

# 目次

竹炭/二氧化钛复合光催化剂的制备及表征  
..... 刘俊劭, 林美娟, 郭海珍, 陈培珍, 苏丽鹄 (1)

聚丙烯酸丙烯酰胺高吸水性树脂对金属离子的吸附研究  
..... 林 海 (6)

分级多孔竹基炭/MnO<sub>2</sub> 复合材料的研究  
..... 付兴平, 陈培珍 (11)

壳聚糖-高岭土-丙烯酸-丙烯酰胺四元共聚树脂制备与  
性能 ..... 王珍珍, 刘淑琼, 苏延飞, 吴方棣 (16)

烘焙对武夷岩茶生化成分影响及品质相关性分析  
..... 李少华, 陈荣冰, 王飞权, 胡春蓉, 刘安兴 (22)

香蕉风味酸乳的研制  
..... 赵泰霞, 李国平, 傅新征, 王淑培, 王昕岑 (26)

茵芋生物学特征观测  
..... 郑天汉, 吴远彬, 阮淑明, 兰思仁 (31)

重金属污染对冶炼厂附近农田土壤微生物活性的影响  
..... 王 涵 (35)

黄山松林分标准货币收获表的研制 ..... 许木正 (39)

闽北竹业十年经济分析  
..... 廖乾琪, 朱方雪, 沈旖婕 (45)

复杂环境下 79 m 砖砌厚壁烟囱拆除爆破  
..... 王金华, 杨先财 (49)

MPLS VPN 技术在校园网中规范化部署研究  
..... 肖永钦, 王 怡, 陈 嵩 (53)

S 变换对地震信号滤波的应用研究 ..... 徐 涛 (59)

一类 Stancu 型算子的逼近性质 ..... 任美英 (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 35 卷 总第 146 期

2016 年 第 12 期(月刊)

## 编辑委员会

顾 问: 付贤智 黄汉升  
兰思仁 杨江帆  
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 叶琪璘  
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

英文审译: 陆 刚

JOURNAL OF WUYI UNIVERSITY



固定资产定积分折旧建模思路新探  
——折旧的中间年限加速计提猜想 ..... 郑智勇 (66)

不同收入水平的城镇居民消费结构研究  
——基于 ELES 模型 ..... 赵嘉阳, 丘永杭, 林玉蕊 (71)

大学生网球初学者易犯错误动作研究  
——以正手击球为例 ..... 陈龙强 (77)

农林院校森林资源课程实践教学改革研究  
..... 赖日文, 谢雪莉, 苏艳琴, 应兴亮, 罗文玮, 郑德祥 (81)

范式教学在“电磁场与电磁波”课程中的应用  
..... 刘奇, 夏婷婷, 余亮 (85)

慕课背景下新建本科院校面临的挑战与机遇  
..... 王学彬, 张美君 (88)

MOOC 环境下应用型本科的计算机教学改革探索  
..... 刘瑞军 (92)

地方新建本科院校工科大学生创新教育研究  
——以武夷学院为例 ..... 邱昌东 (96)

现代职业教育体系下焊接专业建设的探索与思考  
..... 黄波达 (101)

环境行为驱动机理的探讨  
..... 郭雅敏, 黄敏凤, 苏军露, 李房英 (106)

# 竹炭/二氧化钛复合光催化剂的制备及表征

刘俊劭, 林美娟, 郭海珍, 陈培珍, 苏丽曼

(武夷学院 生态与资源工程学院, 福建省生态产业绿色技术重点实验室, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**以竹炭(BC)为基体,通过溶胶-凝胶法制备竹炭/二氧化钛(BC/TiO<sub>2</sub>)复合光催化剂,通过扫描电镜观察催化剂形貌。研究水/钛酸四丁酯、乙醇/钛酸四丁酯摩尔比、pH 值、复合次数、煅烧温度和煅烧时间对 BC/TiO<sub>2</sub> 复合光催化剂活性影响。实验结果表明:水/钛酸四丁酯=3:1、乙醇/钛酸四丁酯=10:1、pH=3、复合次数=3、煅烧温度=500 °C 和煅烧时间=4 h,BC/TiO<sub>2</sub> 复合光催化剂对亚甲基蓝的降解率高达 90%以上。

**关键词:**竹炭;二氧化钛;光催化;溶胶-凝胶法

**中图分类号:**TH145.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2016)12-0001-05

二氧化钛(TiO<sub>2</sub>)是一种大众广泛应用的光催化剂,其具有稳定性好,催化效率高,无毒无害的性质<sup>[1-2]</sup>。目前 TiO<sub>2</sub> 催化剂的制备主要通过物理法和化学法,其中物理法包括机械粉碎法、气体冷藏法、真空蒸发和溅射法等,化学法包括水热反应法、沉淀法、微乳溶液法和溶胶-凝胶法<sup>[3-4]</sup>。然而单纯的 TiO<sub>2</sub> 存在以下两个方面的缺点:1) 二氧化钛的带隙比较宽,吸收阈值小于 400 nm,因此对太阳光的利用率低;2) 半导体载流子具有较高的复合率,量子效率较低,因此要对二氧化钛进行相应的改性处理,提高其催化性能<sup>[5-6]</sup>。大量的文献报道将 TiO<sub>2</sub> 与多孔性、大比表面积的有机或无机材料复合,以提高其光催化活性<sup>[7-9]</sup>。

竹炭(BC)是一种资源可再生的吸附剂,是竹材通过高温热解后的产物,其本身具有特殊的微孔结构且比表面积大,性质稳定等特点<sup>[10-11]</sup>。目前 BC 在复合体方面也得到了广泛的应用,不仅可以吸附目标的污染物,还能抑制其他组分对光催化降解过程产生影响,抑

制高温热处理时晶体的长大和二氧化钛晶相的转变。基于以上原因,本研究通过溶胶-凝胶法将 TiO<sub>2</sub> 与 BC 复合,制备 BC/TiO<sub>2</sub> 复合催化剂。利用 BC 的多孔结构和大比表面积,使有机污染物在其表面吸附或富集,从而提高 TiO<sub>2</sub> 的催化活性。

## 1 实验部分

### 1.1 材料和仪器

钛酸四丁酯、冰醋酸、无水乙醇、亚甲基蓝,分析纯,购自于国药集团化学试剂有限公司;浓盐酸、浓磷酸,分析纯,购自于汕头市西陇化工厂有限公司;其它试剂为市售分析纯,水为二次蒸馏水。真空管式高温烧结炉(GSL-1700X,合肥科晶材料技术有限公司);光化学反应仪(BL-GHX-V,上海比朗仪器有限公司);低速高速台式离心机(SC-06,安徽中科中佳科学仪器有限公司)。

### 1.2 BC/TiO<sub>2</sub> 光催化剂的制备

#### 1.2.1 竹炭预处理

将竹签洗净折成细条,经过 110~120 °C 的温度干燥至恒重后,450 °C 下炭化 3 h。冷却后经研磨并过 100 目筛。再将竹炭粉和浓度为 4 mol·L<sup>-1</sup> 的 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 按 1:3.5 (固液比)混合后浸渍 24 h,然后用蒸馏水洗涤至中性

收稿日期:2016-09-06

基金项目:福建省教育厅(JK2014052);福建省大学生创新性实验(201310397021,201410397029);武夷学院青年基金(校青年项目 XL1210)。

作者简介:刘俊劭(1971-),男,汉族,副教授,主要从事功能材料研究。

后将炭粉于 110 °C 下烘干至恒重。最后在 N<sub>2</sub> 的保护下 450 °C 活化 2 h 取出冷却至室温,密封备用。

### 1.2.2 溶胶凝胶法制备 BC/TiO<sub>2</sub> 光催化剂

BC/TiO<sub>2</sub> 光催化剂的制备如图 1 所示:室温下量取一定量的无水乙醇,将其分为两份,一份取三分之二,另一份取三分之一。取三分之二体积的无水乙醇于锥形瓶中,接着量取 10 mL 的钛酸四丁酯,磁力搅拌下缓慢滴入锥形瓶中,滴加 2 mL 冰醋酸,搅拌 10 min 使其混合均匀,得到黄色澄清混合溶液 A;再将一定量的蒸馏水加到另三分之一体积的无水乙醇中,滴加盐酸调节不同的 pH 值,剧烈搅拌,得到透明混合溶液 B;最后在一定温度的水浴下,将 B 溶液用滴管缓慢滴加到 A 溶液中,同时不断搅拌 30 min,得到浅黄色溶液。将预处理好的竹炭称取 0.5 g 加至已制备好的浅黄色溶液中,搅拌浸渍陈化 24 h,用无水乙醇洗涤 2-3 次,置于干燥箱烘干至恒重,重复上述步骤即完成多次复合,将复合好的二氧化钛溶胶的竹炭置于马弗炉中,在室温下,以 10 °C/min 的速率升温至 250 °C,恒温 60 min,然后继续升温至一定温度煅烧一定的时间,再随炉自然冷却至室温,即可获得 BC/ TiO<sub>2</sub> 光催化剂。研究水/钛酸四丁酯 (Water/TBOT)、乙醇/钛酸四丁酯 (EtOH/TBOT)摩尔比、溶胶凝胶过程 pH 值、复合次数(Q)、煅烧温度(CT)和煅烧时间(Ct)对 BC/ TiO<sub>2</sub> 光催化活性的影响,在研究单一因素的影响时,如无特殊说明,其余参数分别采用如下:Water/TBOT=3:1、EtOH/TBOT=10:1、pH=3、Q=1 次、CT=450 °C、Ct=2 h。

其中各参数条件如表 1 所示。

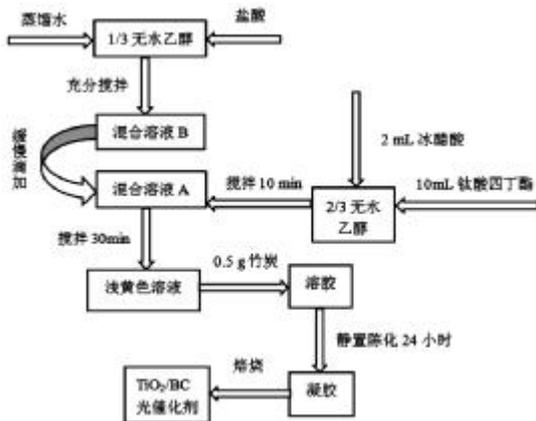


图 1 BC/TiO<sub>2</sub> 催化剂制备流程图

Figure 1 Schematic diagram of preparation of BC/TiO<sub>2</sub> catalyst

### 1.3 测试与表征

样品的形貌观察采用 TESCAN Vega3 扫描电镜观察。样品无喷金处理。

称取 0.5 g 亚甲基蓝,置于烧杯中搅拌溶解,再定容于 500 mL 容量瓶中,此为母液即浓度为 1 g/L,用移液管移取 5 mL 母液,定容于另外 500 mL 容量瓶中,即将浓度稀释至 10 mg/L,量取 250 mL 浓度为 10 mg/L 的亚甲基蓝,测其原始的吸光值,称取 0.05 g 的 BC/ TiO<sub>2</sub> 催化剂,置于亚甲基蓝溶液中,搅拌均匀后倒入光反应器中,在暗室条件下搅拌 30 min 达到吸附平衡,移取亚甲基蓝溶液 10 mL,经高速离心机离心后取上层清液测定吸光值 A<sub>0</sub>,再打开 170 W 的汞灯照射,移取亚甲基蓝溶液 10 mL,经高速离心机离心后取上层清液测定吸光值 A。降解率(D%)利用公式(1)式进行计算。

$$D\%=(A_0-A)/A_0\times 100\% \quad (1)$$

## 2 结果与讨论

### 2.1 扫描电镜表征

图 2 为 BC 和 BC/TiO<sub>2</sub> 的扫描电镜图,制备的竹炭呈长条状或颗粒状(图 2A)。图 2B 为 BC/TiO<sub>2</sub> 的扫描电镜图,TiO<sub>2</sub> 复合后表面形貌并无发生明显改变,但从其背散射图样(图 2B 右边)出现了明暗图样,其中明的部分代表 TiO<sub>2</sub>,而暗的部分代表 BC,说明制备的催化剂为 BC/TiO<sub>2</sub> 复合材料。

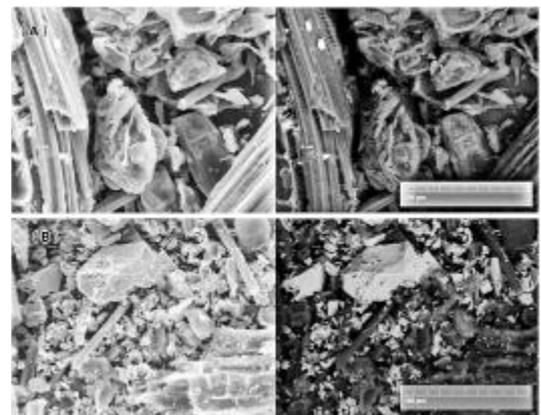


图 2 扫描电镜图,(A) BC,(B) BC/TiO<sub>2</sub>,

左边采用的是光电子探测器,右边是背散射探测器

Figure 2 SEM images of activated carbon: A) BC, B) BC/TiO<sub>2</sub>,

the left is SE detector, the right is BSE detector

## 2.2 光催化效率

图 3 为 BC/TiO<sub>2</sub> 对亚甲基蓝的光催化降解, 只光照不加催化剂, 在 210 min 内对亚甲基蓝的降解率为 10.49%, 采用 BC 催化, 降解率为 33.85%, 而采用 BC/TiO<sub>2</sub> 对亚甲基蓝的降解率高达 90.14%, 与单一组分相比, 光催化效率大大提高。主要因为制备的 BC 为多孔状结构, 具有大的比表面积, 具有非常大的吸附容量, 相当于 TiO<sub>2</sub> 表面的亚甲基蓝浓度大大提高, 因此光催化效率大大提高。

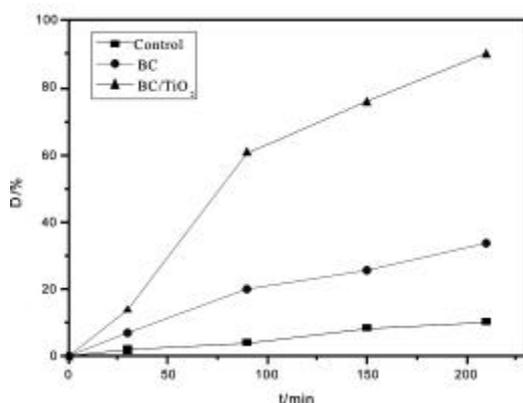


图 3 BC/TiO<sub>2</sub> 对亚甲基蓝的光催化降解

Figure 3 Photocatalytic degradation of methylene blue by BC/TiO<sub>2</sub> catalyst

## 2.3 影响因素

### 2.3.1 水、乙醇与钛酸四丁酯摩尔比对催化性能影响

图 4 为水与钛酸四丁酯摩尔比 (Water/TBOT) 和乙醇与钛酸四丁酯摩尔比 (EtOH/TBOT) 对 BC/TiO<sub>2</sub> 光催化性能影响。由图 4A 可知, Water/TBOT 摩尔比从 1.5:1 增加到 3.5:1, BC/TiO<sub>2</sub> 对亚甲基蓝的降解率从 61.23% 增加到 88.55%。主要因为水量的多少直接影响制备凝胶的粘度及凝胶化时间。当水 Water/TBOT 小于 2 时, 醇盐的水解速度就会变慢, 被水解的烷氧基团也随之减少了, 即水解反应形成的羟基基团变少<sup>[12]</sup>, 因此静置陈化后也很难形成凝胶, 所以催化剂的性能相对来说较差。当水 Water/TBOT 增大时, 水解反应的速度变快, 缩聚反应速度也随之加快, 水解缩聚物的聚合度和交联度均增大。当水解和聚合反应速度达到相同时, 溶液就会形成具有网络空间结构的聚合物, 随着反应的完成, 网络空间结构的聚合物就会生成透明的胶体, 所以凝胶的时间就会变短, 且产生的凝胶性质稳定, 制备出的催化剂性能就会比较好。当 Water/TBOT 大于 3.5

时, 水解速度过快, 容易形成团聚和沉淀, 不能与 BC 复合, 所以 Water/TBOT = 3.5 为较优的摩尔比。

从图 4B 可知, EtOH/TBOT 摩尔比从 8:1 增加到 10:1, 亚甲基蓝的降解率从 82.68% 增加到 84.96%, 后随着 EtOH/TBOT 摩尔比增加而逐渐降低。主要因为当 EtOH/TBOT 小于 8 时, 水解单体易发生碰撞, 聚合反应速度增大, 容易形成团聚和沉淀, 无法进行复合, 因此不能制备出催化剂; EtOH/TBOT 增加至 10 时得到的凝胶透明浅黄色, 性质稳定, 复合后制得的催化剂性能最好; 当 EtOH/TBOT 进一步增大时, 凝胶的时间变长, 因为无水乙醇会与钛酸四丁酯发生酯醇解反应, 抑制了水解反应的进行<sup>[13]</sup>; 如果无水乙醇的量过多, 钛酸四丁酯的相对浓度就会相对降低, 而且还会导致反应过程中形成的单体接触困难, 交联成链的可能性就会大大降低, 聚合反应速度随之变慢, 甚至不能成胶。所以 EtOH/TBOT = 10 为较优的摩尔比。

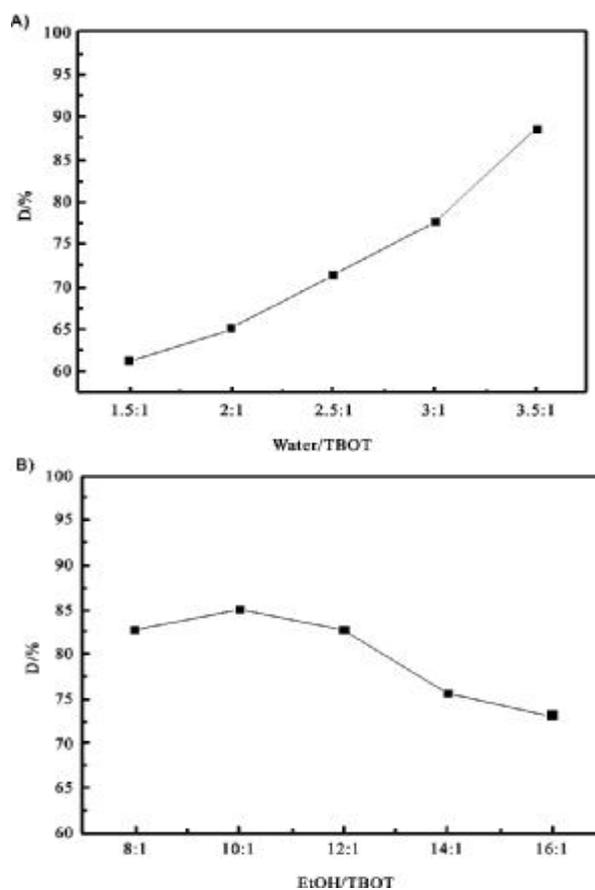


图 4 Water/TBOT 和 EtOH/TBOT 摩尔比对 BC/TiO<sub>2</sub> 催化性能影响

Figure 4 The effect of Water/TBOT and EtOH/TBOT molar ratio on catalytic property

### 2.3.2 溶胶-凝胶反应条件对催化性能影响

图 5A 为溶胶凝胶过程中反应 pH 值对 BC/TiO<sub>2</sub> 催化活性影响。pH 值从 2 增加 3, 亚甲基蓝的降解率从 79.28% 增加到 83.43%, 后随着 pH 值得增加, 降解率逐渐降低。主要由于胶粒表面的双电层结构会使溶胶粒子间产生排斥力, 紧密层是带负电荷的二氧化钛胶粒, 它具有较大的比表面积, 其外部吸附着很多 H<sup>+</sup> 和溶剂分子, 溶胶粒子会不断的做布朗运动, 一旦粒子靠近在一起时, 由于溶胶都是带正电荷导致两者会产生排斥, 粒子间就不会发生团聚。当 pH 值 < 3 时, 由于盐酸作为稳定剂和催化剂, 溶液呈强酸性会抑制水分子的电离, 从而抑制钛酸四丁酯的进一步水解, 且加入的酸会使胶体颗粒表面附着一定量的正电荷从而阻碍了颗粒间的相互团聚, 形成的溶胶性质就会比较稳定; 当 pH = 3 时, 凝胶最为透明, 性质最为稳定; 当 pH 值 > 3 时, 溶液的碱性增强即 OH<sup>-</sup> 浓度变大, 水解缩聚反应增大, 凝胶时间逐渐缩短。所以 pH = 3 左右为较佳的 pH 值。

图 5B 为复合次数(Q)对催化性能影响。复合次数从 1 次增加到 3 次, 亚甲基蓝的降解率从 76.87% 增加到 89.96%。后随着复合次数增加, 降解率趋于缓和。主要因为当复合次数大于 3 时, 活性炭表面复合的 TiO<sub>2</sub> 已达到饱和状态, 很难再进行复合, 因此考虑到经济效应, 选择复合 3 次为佳。

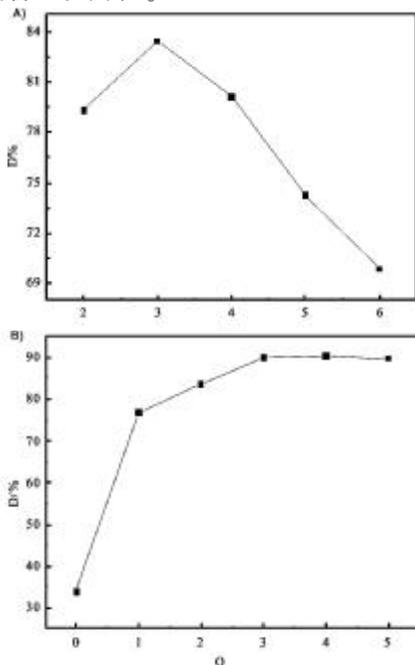


图 5 溶胶凝胶过程中 pH 值和复合次数(Q)对催化活性影响  
Figure 5 The effect of pH and composite time on catalytic property

### 2.3.3 煅烧温度和时间对催化性能影响

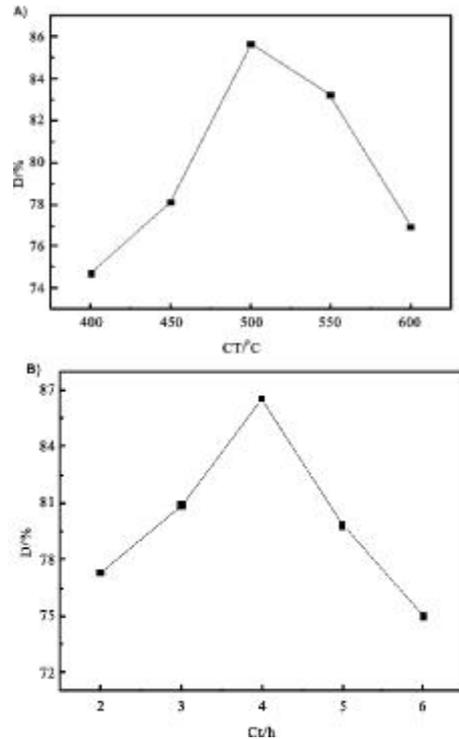


图 6 煅烧温度(CT)和时间(Ct)对催化性能影响  
Figure 6 The effect of calcination temperature and time on catalytic property

图 6 为煅烧温度 (CT) 和煅烧时间 (Ct) 对 BC/TiO<sub>2</sub> 催化性能的影响。CT 从 400 °C 增加到 500 °C, 亚甲基蓝的降解率从 74.69% 增加到 85.67%。然而随着 CT 的进一步增加, 降解率反而降低。当煅烧温度 < 500 °C 时, 催化剂部分呈无定形态, 还没有完全晶化为锐钛矿晶相; 当煅烧温度 = 500 °C 时, 催化剂的催化降解效果最好, 原因是催化剂此时的晶化已完全, 催化活性提高; 当煅烧温度 > 500 °C 时, 催化效果下降, 其原因是随着煅烧温度的升高, 晶粒尺寸不断增大, 晶粒的缺陷以及晶间的无序结构不断减少, 其催化活性就会降低, 晶粒表面的颜色随着煅烧温度的提高从黑色变为洁白色。所以煅烧温度要控制在 500 °C 左右较佳。煅烧时间为 4 h 时, 催化活性最强。主要因为此时二氧化钛已完全晶化成锐钛矿二氧化钛, 催化活性提高; 当煅烧时间 > 4 h 时, 催化效果下降, 其原因是随着煅烧时间的增加, 锐钛矿二氧化钛的特征峰变尖, 其衍射的强度增强, 二氧化钛的晶粒尺寸增大, 结晶程度增大, 晶粒表面的颜色随煅烧时间的增加从黑色变为洁白色, 其催化活性就会降低, 所以煅烧时间要控制在 4 h 左右较佳。

### 3 结论

通过溶胶-凝胶法将  $\text{TiO}_2$  与 BC 复合制备  $\text{BC}/\text{TiO}_2$  复合光催化剂,由于 BC 的多孔结构和大比表面积,使有机污染物在其表面吸附或富集,大大提高  $\text{TiO}_2$  附近有机物浓度,从而提高光催化活性。 $\text{BC}/\text{TiO}_2$  复合光催化剂有望在光催化降解有机污染物中应用。

#### 参考文献:

- [1] Guo Q, Zhou C Y, Ma Z B, et al. Elementary photocatalytic chemistry on  $\text{TiO}_2$  surfaces [J]. *Chemical Society Reviews*, 2016, 45 (13): 3701-3730.
- [2] Yadav H M, Kim J S, Pawar S H. Developments in photocatalytic antibacterial activity of nano  $\text{TiO}_2$ : a review[J]. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 2016, 33 (7): 1989-1998.
- [3] Fronzi M, Iwaszuk A, Lucid A, et al. Metal oxide nanocluster-modified  $\text{TiO}_2$  as solar activated photocatalyst materials [J]. *Journal of Physics-Condensed Matter*, 2016, 28(7): 1965-1973.
- [4] Nath R K, Zain M F M, Jamil M. An environment-friendly solution for indoor air purification by using renewable photocatalysts in concrete: a review [J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, 62 (1): 1184-1194.
- [5] Liu R L, Ye H Y, Xiong X P, et al. Fabrication of  $\text{TiO}_2/\text{ZnO}$  composite nanofibers by electrospinning and their photocatalytic property [J]. *Materials Chemistry and Physics*, 2010, 121 (3): 432-439.
- [6] 穆寄林, 刘瑞来, 刘俊劭, 等. 钒掺杂  $\text{TiO}_2$  纳米纤维的制备及其光催化性能[J]. *硅酸盐学报*, 2013, 41 (6): 863-866.
- [7] Nourbakhsh A, Abbaspour S, Masood M, et al. Photocatalytic properties of mesoporous  $\text{TiO}_2$  nanocomposites modified with carbon nanotubes and copper[J]. *Ceramics International*, 2016, 42 (10): 11901-11906.
- [8] Zou H, Song M X, Yi F C, et al. Simulated-sunlight-activated photocatalysis of methyl orange using carbon and lanthanum co-doped  $\text{Bi}_2\text{O}_3-\text{TiO}_2$  composite [J]. *Journal of Alloys and Compounds*, 2016 (680):54-59.
- [9] Ling L, Wang C, Ni M L, et al. Enhanced photocatalytic activity of  $\text{TiO}_2$ /single-walled carbon nanotube (SWCNT) composites under UV-A irradiation [J]. *Separation and Purification Technology*, 2016(169):273-278.
- [10] Peng X M, Hu F P, Lam F L Y, et al. Adsorption behavior and mechanisms of ciprofloxacin from aqueous solution by ordered mesoporous carbon and bamboo-based carbon [J]. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2015(460)349-360.
- [11] Tsubota T, Morita M, Kamimura S, et al. New approach for synthesis of activated carbon from bamboo [J]. *Journal of Porous Materials*, 2016, 23 (2): 349-355.
- [12] 王英锋, 李雪, 刘云义. 溶胶-凝胶法制备二氧化钛溶胶[J]. *合成化学*, 2008, 25 (6): 705-708.
- [13] 廖东亮, 肖新颜, 张会平, 等. 溶胶-凝胶法制备纳米二氧化钛的工艺研究[J]. *化学工业与工程*, 2003, 18(5): 256-260.

(责任编辑:叶丽娜)

## Fabrication and Characterization of Bamboo Carbon/ $\text{TiO}_2$ Composites Photocatalyst

LIU Junshao, LIN Meiyuan, GUO Haizhen, CHEN Peizhen, SU Liman

(School of Ecological and Resources Engineering, Fujian Key laboratory of Eco-Industrial Green Technology, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** Bamboo carbon/ titanium dioxide ( $\text{BC}/\text{TiO}_2$ ) composites photocatalyst were fabricated via sol-gel using carbon bamboo as substrate. Scanning electron microscope were applied to observe the morphology of  $\text{BC}/\text{TiO}_2$  composites photocatalyst. The effects of molar ratio of water/tetrabutyl titanate, ethanol/ tetrabutyl titanate, pH value, calcination temperature and time on the photocatalytic activity of  $\text{BC}/\text{TiO}_2$  were investigated. The results show that the best conditions were as following: water/tetrabutyl titanate=3:1, ethanol/ tetrabutyl titanate=10:1, pH=3, calcination temperature=500 °C and time=4 h, the degradation of methylene blue was reached to more than 90%.

