2} (Y(\lambda) - X\beta)^T (Y(\lambda) - X\beta) \quad (5)$$

其中  $J(Y, \lambda)$  表示变量  $Y(\lambda) = (Y_1(\lambda), \dots, Y_n(\lambda))^T$  和  $Y = (Y_1, \dots, Y_n)^T$  之间的变换 Jacob 行列式, 其表达式为:

$$J(Y, \lambda) = \prod_{i=1}^n \left| \frac{\partial f(Y_i, \lambda)}{\partial Y_i} \right| = \frac{1}{2^n} \prod_{i=1}^n [Y_i^{\lambda-1} + Y_i^{-(\lambda+1)}],$$

$$\lambda \in [0, +\infty) \quad (6)$$

当  $\lambda \geq 0$  已知时, 由(5)利用熟知的正态线性回归模型极大似然估计的结果可得知  $(\beta, \sigma^2)$  的极大似然

估计分别为:

$$\begin{cases} \tilde{\beta}(\lambda) = (X^T X)^{-1} X^T Y(\lambda) \\ \tilde{\sigma}^2(\lambda) = \frac{1}{n} Y(\lambda)^T (I_n - P_X) Y(\lambda) \end{cases} \quad (7)$$

其中  $P_X = (X^T X)^{-1} X^T$  为一正交投影阵。将(7)式代入(5)中可得:

$$\begin{aligned} \tilde{L}(\lambda | Y) &:= L(\lambda, \tilde{\beta}(\lambda), \tilde{\sigma}^2(\lambda) | Y) \\ &= \log J(Y, \lambda) - \frac{n}{2} [\log(2\pi\tilde{\sigma}^2(\lambda)) + 1], \lambda \in [0, +\infty) \end{aligned} \quad (8)$$

这说明了参数  $\lambda \in [0, +\infty)$  的极大似然估计是以下极值问题:  $\max_{\lambda \in [0, +\infty)} \tilde{L}(\lambda | Y)$  的解  $\hat{\lambda}_{ML} \in [0, +\infty)$ , 而参数

$\beta \in R^p, \sigma^2 > 0$  的极大似然估计分别为  $\hat{\beta}_{ML} = \tilde{\beta}(\hat{\lambda}_{ML})$ ,  $\hat{\sigma}_{ML}^2 = \tilde{\sigma}^2(\hat{\lambda}_{ML})$ 。用 Matlab 中内嵌的函数 `fminbnd` 可方便地算出  $\hat{\lambda}_{ML}$ <sup>[6-7]</sup>。

### 2.2 最小二乘估计

最小二乘估计作为另一种参数估计方法, 也经常被人们所运用。作为比较, 本文同时考虑模型(4)中参数  $\lambda, \beta, \sigma^2$  的最小二乘估计法。此时, 相应的误差平方和为:

$$Q(\lambda, \beta) = \varepsilon^T \varepsilon = (Y(\lambda) - X\beta)^T (Y(\lambda) - X\beta), \lambda \in [0, +\infty) \quad (9)$$

由此及熟知的线性回归模型最小二乘估计的结果可得已知  $\lambda \geq 0$  时,  $\beta$  的最小二乘估计为:

$$\bar{\beta}(\lambda) = (X^T X)^{-1} X^T Y(\lambda), \lambda \in [0, +\infty) \quad (10)$$

$$\lambda \in [0, +\infty) \text{ 是极值问题 } \min_{\lambda \in [0, +\infty)} Q(\lambda, \bar{\beta}(\lambda)) = \min_{\lambda \in [0, +\infty)} Y(\lambda)^T$$

$(I_n - P_X) Y(\lambda)$  的解  $\hat{\lambda}_{LS} \in [0, +\infty)$ , 而参数  $\beta \in R^p, \sigma^2 > 0$  的最小二乘估计分别为  $\hat{\beta}_{LS} = \bar{\beta}(\hat{\lambda}_{LS})$  和  $\hat{\sigma}_{LS}^2 = \frac{1}{n-p} Q(\hat{\lambda}_{LS}, \bar{\beta}(\hat{\lambda}_{LS}))$

$= \frac{1}{n-p} Y(\hat{\lambda}_{LS})^T (I_n - P_X) Y(\hat{\lambda}_{LS})$ 。同样地,  $\hat{\lambda}_{LS}$  也可用 Matlab 中函数 `Fminbnd` 算出。

## 3 数值实验

在实际分析时, 常常考虑多个变量, 并且这些变量中有一个变量是特别关心的, 称为因变量  $Y$ , 其他

变量作为影响因变量的自变量 (考虑三个自变量  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$ )。为了分析自变量对因变量的影响,按照随机原则抽取了 36 个样本数据,如表 1 所示。

表 1 样本数据  
Table 1 Sample data

Y	$X_1$	$X_2$	$X_3$	Y	$X_1$	$X_2$	$X_3$
1.65	0.77	0.43	0.99	0.65	0.94	0.85	0.65
0.52	0.93	0.31	0.17	0.48	0.17	0.95	0.04
0.60	0.96	0.43	0.42	1.39	0.81	0.30	0.81
0.46	0.40	0.76	0.04	1.51	0.14	0.23	0.47
0.67	0.79	0.94	0.72	2.39	0.29	0.14	0.91
0.45	0.26	0.88	0.02	0.72	0.63	0.15	0.24
0.41	0.39	0.86	0.00	0.45	0.37	0.87	0.10
2.05	0.37	0.16	0.83	0.67	0.90	0.02	0.24
1.40	0.08	0.24	0.45	0.59	0.56	0.72	0.34
1.01	0.05	0.93	0.58	1.37	0.44	0.14	0.51
0.63	0.27	0.85	0.29	0.41	0.85	0.97	0.33
2.30	0.42	0.30	0.98	0.82	0.93	0.59	0.64
1.96	0.26	0.20	0.72	0.82	0.90	0.58	0.70
0.52	0.97	0.04	0.07	0.83	0.73	0.98	0.77
0.75	0.25	0.75	0.38	1.79	0.06	0.76	0.91
0.47	0.70	0.74	0.25	0.51	0.90	0.45	0.26
2.26	0.42	0.06	0.85	1.63	0.06	0.63	0.72
0.82	0.80	0.03	0.30	1.22	0.77	0.00	0.54

### 3.1 非正态数据诊断

数据非正态性诊断<sup>[8-10]</sup>的常用方法是 K-S 检验。该检验的原假设认为总体符合正态分布。在显著性水平取 0.05 时,若检验的 P 值小于 0.05,则否定原假设,认为总体呈现非正态分布。

通过对因变量 Y 进行基本统计分析,统计结果(表 2)显示 K-S 检验的 P 值为 0.031,小于 0.05,说明数据总体不符合正态分布,并且偏态系数为 0.912,表现出一定程度的右偏,这在图 1 有更直观的表现。通过统计软件 SPSS 操作,并输出结果。可以判断该因变量是非正态数据。因此,在进行回归分析前必须进行数据正态性处理。

表 2 因变量 Y 的基本统计量

Table 2 Basic statistics of dependent variable Y

检验变量	平均值	标准差	偏度	P
Y	1.033 0	0.617 68	0.912	0.031

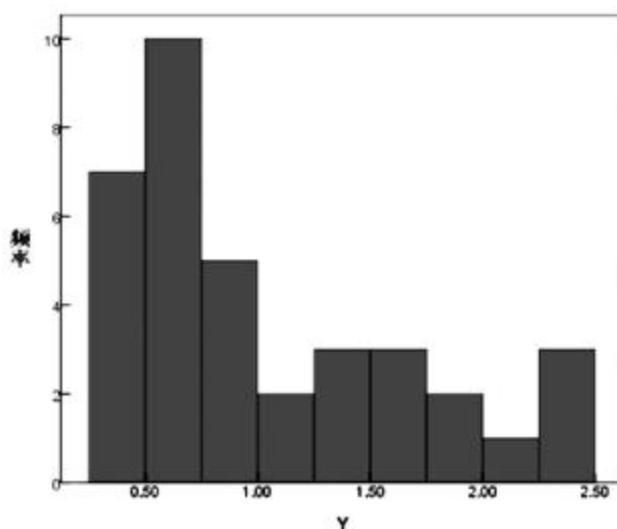


图 1 因变量 Y 的直方图

Figure 1 Histogram of dependent variable Y

### 3.2 数据变换及正态性检验

采用双幂变换对因变量 Y 进行修正得到  $Y(\lambda)$ ,用极大似然法估计出变换参数  $\hat{\lambda}_{ML}$  为 1.128 6,用最小二乘法估计  $\hat{\lambda}_{LS}$  为 0.883 4。对变换的效果进行正态性检验。通过软件 SPSS 进行基本统计分析,得到变换后的偏度系数及 K-S 检验结果(表 3),发现右偏程度有所减少,且变换值能顺利通过 K-S 检验。

表 3 原数据的双幂变换及正态分布检验结果

Table 3 The results of the dual power transformation and normal distribution of the original data

检验变量	极大似然估计下 双幂变换后数据		最小二乘估计下 双幂变换后数据	
	偏度系数	P	偏度系数	P
$Y(\lambda)$	0.351	0.482	0.360	0.442

为更直观的反映双幂变换下两种估计的正态效果,给出变换后的与的正态 Q-Q 图,同变换前进行比较,见图 2。

### 3.3 双幂变换后线性回归分析

由于线性回归分析<sup>[11]</sup>的思路是一致的,目的在于考察变量之间的数量关系,并通过一定的数学表达式即回归方程将关系描述出来,进而确定自变量对因变量的影响程度。以通过极大似然估计下双幂变换后线

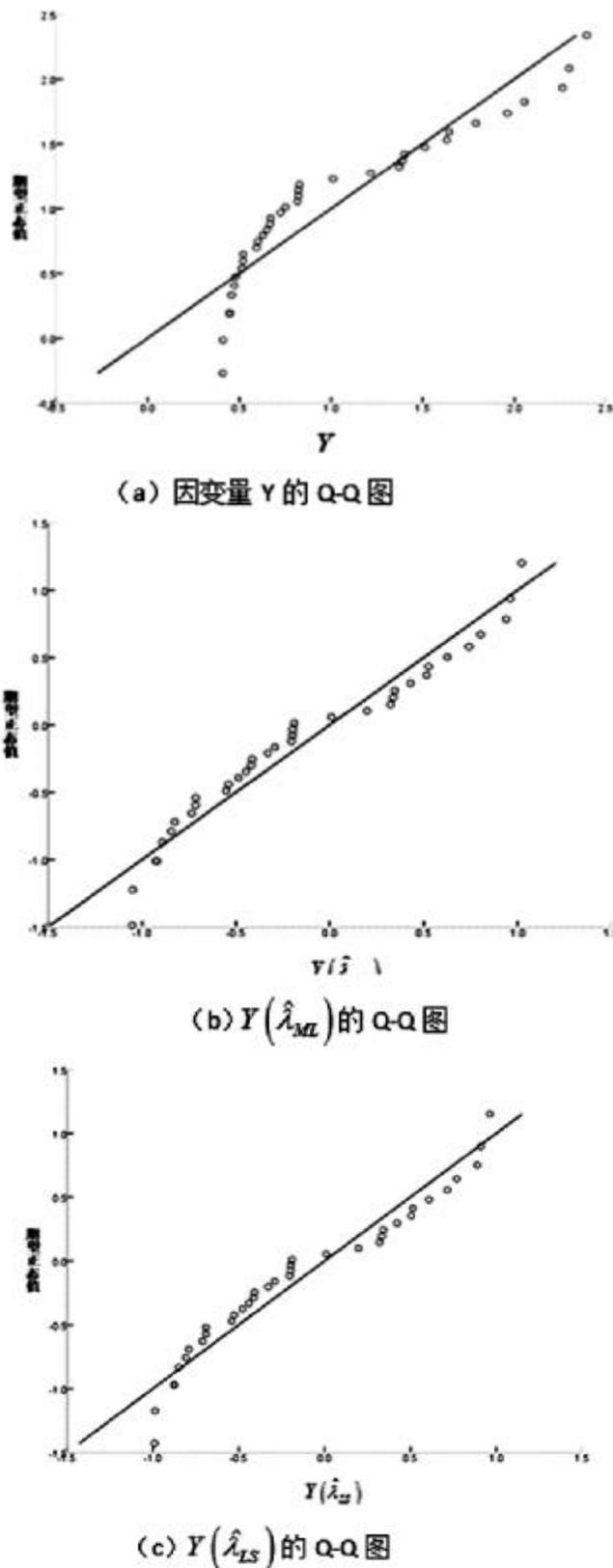


图2 原数据与双幂变换后数据 Q-Q 图比较  
 Figure 2 Comparison of the original data and the dual power transformation data Q-Q

性回归分析为例。以  $Y(\hat{\lambda}_{ML})$  为因变量,  $X_1, X_2$  和  $X_3$  为自变量进行多元线性回归分析, 具体结果见表 4、表 5。

表 4 方差分析

Table 4 Variance analysis

复相关系数	决定系数	F 统计量	P 值
0.998	0.996	2 905.243	0

从表 4 中得到, 模型复相关系数达到 0.998, 而决定系数为 0.996, 取得了较好的拟合优度。检验回归方程的 P 值为 0, 小于显著性水平 0.05, 通过了回归方程的显著性检验, 即所得到的回归方程有统计学意义。

标准回归系数的绝对值反映了影响因变量的程度, 绝对值越大, 则有越大的控制。由表 5 可看出影响程度从大到小依次为  $X_3, X_2, X_1$ 。回归方程为:

$$Y(\hat{\lambda}_{ML}) = -0.015 - 0.793X_1 - 0.854X_2 + 1.536X_3 \quad (11)$$

表 5 参数估计

Table 5 Parameter estimation

变量	系数	t 统计量	P 值
C	-0.015	-0.625	0.536
$X_1$	-0.793	-35.526	0
$X_2$	-0.854	-40.679	0
$X_3$	1.536	66.413	0

回归系数的显著性检验是要检验自变量对因变量的影响是否显著。由表 5 可知, 在显著性水平为 0.05 时, 三个自变量  $X_1, X_2, X_3$  的回归系数显著性水平 t 检验的 P 值都小于 0.05, 所以拒绝原假设, 即认为这些回归系数和 0 有显著差异。

#### 4 小结

当搜集回来的样本数据不满足正态分布时, 用线性回归模型分析所得到的结论是不准确的。因此, 需要进行非正态数据的正态变换。目前, Box-Cox 变换是一种研究的最为透彻的方法之一, 但存在截断问题。而双幂变换能够克服截断问题。结合 Matlab 软件给出了双幂变换下线性回归模型中参数的极大似然估计

与最小二乘估计的求法。在实例分析中,采用统计软件 SPSS 对数据诊断其正态性后,用双幂变换对该数据进行正态变换,结果表明双幂变换具有较强的正态变换能力,是非正态数据正态变换的理想工具。

### 参考文献:

- [1] 王桂松, 史建红. 线性模型引论[M]. 北京:科学出版社, 2004:175-178.
- [2] 王松桂. 线性统计模型:线性回归与方差分析[M]. 北京:高等教育出版社,1999:1-20.
- [3] BOX G E P, COX D R. An analysis of transformation[J]. Journal of the Royal Statistical Society B,2012(26): 211-252.
- [4] YANG Z L. A modified family of power transformations[J]. Economics Letters, 2006, 92(1): 14-19.
- [5] YANG Z L, Anthony F. Inference for general parametric functions in Box-Cox-type transformation models[J]. Canadian Journal of Statistics, 2008, 36(2): 301-319.
- [6] 张学敏. Matlab 基础及应用[M]. 北京:中国电力出版社, 2009:201-205.
- [7] 赵芳芳,贾翔宇,许作良. CIR 模型参数校准的极大似然法[J]. 统计与信息论坛,2015(9):3-7.
- [8] 李晓晖,袁峰,白晓宇,等. 典型矿区非正态分布土壤元素数据的正态变换方法对比研究[J]. 地理与地理信息科学, 2010(6):102-105.
- [9] 庄泓刚. 基于非正态分布的动态金融波动性模型研究[D]. 天津:天津大学,2009.
- [10] 焦璨,张敏强,黄庆均,等. 非正态分布测量数据对克隆巴赫信度  $\alpha$  系数的影响[J]. 应用心理学,2008(3):276-281.
- [11] 刘兆君. 伴随置信度的线性回归模型[J]. 统计与信息论坛,2015(7):3-7.

(责任编辑:叶丽娜)

## Processing of Non-normal Data in Linear Regression Model

QIU Tian<sup>1</sup>, HUA Weiping<sup>2</sup>, LI Baoyin<sup>3</sup>, JIANG Xidian<sup>4</sup>

(1.School of Business, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300;

2.School of Ecology Resource Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300;

3.Fujian Jiangxia University, Fuzhou, Fujian 350108;

4.School of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002)

**Abstract:** In order to make a linear regression analysis on the non - normal data, it is necessary to study the non - normal data processing method. Based on the Box-Cox transform, the improved dual power transformation is an effective method. The maximum likelihood estimation and least square estimation of the parameters in the linear regression model are given by the Matlab software. The case studies show that the non-normal data is subject to normal distribution with the dual power transformation, which has a certain effect on the processing of abnormal data and is an ideal tool for the normal transformation of data.

**Key words:** non-normal data; dual power transformation; linear regression model; maximum likelihood estimate; least squares estimation

# 一种有效的主动式校园网络管理方案

林 靖

(宁德师范学院 现代教育技术中心, 福建 宁德 352100)

**摘 要:**校园网络中常因用户使用不当导致网络反应过慢,使得正常的教学活动及校园管理受到干扰。因此,建立一个有效的校园网络管理方案来实现既可方便用户申请使用网络、教师可以自行控制管理学生上网范围,又可以有效的管控网络带宽的使用,就显得重要。以校园网络为研究对象,提出一种校园网络管理方案,即优化 IP 申请,优化流量管理,实现在管理人员紧缺的情况下,达到既能方便用户使用,又可以使网络得到有效管理。

**关键词:**网络管理;上网范围;流量控制;连线管理

**中图分类号:**TN915.07 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2017)06-0058-05

当今的时代是一个信息的时代,更是一个网络化的时代,越来越多的民生服务都开始往网络发展。由于许多影片、音乐、教学等信息通过网络来传送,因此连带的网络管理工作也日渐复杂起来。早期的校园网络是以对内为主,对外的部分主要是提供老师和学生们可以查询学术资料及浏览一些的网页为主。当时校内网络上所传送的资料大多为并不大的文档文件,是以校内自建电子邮件服务器为主,主要的功能仅是校内工作人员之间传达信息。此时的校内网络服务对网络带宽的需求不大,仅需要以太网 10 Mbps,并以 T1 专线对外连至网络中心即可满足使用需求。然而随着信息科技的进步,网络的应用也随着快速发展,同时各种多样的网络服务纷纷面世,譬如:电子商务、视频会议、远程教学以及各项 P2P 等。网络上的资料也开始出现图片、影像等大容量的资料,这些资料的流通,需要更大的网络带宽。网络的实体建设的内部局域网已由早期的 10 Mb 升级至 100 Mb,现在更是开始向 Gigabit 等高速网络迈进。

## 1 校园网络管理的现状

在现代的校园中,对各项信息系统有着很大的依赖。远程教学平台的出现使得学习不再局限于教室内,只要有网络的地方就可以学习。现代化的网络管理不仅要保持网络的畅通与稳定,还要让网络使用者拥有更好的网络品质与服务。但再好的硬件设备、再快的带宽如果没有有效的管理是不足以让使用者感受到更好的网络品质与服务。目前国内外网络公司均有推出一些网络管理软件,对于网络运行的有效管理起到了重要作用。此类软件具有通用性,对于中小企业和一般规模的校园网,虽然也能适用,但通用软件的许多功能不一定能用到,且对于网络设备和人员要求较高,造成资源浪费,现在的校园网都通常通过网络设备的自身功能,通过人工操作来实现管理,对于中小型网络,由于管理人员不足,让他们感受到很大的压力。目前许多学校由两个或更多的校区组成,网络管理压力很大,因此很需要一种针对性较强的网管方案。以宁德师范学院校园网为例,从三个方面分析校园网络管理的现状。

### 1.1 IP 申请

早期许多学校为了解决 IP 经常被盗用的问题,在设备上设定每个 IP 和 MAC 地址静态对应。单位为

收稿日期:2017-03-06

作者简介:林靖(1982-),女,汉族,工程师,主要从事网络管理的研究。

了管制一个新的学生或新进的教职员工,要申请连网需填写纸质的 IP 申请表,填写后需经相关部门审批,最后递交给网络中心,由网管人员在设备上设定。目前许多学校由两个或更多的校区组成,这样的流程的循环,申请人有时会因为申请表审批问题需要在多个校区之间奔波,花费大量的时间。

### 1.2 流量管理

学校建立校园网络目的是为了教学与科研,但因为有很多软件、音乐及影片可以通过网络下载,这常导致学校需花费大量的经费来提升网络设备及带宽,所以几乎每一所学校都会执行流量管理来维护一定的网络连线的品质。在原来的管理流程中,需由网络管理者自行上线查看网络流量有哪些人超量,再手动在设备上建立 ACL(存取控制清单)来拒绝连线,最后到网页上公告该 IP 超量被停权。但如果发生管理人员忘记上网公告,就会导致使用者以为网络故障而报修,徒增维修工作量。

### 1.3 连线管理

目前的教学环境越来越多地使用电脑与网络,但老师在上课时经常面临学生在上课时间连至与教学无关的网站,如游戏、网上聊天等。老师常用的办法是切断对外网络连接。这样的办法又会导致另一个问题的发生,如果老师需要让学生连至学校建设的数字学习平台,就会发生无法连线的情况。以往解决这样的问题都是通过网络管理人在防火墙上设定,不让学生连至校外的网络。然而教室的使用目的随时都会变动,要依赖变更防火墙设置的方式来防止学生的不当连线显然不太合适。

## 2 校园网络管理的优化策略

### 2.1 在 IP 申请方面的优化

IP 管理的部分,以网上申请、网上核准、DHCP 服务器以及在网络设备上以开关 ARP 的学习机制并搭配 DHCP SNOOPING 的机制<sup>[1]</sup>,省略了人员递交纸质申请表的过程,也可避免因为人工将网络帐号输入网络设备时发生的错误,但仍能保持原有 IP、MAC 绑定的优点,且又可以不用自行设定网络组态,以避免人工设定出错而发生的假故障。其流程如图 1。

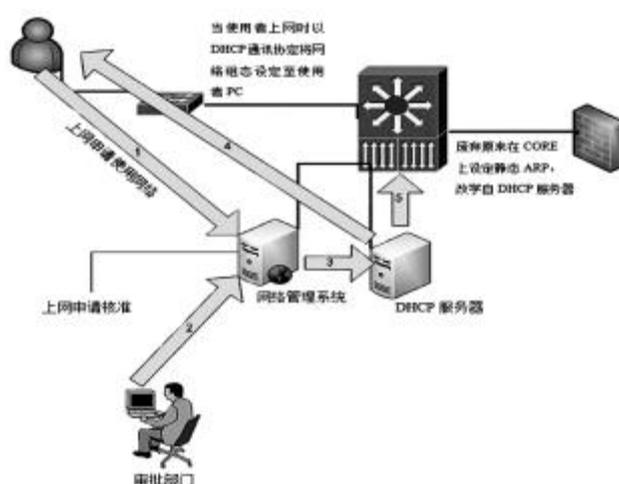


图 1 上网申请及网络设定流程

Table 1 Online account application and network setting process

由于要将原先学校在 core 上以静态 ARP 的方式来防止学生乱设定 IP 的方式改成 core 的 ARP 以学习自 DHCP 发送的纪录的方式,因此需要在 core 上变更设定,使其可以开关学习的机制,改用 DHCP 的模式。由于改用 ARP 学习自 DHCP 服务器,因此需要修改设备的设定值,其步骤如下:

#### 1. 将动态学习 ARP 的机制关闭

指令为 `disable ip-security arp learning learn-from-arp vlan [vlan_name]`

#### 2. 设定 DHCP 服务的 IP

指令为 `configure ip-security dhcp-bindings add "DHCP-IP" vlan "vlan_name"`

#### 3. 设定 ARP 学习自 DHCP 服务器

指令为 `enable ip-security arp learning learn-from-dhcp vlan "vlan_name" ports "port_number"`

4. 因为 vlan 会隔离广播封包,所以需要再设定 dhcp relay,以使 DHCP 的封包可以跨网段运行

指令为 `configure bootrelay add "DHCP_SERVER_IP"`

`enable bootrelay`

注解:如有多个 DHCP 服务器则所有的 DHCP SERVER 都要加入。

5. 阻止非法的 DHCP SERVER,避免其它具有 DHCP 功能的设备干扰网络运行

指令为 `enable ip-security dhcp-snooping vlan`

“vlan\_name” port “port\_number” violation -action drop-packet block-mac duration 300

注解:violation-action 选项是为避免私设 DHCP 时的封包处置行为。

6.DHCP 服务器有一个重要的设定值就是拒绝未申请过的网卡上线

指令为在 DHCP 服务的 dhcpd.conf 中多加一个参数:deny unknown-clients

注解:本参数可拒绝未在服务器中设定的网卡。

在本系统中是以 session 的方式管理权限,虽然 cookie 也可以管理,但现在很多人都限制 cookie 的使用,所以仍采用 session 的方式管理。网络安全管理员、老师和机房管理员需先拥有帐号,以使本系统可以判别是哪个 LEVEL 的使用者,分别提供不同的功能,流程如下:

1.网络安全管理员在新的网管型交换机布建后即需在系统上进行设备设置

(1)网络安全管理员建立帐号的流程,登入系统取得权限,进入系统管理菜单下的“帐号管理”进行新增帐号。

(2)网络安全管理员新增有网管的网络设备流程,进入系统管理菜单下的“设备管理”进行新增设备。

2.如有一个新的网段设定时,建立网段的主要流程

进入 IP 管理菜单下的“可用 IP 管理”,如要新增一整个网段则选择“新增网段 IP”,如要新增一个单独的 IP 则“新增单独 IP”。

3.新的电脑机房成立时,由网络安全管理员在系统中建立该机房的信息,让老师可以用本系统管理学生的上网行为的主要流程

进入系统管理菜单下的“教室管理”,选择“新增教室”。该设置的重点在于定义电脑机房对外的网络线接在哪台网管交换机的哪一个 PORT,以及教师机的 IP 为哪个。

4.新进人员申请 IP 的操作流程

由网络安全管理人员登入系统,在 IP 管理菜单下选择“IP 申请”,在该页面上选择“新增 IP 申请”填写申请表。

5.IP 配发

(1)首先在登入时会检查其权限,如为网络安全

管理人员的帐号登入才能看到本选项。

(2)在 IP 管理菜单下选择“IP 配发”。如需退回该项申请时,可直接在页面上选择“退回”,退回时备注退回的原因,让申请单位得知为何被退回。如同意申请则选择“核准”,并配予 IP 的相关信息。当网络安全管理人员完成核准后,系统将该笔记录存至资料库,并连线至 DHCP 服务器将该笔记录写入设定档中。