**Key words:** bamboo carbon;  $\text{TiO}_2$ ; photocatalyst

# 聚丙烯酸丙烯酰胺高吸水性树脂 对金属离子的吸附研究

林 海

(1.厦门道亨兴业进出口有限公司,福建 厦门 361003; 2.北京大学深圳研究生院,新材料学院,广东 深圳 353100)

**摘 要:**研究不同单体配比丙烯酸/丙烯酰胺共聚高吸水性树脂对  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$  三种离子吸附能力、离子浓度对树脂吸附能力的影响,以及不同离子对树脂吸附其他离子的影响等。结果表明,随着树脂中丙烯酰胺单体的增加,树脂吸附离子能力下降,影响顺序为  $\text{Ca}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Pb}^{2+}$ ;随着离子浓度的增加,树脂吸附离子的总量也增加; $\text{Ca}^{2+}$  存在会极大减少树脂对其他离子的吸附量。

**关键词:**高吸水性树脂; $\text{Ca}^{2+}$ ; $\text{Cu}^{2+}$ ; $\text{Pb}^{2+}$ ;吸附

**中图分类号:**TQ028.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2016)12-0006-05

高吸水性树脂是一种含有大量亲水基团并有一定交联度的功能高分子材料,其能吸收自身重量数百倍至上千倍水,形成不溶解的水凝胶,其中的水分不能被挤出<sup>[1]</sup>。高吸水性树脂由美国农业部北方研究所于上世纪 70 年代发明以来,被广泛应用于农业生产,并由于其能够迅速吸收水分,形成水凝胶,具有优异贮水锁水功能,被应用于生理卫生用品行业<sup>[2]</sup>;近年来,随着对高吸水性树脂合成、理化性能研究的深入,发现其对金属离子具有较好的吸附性能,可用于环保工业和金属回收工业,具有较好的市场前景<sup>[3]</sup>。林杰等<sup>[4]</sup>研究了高吸水性树脂对低浓度离子的吸附性能进行了研究,考察了树脂对不同类型离子的吸附能力,证明树脂对阳离子具有较高的吸附能力;鲍迪等<sup>[5]</sup>研究表明纤维素类高吸水性树脂比聚丙烯酸高吸水性树脂有更高的金属离子吸附能力;Lee 等<sup>[6]</sup>研究了高吸水性树脂对  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$  混合溶液金属离子的选择性吸附能力;郑庆锋等<sup>[7]</sup>对高吸水性树脂可重复吸附和释放离子的能力进行了研究。本文研究不同单体配比

共聚高吸水性树脂对  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$  三种不同性能的离子吸附能力,离子浓度对树脂吸附能力的影响,离子对树脂吸附其他离子的影响等,为树脂对不同的金属离子的选择性吸附和分离方法提供了理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

合成高吸水性树脂主要原料:丙烯酸(AA,分析纯),丙烯酰胺(AM,分析纯),氢氧化钠(NaOH,分析纯),过硫酸钠( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ,分析纯),N,N,-亚甲基双丙烯酰胺(分析纯);试剂氯化钙( $\text{CaCl}_2$ ,分析纯),氯化铜( $\text{CuCl}_2$ ,分析纯),硝酸铅( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,分析纯);仪器:VARIAN AA240FS 原子吸收分光光度仪。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 高吸水性树脂的合成

将丙烯酸溶液用氢氧化钠溶液进行中和,中和度 70%,备用。在三口烧瓶中加入中和度 70%的丙烯酸和丙烯酰胺单体,交联剂 N,N,-亚甲基双丙烯酰胺,通入氮气,开动搅拌器,滴加引发剂过硫酸钠,在 60~90 °C 下反应 1~2 h 后将反应物放入真空干燥箱进行干燥,粉碎,过筛,取 30 目组分,备用。按照上述方法分别制得丙烯酰胺单体占总单体的比例分别为 5%、

收稿日期:2016-05-23

基金项目:深圳市科技研发资金 2014 年技术攻关项目  
(JSGG20141118144410953)。

作者简介:林海(1965-),男,汉族,特聘研究员,主要从事新材料应用的研究。

10%、20%、30%的高吸水性树脂。

### 1.2.2 高吸水性树脂吸水率的测定

分别称取不同单体比例的高吸水性树脂 0.1 g,放入 1 000 mL 去离子水中,在室温下静置 5 h,抽滤后,称量滤液体积  $V$ ,计算高吸水性树脂的吸水倍数。

$$A = \frac{(1\ 000 - V) \times d}{m} \quad (1)$$

式中: $A$  为树脂的吸水量 ( $H_2O$ /树脂); $V$  为滤出液体积 mL; $d$  为水的密度 1 g/mL; $m$  为树脂质量。

### 1.2.3 高吸水性树脂吸附对单一离子的吸附测定

分别称取不同单体比例的高吸水性树脂 0.1 g,分别放入含有  $Ca^{2+}$  离子浓度为 5 mmol/L 溶液、含有  $Cu^{2+}$  离子浓度为 2 mmol/L 溶液和含有  $Pb^{2+}$  离子浓度为 0.02 mmol/L 溶液中,各种溶液量均为 200 mL,静置 5 h 后过滤,测定滤液体积,按照文献<sup>[9]</sup>方法,使用 VAR- IAN AA240FS 原子吸收分光光度仪测定溶液离子的浓度。按下列公式计算每克树脂对离子的吸附量。

$$B = \frac{M_1 V_1 - M_2 V_2}{m} \quad (2)$$

式中: $B$  为树脂对离子吸附量 (mg/g); $M_1$  为吸附前溶液中离子浓度 (mg/L); $V_1$  为吸附前溶液体积 (L); $M_2$  为吸附后滤液中离子浓度 (mg/L); $V_2$  为吸附后滤液体积 (L); $m$  为树脂的质量 (g)

### 1.2.4 高吸水性树脂吸附对混合溶液中离子的吸附测定

测定树脂在  $Ca^{2+}$  与  $Cu^{2+}$  混合溶液、 $Ca^{2+}$  与  $Pb^{2+}$  混合溶液、 $Cu^{2+}$  与  $Pb^{2+}$  混合溶液环境中对离子的吸附性能。 $Ca^{2+}$  与  $Cu^{2+}$  混合溶液中  $Ca^{2+}$  浓度为 2 mmol/L、 $Cu^{2+}$  浓度均为 2 mmol/L; $Ca^{2+}$  与  $Pb^{2+}$  混合溶液离子浓度分别为 2 mmol/L 和 0.02 mmol/L; $Cu^{2+}$  与  $Pb^{2+}$  混合溶液中分别为 2 mmol/L 和 0.02 mmol/L。分别称取 AM/(AM+AN) 为 10% 的高吸水性树脂 0.1 g,分别放入上述各种溶液中,溶液量均为 200 mL,静置 5 h 后过滤,测定滤液体积。按 1.2.3 所述方法测定溶液离子的浓度,并计算每克树脂对离子的吸附量。

### 1.2.5 高吸水性树脂对不同浓度 $Ca^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$ 、 $Pb^{2+}$ 离子的吸附测定

分别称取 AM/(AM+AN) 为 10% 的高吸水性树脂 0.1 g,放入 1、2、3、4、5 mmol/L  $Ca^{2+}$  溶液中,溶液量均

为 200 mL,静置 5 h 后过滤,测定树脂对离子的吸附量。同样方法测定树脂对含  $Cu^{2+}$  分别为 2、4、6、8、10 mmol/L 溶液离子吸附以及对含  $Pb^{2+}$  分别为 0.01、0.02、0.03、0.04、0.05 mmol/L 溶液离子吸附。按 1.2.3 所述方法测定溶液离子的浓度,并计算每克树脂对离子的吸附量。

## 2 结果与讨论

### 2.1 AM/(AM+AN) 对高吸水性树脂吸水倍数的影响

从图 1 可以看到随着高吸水性树脂中丙烯酰胺单体的增加,树脂吸水的倍数显著下降。高吸水性树脂是一种具有一定交联度的高分子电解质<sup>[9]</sup>,其理化性能与线性或体型结构的聚丙烯酸丙烯酰胺性能完全不一样<sup>[10]</sup>。高吸水性树脂其交联网络上有许多  $-COO^-$ 、 $-CONH_2$  等亲水性基团,一方面其中离子型  $-COO^-$  亲水性强于非离子型  $-CONH_2$  基团,树脂中  $-COO^-$  含量高,通过氢键与其结合的水分子就多;另一方面网链上的电解质上离子遇水离解,正离子呈现游离状态,而负离子基团仍然连接在网络结构上,这些相邻的负离子基团之间产生排斥力,使网络扩张,水也随之进入网络空间,其中离子型  $-COO^-$  含量高,负离子基团之间产生排斥力也大,这样也使树脂具有较高的吸水性。而  $-CONH_2$  属于非离子型亲水基团,虽能和水形成亲键,但比  $-COO^-$  弱,因此随着高吸水性树脂中  $-CONH_2$  增加,高吸水性树脂吸水能力下降,其凝胶的体积也随之下落。与 AM 单体含量 5% 的树脂相比,当 AM 含量增加到 30%,树脂吸水倍数下降 50% 以上,其吸水后形成水凝胶的体积也较 AM 单体含量 5% 的树脂少 50%。

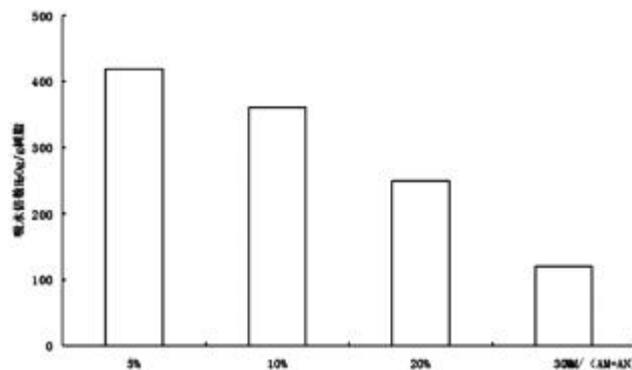


图1. AM/(AM+AN)对高吸水性树脂吸水倍数的影响

Figure 1. AM/(AM+AN)'s influence on the water absorption ratio of superabsorbent resin

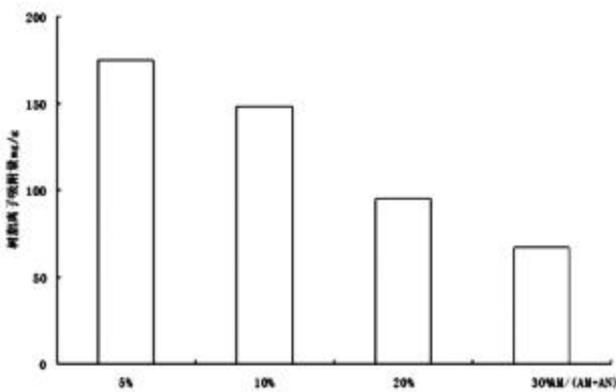


图2. AM/(AM+AN)对树脂吸附Ca<sup>2+</sup>离子的影响  
Figure 2. AM/(AM+AN)'s influence on Ca<sup>2+</sup> adsorption of resin

### 2.2 AM/AM+AN 对树脂吸附 Ca<sup>2+</sup>、Cu<sup>2+</sup>、Pb<sup>2+</sup>离子的影响

从图 2 可以看到,在 AM/(AM+AN)为 5%和 10% 时,树脂对 Ca<sup>2+</sup>吸附较大;而随着 AM/AM+AN 的增加,对 Ca<sup>2+</sup>吸附减少较为显著,表现为等比例下降。主要是由于碱金属 Ca<sup>2+</sup>容易直接与 -COO<sup>-</sup>基团结合形成离子键,同时也会吸附在电负性较强的 -CONH<sub>2</sub> 上。当 AM/(AM+AN) 比例上升,能与碱金属 Ca<sup>2+</sup>直接结合的 -COO<sup>-</sup>基团相对减少,而非极性的 -CONH<sub>2</sub> 对 Ca<sup>2+</sup>的吸附能力相对较弱,这样表现出随 AM/AM+AN 上升,树脂对 Ca<sup>2+</sup>吸附减少。此外,随着 AM/(AM+AN)比例上升,高吸水性树脂吸水后形成的水凝胶体积变小,这样与各种离子的接触面积也随之减少,吸附量也相应减少。

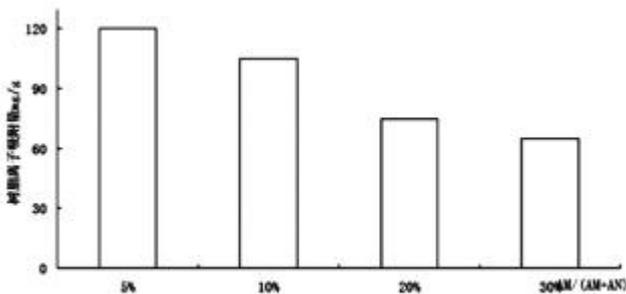


图3. AM/(AM+AN)对树脂吸附Cu<sup>2+</sup>离子的影响  
Figure 3. AM/(AM+AN)'s influence on Cu<sup>2+</sup> adsorption of resin

图 3 显示,在 AM/(AM+AN)为 5%和 10% 时,树脂对 Cu<sup>2+</sup> 吸附较大,两者之间差别不大;而随着 AM/(AM+AN)从 10%增加到 20% 时,对 Cu<sup>2+</sup> 吸附减少幅度大,在 AM/(AM+AN)为 20%和 30% 时,树脂 Cu<sup>2+</sup> 吸附差别也不大。树脂对过渡金属 Cu<sup>2+</sup> 吸附与对强极性的碱金属 Ca<sup>2+</sup> 吸附有所不同,当 AM/(AM+AN) 较小时,Cu<sup>2+</sup> 主要和 -COO<sup>-</sup> 基团形成较稳定络合结构;当

AM/(AM+AN)较大时,其一方面可以和 -COO<sup>-</sup> 基团形成较稳定结构,另一方面还可以和 -COO<sup>-</sup> 基团、-CONH<sub>2</sub> 形成较稳定的络合结构,这样单体构成对树脂吸附 Cu<sup>2+</sup> 能力影响减弱<sup>[11]</sup>。

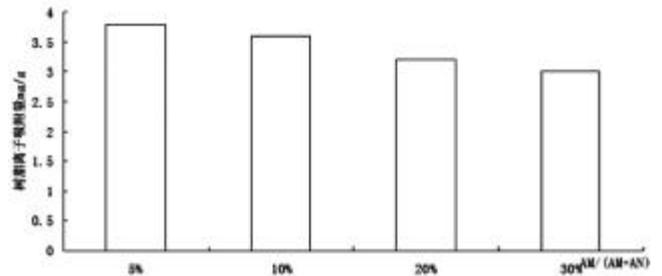


图4. AM/(AM+AN)对树脂吸附Pb<sup>2+</sup>离子的影响  
Figure 4. AM/(AM+AN)'s influence on Pb<sup>2+</sup> adsorption of resin

图 4 显示高吸水性树脂对 Pb<sup>2+</sup> 的吸附表现与树脂对 Ca<sup>2+</sup>、Cu<sup>2+</sup> 吸附不同,虽然随着 AM/(AM+AN) 的增加,树脂吸附的 Pb<sup>2+</sup> 有所下降,但是下降的幅度不大。主要是因为本实验使用的 Pb<sup>2+</sup> 浓度是参照一般废水中 Pb<sup>2+</sup> 所含的浓度,相对其他金属离子含量来说相对较低,这样树脂中 -COO<sup>-</sup> 基团对其整体的吸附量不大;另外一个原因是过渡金属离子 Pb<sup>2+</sup> 既可以和 -COO<sup>-</sup> 基团形成稳定的络合结构、也可以和 -CONH<sub>2</sub> 形成较稳定的络合结构<sup>[12]</sup>。

### 2.3 树脂对不同浓度 Ca<sup>2+</sup>、Cu<sup>2+</sup>、Pb<sup>2+</sup>离子的吸附

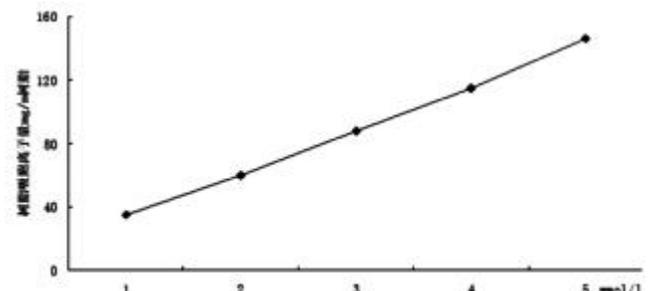


图5. 树脂对不同浓度Ca<sup>2+</sup>吸附的影响  
Figure 5. resin's influence on Ca<sup>2+</sup> adsorption with different concentration

图 5 可以看到在 Ca<sup>2+</sup> 浓度为 1、2、3 mmol/L 溶液中,树脂对不同浓度 Ca<sup>2+</sup> 吸附量增加较为缓慢,而当离子浓度为 4 mmol/L 和 5 mmol/L 时,吸附量增加较大,这主要是溶液中 Ca<sup>2+</sup> 总量增加,使得与 -COO<sup>-</sup> 基团形成离子键的数量增加所致。

图 6 显示树脂对 Cu<sup>2+</sup> 离子的吸附量随离子浓度的增大而迅速增加,当离子浓度到达 8 mmol 到 10 mmol 后趋于平衡。这主要是 Cu<sup>2+</sup> 离子较易与 -COO<sup>-</sup> 基团、-CONH<sub>2</sub> 形成较稳定的络合结构,当离子浓度到达

一定时,逐渐形成了络合平衡。

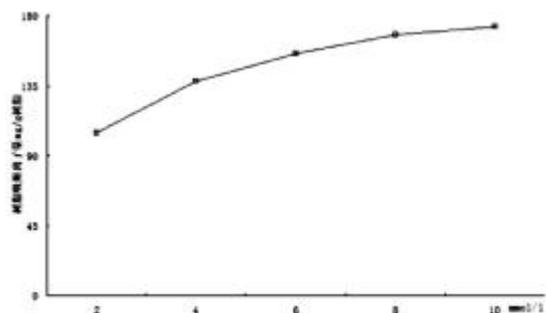


图6. 树脂对不同浓度 $\text{Cu}^{2+}$ 吸附的影响

Figure 6. resin's influence on  $\text{Cu}^{2+}$  adsorption with different concentration

图7可以看到,随着 $\text{Pb}^{2+}$ 离子浓度的增加,即形成络合物中心的重金属 $\text{Pb}^{2+}$ 离子增加这样与 $-\text{COO}^-$ 基团、 $-\text{CONH}_2$ 形成络合物也增加,树脂对离子的吸附量也随之增加。

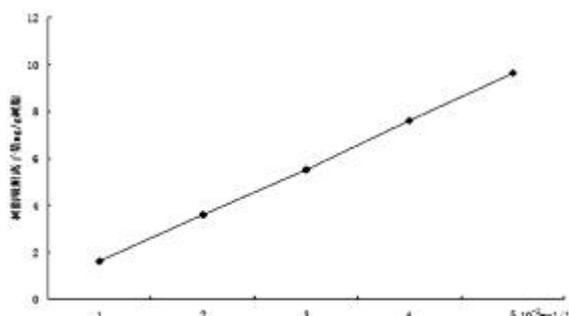


图7. 树脂对不同浓度 $\text{Pb}^{2+}$ 吸附的影响

Figure 7. resin's influence on  $\text{Pb}^{2+}$  adsorption with different concentration

## 2.4 树脂对混合金属离子的吸附

从图8可以看到,在 $\text{Ca}^{2+}$ 浓度为2 mmol/L, $\text{Cu}^{2+}$ 浓度为2 mmol/L溶液中,随着 $\text{AM}/(\text{AM}+\text{AN})$ 增加,吸附离子的量都在减少。与图5、图6对比,可以看到 $\text{AM}/(\text{AM}+\text{AN})$ 为10%树脂对 $\text{Ca}^{2+}$ 的吸附有所减少,在单一 $\text{Ca}^{2+}$ 溶液中,树脂吸附 $\text{Ca}^{2+}$ 量为60 mg/g,在 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 混合溶液中对 $\text{Ca}^{2+}$ 吸附量为48 mg/g;而在单一 $\text{Cu}^{2+}$ 溶液中,树脂吸附 $\text{Cu}^{2+}$ 量为105 mg/g(树脂),在 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 混合溶液中对 $\text{Cu}^{2+}$ 吸附量为43 mg/g,减少幅度远比 $\text{Ca}^{2+}$ 大。 $\text{Ca}^{2+}$ 的存在,严重制约了树脂对 $\text{Cu}^{2+}$ 的吸收。这主要是碱金属 $\text{Ca}^{2+}$ 极性强、原子半径小,可以直接和 $-\text{COO}^-$ 基团形成化学键,这样减少了 $\text{Cu}^{2+}$ 与 $-\text{COO}^-$ 基团的络合所致; $\text{AM}/(\text{AM}+\text{AN})$ 为20%~30%时,非极性基团 $-\text{CONH}_2$ 增加,又有利于 $\text{Cu}^{2+}$ 与其形成较稳定的络合物。随着 $\text{AM}/(\text{AM}+\text{AN})$ 增加,树脂形成水凝胶体积也在缩小,这也是导致对离子吸收减少的原因。同样道理,混合溶液中 $\text{Cu}^{2+}$ 也对树脂吸附 $\text{Ca}^{2+}$ 量产生影响,使树脂对 $\text{Ca}^{2+}$ 吸附量有所减少。

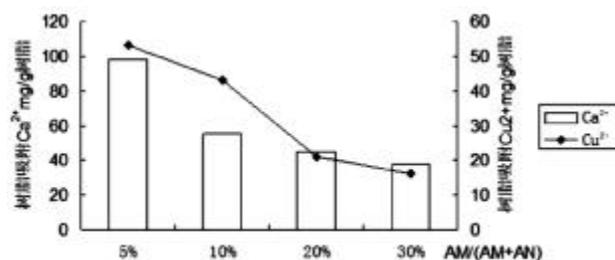


图8. 树脂对混合溶液中 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 吸附的性能

Figure 8. the adsorption performance of resin in the mixed solution of  $\text{Pb}^{2+}$  and  $\text{Cu}^{2+}$

图9是在 $\text{Ca}^{2+}$ 浓度为2 mmol/L, $\text{Pb}^{2+}$ 浓度为0.02 mmol/L溶液中,树脂对离子的吸附。比较图5,在单一 $\text{Ca}^{2+}$ 溶液中, $\text{AM}/(\text{AM}+\text{AN})$ 为10%树脂对 $\text{Ca}^{2+}$ 量为60 mg/g,而在 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 混合溶液中对 $\text{Ca}^{2+}$ 吸附量为58 mg/g,因此,在试验条件下的 $\text{Pb}^{2+}$ 浓度,对树脂吸附 $\text{Ca}^{2+}$ 影响不大;与图7比较可知, $\text{AM}/(\text{AM}+\text{AN})$ 为10%的树脂在对单一 $\text{Pb}^{2+}$ 溶液中离子吸附量为3.6 mg/g,在混合溶液中对 $\text{Pb}^{2+}$ 吸附量为2.0 mg/g,即树脂对 $\text{Pb}^{2+}$ 的吸收减少较大; $\text{AM}/(\text{AM}+\text{AN})$ 为5%时,树脂对 $\text{Pb}^{2+}$ 的吸附量最小。但是随着 $\text{AM}/(\text{AM}+\text{AN})$ 比例的增加,树脂对 $\text{Pb}^{2+}$ 吸收有所增加,这主要是由于非极性的 $-\text{CONH}_2$ 增加,使其与 $\text{Pb}^{2+}$ 形成络合物所致。

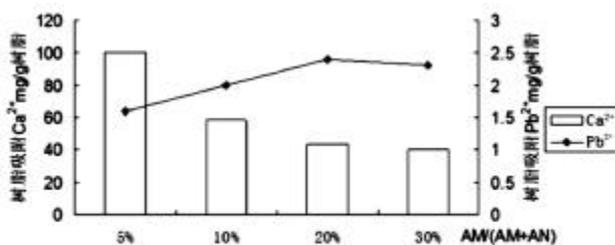


图9. 树脂对混合溶液中 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 吸附的性能

Figure 9. the adsorption performance of resin in the mixed solution of  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Pb}^{2+}$

图10是在 $\text{Cu}^{2+}$ 浓度为2 mmol/L, $\text{Pb}^{2+}$ 浓度为0.02 mmol/L溶液中,树脂对离子的吸附。树脂对 $\text{Cu}^{2+}$ 的吸附较多,对 $\text{Pb}^{2+}$ 的吸收较少。与 $\text{Ca}^{2+}$ 的存在对 $\text{Pb}^{2+}$ 吸收的影响对比, $\text{Cu}^{2+}$ 的存在虽然对树脂吸收 $\text{Pb}^{2+}$ 有影响,但远比 $\text{Ca}^{2+}$ 的存在对 $\text{Pb}^{2+}$ 的影响小。

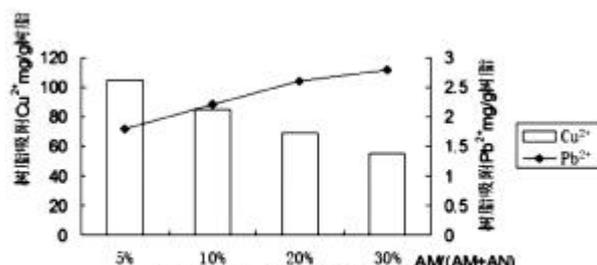


图10. 树脂对混合溶液中 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 吸附的性能

Figure 10. the adsorption performance of resin in the mixed solution of  $\text{Cu}^{2+}$  and  $\text{Pb}^{2+}$

### 3 结论

不同单体比例的丙烯酸丙烯酰胺共聚高吸水性树脂,其对无离子水的吸水能力相差很大,随着 AM/(AM+AN) 比例的增加,树脂吸水能力显著下降,AM/(AM+AN) 为 5% 时,吸水能力大于 400 g/g,当 AM/(AM+AN) 为 30% 时,吸水能力小于 120 g/g,即树脂吸水后所形成的水凝胶体积,随着 AM/(AM+AN) 比例的增加而减少。这样在实际应用中,会导致树脂与溶液中离子的接触面积减少而影响树脂吸附离子能力。要根据吸附离子的性能等,选择 AM/(AM+AN) 比例。

随着 AM/(AM+AN) 比例的增加,树脂对各类离子的吸附能力均显示下降。对于碱金属离子影响最大,其对  $\text{Ca}^{2+}$  的吸附,主要是靠树脂网链结构上的  $-\text{COO}^-$  基团形成离子键。而对过渡金属  $\text{Cu}^{2+}$  吸附,  $\text{Cu}^{2+}$  既可以和  $-\text{COO}^-$  基团形成离子键也可以和  $-\text{CONH}_2$  形成较稳定的络合结构,影响相对较小;在离子半径较大的  $\text{Pb}^{2+}$  试验浓度范围内,不同 AM/(AM+AN) 比例树脂  $\text{Pb}^{2+}$  离子的吸附变化不大。AM/(AM+AN) 比例对树脂吸附离子的影响顺序为  $\text{Ca}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Pb}^{2+}$ 。

溶液中金属离子浓度越高,树脂对其的吸附量越大。 $\text{Cu}^{2+}$  在离子浓度为 8~10 mmol/L 时,树脂对其的吸附增量趋缓。

高吸水性树脂是非线性聚合物,是具有一定交联度的高分子电解质,树脂对不同离子的吸附能力,主要是树脂构成以及被吸附离子的浓度、性能等因素决定。一定浓度的  $\text{Ca}^{2+}$  存在,会极大影响丙烯酸丙烯酰胺共聚高吸水性树脂对  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$  等其他离子的吸附。

因此高吸水性树脂在实际环保、重金属离子回收应用时,应尽可能去除溶液中  $\text{Ca}^{2+}$  以提高树脂对过渡金属或重金属的吸附能力。

### 参考文献:

- [1] 邹新禧.超强吸水剂[M].北京:化学工业出版社,2001.
- [2] 朱秀林.高吸水性树脂合成及性能的研究[J].高分子材料科学与工程,1993(3):20.
- [3] Kasgoz H, Ozgumus S, Orbay M. Modified polyacrylamide hydrogels and their application in removal heavy metal ions [J].Polymer, 2003(44):1785-1793.
- [4] 林杰,刘鸿洲,陈淳.高吸水性树脂吸附离子性能的研究[J].亚热带植物通讯,1997(1):11.
- [5] 鲍迪,王可答,刘利军,等.不同高吸水性树脂吸附金属离子的研究[J].化学工程师,2010(12):8.
- [6] Lee W F, Tu Y M. Superabsorbent polymeric materials (IV) Swelling behavior of crosslinked poly [sodium acrylate-co-N, N-dimethyl(acrylamidopropyl) ammonium propane sulfonate] in aqueous salt solution[J]. J. Appl Poly.Sci.,1997(66):499.
- [7] 郑庆峰,郑建军,陈小娟,等.新型螯合纤维对重金属离子吸附性能的研究[J].水处理技术 2004,30(4):211-212.
- [8] 史永刚.仪器分析试验技术[M].北京:中国石化出版社,2012.
- [9] 郭秀春.高吸水性树脂开发应用及前景[J].合成树脂及塑料,1991(1):55.
- [10] 潘祖仁.高分子化学[M].北京:化学工业出版社,1985.
- [11] 邵学俊,董平安,魏益海.无机化学[M].武汉:武汉大学出版社,2003.
- [12] 章慧.配位化学 [M].北京:化学工业出版社,2010.

(责任编辑:叶丽娜)

## Study on Metal Ions Adsorptive Behaviour of Poly(Acrylic Acid-co-acrylamide) Superabsorbent Resin

LIN Hai

(1.Daoheng industry (Xiamen) I/E Co.,Ltd., Xiamen, Fujian 361003;

2.School of Advanced Materials, Peking University Shenzhen Graduate School, Shenzhen, Guangzhou 353100)

**Abstract:** The different ratio of monomer copolymerization of superabsorbent resin(Poly(acrylic acid-co-acrylamide)) was prepared from acrylic acid and acrylamide. Studied Poly (acrylic acid-co-acrylamide) adsorption ability of  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ , the influence of different ion concentration to the resin adsorption ion ability, and ion effect on the properties of resin absorption of other ions. The results showed that with the increase of acrylamide, resin adsorption ion ability decline, and the order is  $\text{Ca}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Pb}^{2+}$ . With the increase of ion concentration, the amount of resin adsorption ion increases. A certain concentration of  $\text{Ca}^{2+}$  will greatly decrease the resin adsorption of other ions.

**Key words:** superabsorbent resin;  $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Cu}^{2+}$ ;  $\text{Pb}^{2+}$ ; adsorption

# 分级多孔竹基炭/MnO<sub>2</sub> 复合材料的研究

付兴平, 陈培珍

(武夷学院 生态与资源工程学院, 福建省生态产业绿色技术重点实验室, 福建省竹材工程技术研究中心, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**生物质多孔炭材料以其环境友好、价格低廉、可再生等特点,是超级电容器理想的电极材料。以生物质竹废弃物为原材料,通过两步法制备分级多孔竹基炭/MnO<sub>2</sub>(ZC/MnO<sub>2</sub>)复合材料。首先将竹废弃物经过混合碱(KOH 与 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)活化,800 °C下炭化制备分级多孔竹基活性炭(ZC);然后通过水热法制备 ZC/MnO<sub>2</sub> 复合材料。用 N<sub>2</sub> 吸附、傅立叶红外光谱和扫描电镜对材料进行物理表征。结果显示,MnO<sub>2</sub> 较均匀的覆盖在竹基活性炭的表面,同时 ZC/MnO<sub>2</sub> 复合材料较好的保持了 ZC 的孔结构特征。电化学性能测试显示,ZC/MnO<sub>2</sub> 复合材料的比电容明显高于 ZC 的比电容,在扫描速度为 5 mV/s 时,比电容为 164.8 F/g,同时显示出良好的循环稳定性,经过 2 000 次循环,比电容保持率为 83.4%,显示出良好的应用前景。

**关键词:**竹;二氧化锰;多孔炭;电化学性能

**中图分类号:**O646.21 **文献标识码:**A **文章标号:**1674-2109(2016)12-0011-05

随着智能电器和新能源汽车的不断发展,对储能器件的要求也不断提高,而超级电容器作为一种具有高功率密度、高倍率充放电性能、良好的循环稳定性以及安全性等优点,逐渐成为一种理想的新型储能器件<sup>[1-2]</sup>。超级电容器主要由电极和电极材料组成,而电极材料是影响超级电容器电化学性能的关键因素,常见的电极材料有炭电极材料、聚合物电极材料和金属氧化物电极材料等<sup>[3-4]</sup>。而炭材料作为较成熟的电极材料,具有比表面积大,导电性好以及化学稳定性高等优点,是超级电容器理想的电极材料<sup>[5]</sup>。其电化学性能与炭的孔径分布,表面官能团及表面成分有着密切的关系,其制备方法包括聚合物模板法<sup>[6]</sup>、聚合物共混炭化法<sup>[7]</sup>、催化活化法<sup>[8]</sup>等。近些年,考虑到生物质材料成

本低、环境友好、可再生等优点,生物质炭材料逐渐成为重要的超级电容器电极材料,如以果壳、植物纤维、骨头等<sup>[9-11]</sup>制备活性炭。同时为进一步提高电极材料的电化学能,科学家们将炭材料与各种过渡金属氧化物(如 RuO<sub>2</sub>, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, NiO, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO<sub>2</sub> 等)进行复合<sup>[12-14]</sup>,以提高材料的法拉第准电容,成为一种重要的研究方向。

竹子是一种重要的生物质材料,具有生长周期短、产量高、孔隙结构丰富等特点,是制备炭材料理想的原料,且闽北地区竹类资源丰富,而竹材加工利用领域整体上处于低集约化、低水平的资源开发状态,因此如何将其有效的开发利用,提高竹子附加值是非常必要的。本论文从竹废弃物的综合利用出发,以武夷山竹废弃物作为原料,通过混合碱活化,高温炭化制备分级多孔竹基炭,然后通过水热沉淀法制备 ZC/MnO<sub>2</sub> 复合材料,并对其物理表征和电化学性能研究。

## 1 实验材料与方法

### 1.1 ZC 以及 ZC/MnO<sub>2</sub> 复合材料制备

以武夷山的竹废弃物作为原材料,将其粉碎,洗

收稿日期:2016-10-21

项目基金:福建省生态产业绿色技术重点实验室开发基金(WYKF2016-13);校科研基金资助项目(XD201501);福建省教育厅 JK 基金项目(JK2014052);福建省大学生创新创业训练计划项目(201610397038)。

作者简介:付兴平(1987-),男,汉族,助教,主要从事电化学方面的研究。

干净并干燥得到竹子粉末。称取 3 g 竹子粉末与混合碱 (KOH 与  $K_2CO_3$  质量比 1:1) 按质量比 1:1 混合均匀, 并加入 50 mL 蒸馏水, 70 °C 下搅拌 1 h, 然后放入烘箱中 100 °C 下加热至干燥, 将干燥的产物在氮气的保护下 800 °C 煅烧 3 h, 冷却后, 用 10% 稀盐酸浸泡, 并用蒸馏水洗涤至中性, 100 °C 干燥, 得到分级多孔竹基炭材料(记作 ZC)。

ZC/ $MnO_2$  复合材料以水热的方式进行制备。首先称取 0.5 g ZC, 将其加入到 80 mL, 0.05 mol/L 的  $KMnO_4$  溶液中, 搅拌 1 h, 然后将其倒入高压反应釜中, 120 °C 下水热 12 h, 将得到的产物过滤, 并用蒸馏水反复冲洗, 60 °C 下干燥一晚上, 得到 ZC/ $MnO_2$  复合材料。

## 1.2 物理表征及电化学性能测试

用 AVATAR330 型傅里叶红外光谱(FT-IR)仪测定样品在 4 000~400  $cm^{-1}$  扫速下的红外光谱图。用 GEMIN V II 239 型物理自动吸附仪测定样品的  $N_2$  吸附脱附等温曲线。用 TESCAN VEGA3 SBH 型扫描电子显微镜电镜(SEM)观察样品的表面形貌。

工作电极的制备: 分别以 ZC 和 ZC/ $MnO_2$  复合材料作为活性物质, 与乙炔黑及 PVDF 按质量比 8:1:1 混合均匀, 加入适量 N-甲基吡咯烷酮, 调成糊状, 均匀涂在面积为 1  $cm \times 1$   $cm$  的不锈钢网上, 于 60 °C 真空干燥一个晚上, 制成工作电极。

用 RST5200D 型电化学工作站对电极材料进行电化学性能测试, 分别以 ZC 和 ZC/ $MnO_2$  复合材料电极作为工作电极, 汞/氧化汞电极为参比电极, 纯石墨片电极为对电极, 2 mol/L KOH 为电解液, 组成三电极体系, 对电极材料进行循环伏安、恒流充放电、循环寿命等电化学性能测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 物理表征结果分析

图 1 是 ZC 的和 ZC/ $MnO_2$  的 SEM 图, 由图 1(a) 可知 ZC 表面有大量的 1  $\mu m$  左右的大孔, 这些大孔通道有助于离子的传输, 从而提高材料的高倍率充放电性能。图 1(b) 是 ZC/ $MnO_2$  复合材料的微观形貌图, 由图可知, ZC/ $MnO_2$  复合材料的基本保持 ZC 的形貌特征, 同时在竹炭的表面覆盖了一层非均匀的  $MnO_2$

颗粒, 使得表面较为粗糙, 但在一定程度上有助于电解液的渗透到材料中, 从而提高材料的电化学性能。

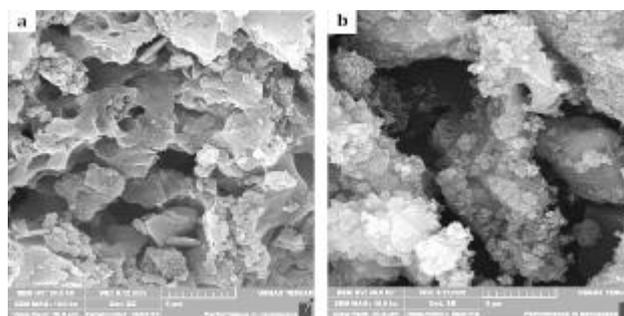


图 1 ZC 的 SEM 图(a)和 ZC/ $MnO_2$  复合材料的 SEM 图(b)  
Figure 1 SEM images of ZC (a) and ZC/ $MnO_2$  composite(b)

图 2 为 ZC 和 ZC/ $MnO_2$  复合材料的红外光谱图, 由图可知, ZC 和 ZC/ $MnO_2$  在 1 610  $cm^{-1}$  和 1 400  $cm^{-1}$  出有较强吸收峰, 主要是 -OH 的伸缩振动和 C-O 的伸缩振动产生<sup>[9]</sup>, 而 ZC/ $MnO_2$  在 582  $cm^{-1}$  出有明显的吸收峰, 这主要是 Mn-O 弯曲振动引起的, 说明复合材料中存在二氧化锰。

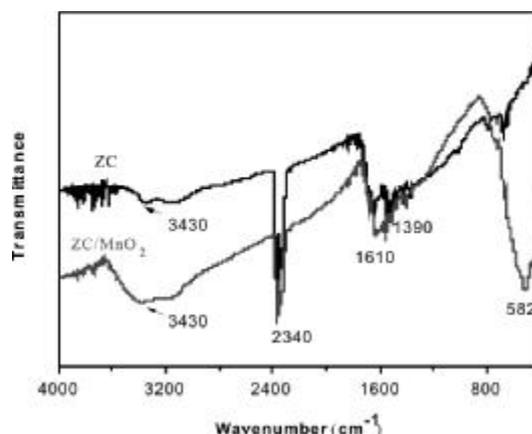


图 2 ZC 和 ZC/ $MnO_2$  复合材料的红外光谱图

Figure 2 FT-IR spectra of ZC and ZC/ $MnO_2$  composite

图 3 为 ZC 和 ZC/ $MnO_2$  复合材料的  $N_2$  吸附脱附曲线和孔径分布图, 由图 3(a) 可知, 在相对压力大于 0.45 Pa 时, 有明显滞后环, 说明 ZC 和 ZC/ $MnO_2$  复合材料具有大量的介孔存在<sup>[10]</sup>, 从  $N_2$  吸附脱附曲线也可以看出 ZC/ $MnO_2$  复合材料的吸附量相比于 ZC 有所降低, 主要是由于  $MnO_2$  覆盖在竹炭材料的表面, 在一定程度上会堵塞孔洞。由孔径分布图 3(b) 可知, ZC 和 ZC/ $MnO_2$  复合材料孔径分布主要在 30~45 nm 之间, 同时 ZC/ $MnO_2$  复合材料与 ZC 的孔径分布大致相似, 保持了 ZC 的孔径分布结构, 这与扫描电镜图推断结果是一致的。

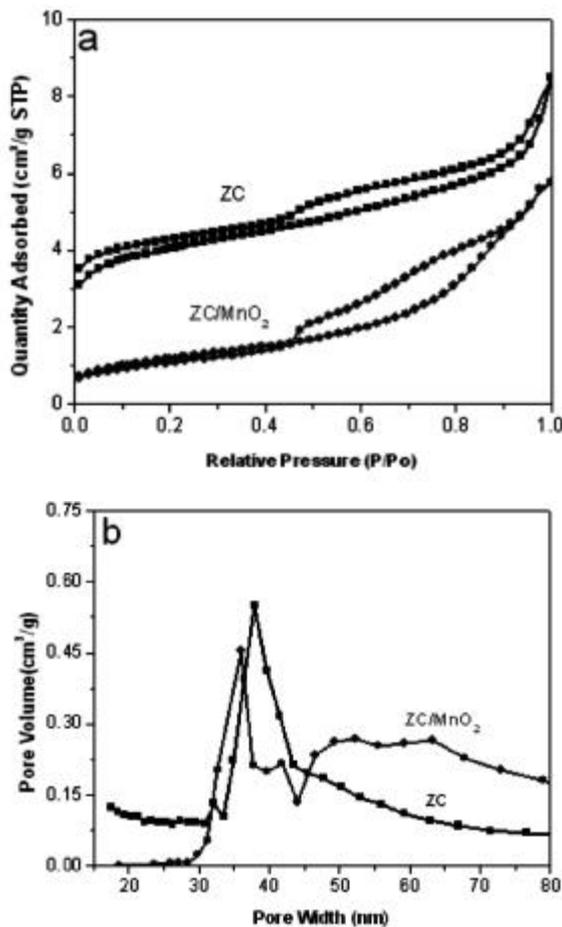


图3 ZC和ZC/MnO<sub>2</sub>复合材料的N<sub>2</sub>吸脱附曲线(a);  
孔径分布图(b)

Figure 3 Nitrogen adsorption-desorption isotherms (a);  
PSD curves (b) of ZC and ZC/MnO<sub>2</sub> composite

### 3.2 电化学性能测试

为观察ZC和ZC/MnO<sub>2</sub>复合材料的电容特性,采用三电极体系对电极材料进行循环伏安、恒流充放电、循环寿命等电化学性能测试。图4(a)是ZC和ZC/MnO<sub>2</sub>复合材料的循环伏安图,ZC的循环伏安曲线呈典型的类矩形结构,呈典型的双电层电容特征;而ZC/MnO<sub>2</sub>复合材料的循环伏安曲线具有明显的氧化还原峰,说明该复合材料不仅具有双电层电容特征,还具有赝电容,这有利于提高材料的电容特性,其氧化还原反应方程式主要是:

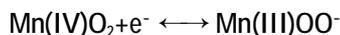


图4(b)是ZC和ZC/MnO<sub>2</sub>复合材料的比电容随扫描速度5~100 mV/s的关系曲线,由图可知,ZC和ZC/MnO<sub>2</sub>复合材料的比电容随扫描速度的增加呈下

降趋势,在扫描速度为5 mV/s时,ZC/MnO<sub>2</sub>复合材料的比电容为164.8 F/g,而ZC的比电容为131.6 F/g;而当扫描速度为100 mV/s时,ZC/MnO<sub>2</sub>复合材料的比电容是ZC的1.8倍,说明在同等条件下ZC/MnO<sub>2</sub>复合材料倍率性能相比于ZC有明显的提升。图4(c)是电流密度为1 A/g下恒流充放电曲线图,呈典型的三角形对称结构,显示出良好的电容特性和可逆性<sup>[7]</sup>,同时ZC/MnO<sub>2</sub>复合材料电极的充放电时间相比于ZC更长,比容量更高,这与循环伏安测定结果相吻合。

ZC和ZC/MnO<sub>2</sub>复合材料的循环寿命在扫描速度为20 mV/s下进行测试,图4(d)是电容量保持率随循环次数的关系曲线图,ZC由于其典型的双电层电容特征而显示出良好的循环寿命,经过2 000次循环后电容保持率达89.2%。相比较而言,ZC/MnO<sub>2</sub>复合材料经过2 000次循环后比电容保持率有所降低,为83.4%,其降低的可能原因主要是ZC进过复合后,在某种程度上会造成ZC的孔洞堵塞,同时MnO<sub>2</sub>在充放电的过程中会溶解于电解液中或从ZC表面脱落,这些都会在一定程度上破坏材料的稳定性,但从总体而言ZC/MnO<sub>2</sub>复合材料仍显示出较好的循环稳定性。

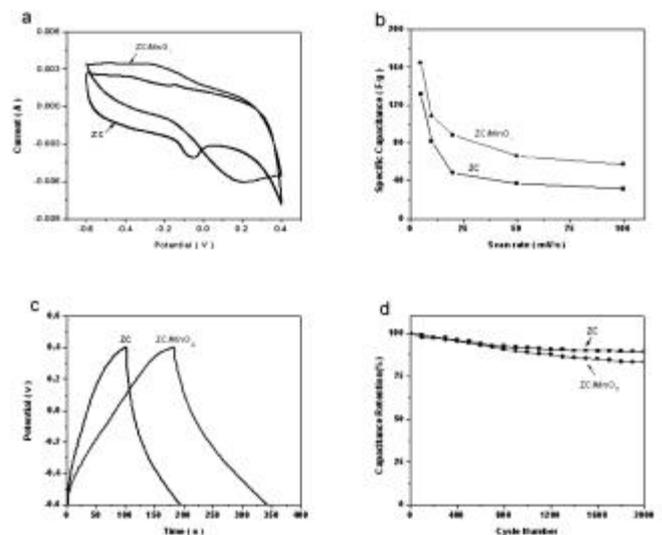


图4 ZC和ZC/MnO<sub>2</sub>复合材料电极的循环伏安曲线(a);  
不同扫描速度下的比电容(b);恒流充放电曲线(c);  
循环寿命测试图(d)

Figure 4 CV curves(a);specific capacitances calculated from CV  
curves(b);GCD curves(c);Cycling performance(d)  
of ZC and ZC/MnO<sub>2</sub> composite

### 3 结论

以武夷山竹废弃物为原料,通过混合碱活化,炭化,水热沉积法制备 ZC/MnO<sub>2</sub> 复合材料。结合 SEM 图、傅里叶红外吸收光谱、N<sub>2</sub> 吸脱附等温线和孔径分布图,ZC/MnO<sub>2</sub> 复合材料保存了 ZC 的孔结构特征,同时丰富的介孔结构有利于离子的传输,一定程度上提高了材料的电化学性能。通过电化学性能测试可知 ZC/MnO<sub>2</sub> 复合材料由于引入了 MnO<sub>2</sub>,增加了材料的赝电容,使得复合材料的比电容有大幅度的提升,同时对其进行循环寿命测试,经过 2 000 次循环,比电容保持率为 83.4%,显示出良好的循环稳定性。

### 参考文献:

- [1] Naoi K, Ishimoto S, Miyamoto J, et al. Second generation 'nanohybrid supercapacitor': evolution of capacitive energy storage devices[J]. *Energy & Environmental Science*, 2012, 5 (11): 9363-9373.
- [2] Xie K, Wei B. Materials and structures for stretchable energy storage and conversion devices[J]. *Advanced Materials*, 2014, 26(22): 3592-3617.
- [3] Shao Z, Li H, Li M, et al. Fabrication of polyaniline nanowire/TiO<sub>2</sub> nanotube array electrode for supercapacitors[J]. *Energy*, 2015(87): 578-585.
- [4] Wang X, Deng J, Duan X, et al. Fluorescent brightener CBS-X doped polypyrrole as smart electrode material for supercapacitors[J]. *Applied Energy*, 2015(153): 70-77.
- [5] Sevilla M, Fuertes A B. Direct synthesis of highly porous interconnected carbon nanosheets and their application as high-performance supercapacitors [J]. *ACS Nano*, 2014, 8(5): 5069-5078.
- [6] Strubel P, Thieme S, Biemelt T, et al. ZnO hard templating for synthesis of hierarchical porous carbons with tailored porosity and high performance in lithium - sulfur battery[J]. *Advanced Functional Materials*, 2015, 25(2): 287-297.
- [7] Hulicova D, Oya A. The polymer blend technique as a method for designing fine carbon materials [J]. *Carbon*, 2003, 41(7): 1443-1450.
- [8] Xiong C, Wei Z, Hu B, et al. Nitrogen-doped carbon nanotubes as catalysts for oxygen reduction reaction[J]. *Journal of Power Sources*, 2012, 215: 216-220.
- [9] Sun L, Tian C, Li M, et al. From coconut shell to porous graphene-like nanosheets for high-power supercapacitors[J]. *Journal of Materials Chemistry A*, 2013, 1(21): 6462-6470.
- [10] Long C, Jiang L, Wu X, et al. Facile synthesis of functionalized porous carbon with three-dimensional interconnected pore structure for high volumetric performance supercapacitors[J]. *Carbon*, 2015, 93: 412-420.
- [11] Chen H, Liu D, Shen Z, et al. Functional biomass carbons with hierarchical porous structure for supercapacitor electrode materials[J]. *Electrochimica Acta*, 2015(180): 241-251.
- [12] Ferris A, Garbarino S, Guay D, et al. 3D RuO<sub>2</sub> microsupercapacitors with remarkable areal energy[J]. *Advanced Materials*, 2015, 27(42): 6625-6629.
- [13] Kim S I, Lee J S, Ahn H J, et al. Facile route to an efficient NiO supercapacitor with a three-dimensional nanonetwork morphology[J]. *ACS applied materials & interfaces*, 2013, 5 (5): 1596-1603.
- [14] Bag S, Raj C R. Hierarchical three-dimensional mesoporous MnO<sub>2</sub> nanostructures for high performance aqueous asymmetric supercapacitors[J]. *Journal of Materials Chemistry A*, 2015, 4(2):587-595.
- [15] Qin S, Pan B, Wan S, et al. Use of hydrous manganese dioxide as a potential sorbent for selective removal of lead, cadmium, and zinc ions from water[J]. *Journal of Colloid & Interface Science*, 2010, 349(2):607-612.
- [16] Lei Z, Bai D, Zhao X S. Improving the electrocapacitive properties of mesoporous CMK-5 carbon with carbon nanotubes and nitrogen doping[J]. *Microporous and Mesoporous Materials*, 2012, 147(1): 86-93.
- [17] 江兰兰, 王先友, 张小艳, 等. 由 MOF-5 制备的活性多孔碳及其超级电容特性 [J]. *电源技术*, 2014, 38 (8): 1497-1500.

(责任编辑:叶丽娜)

## Research on Hierachically Porous Bamboo Derived Carbon/MnO<sub>2</sub> Composite

FU Xingping, CHEN Peizhen

(Fujian Key Laboratory of Eco-Industrial Green Technology , Fujian Bamboo Engineering

Technology Reserach Center, School of Ecology and Resources Engineering,

Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** Biomass-derived porous carbons are widely regarded as one of the most promising electrode materials for supercapacitors owing to their natural abundance, low-cost and renewable. In this study, a two-step process was utilized for constructing the hierarchically porous bamboo carbon/ MnO<sub>2</sub> (ZC/MnO<sub>2</sub>) composite, involving activation (KOH and K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) and carbonization of bamboo to obtain ZC and in situ hydrothermal treatment to incorporate MnO<sub>2</sub>. The products were characterized by nitrogen adsorption-desorption, FT-IR and SEM, the results showed that MnO<sub>2</sub> was uniformly distributed on the surface of ZC porous structure was well retained in the resultant ZC/MnO<sub>2</sub> composite. Based on electrochemical analytical measurements, ZC/MnO<sub>2</sub> composite exhibits much higher specific capacitance than of ZC, the specific capacitance of ZC/MnO<sub>2</sub> composite reaches 164.8 F/g at the scan rate of 5 mV/s. ZC/MnO<sub>2</sub> composite also displays favorable cycling stability with 83.4% capacitance retention after 2000 cycles, which shows great prospect in supercapacitors.

**Key words:** bamboo; manganese dioxide; porous carbons; electrochemical performance

# 壳聚糖-高岭土-丙烯酸-丙烯酰胺 四元共聚树脂制备与性能

王珍珍, 刘淑琼, 苏延飞, 吴方棣

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

**摘要:**采用正交设计的试验方法较全面地研究了壳聚糖(CS)和高岭土(KL)的添加,对丙烯酸(AA)/丙烯酰胺(AM)系列树脂在吸水和吸盐性能上的改善,并探讨了共聚成高吸水树脂的合成条件,优化出最佳的工艺生产配比与反应条件,得出制备吸水率最佳的合成工艺条件是:0.7%引发剂,3% CS,90%中和度,70 ℃,30%的 KL,10%AM 和 0.01%的交联剂,利用该优化的工艺合成的高吸水性树脂在去离子水中的吸水倍率为 612 g/g。红外测试表明该合成树脂为四种原料单体的接枝共聚物,而重复吸水性能的测试也表明该四元共聚树脂有较好的重复利用能力。

**关键词:**四元共聚树脂;吸盐;吸水;重复利用能力

**中图分类号:**TQ32 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2016)12-0016-06

高吸水性树脂(super absorbent resin, SAR)是一种能够吸水并保留相对于其本身质量要大很多的功能高分子材料<sup>[1]</sup>。因为其具有优良的吸水、保水特性,被应用在工农业、日常生活、医疗卫生等领域<sup>[2-3]</sup>。用可降解的天然高分子如壳聚糖、淀粉、海藻酸钠等制备高吸水树脂可以获得良好的生物降解性能<sup>[2-6]</sup>。同时为了进一步降低高吸水性树脂生产成本,改善其应用性能跟工艺性能,人们将传统的高吸水保水材料与其它无机物共聚或共混,例如硅藻土、蒙脱土和高岭土<sup>[6-9]</sup>等。

以壳聚糖为接枝主链,丙烯酸,高岭土和丙烯酰胺为接枝单体,用水溶液聚合法合成四元共聚高吸水

性树脂,并通过正交实验设计进行最佳实验条件的探索,分别讨论了各共聚组分的用量、交联剂用量,引发剂用量、反应温度及丙烯酸中和度对高吸水性树脂的吸水及吸盐倍率的影响,并探讨了样品的重复吸水率和结构,以期得到一种性能优良的高吸水性树脂。

## 1 实验部分

### 1.1 试剂与仪器

丙烯酸,过硫酸钾,氯化钠, N,N-亚甲基双丙烯酰胺乙酸,冰醋酸均为分析纯,壳聚糖为生化试剂,丙烯酰胺和高岭土为化学纯。

DHG-9075A 型电热恒温鼓风干燥箱;DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器;330 FT-IR 傅立叶红外光谱仪。

### 1.2 四元复合吸水树脂的正交因素水平设置

正交实验是一种高效、全面反映实验结果的实验设计方法。本文以正交实验设计  $L_{32}(4^9)$  确定实验过程中的因素水平,以此作为聚合反应的条件。并采用正交设计助手进行极差分析,并得到各因素对吸水和吸盐倍率的影响趋势图。因素水平设计如表 1。

收稿日期:2016-10-11

基金项目:国家级大学生创新创业训练计划项目(201510397006),福建省教育厅产学研项目(JA15508)。

作者简介:王珍珍(1994-),男,汉族,在校本科生,主要从事高分子吸水材料的研究。

通讯作者:刘淑琼(1985-),女,汉族,讲师,主要从事高分子材料的研究。

表 1 不同条件的正交因素水平表

Table 1 Different conditions of orthogonal factor level table

水平	因 素						
	AM A(%)	CS B(%)	KL C(%)	引发剂 D(%)	交联剂 E(%)	反应温度 F(°C)	中和度 G(%)
1	10	1	10	0.3	0.01	90	60
2	30	3	20	0.5	0.03	60	70
3	50	5	30	0.7	0.05	70	80
4	70	10	40	0.9	0.07	80	90

注:表 1 所有用量都是相对于丙烯酸质量分数。

### 1.3 四元复合吸水树脂的合成

称取适量的 CS 置于烧杯中,用 2%的乙酸溶液溶解,于水浴锅中磁力搅拌,至 CS 完全溶解,待用;AA 用 35%氢氧化钠溶液在冰水浴中中和,然后加入适量的 KL,搅拌均匀;将溶解好的 CS 溶液加入上述均匀体系,搅拌均匀;加入一定量的引发剂,搅拌 15 min,将温度升到试验温度,然后加入适量的 AM,搅拌均匀,最后加入适量交联剂。反应开始计时,待反应体系变稠之后再反应 2 h 结束反应,将产物用蒸馏水冲洗若干次,切成片状,烘干粉碎,收纳于自封袋备用。制备过程具体用量见表 1。

### 1.4 四元复合吸水树脂吸水(盐)性能测试<sup>[4]</sup>

准确称量  $m_1=0.2$  g 待测样品研磨成粉,放入 1 L 烧杯中,加入 0.8 L 蒸馏水,静置 24 h 后取出,用 100 目标准筛过滤至无水滴下,称量吸水后树脂的质量  $m_2$ ,计算吸水率 Q%,公式如下:

$$Q(\%) = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\%$$

吸氯化钠盐水的倍率测试如上,把蒸馏水改成 0.9%的氯化钠水溶液。

### 1.5 四元复合吸水树脂的重复吸水性能测试

取 0.24 g 的样品,浸泡到蒸馏水中充分吸水 24 h,然后测定吸水率,然后置于真空干燥箱中干燥 24 h,然后将烘干的样品再次进行吸水率测定。如此重复 5 次,以表征样品的重复吸水性<sup>[10]</sup>。

### 1.6 四元复合吸水树脂的红外性能测试

利用傅里叶红外光谱仪对复合材料的结构进行

表征,以简单说明四元复合体系的关系。

## 2 结果与讨论

### 2.1 四元复合吸水树脂的吸水、吸盐倍率的正交实验结果分析

表 2 吸水率(蒸馏水)的极差分析

Table 2 Range analysis of water absorption(distilled water)

均值	因 素						
	A	B	C	D	E	F	G
均值 1	169.120	165.086	106.258	137.526	226.535	116.530	163.354
均值 2	146.301	247.299	158.947	121.559	67.080	141.284	81.665
均值 3	136.595	125.697	173.265	245.410	175.596	175.596	131.981
均值 4	132.241	46.175	145.786	79.761	115.046	115.046	207.257
极差	36.879	201.124	67.007	165.649	159.455	82.935	125.592
优化	A <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>

表 3 吸盐率(0.9%NaCl 溶液)的极差分析

Table 3 Range analysis of salt absorption(0.9% NaCl solution)

均值	因 素						
	A	B	C	D	E	F	G
均值 1	19.900	28.012	23.776	18.989	23.857	20.844	22.039
均值 2	18.664	26.077	18.962	21.608	18.620	24.387	19.756
均值 3	24.174	18.549	22.463	26.159	21.877	21.119	19.506
均值 4	23.037	13.136	20.574	19.020	21.4201	19.425	24.474
极差	5.510	14.876	4.814	7.170	5.237	4.962	4.968
最优	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>4</sub>	D <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	G <sub>4</sub>

由正交实验极差分析显示,影响树脂吸水率的主次因素依次是 CS 含量(B)、引发剂用量(D)、交联剂用量(E)、中和度(G)、反应温度(F)、KL 用量(C)和 AM 用量(A)。B>D>E>G>F>C>A,可见 CS 相对于 AA 的含量、引发剂用量、交联剂用量和反应温度为最主要因素,KL 用量与 AM 用量影响最小。

从表 2 分析得到吸水率的最优方案为 A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>D<sub>3</sub>E<sub>1</sub>F<sub>3</sub>G<sub>4</sub>,因此得出制备吸水率最佳的合成工艺条件是:0.7%引发剂,3% CS,90%中和度,70 °C,30%的 KL 用量,10% AM 用量和 0.01%的交联剂用量。利用该优化的工艺进行吸水树脂的合成,得到的树脂的吸水倍率为 612 g/g,与正交设计的 32 组实验条件下得到的吸水树脂的吸水性能相比,确实具有最佳吸水倍率。

由表 3 的极差分析可以看出影响吸盐倍率的主

次因素依次是 CS 含量(B)、反应温度(D)、引发剂用量(A)、KL 用量(E)、交联剂用量(G)、AM 用量(F)和中和度(C),即影响因素为 B>D>A>E>G>F>C。可见 CS 含量和引发剂含量不仅对吸水率有重要影响,对吸盐倍率亦是如此。因此,从表 3 可得四元吸水树脂的吸盐倍率最好的工艺条件为:0.7%引发剂,5% CS 用量,90%中和度,反应温度 60℃,40%的 KL 用量,50%AM 用量和 0.01%的交联剂用量。利用该条件测定得到的吸盐倍率为 43.8 g/g。

## 2.2 各因素对四元复合吸水树脂的吸水和吸盐倍率的影响

### 2.2.1 壳聚糖用量的影响

CS 的加入量对树脂吸水和吸盐倍率的影响如图 1 (吸水和吸盐率相对于各因素都是用正交实验设计  $L_{32}(4^9)$  中同水平的均值,下同)。从图 1 可见,当 CS 用量为 3%时,树脂的吸水倍率最高,而树脂的吸盐倍率则是随着 CS 用量的增加而减少的趋势。随着 CS 用量的增加,导致聚合体系中 CS 骨架上引发产生的自由基增多,因而接枝共聚反应的速率加快,反应更充分,更有利于吸水树脂三维网络结构的形成;同时,CS 中含有亲水性的羟基,CS 的量增加,吸水树脂的吸水性能提高<sup>[3]</sup>。但当 CS 用量过高,吸水及吸盐倍率均下降,这可能是因为,接枝骨架产生的位点多,但参与接枝的单体量不够,导致三维网络结构的形成不均匀,不易于水分子和离子的储存。

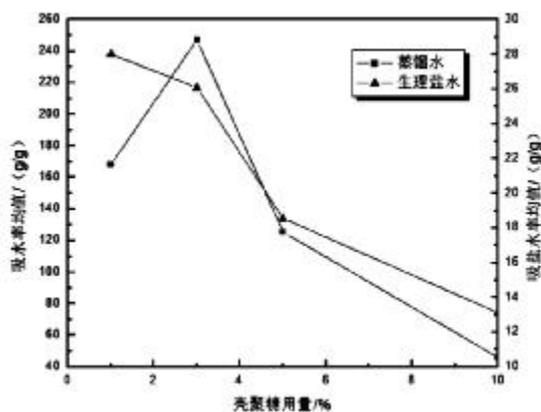


图 1 不同壳聚糖用量对吸水和吸盐倍率的影响  
Figure 1 The effect of different content of chitosan on the water absorption and the salt absorption

### 2.2.2 高岭土用量的影响

由图 2 中曲线可以看出,当 KL 含量低于 30%时,

样品的吸水倍率随 KL 含量增加呈上升趋势,KL 含量为 30%时制备样品吸水率最好,若含量继续增加则吸水倍率反而下降;而吸盐倍率则是随 KL 增加先减后增,在 30%达最大值。这是因为 KL 对吸水树脂的吸水和吸盐性能影响主要表现在以下方面:接枝到 CS 主链上的 KL 是具有多官能团且表面含有大量亲水性基团的物质;另外,KL 的接枝共聚在一定程度上也起到交联剂作用,与反应中加入的交联剂一起对吸水树脂的交联产生影响,有助于形成以 KL 微粒子为主要网格点且交联度适中的聚合物,从而有利于四元复合吸水树脂耐盐性和吸水性能的提高。但 KL 添加量过大时,交联点间距离变短,而其在复合吸水树脂中有效接枝部分没有增加,仅是质量上的机械混合,反而对聚合物网络间隙起到填充作用;另外,亲水性 KL 与树脂相比“吸水量”较低,因此样品的吸水性能和吸盐倍率必然有不同程度的下降<sup>[6]</sup>。