### 2.2 流量管理方面的优化

在流量管理部分,采用自动统计、自动下达拒绝连线的参数到 core 的方式,无需网络安全管理员介入操作,且用户超量后上网,网管交换机会自动将其跳转至一个警告页面告知其已流量超量停权中<sup>[2]</sup>,如图 2。

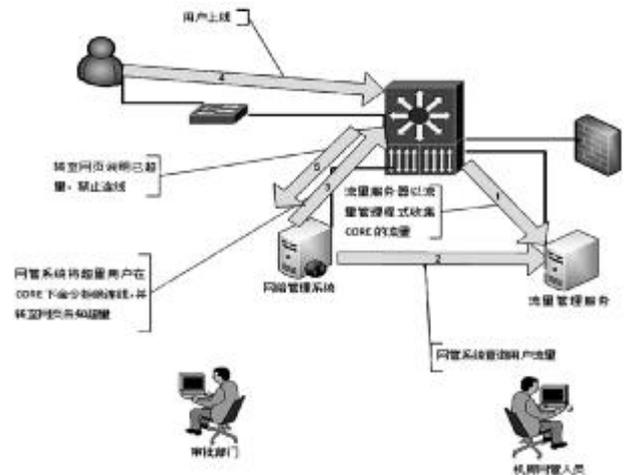


图 2 流量管理流程

Table 2 Internet traffic management process

### 2.3 在连线管理方面的优化

为了方便管理,在本系统中将管理的范围规定在各建筑物的网管交换机,各网管交换机上预设所有 PORT 均不管制连线范围,首先由管理者在教室连网管理系统中定义每间教室是连线至哪一个网管交换机上的哪一个 PORT,上课时再由老师自行决定是否管制学生上网范围。在网页上设定要管制的状况,再由连线管理系统将该政策设定至各建筑物的网管交换机上,<sup>[3]</sup>设定指令如下:

1.建立一个教室可连至校内网络,其余的连线均拒绝

在老师选择该政策时,教室内除了老师的电脑不受管制外,其余电脑均无法连至校外网络。

指令为 create access-list class-teacher “protocol tcp; source-address 教师机 IP/32” “permit”

允许如果封包的来源是教师机的 IP 则全部允许。

```
create access-list class-ok "protocol tcp;destination-address 192.138.0.0/16" "permit"
```

允许如果封包要到的目的地 IP 为校内 IP (校内 IP 全部采用私有 IP)则允许。

```
create access-list class-deny "protocol tcp;destination-address 0.0.0.0/0" "deny"
```

所有的对外连线均拒绝。

```
config access-list add class-deny first ports 教室连线的 PORT 将 class-deny 这条 ACL 套用到该教室所连线的 PORT 上。
```

```
config access-list add class-ok first ports 教室连线的 PORT 将 class-ok 这条 ACL 套用到该教室所连线的 PORT 上。
```

```
config access-list add class-teacher first ports 教室连线的 PORT 将 class-teacher 这条 ACL 套用到该教室所连线的 PORT 上。
```

因为在组态 ACL 时都是以“first”的参数加入,所以在 ACL 清单上其先后顺就是 class-teacher->class-ok->class-deny。

通过本系统中已设定的教室管理中所建立的教室是连接至哪个交换机的一个 PORT, 将上述命令以 PHP 通过 telnet 连线至该教室连接的网管交换机上后,套用此存取控制清单。本存取清单有三条政策,按输入的顺序,第一条为 class-teacher,为允许教师机可以连线,所以教师机不会受到限制;第 2 条为 class-ok,为允许可以连线到 192.168.0.0/16(校内网段),所以可以连线至校内的任一网络;第 3 条为 class-deny,为禁止所有的连线。

### 2. 建立一个教室可连至任一网络的连线

当老师选择该政策时,教室内所有电脑均可以连至所有网络。

```
指令为 create access-list class-teacher "protocol tcp;source-address 教师机 IP/32" "permit"
```

允许如果封包的来源的教师机的 IP 则全部允许。

```
create access-list class-ok "protocol tcp; destination-address 0.0.0.0/0" "permit"
```

允许无论封包的目的地 IP 为哪个均全部允许。

```
config access-list add class-ok first ports 教室连
```

线的 PORT 将 class-ok 这条 ACL 套用到该教室所连线的 PORT 上

```
config access-list add class-teacher first ports 教室连线的 PORT 将 class-teacher 这条 ACL 套用到该教室所连线的 PORT 上。
```

3. 建立一个教室内所有电脑均不能连至任一网络的连线

当老师选择该政策时,除了教师机外,教室内所有电脑均不能连至所有网络。

```
指令为 create access-list class-teacher "protocol tcp;source-address 教师机 IP/32" "permit"
```

允许如果封包的来源是教师机的 IP 则全部允许。

```
Create access-list class-deny "protocol tcp destination-address 0.0.0.0/0" "deny"
```

拒绝所有的对外连线。

```
Config access-list add class-deny first ports 教室连线的 PORT 将 class-deny 这条 ACL 套用到该教室所连线的 PORT 上。
```

```
Config access-list add class-teacher first ports 教室连线的 PORT 将 class-teacher 这条 ACL 套用到该教室所连线的 PORT 上。
```

4. 通过本系统中已设定的教室管理中所建立的教室是连接至哪个交换机的 PORT, 将上述命令以 PHP 通过 telnet 连线至该教室连接的网管交换机上后,套用此存取控制清单。

5. 存取控制清单 (ACL - access control list) 的作用方式

与防火墙的方式类似,其比对的方式为是从上往下比对,比对到符合条件即套用该政策后离开,在本系统中第一条 class-teacher 政策是为了让教师机可以上网,因为老师在上课的教程中有可能会有使用网络的需求。第二条 class-ok 政策是为了管控电脑教室的上网范围。第三条 class-deny 政策是为了拒绝所有的连线,采用本模式的优点在于可使 ACL 清单在建立时较为单纯,如果要改变管控的连线范围,则只要改变 class-ok 这条 ACL 即可,可简化日后程序的变更<sup>[4-5]</sup>。图 3 为教室管理系统的流程图。

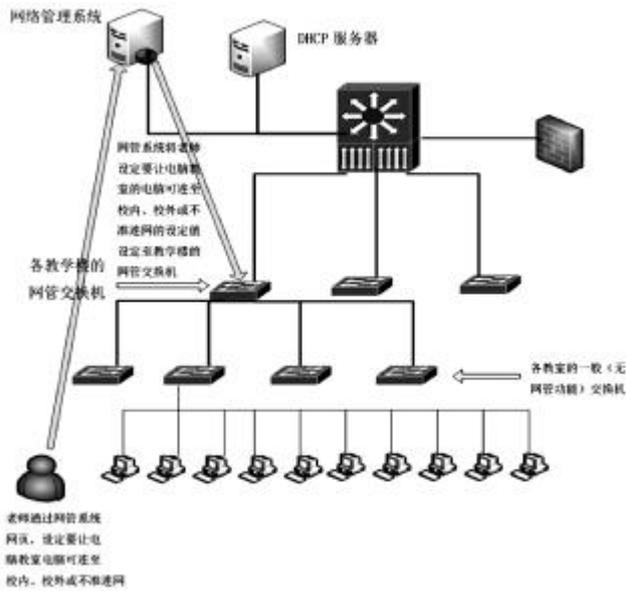


图3 教室连网管理流程

Table 3 Classroom networking management process

### 3 结语

在使用本方案之后，网络 IP 申请流程已无纸质文本传递的人力与时间差的问题，减少网管人员人工

设定网络设备的次数，避免因失误造成设备故障，大大提高了办事效率。网络流量管理采用系统自动收集整理、自动产生命令至网络设备、主动将超量的用户引导至另一个网页作停权通知，避免因用户误以为网络发生故障而报修的情况。在电脑教室里任课教师可自行控制教室的上网行为，杜绝了学生在上课时间连至与教学无关的网页，保证了教学质量，得到了任课老师和网络管理人员的认可。

### 参考文献:

- [1] 李晓宾,李淑珍.一种基于 SNMP 的 WEB 网络管理系统的设计与实现[J]. 微计算机信息, 2010(6): 150-151,154 .
- [2] 冯兴杰,潘文欣,卢楠. 基于小波包的 RBF 神经网络网络流量混沌预测[J].计算机工程与设计, 2012(5): 1681-1686.
- [3] 林靖.跨层网络管理系统 PCNMS 的架构与方法[J].宁德师范学院学报, 2015(4):363-368.
- [4] 翟永,王颖.企业网络管理系统构建方法研究[J].计算机工程与设计, 2012(5):1827-1831.
- [5] 林靖. P2P 网络管理策略[J]. 龙岩学院学报, 2016(5):52-57.

(责任编辑:叶丽娜)

## An Effective Management Scheme of Active Campus Network Management Scheme

LIN Jing

(Department of Modern Educational Technology Center, Ningde Normal University, Ningde, Fujian 352100)

**Abstract:** The internet in campus has frequently been slow to trouble the normal teaching activities and the management of the campus due to the improper network use. Therefore, it is very important to establish an effective management scheme of campus network achieving convenient network for users to apply in campus, teachers also can control the Internet and limit the usage of the students and campus internet office can use to control the network bandwidth effectively. This paper proposes a kind of campus network management plan to tackle the problem of the personnel shortage,such as optimizing the IP application and traffic management.It can not only be convenient for users but also can make the network.

**Key words:** network management; internet access; flow control; connection management

# 基于粒子群的微博用户影响力评价算法研究

江 玲<sup>1</sup>, 夏婷婷<sup>1</sup>, 蒋 艺<sup>1</sup>, 范 琳<sup>2</sup>

(1.武夷学院 数学与计算机学院, 福建 武夷山 354300; 2.绵阳天眼激光科技有限公司, 四川 绵阳 621000)

**摘 要:**针对群体智能与微博社交网络用户行为之间的相似性,对基于粒子群的微博用户影响力的评价算法展开研究。对微博用户数据进行必要的预处理,旨在消除冗余数据和无功数据对影响力评价的消极影响。介绍了适应微博社交网络背景的粒子群算法的速度和位移更新公式。完成微博社交网络中用户相互影响力的评价,该评价算法将微博社交网络中用户群体表现出的自组织性和纳入评价体系中,在消除少量数据引起的评价偏差方面取得一定成效。

**关键词:**粒子群算法;微博社交网络;用户相互影响力

**中图分类号:**TP393 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2017)06-0063-05

用户影响力是微博社交网络研究中的热点问题,合理的用户影响力评价方法是提高用户推荐<sup>[1-2]</sup>准确性、用户使用粘度等微博应用的关键技术。早期研究多以粉丝为中心度量用户影响力,以经典的 PageRank 算法为代表<sup>[3]</sup>。不同研究人员对影响力的评价方法也不尽相同,如基于传播模型<sup>[4]</sup>、以关注者为主的评价方式等<sup>[5]</sup>。但大多只根据用户自身的少量微博数据,可参考依据单一,影响力评价体系中考虑的因素不够全面,从而导致评价效果不佳。

基于上述分析,将群体智能的经典算法粒子群<sup>[6]</sup>融合到微博社交网络用户相互影响力的评价中,一方面可将相关的用户群体联系起来避免评价指标过于单一,另一方面充分将微博群体在宏观上表现出分布式和自组织性纳入考虑范围。同时阐述了当前应用背景下粒子群的速度和位移更新方法,以增强算法在微博用户相对影响力评价上的可用性。

## 1 相关工作

### 1.1 标准粒子群算法

粒子群凭借原理简单、易实现等优点,成为群体

智能中经典的搜索优化算法。标准粒子群算法的工作流程如图 1 所示,粒子的速度由个体经验和群体经验共同决定,粒子的运动方向则根据粒子与群体的最佳位置确定,最终实现最优搜索。设  $t$  代种群由  $N$  个粒子组成,粒子的位置和速度更新方式见公式(1)。

$v_t$  和  $x_t$  分别表示粒子  $i$  在  $t$  次迭代的速度和位置。 $pbest_t$  和  $gbest_t$  分别表示粒子与群体的最佳位置<sup>[6]</sup>。 $\alpha, \beta_1, \beta_2$  分别惯性权重、个体认知加速因子和社会认知加速因子。 $r_1$  和  $r_2$  为  $[0,1]$  之间均匀分布的随机数。

$$\begin{aligned} v_{t+1} &= \alpha v_t + \beta_1 r_1 (pbest_t - x_t) + \beta_2 r_2 (gbest_t - x_t) \\ x_{t+1} &= x_t + v_{t+1} \end{aligned} \quad (1)$$

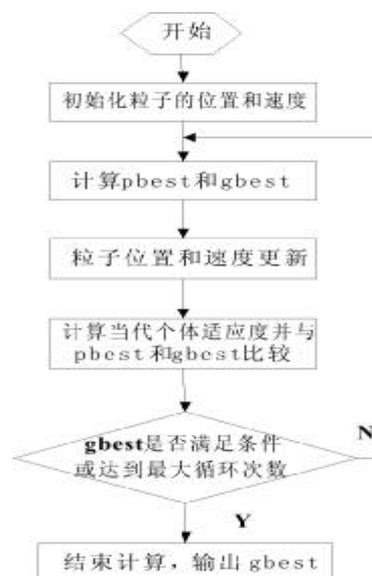


图 1 标准 PSO 算法流程图

Figure 1 Flow chart of standard PSO algorithm

收稿日期:2017-02-23

基金项目:武夷学院校科研基金资助项目(XL201708)。

作者简介:江玲(1990-),女,汉族,助教,主要从事信息网络、用户行为研究。

### 1.2 粒子群与微博社交网络

粒子在群体没有控制中心的环境下,完全依照自身判断与其他个体交互,从而对整体产生影响。与群体智能相似,微博社交网络中任一用户均可享受发布微博、关注互动、搜索等功能,同时用户间的交互也会对个体的行为产生影响。

在微博应用中用户的行为主要受自身认知水平和网络环境这两大因素影响。在复杂的微博社交从微博群体在宏观上表现出分布式和自组织性,不难发现微博用户行为与粒子群应用的群体智能的五大基本原则上都保持着一致性。

基于微博用户互动交流与群体智能信息交流的相似性,将粒子群算法融入到微博用户影响力评价算法中,关键在于粒子进化过程中要灵活结合用户微博数、互动数等参数。

## 2 基于粒子群的微博用户影响力评价算法

### 2.1 数据与处理

微博数据预处理可通过回避冗余和无用数据为数据采集减负,这对于从海量的微博网络数据中获取有利于用户影响力评价的少量数据是极其重要的。

根据应用需求分析,将数据归纳为 User\_Info、Status\_Info 和 Relation\_Info 三大类,分别表示用户基本信息、用户状态信息和用户关系信息,表 1 为具体

参数列表。

### 2.2 基于粒子群算法的微博用户影响力评价

针对微博社交网络的特点,研究的用户影响力可理解为用户发布信息在在微博网络中引起互动的能力<sup>[7]</sup>。结合微博用户影响力评价的应用背景,下文对标准的粒子群算法做适当的改进。

#### 2.2.1 影响力公式

依照微博应用的特点,用户影响力可综合以下参数进行表:用户的微博数  $U_4$  和粉丝数  $U_5$ 、转发微博、微博互动、评论、点赞以及收藏等行为。设用户集  $U = \{A\} + UR$ ,其中  $UR = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$  表示相关用户集合,  $A$  为中心用户。  $A$  与  $u_1$  发生互动行为  $b$  时,  $A$  的影响力的变化量可由公式(5)表示:

$$\Delta Inf_A = \omega_{bAu_1} \cdot Inf_{u_1} \tag{5}$$

$\omega_{bAu_1}$  是用户行为  $b$  的影响因子,  $Inf_{u_1}$  表示  $u_1$  的影响力。将用户关系扩展到  $UR$  中,那么公式(6)表示  $A$  的影响力,各变量表达式见式(7)至式(9)。

$$Inf_A(t+1) = Inf_A + \sum_{u \in UR} \omega_{bAu} \cdot Inf_u(t) = \theta_{A-U} Inf_U(t) \tag{6}$$

$$Inf_U(t) = [Inf_A(t), Inf_{u_1}(t), Inf_{u_2}(t), \dots, Inf_{u_n}(t)] \tag{7}$$

$$\theta_{A-U} = [1, \omega_{bAu_1}, \omega_{bAu_2}, \dots, \omega_{bAu_n}] \tag{8}$$

$$\theta_{A-UR} = [\omega_{bAu_1}, \omega_{bAu_2}, \dots, \omega_{bAu_n}] \tag{9}$$

式(9)是相关用户集合  $UR$  对  $A$  的影响力因子向量,可以用来表征  $A$  在  $UR$  的  $n$  维用户空间中的位

表 1 微博数据集

Table 1 The table of microblog data set

用户基本信息(User_Info)		微博状态信息(Status_Info)		用户关系信息(Relation_Info)	
属性	中文名	属性	中文名	属性	
$U_1$ (UID)	用户 ID	$S_1$ (MID)	微博 ID	$R_1$ (relationship)	
$U_2$ (userName)	用户名	$S_2$ (creatTime)	发布时间	UID1	用户 1 UID
$U_3$ (verified)	认证	$S_3$ (forwardFlag)	转发标志	UID2	用户 2 UID
$U_4$ (statusCount)	微博数	$S_4$ (commentNum)	评论数	rFlag	关系类型
$U_5$ (fansCount)	粉丝数	$S_5$ (forwardNum)	转发数	—	—
$U_6$ (friendsCount)	好友数	$S_6$ (praiseNum)	点赞数	—	—
$U_7$ (sex)	性别	$S_7$ (isMention)	@ 信息	—	—
$U_8$ (path)	度数	$S_8$ (UID)	本级用户	—	—
$U_9$ (mutual_fans)	互粉数	$S_9$ (RootUID)	上级用户	—	—

置,即  $I_A = [\omega_{bAu_1}, \omega_{bAu_2}, \dots, \omega_{bAu_n}]$ 。

### 2.2.2 速度公式

根据微博用户群体的互动方式,将用户影响力的表现形式融入到粒子群算法中,对  $A$  在  $t+1$  时刻速度公式重新定义,如公式(10)。

$$V_A(t+1) = \alpha \cdot V_A(t) + \beta_1 r_1 \cdot [P_{A,M}(t) - P_A(t)] + \beta_2 r_2 \cdot [S_{A,M}(t) - S_A(t)]$$

$$V_A(t+1) = T_1 + T_2 + T_3 \quad (10)$$

$T_1$ 、 $T_2$  和  $T_3$  分别为惯性部分,个体因素部分,和社会因素部分。 $A$  在该时间粒度下所获得的个体经验值和社会经验值分别由  $P_A(t)$  和  $S_A(t)$  表征。个体经验值和社会经验值的最佳值分别由  $P_{A,M}(t)$  和  $S_{A,M}(t)$  表征。

个人经验是通过用户主动行为获得,主要考察主动对其他用户微博的转发行为。一方面是因为微博数目在数据采集阶段突显不出差异性,故不具参考意义。另一方面是考虑到相对评论和点赞对自身的低贡献的特点,转发行为才是信息传播的重要途径。故  $A$  在一定时间粒度下通过转发  $u_1$  的微博获得的个体经验由公式(11)表示。

$$P_{A,u_1}(t) = \frac{NF_{Au_1}}{NF_A} \Bigg|_{t \rightarrow t+1} \quad (11)$$

$NF_{Au_1}$  为本次迭代中  $A$  转发用户  $u_1$  的微博数目,  $NF_A$  为本次迭代过程中  $A$  转发微博的总数,若本次迭代的 15 条微博均为  $A$  的原创微博,则本次迭代  $A$  的个人经验置零。扩展到相关用户空间  $UR = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$ , 用户  $A$  通过本次迭代得到的  $N$  维个体经验为

$$P_A(t) = \left[ \frac{NF_{Au_1}}{NF_A} \Bigg|_{t \rightarrow t+1}, \frac{NF_{Au_2}}{NF_A} \Bigg|_{t \rightarrow t+1}, \dots, \frac{NF_{Au_n}}{NF_A} \Bigg|_{t \rightarrow t+1} \right]$$

社会经验由其他用户对  $A$  的微博进行互动产生。 $A$  通过  $u_1$  积累的社会经验取值如式(12)。

$$S_{A,u_1}(t) = \left( \varphi_1 \cdot \frac{NF_{u_1,A}}{\sum S_5(A)} + \varphi_2 \cdot \frac{NCP_{Fu_1,A}}{NCP_A} \right) \Bigg|_{t \rightarrow t+1} \quad (12)$$

第一个加数部分表示转发因子和转发经验,第二个加数部分为其它互动因子和互动经验。 $NFu_1A$  为  $u_1$  在本次迭代过程中转发  $A$  的微博总数,  $\sum S_5(A)$  为本次迭代过程中  $A$  的所有微博被转发的总数。 $NCP_{Fu_1,A}$  为本次迭代过程中  $A$  被  $u_1$  转发过的微博评论和点赞数之和,  $NCP_A$  表示  $A$  本次迭代微博评论和赞之和。扩

展到  $UR = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$ , 得到  $S_A(t) = [S_{A,u_1}, S_{A,u_2}, \dots, S_{A,u_n}]$ 。

## 3 用户影响力评价实验

### 3.1 数据获取

为了检验改进粒子群算法在用户影响力评价中的有效性,通过基于模拟登陆的微博爬虫系统<sup>[7]</sup>完成数据采集工作。本次数据采集以用户  $UID = 2530487345$  为中心,根据表 1 收集 56 461 个用户信息。其中一度人脉、二度人脉和三度人脉的用户数分别为 29、1 026、55 406。采集的数据中还包含每个用户约 300 条微博状态信息作为评价实验的数据集。

### 3.2 实验参数设置

(1) 惯性因子:  $\alpha = 0.8$ 。

考虑用户影响力的记忆性因素,实验中将惯性因子设为经验值 0.8。

(2) 认知因子:  $\beta_1 = \beta_2 = 2$ 。

按照经验设置,保持个体认知与社会认知的同等重要性。

(3) 社会认知中行为权重:  $\phi_1 = 0.6, \phi_2 = 0.4$ 。

由于在信息传播等实际应用中,转发行为的贡献往往高于其他互动行为,故二者按照 6:4 比重划分,降低了粉丝数过高带来的偏差,同时保留住粉丝数对用户影响力的表征能力。

(4) 用户初始速度: 0。

(5) 用户初始位置: 由总用户数确定。

(6) 用户初始影响力:

$$I_n f_u(0) = 0.4 \cdot \frac{U_5(u)Mn(U_5)}{\text{Max}(U_5) - Mn(U_5)} + 0.6 \cdot \frac{U_4(u)Mn(U_4)}{\text{Max}(U_4) - Mn(U_4)}$$

用户初始影响力根据粉丝数与微博总数归一化数值进行设置。

### 3.3 实验结果分析

根据 20 组的  $Status\_Info$  对用户进行 20 次粒子群迭代算法评估相互影响力,图 2 记录了前 2 000 位用户第 1 次迭代结果(a 图)和第 5 次迭代结果(b 图)。图中数据表明经过第 1 次迭代,用户影响力度分布比较集中且扩散性不高,产生这一现象与影响力度初始值设置有关。为此第 1 次迭代后,只有极少数用户的

影响力得以提高。但迭代进行到第五代,随着用户间的互动行为,影响力的扩散度显然高于第一次迭代的效果。

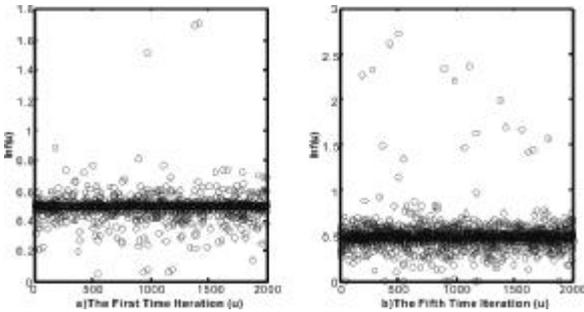


图2 用户影响力评价(第1、5次迭代)

Figure 2 Evaluation on user influence based on PSO (the first time and fifth time)

图3记录了第10次迭代结果(a图)和第20次迭代结果(b图)。对比图2和图3容易发现,随着迭代次数增加,用户影响力逐步分散。用户影响力变化趋势可归纳为以下比较有代表性的三类。

(1) 影响力始终偏低:少量用户始终保持偏低的影响力,究其原因在于该类用户一方面鲜少参与微博互动,另一方面该类用户所发布的微博引发的互动情况的甚少。

(2) 影响力变化趋势先高后低:部分用户随着迭代过程,影响力由早先的优势逐步成下降趋势。这类用户多由微博应用的早期使用者构成,他们通过微博总数和粉丝数上的优势获得较高的初始影响值。但随着后期微博使用粘度下降,微博质量欠佳,影响力度也随之降低。

(3) 影响力逐步提高:这类用户大多由目前微博应用的活跃分子们构成,他们凭借少而优的微博获取大量关注和互动,凭借微博应用的热度,消除在粉丝数和微博总数上的劣势。

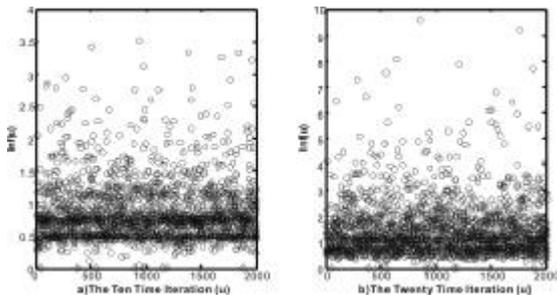


图3 用户影响力评价(第10、20次迭代)

Figure 3 Evaluation on user influence based on PSO (the 10th time and 20th time)

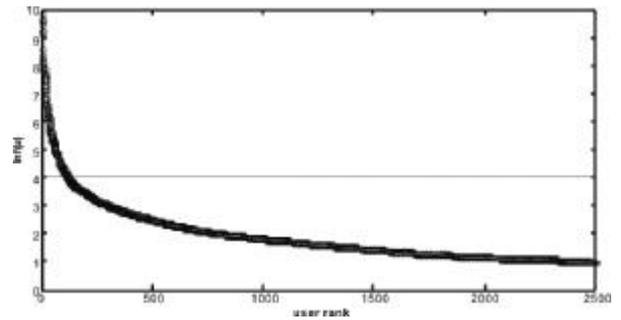


图4 用户影响力排行

Figure 4 Rank of user influence

将全部用户按最后一次迭代获得的影响力度降序排列,并截取影响力相对偏高的用户( $Inf(u)>1$ ),如图4所示。根据图4结果显示,经过20次迭代,影响力度偏高的用户共2483人,其中只有118位用户的最终影响力大于4,而影响力度较高的人数则更少,这也与复杂网络的幂律特性相符。

### 4 结论

寻找有效的用户影响力评价算法是改进微博用户推荐策略等应用的难题。研究的基于粒子群的微博用户相互影响力的评价算法,可将相关的用户群体联系起来,在避免评价指标过于单一的问题上取得一定成效。此外充分将微博群体在宏观上表现出分布式和自组织性纳入考虑范围。这些研究成果将对微博用户推荐等应用提高参考。

### 参考文献:

- [1] 范波,程久军.用户间多相似度协同过滤推荐算法[J].计算机科学,2012,39(1):23-26.
- [2] HANNON J, CARTHY K, SMYTH B. Finding useful users on twitter: twittomender the followee recommender [C]. Advances in Information Retrieval,2011, 784-787.
- [3] LAWRENCE P. The PageRank citation ranking: Bringing order to the web [J].Stanford Digital Libraries Working Paper, 1998, 9(1):1-14.
- [4] GOYAL A, BONCHI F, LAKSHMANAN LVS. Learning influence probabilities in social networks[C]. International Conference on Web Search & Web Data Mining,2010:241-250.
- [5] CHA M, HADDAD H, Benevenuto F, et al. Measuring user

- influence in twitter:the million follower fallacy [C]. International Conference on Weblogs & Social Media, 2010:10-17.
- [6] KENNEDY J , EBERHART R . Particle swarm optimization [C].Proc. ICNN. 1995: 1942-1948.
- [7] 江玲.基于粒子群算法的微博用户推荐系统[D].绵阳:西南科技大学,2015.