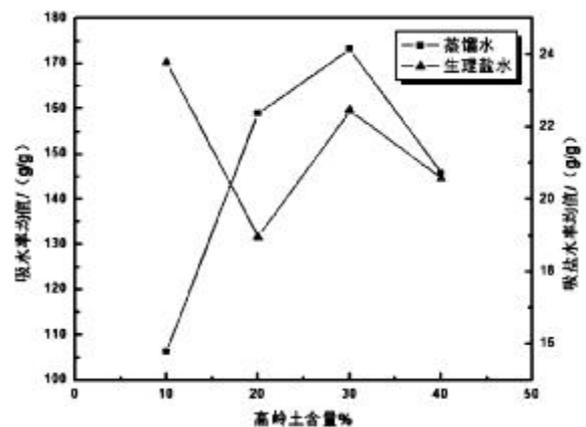


图 2 不同高岭土用量对吸水和吸盐倍率的影响  
Figure 2 The effect of different content of kaolin on the water absorption and the salt absorption

### 2.2.3 交联剂用量的影响

由图 3 看出交联剂的用量为 0.01%时,吸水树脂的吸水和吸盐倍率最大。交联剂在聚合体系中主要作用就是起交联作用,使得聚合物树脂能够形成三维网络结构。实验范围内当交联剂用量大于 0.01%时,反应及交联过度,致使交联密度增大,因此网络结构间的孔隙变小,使分子和离子不容易渗入树脂,另一方面树脂溶胀度也受限,因此树脂的吸水和吸盐能力降低;交联剂用量太少,交联度不够,聚合形成的树脂溶解性较大也不利于对水分的吸收和保持,因此交联剂应当适当,刚好满足交联度需求又不至于交联过度,

本实验得出的最佳交联剂用量为 0.01%。

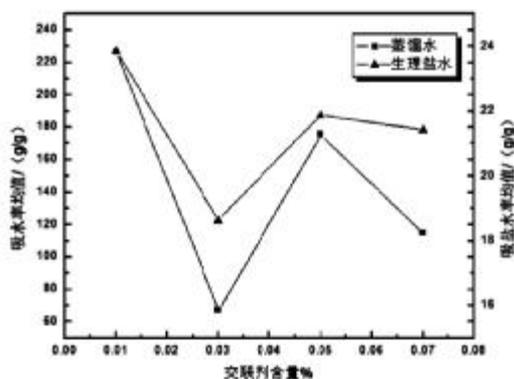


图 3 不同交联剂用量对吸水和吸盐倍率的影响

Figure 3 The effect of different content of cross-linking agent on the water absorption and the salt absorption

### 2.2.4 引发剂用量的影响

由图 4 可知,吸水树脂的吸水和吸盐倍率基本都随着引发剂的增加呈现先升后降的趋势,即存在最佳值。当引发剂用量较少时,树脂的吸水率不高,这是因为引发剂用量较少,引发剂产生的反应接枝点少,导致最终树脂的聚合度和交联度低,从而影响吸水率<sup>[1]</sup>和吸盐倍率;随着引发剂用量的增加,聚合速度加快,在 CS 分子链上的接枝点增多,有利于接枝反应形成三维网络的交联结构,有利于吸水和吸盐倍率的提高;但随着引发剂用量增加时,反应速度加大,容易造成交联度过大,交联度过大使得整个三维网络结构间的空隙减小<sup>[4]</sup>,水分子和氯化钠分子难以进入树脂,从而使得吸水及吸盐倍率均下降。另外从实际实验过程发现,当引发剂用量过大时聚合反应难以控制,容易暴聚,即产生凝胶效应,不利于反应的进行,因此,实验过程中引发剂的用量可取 0.7%。

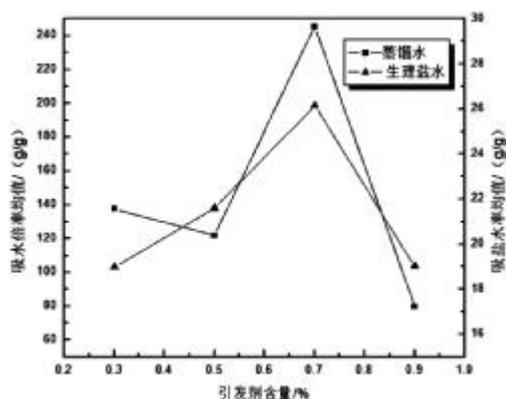


图 4 不同引发剂含量对吸水和吸盐倍率的影响

Figure 4 The effect of different content of initiator on the water absorption and the salt absorption

### 2.2.5 中和度的影响

本实验用 NaOH 做丙烯酸的中和剂。由图 5 可以看出,吸水树脂的吸水和吸盐倍率均随着中和度的增加呈现先降后升的趋势。当中和度小于 70% (对于吸盐率的则是小于 80%) 吸水树脂的吸水率是随着中和度增加而减小,这可能是因为在此范围内随着中和度的提升,聚合体系中 AA 含量大于丙烯酸盐,此时体系 pH 值较小,引发剂的分解速率常数较大,导致聚合速度较快,形成低分子量的聚合物,水溶性增加,因而吸水率下降<sup>[1]</sup>;另外,在弱酸性条件下有利于 CS 主链结构的溶解,从而使得整个网络体系不易形成。而当中和度大于 70% 后,吸水率上升,这可能是因为中和度增加,一方面可适当减缓反应速率,使交联程度降低,得到稳定的三维网络结构,有利于锁水;另一方面中和度增加提高了强亲水性的羧酸根离子含量,使交联网络内侧的渗透压增高,吸水倍率提升<sup>[3]</sup>。

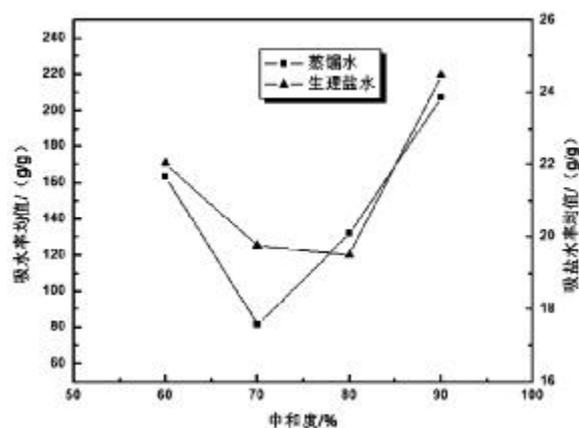


图 5 不同中和度对吸水和吸盐倍率的影响

Figure 5 The effect of different neutralization degree on the water absorption and the salt absorption

### 2.2.6 温度的影响

从图 6 可以看出吸水树脂的吸水速率随着反应温度的增加时先升后降,这可能是因为反应温度较低时,引发剂的分解速度较慢,导致反应速度降低,聚合度下降,因此树脂会随反应温度上升吸水率上升;但是当反应温度高,对反应速率影响很大,同时链终止及链转移增加,接枝共聚下降,不易形成大分子网络结构,树脂的相对分子量减小,聚合产品的水溶性增加,吸水率下降。综合吸水和吸盐倍率得出,反应温度以 70 °C 为宜。吸盐倍率在 60 °C 就出现最高值,随后即随温度上升而逐渐减小,比吸水率对温度的效应

更敏感,这可能是因为两者在树脂上的吸附形式不一样造成的。

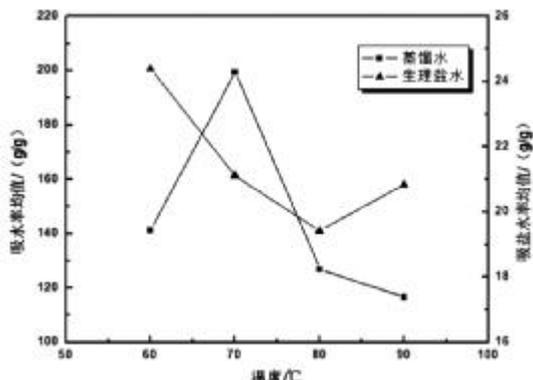


图6 不同温度对吸水和吸盐倍率的影响

Figure 6 The effect of different temperature on the water absorption and the salt absorption

### 2.2.7 丙烯酰胺用量的影响

从图7可以看出,吸水树脂的吸水倍率随着AM含量的增加而逐渐减少,这可能是因为体系中-CONH<sub>2</sub>含量的增加使得原本吸水性比其好的-COO<sup>-</sup>减少,故吸水率减少<sup>[12]</sup>;另一方面可能是过多的AM并没有接枝到CS主链上,因此不能起到应有的作用,反而还会起到空间阻碍作用<sup>[13]</sup>。而当AM含量大于30%后,则吸盐倍率反而有所上升,这可能是因为AM的提高,使共聚物大分子链上带有非离子性亲水基团,而侧基-CONH<sub>2</sub>在水中电离程度不大,故受离子影响不大,所以文中所合成的四元复合吸水树脂的抗电解质能力显著提高。

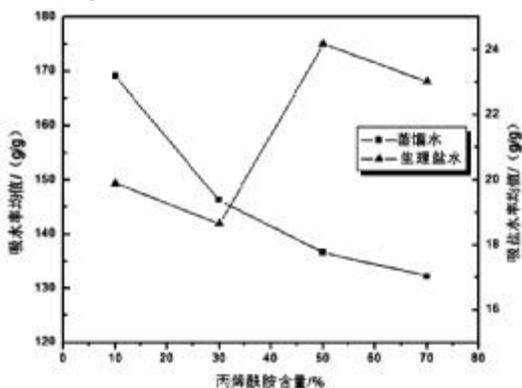


图7 丙烯酰胺用量对吸水和吸盐倍率的影响

Figure 7 The effect of different content of acrylamide on the water absorption and the salt absorption

### 2.3 四元复合吸水树脂的红外光谱图分析

图8为所得高吸水性树脂的红外光谱图,对照谱图中可知,1680 cm<sup>-1</sup>和1555 cm<sup>-1</sup>两处的吸收峰特

征峰分别为CS的酰胺I峰和酰胺II峰。除了CS的特征峰外,谱图中还出现新的特征峰,如1400 cm<sup>-1</sup>为羧基吸收峰<sup>[14]</sup>。620 cm<sup>-1</sup>,附近为聚丙烯酸的特征吸收峰,而AA在1636 cm<sup>-1</sup>和1616 cm<sup>-1</sup>附近的吸收峰(C=C伸缩振动)峰并没有出现。上述结果表明,接枝产物是以聚丙烯酸形式与CS接枝共聚的。另外图谱中3204 cm<sup>-1</sup>出现了酰胺基中的NH的伸缩振动吸收峰;2936 cm<sup>-1</sup>处为C-H的伸缩振动吸收峰,大概说明了复合体系中含有了丙烯酰胺<sup>[15]</sup>。1049 cm<sup>-1</sup>处出现了Si-O的特征吸收峰<sup>[13]</sup>,说明复合体系中含有高岭土成分。

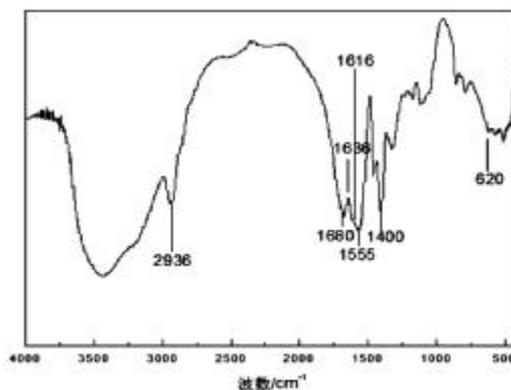


图8 四元复合吸水性树脂的红外光谱图

Figure 8 The FTIR of the quaternary copolymer resin

### 2.4 四元复合吸水树脂的重复吸水率测试

吸水树脂的重复吸水性能测试结果如图9所示。从图中可以看出该吸水树脂在多次重复使用时,其吸水能力逐渐降低,但较为缓慢,可以计算出在重复吸水3次后,其吸水能力为第一次吸水能力的62.9%,表明所制备的样品具有较稳定的吸水能力,可多次重复使用。

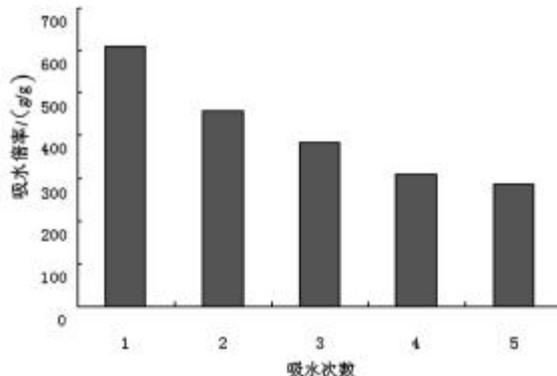


图9 四元复合吸水树脂的重复吸水性能

Figure 9 Repeat water absorbing performance of the quaternary copolymer resin

### 3 结论

实验采用溶液聚合法,应用正交设计的试验方法较全面地研究了壳聚糖和高岭土的添加,对丙烯酸/丙烯酰胺系列树脂在吸水和吸盐性能上的改善,并探讨了共合成高吸水树脂的合成条件,优化出最佳的工艺生产配比与反应条件,得出制备吸水率最佳的的合成工艺条件是:0.7%引发剂,3%壳聚糖,90%中和度,70℃,30%的高岭土用量,10%丙烯酰胺用量和0.01%的交联剂用量,合成的高吸水性树脂在去离子水中的吸水倍率612 g/g。红外测试表明该合成树脂为四种原料单体的接枝共聚物,而重复吸水性能的测试也表明该四元共聚树脂有较好的重复利用能力。

#### 参考文献:

- [1] 罗祥林. 功能高分子材料 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002, 38-40.
- [2] 张步宁, 刘永, 崔英德, 等. 基于可再生天然原料的绿色高吸水树脂的研究进展[J]. 材料导报, 2009, 23(9): 63-66.
- [3] 王开明, 黄慧莉, 王忠敏. 壳聚糖接枝聚丙烯酸高吸水树脂的制备及抑菌性能[J]. 工程塑料应用, 2011, 39(11):52-56.
- [4] 李桦军, 刘东辉, 王平艳. 马铃薯淀粉接枝丙烯酸制备高吸水树脂的合成[J]. 化学世界, 2014(4): 197-201.
- [5] 黄慧珍. 聚丙烯酸-海藻酸钠吸水树脂的制备及性能研究[J]. 广州化工, 2012, 40(12): 96-97.
- [6] 林健, 牟国栋, 李伟. 海藻酸钠-高岭土/聚丙烯酸-丙烯酰胺吸水树脂的制备及其性能 [J]. 科技导报, 2010, 28(3): 55-58.
- [7] 斯玛伊力·克热木, 买买提江·依米提. 丙烯酸-淀粉-硅藻土复合耐盐性高吸水树脂的紫外光引发合成及其性能[J]. 功能高分子学报, 2010, 23(2): 166-168.
- [8] 李志宏, 武继民, 关静, 等. 硅藻土-聚乙烯醇高吸水性树脂的合成及性能研究[J]. 化工新型材料, 2008, 36(9): 93-95.
- [9] 李廷希, 郑砚萍, 李坤, 等. 蒙脱土/丙烯酸高吸水性树脂的研究[J]. 化学推进剂与高分子材料, 2014, 12(3): 56-59.
- [10] 刘红果, 徐品. 高吸水树脂的合成工艺优化及其与尿素的互效作用[J]. 化工进展, 2011, 30(S1): 244-248.
- [11] 申艳敏, 孙保帅, 王天贵. 红薯淀粉-丙烯酰胺-丙烯酸三元共聚吸水性树脂的研究[J]. 粮油食品科技, 2013, 21(5): 16-18.
- [12] 李晟, 谢建军. 壳聚糖接枝丙烯酸-丙烯酰胺高吸水树脂的制备[J]. 精细化工中间体, 2010, 40(2): 54-58.
- [13] 林健, 牟国栋, 杨雪. 淀粉-高岭土/聚丙烯酸-丙烯酰胺高吸水树脂的制备和性能[J]. 科技导报, 2010, 28(14): 90-94.
- [14] 葛华才, 黄国荣, 文庆炳. 无引发剂下微波辐射法制备壳聚糖-丙烯酸高吸水材料 [J]. 材料导报, 2007, 21(11A): 85-87.
- [15] 王艳丽, 谭德新, 张恒. 三元共聚高吸水树脂的简易合成 [J]. 化工新型材料, 2014, 42(3): 27-29.

(责任编辑:叶丽娜)

## The Preparation and Properties of Chitosan-kaolin-acrylic Acid-acrylamide Quaternary Copolymerization Resin

WANG Zhenzhen, LIU Shuqiong, SU Yanfei, WU Fangdi

(School of Ecology and Resource Engineering, Science and Technology Innovation Public Service Center of Minbei Bamboo Industry, Fujian Key Laboratory of Eco-Industrial Green Technology, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** The effect on the water and salt absorption performance of acrylic acid (AA)/acrylamide (AM) series resins with different content of chitosan and kaolin were studied synthetically by orthogonal experimental design. Finally, the optimized craft production ratio and reaction conditions is: 10% acrylamide, 0.7% initiator, 3% chitosan, 90% of neutralization degree, the temperature of 70℃, 30% kaolin and 0.01% cross-linking agent. It is shown that the water absorption rate can reach 607g/g. The FT-IR test show that the quaternary copolymer resin was synthesized by the four monomer copolymer, and repeat the performance of water absorption tests also show that the quaternary copolymer resin has a good recycle ability.

**Key words:** quaternary copolymerization resin; salt absorption; water absorption; recycle ability

# 烘焙对武夷岩茶生化成分影响及品质相关性分析

李少华<sup>1</sup>, 陈荣冰<sup>1</sup>, 王飞权<sup>1</sup>, 胡春蓉<sup>1</sup>, 刘安兴<sup>2</sup>

(1.武夷学院 茶与食品学院, 福建省高校茶叶工程研究中心, 中国乌龙茶产业协同创新中心, 福建 武夷山 354300;

2.武夷山香江茶业有限公司, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**研究了不同烘焙次数水仙茶品质因子之间、生化成分与品质因子之间的关系,结果表明,香气、汤色、滋味是烘焙过程中岩茶品质形成的关键因子,烘焙过程中与品质因子显著相关的生化指标为咖啡碱、表没食子儿茶素没食子酸酯、茶多酚、氨基酸、儿茶素、表儿茶素、没食子儿茶素、表儿茶素没食子酸酯、表没食子酸儿茶素。

**关键词:**武夷岩茶;烘焙;茶叶品质;生化指标

**中图分类号:**TS272.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2016)12-0022-04

烘焙是武夷岩茶制作的最后一道工序,也是形成独特品质的关键工序<sup>[1-2]</sup>,素有“武夷焙法,实甲天下”之说,烘焙一方面减少了茶叶的含水量,去除茶叶异味,另一方面通过高温烘焙促进内含物质特别是水浸出物、氨基酸、茶多酚<sup>[2]</sup>等转化,从而影响茶叶滋味的形成。目前对烘焙技术的研究主要集中在烘焙的方式<sup>[3]</sup>,烘焙条件<sup>[4-5]</sup>对生化成分的影响,而对品质相关性方面的研究尚未见报道,本研究以目前武夷岩茶最大种植品种水仙茶<sup>[6]</sup>为研究对象,研究不同烘焙次数水仙茶生化成分变化与品质之间的关系,为武夷岩茶烘焙工序的品质客观评价提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 实验原料

本试验所采用的原料是按传统武夷岩茶生产工艺制作而成的水仙毛茶,按照烘焙原则结合感官审评,进行两次烘焙,茶样烘焙温度均为 140 ℃,时间为 2 h,冷却后密闭保存,两次烘焙间隔 30 d,烘焙过程质量监控由国家级非物质文化遗产大红袍制作技艺传承人刘安心师傅完成。

#### 1.1.2 主要仪器

电子天平 (Sartorius BS224S); 高效液相色谱仪 (Agilent1260 型); 茶叶烘焙机 (广东饶平特力烘干机械厂); UV-1880 紫外分光光度计 (上海美普达仪器有限公司); ZFD-A5040A 新型鼓风干燥箱 (上海精宏实验设备有限公司); XB-C18 极限色谱柱 (5 μm, 4.6 mm×150 mm, Welch 公司); 1 000 μL 移液器 (Thermo)。

#### 1.1.3 主要试剂

乙腈 (美国天地公司, 色谱级); 乙酸、甲醇、乙二胺四乙酸、抗坏血酸、酒石酸亚铁、磷酸氢二钾、磷酸二氢钾、碱式乙酸铅、盐酸、硫酸、磷酸、茚三酮; 国药集团化学试剂有限公司, 均为分析纯; 儿茶素、咖啡碱等

收稿日期: 2016-07-21

基金项目: 中国乌龙茶产业协同创新中心项目资助 (闽教科 [2013]51 号); 福建省教育厅科技项目 (JAT160517); 福建省科技厅重点项目 (2013N0033)。

作者简介: 李少华 (1984-), 男, 汉族, 助教, 主要从事天然产物研究。

通讯作者: 王飞权 (1982-), 男, 汉族, 讲师, 主要从事茶叶种质资源及茶叶生物化学研究。

标准品购于成都瑞芬思生物科技有限公司;水为双蒸水。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 感官审评方法

参照茶叶感官审评方法 GB/T 23776—2009,邀请具有高级评茶员资质的老师和同学对水仙茶样品按外形(20分)、香气(30分)、汤色(5分)、滋味(35分)、叶底(10分)5项品质因子进行密码审评法。

### 1.2.2 水仙茶生化成分分析

水分的测定方法采用 GB/T 8304—2013。水浸出物的测定方法采用 GB/T 8305—2013。茶多酚测定方法采用 GB/T 8313—2002 酒石酸亚铁比色法。游离氨基酸含量的测定方法采用 GB/T 8314—2013 茚三酮比色法。

咖啡碱和儿茶素的测定<sup>[7]</sup>:采用高效液相色谱法,Agilent1260 高效液相色谱仪;色谱柱:XB-C18 色谱柱(Welth 5  $\mu\text{m}$ ×4.6 mm×150 mm);检测波长 231 nm;流动相 A 相为乙腈:水:磷酸(5:94.9:1,体积比);流动相 B 相为乙腈:水:磷酸(50:49.9:0.1,体积比);梯度洗脱,流速为 1 mL/min;柱温 40  $^{\circ}\text{C}$ ;进样量 10  $\mu\text{L}$ 。

### 1.2.3 数据分析

数据结果采用 SPSS19.0 版本进行相关性分析<sup>[8]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同烘焙水仙茶感官审评数据的结果分析

由表 1 可以看出,不同烘焙次数水仙茶感官评分总分分别为 84.30、88.11、89.63,水仙毛茶得分最低,水仙二次焙火得分最高。分品质因子看,外形得分最高的是水仙毛茶样为 18.56,可能是由于烘焙过程中存在人为破损,导致茶叶较碎影响得分;香气得分最高的是水仙二次烘焙样为 27.06,其次是一次烘焙样,可能是在高温烘焙下,随着时间的延长,水分蒸发较多,促进美拉德反应,糖苷类香气成分的转化;滋味得分最高的是水仙二次烘焙样为 31.36,其次是水仙一次烘焙样,可能是随着烘焙次数的增加,茶汤中内含物增加,茶多酚含量减少等有关;汤色表现最好的是二次烘焙样;叶底与外形较为一致,水仙毛茶表现较好。

表 1 不同烘焙水仙茶感官审评结果

Table 1 Sensory quality score of the baking Wuyi Rock tea assessed by the tea tasters

茶样	外形	香气	汤色	滋味	叶底	总分
毛茶	18.56	24.68	3.71	28.31	9.04	84.30
一次烘焙	17.60	26.64	4.18	30.87	8.82	88.11
二次烘焙	17.88	27.06	4.43	31.36	8.90	89.63
范围	18.01±0.49	26.13±1.27	4.11±0.37	30.18±1.64	8.92±0.11	87.35±2.75

### 2.2 不同烘焙水仙茶品质因子间的线性相关关系分析

由表 2 对不同烘焙水仙茶品质因子间的线性相关关系分析表明,各品质因子外形、香气、汤色、滋味、叶底相互之间以及分别与品质总分之间相关性较大,其中外形与叶底、香气与滋味、汤色与总分之间存在显著相关关系。对不同烘焙水仙茶样间外形和叶底与其它指标之间的主要为负相关;香气、汤色、滋味和总分之间为正相关,相关性达到 0.98 以上。表明烘焙水仙茶品质的各个因子之间相互影响,提示香气、汤色和滋味为水仙茶烘焙工艺的关键因子,在烘焙过程中应予以重点关注。

表 2 不同烘焙水仙茶品质因子间的线性相关关系分析

Table 2 Linear correlation coefficient between quality attributes of baking Wuyi Rock tea

品质因子	外形	香气	汤色	滋味	叶底
香气	-0.899	—	—	—	—
汤色	-0.804	0.983	—	—	—
滋味	-0.906	1.000*	0.98	—	—
叶底	0.997*	-0.861	-0.754	-0.869	—
总分	-0.843	0.993	0.998*	0.992	-0.797

注:\*表示  $p < 0.05$ 。

### 2.3 不同烘焙对水仙茶主要生化成分的影响

从表 3 可以看出,烘焙次数对水仙茶的生化成分产生较大的影响,对其变异系数进行分析发现:表没食子儿茶素变异系数最大为 50.73%;表没食子儿茶素没食子酸酯变异系数其次为 50%;儿茶素、没食子儿茶素、表儿茶素、表儿茶素没食子酸酯、氨基酸变异系数介于 36.65%~45.37%之间;水浸出物、咖啡碱、总茶多酚、没食子酸变异系数均小于 6.5%,表明烘焙次数对水仙茶中儿茶素类成分和氨基酸类成分影响较大。

表3 不同烘焙水仙茶生化成分分析

Table 3 Infusion constituents of baking Wuyi Rock tea

样品	水分 (mg/g)	水浸出物 (mg/g)	咖啡因 (mg/g)	茶多酚 (mg/g)	氨基酸 (mg/g)	儿茶素(mg/g)						
						C	GA	GC	EC	EGCG	ECC	EGC
毛茶	91.68	361.63	24.80	260.50	34.60	14.50	1.19	3.14	9.60	133.95	25.15	62.73
一次烘焙	80.31	386.35	23.80	255.30	21.70	9.47	1.18	1.31	6.17	68.34	14.17	22.50
二次烘焙	67.32	411.91	23.60	253.90	17.30	6.44	1.22	1.81	4.66	53.83	11.40	35.91
平均值	79.77	386.63	24.07	256.57	24.53	10.14	1.20	2.08	6.81	85.38	16.91	40.38
标准差	12.19	25.14	0.64	3.48	8.99	4.07	0.02	0.94	2.53	42.69	7.27	20.48
变异系数 (%)	15.28	6.50	2.67	1.36	36.65	40.16	1.57	45.37	37.19	50.00	43.01	50.73

水分随着烘焙次数的增加而减少,最高为水仙毛茶样(9.17%);水浸出物随着烘焙次数的增加而增加,最高为水仙二次烘焙样(41.19%);咖啡因随着烘焙次数的增加而减少,最高为水仙毛茶样(2.48%);茶多酚随着烘焙次数的增加而减少,最高为水仙毛茶样(26.05%);水溶性氨基酸随着烘焙次数的增加显著减少,最高为水仙毛茶样(3.46%);儿茶素方面,儿茶素随着烘焙次数的增加而减少,最高为水仙毛茶样(1.45%);没食子儿茶素随着烘焙次数的增加而发生显著变化,最高为水仙毛茶样(0.31%);表儿茶素随着烘焙次数的增加而减少,最高为水仙毛茶样(0.96%);表儿茶素没食子酸酯随着烘焙次数的增加而减少,最高为水仙毛茶样(2.52%);表没食子儿茶素随着烘焙次数的增加发生显著变化,最高为水仙毛茶样(6.27%)、表没食子儿茶素没食子酸酯随着烘焙次数的增加而减少,最高为水仙毛茶样(13.40%)。提示随着烘焙次数的增加除水溶性浸出物有所增加外,其余

成分基本为逐渐减少,说明烘焙过程中氨基酸、茶多酚、咖啡碱等成分在高温下发生了系列分解、转化、升华等反应。

#### 2.4 不同烘焙水仙茶生化成分与品质因子间相关关系分析

由表4对不同烘焙水仙茶生化成分检测结果与茶叶品质因子评价结果进行线性相关分析<sup>[9]</sup>显示,不同烘焙水仙茶中水分、水浸出物、咖啡碱、茶多酚、氨基酸、儿茶素、没食子儿茶素、表儿茶素、表没食子儿茶素没食子酸酯、表儿茶素没食子酸酯、表没食子酸儿茶素与各品质因子及品质总分之间相关性较大,其中茶多酚与香气、滋味与总分呈显著负相关关系;氨基酸与总分呈显著负相关关系;儿茶素与汤色呈显著负相关关系;没食子儿茶素与外形呈显著正相关关系;表儿茶素与汤色、总分呈显著负相关关系;表没食子儿茶素没食子酸酯与滋味呈显著负相关关系;表儿茶素没食子酸酯与香气、滋味呈显著负相关关系;表

表4 不同烘焙水仙茶生化成分与品质因子间相关关系分析

Table 4 Linear correlation coefficient between the infusion chemical constituent and tea quality attributes of baking Wuyi Rock tea

品质因子	水分	水浸出物	咖啡因	茶多酚	氨基酸	C	GA	GC	EC	EGCG	ECC	EGC
外形	0.660	-0.682	0.903	0.882	0.860	0.784	0.031	1.000*	0.830	0.897	0.887	0.999*
香气	-0.923	0.933	-1.000**	-0.999*	-0.997	-0.977	0.410	-0.908	-0.990	-1.000**	-1.000*	-0.878
汤色	-0.977	0.983	-0.981	-0.989	-0.995	-0.999*	0.569	-0.816	-0.999*	-0.984	-0.988	-0.776
滋味	-0.916	0.928	-1.000**	-0.999*	-0.995	-0.973	0.396	-0.914	-0.988	-1.000*	-0.999*	-0.885
叶底	0.598	-0.621	0.866	0.842	0.817	0.732	0.110	0.995	0.783	0.859	0.848	0.999*
总分	-0.961	0.968	-0.992	-0.997*	-0.999*	-0.995	0.512	-0.854	-1.000*	-0.994	-0.996	-0.817

注:\*表示  $p < 0.05$  \*\*表示  $p < 0.01$

没食子酸儿茶素与外形、叶底呈显著正相关关系;咖啡碱与香气、滋味呈极显著负相关关系;表没食子儿茶素没食子酸酯与香气呈极显著负相关关系。表明烘焙水仙茶不同化学成分的变化对感官品质的影响存在差异,部分成分的对品质的影响较为明显,而另一些成分对品质的影响较小,提示与水仙茶烘焙工艺品质相关的关键生化指标为咖啡碱、表没食子儿茶素没食子酸酯、茶多酚、氨基酸、儿茶素、表儿茶素、没食子儿茶素、表儿茶素没食子酸酯、表没食子酸儿茶素,在烘焙过程中应予以重点关注。

### 3 讨论

岩茶的烘焙工序是形成岩茶独特品质的关键步骤,往往需要经过两到三次烘焙,在烘焙过程中需要经常对烘焙的茶叶进行感官评价,来调整烘焙条件,对不同烘焙水仙茶品质因子间的相关性分析发现,香气、汤色、滋味和总分之间为正相关,相关性达到0.98以上,提示水仙茶烘焙工艺的关键因子是香气、汤色和滋味。

岩茶品质的形成物质基础是其生化成分,通过对烘焙样生化成分与品质评价间的相关性分析,可找出对烘焙过程品质相关性较大的成分,有助于快速评价岩茶烘焙工艺,对不同烘焙水仙茶生化成分检测结与品质因子评价结果进行相关性分析表明,不同烘焙水仙茶中水分、水浸出物、咖啡碱、茶多酚、氨基酸、儿茶素、没食子儿茶素、表儿茶素、表没食子儿茶素没食子酸酯、表儿茶素没食子酸酯、表没食子酸儿茶素与各

品质因子及品质总分与之间相关性较大,提示与水仙茶烘焙工艺品质相关的关键生化指标为咖啡碱、表没食子儿茶素没食子酸酯、茶多酚、氨基酸、儿茶素、表儿茶素、没食子儿茶素、表儿茶素没食子酸酯、表没食子酸儿茶素。

### 参考文献:

- [1] 陈林,张方舟,张应根.闽北乌龙茶的制法[J].中国茶叶,2003(03):17-18.
- [2] 李少华,刘安兴,王飞权.武夷岩茶制作工艺对茶叶品质的影响[J].武夷学院学报,2015,34(9):11-14.
- [3] 林燕萍,张见明,黄莹蓉,等.温控炭焙对武夷岩茶生化品质的影响[J].宜春学院学报,2014,36(12):107-110.
- [4] 钟秋生,林郑和,陈常颂,等.烘焙温度对九龙袍品种乌龙茶生化品质的影响[J].茶叶科学,2014,34(1):9-20.
- [5] 江山,宁井铭,方世辉,等.焙火温度对条形乌龙茶品质的影响[J].安徽农业大学学报,2012,39(2):221-224.
- [6] 陈德华,陈桦,刘宝顺,等.武夷岩茶当家品种:水仙[J].福建茶叶,2011(3):39-43.
- [7] Yang X R, Ye C X, Xu J K, et al. Simultaneous analysis of purine alkaloids and catechins in *Camellia sinensis*, *Camellia ptilophylla* and *Camellia assamica* var. *kucha* by HPLC [J]. Food Chemistry, 2007, 100(3):1132-1136.
- [8] Liang Y R, Lu J L, Zhang L Y, et al. Estimation of black tea quality by analysis of chemical composition and colour difference of tea infusions [J]. Food Chemistry, 2003, 80(2):283-290.
- [9] 陈美丽,唐德松,龚淑英,等.绿茶滋味品质的定量分析及其相关性评价[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2014,40(6):670-678.

(责任编辑:叶丽娜)

## Effects of Baking on Biochemical Components and Quality correlation of Wuyi Rock Tea

LI Shaohua<sup>1</sup>, CHEN Rongbing<sup>1</sup>, WANG Feiquan<sup>1</sup>, HU Chunrong<sup>1</sup>, LIU Anxing<sup>2</sup>

(1.School of Tea and Food Science, Tea Engineering Research Center of Fujian Higher Education, Collaborative Innovation Center of Oolong Tea Industry in China, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300;

2.Wuyishan Xiangjiang Tea Industry Co.,LTD, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** The article studies the effects of baking on biochemical components and quality correlation of wuyi rock tea. The results indicated that aroma, infused, taste is the key quality factor of wuyi rock tea in the the baking process; caffeine, EGCG, Polyphenols, Amino acids, C, EC, GC, ECG, EGC had a great contribution to quality factor of wuyi rock tea in the the baking process.

**Key words:** Wuyi Rock Tea; baking; tea quality; biochemical criterion

# 香蕉风味酸乳的研制

赵泰霞, 李国平, 傅新征, 王淑培, 王昕岑

(武夷学院 茶与食品学院, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**以香蕉和脱脂奶粉为主要原料,制备香蕉风味酸乳。对香蕉浆用量、蔗糖添加量、脱脂奶粉添加量、发酵剂接种量、最佳发酵条件进行了研究。采用单因素试验和正交试验确定最佳工艺组合。结果表明:最佳配方为香蕉浆添加量 20%、脱脂奶粉添加量 10%、蔗糖添加量 11%;最佳发酵工艺参数为发酵温度 42 °C、发酵时间 7 h、发酵剂接种量 8%。成品乳黄色,质地均匀,风味独特,口感细腻,稳定性好。

**关键词:**香蕉;酸乳;工艺参数

**中图分类号:**TS252.42 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2016)12-0026-05

由于市场规模及加工方法有限,香蕉储存时间短,放置久了可致表皮发黑影响鲜果的风味品质,因此每年都有成批香蕉因褐变腐烂而浪费<sup>[1-3]</sup>。而酸乳市场的竞争愈发激烈,开发新的风味酸乳,增加酸乳品种,已成为势在必行的趋势。

香蕉酸乳是一种值得研发的低投入高产出的新型产品,可增加加工酸乳的种类,具有巨大的开发空间和可观的市场前景。利用乳酸菌发酵制成的香蕉酸乳,有机、纯天然、绿色、健康,符合消费者对现代高品质生活的需求,能获得很好的经济效益和社会效益。

将脱脂奶粉、香蕉浆经发酵生产复合酸乳,充分体现牛乳和香蕉的营养优势。这种发酵酸乳,风味独特,口感稠而不腻,果香、奶香完美结合,有助于清热解暑、利尿通便,同时富含蛋白质、维生素、矿物质等多种维持肠道菌群平衡的功能成分,不含胆固醇,是一种健康的时尚饮品,必然会深受消费者的喜爱。

收稿日期:2016-05-20

项目基金:福建省科技创新平台建设计划项目(2013N2009);  
福建省科技厅战略新兴产业重点项目(2014N0030)。

作者简介:赵泰霞(1983-),女,汉族,助教,主要研究食品工艺优化。

通讯作者:李国平(1966-),男,汉族,教授,主要研究植物资源与开发利用。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

香蕉(市售优质);脱脂奶粉(完达山牌);蔗糖(食品级);食品级 VC(郑州天顺食品添加剂有限公司);食品级柠檬酸(河北百味生物科技有限公司);食品级 CMC(保定市胜辉聚合物科技有限公司);发酵剂(保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌)(实验室菌种库自备)。

### 1.2 仪器设备

恒温培养箱:ZDP-A2050A 型,上海智诚分析仪器有限公司;移液枪: DGYD100~1 000 uL 型,大龙兴创实验仪器北京有限公司;立式压力蒸汽灭菌器:LDZX-30KBS 型,上海申安医疗器械厂;超净工作台:SW-CJ-1FD 型,苏州净化设备有限公司;电子天平:TE124S 型,赛多利斯科学仪器有限公司;打浆机:JYL-C051 型,九阳股份有限公司;电磁炉:21ES17-X 型,九阳股份有限公司。

## 2 制备方法

### 2.1 供试材料发酵剂制备

#### 2.1.1 菌种活化

将保加利亚乳杆菌与嗜热链球菌分别接种于脱

脂乳培养基中,37 ℃培养至凝固,传代三次至活性恢复。

### 2.1.2 发酵剂制备

将活化菌种以 2.5%的接种量分别移入装有脱脂乳培养基的灭菌三角瓶中,37 ℃培养 12~14 h,4 ℃冷藏备用<sup>[14]</sup>。

## 2.2 酸乳工艺要点

脱脂奶粉、蔗糖、水、稳定剂

↓

筛选→去皮→热烫→护色→打浆→混合调配→杀菌  
→冷却→接种

↓

成品←冷藏←发酵

### 2.2.1 筛选

选择成熟适度、成色新鲜、无伤烂且易于果肉分离的香蕉。用水洗净,然后手工去皮,除去不良部分,刮去香蕉内含黑芯<sup>[15]</sup>。

### 2.2.2 热烫

对于去皮的香蕉,在 100 ℃温度的煮锅内热烫 8 min<sup>[16]</sup>。然后置于 0.2%的柠檬酸护色液中护色 3 min<sup>[17]</sup>。

### 2.2.3 打浆

对香蕉果肉重量进行称重,按照其 0.5%加入柠檬酸和 VC,柠檬酸和 VC 比例为 2:1,选择用等量的水

进行打浆<sup>[1]</sup>。

### 2.2.4 预煮

将香蕉浆在 80 ℃锅中加热 5 min<sup>[16]</sup>。

### 2.2.5 乳液制备

用脱脂奶粉代替鲜牛奶,脱脂奶粉与水按 1:9 的比例进行调配。

### 2.2.6 调配

乳液、蔗糖、水、稳定剂(CMC 0.2%)、香蕉浆按一定比例调配,充分搅拌后分装到锥形瓶中,并密封好。

### 2.2.7 杀菌、冷却

将调配好后的混合液在 95 ℃高压灭菌锅中杀菌处理 8 min,杀菌完后放置于紫外线消毒过的洁净工作台,冷却至 38 ℃,准备接种。

### 2.2.8 接种、发酵

向发酵原液中接种发酵剂,在一定温度条件下培养至凝固。

### 2.2.9 后熟

将发酵好的产品置于冰箱中冷藏,后熟。

## 2.3 感官评价

选择 10 人作为感官鉴定小组,通过感官评价对成品色泽、香味、滋味、组织状态进行综合评分。感官评价标准见表 1。

表 1 感官评价标准

Table 1 Standard of sensory evaluation

感官指标	标准分值	感 观 评 价	具体分值
色泽	10 分	色泽均匀,呈乳黄色	8~10 分
		色泽较均匀,呈略乳白色	6~7 分
		色泽局部不均匀	3~5 分
		色泽不均匀,黄白相间	< 3 分
香味	30 分	具有香蕉特有的香气,与奶香协调好	26~30 分
		香蕉特有的香气不浓,与奶香较协调	16~20 分
		香蕉味较淡,发酵乳的香气突出	< 15 分
		香味不协调,有异味	< 15 分
滋味	40 分	口感细腻,酸甜适口,具有香蕉特有的滋味	36~40 分
		口感较细腻,酸甜较适口,香蕉特有的滋味突出	31~35 分
		口感较爽滑,酸甜较适口,香蕉特有的滋味不突出	26~30 分
		口感粗糙,酸甜不适口,香蕉特有的滋味不突出	< 25 分
组织形态	20 分	均匀一致,不分层,流动性好	17~20 分
		均匀,不分层,无沉淀	14~16 分
		分层不明显,无沉淀	10~13 分
		分层明显,有沉淀	< 10 分

### 3 试验结果

#### 3.1 香蕉浆添加量的确定

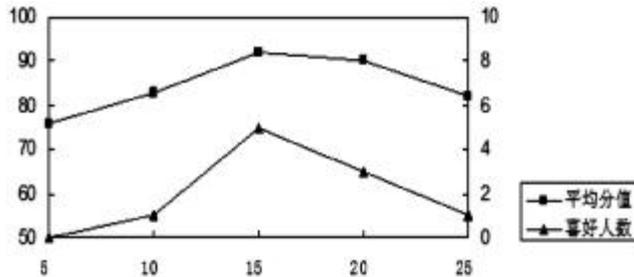


图 1 香蕉浆添加量对酸乳风味的影响

Figure 1 The influence of banana pulp on yogurt flavor

由图 1 可知,香蕉浆添加量对风味有较大的影响。香蕉浆添加量为 15% 时,感官评分最高。所得成品香蕉味与发酵乳的味道协调,风味好,口感爽滑细腻,组织状态均匀。发酵酸乳中果香味可体现酸乳的风味,如若香蕉味较淡或过重,都会影响品质。根据平均分,求得方差  $S_{12}$  为 41.8。

#### 3.2 蔗糖添加量的确定

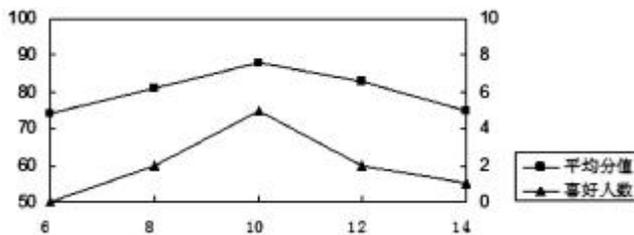


图 2 蔗糖添加量对酸乳风味的影响

Figure 2 The influence of sugar addition on yogurt flavor

由图 2 可知,蔗糖添加量对风味影响较显著。当蔗糖含量较高时,导致渗透压较高,抑制乳酸菌生长,产酸速度慢,使得成品口味偏甜。添加量为 10% 时,酸甜适口,感官评分最高,确定 10% 为最佳添加量。根据平均分,求得方差  $S_{22}$  为 33.7。

#### 3.3 脱脂奶粉添加量的确定

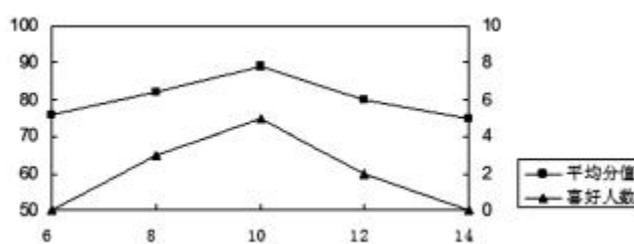


图 3 脱脂奶粉添加量对酸乳风味的影响

Figure 3 The influence of skimmed milk powder addition on yogurt flavor

由图 3 可知,脱脂奶粉的添加量对成品品质有影响。当脱脂奶粉的量为 14% 时,感官评价的分数最低。说明 14% 的脱脂奶粉添加量过多,使得乳饮料的奶味偏重,香蕉的风味不突出。组织状态较稠,流动性相对不好,影响口感。当脱脂奶粉添加量为 10%,香气协调最好,风味口感最佳,属最优水平。根据平均分,求得方差  $S_{32}$  为 31.3。

#### 3.4 发酵剂接种量的确定

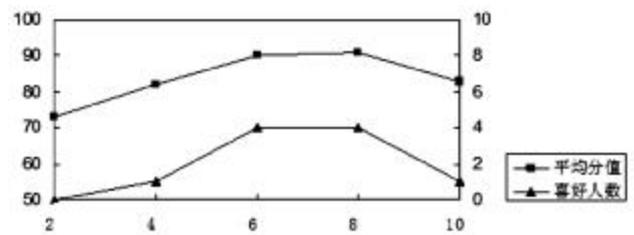


图 4 接种量对酸乳风味的影响

Figure 4 The influence of inoculum concentration on yogurt flavor

由图 4 可知,发酵剂接种量对成品品质有明显影响。当接种量为 10% 时,分数较低。说明 10% 的接种量偏大,以致发酵过度,产酸多,口感偏酸。而 2% 的接种量,发酵乳风味不突出,分数最低。6%、8% 的接种量分数较高,为较优水平。根据平均分,求得方差  $S_{42}$  为 52.7。

#### 3.5 发酵温度的确定

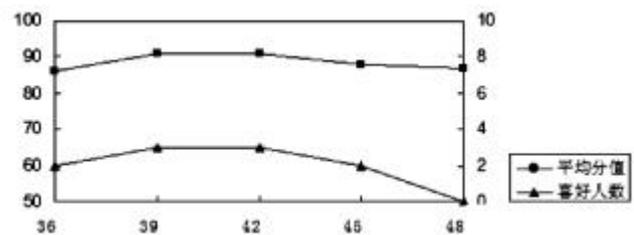


图 5 发酵温度对酸乳风味的影响

Figure 5 The influence of fermentation temperature on yogurt flavor

由图 5 可知,发酵温度对成品风味影响不明显。色泽均呈均匀乳黄色。发酵温度在 42 °C 时,香蕉味与奶味协调最好,口感柔和细腻,酸甜适口,质地均匀。随着温度逐渐上升,得分有所下降。故采用 42 °C。根据平均分,求得方差  $S_{52}$  为 5.3。

### 3.6 发酵时间的确定

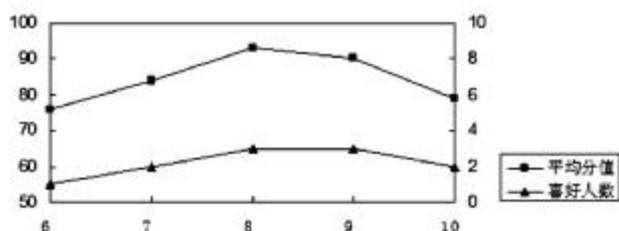


图6 发酵时间对酸乳风味的影响

Figure 6 The influence of fermentation time on yogurt flavor

由图6可知,发酵时间过长或过短,成品风味效果均不好。发酵时间6h,产酸少,酸乳酸味不足,发酵乳特有的风味不突出。香蕉酸乳的感官评价得分随发酵时间的延长逐渐上升。当发酵时间超过8h时,分值逐渐下降。说明发酵时间过长,乳酸含量增高,导致酸味过重。故发酵时间8h为最优水平。根据平均分,求得方差 $S_{62}$ 为51.3。

### 3.7 正交试验确定最佳配方

上述评分所得方差分别为: $S_{12}=41.8$ , $S_{22}=33.7$ , $S_{32}=31.3$ , $S_{42}=52.7$ , $S_{52}=5.3$ , $S_{62}=51.3$ 。因为 $S_{42}>S_{62}>S_{12}>S_{22}>S_{32}>S_{52}$ ,故试验选取香蕉浆添加量、蔗糖添加量、发酵剂接种量、发酵时间四个因素,在脱脂奶粉添加量为10%、发酵温度为42℃的条件下,按L9(3<sup>4</sup>)进行正交试验,以感官评分为指标(满分100分,10人次鉴定),确定最佳配方。结果见表2。

表2 正交试验结果

Table 2 Orthogonal test results

试验号	香蕉浆添加量 A	蔗糖添加量 B	菌种接种量 C	发酵时间 D	感官评分 (满分100分)
1	10	9	7	7	81
2	10	10	8	8	79
3	10	11	9	9	83
4	15	9	8	9	86
5	15	10	9	7	83
6	15	11	7	8	77
7	20	9	9	8	81
8	20	10	7	9	86
9	20	11	8	7	91
K1	243	248	250	255	
K2	246	248	256	237	
K3	258	251	247	255	
K <sub>1</sub>	81.000	82.667	81.333	85.000	
K <sub>2</sub>	82.000	82.667	85.333	79.000	
K <sub>3</sub>	86.000	83.667	82.333	85.000	
R	5.000	1.000	4.000	6.000	

由表2可知,试验号9得分最高,最优水平组合为香蕉浆添加量为20%,蔗糖添加量为11%,菌种接种量为8%,发酵时间为7h。由R值可知,影响香蕉酸乳风味的因素主次排序分别为D>A>C>B。即发酵时间>香蕉浆添加量>菌种添加量>蔗糖添加量。

## 4 结论

通过正交试验得到最佳配方:香蕉浆添加量20%、蔗糖添加量11%、脱脂奶粉添加量10%。香蕉酸乳的最佳发酵工艺参数为发酵剂接种量8%、发酵温度42℃、发酵时间7h。各因素对成品风味的影响大小为:发酵剂接种量、发酵时间对成品风味影响最大,发酵温度对成品风味影响最小。

试验研制所得的香蕉酸乳色泽均匀,风味独特纯正,香蕉特有的滋味及发酵乳的香味突出,口感细腻,酸甜适口。同时其含有的乳酸菌可助消化亦可提高免疫力,是一种新型营养保健酸乳。

## 参考文献:

- [1] 严汉彬,林岚岚,丁力行,等.香蕉发酵乳酸饮料的研制[J].安徽农业科学,2010,38(12):6494-6495.
- [2] 赵国建,杨公明,鲍金勇.香蕉营养保健价值及综合利用[J].食品研究与开发,2005,26(6):175-179.
- [3] 万鸿平.香蕉保健新发现[J].首都医药,2001,8(3):62.
- [4] 阿楠.盘点香蕉的保健功能[J].人人健康,2011(19):56.
- [5] 陈卉.香蕉的保健作用[J].国土绿化,2004(7):43.
- [6] 李洪运.香蕉的营养与保健[J].中国科技信息,2005(17):105.
- [7] 闫文杰,李鸿玉,艾秋实,等.香蕉和香蕉皮的加工利用[J].中国食物与营养,2008(12):31-33.
- [8] 高奇.凝胶型酸乳的制备及其质构流变特性研究[D].无锡:江南大学,2006.
- [9] 李银花,刘德玲.发酵乳的营养与保健作用[J].现代食品科技,2006,22(3):299-300.
- [10] 刁志民,于学军.发酵乳的营养价值及保健作用[J].中国乳品工业,1998,26(5):11-14.
- [11] 孙敏,郑铁生.发酵乳营养与保健作用的现状[J].求医问药,2011,9(1):91-92.
- [12] 宋昆冈.乳酸菌乳饮料国内外发展趋势[J].食品工业科技,2005(7):10-11.

- [13] 赵为,任俊,卢金珍.香蕉酸奶的研究[J].乳业科学与技术, 2009(5):235-237. 173-175.
- [14] 郭红转.枸杞发酵乳饮料的研制[J].山西食品工业,2003(4): 24-25. [17] 王雅萍,陈雷,姜桥,等.香蕉乳饮料加工工艺研究[J].农业机械,2011(9):98-100.
- [15] 夏晓明,彭振山.饮料[M].北京:化学工业出版社,2001. (责任编辑:叶丽娜)
- [16] 赵为.保健型香蕉酸奶的研制[J].乳业科学与技术,2010(4):

## The Preparation of Banana Yoghurt

ZHAO Taixia<sup>1</sup>, LI Guoping<sup>2</sup>, FU Xinzhen<sup>1</sup>, WANG Shupe<sup>1</sup>, WANG Xincen<sup>1</sup>

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

2. School of Ecology and Resources Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** Taking the banana and skimmed milk powder as the main raw materials, a fermented banana yogurt is developed. Using single factor test and orthogonal test, the optimum conditions were determined. The result showed that the optimal formula of the yogurt were banana pulp 20%, sugar 11%, and skimmed milk powder 10%. The optimum fermentation parameters were inoculum concentration 8%, fermentation temperature 42°C and fermentation time 7h. Under which the achieved yogurt presented milky, and tasted smooth with sweetness and sourness. They owned mixed flavor of banana and barmy milk.

**Key words:** banana; yogurt; process parameters

# 茵芋生物学特征观测

郑天汉<sup>1</sup>, 吴远彬<sup>2</sup>, 阮淑明<sup>3</sup>, 兰思仁<sup>4\*</sup>

(1.福建林业厅, 福建 福州 350003; 2.福建林业勘察设计院, 福建 福州 350001;  
3.福建林业职业技术学院, 福建 南平 353000; 4.福建农林大学, 福建 福州 350002)

**摘要:**调查观测茵芋的原生环境、生长特性及主要生物学特征, 电镜显微和拍摄了子房结构、胚珠、花粉形态等, 对茵芋主要生物学特征进行了补充记录。发现茵芋子代的雌雄株分化比例为 11.2:88.8, 茵芋花粉形态为近球形辐射对称, 花粉粒直径为 31.2~44.6  $\mu\text{m}$ 。茵芋花粉平均活力为 55.92%, 红墨水染色法和离体萌发法等能快速、准确、有效地测定花粉活力。

**关键词:**茵芋; 植物器官; 生物学; 特征

**中图分类号:**S718.43 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2016)12-0031-04

茵芋(*Skimmia reevesiana* fort), 芸香科茵芋属植物, 常绿小灌木, 树高 0.4~1.0 m。中国、日本、菲律宾等均有茵芋原生分布。在我国原生分布于北纬约 30°以南, 西北到云南东北, 东北到安徽黄山, 东南至台湾中部山区, 南至海南五指山山顶, 即东南沿海各省、台湾、湖南、湖北、广西、贵州、广东、云南、西藏喜马拉雅山有生长分布, 通常生长在海拔 1 200~2 600 m 地带<sup>[1]</sup>。茵芋为我国传统药用植物, 主治风湿痹痛、四肢挛急、两足软弱。具镇痛疗效的茵芋碱, 系从芸香科植物的根中分离得到<sup>[2-3]</sup>。多脉茵芋中分离出生物碱、花青素衍生物、香豆素衍生物、萜类化合物和脂肪酸, 多脉茵芋挥发油中分离出甲基多脉茵芋醇、蒲公英萜酮、吴茱萸素、香草木宁、拟芸香品、新植二烯、月桂酸甲酯等<sup>[4-5]</sup>。为促进茵芋种质资源保护及有效利用, 课题组开展驯化栽培、繁殖利用等系统研究<sup>[6-7]</sup>。鉴于目前尚未见到

较详细的茵芋生物学特性报道, 图片仍使用《中国植物志》中手绘的墨线图, 通过野外调查、定位观察、器官发育记录和拍照, 对茵芋生物学基本特性进行补充与完善, 期待为后续研究与开发利用提供基础。

## 1 材料与方 法

### 1.1 自然环境与材料来源

野生种质材料来源于福建三明。人工驯化栽培地点设在福建顺昌洋口国有林场, 其经度为 117°53'、纬度 26°50', 海拔 230~300 m, 年平均气温 18.5  $^{\circ}\text{C}$ , 1 月均温 6~15  $^{\circ}\text{C}$ , 7 月均温 24~35  $^{\circ}\text{C}$ , 极端最低温 -6.8  $^{\circ}\text{C}$ , 极端最高温 40.3  $^{\circ}\text{C}$ , 无霜期 280 d。观测植株置在棚高 2.5 m 的钢构大棚内, 棚顶覆盖一层透光率 70% 遮阳网。

### 1.2 调查与观察方法

2011~2016 年持续 5 a 对福建区域内茵芋分布进行调查, 植物群落采用典型样地调查法, 实地调查了茵芋的原生地生态环境、植株形态特征、器官特征及其发育过程, 对其器官特征进行测量和拍照。以定株观察方式对茵芋芽、叶、花序、雌蕊、雄蕊、果、种子等进行连续检测与观察记录, 对植物器官进行解剖和光学显微镜下观察拍摄<sup>[8-9]</sup>。茵芋花粉生活力采用 I2-KI 染色法、TTC 染色法、红墨水染色法和离体萌发法等

收稿日期: 2016-06-12

基金项目: 福建省科技项目(闽林科[2014]2 号、闽林计财[2014]97 号)。

作者简介: 郑天汉(1965-)男, 汉族, 高级工程师, 高级经济师, 主要从事森林培育的研究。

通讯作者: 兰思仁(1963-)男, 汉族, 教授, 博士生导师。主要从事森林景观的研究。

进行花粉染色<sup>[10-11]</sup>,光学显微镜下检测花粉活力。

## 2 结果与分析

### 2.1 形态特征

茵芋为多年生小灌木,树冠呈自然圆球形。单叶互生,全缘或中部以上有疏而浅的锯齿,叶片革质有光泽,较厚,有腺体,揉烂后有香气散发,叶片狭矩圆形、椭圆形或长圆状倒卵形,长6~12 cm,宽2~3.5 cm,顶端短渐尖,基部楔形,叶面翠绿光亮,叶背淡绿色,常聚生枝条上部;叶革质,中脉稍隆起,密被微柔毛,侧脉不明显;叶柄5~8 mm,淡红色。冬春季开花,花瓣卵状矩圆形,瓣长4~6 mm、瓣宽0.3~0.4 mm,同花序大小基本一致,花期可长达4个月。茵芋分枝及花枝多且密集,枝叶常绿,植株为直立茎生长,鳞芽,芽萌动始于2月份,日均气温15℃左右,野生状态下每年只在春季抽生1次新梢,植株开始萌芽生长的同时,花蕾也陆续开放。茵芋每枝条至少有1个顶芽,顶芽周围一般有3~5枚叶片,嫩枝上每叶柄基部有1个红色腋芽(侧芽),有的发育、有的不发育,嫩枝有不定芽。顶芽有的发育成1~3个花序,有的萌发为1~5个营养枝;侧芽和不定芽则发育为嫩枝,少见发育为花序。植株无明显主根,须根发达。

### 2.2 群落生境

茵芋原生种质资源极稀少,茵芋自然分布中呈丛生或单株生长,福建省至今仅发现野生种质5处,原生于海拔1400~2400 m的山地上,生长环境湿度大、多云雾,耐高山紫外线辐射,耐日气温温差变幅大,能耐-10℃的低温寒冷和霜冻,喜温湿,忌高温高湿干燥及烈日暴晒。适生土壤的pH值4.5,喜松软腐质土且透水透气性良好环境。群落结构中的主要植物为黄山松、波叶红果树、小果油茶、芒、芒萁、豪猪刺、圆锥绣球、中华里白、铃药栓、三脉紫宛、藤子石松等。

### 2.3 雌蕊分化

茵芋为聚伞状圆锥花序,顶生或头状花序顶生,花梗短,故而花密集,未开放时花蕾呈红褐色,两性花,但在生殖上表现为雌雄异株,蜂媒和风媒授粉。雌株茵芋在发育过程中雄花退化,雌花如图1。花瓣4片,十字形,花萼4枚,萼片宽卵形,边缘被短绒毛。花

瓣乳白色或乳黄色,或白色略带粉红,雌花盛开时有分泌物,淡淡清香;雌花中雄蕊退化成棒状花丝,与花瓣同数,为4根。雌花的花柱(图2),呈圆柱状,柱头4~5个头状凸出,浅黄色泽。雌花上位子房,近球形,四心室,每心室各发育1胚珠(图3),胚珠金黄色,授精胚珠发育呈浅褐色。未成功授粉的子房滞长,遂后花序逐渐凋零。



图1 茵芋雌蕊



图2 雌花柱头

Table1 *Skimmia reevesiana* pistil Table 2 Female flowers stigma



图3 子房与胚珠



图4 胚株发育成形

Table3 Ovary and ovule Table4 Embryo plant development

### 2.4 雄蕊分化

雄株茵芋在发育过程中雌花退化,雄花如图5。花苞初期呈浅绿色,临近花蕾开放时为粉红色或红褐色,花蕾有4枚花瓣,花苞着生4枚半圆形花萼,雌蕊退化成莲座状,莲座顶部有小短尖,莲座边缘着生4花柱,两花瓣之间各生长1花柱,花柱初期短小,盛开前迅速伸长伴随柱头膨大,柱顶着生椭圆形花粉囊如图6,纵裂成4瓣状,每瓣为1个花粉囊,花粉囊呈黄色,雄蕊花药为基着生,花粉成熟时瓣裂散出花粉,400倍电镜下可见红褐色圆形花粉粒如图7。2至4月陆续开花,盛花期3月底至4月中旬,乳白色小花密集开放,并散发出浓郁的芳香。为保证雌株茵芋受粉,受粉期内雌雄株隔株摆放,以便提高雌花受粉率。



图 5 雄蕊

Table 5 Stamen



图 6 花粉囊

Table 6 Clinandrium

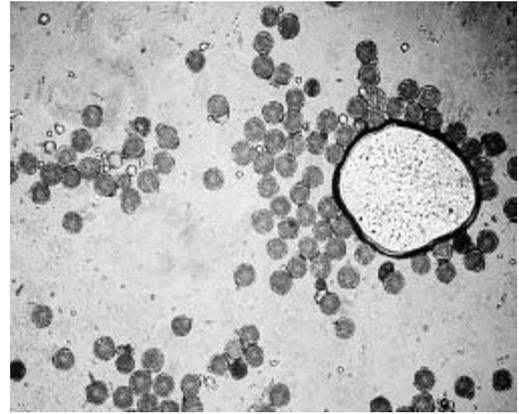


图 10 染色后有活力花粉粒

Table 10 After dyeing vitality of pollen grains

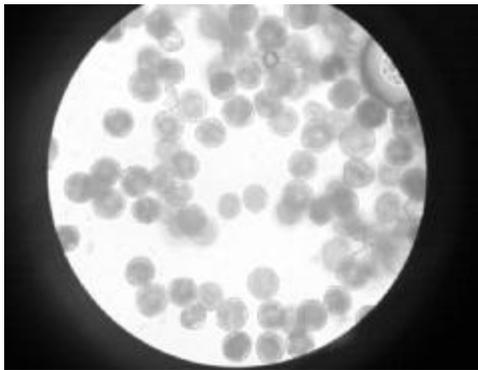


图 7 400 倍电镜下花粉粒

Table 7 Pollen grains under the 400 times electron microscopy

### 2.5 花粉特性

植物的花粉形状独特,遗传上具有较强的保守性和稳定性,其变异程度往往标志着该类群的进化水平。茵芋花粉均为单粒花粉,辐射对称,为近球形,极面观为圆形,赤道面观为圆形或椭圆形,如图 8、9。茵芋花粉直径最大为 44.6  $\mu\text{m}$ ,最小的为 31.22  $\mu\text{m}$ ,平均为 35.53  $\mu\text{m}$ 。I2-KI 染色法测定的花粉活力为 69.75%,红墨水染色法测定的花粉活力为 59.4%,离体萌发法测定的花粉活力为 38.6%,平均为 55.92%。花粉在红墨水染色法下,有活力花粉呈绿色如图 10。