(责任编辑:叶丽娜)

## The Calculate Algorithm Study for Microblog User Influence Based on Particle Swarm Optimization

JIANG Ling<sup>1</sup>, XIA Tingting<sup>1</sup>, JIANG Yi<sup>1</sup>, FAN Lin<sup>2</sup>

(1. School of Mathematics Science and Computer , Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300;

2. Mianyang Skyeye Laser Technology Co. Ltd, Mianyang, Sichuan 621010)

**Abstract:** According to the fact that the user's behaviors of microblog social network match the five principles of Swarm intelligence, a novel algorithm based on particle swarm optimization is studied in this paper to calculate the influence between microblog users. First, in order to avoid the negative effect from redundant and useless microblog data, data preprocessing is necessary. Second, the variable is defined as the velocity change in the proposed algorithm. Finally, the process to calculate the influence between users is introduced. The experiment results show that the novel algorithm is effective in avoiding the negative influence from signal index.

**Key words:** particle swarm optimization; microblog social network; user influence

# 基于模糊分析法的不平衡报价研究

杨 瑾

(福州理工学院 工学院, 福建 福州 350506)

**摘 要:**为了优化报价策略,减少不平衡报价的不利因素,在分析不平衡报价内容和形式的基础上,采用模糊分析法的基本原理,以某分项工程为例,运用定量分析的方法,建立数学模型,根据计算结果分析调整幅度,确定最佳的综合单价调整幅度范围在 $\pm 15\%$ 以内。通过实证分析研究,验证了模糊分析在确定不平衡报价的方法是可行的,具有一定的实际应用价值。

**关键词:**模糊分析法;不平衡报价;投标;调整幅度

**中图分类号:**TU723 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2017)06-0068-04

工程量清单计价是当今世界上工程造价的主要方法。我国从2003年推行《建设工程工程量清单计价规范》,目前以有大部分省份在使用。建筑工程计价模式由以往的“承包商承担量价合一”模式逐渐转变为“承包商和业主分别承担量和价”模式。目前,建筑业利润长期低下,已成为行业最为关注的问题之一<sup>[1]</sup>。工程建设项目具有施工期限长、对环境及经济的发展影响深远、占国民生产总值份额大等特点。承包商为了生存和发展,在保证中标率的同时还要提高企业盈利,因此各种投标策略层出不穷。新的计价模式的转变,给承包商不平衡报价提供了契机。在采用不平衡报价时,承包商如何选择不平衡报价的组成,将直接影响最终的利益。为此,本文基于模糊分析对不平衡报价进行研究。

## 1 不平衡报价

### 1.1 不平衡报价

不平衡报价是指在招投标报价初始阶段,承包商根据业主提供的工程量清单编制投标报价,在保证总

价不变的情况下,适当的提高或者降低部分工程量的综合单价,使得承包商能够收益最大化的一种报价<sup>[2]</sup>。

### 1.2 不平衡报价的形式

(1) 暂定项目报价规则<sup>[3]</sup>:对于暂定项目,一般情况下,综合单价的确定以降低报价为准绳。承包商可以通过将该暂定项目预测,分析将来其实施的可能性大小,针对情况来决定报价的高低。

(2) 工程量清单:投标时核算工作量,找出差别,投标分析以后实际工程量变大的项目可提高单价,相反则可降低单价。

(3) 对于定额项目中材料、机械、人工的报价:对于一般的分项工程,由于机械使用费、人工费一般固定不变,材料费一般按照市场价来定。这些都需要研究进行调整。对于预计甲方要采购的材料,或是甲方在工时进行招标认价的项目,价格也要随之调低。

(4) 零星用工:如果业主没有规定具体的工程量,则承包商可以提高报价,提高的范围可以高于其他的机械和人工单价。总价中包含此类价格,比例太小,也不会对总价有较大的影响。

## 2 模型建立

模糊综合评价法是模糊数学中最基本的数学方

收稿日期:2016-12-22

作者简介:杨瑾(1990-),女,汉族,助教,主要从事建筑、环境方面的教学与研究。

法之一,莫基于模糊数学。模糊综合评价法的引入可以解决单价幅度调整的问题,这种方法趋向于数据的科学性和准确性,采用定量分析的方法,以此方法为基础建立数学模型,然后根据计算结果分析调整幅度,得出最佳的综合单价调整幅度范围。

### 2.1 确定评价对象及幅度因素集

根据工程的实际情况,对影响对象决策的因素进行综合分析,筛选出重要影响因子,构建影响因素的完整指标体系。用  $m$  表示评价因素的个数,本模型的影响因素集  $U$  表示如下:

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$$

式中: $U$  表示工程量、工期、施工技术措施、材料价格因素、机械设备。

### 2.2 确定单价调整幅度大小集合

对被评价对象划分区域,使评价结果具有等级。评价等级包含 5 个主要因素。 $V$  是集合的代码,代表不同的计算结果, $n$  为全部评价的计算结果。评价等级集用  $V$  表示如下:

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\} = \{5\%, 9\%, 13\%, 17\%, 21\%\}$$

### 2.3 确定权向量

由于各因素影响程度不同,对于各个影响成分的不同情况重要程度,在进行评价时的体现一般都是各不相同的,因此要准确地确定各个因素之间的权重关系。

$$a_i (i=1, 2, \dots, m)$$

通常要求满足条件:

$$a_i \geq 0; \sum a_i = 1$$

对于不同的分项工程,其影响因素的权重各不相同。本模型采用专家调查法来确定权重,企业造价师和经营管理者作为被调查人员。权向量表示为:

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$$

### 2.4 确定各影响因素隶属度

在确定各个隶属之间的关系时,一般情况下是由专家或对应的相关专业人员完成,他们依据评价的等级以及各影响情况,对所评价的内容做评分计算,然后统计计算全部评分结果<sup>[9]</sup>,并根据绝对值减数法求得  $r_{ij}$ ,即:

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, (i=j) \\ 1-c \sum_{k=1}^n |x_{ik} - x_{jk}|, (i \neq j) \end{cases}$$

$c$  适当选取,  $0 \leq r_{ij} \leq 1$ 。

### 2.5 模糊综合评价

各个因素的隶属度确定后,可以利用该隶属度组成模糊关系矩阵  $R$ 。

$$r_{ij} (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n)$$

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} & r_{15} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} & r_{25} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} & r_{35} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} & r_{45} \\ r_{51} & r_{52} & r_{53} & r_{54} & r_{55} \end{pmatrix}$$

模糊综合评价结果向量用字母  $B$  表示,通过各影响因素的权向量  $A$  与模糊矩阵  $R$  相乘得到评价结果向量  $B^{[9]}$ 。

$$B = AR = (a_1, a_2, a_3, a_4, a_5) \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} & r_{15} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} & r_{25} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} & r_{35} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} & r_{45} \\ r_{51} & r_{52} & r_{53} & r_{54} & r_{55} \end{pmatrix} = (f_1, f_2, f_3, f_4, f_5)$$

### 2.6 分析结果向量

将以上计算结果进行排序,按照排序结果选择出最终值。采用最大隶属原则和加权平均原则来确定最终模糊综合评价向量:

加权平均原则其计算方式如下:

$$\mu_i = \frac{\sum_{j=1}^5 (f_j \cdot v_j)}{\sum_{j=1}^5 f_j}$$

## 3 实证分析

引入实例,对上述模糊分析进行进一步的论证。

### 3.1 数据收集

某办公楼项目,层高为 20 层,业主给定了 8 个分项工程的工程量用以招标。承包商通过核算后发现分项工程工程量与业主提供的有差别,因此采用不平衡报价法对项目进行报价,以获得最大利益。

表 1 业主与承包商工程量对比表

Table 1 Comparison of engineering quantity between owner and contractor

名称	土方	筏板	砌体	砼	屋面	地面	墙面	幕墙
招标 工程量	15 636	3 422	3 801	15 932	1 951	28 913	38 050	4 913
预测 工作量	17 653	3 865	3 500	14 538	1 850	32 000	36 000	5 100

招标工程量与承包商核算的工程量相比有增加也有减少,结合每个分项工程的具体情况对综合单价进行调整。

3.2 单价调整幅度的确定

不平衡报价的目的是盈利能力最大,但是前提是在综合单价确定的基础上实现,运用策略来实现该目标。根据模型计算出单价的调整幅度。

3.2.1 确定单价调整幅度等级

$$V = \{\nu_1, \nu_2, \nu_3, \nu_4, \nu_5\} = \{5\%, 9\%, 13\%, 17\%, 21\%\}$$

3.2.2 确定各影响因素权重

根据该工程的具体情况,造价师与主管业务人员分别确定了权重,然后取平均值,经计算得出权重:

- $A_1 = (0.5 \ 0.2 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1)$
- $A_2 = (0.2 \ 0.2 \ 0.3 \ 0.1 \ 0.2)$
- $A_3 = (0.4 \ 0.3 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1)$
- $A_4 = (0.3 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.2 \ 0.3)$
- $A_5 = (0.2 \ 0.1 \ 0.3 \ 0.2 \ 0.2)$
- $A_6 = (0.3 \ 0.1 \ 0.3 \ 0.2 \ 0.1)$
- $A_7 = (0.2 \ 0.1 \ 0.3 \ 0.3 \ 0.1)$
- $A_8 = (0.4 \ 0.2 \ 0.4 \ 0.1 \ 0.0)$

3.2.3 确定各影响因素隶属度

使用专家调查法,公司决策层,经营管理人员及经验数据来确定各影响因素的所属关系。

- $R_1 = (0.03 \ 0.12 \ 0.35 \ 0.30 \ 0.20)$
- $R_2 = (0.20 \ 0.20 \ 0.30 \ 0.10 \ 0.20)$
- $R_3 = (0.40 \ 0.30 \ 0.10 \ 0.10 \ 0.10)$
- $R_4 = (0.30 \ 0.10 \ 0.30 \ 0.10 \ 0.20)$
- $R_5 = (0.10 \ 0.20 \ 0.30 \ 0.40 \ 0.00)$

3.2.4 确定结果向量

$$B_i = A_i R = (0.5, 0.2, 0.1, 0.1, 0.1) \begin{pmatrix} 0.03 & 0.12 & 0.35 & 0.30 & 0.20 \\ 0.20 & 0.10 & 0.30 & 0.10 & 0.20 \\ 0.40 & 0.30 & 0.10 & 0.10 & 0.10 \\ 0.30 & 0.10 & 0.30 & 0.10 & 0.20 \\ 0.10 & 0.20 & 0.30 & 0.40 & 0.00 \end{pmatrix}$$

$$= (0.115, 0.135, 0.325, 0.255, 0.170)$$

3.2.5 计算土石方工程的单价调整幅度值

$$\mu_i = \frac{\sum_{j=1}^5 (f_j \cdot \nu)}{\sum_{j=1}^5 f_j}$$

$$= \frac{0.115 \times 5\% + 0.135 \times 9\% + 0.325 \times 13\% + 0.255 \times 17\% + 0.170 \times 21\%}{0.115 + 0.135 + 0.325 + 0.255 + 0.170}$$

运用模型进行计算,可以计算出土石方工程的单价调整幅度,该调整幅度在惯用的±15%之内。

按照上述方法可依次计算出其他几个分项工程的单价调整幅度,并结合已确定的原有综合单价对项目进行调整。

表 2 综合单价调整幅度及调整后单价

Table 2 Adjustment of comprehensive unit price and adjusted the unit price

名称	土方	筏板	砌体	砼	屋面	地面	墙面	幕墙
工作量	15 636	3 422	3 801	15 932	1 951	28 913	38 050	4 913
单价/元	28.35	556.85	324.20	580.00	420.60	184.40	31.51	990.00
幅度/%	13.92	13.06	-13.75	-13.38	-12.94	13.14	-12.86	13.47
调整单价/元	32.30	629.55	279.62	502.37	366.19	208.64	27.46	1123.37

3.2.6 效果分析

根据计算出的综合单价调整幅度,计算出单价最优解,带入最优单价组合求解,将工作内容、招标文件工作量,投标单位预测工作量、常规单价,调整幅度值等填写在表格中;在相应空格处分别输入相应报价。根据介绍的方法求解结果如表 3 所示:

由表 3 可以看出,不平衡报价与正常报价的投标总价一致,差额为 27.54 万元。运用的不平衡报价方式,套用模型求出的不平衡报价幅度,得出最优不平衡单价结算价为 2 535.71 万元,与正常报价结算价 2 508.17 万元相比,增加了 27.54 万元。经过模型的验证,得出运

表 3 最大收益值

Table 3 The maximum return value

名称	业主工程量	预测计算 工程量	单价/元	调整幅度	不平衡 单价/元	总价 /万元	不平衡报价 总价/万元	结算价 /万元	不平衡报价 结算价/万元
土方	15 636	17 653	28.35	0.139 2	32.30	44.33	50.50	50.05	57.01
筏板	3 423	3 865	556.85	0.130 6	629.55	190.58	215.46	215.22	243.32
砌体	3 802	3 500	324.2	-0.137 5	279.62	123.26	106.31	113.47	97.87
砼	15 932	14 538	580	-0.133 8	502.37	924.10	800.42	843.20	730.35
屋面	1 951	1 850	420.6	-0.129 4	366.19	82.07	71.45	77.81	67.75
地面	28 913	32 000	184.4	0.131 4	208.64	533.16	603.24	590.08	667.64
墙面	38 050	36 000	31.51	-0.128 6	27.46	119.90	104.48	113.44	98.85
幕墙	4 913	5 100	990	0.134 7	1 123.37	486.43	551.96	504.90	572.92
合计						2 503.82	2 503.82	2 508.17	2 535.71

用该方法有效性相当明显,增加额达到 1.25%。

#### 4 总结

实施不平衡报价的影响因素很多,为了避免不平衡报价适得其反,承包商必须要准确计算预测分析业主提供的工程量在后期的变化趋势,以保证对不平衡报价进行有效控制。对于不平衡报价从产生、过程控制、达到目标等进行了整体分析计算总结,通过实证分析,可以作为承包商投标时运用该策略的参考。

#### 参考文献:

- [1] 杨宝明.建筑业利润长期低下引发的思考[J].建筑设计管理,2011(8):18-20.
- [2] 聂国平.谈工程投标不平衡报价的应对[J].长江大学学报(社会科学版),2011(5):52-53.
- [3] 熊梦宁,左发伟,刘海燕,等.模糊综合评价在投标报价管理中的应用[J].四川建筑科学研究,2008(4):371-373.
- [4] 张云宁,苑文利.基于模糊理论的条子泥围垦项目社会评价分析[J].水利经济,2012(4):8-12.
- [5] 胡永宏.综合评价方法[M].北京:科学出版社,2000:167-188.

(责任编辑:叶丽娜)

## Study on Unbalanced Bidding Based on Fuzzy Analysis Method

YANG Jin

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

**Abstract:** In order to optimize bidding quoted tactics, and reduce unfavorable factors of unbalanced bid, in based on the analysis of unbalanced bid of content and form, using the basic principle of the fuzzy analysis method, with sunbentry project for example, using the method of quantitative analysis, based on this method to set up mathematical model, and then according to the results of calculation analysis of adjustment, get out the best comprehensive unit price adjustment range within  $\pm 15\%$ . Through the empirical analysis, it is proved that the fuzzy analysis method is feasible and has a certain practical application value.

**Key words:** fuzzy analysis method; unbalanced bid; bid; adjustment

# 新常态下福建省第三产业内部结构分析

王 旺

(安徽财经大学 金融学院, 安徽 蚌埠 233030)

**摘 要:**以福建省第三产业为研究对象,选取 1979—2015 年的数据,构建向量自回归模型,对福建省第三产业的构成要素及影响因素进行脉冲响应等定量分析,揭示出福建省第三产业与其构成要素具有长期稳定的均衡关系。政府在制定第三产业结构调整政策时,应当重点发展交通运输、仓储和邮政业,减少对金融业和房地产业的依赖,以达到协同发展。

**关键词:**第三产业;向量自回归模型;新常态;福建省

**中图分类号:**F062.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2017)06-0072-04

“十二五”期间,福建省第三产业发展迅速,2011 年第三产业产值为 11 963.06 亿元,2015 年为 20 363.42 亿元,年平均增长率为 14.22%,高于同期 GDP 的增长速度。无论是交通运输、仓储和邮政业、房地产业、批发和零售业还是房地产金融产业,各项指数数值均不断攀升。随着经济发展进入新常态以及“供给侧结构性改革”改革的推进,第三产业在国民经济中的地位越来越重要,过分依赖房地产业的发展模式势必难以维系,福建省作为“21 世纪海上丝绸之路核心区”更应该推进第三产业内部结构调整,发掘新的经济发展动力。

查尔斯·琼斯<sup>[1]</sup>、杨玉英等<sup>[2]</sup>重点研究了第三产业的发展对国民经济的影响,黄维兵<sup>[3]</sup>、殷英<sup>[4]</sup>从宏观视角考察我国服务业的总体发展状况,李元<sup>[5]</sup>、曾黎等<sup>[6]</sup>实证分析了我国第三产业内部结构变动情况及其影响因素。目前对于某一省份第三产业内部结构变动问题的研究相对较少,文章通过建立向量自回归模型,分析福建省第三产业内部结构变动,为福建省转变经济发展方式提供决策参考。

收稿日期:2017-03-03

基金项目:安徽财经大学校级重点科研项目(ACKY1412ZD)。

作者简介:王旺(1994-),男,汉族,学士,主要从事金融与经济的研究。

## 1 数据处理

选取 1979—2015 年的历史数据,由于数据过于庞大,鉴于篇幅限制在此省略。分别用 TOV、TWP、WRT、FIN、EST 表示第三产业、交通运输、仓储和邮政业、批发和零售业、金融业、房地产业的增加值指数。为了得到平稳的时间序列,分别对各个变量取自然对数,这种方法不改变变量之间的协整关系,并在一定程度上可以消除各个变量之间可能存在的异方差。取对数后的序列命名为  $\ln TOV$ 、 $\ln TWP$ 、 $\ln WRT$ 、 $\ln FIN$ 、 $\ln EST$ 。实证研究使用的计量软件为 Eviews7.0。

## 2 实证分析

### 2.1 ADF 检验

如果采用非平稳的时间序列,那么高斯-马尔科夫定理将不再成立,可能会导致伪回归的出现。对于 VAR 模型来说,只有采用平稳的时间序列进行计量分析才不会导致伪回归。为了保证单位根检验的有效性,采用 ADF 检验来判断取自然对数后的各变量是否存在单位根。最优滞后期用 AIC 最小准则确定,以保证残差非自相关。

表 1 ADF 检验

Table 1 ADF test

变量	(C,T,P)	ADF 值	5%检验值	P 值
In TOV	(C,T,9)	-0.840 570	-3.568 379	0.950 0
In TWP	(C,T,9)	-1.635 039	-3.548 490	0.757 5
In WRT	(C,T,9)	1.690 898	-3.587 527	1.000 0
In FIN	(C,T,9)	-1.103 057	-3.544 284	0.914 2
In EST	(C,T,9)	-1.388 809	-3.544 284	0.846 8
D In TOV	(C,T,9)	-5.639 385	-3.568 379	0.000 4
D In TWP	(C,T,9)	-7.802 579	-3.548 490	0.000 0
D In WRT	(C,0,9)	-5.682 886	-2.948 404	0.000 0
D In FIN	(C,0,9)	-3.791 284	-2.951 125	0.006 8
D In EST	(C,0,9)	-4.120 611	-2.948 404	0.002 8

表 1 中的检验结果显示,各变量原始序列的 ADF 值都大于 5%临界值,存在单位根,原始序列不平稳;但经过一阶差分后,ADF 值均小于 5%临界值,不存在单位根序列平稳,所以序列为一阶单整。

## 2.2 Johansen 协整检验

由 ADF 检验可知,原时间序列为一阶单整。选取 Johansen 协整检验作为研究方法,来判断变量之间是否存在长期稳定的均衡关系。

表 2 Johansen 协整检验结果

Table 2 Johansen cointegration test results

原假设	特征值	迹检验量	5%临界值	P 值
None *	0.660 142	98.774 24	69.818 89	0.000 1
At most 1 *	0.553 341	61.001 28	47.856 13	0.001 8
At most 2 *	0.415 604	32.792 71	29.797 07	0.021 9

注:\*表示在 5%水平上拒绝原假设

Johansen 的迹统计值表明在 5%的显著水平下均拒绝 3 种原假设,即不存在、最多存在一个、最多存在两个协整关系的原假设,因此,这五个变量在 5%的显著水平上存在一个协整关系。

从所估计的方程可以看出,第三产业增加值指数与四个构成部分的增加值指数具有长期稳定的均衡关系。长期来看,交通运输、仓储和邮政业、批发和零售业、金融业、房地产业对第三产业的增长都有促进作

用,其中交通运输、仓储和邮政业对第三产业增长的促进作用最大,交通运输、仓储和邮政业的对数增加 1%,则第三产业相应地大约增加 0.49%;批发和零售业的对数增加 1%,则第三产业相应地大约增加 0.22%;金融业的对数增加 1%,则第三产业的对数相应地大约增加 0.21%;房地产业对数增加 1%,则第三产业的对数相应地大约增加 0.11%。实际上,各变量之间有可能相互存在影响,所以需要格兰杰因果关系检验来分析各变量之间的关系。

## 2.3 格兰杰因果关系检验

Granger 因果关系检验考察的是一个序列的历史信息是否有助于对另外一个序列的预测。对第三产业指数与各构成部分指数进行 Granger 检验。

表 3 Granger 因果检验结果

Table 3 Granger causality test results

原假设	F 值	P 值	决策
In TWP does not Granger Cause In FIN	0.023 19	0.879 9	接受
In EST does not Granger Cause In TWP	9.214 56	0.004 7	拒绝
In TWP does not Granger Cause In EST	0.967 06	0.332 6	接受
In FIN does not Granger Cause In WRT	0.533 19	0.470 4	接受
In WRT does not Granger Cause In FIN	0.148 23	0.702 7	接受
In EST does not Granger Cause In WRT	11.433 2	0.001 9	拒绝
In WRT does not Granger Cause In EST	0.028 82	0.866 2	接受
In EST does not Granger Cause In FIN	0.098 73	0.755 3	接受
In FIN does not Granger Cause In EST	0.198 21	0.659 1	接受
In WRT does not Granger Cause In TWP	4.891 24	0.034 0	拒绝
In TWP does not Granger Cause In WRT	0.536 99	0.468 9	接受
In FIN does not Granger Cause In TWP	1.879 74	0.179 6	接受

由表 3 可知,In WRT 是 In TWP 的 Granger 原因,且为单向;而 In EST 是 In TWP 的 Granger 原因;In EST 是 In WRT 的 Granger 原因。

## 2.4 稳定性检验

只有建立平稳的 VAR 模型,脉冲响应函数才会收敛,分析才具有经济意义。由图 1 可知所有根都在单位圆内,估计的 VAR 模型是稳定的,可以用脉冲函数考察变量之间的关系。

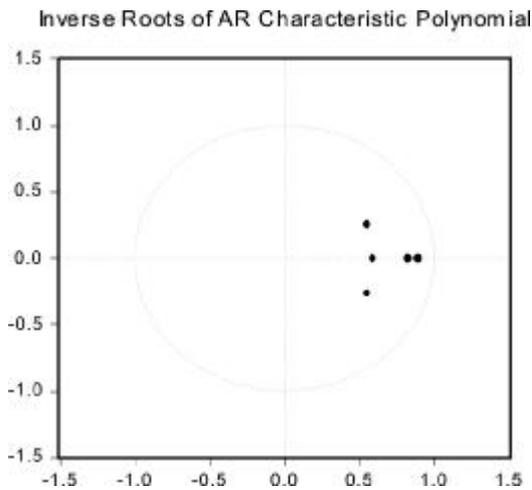


图1 单位圆和特征根检验

Figure 1 Unit root test and characteristics

### 2.5 脉冲响应函数

脉冲响应函数是利用时间序列模型来分析影响关系的一种方法,能够比较直观的刻画出变量之间的动态交互作用。基于建立的 VAR 模型,运用 Eviews 刻画脉冲响应函数,以进一步分析三者之间的短期动态关系。采用 Cholesky 分解方法对  $\ln TOV$  进行分析,脉冲函数的横坐标表示时期数,纵轴表示脉冲响应函数大小,实线表示第三产业增加值指数受到冲击后的走势,两侧的虚线表示走势的两倍标准误差。