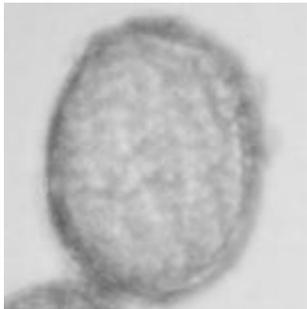


图 8 茵芋花粉粒赤道面观  
Table 8 Equatorial view of Skimmia pollen grains

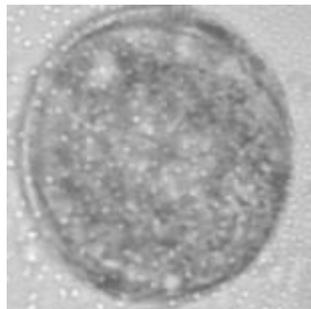


图 9 茵芋花粉粒极面观  
Table 9 Polar view of Skimmia pollen grains



图 11 果实  
Table 10 fruit



图 12 种子  
Table 12 seed

### 2.6 果实与种子

茵芋为浆果,圆形、矩圆形至卵状矩圆形,长 0.8~1.5 mm,茵芋浆果有毒,于 9 月底至 11 月成熟,果的大小与黄豆相近,未成熟时青色,秋、冬季成熟时果皮呈红色(图 11、图 12),茵芋秋冬季节红果满枝,久留不落,观赏效果佳。因此,茵芋集观叶、观花、观果、闻香等观赏价值,适宜盆景栽培。

对 2013-2015 年采集到的 12 个种批茵芋果实进行种子处理,每浆果具种子 1~4 粒,平均每浆果种子数为 2.6 粒。种皮和胚乳都为浅黄色,种子与绿豆大小相近,扁卵形,顶部尖,基部圆,双子叶。播种期 2 月至 4 月,种子平均发芽率 94.3%,萌芽持续期 20 d 左右,1 a 生茵芋实生苗成苗率 89.7%,1 a 生茵芋开花率 6.9%,2 a 生实生苗开花率 76.7%;其中,茵芋雌株比例 11.2%,雄株比例 88.8%。人工驯化栽培时,茵芋年生长过程出现 2 个生长期,第 1 次生长期为 2 月底至 7 月中旬,第 2 次抽梢为 9 月底至 11 月底,7 月中旬至 9 月底和 12 月至翌年 2 月处于休眠滞长状态。

### 3 小结

对茵芋植株的形态特征、雌雄蕊分化、子房结构、胚珠、花粉形态等生物学主要特征进行了补充记录。

2年生实生苗开花比率76.7%;其中,茵芋雌株比例11.2%,雄株比例88.8%。

花粉粒极面观为圆形,辐射对称,赤道面观为圆形或椭圆形,花粉直径最大为44.6 μm,最小的为31.22 μm,平均为35.53 μm。I2—KI染色法测定的花粉活力为69.75%,红墨水染色法为59.4%,离体萌发法为38.6%,平均为55.92%。

原生地土壤pH值4.5,松软腐质土且透水透气性良好。群落结构中的主要植物为波叶红果树、小果油茶、斑茅、芒萁等。原生地环境的多云雾笼罩,耐高山紫外线辐射,耐大幅度的日气温变化,能耐-10℃的低温寒冷和霜冻,忌高温高湿干燥及烈日暴晒。

#### 参考文献:

- [1] 黄成就.中国植物志[M].北京:科学出版社,1997:110.  
[2] 常志青.茵芋碱的镇痛解痉和镇静作用[J].中国药理学报,

- 1982(3):163.  
[3] 常志青.茵芋碱对小鼠大鼠和猴无身体依赖性[J].中国药理学报,1982(4):223.  
[4] 张洪杰,张明哲.多脉茵芋化学成分的研究[J].北京大学学报(自然科学版),1997(6):720-723.  
[5] 张洪杰,管宁宁,张明哲.多脉茵芋中挥发油化学成分的研究[J].北京大学学报(自然科学版),1996(2):135-138.  
[6] 郑天汉,李勇,吴远彬,等.茵芋驯化栽培与植物生长调节剂促进效应研究[J].天津农业科学,2016(8):125-129.  
[7] 郑天汉,张志才,李勇,等.基质与激素对茵芋扦插萌芽效应研究[J].山东林业科技,2016(5):23-28.  
[8] 陈常颂,彭艾,钟秋生,等.34份茶树种质的花粉形态特征研究[J].福建农业学报,2012(11):1219-1226.  
[9] 薛晓明,周用武,方彦.4种山茶属植物花粉形态的扫描电子显微观察[J].贵州农业科学,2012(5):25-28.  
[10] 李维林,濮祖茂.中国悬钩子属花粉的形态观察[J].植物分类学报,2001(3):234-237.  
[11] 赵鸿杰,乔龙巴图,殷爱华,等.3种山茶属植物花粉活力测定方法的比较[J].中南林业科技大学学报,2010(3):105-107.

(责任编辑:叶丽娜)

## A Study on the Biological Characteristics of *Skimmia reevesiana* Fort

ZHENG Tianhan<sup>1</sup>, WU Yuanbing<sup>2</sup>, RUAN ShuMing<sup>3</sup>, LAN Siren<sup>4</sup>

(1.The Fujian Provincial Forestry Department, Fuzhou, Fujian 350003; 2. Fujian Forestry Survey and Design Institute, Fuzhou, Fujian 350001; 3. Fujian Forestry Vocational and Technical College, Nanping, Fujian 353000; 4. Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002)

**Abstract:** A Study on the *Skimmia reevesiana* Fort is made concerning its primary environment, growth characteristics, and the main biological characteristics. First, the structure of its ovary, ovule, pollen morphology, etc. is observed through the microscopy research and technique, and then the main biological characteristics are filmed and recorded. It is found that for the offspring of the *Skimmia reevesiana* Fort, the male and female plant differentiation ratio is 11.2:88.8, and the pollen morphology is in nearly spherical radial symmetry, the pollen grain diameter is 31.2 ~ 44.6, the pollen vitality is 55.92% on average, and that red ink staining method and vitro germination method can be used to determine the pollen vitality quickly, accurately and effectively.

**Key words:** *Skimmia reevesiana* Fort; plant organs; biology; characteristics

# 重金属污染对冶炼厂附近农田土壤微生物活性的影响

王 涵

(武夷学院 生态与资源工程学院, 福建 武夷山 354300)

**摘 要:**为考察重金属污染对农田土壤微生物活性的影响,调查了冶炼厂附近农田土壤重金属含量、微生物量碳(Cmic)和土壤酶活性。结果显示:农田土壤受 Cu、Cd、Pb、Zn 轻度或中度污染。重金属污染降低了土壤 Cmic,却提高了脱氢酶、过氧化氢酶、多酚氧化酶、蛋白酶、转化酶、纤维素酶和碱性磷酸酶的活性,过氧化物酶活性主要受土壤颗粒组成影响,而酸性磷酸酶主要受土壤 pH 值影响。

**关键词:**重金属;污染;土壤酶;Cmic;农田土壤

**中图分类号:**Q89 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2016)12-0035-04

农田重金属污染不仅造成农作物减产和食品安全问题,而且改变土壤微生物群落结构及其活性,影响农田的可持续利用<sup>[1]</sup>。鉴于土壤微生物及其分泌的酶在土壤物质循环中所起的关键作用,重金属污染状况下农田土壤的健康状况必须结合生物和非生物指标进行全面的评价<sup>[2]</sup>。大量的研究显示,重金属污染抑制了微生物及土壤酶的活性,微生物指标对土壤重金属污染有指示作用。然而农田重金属污染大多属于复合污染,重金属间的协同或拮抗作用以及土壤理化因子的变化,使得重金属对农田微生物的活性影响较为复杂<sup>[3]</sup>。因此,重金属复合污染状况下,农田微生物功能变化及其作用机制值得深入探讨。为此,本文针对冶炼厂附近农田重金属污染状况和 C、N、P 循环相关酶活性进行了调查,分析影响微生物量和土壤酶活性的主要因素,以期为重金属污染农田的土壤健康评价和治理提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 土壤样品的采集和处理

土壤样品采集自福建省龙岩地区某冶炼厂附近农田,农田主要种植叶菜类,共采集 11 个表层土样( $\leq 20$  cm)。土壤样品采集后储存于 4 °C 冰箱,用于微生物活性分析。部分土壤样品风干后用于土壤理化性质和重金属含量分析。

### 1.2 土壤理化性质测定

采用重铬酸钾容量外加热法测定土壤有机质含量;采用电位法测定土壤 pH 值(水土比为 1:1);采用沉降法测定土壤颗粒组成;采用醋酸铵法测定 CEC。

### 1.3 土壤重金属含量分析

土壤样品采用  $\text{HClO}_4\text{-HNO}_3\text{-HCl-HF}$  法消解,原子吸收分光光度法(火焰或石墨炉)测定总 Cu、Cd、Pb、Zn、Ni 和 Co 总量。使用标准土壤样品作为质量控制,每批次土壤样品分析包括 30% 重复样品。

### 1.4 土壤酶活性和 Cmic 分析

采用比色法分别测定脱氢酶、多酚氧化酶、过氧化物酶、脲酶、转化酶纤维素酶、酸性磷酸酶和碱性磷酸酶的活性;采用滴定法测定过氧化氢酶的活性;采用氯仿熏蒸-重铬酸钾氧化法测定 Cmic。

收稿日期:2016-11-06

作者简介:王涵(1970-),男,汉族,讲师,主要研究方向为环境微生物。

### 1.5 数据分析

采用 Microsoft Excel 和 SPSS 进行数据处理和分析,单因素方差分析进行显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤基本理化特性和重金属含量

土壤 Cu 含量在 29.07~203.67 mg/kg 之间变化,平均值为 79.18 mg/kg(表 1)。大部分土壤样品的 Cu 含量低于我国酸性农田土壤的污染限定(GB 15618—1995),表明土壤仅受 Cu 轻微污染。Cd 浓度于 0.05~4.55 mg/kg 之间变化,平均值为 1.64 mg/kg。7 个土壤样品 Cd 含量大于 0.3 mg/kg,超过农田酸性土壤的上限,说明冶炼厂附近农田土壤被 Cd 严重污染。Pb 浓度在 68.46~767.43 mg/kg 之间变化,平均值为 319.64 mg/kg。4 个样品的 Pb 浓度超过酸性农田土壤的上限。总 Zn 浓度在 44.01~704.97 mg/kg 之间,平均值为

309.79 mg/kg。5 个土壤样品的 Zn 含量均高于酸性农业土壤的极限。样品 Ni 含量介于 1.39~22.53 mg/kg 之间,平均值为 11.75 mg/kg,均低于中国土壤 II 类环境质量标准。Co 含量位于 4.77~18.29 mg/kg 之间,平均值为 11.81 mg/kg。CEC 值在 5.44~17.65 cmol/kg 之间变化,平均值为 11.57 cmol/kg。土壤有机质含量范围在 32.10~72.50 g/kg 之间,平均值为 51.36 g/kg。土壤 pH 值范围为 4.61~7.53,平均值为 6.47,大都属于砂质粘壤土。

### 2.2 土壤 Cmic 含量的变化

Cmic 反映土壤微生物含量,是土壤肥力参数之一。土壤样品的 Cmic 值介于 168.00~573.82 mg/kg 之间,平均值为 321.53 mg/kg,不同地块之间 Cmic 具有统计学意义(表 2)。土壤 Cmic 与 Cu 含量呈显著正相关,与 Cd, Pb, Zn, Ni 和 Co 含量显著负相关,与 CEC 显著正相关,与其他因子无显著相关性(表 3)。总体上,重金属污染抑制了农田土壤微生物生物量。

表 1 土壤样品的重金属全量、有效态和土壤基本性质

Table 1 Total and available heavy metals and basic properties of soil samples

样品编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
总 Cu	70.09	50.70	55.65	29.07	50.86	76.07	203.67	82.64	134.01	81.91	36.26
总 Cd	4.19	2.63	4.55	0.73	1.44	3.66	0.16	0.13	0.31	0.18	0.05
总 Pb	767.43	587.50	583.20	146.20	204.04	573.77	146.26	155.96	144.27	138.96	68.46
总 Zn	704.97	572.52	596.25	218.66	269.59	680.43	76.36	44.01	98.51	99.98	46.36
总 Ni	18.08	18.21	20.86	18.27	19.56	22.53	1.89	1.49	1.80	1.39	5.21
总 Co	12.56	13.11	12.67	13.18	14.04	18.29	8.53	4.77	6.01	7.27	8.52
CEC	8.79	10.37	13.28	9.93	9.56	11.53	17.65	10.73	13.95	16.06	5.44
有机质	72.50	51.50	55.90	42.70	46.30	54.70	60.20	52.10	55.50	41.50	32.10
pH 值	6.96	6.66	6.8	6.89	6.45	7.53	6.78	5.5	6.52	6.5	4.61
砂粒(%)	43.14	47.53	37.70	52.35	55.36	59.75	38.22	65.02	59.41	45.64	72.79
粉粒(%)	32.42	28.32	34.47	23.21	23.73	17.76	31.94	20.55	18.19	28.44	9.90
黏粒(%)	24.44	24.15	27.84	24.44	20.91	22.49	29.85	14.44	22.40	25.92	17.31

注:重金属全量单位为 mg·kg<sup>-1</sup>;游离铁的单位为 mg·kg<sup>-1</sup>;CEC 的单位为 cmol·kg<sup>-1</sup>;可用 N,P 和 K 的单位为 mg·kg<sup>-1</sup>;有机质单位为 g·kg<sup>-1</sup>。

表 2 不同样品的土壤微生物生物量

Table 2 Soils Cmic of different samples

样品编号	LY09	LY12	LY15	LY18	LY20	LY22	SH01	SH05	SH06	SH08	SH16
Cmic(mg·kg <sup>-1</sup> )	232.63	183.61	201.44	353.18	168.00	198.12	569.84	381.96	573.82	402.86	271.34

表 3 土壤 Cmic 和土壤因子之间的相关系数

Table 3 Correlation coefficients between Cmic and soil factors

土壤因子	相关系数(r)	土壤因子	相关系数(r)	土壤因子	相关系数(r)	土壤因子	相关系数(r)
总 Cu	0.782**	总 Zn	-0.695*	pH	-0.083	砂粒	-0.040
总 Cd	-0.679*	总 Ni	-0.810**	CEC	0.624*	粉粒	-0.040
总 Pb	-0.609*	总 Co	-0.721*	有机质	0.069	黏粒	0.171

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

### 2.3 相对土壤酶活性的变化

土壤酶与微生物代谢密切相关,反映土壤微生物群落功能。由于土壤样品间 Cmic 差异较大,为消除微生物量引起的酶活性偏差,采用相对土壤酶活性<sup>[4]</sup>计算,见公式(1)。

$$\text{土壤酶相对活性} = \text{土壤酶活性} / \text{Cmic} \quad (1)$$

结果显示,脱氢酶相对活性与 Ni 的含量显著正相关(表 3);过氧化氢酶相对活性与 Cd、Pb、Zn、Ni、Co 的含量显著正相关;多酚氧化酶相对活性与 Cd、Pb、

Zn、Ni、Co 的含量显著正相关;过氧化物酶相对活性与土壤砂粒呈显著正相关,但与粉粒和黏粒含量呈显著负相关;蛋白酶相对活性与 Cd、Zn、Ni、Co 含量显著正相关;转化酶相对活性与 Cd、Pb、Zn、Ni、Co 含量显著正相关;纤维素酶相对活性与 Cd、Zn、Ni、Co 含量显著正相关;酸性磷酸酶相对活性与有机质含量和 pH 显著负相关;碱性磷酸酶相对活性与 Cd、Pb、Zn、Ni、Co 含量显著正相关。可见,大部分土壤酶活性变化与重金属含量密切相关。重金属刺激了大多数农田土壤酶

表 3 相对土壤酶活性和土壤因子之间的相关系数

Table 3 Correlation coefficients between soils enzyme comparative activities and soil factors

项目	脱氢酶	过氧化氢酶	多酚氧化酶	过氧化物酶	蛋白酶	脲酶
Cu	-0.357	-0.349	-0.444	-0.397	-0.560	0.181
Cd	0.286	0.729*	0.786**	-0.092	0.642*	-0.214
Pb	0.178	0.635*	0.741**	-0.162	0.548	-0.218
Zn	0.287	0.767**	0.850**	-0.100	0.683*	-0.284
Ni	0.607*	0.802**	0.839**	0.025	0.837**	-0.37
Co	0.558	0.858**	0.878**	0.083	0.849**	-0.341
CEC	-0.309	-0.179	-0.335	-0.557	-0.499	0.325
有机质	-0.049	0.209	0.208	-0.529	-0.009	-0.06
pH	0.131	0.553	0.474	-0.576	0.251	-0.191
砂粒	-0.118	-0.059	-0.02	0.755**	0.067	0.044
粉粒	0.178	0.055	0.023	-0.699*	-0.051	0.085
黏粒	-0.003	0.057	0.012	-0.730*	-0.085	-0.257
项目	转化酶	纤维素酶	酸性磷单酯酶	碱性磷单酯酶	—	—
Cu	-0.352	-0.447	-0.138	-0.457	—	—
Cd	0.807**	0.697*	-0.482	0.857**	—	—
Pb	0.633*	0.523	-0.541	0.725*	—	—
Zn	0.727*	0.632*	-0.569	0.822**	—	—
Ni	0.751**	0.795**	-0.537	0.864**	—	—
Co	0.679*	0.686*	-0.523	0.781**	—	—
CEC	-0.091	-0.156	-0.191	-0.076	—	—
有机质	0.204	0.143	-0.639*	0.262	—	—
pH	0.408	0.388	-0.818**	0.587	—	—
沙粒	-0.188	-0.218	0.559	-0.428	—	—
粉粒	0.201	0.281	-0.509	0.451	—	—
粘粒	0.134	0.075	-0.556	0.321	—	—

活性,而对过氧化物酶、脲酶和酸性磷酸酶活性则影响不大。土壤通透性决定农田过氧化物酶活性,而pH值则对酸性磷酸酶活性起关键作用。

### 3 讨论

重金属污染对土壤微生物群落影响较为深远,其效应包括微生物的数量减少、多样性降低、群落结构改变或代谢功能的变化<sup>[9]</sup>。本研究表明,冶炼厂附近农田土壤Cu、Cd、Pb、Zn大都属于轻度至中度污染状况。重金属污染虽然降低了农田微生物总量,却刺激了大部分土壤C、N、P循环相关酶的活性,少数土壤酶对重金属污染不敏感。前人的研究显示,中等程度重金属污染有增加了土壤微生物功能和遗传多样性的趋势。为应对重金属胁迫,微生物藉由生理生化过程进行解毒,由此提高了相关代谢过程的酶活性。重金属Cu、Cd、Pb或Zn间存在拮抗作用,从而减轻了毒性。农业用地一般有机质含量较高,重金属与土壤有机质或颗粒组分相结合后降低了生物有效性,进一步缓解了其毒副作用。从本研究结果来看,短期内重金属污

染并未阻碍农田C、N、P等关键元素的生物地球化学循环。但长远来看,重金属污染引起的农田微生物群落结构和功能改变将影响农田的可持续利用,值得深入研究探讨。

### 参考文献:

- [1] 樊霆,叶文玲,陈海燕,等. 农田土壤重金属污染状况及修复技术研究[J]. 生态环境学报, 2013, 22(10): 1727-1736.
- [2] 刘红侠,韩宝平,郝达平,等. 徐州市北郊农业土壤重金属污染评价[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(1): 159-161.
- [3] 谢学辉,范凤霞,袁学武,等. 德兴铜矿尾矿重金属污染对土壤中微生物多样性的影响[J]. 微生物学通报, 2012, 39(5): 624-637.
- [4] 程曼. 黄土丘陵区典型植物枯落物分解对土壤有机碳、氮转化及微生物多样性的影响[D]. 咸阳:西北农林科技大学, 2015:39-55.
- [5] 郭星亮,谷洁,陈智学,等. 铜川煤矿区重金属污染对土壤微生物群落代谢和酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(3):798-806.

(责任编辑:叶丽娜)

## Effects of Heavy Metal Pollution on Soil Microbial Activities in the Vicinity of Smeltery

WANG Han

(School of Ecology and Resource Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** Heavy metal concentration, Cmic and soil enzyme activity had been investigated in farmlands nearby a smelter for evaluating the effects of heavy metals on soil microbial community activities. The results showed farmland soils contaminated by Cu, Cd, Pb and Zn slightly or intermediately. Although heavy metal contamination reduced soil Cmic but increased dehydrogenase, catalase, polyphenol oxidase, protease, invertase, cellulase, and alkaline phosphomonoesterase activities. However, peroxidase and acid phosphomonoesterase activities were dominated by granulometric composition and pH value respectively. It is necessary to pay attention to heavy metal contamination in agricultural soils for the change of microbial community function.

**Key words:** heavy metal; contamination; soil enzyme; Cmic; agricultural soil

# 黄山松林分标准货币收获表的研制

许木正

(福建省周宁腊洋国有林场, 福建 周宁 355400)

**摘要:**为弥补黄山松林分货币收获表空白,以黄山松为研究对象,通过探讨林分货币收获表编制的基本原理和方法,构建了基于哑变量的地位指数模型及与立地质量有关的标准蓄积量模型。选用了 L-PRM 法作为林分直径分布概率预估技术,结合实测数据,建立了全林分模型和林分出材率模型,编制了黄山松标准货币收获表,对提高黄山松经营决策的科学性具有重要的实践意义。

**关键词:**黄山松;货币收获;哑变量;全林分模型;出材率模型

**中图分类号:**S757.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2016)12-0039-06

在过去计划经济时代,林木价格由国家制定,并按计划供应,所以确定森林最佳采伐年龄方面的研究主要在林木数量最大化上体现,而对经济效益方面的研究几乎为空白<sup>[1]</sup>。当前,林木价格由市场决定,林业生产单位在经济效益的驱动下,如何获得最大的经济效益已成为森林经营管理、确定采伐年龄的主要因素。而确定最佳的采伐年龄必须编制林分货币收获表。

林分货币收获表是林业数表一种,记载着某树种在不同立地质量下林木单位面积货币收获随年龄的变化量。这种林业数表不仅包括经济指标,而且记载林分生长量,所以既能提供林木产量,又能提供货币收获量。在评估森林资源资产、监测森林动态变化规律、管理森林资源、确定森林经营成熟等方面具有重要意义<sup>[2]</sup>。因此,在研究森林生长规律及森林评价技术的基础上,如何编制林分货币收获表等方面的研究具有重要的理论意义和广泛的实践应用前景。

黄山松为我国特有树种,也是福建省高海拔优良乡土用材及生态树种,分布面积仅次于湿地松,干形通直且材质优良,利用价值广,备受喜爱和关注<sup>[3]</sup>。长

期以来林业工作者对黄山松林业数表的研究极少,特别是在货币收获表编制方面为空白,所以本次以黄山松树种为研究对象,通过探讨编表基本原理和方法,试图建立该树种的全林分模型和林分材种出材率模型,进而编制黄山松林分货币收获表。

## 1 原理与方法

### 1.1 基本原理

在木材销售中,木材价格是按不同的小头去皮直径分别计价的。小头去皮直径不同,木材价格差异很大,且林业税费也是区分规格材和非规格材来征收的。因此,对于蓄积量相同的一系列林分,由于林分结构及平均胸径和平均树高的不同,其所能提供的木材品种(即材种,具有不同的小头去皮直径)及各材种的材积(即材种出材量)会有很大的差异,导致林分的经济价值也不相同。在森林资源调查中林分蓄积量、平均胸径、平均树高等是基本的测树因子,如何在给定林分蓄积量、平均胸径、平均树高的条件下,根据木材销售中各种小头去皮直径的木材价格,计算整个林分规格材和非规格材的平均价格,并据以推算林分和货币收获量,是一个很值得研究解决的问题,以下给出其测算的原理和方法。

收稿日期:2016-09-07

作者简介:许木正(1965-),男,汉族,工程师,主要从事森林资源培育、保护和利用研究。

设林分总株数为  $N$ , 第  $i$  径阶株数概率为  $f_i$ , 则相应的第  $i$  径阶株数  $N \times f_i$ 。在第  $i$  径阶中, 第  $j$  材种的材积为  $V_{ij}$  (分别指小头皮直径为 4、6、8 cm 等), 相应的木材价格为  $PR_{ij}$ , 那么, 该林分的总销售收入为

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^L N \times f_i \times PR_{ij} \times V_{ij}$$

其中  $k$  为径阶个数,  $L$  为材种个数, 而林分的各材种总材积为  $\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^L N \times f_i \times V_{ij}$ , 由此可得每立方米材种出材量的平均价格为:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^L N \times f_i \times PR_{ij} \times V_{ij}}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^L N \times f_i \times V_{ij}} = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^L f_i \times PR_{ij} \times V_{ij}}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^L f_i \times V_{ij}} \quad (1)$$

式(1)为平均价格的计算公式, 考虑到林业税费征收时, 规格材和非规格材的计征标准不一样, 因而要分别规格和非规格材计算平均价格。在式(1)中, 若  $PR_{ij}$  和  $V_{ij}$  所对应的为小头去皮直径 4、6、8、10、12 cm 的木材价格和材种材积, 则按(1)式计算的为非规格材平均价格  $E_2$ ; 若  $PR_{ij}$  和  $V_{ij}$  所对应的为小头去皮直径 14 cm 以上(含 14 cm)的木材价格和材种材积, 则按(1)式计算的为非规格材平均价格  $E_1$ 。

### 1.2 研究方法

根据上述基本原理编制林分货币收获表编制还需要建立林分生长模型、林分出材率模型。其中林分生长模型分为固定密度和可变密度 2 种类型, 固定密度全林分模型又可区分为标准收获表和经收获表, 为了说明林分经济价值的潜力, 以及便于比较, 本次采用标准收获表作为研制黄山松林货币收获表的依据; 林分出材率模型包括直径分布模型、削度方程、相对树高曲线模型。

#### 1.2.1 标准林分生长模型

标准林分生长模型, 即全林分模型, 包括地位指数、标准蓄积量、断面积、平均胸径和株数等模型, 其中断面积模型可按林分三要素并通过林分形高模型求得, 平均胸径和株数模型按照模型的相容性原则推导出。

##### (1) 地位指数模型

根据解析木数据, 能较好地描述年龄与优势高的模型为理查德方程, 即:

$$H_u = a \times [1 - \exp(-bt)]^c \quad (2)$$

式中:  $H_u$  为优势高;  $t$  为年龄;  $a$ 、 $b$ 、 $c$  为参数。

由于不同立地条件下, 黄山松生长情况不同, 即林分优势高不同。同时, 为了使研究结果便于应用, 结合林业生产实际情况, 将立地质量为四类地(肥沃记作  $I_1$ 、较肥沃记作  $I_2$ 、中等肥沃记作  $I_3$ 、瘠薄记作  $I_4$ )。所以将参数理查德方程的  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三个参数作为四类地  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_4$  的函数<sup>[3]</sup>, 公式如下。

$$a = a_1 I_1 + a_2 I_2 + a_3 I_3 + a_4 I_4 \quad (3)$$

$$b = b_1 I_1 + b_2 I_2 + b_3 I_3 + b_4 I_4 \quad (4)$$

$$c = c_1 I_1 + c_2 I_2 + c_3 I_3 + c_4 I_4 \quad (5)$$

式中:  $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ 、 $b_1$ 、 $b_2$ 、 $b_3$ 、 $b_4$ 、 $c_1$ 、 $c_2$ 、 $c_3$ 、 $c_4$  为待求参数。

综上所述, 本次构建的黄山松地位指数曲线模型为:

$$H_u = SI \left\{ \frac{1 - \exp[-f_2(I_1, I_2, I_3, I_4) \times t]}{1 - \exp[-f_2(I_1, I_2, I_3, I_4) \times t_0]} \right\}^{f_3(I_1, I_2, I_3, I_4)} \quad (6)$$

#### (2) 标准蓄积量模型

前人研究<sup>[4]</sup>及经验所得, 蓄积生长显“S”形, 所以在选择蓄积量模型时, 必须能描述这种生长规律, 即当林分年龄为 0 时, 林分蓄积量也等于 0; 当林分年龄越来越大时, 林分蓄积量也增大; 当林分年龄无限大, 林分蓄积量应收敛于一个极限值, 而值符合生物学特性。根据林分蓄积量规律性生长, 理查德方程即能描述这一曲线规律, 公式如下。

$$M = A [1 - \exp(-Bt)]^{b_5} \quad (7)$$

式中:  $A$ 、 $B$ 、 $b_5$  为待定参数;  $M$  为林分蓄积量;  $t$  为林分年龄。

根据理查德方程结构特性,  $A$  为极限参数, 前人研究发现  $A$  值与立地质量有关, 所以本次将参数  $A$  构建成与地位指数有关的函数, 即  $A = b_1 SI^{b_2}$ 。同样, 将参数  $B$  构建成与地位指数有关的函数, 即  $B = b_3 SI^{b_4}$ , 将上述两函数其代入(7)式, 得到本次设计的林分蓄积量模型为:

$$M = b_1 SI^{b_2} [1 - \exp(-b_3 SI^{b_4} t)]^{b_5} \quad (8)$$

#### 1.2.2 林分出材率模型

林分材种出材率表的编制方法有两种, 一种是通过建立商品材(或规格材和非规格材)与总材积之间

建立方程式来编表,第二种是通过建立削度方程、林分直径分布概率函数、林分平均树高方程等研制黄山松林分材种出材率表。由于第二种方法使用便捷、受限制少、计算简便,所以选择第二种方法研制黄山松林分材种出材率表,该方法的研制林分材种出材率表应首先确定各径阶的株数概率,本研究选用L-PRM法估计不同径阶的概率。

### (1) 削度方程

削度方程(又称干曲线方程)能计算树干任意高度处的直径,又能估计树干材积,分一致性和非一致性方程。

选用削度方程时也必要符合林木生长规律,即当离林木的树高为1.3 m时,树干直径d必须等于0,即当h=1.3 m时,d=D,根据这一约束条件,本次选用的削度方程式如下。

$$d=D \times \left( \frac{H-h}{H-1.3} \right)^{a_0} \quad (9)$$

式中:H 林木树高;D 为林木胸径;d 是树干任意处直径;h 是树干任意处离地高; $a_0$  为参数。

### (2) L-PRM 法的林分直径分布模型

选择削度方程研制黄山松林分材种出材率表应首先确定各径阶的株数概率,本次选用L-PRM法估计不同径阶的概率。

L-PRM法分布模型是利用Logistic方程描述株数累积频率方法,设F为林分株数的相对累积频率,D为胸径,那么两者之间的关系为:

$$F=c/[1+\exp(a-bD)] \quad (10)$$

式(10)中a、b、c为方程待求参数,其中c为林分株数相对累积频率F的上界值,而对林分的直径分布进行累加并标准化后,其F值必然在(0,1)范围内变化,所以c值为1,那么公式简化为:

$$F=1/[1+\exp(a-bD)] \quad (11)$$

由式(11)可知,若求解得参数a、b,或者知道a、b与某一已知因子的变化规律,即可利用去预估黄山松林分直径分布。由于Logistic方程性质,当 $D=a/b$ 时, $F=0.5$ ,通过带入公式得到:

$$D_{F=0.5} = a/b \quad (12)$$

由式(12)可得到参数a、b与 $D_{F=0.5}$ 之间的关系式,即 $a=b D_{F=0.5}$ 。同样,当 $F=0.9$ 时,公式变为:

$$a=-2.19722+bD_{F=0.9} \quad (13)$$

由式(12)、式(13)可知,若已知(a/b,0.5)、[(2.19722+a)/b,0.9]两坐标点,即可求得参数a、b,将得到的参数a、b带入(4-76)式即可得不同直径的林分株数累积概率。

### (3) 相对树高模型

在给定林分平均胸径的情况下,根据林分树高曲线方程即可得到林分平均高,但无法确定各阶级平均高。为解决这一问题,需建立与相对直径有关的相对树高方程。其中,相对直径指林分各个径阶的胸径 $D_i$ 和林分平均胸径 $\bar{D}$ 之比,记 $R_{D_i}$ ,相对树高方程指林分各个径阶的平均树高 $H_i$ 和林分平均高 $\bar{H}$ 之比,记 $R_{H_i}$ ,根据这两个定义,得到相对直径、相对树高的描述方程分别为:

$$R_{D_i} = \frac{D_i}{\bar{D}} \quad (14)$$

$$R_{H_i} = \frac{H_i}{\bar{H}} \quad (15)$$

相对树高与相对直径在不同的生态环境下,不同树种的树种可能存在差异,但这两者之间的关系比较稳定,所以建立它们之间关系有一定的生物学意义。从这一特性出发,描述两者之间关系的模型一定要满足一个条件:当相对直径 $R_{D_i}=1$ 时, $R_{H_i}=1$ 。根据这约束条件,本次选用的相对树高模型为:

$$R_{H_i} = \exp \left[ -a \left( \frac{1}{R_{D_i}} - 1 \right) \right] \quad (16)$$

以上构建或者选择的模型参数运用Matlab软件求解。

## 2 材料收集

在福建武夷山、戴云山、莲台山、茫荡山、九仙山等黄山松适宜分布区,选择人为干扰较少的黄山松,布设临时样地,收集固定样地及伐区调查设计数据,形状为矩形,样地最小面积0.06 hm<sup>2</sup>,样地最大面积0.067 hm<sup>2</sup>,调查内容主要包括:林分调查因子、林木空间位置、林下植被及环境因子等。共采集了不同年龄和立地质量等级的样地282块,最小年龄为11 a,最大年龄为63 a,其中固定样地必须重复测定,最小测

定次数为2次,最大测定测算5次,具体见下表。

表1 不同立地质量等级样地情况

Table 1 Conditions of different site quality grades

立地质量等级	样地个数	最大胸径 (cm)	最小胸径 (cm)	最大树高 (m)	最小树高 (m)	最大蓄积 (m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )	最小蓄积 (m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )	平均株数 (株·hm <sup>-2</sup> )
肥沃	69	41.1	5	22.4	1.5	366.0	28.5	2341
较肥沃	84	38.6	5	21.3	1.5	310.5	30.0	2235
中等肥沃	70	39.7	5	22.7	1.5	309.0	27.0	2327
瘠薄	59	35.4	5	20.4	1.5	282.0	27.0	2136

共收集黄山松样木 291 棵,其中 10 cm 以下的 45 株,12~20 cm 的 90 株,22~30 cm 有 89 株,32~40 cm 有 34 株,42~50 cm 有 25 株,52 cm 以上 8 株,这些样木数据主要用于建立削度方程,预估黄山松单木材积。

### 3 研究结果

#### 3.1 全林分模型的建立

##### 3.1.1 地位指数模型的建立

利用肥沃、较肥沃、中等肥沃、瘠薄四类立地质量的样地材料,通过 Matlab 软件求解 a<sub>1</sub>、a<sub>2</sub>、a<sub>3</sub>、a<sub>4</sub>、b<sub>1</sub>、b<sub>2</sub>、b<sub>3</sub>、b<sub>4</sub>、c<sub>1</sub>、c<sub>2</sub>、c<sub>3</sub>、c<sub>4</sub> 参数,求得各参数及拟合情况见下表。

表2 地位指数导向曲线拟合结果

Table 2 Results of the curve fitting of status index

参数	数值	参数	数值	参数	数值
a <sub>1</sub>	29.531 04	b <sub>1</sub>	0.035 54	c <sub>1</sub>	1.036 84
a <sub>2</sub>	27.913 72	b <sub>2</sub>	0.034 08	c <sub>2</sub>	0.991 62
a <sub>3</sub>	24.695 56	b <sub>3</sub>	0.015 91	c <sub>3</sub>	0.707 20
a <sub>4</sub>	22.629 34	b <sub>4</sub>	0.012 14	c <sub>4</sub>	0.609 40

拟合相关指数为 0.984,拟合效果较好。将未参加建模的样本材料进行适用性检验。通过检验,其平均系统误差为 2.042%,平均相对误差绝对值为 7.366%,说明该模型预测精度较高,可用于黄山松林分立地质量评价及地位指数表的编制。

##### 3.1.2 标准蓄积量模型

根据样地的标准蓄积量,运用 Matlab 求解式(8)中的五个参数 b<sub>1</sub>、b<sub>2</sub>、b<sub>3</sub>、b<sub>4</sub>、b<sub>5</sub>,得到标准林分蓄积量模

型为:

$$M=117.618 2SI^{0.5946} [1-\exp(-0.004 217SI^{0.7942}t)]^{1.6039} \quad (17)$$

式(17)的相关指数 R<sup>2</sup>=0.990, 剩余标准差为 2.941,只相当于建模样本平均蓄积量的 2.68%,表明式(17)的拟合效果是很好的,可作为标准林分的蓄积量预估模型。

#### 3.1.3 形高模型

林分形高与林分平均高关系密切,二者之间呈线性关系,经拟合,林分形高模型为:

$$\bar{HF}=0.5219\bar{H}+1.9202, R^2=0.918 \quad (18)$$

给定地位指数,按式(17)的标准蓄积量模型求得各年龄时的标准林分蓄积量,并由地位指数曲线模型和平均高模型,求得各年龄时平均高,再按式(18)的形高模型求得相应的形高,最后按林分三要素即可得到林分断面积。

### 3.2 林分出材率模型

#### 3.2.1 削度方程的建立

利用样木树高、胸径及不同 h 的带皮或者去皮直径 d,通过 Matlab 求解方程参数,结果如下。

$$d=D \times \left( \frac{H-h}{H-1.3} \right)^{0.49079871} \quad (19)$$

将未参加建模的黄山松样木数据进行适用性检验,利用 F 统计量检验,结果显示,在可靠性 95%的情况下, F=1.94 < F<sub>0.05</sub> (2.48)=3.19,同时利用平均系统误差、平均相对误差、预估精度三个方程评价指标[5]计算得到其值分别为-1.36%、5.61%、99.69%;检验结果表明,该削度方程通过适用性检验,方程适用、拟合较精度高、较误差小。

#### 3.2.2 去皮胸径方程的建立

利用样木的去皮胸径和带皮胸径,通过线性回归,得到两者之间的数学关系式:

$$D_{去}=0.895 3 \times D - 0.229 9, R^2 = 0.991 \quad (20)$$

#### 3.2.3 树皮率方程的建立

树皮率 P<sub>0</sub>%是树皮材积与带皮总材积之比的百分数,是计算废材出材率的重要组成部分,通过利用样木树皮和带皮材积建立树皮率方程,利用软件拟合树皮率方程,其树皮率公式见下式:

$$P_b\% = 39.39 - 6.119 3 \times \ln(D), R^2 = 0.829 \quad (21)$$

### 3.2.4 L-PRM 法的林分直径分布模型的建立

将收集到的样地数据,通过确定(a/b, 0.5)、[(2.197 22+a)/b, 0.9]两坐标点,建立了  $D_{F=0.5}$ 、 $D_{F=0.9}$  与平均胸径有关的方程,旨在确定不同平均胸径时的直径分布,具体见下式。

$$D_{F=0.5} = 1.102 7 D^{0.9625}, R^2 = 0.989 \quad (22)$$

$$D_{F=0.9} = 2.147 4 D^{0.7996}, R^2 = 0.991 \quad (23)$$

利用样地数据进行柯尔莫哥洛夫检验,检验结果表明,205 块样地中有 180 块的  $D_n$  值小于  $D_n(0.05)$ ,其合格率达 85.2%,说明本研究建立的概率模型可用于描述黄山松林分直径分布。

### 3.2.5 相对树高方程的建立

当  $R_{D_i} = 1$  时,通过上式得  $R_{H_i} = 1$ ,说明本模型符合生物学特性。通过求解方程中的参数 a、b,得到黄山松相对树高与相对直径的关系式为:

$$R_{H_i} = \exp \left[ -1.224 4 \times \left( \frac{1}{R_{D_i}^{0.299}} - 1 \right) \right], R^2 = 0.989 \quad (24)$$

将 57 块样地数据带入方程中进行平均误差检验。通过检验,在  $R_{D_i} = 0.4$ 、 $0.5$  时,平均误差分别为 5.36%、4.12%,而其它  $R_{D_i}$  值上的相对树高平均误差均小于 3%,说明本次建立的相对树高模型可用于解决在已知林分平均高情况下确定各阶级平均高。

### 3.3 林分货币收获的编制

在应用全林分模型确定林分蓄积量、平均胸径、平均树高等基本测树因子的基础上,利用直径分布模型、相对树高曲线模型和削度方程,按式(1)计算每立

方米材种出材量的平均价格 E。为了满足不同情况下的需要,还可进一步计算综合价格和平均单株价格。公式如下:

$$\text{综合价格} = \frac{P_1 E_1 + P_2 E_2}{P_1 + P_2} \quad (25)$$

$$\text{平均单株价格} = \text{平均单株价格} \times \text{出材率} \times \text{综合价格} \quad (26)$$

此处的出材率为总出材率,即规格材和非规格材的出材率合计。对于规格材和非规格材的出材率则按下式确定:

$$P_j = \frac{\sum f_i V_{ij}}{\sum f_i V_i} \quad (27)$$

式中:  $P_j$  为林分第 j 材种出材率,如规格材和非规格材。

在上述全林分生长模型、直径分布模型、相对树高曲线模型、削度方程的基础上,结合木材价格、生产经营成本及税费等技术经济指标,即可编制林分货币收获表。具体作法如下:给定地位指数为 16,用全林分模型(标准收获表)预估林分在不同年龄时的单位面积蓄积量、平均胸径、平均高,并用 L-PRM 法预估各径阶株数概率。由相对树高曲线模型预估径阶平均高。通过削度方程求出各径阶单株各材种材积,最后按式(1)计算出林分货币收获量,以表的形式体现,即为林分货币收获表,具体见下表。

## 4 结论与讨论

林分货币收获表是按树种,分别立地质量记载单

表 3 林分货币收获表

Table 3 Stand currency harvest table

年龄	平均胸径 (cm)	平均树高 (m)	株数	断面积 (m <sup>2</sup> )	蓄积量 (m <sup>3</sup> )	出材率(%)			货币收获(元·m <sup>-3</sup> )		
						规格材	非规格材	合计	规格材	非规格材	综合价格
10	9.2	8.0	2 177	14.4	96.9	8.62	62.23	70.85	38.77	210.50	189.62
15	13.0	11.6	1 415	18.6	161.3	36.32	36.23	72.54	169.22	133.40	151.33
20	15.9	14.7	1 096	21.7	223.3	55.21	17.29	72.49	275.70	67.27	225.99
25	18.2	17.3	925	24.1	280.1	64.73	8.03	72.75	345.65	32.28	311.07
30	20.0	19.4	821	25.9	330.6	69.70	3.87	73.57	394.14	15.84	374.23
35	21.5	21.2	753	27.3	374.7	72.67	2.01	74.68	431.64	8.28	420.24
40	22.6	22.8	705	28.3	412.6	74.60	1.14	75.73	646.53	6.36	636.93
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

位面积林木在不同年龄时所能得到货币收获量多少的一种林业数表。为掌握黄山松货币收获量及动态变化规律,探讨了林分货币收获表研制的基本原理和方法,结合全林分标准生长模型,可编制林分货币标准收获表。根据编表原理,结合福建省的林业生产实际情况,构建了基于哑变量的地位指数模型。结合林分蓄积量的生长过程为“S”形曲线规律,选用了理查德作为林分标准蓄积生长模型,构建了与立地质量有关的林分蓄积量模型。最后根据林分三要素理论和相容性原则,在建立了林分蓄积量和地位指数模型情况下,可得到林分断面积、林分平均胸径、平均株数。从林分货币编制理论出发,本次通过建立削度方程、林分直径分布概率函数、林分平均树高方程等研制黄山松林分材种出材率表。

以收集到的黄山松样地、样木为建模数据、以 Matlab 软件为建模工具,通过求解,得到黄山松全林分模型和林分出材率模型,最后按林分货币收获表的编制方法,得到地位指数为 16 的黄山松林分货币收

获表。

当然,本次研究黄山松林分货币收获表还存在不足的地方,如收集的样木数据方法,大口径样木还偏少,若将削度方程应用,还需要大口径的样木数据进行进一步修正。

#### 参考文献:

- [1] 王素萍. 柳杉人工林货币收获预估模型的研究[D].福州:福建农林大学,2002.
- [2] 华伟平. 黄山松天然林常用林业数表模型的研究[D].福州:福建农林大学,2014.
- [3] 华伟平,丘甜,江希钿,等. 立地质量等级为哑变量的黄山松地位级指数模型的研制[J]. 武夷学院学报,2015(3):15-18.
- [4] 陈信旺. 福建柏人工林标准收获表的研究 [J]. 林业勘察设计,2006(1):30-34.
- [5] 华伟平,丘甜,盖新敏,等. 基于交叉建模检验的黄山松二元材积模型建模技术[J]. 武夷学院学报,2015(6):13-17.

(责任编辑:叶丽娜)

## The Development of the Standard Monetary Gain Statement of the Pinus taiwanensis Forest

XU Muzheng

(The State-owned Forest Farm of Lawang, Zhouning, Fujian 355400)

**Abstract:** To fill up the gap, the monetary gain statement of the Pinus taiwanensis is developed through the study of the basic principles and methods involved in the process. First, the standard volume model is devised based on a dummy variable index model taking into account the relevant Site Index and Site Quality and choosing the L-PRM method as the predictive control technology for the stand diameter distribution probability. Then, combined with the measured data, the whole stand model and the forest stand out-turn percentage model is consequently set up. Finally, it is pointed out that the development of the standard monetary gain statement of the Pinus taiwanensis is of great significance to its scientific management and the efficient decision-making in the matters involved.

**Key words:** Pinus taiwanensis; monetary gain; dummy variables; whole stand model; out-turn percentage model

# 闽北竹业十年经济分析

廖乾琪, 朱方雪, 沈旖婕

(武汉大学 经济与管理学院, 湖北, 武汉 430072)

**摘要:**分析 2005-2014 年闽北竹业产量、产值、出口产值,利用区位熵研究闽北竹加工业比较优势。结果表明,十年来,闽北竹业产量和产值都是波动增长,部分年份存在产值与产量增长的滞后现象;出口产值波动缓增,2014 年出现飞跃;竹加工业比较优势始终突出,长期位居福建省首位。

**关键词:**竹业;区位熵;经济分析;比较优势;闽北

**中图分类号:**S7-9 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2016)12-0045-04

竹林为我国经济价值最高、分布最广、面积最大的森林资源,不仅具有较重要的森林生态服务功能(如保持水土、涵养水源等),而且具有较高的经济价值。福建省作为森林覆盖率最高的省份,其竹林面积也较大。有部分学者对福建竹业的进行了研究,如陈存及等指出要在省级“森林立地分类”研究基础上进行毛竹立地分类和立地等级的划分<sup>[1]</sup>。章朝聪通过参照 Costanza 系统和国家林业局评价体系做出了毛竹林具有高度生态价值的评价<sup>[2]</sup>。赖学舜等指出,中国加入世贸组织必然使福建竹业展示出无限商机<sup>[3]</sup>。王立勋从培育竹资源的基础工作入手,指出提高竹业经济效益的途径<sup>[4]</sup>。陈存及等通过介绍福建竹产业发展历程及现状,指出存在的问题并提出对策建议<sup>[5]</sup>。陈瑞炎等针对福建永安竹业现状做了介绍,并分析了当前竹业发展中存在的问题,提出对策<sup>[6]</sup>。郑兆飞总结了福建省南平市竹业科技的现状及发展对策<sup>[7]</sup>。这些研究内容大多为常见经验与现状的总结,针对竹业的动态分析和实证分析鲜有。基于这一出发点,本次研究从经济学角度出发,以福建闽北的竹业为研究对象,从动态分析和实证分析方面着手分析闽北竹业的十年情况。

收稿日期:2016-07-30

作者简介:廖乾琪(1994-),女,汉族,在读本科生,主要从事区域经济研究。

## 1 研究区概况

闽北位于福建北部,介于北纬 26°14'~28°02'、东经 117°12'~119°12',东北方面与浙江交界,东南方向与三明相邻,西北方向与江西省毗连,西南方向与三明市接壤,属亚热带湿润季风气候,年均气温在 17~21℃。在森林资源方面,共有林地 165.2 万 km<sup>2</sup>,森林覆盖率达 62.8%,其中竹林资源是该区域的优势,整个闽北区域仅毛竹就占地 27 万 km<sup>2</sup>,占福建省的 41.5%,约占中国 10%。特别是建瓯、顺昌两县,已列入“中国竹子之乡”。

## 2 材料与方法

### 2.1 数据来源

研究时段选取 2005-2014 年。福建省各地市竹业相关数据来源于福建省林业厅及南平市林业局。福建省各地市工业产值数据来自 2006-2015 年出版的《福建统计年鉴》。

### 2.2 研究方法

关于林业经济的研究主要有 AHP 层次分析法、GIS 分析法、SWOT 分析法、区位熵等。庄莉等利用

AHP 层次分析法对我国林业企业可持续发展进行分析<sup>[9]</sup>。刘峰详细介绍了 AHP 层次分析法在林业项目高效管理中提供量化依据的作用<sup>[9]</sup>。颜颖等运用 GIS 技术对林业经济信息进行时间维和空间维的比较<sup>[10]</sup>。刁琴琴等基于 GIS 的特征,并对其运用于森林资源环境管理与经营决策的方法进行分析<sup>[11]</sup>。许松哲等采用 SWOT 分析方法,针对吉林延边林业第三产业发展提出一些建议<sup>[12]</sup>。范瑞锭等基于 SWOT 分析,基于六方面提出发展福建省建瓯市竹业旅游的对策<sup>[13]</sup>。候文捷等运用区位熵系数法测度黑龙江省林业产业集聚程度<sup>[14]</sup>。王香花等利用区位熵对陕西林业产业集群进行实证分析<sup>[15]</sup>。本次选用区位熵对闽北竹业加工的比较优势进行分析。

区位熵是以各个区域为单位,反映各区域产业结构和集聚程度的差异,又称为区位专业化指数,公式为:

$$q = \frac{m_i / M_i}{m / I} \quad (1)$$

式中: $m_i$  表示  $i$  市竹加工业的产值; $M_i$  表示  $i$  市工业总产值; $M$  表示福建省竹加工业总产值; $I$  表示福建省工业总产值。

由式(1)可知, $q$  值越大,说明  $i$  市竹加工业集聚水平越高。另外,如果  $q$  大于 1,说明该产业在该市具有比较优势,若大于 2,则说明比较优势十分突出。

### 3 研究结果

#### 3.1 产量、产值及出口产值分析

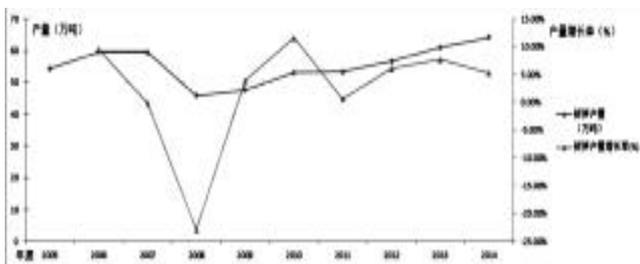


图 1 2005-2014 年鲜笋产量与其产量增长率

Figure 1 Yield and growth rate of yield of bamboo shoot in 2005 to 2014

根据图 1 可知,2007-2008 年,闽北鲜笋产量大跌,跌幅接近四分之一。此后逐渐缓慢回升,至 2013 年超过 2007 年的最高水平。

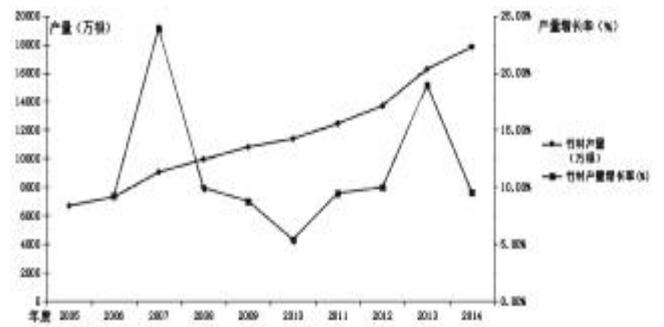


图 2 2005-2014 年竹材产量与其产量增长率

Figure 2 Yield and growth rate of yield of bamboo in 2005 to 2014

根据图 2 可知,2005-2014 年,闽北竹材产量不断上升。增长率全部为正数,几乎始终保持 5% 以上的增长率,以 2007 年和 2013 年为两个高峰。在 2007-2010 年及 2012-2013 年,增长率有明显的下降,降幅在 2008 年尤为显著,跌幅接近 15%。

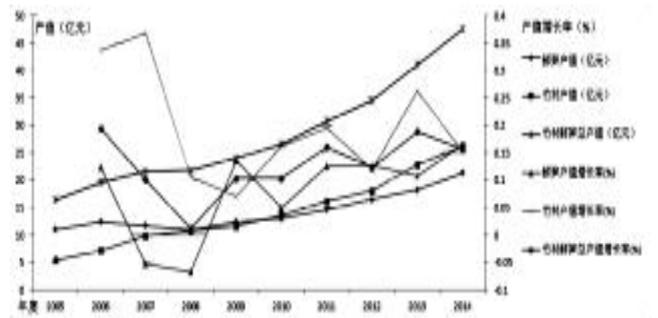


图 3 2005-2014 年产值及产值增长率

Figure 3 Yield and growth of yield in 2005 to 2014

根据图 3 可知,鲜笋产值在 2006-2008 年有小幅下降,总体不断升高。其增长率波动比较大,最低时一度为负数,但高位不超过 20%。竹材产值始终上升,增长率在 2007-2008 年有大跌,至 2014 年尚未回到 2007 年的高位。竹材及鲜笋总产值不断上升,在鲜笋负增长的年份增长率始终为正数,可以看出竹材对竹林经济的产值贡献较大。2010 年,竹材产值首次超过鲜笋产值,差距不断扩大。

纵观图 1 至图 3,自 2005-2014 年,鲜笋与竹材的产值都在总体不断上涨,尽管鲜笋的产值和产量在 2007-2008 年出现负增长,但是产值的负增长小于产量负增长。鲜笋的产量增长率较于其产值增长率存在滞后。产量产值波动滞后,往往由于竹农对产量的判断较主观,依赖前一年的市场情况判断本年度的采伐数量。当市场出现显著波动的时候,产量和产值在时空上容易出现脱节,导致“丰年不丰收”。作为对第一

产业依赖性极强的竹业经济,受毛竹生长的自然影响是十分显著的,毛竹生长成材的“大小年”情况制约其产量的稳定。伴随近年来福建省对“竹业基地”的扶持,不少竹林采用了“滴灌稳产”的技术,利用滴灌技术保证发笋季节的土壤湿润程度,从而提高发笋数量。更为集约的生产模式在图 3 有所体现,2009 年之后,鲜笋与竹材的产量增长率波动幅度不断减小,趋向稳定。

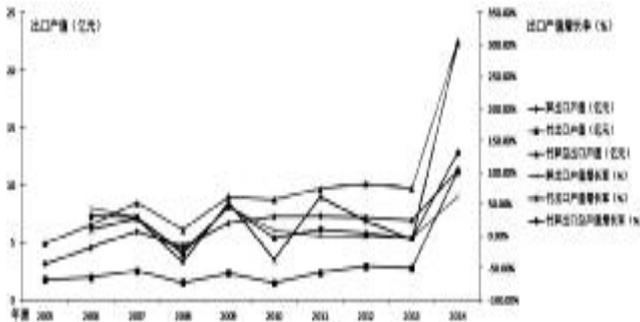


图 4 2005-2014 年竹业出口产值及其增长率

Figure 4 Export and growth of export of bamboo in dusty in 2005 to 2014

根据图 4 知,2005~2014 年,竹业出口总产值总体呈上升趋势,但波动显著。其中,2008 年有明显下跌,在 2013 年锐增。笋出口产值不断增加。但在 2007-2008 年间出口产值骤减,在 2010-2013 年间也有缓慢减少。竹出口产值在 2005-2013 年间是明显波动的。竹出口产值常年低于笋出口产值。2014 年,笋出口产值与竹加工产值都出现迅猛的增加,竹出口产值增加比笋出口产值增加更为迅猛,二者出口产值基本持平。这些波动可能与 2008 年次贷危机导致海外市场波动相关。

### 3.2 加工比较优势分析

利用区位熵对福建省各地市竹业加工业的集聚程

度和比较优势进行测度,结果如表 1 所示。由于 2012-2014 年厦门市竹业加工业数据缺失,2013 年的大部分地市数据缺失,无法计算这部分的区位熵情况。

根据表 1,南平市和三明市的竹业加工业集聚水平始终较高,长期具有十分突出的比较优势,其中,南平市的区位熵值比三明市高出一倍左右。南平市的区位熵值略有波动但总体稳定,三明市的区位熵值波动下降。龙岩市的竹业加工业也长期具有比较优势。漳州市竹业加工业自 2005 年后失去比较优势,区位熵值不断减小。宁德市的区位熵值波动明显,2007 年和 2009 年超过 1。其他各地市的竹业加工区位熵值始终在低位徘徊。

## 4 小结与讨论

针对闽北竹业十年经济分析,竹业产量产值波动上升,自 2005-2014 年,闽北鲜笋和竹材的产量和产值几乎协同波动上升,竹材对竹林经济的产值贡献较大。鲜笋与竹材的产量增长率波动幅度与 2009 年之后不断减小,趋向稳定。竹材产值在 2010 年超过鲜笋产值,二者差距不断扩大。

出口产值始终显著波动,2005-2014 年,竹业出口总产值总体不断上升,在 2014 年出现飞跃,但是竹业出口产值始终存在显著的波动,笋出口产值始终高于竹出口产值。但是,竹出口产值增速较笋出口产值 2011 年后增速更快,2014 年二者出口产值基本持平。

竹加工业比较优势突出,根据区位熵分析,闽北竹加工业区位熵值虽然略有波动,但集聚程度高,专业化水平强,在福建省首屈一指,具有绝对优势。

表 1 2005-2014 年各地市竹业加工业区位熵

Table 1 Local quotient of bamboo manv facturing industry in 2005 to 2014

年份	南平市	三明市	龙岩市	漳州市	泉州市	宁德市	莆田市	福州市	厦门市
2005	11.78	6.25	1.79	1.05	0.20	0.96	0.03	0.08	0.10
2006	12.83	6.63	1.76	0.88	0.05	0.94	0.04	0.10	0.02
2007	12.51	6.23	1.64	0.72	0.05	1.04	0.07	0.08	0.02
2008	12.04	5.84	1.50	0.61	0.06	0.82	0.06	0.04	0.02
2009	11.61	4.96	1.57	0.40	0.06	1.38	0.05	0.06	0.01
2010	11.88	4.93	1.63	0.33	0.06	0.83	0.04	0.08	0.01
2011	11.54	4.99	1.95	0.39	0.07	0.31	0.03	0.08	0.02
2012	12.48	4.89	1.62	0.25	0.05	0.59	0.02	0.04	—
2013	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2014	12.67	5.05	1.60	0.20	0.04	0.39	0.07	0.04	—

基于以上小结,得出如下启示:

(1)发挥龙头企业带动作用,延长产业链条

截止 2014 年底全市各类龙头企业 69 家,其中国家级 2 家,中国竹产业协会认定 17 家,省级 25 家,市级 25 家。尽管在福建省竹加工业中具有突出的比较优势,闽北竹业在产业链上还有大量延长的空间。基于已有的竹林经济,向上可促进竹林服务业优质高效发展,大力发展竹林旅游,拓展增收渠道,发展特色县域经济,增强竹乡发展内生动力;向下可巩固竹加工业,发展精深加工,推动竹加工制造业由生产型向生产服务型转变,壮大自主品牌,把握笋竹出口定价权和话语权。

(2)把握重点开发区域定位,助力竹林经济

海峡西岸经济区在全国主体功能区规划中属于重点开发区。闽北作为海峡西岸经济区绿色腹地,应把握区域定位,一方面在提高效益、降低消耗、保护环境的基础上推动竹林经济的可持续发展,另一方面集聚创新要素,增强竹产业集聚能力,形成分工协作的现代竹产业体系,增强产业配套能力,完善竹林基础设施。

### 参考文献:

- [1] 陈存及.福建省毛竹区划研究:II 毛竹垂直区划与生产力评价[J].福建林学院学报,1992,12(2):160-167.
- [2] 章朝聪.福建省毛竹林生态功能价值评价[J].亚热带农业研究,2010,6(1):38-42.
- [3] 赖学舜,黄发榕.福建竹业商机无限[J].林业经济,2001(10):

62-63.

- [4] 王立勋.福建省竹产业现状与发展对策[J].竹子研究汇刊,2002,21(4):28-32.
- [5] 陈存及,唐小丽.福建竹业发展的基础与前景[J].竹子研究汇刊,2002,21(3):13-20.
- [6] 陈瑞炎,刘国武.福建永安竹业发展对策[J].福建林业科技,2003,30(1):78-80.
- [7] 郑兆飞.闽北竹产业科技现状与发展对策[J].竹子研究汇刊,2009,28(4):58-62.
- [8] 庄莉.中国林业企业可持续发展 AHP 分析[J].东北农业大学学报,2013,11(3):25-30.
- [9] 刘峰.层次分析法在林业工程项目管理中的应用[J].河北林业科技,2015(1):46-49.
- [10] 颜颖,夏自谦.区域林业经济评价的指标设计与 GIS 应用[J].北京林业大学学报(社会科学版),2005,4(3):45-49.
- [11] 刁琴琴.基于 ArcGIS 的县级林业资源信息系统研究:以江苏省盱眙县为例 [J]. 安徽农业科学,2014,42 (34):12340-12341.
- [12] 许松哲.延边林业第三产业发展的 SWOT 分析[J].农村经济与科技,2015,26(10):59-60.
- [13] 范瑞锭.基于 SWOT 分析的建瓯市主页旅游的发展对策[J].云南地理环境研究,2010,22(6):87-89.
- [14] 侯文捷,霍灵光.黑龙江省林业产业集聚程度测算研究[J].中国集体经济,2013(28):12-13.
- [15] 王香花.基于区位熵与集中度的陕西省林业产业集群测度[J].林业经济,2015(10):71-73.