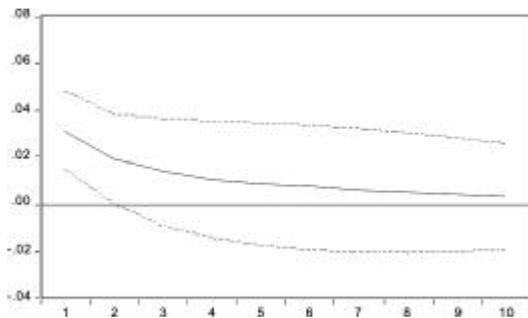


图2  $\ln TWP$  对  $\ln TOV$  的脉冲响应

Figure 2  $\ln TWP$  impulse response to  $\ln TOV$

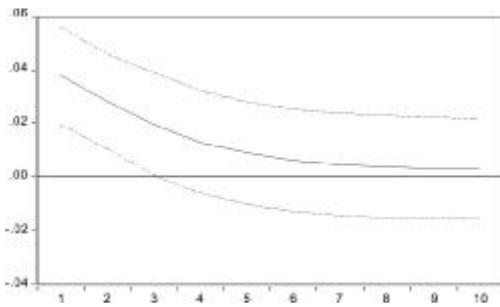


图3  $\ln WRT$  对  $\ln TOV$  的脉冲响应

Figure 3  $\ln WRT$  impulse response to  $\ln TOV$

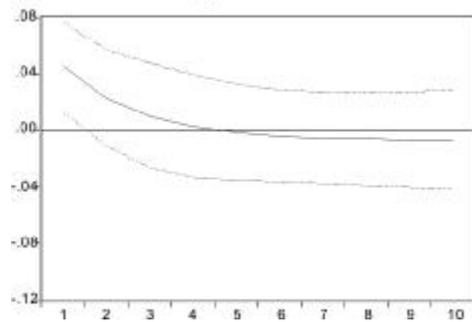


图4  $\ln FIN$  对  $\ln TOV$  的脉冲响应

Figure 4  $\ln FIN$  impulse response to  $\ln TOV$

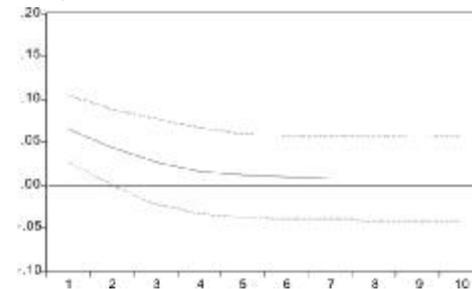


图5  $\ln EST$  对  $\ln TOV$  的脉冲响应

Figure 5  $\ln EST$  impulse response to  $\ln TOV$

由脉冲响应图可知,第三产业增加值指数对来自其他因素规模扰动的响应,在前期表现出较为明显的正向效应,之后正向效应逐步减弱直至趋向于零。其中金融业增加值指数在第六期后为负值。

### 2.6 方差分解

利用方程分解法分析交通运输、仓储和邮政业、批发和零售业、金融业、房地产业的增加值指数对第三产业增加值指数的贡献度。

表4 Granger 因果检验结果

Table 4 Granger causality test results

时期	标准差	$\ln TOV$	$\ln TWP$	$\ln WRT$	$\ln FIN$	$\ln EST$
1	0.041 466	100.000 0	0.000 000	0.000 000	0.000 000	0.000 000
2	0.050 050	93.992 99	0.107 416	1.081 658	0.132 395	4.685 540
3	0.055 048	85.360 09	0.106 159	2.274 635	0.451 083	11.808 03
4	0.058 912	77.042 40	0.096 183	3.102 566	0.891 333	18.867 51
5	0.062 182	70.068 75	0.106 836	3.594 457	1.359 031	24.870 93
6	0.064 977	64.557 25	0.118 182	3.882 000	1.784 868	29.657 70
7	0.067 332	60.310 33	0.120 264	4.062 821	2.137 261	33.369 32
8	0.069 284	57.070 86	0.116 180	4.189 775	2.412 271	36.210 91
9	0.070 874	54.608 19	0.111 105	4.287 419	2.619 881	38.373 40
10	0.072 154	52.736 68	0.107 574	4.366 146	2.774 274	40.015 32

表 4 中的  $\ln TOV$  列是第三产业增加值指数预测方差中由自身变动引起的百分比;  $\ln TWP$ 、 $\ln WRT$ 、 $\ln FIN$ 、 $\ln EST$  列分别是交通运输、仓储和邮政业、批发和零售业、金融业、房地产业扰动引起的百分比。第三产业增加值指数第 1 期预测的标准差为 0.041 466, 第 2 期预测的标准差是 0.050 050, 比第 1 期的大, 这是因为第 2 期预测包含了交通运输、仓储和邮政业、批发和零售业、金融业、房地产业在第 1 期预测的不确定性的影响, 而且随着预测时期数的推移, 预测的标准差也逐渐增加, 在第 8 期趋于稳定。

在第 1 期预测中, 第三产业增加值指数预测方差全部是由其自身扰动所引起的, 这是因为方差分解的第一个输入的变量是  $\ln TOV$ , 在第 2 期预测中, 第三产业增加值指数预测方差有 94% 是由其自身引起的, 有 0.1% 是由交通运输、仓储和邮政业增加值指数扰动所引起的, 1.1% 是由批发和零售业增加值指数扰动所引起的, 0.1% 是由金融业增加值指数扰动所引起的, 4.7% 是由房地产业增加值指数扰动所引起的。随着预测期的推移, 第三产业增加值指数预测方差中由自身扰动引起的部分下降。大约在第 8 期左右, 第三产业增加值指数分解结果基本稳定, 总标准差保持在 70% 左右。

### 3 结论

在经济新常态下第三产业是经济发展的新动力, 重视第三产业的发展是经济结构转型的需要。基于福建省 1979—2015 年的数据, 运用 VAR 模型对第三产

业增加值指数与各构成部分进行实证分析, 认为福建省第三产业增加值指数与各部分之间具有长期稳定的均衡关系。虽然方差分解显示未来几年房地产业与福建省经济相关性更大, 但根据 Johansen 协整检验可以看出, 目前交通运输、仓储和邮政业对福建省第三产业发展的促进作用最大。

在经济新常态的大背景下, 我国供给侧结构性改革的政策效应开始显现, 2016 年以来房地产业去库存的力度逐渐加大。在 12 月中央工作经济会议上, 习近平总书记强调“房子是用来住的、不是用来炒的”, 未来依靠房地产业推动第三产业的发展势必不可持续。福建省应该利用沿海的地理优势, 积极发展海洋运输业、仓储业以及邮政业。

### 参考文献:

- [1] 查尔斯·琼斯. 经济增长导论[M]. 北京: 北京大学出版社, 2002.
- [2] 杨玉英, 邱灵, 洪群联. 我国服务经济发展的现状评价和趋势预测[J]. 经济纵横, 2013(3): 66-72.
- [3] 黄维兵. 现代服务经济理论与中国服务业发展[M]. 成都: 西南财经大学出版社, 2003.
- [4] 殷英. 我国第三产业国内生产总值动态分析[J]. 数学理论与应用, 2007(4): 102-106.
- [5] 李元. 我国第三产业及内部结构动态变化实证研究[D]. 长春: 吉林大学, 2014.
- [6] 曾黎, 李春. 影响我国省域第三产业发展因素的实证分析[J]. 沈阳大学学报(自然科学版), 2012(6): 80-84.

(责任编辑: 叶丽娜)

## Analysis of the Internal Structure of the Third Industry in Fujian under the New Normal

WANG Wang

(School of Economics and Finance, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu, Anhui, 233030)

**Abstract:** This paper takes the tertiary industry of Fujian Province as the research object, and selects the data from 1979 to 2015, constructs the vector autoregressive model, analyzes the constituent elements and influencing factors of the tertiary industry in Fujian province, and reveals the third industry and its constituent elements have a long-term stable equilibrium relationship. When formulating the tertiary industry structural adjustment policy, the government should focus on the development of transportation, warehousing and postal services, and reduce the reliance on the financial industry and the real estate industry in order to achieve coordinated development.

**Key words:** third industry; vector auto regression model; new normal; Fujian province

# 体质健康测试背景下体能训练 融入公共体育课的实验研究

陈金霞

(武夷学院 体育教学部, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**采用实验研究的方法,以武夷学院大学一年级新生为研究对象,在公共体育课的教学中融入体能训练以此来提高学生的身体素质。结果表明:体质健康测试项目的成绩有所提高,公共体育课运用体能训练手段来提升大学生的体质健康是有效的。

**关键词:**体质健康测试; 体能训练; 公共体育课; 高等学校

**中图分类号:**G807.02   **文献标识码:**A   **文章编号:**1674-2109(2017)06-0076-04

2002年由教育部、国家体育总局联合下发了《学生体质健康标准(试行方案)》明确指出了学生体质健康测试的目的和意义,即要树立“健康第一”的指导思想,促进学生积极参加体育锻炼,养成经常锻炼身体的行为习惯,提高自我保健能力和体质健康水平。2006年国家教育部和国家体育总局颁布了《关于进一步加强学校体育工作切实提高学生健康素质的意见》的文件。2007年教育部、国家体育总局在认真总结以往经验的基础上,对《学生体质健康标准》进行了修改和完善,推出了《国家学生体质健康标准》,并要求在全国各级各类学校全面实施。根据《国家学生体质健康标准》评价指标与分值,5个指标的分值并不相同,耐力分值最高,为满分30分,身高标准体重分值最低,满分为10分,其他项目均为满分20分。2014年7月14日教育部、国家体育总局联合颁布的《国家学生体质健康标准》实施办法中新规定:“学生《标准》测试成绩达到良好及以上者,方可参加三好学生、奖学金评选;成绩达到优秀者,方可获体育奖学金”。从以

上相关文件规定可以看出体质健康测试成绩对每个学生都很重要,而体育课程正是承担了这项严峻的任务。

体能训练是运动训练的重要组成部分,是结合专项需要并通过合理负荷的动作练习,改善运动员身体形态,提高运动员机体各器官系统的机能,充分发展运动素质,促进运动成绩提高的过程。从体能的构成结构来看,体能训练包括对身体形态结构的改善、对生理机能的提高以及身体素质训练等方面内容;其中身体素质方面主要包括力量素质(最大力量、快速力量、力量耐力)、速度素质(动作速度、反应速度、移动速度)、耐力素质(有氧耐力、无氧耐力)、灵敏素质、柔韧素质。而我们可以通过采用简单的体能训练方法对学生进行训练,从而提高其身体素质,完成体质健康测试任务。

## 1 实验对象与方法

### 1.1 实验对象

武夷学院2015级大学一年级新生。

### 1.2 试验方法

在大学一年级新生中抽取四个班级进行体质健康测试得到肺活量、仰卧起坐、坐位体前屈、引体向上、立定跳远、50、800 m和1 000 m等项目的测试结

收稿日期:2017-03-07

基金项目:武夷学院校科研基金资助项目(XL201517S)。

作者简介:陈金霞(1982-),女,汉族,讲师,主要从事体育教学训练学的研究。

果和数据。然后以班级为单位对其中的两个班级根据计划进行课上的体能训练,另外两个班按照正常的课程大纲要求进行上课,经过一个学期 18 次课,36 学时的上课,然后再对这四个班级的学生进行一次相同项目的体质健康测试,运用 Excel 表格初步统计实验前后对照班实验班测试数据;运用 SPSS 统计软件对实验数据进行统计分析,采用配对样本 T 检验对对照组实验前后、实验组实验前后、以及实验组试验后和对照组上课后数据进行显著性差异分析;最终根据结果得出相应的结论与建议。

## 2 实验结果与分析

综合《国家学生体质健康标准》、武夷学院选定国家体质测试的 7 项测试内容为本研究的体能评定指标,即 50 m、仰卧起坐、立定跳远、坐位体前屈、引体向上、800 m 和 1 000 m。速度素质的评价指标是 50 m,评价学生的短距离速度能力;力量素质的评价指标是仰卧起坐、引体向上、立定跳远,仰卧起坐主要评定学生腰腹肌力量,立定跳远主要评定学生的爆发力与下肢力量;柔韧素质的评价指标是坐位体前屈,主要评定学生的躯干、腰、髋关节的关节韧带肌肉的伸展性和弹性;协调灵敏素质的评价指标是立定跳远;有氧耐力评价指标是 800 m 和 1 000 m,用以评价学生的心肺功能和耐力水平(见表 1)。

表 1 身体素质测试评价指标分类

Table 1 Classification of physical quality test and evaluation indexes

类别	具体指标
速度类	50 m
力量类	仰卧起坐、立定跳远、引体向上
灵敏协调类	立定跳远
柔韧类	坐位体前屈
有氧耐力类	800、1 000 m

### 2.1 实验前测试结果数据分析

我们根据体质健康测试项目将武夷学院四个一年级的新生班两个分为对照组,两个分为实验组,男女分开进行了测试,结果见表 2 和表 3。

表 2 实验前男生基本身体素质(n=106)

Table 2 Basic physical fitness of male students before

变量	experiment (n=106)		
	对照组(n=48)	实验组(n=58)	P 值
肺活量/mL	30 254.26±311.76	3 124.14±325.14	0.438
50 m/s	7.65±0.47	7.49±0.45	0.054
坐位体前屈/cm	12.43±6.560	14.98±5.432	0.053
立定跳远/cm	189.41±7.265	184.35±6.434	0.286
引体向上/(个/min)	7.63±6.342	6.89±6.263	0.299
1 000 m/min	4.03±0.79	4.05±0.435	0.371

对照组实验组各项成绩 P 值均大于 0.050,不存在显著性差异,具有良好的同质性,可以开始教学实验。

表 3 实验前女生基本身体素质(n=104)

Table 3 Basic physical fitness of female students

变量	before experiment (n=104)		
	对照组(n=54)	实验组(n=50)	P 值
肺活量/mL	2412.26±326.41	2301±482.113	0.421
50 m/s	9.00±0.59	8.87±0.87	0.058
仰卧起坐/(个/min)	38.7±5.423	36.63±6.465	0.124
坐位体前屈/cm	16.81±6.569	19.38±5.457	0.059
立定跳远/cm	166.5±7.425	168.78±8.342	0.279
800 m/min	4.10±0.623	4.154±0.847	0.347

对照组实验组各项成绩 P 值均大于 0.050,不存在显著性差异,具有良好的同质性,可以开始教学实验。

## 2.2 体能训练方法在教学中的应用

### 2.2.1 体能训练时间

每周在固定时间上一次课 90 min,持续 18 周。

### 2.2.2 体能训练的手段与强度

我们的实验是按照所授课的班级为单位进行。目前武夷学院大学一年级新生第一学期的教学大纲要求是期末考试完成 24 式简化太极拳,期中测试男生 1 000 m,女生 800 m,对照组两个班就是按照这个教学大纲进行上课。我们实验组两个班采用不同的上课形式和要求。首先在开始上课的前 20 min 先进性慢跑 3 圈的热身练习,然后进行各种准备活动,为后面的锻炼做好准备。拉伸作为体能训练的一个重要部分,是提高柔韧素质的重要手段,通过提高柔韧素质进而使其它运动能力得到充分发挥。拉伸练习是通过

对身体各部位施加拉力或者利用自己重力、身体姿势、主动性动作以及肌肉主动收缩等方式使肌肉得到发展。主动拉伸和被动拉伸是拉伸训练中比较常见的方法。主要练习方法包括:下颚触胸拉伸、侧颈部拉伸、肩部固定拉伸、上举手拉伸、背后祈祷式拉伸、双臂卡腰后展拉伸、下脊柱伸展式拉伸、直立抱踝体前屈、单腿后架拉伸股四头肌、勾脚体前屈,这将贯穿于整个学期的每一次课中。其次在中间的40 min 主要进行速度素质、力量素质与柔韧素质的练习。核心力量训练应先从稳态下的徒手练习开始,这是核心力量练习的初始阶段。本研究的核心力量训练方法主要包括:直臂双腿支撑俯桥、双肘单腿支撑俯桥、双腿单臂支撑俯桥、仰卧屈腿上抬、仰卧屈腿收腹、俯卧两头起、俯卧臂前举两头起。平板支撑训练方法是时下比较热门的一种核心力量锻炼方式,其训练原理即核心力量训练内容中的稳态徒手练习。训练的难度分级都是从稳定的克服自身重力练习到非稳定的抗阻练习,再过渡到专门性的核心力量训练,其最终目的是提高专项技术水平和运动成绩。这种训练方式执行条件低且训练效果明显,从低水平到高水平有多重训练方式,适合各种水平人员的训练需求,对于零基础的初步练习者来说,徒手的平板支撑训练方法足够适用且时间不宜过长。在后面的25 min 时间里主要进行有氧耐力的训练。最后5 min 进行总结与放松。在具体的实施过程中我们会严格按照计划进行训练,以下是根据受测试大学生目前的情况指定的相应的训练安排(表4)。

表4 体能训练方法、强度、频率

课次	项目	训练手段	训练强度	频率
1-6	速度素质	30 m 速度练习	5 s(男), 6 s(女)	2-4 组
	力量素质	仰卧屈腿收腹(女)	3 个/15 s	2-4 组
		俯卧撑(男)	30 个	2-4 组
	有氧耐力	20 分钟有氧慢跑		
7-12	速度素质	60 m 速度练习	8 s(男), 12 s(女)	2-4 组
	力量素质	仰卧两头起(女)	10 个/30 s	2-4 组
		平板支撑(男)	20 s	2-4 组
	有氧耐力	4 圈变速跑		
13-18	速度素质	50 m 速度练习	8.5 s(男), 9.5 s(女)	2-4 组
	力量素质	仰卧起坐(女)	30 个/min	2-4 组
		引体向上(男)	8 个/min	2-4 组
	有氧耐力	限时慢跑	3 圈/5 min(男) 3 圈/6 min(女)	

### 2.2.3 体能训练结果分析

课程结束之后,我们对体质健康测试项目中的8个项目(肺活量,50 m,坐位体前屈,立定跳远,引体向上,仰卧起坐,1 000 m 和 800 m)进行了测试,结果如表5、表6。

表5 实验后男生基本身体素质(n=106)

变量	对照组(n=48)	实验组(n=58)	P 值
肺活量/mL	3 034.45±141.47	3618.54±107.39	0.047
50 m /s	7.79±0.59	7.40±0.39	0.026
坐位体前屈/cm	12.49±6.340	18.71±3.314	0.047
立定跳远/cm	189.63±5.358	203.37±4.347	0.044
引体向上/(个/min)	7.96±6.231	10.18±4.213	0.035
1 000 m/min	4.02±0.68	3.42±0.478	0.046

表6 实验后女生基本身体素质(n=104)

变量	对照组(n=54)	实验组(n=50)	P 值
肺活量/mL	2413.56±348.49	2789±301.297	0.049
50 m/s	8.98±0.68	8.39±0.59	0.009
仰卧起坐/(个/min)	38.5±2.578	43.13±4.213	0.045
坐位体前屈/cm	16.49±5.756	20.84±5.021	0.045
立定跳远/cm	166.8±5.946	187.4±5.478	0.046
800 m/min	4.12±0.201	3.59±0.342	0.048

从上表可以看出对照组实验组各项成绩P值均小于0.050,体质健康测试成绩差异具有统计学意义,说明专门的体能训练对提高学生的测试成绩有帮助。

### 3 结论与建议

就以上结果分析,采用以增强体能为目的的授课方式和训练内容在一定程度上对于提高大学生体质健康测试成绩有很大的帮助。

面对大学生身体素质下降的事实,建议相关部门能制定出一系列针对当前大学生的体能训练手段与方法,供体育教师借鉴并将其应用到学生的教育上,以增强学生体质,提高学生的体质健康水平。

建议相关学校调整大学生的教学大纲与要求,在大学生刚入学第一年进行相关体能的训练,让他们认识到体能训练的好处,同时掌握简单的训练手段与方法,为终身体育打下一定的理论与实践基础,同时为四年的体质健康测试做好准备。

### 参考文献:

- [1] 谷岐.体能训练的基本理论与方法[M].西安:西北工业大学出版社,2010:10-11.
- [2] 王军利.关于学生体质健康测试中存在问题的思考[J].体育学刊,2013,20(3):70-74.
- [3] 教育部、国家体育总局.关于进一步加强学校体育工作切实提高学生健康素质的意见[Z].教体艺[2006]5号,2006.
- [4] 国家体育总局.教育部、国家体育总局关于实施《国家学生体质健康标准》的通知[EB/OL].(2010-02-20). <http://www.sport.gov.cn>.
- [5] 王献英.学生体质健康增强的难题与协同促进策略[J].体育学刊,2016,23(3):112-115.
- [6] 王岗,李卓嘉,雷学会.学校体育的目标:“健康”乎?“强壮”乎?[J].体育学刊,2016,23(3):9-15.
- [7] 刘新兰.体能训练原理探析[J].南京体育学院学报(社会科学版),2004(1):87-89.
- [8] 覃立嵩.江苏大学大学生国家体质健康测试结果与课外体育锻炼的现状分析[D].北京:首都体育学院,2014.

(责任编辑:叶丽娜)

## The Experimental Research on Physical Training Incorporated into Public Physical Education Under the Background of Physical Health Test

CHEN Jinxia

( Department of Physical Education, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** This article uses the method of experimental study, taking the freshmen of wuyi university as an experimental study, to test whether the physical training can improve the physical quality of students. The results show that the test scores increased. The use of physical training to improve the physical health of college students is effective.

**Key words:** physical health test; physical training; public physical education; institutions of higher education

# 大学生夜跑锻炼的调查分析

——福州大学城为例

许杰龙

(福建师范大学 体育科学学院, 福建 福州 350108)

**摘要:**为了提高大学生身体素质,意识到身体健康的重要性,使夜跑锻炼得到更好的发展。采用文献资料法、问卷调查法、访谈法等方法,了解目前大学生夜跑锻炼的现状,主要从参与夜跑锻炼学生的情况、夜跑场地现状、夜跑锻炼动机及影响因素等多方面进行调查分析,发现夜跑锻炼中存在的问题,并提出应对的措施和可行性的建议,促使大学生夜跑锻炼走向健康发展的道路。

**关键词:**夜跑锻炼;大学生;身体素质

**中图分类号:**G807.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2017)06-0080-03

夜跑,顾名思义就是夜晚跑步,是人们在工作或学习之余,按照自己的跑步节奏,不在乎快慢,在大自然的音符中尽情享受跑步带来的乐趣。<sup>[1]</sup>而这种积极健康的生活态度越来越受到人们推崇,已成为当下时尚的健身方式,由于夜跑受时间和空间的影响较小,以及基本不需要投资消费,受到了越来越多大学生欢迎,学生在夜跑中不但可以提高身体素质,同时能结识新友谊,夜晚思维灵感也能够在夜跑中得到迸发。然而在更多大学生加入到夜跑的同时,一些安全问题也越来越受到社会关注。因此本研究以大学生夜跑锻炼的现状为对象,进一步探讨分析夜跑存在的问题及安全隐患并提出相对应的对策与措施。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

以福州大学城 5 所高校部分大学生夜跑锻炼的现状为研究对象。

收稿日期:2016-10-17

作者简介:许杰龙(1993-),男,汉族,硕士研究生,主要从事体操、健美操研究。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 文献资料调研法

通过中国知网、维普网、图书馆文献检索。查阅关于影响大学生课外锻炼以及有关夜跑锻炼的众多文献资料,查阅图书馆有关于夜跑锻炼的相关书籍,为本研究提供理论依据。

#### 1.2.2 问卷调查法

选取大学城周边福州大学、福建师范大学、闽江学院、福建工程学院、福州职业技术学院这五所高校,分别向各所高校随机发放问卷 80 份,共发放问卷 400 份,回收有效问卷 376 份,有效率 92.9%,其中男生共 201 人,女生共 175 人,大一与大二学生 208 人,大三与大四学生共 168 人,文科 169 人,理科 188 人,体育艺术类 19 人。

#### 1.2.3 访谈法

对各个学院的团委老师、辅导员、以学校跑步协会负责人、学生会负责人等进行访谈,了解目前各学校夜跑开展现状以及夜跑锻炼中存在的问题。

#### 1.2.4 数理统计法

运用 Excel 软件对问卷数据进行科学的整理分析,为本研究提供科学支撑。

## 2 结果与分析

### 2.1 大学生夜跑锻炼的现状

#### 2.1.1 参与夜跑锻炼学生的情况分析

表 1 参加夜跑锻炼学生的情况

Table 1 The situation of the students

attending night running exercise						
学校	男生	女生	高年级	低年级	文科	理科
福州大学	16	25	11	30	17	24
福建师范大学	11	18	7	21	17	12
闽江学院	14	21	9	32	18	23
福建工程学院	19	18	11	32	15	28
职业技术学院	10	26	13	23	19	17
百分比(%)	34.8	61.7	30	66	50.8	55.3

调查发现,男生参与夜跑锻炼人数较少,由于男生可供选择的锻炼方式较多,男生更喜欢篮球、足球等竞技对抗类的球类活动;而女生体质及体育锻炼状况相对较差,无论是锻炼意识还是实际锻炼行为都不如男生,女生大都缺乏其他运动技能,跑步成为她们锻炼身体的主要选择之一,在越来越多女生更加注重身材外表的趋势下,长时间有氧耐力的夜跑运动更加受到女生青睐。低年级学生参与夜跑人数明显比高年级学生多,首先由于低年级学生刚从高中阶段步入大学,还保持着之前的锻炼习惯,相对来说比较勤快;其次,低年级学生学习压力相对较小,有足够时间去锻炼,高年级学生面临更多工作和升学方面压力,生活作息方式不规律,心肺功能等身体状况在整个学校阶段较差,因此高年级学生为了毕业后更好的工作和生活,更应该适时进行夜跑这样的有氧锻炼方式。

#### 2.1.2 大学生夜跑锻炼场地现状分析

表 2 夜跑锻炼场地选择

Table 1 Night run exercise site selection

锻炼场地	环校跑	田径场	校外	其他
选择人数	79	193	57	47
百分比(%)	21.0	51.3	15.2	12.5

调查发现,多数学生选择在校内和田径场进行夜跑锻炼,只有极少数选择校外锻炼,或者其他场地进行锻炼。由于高校占地面积广以及教学的需求,硬件设施都较完善,适合进行夜跑锻炼。其次,校外的道路人流较少,因此,夜跑锻炼的大学生很少会在校外进

行夜跑,主要原因是考虑到个人安全问题。

### 2.2 大学生进行夜跑锻炼动机及影响因素分析

#### 2.2.1 大学生参与夜跑锻炼动机因素分析

表 3 参与夜跑锻炼动机

Table 3 Participate in night run exercise motivation

内在动机	减肥塑形	强身健体	扩大交际	舒缓情绪	帮助睡眠
人数	192	204	61	33	65
百分比(%)	51.1	54.3	16.2	0.9	17.3

从表 3 中可知,目前大学生参与夜跑锻炼的动机大部分是为了减肥塑形、强身健体等,只有少部分学生夜跑锻炼动机是为了帮助睡眠、舒缓情绪、扩大交际圈等,目前大学生夜跑锻炼的动机因素中,部分同学是为了健美塑身、结交朋友,丰富课余生活而参与夜跑锻炼,另一部分同学是因为参与其他运动项目有场地、费用以及时间的限制等因素而选择夜跑作为自己锻炼的方式。调查发现,大部分大学生参与夜跑的主要目的是为自我价值体现以及建立良好人际关系,最终能够强身健体,养成终身体育意识。影响大学生进行夜跑锻炼动机因素中价值取向和安全因素所占比重较大,是最主要的影响因素,需要引起我们重视,并采取相应的措施来排除这些因素带来的影响,为参与夜跑锻炼创造一个良好环境。

### 2.3 大学生进行夜跑锻炼的影响因素

#### 2.3.1 个人体育技能

调查发现,多数同学对于体育运动还是有强烈兴趣和良好习惯。他们普遍都希望能够参与其它体育运动,但是有些因素制约着他们对运动的热情,部分学生表示想参与却不会锻炼,由于自己运动水平较低,身体素质较差,导致许多学生认为自己不会锻炼,从而丧失了参加锻炼的动力,久而久之就不愿意参与体育锻炼,也不愿意白天参与体育锻炼,而晚上锻炼则成了他们最好的选择。学校在体育教育过程中,过于强调运动技术的教学,而忽略了对学生科学锻炼理念的养成和掌握终身体育锻炼的方法,高校体育工作一方面是要使学生体育锻炼达标,另一方面就是要切实贯彻落实“健康第一”的理念,对学生体育锻炼进一步加强引导,引导学生合理进行体育锻炼<sup>[2]</sup>。

体育达标考试为学生体育锻炼起到了一定的驱

动作用,如果没有体育达标考试,很多学生不参与,或者不会自觉到操场参加体育锻炼,部分学生由于自身身体素质比较差,基本耐力考试都不能及格,成为参与夜跑的一个重要因素,促使他们参与锻炼,因此,高校应进一步加强体育达标考试的组织和管理,使学生更加科学化、规范化的进行体育锻炼,绝不能只是为了应付达标考试而将其弱化,应培养学生一种体育锻炼行为习惯。白天环境导致学生不愿也没有时间进行锻炼,转而选择晚上进行锻炼,晚上锻炼限制了很多运动项目进行,而夜跑却成为一种很适合晚上锻炼的项目,因此夜跑已成为大学生选择锻炼的重要方式。<sup>[3]</sup>

### 2.3.2 参与夜跑锻炼的心理

相关研究表明,大学生体育态度和每周进行夜跑体育锻炼频次之间有高度的相关性,一半学生参与夜跑主要是认为该项目自己喜欢,适合自己,说明个人体育兴趣对大学生参与夜跑具有重要影响。此外,学生情感因素对其体育参与行为也有很大影响,比如被评价“太胖了”“动作难看”而导致他们不愿在白天进行体育锻炼,夜跑却能很好避免这种尴尬情景,放松自我的参与其中,从而达到锻炼目的。可见,随着社会发展,人们越来越重视身心健康,对于参加体育锻炼的价值取向在主观上也出现了一定偏差,科学合理的体育锻炼不仅可以在身体上得到重大改变,更能锻炼人的意志品质,提升自身抗压能力,对生活充满阳光积极的态度,要充分理解夜跑所蕴含的自由,从而更好诠释夜跑锻炼的意义。

## 3 结论

学生对夜跑了解不够深入,夜跑参与者男女比例

失衡,参与度不够,并且主要以低年级学生为主,高年级学生就业和学习压力较大,导致参与程度低。进行夜跑锻炼场地主要以校内为主,较少选择其他场地进行夜跑锻炼。参与夜跑锻炼的目的以强身健体和减肥塑形为主。白天课时任务重、情感因素以及个人技能的影响也刺激着学生进行夜跑锻炼。影响学生参加夜跑锻炼的因素中,主要影响因素是安全因素,夜跑锻炼出现的安全问题需要得到不断地重视与改善。

夜跑锻炼正受到越来越多学生关注,学校方面需要普及夜跑锻炼意义,进一步推广夜跑锻炼,提高高年级学生参与度,改善学生体育锻炼素质,树立校园内终生体育锻炼意识,鼓励学生参与夜跑锻炼。学校应该制定相关制度,重视夜跑锻炼方式,关注学生运动需求,把夜跑锻炼作为课外体育课堂延伸。同时,创造出良好的夜跑安全环境,尽可能开放安全的夜跑场地,在区域内设置安全标志警示夜跑人员,另外应加强人员值班,确保夜跑参与者的人身安全,最终使夜跑锻炼得到更好的发展和完善。利用微信、微博、学校广播等媒体渠道,以及各种讲座宣传夜跑安全知识,制定科学合理的技术指导,为参与夜跑锻炼者提供安全保障,排除后顾之忧。

### 参考文献:

- [1] 孙丹,杨远平,王剑文,陈从乐.论大学城高校学生夜跑锻炼的现状及对策研究[J].当代体育科技,2014(17):23-24.
- [2] 张清坤.大学生体育锻炼的现状及对体质的影响[J].济宁学院学报,2009(3):11-13.
- [3] 沈佳妮.大背景下衍生出的夜跑形式其影响与发展探讨[C].第十届全国体育科学大会论文摘要汇,2015:17-19.

(责任编辑:夏婷婷)

## The Investigation and Analysis of College Students Night Running Exercise

XU Jielong

(Institute of Sports Science, Fujian Normal University, Fuzhou, Fujian 350108)

**Abstract:** In order to improve college students' physical quality, to realize the importance of a healthy body, that night running exercise get better development. USES the literature material law, questionnaire survey method, interview method and other methods, to understand the current situation of college students night running exercise, mainly from the situation of the students, night night running exercise running status field, night training motivation and affecting factors were investigated in many aspects, found that night in the problems in the running, and put forward coping measures and feasible Suggestions, prompting night running college students exercise to the healthy development of the road.

**Key words:** night running exercise; college students; physical fitness

# 农林院校经管类《高等数学》课程教学改革探索

陈绩馨

(福建农林大学 计算机学院, 福建 福州 350002)

**摘要:**农林院校的经管类高等数学教学不仅要体现农林院校的特点,又要适应经管类人才培养目标的要求。因此,针对性地加强教材建设和教学改革,是提高农林院校经管类高等数学教学质量的重要课题。结合作者的教学实践与经验,从精简理论知识、加强数学知识应用、发挥学生的主体地位作用、建立注重过程的考核评价体系等方面进行了探索,提出了教学改革思路与措施。

**关键词:**《高等数学》;教学改革;农林院校;经管类

**中图分类号:**G642 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2017)06-0083-04

经管类高等数学作为一门公共基础课,主要是数学基础理论及其应用,它对学生逻辑推理的训练、创新思维的培养具有重要的作用,在高等教育体系中也具有相当的地位。但经管类高等数学的教学也面临着各种各样的问题,如内容重复、基础知识衔接不上、联系实际不够等,存在一些不完善的地方。由于学时有限,应用方向不同,应对教材进行适当的删减或增补,减少细节,突出数学思想,数学方法。作者在农林高等院校教学一线从事了多年的工作,以自身的经验和体会探讨经管类《高等数学》课程教学改革。

## 1 农林院校经管类高等数学教学改革必要性

### 1.1 适应经管类专业教学改革的需要

教学需要结合院校的特点,不同的院校其专业设置与教学理念方面都具有较大的差异。因此,即使是同一门课程,在不同类别的院校,其教学思路也存在

差别。农林院校与其他工科院校或者综合性院校不同,其经管类高等数学的教学思路应该也有别于其他类别的院校。另外经管类高等数学的教学,需要体现以教学为出发点,并作为解决专业课问题的有利工具,加强与专业的联系,体现数学为专业服务的能力<sup>[1]</sup>。因此农林院校的经管类高等数学教学应该结合自身专业的特点,进行一些合理的调整,以适合农林院校经管类专业后续专业课教学的要求,从而取得更好的教学效果<sup>[1]</sup>。

### 1.2 适应经管类专业学生特点的需要

由于经管类专业在高考招生时是文理兼收,部分文科生在数学学习方面处于劣势地位,部分文科生的数学学习能力和潜力也稍微差于理科生,特别是在高等教育大众化之后,高校学生人数众多,相互之间差别更加扩大<sup>[2]</sup>。为了适应农林院校的经管类专业要求及学生特点,在尊重数学逻辑的前提下,根据以“必需、够用”为原则,对经管类高等数学教学体系进行细化、优化和分层处理,已经成为一种趋势。

### 1.3 适应经管类高等数学教材改革的需要

经管类高等数学教材内容包括:函数与极限、导数与微分、中值定理与导数应用、不定积分、定积分、微分方程和差分方程、多元函数的微分法、二重积分及无穷级数等为基础的一套完整体系。但在实际教学

收稿日期:2017-03-14

基金项目:中华农业科教基金教材建设研究项目  
(NKJ201502036)。

作者简介:陈绩馨(1958-),女,汉族,副教授,主要从事高等数学教学与应用研究。

过程中,为了强调自身学科理论体系的完整性,导致重复讲授中学已学过的函数的基本概念,函数的几种基本特性,常数函数、幂函数、指数函数、对数函数、三角函数中的正弦函数、余弦函数和正切函数的图形及其性质等内容。为了与后续课程衔接,需要补充讲授中学没学过的如余切函数  $y=\cot x$ 、正割函数  $y=\sec x$ 、余割函数  $y=\csc x$ ,四个反三角函数  $y=\arcsin x, y=\arccos x, y=\arctan x, y=\operatorname{arccot} x$ , 有关三角函数恒等变形中的倒数关系  $\cot x=\frac{1}{\tan x}, \sec x=\frac{1}{\cos x}, \csc x=\frac{1}{\sin x}$ , 平方关系  $1+\tan^2 x=\sec^2 x, 1+\cot^2 x=\csc^2 x$  等内容。为了淡化理论推导,对学生难以理解和知识冗繁<sup>[2]</sup>的内容,如利用极限的精确定义证明定理、例题、习题不作教学要求。重点放在微分、积分的基本思想及其应用上,因此对经管类高等数学教材本身改革势在必行。

## 2 改革思路与实践

### 2.1 精简理论知识

经管类高等数学是以微积分为主体的,教材的内容是按一学年,120学时安排的。在农林院校的教学设置中,经管类高等数学一般在大一完成教学工作,各农林院校经管类高等数学教学体系,如教学目标和授课计划等基本大同小异,所选用的教材内容基本上也是一致的,经管类高等数学教学特点与重点不突出。经管类高等数学教学重点是培养学生具有比较熟练的运算能力和综合运用所学知识分析问题和解决问题的能力。但是,由于时间有限,且对经管类专业的学生来说,应用方向不同。因此,教材的有些内容可以精简。我们几年来的具体实践是这样的:在函数部分,函数的基本概念、函数的基本特性中学虽然已学过,但函数又是经管类高等数学研究的主要对象,因此在教学中要作简单回顾。对比较简单的常数函数、幂函数、指数函数、对数函数、三角函数中的正弦函数、余弦函数和正切函数的图形及其性质等内容在初等数学中也已经学过,为了便于以后的运用,将它们的函数及其图形和简单性质列成表作为附录,供学生查阅和复习。在极限部分,淡化理论推导,对利用极限的精确定

义证明题如  $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n^2+2}{n^3+3n}=0$ , 这类的例题和习题删去,学生在中学没学过和差化积公式,删去用和差化积的恒等变形证明的例题和习题,如  $\lim_{n \rightarrow \infty} \cos x=\cos x_0$  和  $\lim_{n \rightarrow \infty} \sin x=\sin x_0$  等,但极限是经管类高等数学中最重要的概念之一,在连续、导数、定积分、广义积分和无穷级数等的主要概念都是用极限概念来表达的,极限方法是微积分的最基本的方法,微分法与积分法都借助于极限方法来描述。在教学中突出极限思想和方法的介绍及其应用上,极限由某些实际问题的精确解答而产生的,如利用“割圆术”推算圆的面积,又如截杖问题“一尺之棰,日取其半,万世不竭”,再如李先生朝一个方向行走,第一次他迈出 0.5 m,之后迈出的步子跨度是前一次的一半,这样一直走下去,问他能走多远?学生从实例中理解极限的直观描述定义。在不定积分部分,删去用万能代换  $u=\tan \frac{x}{2}$  计算量大的不定积分的

例题和习题,如求  $\int \frac{1}{(2+\cos x)\sin x} dx$ ,把讲授重点放在直接积分法,换元积分法和分部积分法上。因此,在教学中要突出加强数学应用,针对农林院校经管类教学培养目标,需要根据专业特点和学生实际,在教学内容上进行进一步的仔细甄选,对教材内容进行再加工,精简理论知识,做到详略得当,难点易解,重点突出。

### 2.2 加强数学知识应用

数学源于生活,又高于生活,数学讲究的是因果关系,强调的是逻辑关系,因此学生难以理解。几年来,我们在教学中从实例引入数学概念,学生就容易理解,如气温的变化、行星的运动、植物的生长等,这些变化的特点是:当时间变化微小时,气温的高低、行星的位置、植物的生长变化也很微小,这种现象在数学上的反映就是:对于函数  $y=f(x)$ ,当自变量的变化微小时,对应的函数值的变化也很微小,连续不断变化引入函数的连续性概念。又如设某商品的价格  $p$  是销售量  $x$  的函数  $p=p(x)$ 。当销售量从  $a$  变动到  $b$  时的收益  $R$  为多少?(设  $x$  为连续变量)。由于价格随销售量的变动而变动,用分割,取近似、求和、取极限的方法归结为和式的极限,引入定积分的概念。即数学知识的产生就在于要解决这些生活中存在的一些问题,理

解了数学知识产生的历史背景,对概念的理解和知识的掌握就相对更加容易。实际问题的引入恰好也满足了一些同学“学以致用”的要求,更好地从学习中获得真正的乐趣。另外随着教育的不断推进以及社会对大学生要求的改变,使得人们愈来愈重视所学知识的实用性。一门课程一旦脱离了实际而完全理论抽象化,会使学生失去对其学习的兴趣,并与整体的课程体系脱节。经管类高等数学的教学应以专业和学生特点为出发点,与实际接轨,增加经济和管理实际问题。如,市场经济中边际成本、边际收益、边际价格、边际利润、边际需求,需求的价格弹性、连续复利等,这些实际问题拉近了数学与现实生活的距离,使学生感觉数学就在身边。加强数学知识应用,如定积分在经济学上的应用,设有一项计划现在需要投入 1 000 万元,在 10 年中每年收益为 200 万元。若连续利率为 5%,问收益资本价值(设购置的设备 10 年后完全失去价值)? 通过资本价值=收益流的现值—投入资金的现值来解决问题。函数的最大值(或最小值)在经济上的应用,如,某商店卖两种牌子的果汁,本地牌子每瓶进价 1 元,外地牌子每瓶进价 1.2 元,店主估计,如果本地牌子的每瓶卖  $x$  元,外地牌子的每瓶卖  $y$  元,则每天可卖出  $70-5x+4y$  瓶本地牌子的果汁, $80+6x-7y$  瓶外地牌子的果汁。问:店主每天以什么价格卖两种牌子的果汁可取得最大收益? 求最大收益即为求二元函数的最大值。通过实例培养学生的应用能力,提高学生的综合素质。

### 2.3 发挥学生的主体地位作用

俗话说“一个巴掌拍不响”,在教学改革上也是如此。教学改革不仅需要发挥教师的主导作用,改进以教师为中心,满堂填鸭式的传统教学方法,更需要调动学生的积极性,积极探索以学生为中心的教学模式<sup>[9]</sup>。首先,在教学过程中,通过摆事实讲道理,让学生明白学习数学的重要性,让学生意识到数学课程的学习,并不仅仅是学会做数学题,更是学会一种数学思维,积分的学习用数学思维思考问题和解决问题的能力,该能力的形成将有助于后续专业课程的深入学习,从而调动广大学生的积极性。其次,以学生为中心,多种形式教学。如讲凑微分法时,教师提出问题:  $\int \cos 2x dx$

等不等于  $\sin 2x+C$ , 让学生观察思考,发现与积分公式  $\int \cos x dx = \sin x + C$  不同,怎么解决这个问题呢? 方法:利用复合函数,设中间变量。过程:利用微分运算把  $dx$  改写成  $dx = \frac{1}{2}d(2x)$  的形式,可得  $\int \cos 2x dx = \frac{1}{2} \int \cos 2x d(2x)$ , 然后再利用基本积分公式  $\int \cos u du = \sin u + C$  计算。讲隐函数求导时,教师提出问题:隐函数不易显化或不能显化如何求导? 让学生思考探索,用复合函数求导法则直接对方程两边求导。教师在教学过程中经常采用设置问题、探索式、启发式、提问式、讨论式相结合的方法教学,增强学生的参与意识、创新意识,启发学生独立思考,举一反三,引导学生提出有价值的好问题,充分发挥学生自身的积极性和主动性作用,培养他们的创造思维能力。

### 2.4 建立注重过程的考核评价体系

经管类高等数学教学的一个重要任务就是培养学生的数学思维能力,而思维能力的培养需要长期的过程。为此,在学生的考核评价体系中必须注重建立过程的考核评价机制。经管类高等数学教学改革一个重要目的,就是要调动学生学习的积极性和主动性,在考核评价学生学习成绩时要注重平时考核,要把平时成绩和期末成绩相结合,完善“平时成绩+期末考试”考核机制<sup>[4]</sup>。其次,要提升平时成绩的重要性。在教学实践中,平时成绩占总成绩的 30%,着重考察三个方面:其一,加强课堂交流互动,课堂教学中设置问题,让学生讨论、思考、探索回答问题,或课堂上安排适当的时间提问学生,了解学生学习情况与问题,及时析疑解惑,或有针对性地选择学生上黑板演示答题,再根据其课堂表现给予综合评分,作为学生平时成绩的组成部分,占总成绩的 10%;其二,注重课堂测试,每学期安排三次课堂测验,对教学中存在的问题及时补缺补漏辅导,测验成绩作为平时成绩的组成部分,占总成绩的 10%;其三,平时作业完成情况与质量作为学生平时成绩的组成部分,占总成绩的 10%。期末闭卷考试成绩,占总成绩的 70%。经管类高等数学是高等教育中一门重要的课程,是服务于专业课的基础课,经管类高等数学的学习不仅仅是为了学习数学知识,更重要的是促进学生后续课程的学习,拓展学

生视野,为学生今后的专业学习打下良好的基础。因此,经管类高等数学教学改革要引导学生掌握经管类课程所需的高等数学基本知识、基本方法、基本技能,同时还要加强理论联系实际,培养分析问题和解决问题的能力。

### 3 结语

经管类高等数学是农林院校公共基础课程,是为培养高质量经管类专门人才服务的。经管类高等数学的教学改革应以学校专业和学生实际为基础,精简理论知识,充分发挥学生在教学过程中主体地位的作用,引导学生从被动学习转为主动学习,主动思考、主动探究,调动学生学习积极性。引导学生从期末突击应考转为日常主动学习,及时消化学习问题,努力提

升学习效果。加强数学知识应用,培养学生的应用技能能力,提高学生的综合素质,培养适应现阶段社会发展急需的高素质技能型人才。

### 参考文献:

- [1] 张延利.《高等数学》课程教学体系构建改革研究[J].酒城教育,2016(2):4-8.
- [2] 王淑艳,葛家麒,祁雪莲.农业院校工科高数教学改革刍议[J].高等数学研究,2005(6):44-46.
- [3] 徐晏.高职数学学习状况调查及改革构想[J].中国证券期货,2011(2):173-174.
- [4] 范臣君.独立学院高等数学课程全面深化改革探索[J].教育观察,2015(2):41-42.

(责任编辑:叶丽娜)

## Teaching Reform of Advanced Mathematics Course for Economics and Management

CHEN Jixin

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

**Abstract:** The teaching of Advanced Mathematics in agriculture and forestry universities should cater for not only needs of agriculture and forestry, but also for the needs of economics and management. Therefore, the construction of teaching materials and teaching reform is important to improve the quality of Advanced mathematics teaching in agriculture and forestry universities. Based on the author's teaching practice and experience, the present paper explores the ideas and measures of teaching reform from the aspects of simplifying theories, strengthening the application, student-centered learning, establishing process evaluation system.

**Key words:** Advanced mathematics; teaching reform; agriculture and forestry universities; economics and management

# 教育转型发展背景下食品专业实验改革

——以武夷学院食品质量与安全专业为例

吴玉琼, 傅新征, 王淑培, 陈宗道

(武夷学院 茶与食品学院, 福建 武夷山 354300)

**摘要:** 为了适应教育转型发展形式,武夷学院食品质量与安全专业实验教学进行全面改革,主要包括优化实验课程体系,丰富实验教学内容,创新教学组织形式,改进实验教学方法,完善实验课程评价体系。

**关键词:** 教育转型;专业实验;教学改革

**中图分类号:** G64      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-2109(2017)06-0087-05

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》提出:“推动具备条件的普通本科高校向应用型转变,推动专业设置、课程内容、教学方式与生产实践对接”。这是我国推动高等学校主动适应经济发展新常态、市场经济的发展、科技的进步、产业结构的调整、就业市场的变化以及学生成长需求变化,主动融入产业转型升级和创新驱动发展,满足区域经济社会发展对高层次应用型人才和技术支撑的基本要求<sup>[1-3]</sup>。

武夷学院是国家教育部批准设立的公办全日制普通本科院校,前身为创办于 1958 年的南平师范高等专科学校,于 2013 年通过教育部本科教学工作合格评估,现为福建省首批地方本科学校转型发展试点高校。作为地方性高等本科院校,在教育转型发展新形势下,学校实行产教融合,围绕闽北传统食品产业的转型升级,构建紧密对接南平千亿食品产业生态食品专业群。食品质量与安全专业为专业群重点建设专业,以培养理论基础扎实、岗位适应性强、富有创新精神和开拓能力的应用型人才为培养目标。从 2010 年

建设以来不断探索食品专业实验教学改革,以下主要从教学体系、组织形式、教学内容、教学方法、课程质量评价等方面通过比较 2010 级与 2015 级食品专业实验教学的具体措施阐述食品质量与安全专业实验教学改革。

## 1 修订人才培养方案,优化实验课程体系

传统的教学观念以为实验教学从属于理论教学,这与地方性应用型高校对人才培养的要求是不吻合的。在武夷学院教务处指导下,依据教育部食品科学与工程类专业指导委员会推行的专业标准制订了 2010 版人才培养方案,将食品专业实验划分为基础实验、专业实验和综合实验。基础实验即使学生理解基础理论,掌握基本实验技能;专业实验,在基础实验的前提下,培养学生的知识应用的专业性;综合实验,即提高学生的综合能力与创新能力<sup>[4]</sup>。

如图 1 所示,2010 级食品质量与安全专业独立开设的实验课程只有基础化学实验、食品专业实验,实验教学环节多分散于生物化学、食品化学、食品微生物学、食品原料学、食品工艺学、食品理化分析、食品感官质量评定等多门课程中。2015 级方案中更加体现了实验课程的系统性和重要性,将原来分散于多门课程中的实验项目整合后独立开设食品专业实验 I (基

收稿日期:2017-03-21

基金项目:国家级大学生创新训练项目(201610397002);  
武夷学院教学改革研究项目(xj2014014)。

作者简介:吴玉琼(1973-),女,汉族,副教授,主要从事食品营养与安全、食品毒理方面研究。

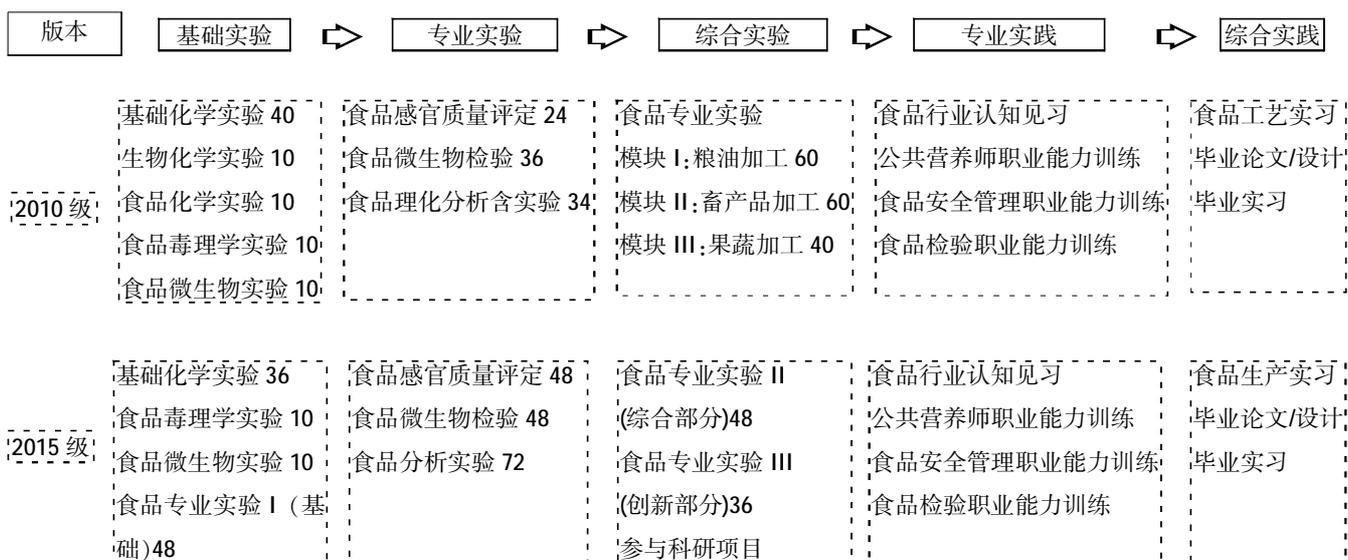


图 1 2010 级与 2015 级食品质量与安全专业实验实践教学体系比较

Figure 1 Comparison of the food quality and safety professional experimental practice teaching system of grade 2010 and 2015

础部分)。2010 级与 2015 级方案中专业实验均有开设食品感官质量评定、食品微生物检验、食品理化检验(食品分析)等课程,修订后,2015 级中三门实验课程均增加了课时数。2010 级的综合实验只开设一门即食品专业实验,2015 级开设了两门即食品专业实验 II(综合部分)和食品专业实验 III(创新部分)。经修订后,从基础实验、专业实验、综合实验呈现出由基础到综合、由应用到创新的循序渐进,更符合学生的认知规律和实验教学规律。

## 2 结合地方特色,丰富实验教学内容

传统的实验课程内容是对应单独一门理论课而设置,不同科目的实验课程之间缺少配合和沟通,整个实验教学缺乏系统的统筹安排。而现代食品领域中不断涌现出新思维、新工艺、新技术、新手段、新方法<sup>[9]</sup>。在现代高校教育的新形势下,我们的教学团队分析现有的实验基础和条件,结合区域经济发展趋势及当地特色农产品加工现状,充分利用圣农食品学院的优势,实验课程内容的安排从“体现教学适用、突出地方特色、服务区域发展”等方面考虑。

以综合实验的内容设置为例,如表 1 所示。2010 级食品专业实验分三个模块,虽然涵盖了畜产类、粮油类、果蔬类食品加工,但实验项目多数为验证性实

验,15 个项目中仅 2 个为综合性,所占比例不到 2%;从项目涉及的知识与技术而言,多数为单纯的食品加工工艺,未将基础实验中的知识综合应用。2015 级食品专业实验开设为三个模块,其中第一模块属于基础实验部分,二、三模块分别为综合部分与创新部分,共 17 个实验项目,综合性实验为 7 个,设计性实验为 4 个,占综合实验项目总数 65%。

从项目内容来看,有验证工艺方法的(蛋肠的加工、西式火腿的制作、冷冻鱼糜的制作、果蔬饮料的制作、小密包酒的模拟配制、孝母饼的加工),有涉及感官质量评定操作的(大豆蛋白、亚硝酸钠、红曲色素对西式火腿品质的影响)、有涉及食品微生物基础应用的(西式火腿货架期的测定)、有涉及食品化学操作的(稳定剂对植物蛋白饮料稳定性的影响)、有涉及食品分析实验的(配制酒中食用酒精的处理及拼配参数的确定);从实验内容与当地食品产业对接程度来言,2010 级方案中所设项目仅从工艺类型设置内容,2015 级方案中体现了地方特色,如小密包酒即为浦城特色产品,孝母饼即为武夷山特色产品。

从实验内容的创新性与实用性而言,2010 级方案中多数为验证工艺方法,未涉及创新性。2015 方案中 HACCP 在鱼丸加工中的应用、果蔬饮料产品标准的制订可由学生设计完成,为当地企业提供产品标准的参考模版;孝母饼内包装无菌操作设计、酸乳的新产

表 1 2010 级与 2015 级食品专业综合实验开课内容及组织形式比较

Table1 Comparison of the contents and organizational forms of the food major comprehensive experiment of grade 2010 to 2015

版本	综合实验	开课学期	实验项目	实验类型	组织形式
2010 级	食品专业实验模块 I	五	一次发酵法制作主食面包	验证	1、教师编写实验大纲及指导 2、教师课前准备实验材料 3、学生按照实验指导分组完成实验 4、全体学生和教师共同评价各组作品 5、学生在规定的的时间和场所内完成实验
			蛋糕的制作	验证	
			韧性薄脆饼干的制作	验证	
			豆类饮料的制作	验证	
			二次发酵法制作主食面包	验证	
			酵母发酵力的测定	综合	
	食品专业实验模块 II	五	酸奶的制作	验证	
			猪肉松的加工	验证	
			混合肉香肠工艺及保质期测定	综合	
	食品专业实验模块 III	五	果蔬的干制	验证	
			果蔬罐头的制作	验证	
			果脯的制作	验证	
			果蔬的速冻	验证	
			果蔬汁饮料的制作	验证	
			泡菜的制作	验证	
2015 级	食品专业实验 II (综合部分)	五	蛋肠的加工	验证	1、教师编写实验大纲及指导 2、课前布置学生制订实验方案 3、每 3/组选出代表准备实验材料 4、分组实验,交出作品 5、全体学生和教师共同评价每组作品
			西式火腿的制作	验证	
			冷冻鱼糜的制作	验证	
			果蔬饮料的制作	验证	
			小密包酒的模拟配制	验证	
			孝母饼的加工	验证	
			大豆蛋白、亚硝酸钠、红曲色素对西式火腿品质的影响	综合	
			西式火腿货架期的测定	综合	
			稳定剂对植物蛋白饮料稳定性的影响	综合	
	配制酒中食用酒精的处理及拼配参数的确定	综合			
	食品专业实验 III (创新部分)	六	糖水梨罐头的质量检测	综合	1、教师课前提出实验项目或由学生自行拟定 2、学生 3/组共同编写实验方案 3、各小组自行采购材料 4、学生自行安排时间完成作品
			植物蛋白饮料工艺优化	综合	
			西式火腿的品质优化试验	综合	
			孝母饼内包装无菌操作设计	设计	
			酸乳的新产品研发	设计	
HACCP 在鱼丸加工中的应用			设计		
果蔬饮料产品标准的制订	设计				

品研发可为企业提供新产品研发的新技术与新思路。此外,还设置了“参与科研项目”,为学生预留了创新的时间与空间。

### 3 充分利用校内外资源,创新教学组织形式

由于受教学中实验设施、实验时间、实验场地的限制,传统的实验课程教学是由教师提出实验目的和要求,说明实验步骤及方法,由学生依照实验指导书,在规定的课内时间,在指定的实验场所,按部就班地完成指定的实验内容。这种教学组织形式也是与教育转型发展形式相违背的。

为突破原有教学中时间、场地、资源的限制,创新食品专业实验教学组织形式,将课程教学延伸到课堂

之外。一方面,在设计创新实验项目时尽可能与当地企业对接,让学生将实验场所转换到企业车间,实验时间固定的课内转为周末等课余时间。如,HACCP 在鱼丸加工中的应用、果蔬饮料产品标准的制订等项目可由学生分组到企业考查相关工艺流程,模拟现场进行危害分析并制订关键控制点,回校再分工编写产品标准。

另一方面,2015 级方案中设置的“参与科研课题”中,学生可通过教师指导申请科技创新训练项目的形式争取更多的时间与空间。从选择课题、查找资料、制订方案、收集方法到课题实施、结果分析等整个过程都由学生完成,教师主要是对课题的可行性及安全性进行把关,并协助提供所需的实验设备。这种学生自主参与课题的实验安排有利于提高学生发现问题、分

析问题和解决问题的能力,对培养学生的创新能力具有重要的指导作用。例如,2014级学生赵奎以申请大学生创新训练项目“圣农鸡骨高效应用技术研究与应用产品研发”为平台,在大三下学期的食品专业实验 III(创新部分)即可设计“鸡骨粉活性钙提取、超微骨粉饼干研制、骨粉高钙面包研制”等实验项目提供几个学生共同完成,并可作为他们毕业论文的课题来完成。

#### 4 重视创新能力培养,改进实验教学方法

在传统的教学模式下,实验教学中教师习惯以传道者角色呈现<sup>⑥</sup>。绝大多数的实验教学都是实验指导老师,老师在实验课堂上讲解理论知识、操作步骤及相关注意事项,以教师的演示为主,弱化实验教学的学生主体作用,学生积极地、主动地参与实验操作和应用的意识没有得到充分地调动<sup>⑦</sup>。教育转型发展形式下,教师应从“包办式”的传道者转变为实验教学的督查者和评判员,让学生真正成为教学的主体,尊重学生的个性和创新精神,激发培养学生进行科学实验的兴趣和主动性<sup>⑧</sup>。

从实验课前而言,2010级的准备一切由教师完成,学生只负责按时上课,课堂的状态是:教师讲,学生做。改革之后,教师按教学大纲和实验进度列出实验项目,指导学生充分利用互联网查阅相关资料,使学生在实验前了解相关食品工艺和质量标准,初步确定试验的影响因子和水平,了解货架期试验法的原理和方法,明确产品的感官质量评定的程序,了解相关产品生产过程中生物性、化学性、物理性的危害及关键控制点的判断方法等。从而缩短了教师在实验课上的讲授时间,学生更多的思考和操作,提高了实验教学效率。

从实验教学过程中来看,2010级学生按指导书操作,教师巡视,结果是预期的。改革后,学生因预先设计了方案,教师指导,实验允许失败。对于实验中出现的异常现象,教师积极引导,学生分析产生此种现象的真正原因,激发学生的学习兴趣和积极性。例如:鱼丸的制作,学生对鱼丸的弹性口感的影响因素有诸多疑问,淀粉的种类、淀粉的添加量、擂溃的时间、温度等都有影响,但哪个因素影响最大,在什么水平上效果最好,由老

师引导学生讨论并试着改变各因素水平进行单因素实验和正交分析。加工的产品由教师与学生共同进行感官质量评定,并评出优劣。评价产品及方案的优缺点,提出相应的改进措施,使学生知其然,并知其所以然。

从实验课后而言,2010级学生上交一份“整齐”的实验报告,实验原理、工艺步骤,按指导书的内容抄写,实验结果只有寥寥几字的描述,未分析实验过程、归纳实验结果、总结实验不足,只能证明完成了一个实验项目的操作,并不能体现实验完成的效果如何。改革后,更加重视实验报告的撰写,报告的内容应包括实验原理、工艺步骤,试验设计,数据处理,实验结果,实验结论。在实验原理、工艺步骤部分,学生可依据自己在预习过程中探索的方法表述操作过程,不需照抄实验指导书内容。实验过程应记录不同的工艺参数,通过产品的对比提出实验中工艺参数应如何改进;在数据处理部分,结合感官质量评定的分数和理化分析测定的指标对成品品质进行全面的分析,找出操作中可能影响产品品质的因素,并提出以后实验改善的措施。

#### 5 激发学生的学习兴趣,完善实验课程评价体系

食品专业实验的开设是为了让学生加深对专业基础理论知识的理解,增强其发现问题、解决问题的能力。传统的实验课程考核只由实验报告评分所得,这种评价体系不客观更不全面。

从实验课程评价形式来看,2010级食品专业实验的课程考核可能由某一次成功的操作而定,也可能由学生课后实验报告而定。2015级实验课程评价综合了学生的学习态度、预习的全面性、操作过程的正确性、产品的优品率以及实验报告的完整性等,贯穿于整个实验教学的始终。

从实验课程评价的客观性和可操作性而言,2010级食品专业实验课程考核无法区分层次,学生的操作均按指导书完成,无显著差异;实验报告的内容多数是照抄实验指导,仅有一小部分实验结果与讨论也是千篇一律的描述。这使得教师无法客观评价。2015级

的实验课程评价可从几个方面客观评价,如课堂表现及预习的全面性可由教师在教学过程中,提问或巡查时记录学生的课堂表现;学生的团结协作情况可由教师依据小组完成产品的速度、产品品质等表现记录;实验操作能力可由教师巡查时记录关键操作环节正确与否;实验报告由教师依据报告中各项的权重客观评分。这种新的评价体系体现过程评价,更加重视学生在实验课堂上的表现,评价更客观,激发了学生的学习兴趣 and 热情,更有利于学生的动手能力和创新能力培养。

综上所述,武夷学院食品质量与安全专业对食品专业实验进行了较为全面的改革,在提高学生动手能力和创新性思维方面取得了一定的成效。但是教学改革不可能一蹴而就,它是一个循序渐进的过程,尤其在教育转型发展新形式下,教学改革更是一个长期探索的过程。武夷学院食品质量与安全专业在生态食品产业专业群建设的契机下,借住建设圣农食品学院的平台,经过不断的改革与创新,以提高教学的实效性、针对性和前瞻性,必将能培养出更符合时代需求的应用型专业人才。

## 参考文献:

- [1] 习近平在中国科学院第十七次院士大会开幕会上发表重要讲话讲[EB/OL]. (2014-06-09) [2017-02-13] <http://news.163.com/14/0609/19/9UAS7S6C00014JB5.html>.
- [2] 国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020年)[EB/OL]. (2010-03-01) [2017-02-13] [http://www.china.com.cn/policy/txt/2010-03/01/content\\_19492625\\_3.htm](http://www.china.com.cn/policy/txt/2010-03/01/content_19492625_3.htm).
- [3] 国务院办公厅关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见 [EB/OL]. (2015-05-13) [2017-02-13] <http://news.163.com/15/0513/10/APG4RUVR00014SEH.html>.
- [4] 黎英,洪燕萍.地方本科院校食品专业实验教学体系构建探讨:以龙岩学院为例[J].长江大学学报(自科版),2016,13(27):72-74.
- [5] 曹宇,刘燕,李灿.关于高校实验教学的几点建议[J].教育教学论坛,2016(30):279-280.
- [6] 赵海阔,权红梅,杨斌.强化高校实验教学改革,促进学生创新能力培养[J].黑龙江教育学院学报,2013,32(12):68-69.
- [7] 郑婷璐,方旭波.食品质量与安全综合实验的教学探索与实践[J].管理观察,2015(1):130-131.
- [8] 梁莉娟.学生创新能力的培养和高校实验教学改革[J].高教学刊,2017(3):114-115.

(责任编辑:华伟平)

## The Reform of Food Major under the Background of Educational Transformation ——With Food Quality and Safety Major as an Example

WU Yuqiong, FU Xinzhen, WANG Shupe, CHEN Zhongdao

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

**Abstract:** In order to meet the requirements of the transformation and development, experiment of teaching reformed in Wuyi University food quality and safety, mainly include: experimental course system optimization, experimental teaching content was increased, teaching organization innovation, experimental teaching methods improvement, evaluation system of experimental course was consummated.

**Key words:** transformation and development; specialty experiment; teaching reformation

# 基于 MATLAB 与 C/C++ 混合编程的 数字图像处理实验教学研究

魏毅, 林丽惠

(武夷学院 数学与计算机学院, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**针对数字图像处理实验教学难度大的问题,提出一种基于 MATLAB 与 C/C++ 语言混合编程的数字图像处理实验教学方法。该方法用 MATLAB 编写图形用户界面、主流图像格式的读写函数、统计图表的生成函数,用 C/C++ 语言编写数字图像处理的核心算法,并用 MATLAB 的编译器将 C/C++ 程序转换为 MATLAB 环境中的可执行程序。这种以 MATLAB 为主框架、C/C++ 为子框架的架构能充分发挥 MATLAB 和 C/C++ 语言在数字图像处理实验中的优势,增强数字图像处理实验的可实践性,降低非核心实验内容的实践难度,有效提高学生在数字图像处理方面的技能。

**关键词:**数字图像处理;MATLAB 与 C/C++ 混合编程技术;实验教学

**中图分类号:**G642.0 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2017)06-0092-05

数字图像处理是计算机工程、电子工程、自动化等学科的一门重要专业课程。数字图像处理涉及大量的复杂数学推导,对于应用型本科院校的学生而言,很难通过对数学推导的学习来直观地理解数字图像处理算法的核心思想。因此,学生动手编写数字图像处理算法的代码对于提升他们对算法的理解就尤为必要。

目前有两种数字图像处理实验教学模式。1)基于 MATLAB 数字图像处理工具箱的模式。MATLAB 是美国 MathWorks 公司出品的商业数学软件,主要用于数值计算、数据分析与可视化、算法原型开发等。它具有简洁的脚本语言、良好的图形化界面、强大的统计图表制作与显示功能,初学者易于上手学习。MATLAB 数字图像处理工具箱实现了常见的数字图像处理算法,已在很多教学实验中得到应用<sup>[1-4]</sup>。该模式优点在于学生能使用工具箱的 API (application programming interface)快速看到图像处理算法的实现效果,但缺点

在于 MATLAB 采用解释型的脚本语言,其程序的执行速度相较于编译型语言,如 C 语言,要较慢很多,此外,它的可移植性也不佳,因此不适合在实际的工程项目中应用。2)基于 C/C++ 语言的模式。该模式使用 C/C++ 语言编写图像处理算法<sup>[5-6]</sup>,或使用第三方库,如 OpenCV<sup>[7]</sup>。该模式的优点在于能通过编写数字图像处理算法的底层代码来了解算法的思想,并且基于 C/C++ 语言编写的代码具有很高的执行效率和较好的跨平台性,适用于实际工程项目的开发。该模式的缺点在于需要编写大量的代码来处理多种主流图片格式的输入/输出,掌握 MFC (microsoft foundation class) 或者 QT 等用户界面的开发工具来生成用户友好的界面以及各类统计图表的展示。这些非数字图像处理核心的代码编写任务是繁重的,对于非计算机专业的学生而言更是如此。

基于 MATLAB 与 C/C++ 混合编程的数字图像处理实验教学是解决上述问题的一种有效方法。该方法用 MATLAB 编写图像用户界面、主流图像格式的读写、统计分析图表的生成,用 C/C++ 语言编写图像处理的核心算法,充分发挥 MATLAB 和 C/C++ 语言在数字图像处理实验中的优势。这种以 MATLAB 为主框

收稿日期:2017-03-31

基金项目:武夷学院引进人才科研启动项目(YJ201607)。

作者简介:魏毅(1978-),男,汉族,讲师,主要从事虚拟现实的研究。

架、C/C++为子框架的程序架构提升了实验的可动手机,降低了实验中非核心内容的实践难度。事实上,基于 MATLAB 与 C/C++混合编程的模式是解决工程与研究问题的一种有效方法,已在机械动态仿真<sup>[8]</sup>、电力系统负荷计算<sup>[9]</sup>、图像处理<sup>[10]</sup>等方面得到广泛应用。学生通过实践基于 MATLAB 与 C/C++混合编程的数字图像处理实验,将使其掌握这种在工程项目开发中的先进技术。

## 1 MATLAB 与 C/C++混合编程方法

MATLAB 与 C/C++混合编程分为两类:MATLAB 调用 C/C++和 C/C++调用 MATLAB。主要关注 MATLAB 调用 C/C++的方法,C/C++调用 MATLAB 的方法本文不涉及,相关内容可参阅文献<sup>[11]</sup>。在 MATLAB 环境下调用 C/C++程序需要借助 MATLAB 编译器将 C/C++程序编译为 MEX(MATLAB Executable)文件,然后在 MATLAB 命令提示符下键入 MEX 文件的文件名就完成了对 C/C++程序的间接调用。图 1 以 example.c 的 C/C++程序为例,说明整个流程。

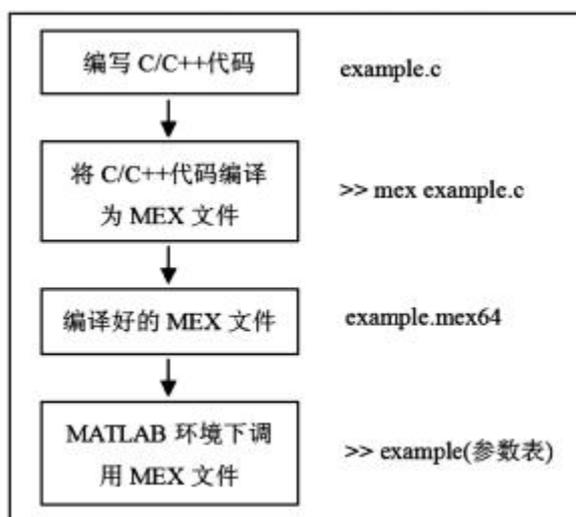


图 1 MATLAB 环境下调用 C/C++程序的流程

Figure 1 The flow of calling a C/C++ program in MATLAB

C/C++程序需要包括两个指定的部分:头文件信息, #include "mex.h";入口函数:mexFunction。mexFunction 函数的作用与 C/C++中 main 函数的功能类似,它是 MATLAB 与 C/C++语言之间的接口。例如,在文件 example.c 中写入图 2 中的 C/C++代码,然后在

MATLAB 中执行命令 mex example.c,则在与文件 example.c 相同的目录下就生成了 example.mexw64 文件,这是编译成功的 MEX 文件。

```

#include "mex.h"
void mexFunction( int nlhs, mxArray *plhs[], int nrhs, const mxArray *prhs[] )
{
    // 从输入参数 prhs 中读取相应的数据进行处理
    .....
    // 将计算结果保存到输出参数 plhs 中
    .....
}
  
```

图 2 example.c 文件

Figure 2 The file of example.c

mexFunction 函数中的参数含义有如下 4 点。1) int nlhs:输出参数的个数;2)mxArray \*plhs[]:输出参数的 mxArray 数组;3)int nrhs:输入参数的个数;4) mxArray \*prhs[]:输入参数的 mxArray 数组。假设在 MATLAB 环境中调用 example 函数:[Out1,Out2] = example(In1, In2,In3)。则 example 函数输入参数的对应关系是:prhs[0]←In1,prhs[1]←In2,prhs[2]←In3;example 函数输出参数的对应关系是:plhs[0]→Out1,plhs[1]→Out2;nlhs 是 2,nrhs 是 3。用 C/C++编写代码的关键之处在于 mexFunction 函数中 MATLAB 与 C/C++之间的数据交换。MATLAB 规定所有数据类型均可用 mxArray 描述,并且 mexFunction 函数的所有输入输出参数均采用 mxArray 来定义。MATLAB 提供多个以 mex 为前缀的 API 将 mxArray 类型的数据转化为 C/C++可直接使用的基本数据类型,如 int、char、double 等<sup>[11]</sup>。MATLAB 调用 C/C++的规范简单易懂,学生动手实验几个实例之后就可掌握。

## 2 数字图像处理实验的内容设置

目前开设数字图像处理课程的理工科专业越来越多,涵盖了计算机工程、电子工程、自动化、数字媒体等。根据人才培养方案的目标,不同专业安排的实验教学课时通常在 10-24 课时之间。为兼顾基本知识面与扩展知识点,将实验内容分成 8 个实验单元,每个实验单元的课时为 2-4 个。8 个实验单元中的 6 个单元构成实验的基本模块,2 个单元构成实验的进阶模块,教师可根据学生专业需求安排具体的实验单元(图 3)。

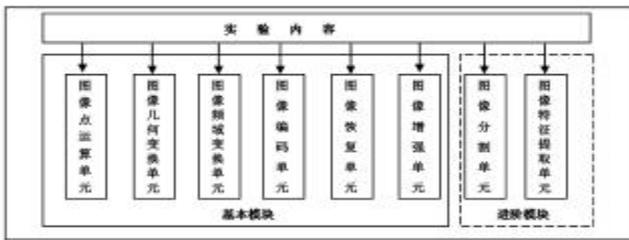


图3 数字图像处理实验的内容

Figure 3 The content of digital image processing experiments

8个单元涵盖的实验内容如下:

- 1) 图像点运算模块, 线性变换、阈值变换、窗口变换和灰度拉伸等;
- 2) 图像几何变换模块, 图像平移、图像缩放、图像镜像变换和图像旋转等;
- 3) 图像频域变换模块, 傅里叶变换、离散余弦变换、沃尔什变换、哈达玛变换和小波变换等;
- 4) 图像编码模块, 哈夫曼编码、香农编码、行程编码、算术编码和 JPEG 编码等;
- 5) 图像恢复模块, 滤波、Wiener 滤波、约束最小二乘滤波和盲解卷积等;
- 6) 图像增强模块, 空间滤波、图像平滑、图像锐化、频域滤波和伪彩色增强等;
- 7) 图像分割模块, 基于阈值的分割、基于边缘的分割和基于区域的分割等;
- 8) 图像特征提取模块, 图像几何特征描述、图像形状特征描述和图像区域特征描述等。

考虑到不同专业的实践要求, 实验可按图 4 所示的双轨制方法进行。例如, 对于计算机工程专业的学生, 采用 MATLAB 与 C/C++ 混合编程的方法进行实验, 并将实验结果与直接调用 MATLAB 数字图像处理工具箱中 API 的运行结果进行对比, 以加深对算法原理的理解。对于数字媒体专业的学生, 只需调用 MATLAB 数字图像处理工具箱中的 API 进行实验, 以使他们对算法原理和处理结果有直观理解, 而不过多强调编程技巧。

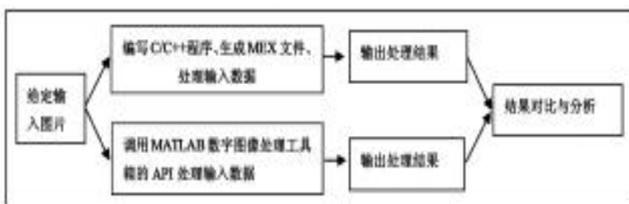


图4 数字图像处理实验的双轨制方法

Figure 4 The double-track method for digital image processing experiment

### 3 实验案例

以数字图像处理中的线性变换算法为例, 按照 MATLAB 规范, 用 C/C++ 编写数字图像的线性变换程序(图 5), 然后将该程序与 MATLAB 数字图像处理工具箱的 API 函数 `imadjust` 进行对比, 观察它们对同一组输入参数的输出结果。实验步骤如下:

1) 创建名为 `testMEX.c` 的文件, 然后在其中写入下述步骤 2、3 的代码;

2) 用 C/C++ 编写数字图像处理函数 `imadjustbyC`, 其函数形式参考 API 函数 `imadjust(I,[low_in; high_in],[low_out; high_out])`, 写为 `void imadjustbyC (double *img, int len, double low_in, double hig_in, double low_out, double hig_out)`。参数 `double *img` 指向存放图像数据的首地址, `int len` 是图像数据包含的像素个数, `double low_in`、`double hig_in`、`double low_out`、`double hig_out` 与 `imadjust` 中的含义一致;

3) 按照 MATLAB 规范, 编写固定头格式的函数 `void mexFunction (int nlhs, mxArray *plhs [], int nrhs, const mxArray *prhs[])`。该函数把输入的数据转化为 C/C++ 可识别的格式, 然后再调用 `imadjustbyC` 函数对转换格式后的输入数据进行处理, 最后将处理结果按 MATLAB 规范返回。这其中用到的函数 `mxGetM`、`mxGetN`、`mxGetPr`、`mxCreateDoubleMatrix` 均是 MATLAB 提供的 API, 细节可参阅 MATLAB 的外部程序接口手册<sup>[2]</sup>;

4) 在 MATLAB 中输入命令 `mex testMEX.c`, 编译成功后, 生成了可在 MATLAB 环境中直接调用的模块 `testMEX.mexw64`;

5) 调用 `testMEX.mexw64` 和 `imadjust` 对数字图像处理实验中的一幅标准图片(图 6a)进行处理, 对比实验结果。调用语句如下:

```
>> A = imread('cameraman.tif');
>> B = uint8(testMEX (double(A),0.5,0.9,0,1));
>> D = imadjust(A,[0.5 0.9],[0 1]);
```

图 6b 和图 6c 给出了两种方法的处理结果。为比较这两个结果是否一致, 首先将矩阵 B 和 D 相减, 然后输出其中绝对值最大的元素。命令语句如下:

$\max(\max(\text{abs}(B-D)))$ 。最终得到的结果是 0,这说明矩阵 B 和矩阵 D 完全一致。imadjustbyC 函数是纯 C/C++ 程序,可作为自建图像处理库的一部分,方便在以后工程项目中的复用。

```
#include "mex.h"
// 数字图像线性变换子程序
void imadjustbyC(double *img, int len, double low_in, double hig_in, double low_out, double hig_out)
{
    double scale = (hig_out - low_out) / (hig_in - low_in);
    for (int i = 0; i < len; i++)
    {
        if (img[i] / 255.0 < low_in)    img[i] = low_out*255.0;
        else if (img[i] / 255.0 > hig_in) img[i] = hig_out*255.0;
        else img [i] = ((img [i] / 255.0 - low_in)*scale + low_out)*255.0;
    }
}
// MATLAB 与 C/C++的接口程序
void mexFunction(int nlhs, mxArray *plhs[], int nrhs, const mxArray *prhs[])
{
    size_t rows, cols;
    // 获取输入矩阵的行数与列数
    rows = mxGetM(prhs[0]);
    cols = mxGetN(prhs[0]);
    double low_in = *mxGetPr(prhs[1]);
    double hig_in = *mxGetPr(prhs[2]);
    double low_out = *mxGetPr(prhs[3]);
    double hig_out = *mxGetPr(prhs[4]);
    // 获取指向输入矩阵的指针
    double *pimg = mxGetPr(prhs[0]);
    // 调用数字图像线性变换子程序
    imadjustbyC (pimg, rows*cols, low_in, hig_in, low_out, hig_out);
    // 创新一个新的二维数组,并返回指向数组的指针
    plhs [0] = mxCreateDoubleMatrix ((mwSize)rows, (mwSize)cols, mxREAL);
    // 将处理后的二维数组元素复制到作为返回值的二维数组中
    double *qimg = mxGetPr(plhs[0]);
    for (int i = 0; i < rows*cols; ++i)
    {
        qimg[i] = pimg[i];
    }
    return;
}
```

图 5 线性变换算法的 C/C++程序

Figure 5 The C/C++ program for linear transform algorithm



图 6 (a)输入图片,(b)testMEX 函数的输出图片,  
(c)imadjust 函数的输出图片

Figure 6 (a) The input image, (b)The output image by testMEX function, (c) The output image by imadjust function

## 4 结论

基于 MATLAB 与 C/C++混合编程的数字图像处理实验教学方法较好地解决了单纯基于 MATLAB 或者单纯基于 C/C++进行数字图像处理实验方法的缺点,使学生可以由浅入深地学习数字图像处理的知识,在实践数字图像处理实验的同时也培养了开发实际工程项目的能力,体现了应用型本科人才的“厚基础、宽口径、强技能”培养目标,为新建本科院校在数字图像处理课程的实践教学提供一种有效的新方案。

## 参考文献:

- [1] 江巨浪,黄忠,纪娟娟.“数字图像处理”实验教学设计[J].安庆师范学院学报(自然科学版),2015,21(3):114-116.
- [2] 赵洁,张艳,武斌.实验案例教学法在数字图像处理课程教学中的应用[J].天津城市建设学院学报,2013,19(3):231-234.
- [3] 仲会娟.数字图像处理实验教学软件设计[J].安阳工学院学报,2015,14(6):45-48.
- [4] 车轺麟,孔英会,赵振兵.基于 Matlab/Simulink 的数字图像处理实验教学研究[J].实验室科学,2012,15(3):126-129.
- [5] 邹焕新,周石琳.“数字图像处理”实验教学系统的构建[J].电气电子教学学报,2012,34(6):48-51.
- [6] 林雪华.基于 VC++ 的数字图像处理实验平台的实现[J].洛阳师范学院学报,2016,35(11):50-53.
- [7] 李志欣,卓亚琦.基于 OpenCV 的数字图像处理实验教学研究[J].大学教育,2013(9):42-43.
- [8] 范勤,马宗雄.VC++与 MATLAB 混合编程的起重机动态特性仿真[J].武汉科技大学学报,2011,34(1):52-56.
- [9] 张春来,郑宝成,陆振君,等.基于 VC++和 MATLAB 的船舶

- 电力系统负荷计算研究[J].大连海事大学学报,2013,39(1): 103-106.
- [10] 范芳蕾,李亮玉,周鑫,等.基于 VC++与 Matlab 混合编程的焊接熔池图像处理[J].天津工业大学学报,2007,26(4): 51-53.
- [11] 刘维.精通 Matlab 与 C/C++混合程序设计[M]四版.北京: 北京航空航天大学出版社,2015.
- [12] The MathWorks, Inc.MATLAB External Interfaces Reference (R2017a)[EB/OL].(2017-03-01) [2017-03-30].[https://www.mathworks.com/help/pdf\\_doc/matlab/apiext.pdf](https://www.mathworks.com/help/pdf_doc/matlab/apiext.pdf).

(责任编辑:叶丽娜)

## Research on Experimental Teaching of Digital Image Processing Based on Mixed Programming Technology of MATLAB and C/C++

WEI Yi, LIN Lihui

( School of Mathematics and Computer, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** An experimental teaching method based on mixed programming technology of MATLAB and C/C++ is proposed to solve the difficulty of practice teaching on digital image processing. In this method, the graphical user interface, the input/output functions for main-stream images' formats and the functions for creating statistical charts are coded by MATLAB. The key algorithms are coded by C/C++ and these C/C++ programs are compiled into executable files by MATLAB Compiler. This framework in which MATLAB is master and C/C++ is slave can make better use of the merit of MATLAB and C/C++ in practice of digital image processing, enhance the practicalness of experiments, reduce the difficulty of practice of non-key parts in experiments and improve students' skill of digital image processing effectively.

**Key words:** digital image processing; mixed programming technology of MATLAB and C/C++; experimental teaching

# 应用技术大学办学模式下高分子材料与工程专业 加强实践能力的训练和培养

王兆礼

(武夷学院 生态与资源工程学院, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**为适应应用技术大学办学需求,及社会发展对高分子材料工作者的要求,把应用能力作为高分子材料与工程专业本科生的主要培养目标。因此在本科生的培养过程中,应加强学生实训和实践阶段的针对性训练,着重培养学生用理论知识解决实际问题的实践能力训练和培养。从实践环节一体化、学科竞赛、科技活动和三下乡社会实践调研四个方面尝试加强高分子专业本科生的实践能力的培养。

**关键词:**高分子材料与工程;实践能力;办学模式;应用技术大学

**中图分类号:**G622.0 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2017)06-0097-03

高分子材料科学的发展萌芽于 19 世纪后期和 20 世纪初<sup>[1]</sup>,虽然只有一百年的历史,但其发展速度远远超过其他传统材料,成为当今社会三大科技信息材料之一。高分子材料种类繁多且发展迅速,对于高分子材料专业的学生来说,要学习的课程涉及理论、工艺过程及其各种材料的结构和性能等内容。高分子材料与工程是一个培养实践应用型人才的工科专业,然而目前我国高等教育一直沿用的重理论轻实践的教育模式,还有目前众多高校现有教学条件的限制,使得高分子材料与工程专业在人才培养过程中出现了与社会需求相脱离的现象,这为高分子材料与工程专业学生的就业带来了影响,也给当前教育模式发出了警钟。

2015 年,武夷学院入选福建省应用技术大学示范校,这对该专业传统的教学模式提出了挑战,也给专业教学改革带来了机遇。为了适应应用技术大学的办学要求,巩固和加强学生所学基础课和专业课知识学生进行综合训练,培养高分子材料专业学生运用自己所学知识解决实际问题的能力,对加强高分子专业本

科生实践能力的训练和培养进行了探索。

## 1 充分利用实践、实训、实习和毕业论文等实践环节

目前我校高分子材料与工程专业本科生的培养方案中有金工实习、课程设计、专业实习、大学生创新实验、毕业实习、毕业论文等实训环节,然而这些实训环节分散到各个年级的不同阶段,有不同的教师指导,不够连贯和持续。为了更好地培养学生的实践能力既运用理论知识解决实际问题的能力,更合理地利用学生的实习和实训环节,我们尝试将金工实习之外的实训环节一体化,交由一个专业课教师负责到底。在明确导师研究方向的前提下,结合其承担的科研项目,让学生参与指导教师承担的科研项目中去,在科研项目的驱动下完成各个实训环节的训练<sup>[2]</sup>。这种模式可以为学生创造参与科研的机会,引领学生了解科研工作的基本程序和工作方法,在项目驱动下快速提升学生的科研创新能力<sup>[3]</sup>,系统持续地培养高分子专业本科生的实践能力和运用理论知识解决实际问题的能力。

尝试围绕高分子复合材料的制备这个方向,将学

收稿日期:2017-03-23

作者简介:王兆礼(1981-),男,汉族,讲师,主要从事复合材料方面的研究。

生的实践和实训环节一体化,课程设计要求学生设计复合材料加工车间的布局;创新实验和毕业论文一起进行,内容是竹塑复合材料的制备和性能测试;专业实习和毕业实习的时候派学生去合作的工厂学习工厂的运营并带着任务深入地开展复合材料的试中工作。这样,我们系统地训练了学生车间设计,配方设计,设备操作使用维护,材料性能测试,工厂运营学习和岗位亲身体验,加强学生复合材料制备方面的理论知识,强化了学生这个方向的实践能力,提升了学生理论知识解决实际问题的能力。

## 2 鼓励学生积极参与学科竞赛参

学科竞赛的目的主要是要通过竞赛活动培养、锻炼和展示学生的能力和综合素质,深化实践教学,进一步加强创新人才的培养<sup>[4]</sup>。就高分子学科而言,以学科竞赛为手段,可推动专业学科的课程建设,进而促进教学工作,提高教学质量。结合专业教学内容和培养体系设置学科竞赛,引导学生利用已掌握的知识去分析问题、构建思路、选择方法及验证方案,进而完成从掌握理论知识到切实解决问题的跨越,这一过程也正是培养学生创新能力所采用的有效途径。

根据这一原则,武夷学院高分子材料与工程专业在大学二年级安排学生参加大学生化学实验技能竞赛,以巩固和提高学生基础化学学习阶段掌握的基础化学理论和实验操作;在大学三年级阶段安排学生参加“拓利杯”高分子科学实验大赛和全国大学生高分子材料创新创业大赛。依托这两个竞赛引导学生利用学习过的高分子专业知识去分析问题、构建思路、设计实验方案,自主完成实验,从而巩固和提高学过的专业知识,培养学生用理论知识解决实际问题的能力和实验实践能力。

## 3 科技活动

为了丰富学生的第二课堂,使学生获取课堂外的相关知识,将课堂的理论知识转化为自身技能,通过满足学生的好奇心、自信心,从而培养和发挥学生的兴趣爱好和学习自主性,激发其上进心和求知欲,以

至形成良好的学风,武夷学院每年都举办“大学生科技节”。我院高分子材料与工程专业的学生都会利用自己学过的专业知识,设计一些新颖的高分子产品,通过实验和加工手段完成科技产品的制作,在科技节中展出自己的产品。结合自己进行的竹塑复合材料的课题研究,笔者在大学生科技节期间,指导学生将制备的竹塑复合材料通过3D打印技术加工成飞行模型的配件,安转上电机组组装成飞行模型,在大学生科技节上展出,获得了一致好评。

实践证明,大学生科技节活动,为提高我院高分子专业学生的实践能力提供了一个新的平台。

## 4 结合大学生三下乡活动进行高分子领域的实践调研

武夷学院每年暑期都有大学生三下乡活动,为了提高学生的专业实践能力,我院高分子材料专业配合专业课程的教学,要求学生在三下乡期间调研其下乡地区的高分子相关企业的生产情况,以此发挥学生在教学过程中的积极性和创造性,激发学生的学习兴趣,引导学生发现问题,解决疑难,进行科学研究,完善实践方案,从而提高教学效率。

武夷学院所在闽北地区竹材资源丰富,因此笔者在大学生暑期三下乡期间,要求指导的学生调研下乡区域的竹材加工企业的生产情况,为竹材的高价值化利用提出解决方案。学生在三下乡期间积极调研,结合自己的专业知识提出了制备竹塑复合材料的各种方案。实践证明,通过实践调研,激发了学生的学习主动性,提高了学生理论联系实际的能力。

## 5 结束语

实践证明通过以上实践环节的实施,取得了以下效果:1)改变单一的教师授课方式,丰富了学生获取知识的途径和手段;2)提高他们对社会实际生产的认识,从实际生产出发,提炼分析需要解决的问题及学习的内容;3)有助于学生发现问题和解决问题能力的培养。通过实践过程中教师的引导和鼓励,让学生主动地发现和提出问题,运用已有的知识、经验学会收

集资料,进行讨论分析、实验、得出结论,设计解决问题的最佳方案,提高实践能力。

#### 参考文献:

- [1] 杨燕,陈智栋,刘春林,等.工程教育认证背景下高分子材料与工程应用型人才培养研究[J]. 产业与科技论坛, 2016(19):122-124.
- [2] 毛新勇,刘红奇,熊良山. 课程、企业项目一体化的综合实践

教学模式探索[J]. 教育教学论坛, 2017(6):26-27.

- [3] 杨东旭.在药学本科生毕业实习阶段加强科研能力的训练和培养[J].首都医科大学学报社会科学版, 2010(Z):206-215.
- [4] 叶国荣,陈达强,吴碧艳. 高校本科生教育中研究型教学模式探[J].中国高教研究, 2009(3):90-91.

(责任编辑:叶丽娜)

## Strengthening Practice Training of the Major of Polymeric Material and Engineering for a University Oriented towards Application and Technology

WANG ZhaoLi

( School of Ecology and Resources Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** To meet the requirements of university oriented towards application and technology, and the needs of social development for people working in the field of polymeric material, our college takes the application and capability as the main training target for students of Polymeric material and engineering. Therefore, in the process of bachelor study, more attention should be paid to practice and the training for problem solving. Practical capability training is strengthened for students of Polymeric material and engineering in the following four aspects, practice training integration, science competition activity, science and technology activity, society study combined with the activity of going to rural areas.

**Key words:** polymeric material and engineering; practice capability; development mode; application and technology university

# 环境工程专业应用型人才培养模式探索

翁仁贵, 刘心中, 林小英, 靳贵晓

(福建工程学院 生态环境与城市建设学院, 福建 福州 350118)

**摘要:**大学生工程理论与技术的运用及创新能力的培养是应用型本科高校的核心竞争力,更是毕业生事业成就的基础。应用型本科院校的教育模式尚处探索阶段,研究破解该类院校大学生应用型能力培养是当前的紧迫课题。以应用型环境工程专业本科生培养为研究对象,剖析环境工程专业应用型本科培养现状及存在的主要问题,基于本专业人才培养特殊性要求,提出了依托科技创新团队和校企协同创新中心的培养思路,在此基础上构建应用型工程人才培养的模式及其保障体系。

**关键词:**环境工程;创新团队;协同创新;保障体系

**中图分类号:**G642 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2017)06-0100-05

当前,随着经济的发展和社会需求,环境工程专业高等教育逐渐从“精英教育”向“大众教育”转变,应用型人才需求量急剧增多<sup>[1-2]</sup>,因此,研究应用型人才培养模式成为教育改革的热点。目前,环境工程专业本科教育中存在学生创新意识和创新能力严重不足问题,尤其是对培养应用型创新人才的培养不足;应用人才的教学模式与手段相对落后,教学未能与科研、实践紧密结合,大部分高校缺乏具有工程实践能力强的教师,与企业联系不紧密<sup>[3]</sup>。近年来,福建工程学院注重提升办学定位和人才培养目标对社会需求的适应度,主动对接福建经济社会发展和行业企业发展要求,环境工程专业根据自身办学传统及学科专业优势,依托高校科技创新团队,依托校企合作、优化人才

培养结构,在应用型工程本科培养方面走出一条培养具有行业背景的高素质、应用型工程人才的办学之路,人才培养质量逐年提高,得到行业、学界认同<sup>[4-5]</sup>。

## 1 环境工程专业应用型人才培养现状与存在问题

环境工程是一门涉及自然科学、技术科学和社会科学的交叉学科,是 21 世纪科技发展的重点学科之一<sup>[6]</sup>。目前,新建普通本科院校人才培养目标基本定位为应用型本科教育,但现实教师队伍中研究型教师偏多,教师工程经验不足,教学上存在重理论轻实践,实践环节往往采用“认识实习-生产实习-课程设计-毕业实习-毕业设计”的单一实践教学模式,使得应用型本科专业人才培养模式缺乏创新,偏离了应用型本科教育的目标定位。环境工程专业应用型本科人才培养存在的主要问题有如下 4 点<sup>[7-9]</sup>。

### (1) 办学定位不明确,理论教学重于实践教学

我国一些高校的环境工程专业在化工、材料等专业的基础上成立起来,因此在人才培养方案中课程设置上不仅开设化工、材料类课程,而且又开设污水、大气、固废等环境类课程,导致课程内容相关知识点重复现象,许多教师都是化学背景出身,对理论知识的

收稿日期:2017-03-24

基金项目:福建省教育科学“十二五”规划课题(FJJKCG14-210);福建工程学院教育科学研究一般课题(GB-K-14-23);福建工程学院教育科学研究课题(GB-XK-13-4);福建工程学院实验教学改革项目(SJ2015008);福建工程学院教学改革研究项目暨学校省级教学改革研究项目(JG201520)。

作者简介:翁仁贵(1982-),男,汉族,讲师,主要从事教育教学、固体废弃物资源化及环境材料方面研究。

掌握水平极高,但对工程实践方面的经验缺乏,学生实践能力方面的培养和训练较弱,造成毕业生的工程实践能力无法满足用人单位的要求。

### (2) 实践教学资源配置不足

目前,一些应用型本科院校在环境工程专业扩招后,未能及时补充完善教学硬件配置,实践教学设备水平滞后于行业技术发展,无法满足教师在实践性教学上的需要。学校实践实训科目占总课时比重偏少,实训效果缺乏有效的测评体系,导致学生的动手能力达不到“应用性”目标,教学质量无法保证。

### (3) 缺乏实践能力强的教师队伍

目前,应用型本科院校为了提高拥有博士学位比例,引进的年轻博士较多,由于大多数年轻的博士刚从学校毕业,缺乏“工程”背景,自身实践经验不足,为了出成果,评职称,不愿意到企业锻炼。工科专业明显存在“双师型”专任教师比例偏低,而且从企业聘请的专(兼)职教师比例也偏少。

### (4) 缺乏有效的应用型培养考核方式

在传统教学考核中普遍采用单一的分数评价学生学习的质量,其缺点是不能全面的展示学生的能力。以单一的考核方式已难以适应新形势下多元化人才培养的需要,特别是难以适应于应用型人才培养的考核方式。

目标不能实现,人才培养质量难以保证,毕业生事业发展基础不够扎实,急需探索适于本类高校环境工程专业本科培养的模式。

## 2 依托高校科技创新团队的应用型工程人才培养计划改革

以福建省经济建设和社会需求为导向,致力培养适应地方经济建设、面向行业企业应用型人才的培养目标。在培养内容上,从“知识传授”转变为“提升能力素质”,注重培养学生的自主学习能力、实践能力和创新能力;在培养模式上,从“以教为主”转变为“以学为主”,激发学生持续的学习与发展的主动性。以高校科技创新团队为依托,建立以科学研究和实践创新为主导、以协同创新项目为载体的应用型创新人才培养模式。以高水平的科学研究支撑高质量的人才培养,让

学生参与课题研究,在科学研究中提高实践能力和创新本领,培养创新应用型工程人才。依托高校科技创新团队,在理论教学、实践教学环节、考核方式、教学管理等方面进行教学改革实践。

### 2.1 应用型工程人才培养的理论教学改革

以培养服务福建省经济发展和企业需求的应用型人才为目标,以创新人才培养模式为核心,将高校科技创新团队承担的产学研合作项目引入教学环节,优化教学内容,启发学生的创新思维。

打破传统以“教师为中心”的课堂教学评价体系,建立新型的“以学生为主体、教师为理论与思考引导”的课堂教学质量评价体系。图1是课堂教学质量评价路线图。



图1 课堂教学质量评价路线图

Figure 1 The map of teaching quality evaluation

通过上述教学方法的改革,发现学生主动学习积极性得到大大提升,不再玩手机,课堂回答问题积极性也提高了,同时对教师提出更大的要求,必须根据学生反馈的意见,实时调整上课的方式和内容,从而真正做到教与学的互动。

根据企业对人才知识体系的要求,将整个课程体系设置为三大模块,分别为:通识教育知识模块、专业基础知识模块和专业知识模块。必修课占总学时 71%,选修课占总学时 29%;实践环节学分占总学分百分比 31%,共 43 周。加强了实践环节的学时,压缩了理论课程学时,但并不代表不重视理论教学。在教学过程中,以实际工程项目讲解和企业案例导入,把各专业名词术语、抽象概念、环境工程设计标准等内容贯穿其中,改善理论性过强而学生难以接受的现状;采用多媒体技术与传统教学相结合的方式,提高

教学效率以保证课程内容;嵌入信息素养教育,提高学生的自学能力,发挥自主学习能力,将课堂教学合理延伸。

### (1) 优化理论教学内容

在解决复杂环境问题案例分析中示范讲解课程难点,与其它课程有重复的部分少讲或不讲,教师在授课过程中运用图片、动画、视频短片等增强直观教学效果,提高课堂效率。尽量从科技创新团队承担过的实际工程项目中摘选经典环节,使之内容形象生动,易于理解,理论更加贴近实际要求。比如,在讲授生活垃圾焚烧技术,首先用一个垃圾焚烧全过程视频短片导入,使学生有个感性认识,其次在讲解工艺过程中解释各个专业术语,最后在讲解设计的工程图纸中,让学生懂得如何运用理论知识解决复杂的工程问题。

### (2) 嵌入文献综述任务

查阅文献资料,提炼有用信息,是学生顺利完成学业和未来成就事业的必备技能。环境污染问题层出不穷,严重影响人们生活质量,比如空气污染物的检测,新型测试手段和仪器设备发展速度远远超越了教学内容。因此,教师应有意识引导学生利用现代信息技术,让学生收集目前空气污染物检测的新技术、新设备资料,作为学生课后文献综述任务,从而培养主动学习新知识能力<sup>[4]</sup>。

## 2.2 应用型工程人才培养的实践教学方法改革

环境工程应用型人才培养中以高校科技创新团队科技项目和实际工程项目为载体,开展课程的实践教学改革,将能力培养贯穿于课程教学中。比如,在讲授《水污染控制工程课程设计》中,我们设置6个学时在福州大学城污水处理厂由资深工程师现场为同学们进行课程和实践教学。同时,聘请福建省环境保护设计院总工、福州嘉园环保工程有限公司高工等知名行业专家直接参与课程的具体章节教学和实践教学。在环境工程综合性和创新性实验项目中几乎都来自科技创新团队的承担的企业课题,比如建筑废弃物再生绿色节能建材、污泥淤泥烧结砖技术、废旧电子废物金属回收技术等项目,学生在专业实验老师指导下可以使用实验室所有设备,全天候开放实验室,将科研项目 and 成果转化教学资源,使科研反哺实践教学,引导学生专业思维和兴趣。

在生产实习和毕业实习实践环节,由专业教师带领到企业,了解一线企业的生产、研发和检测等方面内容,为期6周的顶岗实习。通过上述实践性教学环节的训练,学生获得基本的工程实践能力、动手能力和初步的创新能力。在毕业设计(论文)环节,学生一人一题,所有的题目来自科研创新团队的科技项目、企业的横向课题,包括了污水处理厂的工艺设计、烟气脱硫脱硝工艺设计、固体废物资源化工艺设计、环境影响评价、废物资源化回收实验、以及先进环境材料的制备及应用实验等。在学生毕业前使学生学到的知识转化为能力,能够解决实际问题,达到环境工程应用型人才培养的目标。

## 2.3 应用型工程人才培养的考核方式与教学管理的改革

考核应该从课程开始到课程结束实行全过程考核,对学生的评价应该包括学生参与课堂教学情况、社会实践的反馈、家庭作业完成情况、实验与科研项目中表现出来的调研能力以及平时课堂小组讨论的参与程度等多方面。课程的考试方式可采用笔试、口试、答辩、论文、实际操作能力考核等形式或者多种形式联合。考核评价可采用分次累积的方法,各方面内容按照比例综合评价,避免单一指标。对学生的评价应该多元化,考核过程中各项的比例应比较平均,考试成绩所占比例从之前的70%调整为50%,以督促学生在整个学习过程中努力学习,而不是靠期末考试最后两三天的死记硬背来获取好成绩。

学校制定了一系列奖励与激励措施,对学生在学科竞赛、科技创新活动中表现突出者,可获得实践创新学分、冲抵选修课学分、提高学分绩点。在管理模式上,学校积极推进分级管理和目标考核机制,在学科竞赛、大学生实践创新计划项目、开放实验管理等方面实行校院两级管理,以立项方式将经费和组织管理权交给学院,年底进行验收总结,从而激发了各学院参与的主动性。

## 2.4 校企协同创新提升大学生应用技术创新能力

应用型工程人才能力本位的核心是工程实践能力,校企协同培养应用型工程人才实践能力是世界各国工程教育的普遍作法和重要成功经验。充分利用校企之间优势资源,弥补相互之间的不足,实现共荣互

赢。科学构建校企协同机制,使校企协同发展不断走向深化和完善,是开展应用型工程人才培养的关键<sup>[2]</sup>。

#### (1)以“互惠共赢”为原则,建立资源共享平台

福建海源自动化机械股份有限公司投入经费在福建工程学院建设校级研究机构(绿色节能环境材料研究中心),作为实践教学、科研创新和成果应用的“孵化器”,在实现“产、学、研、用”一体化的同时,使企业生产的产品具备高技术含量、高附加值和高市场占有率。

#### (2)共同制定培养方案,实现培养与就业对接

应用型工程人才培养贵在“应用”,其能力素质必须跟企业岗位相匹配,离开了企业的需求也就没有实际的意义。每年的教学研讨会上,邀请福建龙净环保股份有限公司、福建省丰泉环保集团有限公司、福州嘉园环保有限公司等大企业参与,共同制定培养方案、与企业共同开发课程,制定教学大纲。教学手段体现“做中学、学中做、做中教”的模式,设置校内、校外导师结合,互补教学。环境工程专业列入“卓越工程师”计划,每年选30个左右的学生,采用“3+1”培养模式,让学生选择企业,然后企业针对具体人、具体岗位实行协同培养,在培养的同时,企业考核学生的能力素质,符合要求的可到企业就业。培养与就业的“无缝对接”,不但可以消除企业人才储备危机,同时解决了就业与求才的两难困境。

#### (3)追求卓越,强化个性培养

“社会精英”人才的培养是现代高等教育追求的最高目标。因此开展校企协同培养学生工程实践能力的同时,要充分考虑环境工程学科标准、应用型工程人才职业能力素养及企业对高级应用型人才的需求。根据个别学生创造性潜质的“专才”、“怪才”,通过与企业商讨实施个性化培养,强化激活个性潜质,让卓越工程人才脱颖而出。优秀的给予证书,推荐攻读研究生等措施<sup>[3]</sup>。

## 4 构筑应用型工程人才培养的保障体系

### 4.1 应用型工程人才培养的师资队伍建设

一支强大的师资队伍是环境工程专业应用型人才培养的保障。不仅要培养学生的创新精神,而且要培养学生实际解决问题的能力。为此专业教师配制要

合理和结构要优化,对教师团队的构建模式应是“引进来,走出去”。加大引进力度,引进优秀学科学术带头人、高层次人才和聘请企业经验丰富的高级工程师作为企业的导师。加强对青年骨干教师的培养,通过“传帮带”让青年教师尽快胜任教学工作,青年教师必须到企业、设计单位学习半年以上,提高青年骨干教师的教学、科研和操作技能,不断提高青年教师的创新和实践能力。

### 4.2 应用型工程人才培养的实践教学条件建设

提供应用型工程人才实践教学场所主要有学校的实训操作平台和企业实践基地,学校的实训操作平台主要包括省级工程中心、专业实验室、实训平台等,企业实践基地包括与学校签订的30多家企业。为学生开展综合性设计性实验、开放实验、项目教学和项目设计、学生科技竞赛、学生科技立项、学生专业技能认证提供保障。学院的科技创新团队实践创新基地建设,争取社会办学资源,整合实践教学队伍也为实践教学提供强有力的保障。

### 4.3 依托校企共建的科研和实践平台,以学院的科技创新团队为核心,开展工程项目设计和科技项目攻关,从而达到互赢。

学院与大中型企业建立长期稳定校企合作关系,让企业参与学生培养中,环境工程专业的“卓越工程师”培养,采取的培养模式是“3+1”校企联合培养,聘任资深工程师作为企业导师26名,参与专业教学、指导学生实习和毕业设计等工作。每年举办的环境工程专业产学研会议,邀请企业参与培养计划制订、培养大纲修订,实时根据企业对人才的需求,与时俱进。参与的教师在评职称、岗位等级提升、津贴分配及评优给予优先倾斜。

## 5 小结

在教学方式上理论知识与工程案例有机结合,应以课堂讨论的授课模式,引导学生主动思考,激发学生创新思维,同时注重培养学生工程伦理;在师资队伍建设方面,采用“引进来,走出去”模式,即要求新进老师要呆在企业锻炼一到两年,全面提升师资队伍的工程能力;在校企融合方面,对学生实施“卓越工程

师”培养方案,要求学生企业学习一年,同时教师应服务于企业,与企业开展课题项目合作,实现科研成果转化为生产力,应注重的理念:实践和创新是相辅相成的,打好知识的基础、培养思考的能力才是创新的源泉,也是提升实践技能的基础;在管理体系方面,严格执行学校各项规章制度,二级学院对学生实践教学实行全过程管理。福建工程学院环境工程专业应用型人才培养始终朝着社会需求的人才而努力,服务地方经济发展是学校发展的根本。

### 参考文献:

- [1] 澎永恒.高等工程院校高级应用型人才培养模式研究[J].黑龙江高教研究,2005(5):153-154.
- [2] 周跃红.工程应用人才素质的现状分析及对策[J].理工高教研究,2002,21(2):45-47.
- [3] 许长城.新建地方本科院校应用型人才培养探究[J].武夷学院学报.2010,29(6):88-90.
- [4] 陈雯.地方本科院校土建类专业应用型人才培养的研究与探索[J].教育观察,2016,5(15):62-64.
- [5] 刘晓文,陈国铁,林平,等.深化校企合作提高应用型人才培养质量[J].福建工程学院学报,2016,14(2):174-178.
- [6] 杨春平.国外环境科学与工程本科教育的起源与发展[J].高等工程教育研究,2007(5):105-107.
- [7] 陈丽春,毛建卫,茹潇潇,等.校企协同创新培养应用型工程人才[J].高等工程教育研究,2014(3):72-75.
- [8] 毛艳丽,鲁志鹏,张劲松.应用型本科院校环境工程专业人才培养模式和目标的探索[J].河南城建学院学报,2013,19(3):31-33.
- [9] 李培根,许晓东,陈国松.我国本科工程教育实践教学问题与原因探析[J].高等工程教育研究,2012(3):1-6.
- [10] 翁仁贵,刘心中.市政水工程人才培养模式改革初探[J].太原城市职业技术学院学报,2010(11):132-133.
- [11] 何德文,柴立元,彭兵,等.特色环境工程专业创新人才培养模式的探索与实践[J].高等教育研究学报,2007,30(1):47-49.
- [12] 孙克辉,李长庚.专业性实践教学环节的改革与探索[J].高等工程教育研究,2003(2):87-88.
- [13] 曹优明.教学应用型本科院校环境科学专业课程体系建设探讨[J].重庆文理学院学报(自然科学版),2010,19(4):86-94.

(责任编辑:华伟平)

## Research on the Training Mode of Application-oriented Talents of Environmental Engineering

WENG Rengui, LIU Xinzhong, LIN Xiaoying, JIN Guixiao

(School of Ecological Environment and Urban Construction, Fujian University of Technology, Fuzhou, Fujian 350118)

**Abstract:** The utilization of engineering theory and technology and the cultivation of innovation of college students are the core competence for the Application-oriented undergraduate universities, and also the foundation of the graduates' career achievements. The energetic education mode of applied undergraduate universities is still in exploring stage, research on training of applied ability of students in such undergraduate universities is an urgent issue. In this paper, the students majored in environmental engineering are used to analyze the present training situations and the cultivating problems of students who major in applied environment engineering. Based on the particular requirement of the talent cultivation, we put forward some suggestions that rely on the science and technology innovation team and the cooperative innovation center to build the cultivation mode and the guarantee system of applied engineering talents.

**Key words:** environmental engineering; innovation team; synergy innovation; security system

# 人工智能技术在高校辅导员专业化建设的应用

李聪慧, 余坤勇

(福建农林大学 金山学院, 福建 福州 350002)

**摘要:** 人工智能技术的突破性成绩得到了政府和社会各界的广泛关注,其智能性、服务性和创造性发展特征为解决辅导员专业化建设过程中专业基础薄弱、事务性工作突出以及专业化培训不足等突出问题提供了可能。人工智能技术应用于规范体系构建、事务性工作替代以及互动平台开发三大方面能够将辅导员从管理育人模式中转型到服务育人模式中来,而这种转型则需要解决更多伦理性、制度性以及创新性现有难题。

**关键字:** 辅导员;人工智能;职业化;专业化

**中图分类号:** G451.2      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1674-2109(2017)06-0105-05

2017 年两会第一次将人工智能直接写进了《政府工作报告》,这也是继 2016 年 3 月 15 日,AlphaGo(阿尔法狗)围棋程序击败韩国围棋冠军李世石的里程碑事件后,人工智能再一次被堂而皇之地拉上热搜榜,各行各业开始思考引入人工智能的可行性,将人工智能理论研究推上一个新台阶<sup>[1]</sup>。随着大数据时代科技教育的提出,将人工智能应用在教育界也逐渐成为热门话题,但将人工智能引入辅导员专业化建设的理论相对薄弱。而辅导员专业化建设过程中,人工智能的引入不仅能够突破一些现有工作瓶颈,还能高校辅导员队伍建设的工作扩展提供新思路,利于解决辅导员队伍建设的理论诉求,形成辅导员专业化的文化自信氛围,培养一批以知识价值为导向的综合专业型人才,真正打造一支政治强、业务精、纪律严、作风正的

精良队伍。

## 1 人工智能及其特点

人工智能(AI)是指利用人工的方法和技术,使各种自动化机器或智能机器(主要指计算机)能够模仿、延伸和扩展人类的智慧和能力,从而实现某些机器思维或脑力劳动的自动化。其关键技术包括知识的获取技术、知识的推理技术以及知识的应用技术等。作为人类社会发展的产物,人工智能技术的开发应用变得越来越重要,其未来发展的趋势将更加具有广泛性、智能性、服务性和创造性等特点。不久的将来,智能终端和传感器的应用将更加广泛,大数据的开发将提供更多自我学习机会,也会让智能终端更加智能化;此外,人与智能终端的交互方式将更加自然,设备会越来越“懂你”;而在人工智能加互联网的驱动下,各行各业也将越来越“服务化”;同时,在智能互联时代,更加呼唤开源开放的创新平台,实现依托产业链、生态圈的开放式创新。人工智能的这些特点,恰恰可以解决辅导员专业化建设中的诸多现实问题,使辅导员的管理性工作更集中的通过人工智能方式得以实现,从

收稿日期:2016-12-26

基金项目:福建农林大学教改项目(111416079)。

作者简介:李聪慧(1987-),女,汉族,助教,主要从事思想政治教育工作。

通讯作者:余坤勇(1980-),男,汉族,副教授,主要从事 3S 技术应用及资源统计分析研究。

而将更多的精力投入到专业化积累以及学生思想政治教育等服务育人工作中去。

## 2 人工智能应用高校辅导员专业化建设的现实意义

2004年8月是辅导员专业化建设的分水岭,中央16号文件的出台昭示辅导员队伍建设的专业诉求将不再是分散的,而是列入系统的科学探究范畴<sup>[2]</sup>。近年来,有关辅导员专业化建设的研究越来越多,且随着大数据时代的到来,通过网络进行思想政治教育成为不可避免的新环境<sup>[3]</sup>,而人工智能的进一步升级,为辅导员专业化建设道路带来了更多可能。

### 2.1 辅导员专业化建设中问题突出

辅导员专业化建设不容忽视,虽然随着高校对辅导员数量和质量的重视,使得辅导员队伍建设得到一定保障,但仍存在很多原因直接或间接的影响着专业化前进方向,造成辅导员事业发展进入瓶颈期。明晰以下三方面内容将有助于化解主观意识形态同客观可量化思维之间的转换矛盾。

#### 2.1.1 辅导员职业标准缺失,辅导员专业基础薄弱

首先,虽然现有辅导员选聘制度有所完善,几乎都以研究生为入门槛,有些学校甚至以招聘博士学位辅导员作为职业能力标准,但总体而言,辅导员专业理论基础相对薄弱。大部分辅导员为非教育类专业毕业,且国内现无针对性辅导员培养对口专业及相应的资格认定体制<sup>[4]</sup>。仅学生干部经历难以满足专业属性要求,工作方法习得大部分靠个人探索及老辅导员经验传授,没有相对完整的理论体系支撑。此外,由于责任分工以及职业发展空间不明确导致辅导员工作涉及面广,事务繁杂,加之危险系数高、工作时间不定等性质决定了辅导员队伍流动性大,经验丰富的老辅导员一旦有机会就会选择转岗,使得职业化标准难以稳固维系,职业归属感严重缺失<sup>[5]</sup>。

#### 2.1.2 学生心理特点把握不准,事务性管理工作突出

辅导员的职业特征,首先要解决思想政治教育问题,其次是厘清日常事务管理问题。《辅导员工作指南》一书将辅导员日常事务管理工作分为安全、行为、评优和组织管理四大项,将思想政治教育融入到

理想信念、爱国意识、公民道德、新生入学、形势政策、心理健康和毕业教育七大类中<sup>[6]</sup>,足见思想政治教育作为辅导员工作核心的重要性。但现状往往是辅导员所带学生不少于二百人,有限的精力大部分被突发事件、安全强调、评优助贫等日常事务性基础管理工作所占据,而在思想政治教育、学生心理特征分析把握以及育人方面能力培养有所疏忽,导致难以解决现代学生理想信念不坚定,生涯规划不明确以及心理健康问题频发等各类问题,使得专业化道路中的服务育人理念渐行渐远。

#### 2.1.3 专业化培训不足,专家型人才队伍难以组建

辅导员专业化建设力求发展,势必会涉及到技能培训,但学校事务性工作的积压,使得辅导员很难有机会进行系统培训,往往都是赶鸭子上架式自我摸索。而现有的培训机会又相对较少,培训形式也处于探索阶段,亟待形成规格质量高而非规模形式大的专业化培训模式。另一方面,专业化目标是为了培养专家型人才,需要拓宽培训面,现有分享模式能够在有限的资源内对共享起一定作用,但分享质量和培训人员转达水平无法实现原味还原,最终还是会造成专业习得能力缩减。

### 2.2 辅导员专业化建设亟需人工智能推进

大数据时代的到来,给辅导员专业化建设带来更多机遇,但对无选择性的大量数据处理却将可能成为辅导员专业化道路上巨大挑战。以希拉里同特朗普的美国总统大选为例,网络选票数量上来讲,希拉里具有绝对优势,但真实的结局却是在美国特殊的选举制度下,特朗普胜出<sup>[7]</sup>。这个例子启示我们,数据固然重要,整体的数据可能会构建无偏见的客观意识形态,但在特定的环境中,仍需具体问题具体分析。而人工智能的合理利用,恰恰弥补了客观数据的辐射性,舆论导向的不确定性,“智能”的择分出最优路径,从而实现“人工”意图。鉴于辅导员专业化建设的重要性和瓶颈期,人工智能的融入将结合大数据的客观性以及逻辑推理的导向性,协助辅导员事务性工作的开展,辅导员专业化建设难题将迎刃而解,从而实现辅导员职业向着纵览全局的“专家型”专业转变,形成辅导员专业的高技术性和不可替代性。

### 3 人工智能应用在高校辅导员专业化建设的有效路径

大数据时代,人工智能技术应用必将普遍存在,辅导员队伍建设要突出专业化必定要减少管理育人工作投入,转而向服务育人倾斜。今后,辅导员如果能够将大部分精力用于创造性的开展育人工作探究,必定能够将思想政治教育落到实处,这就要极大程度地开通人工智能对高校辅导员专业化建设的有效路径,在智能性、服务性以及创造性上开拓思路。

#### 3.1 制定高校辅导员队伍建设规范体系,促进高校辅导员职业化发展

完整的职业化发展体系,足够的社会认可度是辅导员专业化发展的前提和保障。要提高社会认可度,就要找准辅导员工作实质和意义,树立行业规范,提高准入门槛;加强责任细分,扩大工种辨识度;培养职业素质,提升校园影响力。人工智能化新技术将为辅导员工作性质转型注入新动力,开辟新思路。目前,智能推送功能已日臻成熟,功能的引入可以促进辅导员职业化,实现专业化建设第一步。如建立辅导员从业人员资格库,智能筛选申请人员基本信息,包括思想政治、道德品行、心理素质以及专业情况等等,在实现人才选聘时,先智能推荐专项岗位合适人选,再根据预设职业规范进行人工智能判定,将有效避免即时性招聘耗时耗力针对性不高的片面性。在责任细分方面,可以利用人工智能技术对工作任务进行归类,将职责划分到各部门,科学地避免工作疏漏和责任推诿等。

#### 3.2 建立健全替代机制,提高高校辅导员管理工作效能

辅导员职业化规范体系的建立为保障专业化建设奠定了基础,而人工智能对辅导员事务性工作替代机制的研究又将保证事务性工作的科学性和准确性,则辅导员将有更多的时间用于服务育人环节和自我提升方面的规划。

##### 3.2.1 学生信息收集替代

新生入学初,学生兴趣爱好、成绩表现、家庭信息等将以大量数据的形式呈现在辅导员面前,学校一般会进行宿舍分配、报到学生信息确认、学生卡制作等事务性工作。人工智能结合大数据库中有效信息对相

应的事务性工作信息进行提取将大大缩减辅导员重复性工作,并减少失误。

##### 3.2.2 安全行为检查替代

高校门禁刷卡、晚归检查等制度的实施为学生安全行为检查提供了大量数据,但数据的监控往往流于形式,安全问题仍频频发生。人工智能技术的应用可以通过智能筛选获得即时信息,届时也许只要设置一个时间,智能系统发送一条短信就可以将学生晚归情况了然于胸,再结合电信等定位服务数据,将有效地杜绝安全意外的发生。而在高校网络安全和借贷危机方面,也能通过人工智能的预警系统直观、快速地呈现给辅导员,有利于学生安全盲区的实时监控。

##### 3.2.3 数据资料收集替代

高校事务性工作中,各类数据收集和表格填写规范和要求不同,针对不同层面的数据整理也成为辅导员事务工作的重心。评优评先、贫困生认定、医疗保险以及奖学金等申请数据收集大部分信息相同,但填写规范和格式要求不同,人工智能系统的开发将通过智能提取替代重复数据资料的收集和生成过程,大大减少了格式不规范、个别信息错误难以导入等问题带来的工作量。

##### 3.2.4 学风建设把握替代

学风建设的关键是学习兴趣的培养和学习方法的掌握。MOOC学习平台的开发通过推送兴趣课堂为自主学习创造了条件,有关反转课堂等MOOC新型教学模式的探索将有效缓解学风不正之风,营造出为了学而学,学会怎样学的良好学习氛围。但现有MOOC模式尚属起步发展阶段,实现学风建设的替代作用,仍需在课程吸引力,教学质量高效化方面进一步智能化。

##### 3.2.5 思想政治教育辅助替代

思想政治教育关键在教育,通过人工智能辅助完成学生日常思想动态的监控可以全面了解学生整体素质,避免了应试型弄虚作假。而在党建过程中也可以做到即时考察,考察在日常,为党组织选拔真正优秀的共产主义接班人。

#### 3.3 构建互动平台,满足高校辅导员专业化发展需求

事务性基础工作得以替代之后,辅导员队伍建设将向专业化方向倾斜。交流互动可以产生更多碰撞,为专业化发展过程注入更多创新性思路,但现有培训

交流机会少,参加规模人数受限,交流质量参差不齐,难以达到全面交流学习。人工智能技术在构建互动平台方面提供了可能性,平台推荐也可依据当前事务性问题和关注系数加以分析,针对不同的辅导员发展阶段需求进行类目推荐,从而逐渐提升专业化协调发展进程。此外,由于师生比例难以保证实时的进行一对一沟通,加之学生隐私考虑和繁重课业与辅导员工作时间等冲突,辅导员对学生情况了解不足。互动平台可以为学生推荐适宜的辅导员手札、精品博文等相关资料,而对于某些隐私性问题,也能让学生乐于分享,建立学生与辅导员之间的良性关系。以心理咨询为例,新生代学生所处的社会环境复杂,社会压力大,心理脆弱、情绪波动起伏、精神状况不佳等潜在危机时有发生,有时甚至是致命的危险,这时与辅导员的及时沟通或可缓解紧张情绪,避免更为严重的事故发生。但中国学生往往难以主动求助,羞于面对面的心理咨询,人工智能化平台可以从学生近期的社交与阅读习惯甚至平时聊天过程中嗅到学生心理问题,再通过一定的筛选标准直接呈现给辅导员预警等级及具体表现,便于辅导员采取相宜的手段及时沟通疏导,化解危机。

#### 4 人工智能在辅导员专业化发展中的长远发展定位

人工智能应用到辅导员专业化建设的有效路径对人工智能和大数据获取提出了较高要求,目前的技术平台仍需开发更多功能;此外,人工智能技术的应用也涉及伦理性、制度性以及创新性等难以解决的问题。由此看来,人工智能技术应用到辅导员专业化建设中来任重而道远。但从长远来看,人工智能是大势所趋,在辅导员专业化建设的未来发展道路中也具有十分重要的意义。

##### 4.1 化解矛盾,厘清系统结合难题

人工智能与辅导员专业化发展道路的结合,不仅是技术性难题的解决,更是整个辅导员队伍建设方向变更的难题,未来辅导员专业化队伍将不再需要学历专业不对口的辅导员,转而需要专家型的辅导员。其次,辅导员专业化发展过程中,实现人工智能数据

向辅导员切身体验转换的难题需要更发达的科技手段支撑,也许之后辅导员对学生的了解可以通过传感系统,锁定目标就能有直观的评价感受,使认清自己所带学生具体情况不再是难题。再次,由于个人信息数据属于个人隐私范畴,在数据获取识别及应用方面存在伦理问题,如何有效的避免个人隐私泄露成为人工智能面临的最大抗战和困难。

##### 4.2 赓续前行,解决制度问题改革

针对人工智能可能带来的伦理问题,未来人工智能技术开发过程中不可避免的需要完善相关制度改革,数据使用的合法性和学生个人信息的保护性都需要国家制订相关法律制度支持,否则不但不能协助辅导员专业化建设,反而会为学生安全带来更多隐患。此外,由于国外在智能化发展方面的技术手段较高,在辅导员专业化建设方面也有更为丰富的经验,因此,加强专业人员的沟通学习,积极从国外实践中汲取宝贵经验更有利于我国人工智能对辅导员专业化的促进进程。

##### 4.3 大胆创新,实现技术手段突破

人工智能理论研究的深入,使得初步实现利用人工智能技术替代辅导员事务性常规工作的想法将不再触不可及,但未来的发展将不会止步于既得利益,只有不断开拓,大胆创新,才能带动先进生产力的发展,不远的将来才会实现“头脑里想一下就会实现”的真正智能化。届时,辅导员将不再是学生工作的“佣人”,而是真正的人生“导师”,用丰富的创新思路和人生阅历为学生指点迷津,分辨利弊。

## 5 结语

辅导员专业化的瓶颈难题只有少人力多智能的人工智能技能才能破解。人工智能促进辅导员专业化建设有效路径和未来发展方向无疑对人工智能和大数据获取提出了较高要求,但没有需求就没有发展,相信以现代科技发展速度,实现人工智能全面化并不遥远。届时,辅导员将真正向专家型人才转变,而辅导员专业化学科建设也将更为关注学生思想政治教育和成长成才健康教育。

**参考文献:**

- [1] 孙冰. “阿尔法狗”留下的兴奋与忧伤[J]. 中国经济周刊, 2016(12): 84-85.
- [2] 史慧明. 高校辅导员专业化的理论诉求: 对辅导员专业化的几个热点问题综述[J]. 江苏高教, 2009(4): 113-114.
- [3] 胡树祥,谢玉进. 大数据时代的网络思想政治教育[J]. 思想教育研究, 2013(6): 60-61.
- [4] 李鹏. 我国高校辅导员队伍专业化职业化建设研究 [D].北京:中国矿业大学, 2015.
- [5] 杜向民. 进一步推进高校辅导员队伍职业化发展路径研究[J]. 思想政治教育研究, 2011(3): 48-51.
- [6] 王传中,朱伟. 辅导员工作指南[M]. 武汉:武汉大学出版社, 2009.
- [7] 张恒. 民意测验里的世界更真实吗[N]. 中国青年报, 2016-11-11(11).

(责任编辑:叶丽娜)

## Theoretical Analysis on the Promotion of AI in the Construction of Specialized Counselors

LI Conghui, YU Kunyong

(Jinshan College of Fujian Agriculture and Forestry University, Fujian, Fuzhou 350002)

**Abstract:** The breakthrough in the Artificial Intelligence technology gets wide attention from government and all sectors of society. The intelligent service and creative development of Artificial Intelligence solve the outstanding problems in the course of the construction of specialized counselors the less professional team, prominent transactional work and the lack of professional training. Once the Artificial Intelligence technology is applied to build the specialied system, replace the transactional work and develop the interactive platform, a counselor will be able to transit from management mode to service mode. But this kind of transformation needs to solve more ethical, institutional problems.

**Key words:** counselors; artificial intelligence; professionalism; specialization

# JOURNAL OF WUYI UNIVERSITY

No.6 Vol.36, Jun., 2017

- Study on Pretreatment Synthetic Leather Wastewater by Partial Nitrification Process ..... HU Jiapeng(1)  
Properties of CS/PVA Blend Films Plasticized with Glycerol and Poly(ethylene glycol)  
..... JIAN Shaoju, YE Mingwei(7)
- Study on Phase Equilibrium of  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ - $\text{NaCl}$ - $\text{H}_2\text{O}$  at 313 K in Ternary Water and Salt System  
..... SU Liman, JIANG Yajuan, JIANG Sangfen, LIU Junshao (12)
- A Study on the Technology of Compound Yogurt of Coix Seed and Tremella  
..... HUANG Yan, YOU Yanru, ZHANG Jianming, YANG Yuhua(15)
- Extraction of Dietary Fiber from Bamboo Shoots Process Waste by Chemical Method  
..... WANG Xincen, ZHANG Jing, WANG Shupe, LIN Zhenzhen, LI Xiangnan(23)
- Preliminary Experiments on Composting of Waste Branch Leaves of *Platanus orientalis* ..... WEI Maosheng(30)
- Genetic Analysis and Evaluation of Different *Toona sinensis* Families Growth ..... ZHANG Haiyan(35)
- Study on Carbon Metabolism and Functional Diversity of Microbial Community in Sewage Water Irrigated  
Farmland Soil ..... LIN Li, WANG Han(39)
- The Correlation between the Four Metals and the Quality in Six Different Kinds of Rock Tea Shuixian  
..... SUN Lizhen, LI Qiuyue, TU Liangjian(44)
- A Multiple Type-and-Identity-based Proxy Re-encryption Scheme ..... WANG Pingshu, NIE Guolei(48)
- Processing of Non-normal Data in Linear Regression Model  
..... QIU Tian, HUA Weiping, LI Baoyin, JIANG Xidian(53)
- An Effective Management Scheme of Active Campus Network Management Scheme ..... LIN Jing(58)
- The Calculate Algorithm Study for Microblog User Influence Based on Particle Swarm Optimization  
..... JIANG Ling, XIA Tingting, JIANG Yi, FAN Lin(63)
- Study on Unbalanced Bidding Based on Fuzzy Analysis Method ..... YANG Jin(68)
- Analysis of the Internal Structure of the Third Industry in Fujian under the New Normal ..... WANG Wang(72)
- The Experimental Research on Physical Training Incorporated into Public Physical Education Under the  
Background of Physical Health Test ..... CHEN Jinxia(76)
- The Investigation and Analysis of College Students Night Running Exercise ..... XU Jielong (80)
- Teaching Reform of Advanced Mathematics Course for Economics and Management ..... CHEN Jixin(83)
- The Reform of Food Major under the Background of Educational Transformation  
——With Food Quality and Safety Major as an Example  
..... WU Yuqiong, FU Xinzhen, WANG Shupe, CHEN Zhongdao(87)
- Research on Experimental Teaching of Digital Image Processing Based on Mixed Programming Technology  
of MATLAB and C/C++ ..... WEI Yi, LIN Lihui(92)
- Strengthening Practice Training of the Major of Polymeric Material and Engineering for a University oriented  
towards Application and Technology ..... WANG ZhaoLi(97)
- Research on the Training Mode of Application-oriented Talents of Environmental Engineering  
..... WENG Rengui, LIU Xinzhong, LIN Xiaoying, JIN Guixiao(100)
- Theoretical Analysis on the Promotion of AI in the Construction of Specialized Counselors  
..... LI Conghui, YU Kunyong(105)