(责任编辑:叶丽娜)

## Ten-year Economic Analysis on Bamboo Industry in North Fujian

LIAO Qianqi, ZHU Fangxue, SHEN Yijie

(School of Business Administration of Economics and Management, Wuhan University, Wuhan, Hubei, 430072)

**Abstract:** The paper analysis bamboo industry output, output value and export value from 2005 to 2014, and studies on the bamboo processing industry comparison superiority that use the position entropy in North Fujian. The results show that bamboo yield and output value are fluctuations in growth for a decade, the production value and output growth lagged in partial years, the exportation output value undulates slow increases and appears the leap in 2014, comparative advantage of Bamboo processing industry has always been outstanding and long-term first in Fujian Province.

**Key words:** bamboo industry; location quotient method; economic analysis; comparative advantage; North Fujian

# 复杂环境下 79 m 砖砌厚壁烟囱拆除爆破

王金华<sup>1,2</sup>, 杨先财<sup>3</sup>

(1.武夷学院 土木工程与建筑学院, 福建 武夷山 354300; 2.浦城运输局, 福建 浦城 353400;  
3.福建省莆仙建设有限公司, 福建 莆田 351100)

**摘要:**某隧道洞口处有一个 79 m 高的砖砌厚壁烟囱, 需要对该烟囱进行爆破拆除。在爆破前, 拟定了爆破方案, 对爆破缺口长度、高度、定向窗参数、布孔形式、装药结构、起爆网络等参数展开详细设计, 并进行安全校核。爆破实践证明, 本文拟定的爆破方案和技术参数可行, 可为类似的工程提供参考。

**关键词:**砖砌厚壁烟囱; 爆破缺口设计; 复杂环境; 安全校核

**中图分类号:** TU746.5   **文献标识码:** B   **文章编号:** 1674-2109(2016)12-0049-04

烟囱在工业生产中起着重要的作用, 是最古老最重要的防止污染装置之一。随着工业水平的提高、现代化建设的需要, 很多烟囱逐渐被拆除。工业生产中常用的烟囱主要有砖烟囱、钢筋混凝土烟囱和钢烟囱三大类, 拆除烟囱的方法常见的主要有人工拆除、机械拆除和爆破拆除三种形式。爆破拆除因效率比较高, 是长大烟囱拆除的首选方案。而对于砖砌烟囱因其强度较低、整体性较差、倒塌后容易造成砖块飞溅, 故成为烟囱拆除爆破的重点研究对象。郭进等<sup>[1]</sup>, 许明标<sup>[2]</sup>, 袁发培等<sup>[3]</sup>, 董桂林等<sup>[4]</sup>, 杨仁华等<sup>[5]</sup>, 毛益松等<sup>[6]</sup>, 磨季云等<sup>[7]</sup>均对砖砌烟囱的拆除爆破进行了研究。某机砖厂烟囱因国道改线需要, 需将其拆除, 该烟囱所处环境比较复杂, 该烟囱的顺利拆除对安全生产具有重要的意义。

## 1 工程概况

福建省南平市浦城县某机砖厂烟囱建于 20 世纪 90 年代, 烟囱高 79 m, 底部直径 5 m, 底部壁厚 0.8 m,

顶部直径 1.6 m, 壁厚 0.25 m; 采用粘土砖砌筑。因 205 国道改线需要, 需将该烟囱进行拆除。待拆除烟囱爆破环境示意图如图 1 所示。

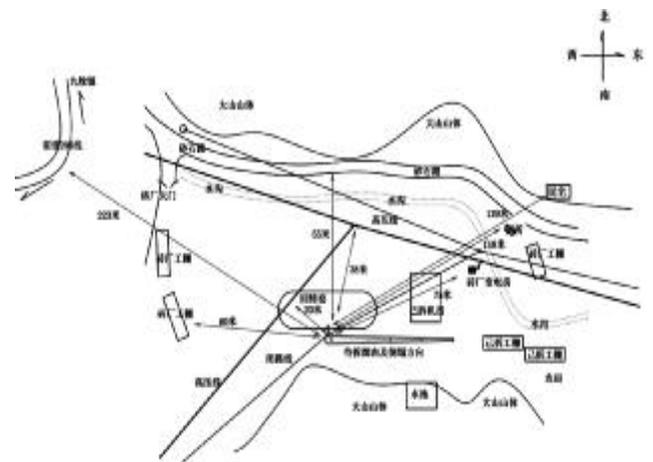


图 1 机砖厂烟囱拆除爆破环境示意图

Figure 1 Schematic diagram of blast furnace chimney demolition blasting environment

## 2 爆破方案选择

根据现场实际情况, 烟囱北侧及西侧均有高压线需要保护, 正南方向山体, 烟囱倒塌落地后可能产生反弹及不利于排渣, 因此该烟囱爆破拆除选择正东偏南 5° 为预定倒塌方向。考虑到钢筋混凝土排烟道对烟囱

收稿日期: 2016-09-01

作者简介: 王金华(1985-), 男, 汉族, 助教, 主要从事土木工程教学与科研工作。

的拉结作用，如果不预先切断该烟道将会对倒塌方向产生影响，故在爆破前将该排烟道采用人工拆除，如图 2、3 所示。



图 2 排烟道拆除前

Figure 2 Before the removal of flue



图 3 排烟道拆除后

Figure 3 After the removal of flue

### 3 爆破参数设计

#### 3.1 爆破缺口长度

根据方案选择的倒塌方向，采用定向倒塌设计，对烟囱底部筒壁实施爆破，爆破范围根据《爆破手册》中推荐的经验设计方法进行选取，取筒壁周长的 1/2~2/3。即：

$$\frac{1}{2}\pi D \leq L \leq \frac{2}{3}\pi D \quad (1)$$

式中：L 为爆破部位长度(m)，7.85 ≤ L ≤ 10.46，根据现场实际情况本工程爆破范围取 9.5 m；D 为爆破部位筒壁外直径(m)。

#### 3.2 爆破缺口高度

爆破部位高度的确定与烟囱材质及筒壁的厚度有关，依据《爆破手册》推荐的经验设计方法，爆破部位的高度取：

$$h=(1.5\sim 3.0)\delta \quad (2)$$

式中：δ 为爆破部位烟囱的壁厚(m)。

h=1.2~2.4 m，该烟囱为砖砌结构，结构完整性较好，本工程取 h=1.6 m，则烟囱爆破缺口窗高度范围为：距地面高 0.5~2.1 m。缺口平面示意图如图 4 所示。

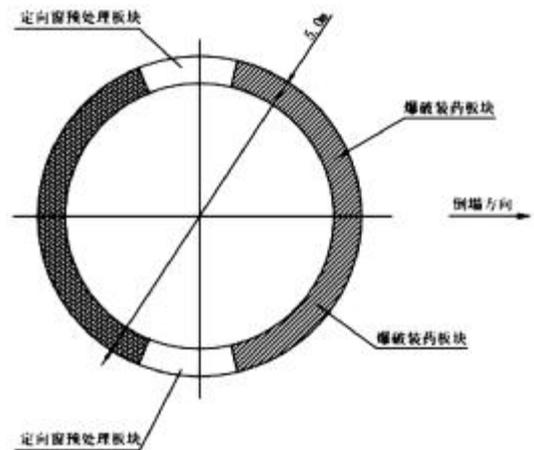


图 4 烟囱拆除爆破缺口平面布置示意图

Figure 4 Schematic diagram of chimney demolition blasting gap plane layout

#### 3.3 定向窗参数确定

在爆破工程中，为保证确保烟囱倒塌方向沿着预期设定的方向倒塌，同时为了减少一次起爆药量和减少爆破产生的振动对邻近构筑物的影响，在爆破前用风镐在切口两侧各开凿一个定向窗，本工程采用等腰直角三角形的定向窗，腰长为壁厚的 2 倍，即 1.6 m。定向窗布置示意图如图 5 所示。

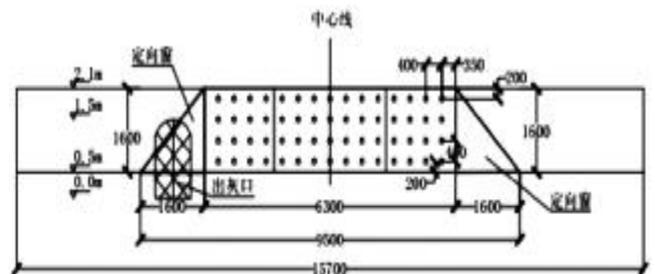


图 5 烟囱拆除爆破炮孔布置及定向窗布置平面展开图

Figure 5 Chimney demolition blasting hole layout and directional window layout plan

### 3.4 布孔及爆破参数

该烟囱为筒形结构,爆破部位壁厚  $\delta=0.8$  m,在爆破部位布置呈矩形分布的径向炮眼。炮孔参数为:孔深: $L=0.55$  m;孔距: $a=0.4$  m;排距: $b=0.4$  m;孔数:60个,炮孔布置示意图如图 5 所示。

在本工程中,炸药单耗取  $q=1.5$  kg/m<sup>3</sup>,则单孔药量: $Q=qab\delta=1.5\times 0.4\times 0.4\times 0.8=0.192$  kg;装药时每孔装药量取 0.2 kg,则该烟囱总装药量为: $Q_{\text{总}}=0.2\times 60=12$  kg。

### 3.5 装药及填塞

装药结构:采用非电毫秒延时雷管、 $\Phi 32$  mm、200 g/卷工业乳化炸药,采用连续装药结构。

填塞:所有炮孔装药后,均应用炮泥填塞堵满,炮泥用不含细石颗粒的粘土加工制作。

### 3.6 起爆网路设计

起爆网路采用非电导爆双回路闭合环网路,孔内延时,孔外采用“四通联接”的双回路闭合连接。由于本次爆破的药量较小,对周围建筑及设施所能带来的危害较小。所以,烟囱缺口部位的炮孔分 2 段起爆,第一段起爆药量为 5.6 kg,第二段起爆药量为 6.4 kg。烟囱爆破起爆网络联接示意图如图 6 所示。

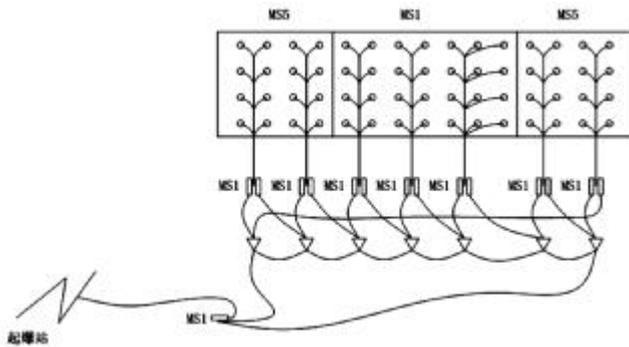


图 6 烟囱爆破起爆网络联接示意图

Figure 6 Schematic diagram of chimney blasting initiation network connection

## 4 爆破安全技术校核

爆破安全注意要点主要有两方面:一是爆破施工过程中的安全,二是爆破产生的爆破震动、空气冲击波、爆破飞散物、爆破有害气体等对周围环境的安全。本工程通过精心设计、规范施工、严格控制,实现此次

烟囱爆破拆除的安全圆满。

### 4.1 爆破震动安全校核

根据烟囱周围环境来看,受烟囱爆破震动影响最大的主要有东北侧距烟囱 139 m 的土坯房,距烟囱 75 m 处的砖厂变电房。土坯房因有水沟的隔断,可起到缓冲减震保护作用。故在本工程中仅需校核爆破震动对砖厂变电房的影响。根据《爆破安全规程》推荐的安全校核计算公式:

$$Q = \left( \frac{V}{K} \right)^{\frac{3}{a}} \cdot R^3; \quad (3)$$

式中: $V$  为保护对象所在地面质点振动安全允许速度 (cm/s);该变电房属于砖混结构,根据《爆破安全规程》GB 6722-2003 中第 6.2.2 条,结合本工程实际情况,取安全允许振速为 2.3 cm/s; $Q$  为炸药量(kg),齐发爆破为总药量,延迟爆破为最大一段药量,本工程取 6.4 kg; $R$  为爆破震动安全允许距离(m); $K$ 、 $a$  为与爆破点至计算保护对象间的地形、地质条件有关的系数和衰减指数。

根据现场实际情况,本工程取  $K=150$ ,  $a=1.5$ ,则当一次起爆药量为 6.4 kg 时的安全保护距离为:

$$R = \left( \frac{K}{V} \right)^{\frac{1}{a}} \times Q^{\frac{1}{3}} = \left( \frac{150}{2.3} \right)^{\frac{1}{1.5}} \times 6.4^{\frac{1}{3}} = 30.08 \text{ m}$$

即按计算校核表面距离该烟囱 30.08 m 距离外的保护构筑物的振动强度低于规定的振动值,是安全可靠的。

### 4.2 空气冲击波影响

此次烟囱爆破拆除项目所处的周边环境较理想,烟囱倾倒周边没有密集的需保护建筑物,有空阔的场地。因此,爆破产生的空气冲击波对周边环境的影响非常小。

### 4.3 爆破飞散物安全校核

在进行拆除爆破时,伴随着爆体的爆破破碎,爆炸气体往往会推动爆破碎片向四周飞散,可能产生安全隐患。本工程采用控制方向爆破,烟囱随着预定的方向倒塌折叠坠落,在倒塌方向有拆除的机砖厂工房及宿舍作为防护,东侧有山体起到自然防护作用。因此是安全可靠的。

## 5 爆破效果与结论

随着爆破信号发出后, 烟囱底部传来了一声爆破声, 烟囱底部冒出一团尘雾, 上部烟囱开始发生倾斜, 烟囱中部开始发生解体, 在烟囱高度 2/3 处发生折断, 倒塌落地。根据烟囱爆破后对现场的观察, 爆破未对附近的砖厂变电房和土坯房产生明显的影响, 筒体结构大部分解体, 方便清理残渣, 烟囱倒塌方向准确无误, 无后座现象, 所有雷管、炸药均起爆, 爆破效果良好, 达到预期的目的。

根据本次烟囱拆除爆破实践效果可以得出以下结论:

(1) 烟囱按照预定的倾倒方向倒塌, 未对周围的高压线造成影响, 表明了该设计方案合理, 安全可靠。

(2) 爆破前, 确定合理的爆破范围、缺口高度、定向窗参数对爆破效果有着重要的影响, 可以有效的防止出现后座。从本工程的爆破效果来看, 技术参数合理,

爆破效果良好, 可为类似工程提供参考。

### 参考文献:

- [1] 郭进, 王幸荣, 王晓光. 复杂环境下砖烟囱爆破拆除[J]. 爆破, 2007, 24(4):60-62.
- [2] 许名标. 砖烟囱定向倾倒拆除控制爆破[J]. 爆破, 2011, 28(3): 80-82.
- [3] 袁发培, 秦根杰, 章克凌. 复杂环境中 78m 砖结构烟囱定向爆破拆除[J]. 爆破, 2011, 28(1):82-83, 109.
- [4] 董桂林, 苗战颖, 钟远军. 砖砌烟囱定向爆破拆除实践[J], 工程爆破, 2004, 10(1):38-40.
- [5] 杨仁华, 赵红玲. 60 m 高厚壁砖烟囱定向爆破拆除[J]. 爆破, 2006, 23(3):65-66, 69.
- [6] 毛益松, 傅光明, 夏长青, 等. 高 60 m、80 m 两座砖砌烟囱定向爆破拆除[J]. 工程爆破, 2007, 13(3):56-58.
- [7] 磨季云, 周运奎, 金沐, 等. 厚壁砖结构烟囱爆破拆除[J]. 爆破, 2012, 29(2):87-90.

(责任编辑: 叶丽娜)

## Blasting Demolition of the 79 m High Thick Wall Brick Chimney under Complex Environment

WANG Jinhua<sup>1,2</sup>, YANG Xiancai<sup>3</sup>

(1.School of Civil and Architectural Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300;

2. Transport Bureau of Pucheng, Pucheng, Fujian 353400; 3.Fujian Puxian Construction Co. Ltd., Putian, Fujian 351100)

**Abstract:** There is a 79 m high thick wall brick chimney close to the tunnel portal, and the blasting excavation of the tunnel will affect the stability of the chimney, in order to ensure the safety of tunnel construction, decided to blasting demolition of the chimney. The surrounding environment of the chimney is complex, in order to ensure the smooth implementation of the project, the parameters such as length, height, directional window parameters, hole form, charge structure, detonation network and other parameters of the blasting gap are designed in detail before blasting, and the security check. The practice shows that the blasting scheme and technical parameters of proposed is feasible and can provide reference for similar engineering.

**Key words:** complex environment; thick wall brick chimney; blasting cut design; security check

# MPLS VPN 技术在校园网中规范化部署研究

肖永钦, 王 怡, 陈 嵩

(福建师范大学 现代教育技术中心, 福建 福州 350117)

**摘 要:**结合高校对网络的需求,提出了 MPLS VPN 技术在高校校园网中部署规范设计和实施。通过功能区的划分、路由协议的设计及网络参数设计等方面进行详细分析 MPLS VPN 技术在校园网中规划、设计和部署,从而实现一网共用,资源共享,实现多业务统一部署。本文的研究的成果有助于规范化部署基于 MPLS VPN 校园网,为校园网中大规模部署 MPLS VPN 提供理论与实践指导,同时提高网络故障排查的速度,最大限度保障虚拟专用网的可用性、有效管理性和安全可靠运行的要求,从而节省了投资。

**关键词:** MPLS VPN; LDP; BGP ; 校园网; 规范化

**中图分类号:** TP393.1 **文献标识码:** A **文章标号:** 1674-2109(2016)12-0053-06

随着国家提倡集约型社会,提倡节约资源,那么是否有一种技术能够实现在一张物理网络上承载多张逻辑网呢?答案是肯定的,我们可以通过 MPLS VPN<sup>[1]</sup>虚拟技术实现在一张校园网上承载多个专网,满足学校教学、办公、平安校园的需求。MPLS VPN 是指采用 MPLS(多协议标记转换)技术在 IP 网络上构建虚拟专用 IP 专网,实现跨地域、安全、高速、可靠的数据、语音、图像多业务通信,并结合差别服务、流量工程等相关技术,将公众网可靠的性能、良好的扩展性、丰富的功能与专用网的安全、灵活、高效结合在一起。目前大家讨论比较多是 MPLS VPN 技术或某个具体案例,还比较少从学校实际需求层面来谈 MPLS VPN 技术的规范化部署。本文将以高校的实际需求出发,探讨在校园网中进行规范化部署 MPLS VPN 技术。

## 1 数字化校园对网络需求

数字化校园业务对校园网络需求从大的方面来看,主要有如下八大类组成,具体如下。

收稿日期:2016-05-27

作者简介:肖永钦(1975-),男,汉族,工程师,主要从事网  
规、网络信息安全的研究。

### 1) 教学与科研专网

在教学应用这块,主要包括在线视频授课、教学录像及课件的在线浏览和下载、学生和老师通过网络互动、远程答辩以及传统的学习信息查询等。在科研这块,主要包括课题报送与验收、远程网上协同工作、科研资源的共享、网格计算等。

### 2) 办公网

办公自动化 OA 系统和各部门的管理系统的基础上建立统一的学校管理平台和信息平台。VOIP、视频会议系统和网络电视、网上直播系统等在学校内可以更好的、更便捷的进行沟通和信息交流。

### 3) 视频监控专网

为了加强人身和财产安全,需要建立专项视频监控网,保障学校广大师生安全。

### 4) 招生专网

为了保障招生网络信息系统的安全,通过专网与互联网隔离。

### 5) 院系、部处专网

为了保障各个院系、部处专网的安全,使其只能内部互访而与其他部门隔离。

### 6) 实验专网

为了保障各个学院实验设备的安全,通过专网与

互联网隔离。

7) 托管服务器

每个院系、部处的内部应用服务器,不需要上互联网,供每个院系、部处自己内部访问和一部分师生访问。

8) 网站发布服务器

所有院系、部处的对公网发布的服务器,主要网站进行发布。

综上所述,我们建设的目的是能够通过构建一个统一、高效、可靠、安全的信息化平台,有效实现校园网各个院系、部处纵向专网隔离、横向授权访问和校园资源共享,形成统一的校园网络和资源共享平台。

## 2 校园环境下 MPLS VPN 网络部署思路

### 2.1 MPLS VPN 网络架构总体设计

根据数字化校园业务对校园网络需求,我们将以高校网络实际需求为出发点,设计 MPLS VPN 网络拓扑,详见图 1。

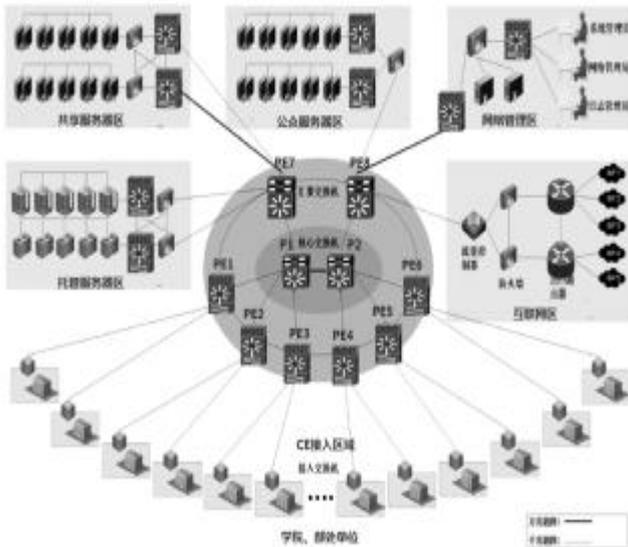


图 1 校园网 MPLS VPN 网络拓扑图

Figure 1 Campus network MPLS VPN network topology

高校的所有院系、部处的接入单位统一接入进校园网中,通过 MPLS/VPN 技术实现统一出口、统一管理、业务隔离等业务功能需求。为了实现业务隔离,在校园网络中划分出四个功能区,每个功能区实现不同的业务需求。在中心端也存在相应的服务器功能区。每个接入单位可选 4 个功能区,各功能区介绍如下所示:

1) 互联网区

它包括校园办公网,各接入院系、部处的互联网区是唯一具有 Internet 访问权限的区域,由校园网平台统一实现 Internet 的高速访问和安全控制;该功能区同时可以访问数据中心的互联共享区。

2) 内联网区

它包括招生专网、视频监控专网、实验专网和院系、部处内部专网,内联网区即纵向访问区,同一院系、部处的各接入单位内联网区及其托管服务器区处于一个 VPN 中,实现各接入单位的互联互通,并与其他接入单位安全隔离。

3) 互访区

它包括教学科研专网,互访区即横向访问区,按照不同学院、部处间特殊应用的互访要求,可通过互访区实现不同接入单位的横向受控访问。

4) 共享区

各接入单位的共享区是唯一具有信息中心共享服务器访问权限的区域。

上述四个功能区为每个接入单位可选配置的四个功能区,除此之外数据中心划分如下服务器区:

5) 公众服务器区

所有院系、部处的对公网发布的服务器都放置在该区域中,由网站管理中心统一管理。

6) 托管服务器区

每个院系、部处的内部服务器(只能被该属于该接入单位的内联区访问)都放置在该区域中,由网站管理中心统一管理。

7) 共享服务器区

所有学院、部处的接入单位的共享区都可以访问共享服务器区内的服务器,主要是一些内网资源。

8) 互联共享区

该功能区对接入单位互联网区用户开放。

### 2.2 路由协议规划设计

核心 P<sup>0</sup> (Provider)设备与汇聚 PE<sup>0</sup> (Provider Edge)设备之间运行 OSPF、LDP<sup>2</sup>、MP-BGP 等协议,构成基于 MPLS 体系<sup>3</sup>的 VPN 骨干网络,所有接入单位下的用户数据在校园网中以标签包的形式进行传输。

汇聚 PE 设备同接入 CE (customer edge)设备之间运行静态路由,PE 设备上为每个接入单位的四个

功能区创建相应的 VRF<sup>[4]</sup>(virtual routing forwarding), 将 VRF 下的静态路由重发布进 MP-BGP 并通告进 MPLS/VPN 骨干网络。

CE 设备上运行策略路由, 将不同接入单位的不同功能区的数据向上转发进 PE 设备上相对应的 VRF 接口中。

### 2.2.1 骨干 IGP 设计

OSPF 协议作为核心 IGP<sup>[5]</sup>(interior gateway protocol) 协议在项目中应用较为简单, 仅仅是用来保证 BGP<sup>[6]</sup>、LDP(label distribution protocol)的邻居关系建立, 承载 BGP 会话、LDP 会话以及发布 CE 设备管理网段路由。

OSPF 协议的最主要的作用就是保证所有 P/PE 设备的 Loopback 地址能够通告出去并通过 OSPF 路由可达。为了加快 OSPF 邻接关系的形成, 将骨干网络中接口的 OSPF 网络类型统一修改为 point-to-point。通过修改接口的 OSPF Cost 参数以影响 OSPF 选路。

### 2.2.2 MP-BGP 设计

BGP 对等关系设计, 如果汇聚 PE 设备是单链路上联, 则只与自己上联的核心 P 设备建立 IBGP 对等关系, 如果汇聚 PE 设备是双链路上联(包括连接到其他汇聚 PE 设备), 则与两个核心 P 设备都建立 IBGP 对等关系。所有的 MP-IBGP 对等体均采用 Loopback 地址做为更新源(update-source)。

### 2.2.3 路由反射器设计(RR)



图2 路由反射器设计

Figure 2 Routing reflector design

两台核心 P 设备上需要将其做连接的汇聚 PE 指为反射器的客户端, 同时两台核心 P 设备之间也必须互指为各自的客户端。

### 2.2.4 PE-CE 路由协议设计

PE 设备和 CE 设备间的互联方式如图 3 所示。

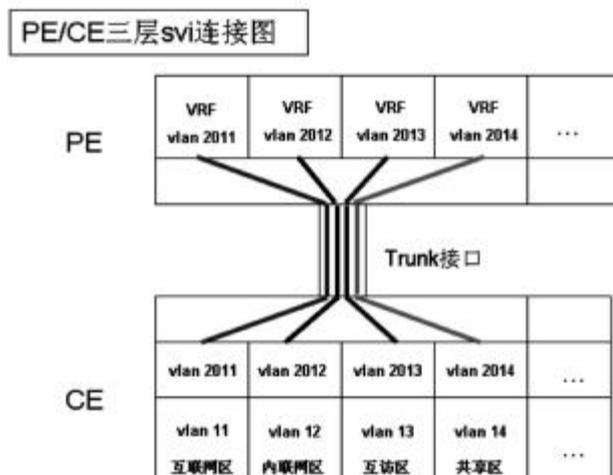


图3 PE-CE 互联逻辑图

Figure 3 The logic diagram of PE-CE interconnected

在 PE 设备上为每个接入单位的 4 个功能区创建 4 个互联 SVI, 并且这 4 个用于互联的 SVI, 分别关联进不同的 VRF, 然后在这 4 个 VRF 下分别配置该接入单位的各个功能区的静态回指路由, 如图 4 所示:

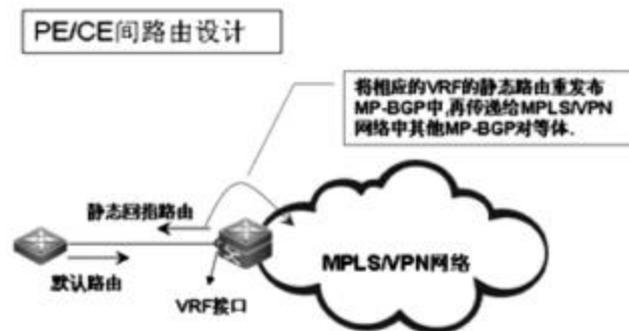


图4 PE-CE 路由设计

Figure 4 The design of PE-CE route

### 2.2.5 互联网和共享区路由设计

在核心交换机上做连接的互联网和共享区, 供接入单位互联网区内的用户既可以访问互联网也能够访问互联共享区内的服务器资源, 这就要求接入单位互联区的 VRF 既能学习到访问互联网的默认路由, 也能学习到互联共享区的明细路由, 但是共享区内的服务器是不容许访问 Internet。

MPLS/VPN 网络中路由的学习与发布是通过 VRF 的 Export RT<sup>[6]</sup>、Import RT 进行配置来实现的, 即需要对接入单位的互联网区 VRF 的 RT 值、核心交换机上出口 VRF 的 RT 值以及核心交换机上连接互联共享区 VRF 的 RT 值进行配置, 以实现上述需求。

### 2.3 网络参数设计

#### 2.3.1 设备管理地址设计

核心 P、汇聚 PE 设备采用 Loopback0 地址作为管理地址。

接入 CE 设备及 CEX 设备的管理 IP 地址采用 172.31.xxx.nnn/24, 其中 xxx 为汇聚 PE 设备的 Loopback0 地址的最后一个字节数 100-131, nnn 为 CE 设备的编号。

CE 设备及 CEX 设备的管理 VLAN 采用 VLAN9, 网关地址为 172.31.xxx.254, 该地址在其所连接的 PE 设备上, 如图 5 所示:

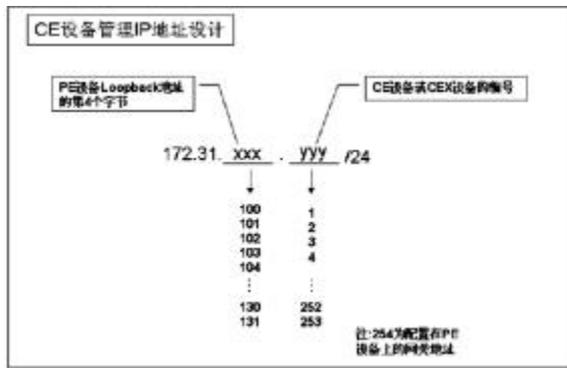


图 5 CE 设备管理 IP 地址设计

Figure 5 The design of management IP address on the CE equipment

说明:CE 设备管理网段不属于任何 VRF, 通过 OSPF 通告进骨干网络, 属于骨干网络路由表的一部分。

#### 2.3.2 功能区编号设计

互联网区: 1; 内联网区: 2; 互访区: 3; 共享区: 4。

#### 2.3.3 校区编号设计

针对目前大部分高校都有 1 至多个校区, 如果在不同地市内, 就按电话区号来命名, 比如福州市的电话区号为 0591, 厦门市的电话区号为 0592; 如果在同一地市内多个校区, 就按电话区号+附加码, 附加码取值范围为 100-110。

#### 2.3.4 接入单位编号设计

IP 地址通常用“点分十进制”表示成(A.B.C.D)的形式, 接入单位编号可取接入单位 IP 网段的“C”作为编号, 比如: 接入单位 IP 地址段为 10.106.102.0/24, 那么接入单位编号取 102, 以此类推。

#### 2.3.5 PE 编号设计

PE 设备一般是一个楼群的汇聚设备, PE 设备的

编号取值范围为 00~30, 如果不够扩充 PE, 新增 PE 的编号将从 31 开始向后取。

#### 2.3.6 接入单位命名设计

接入单位命名采用“校区编号\_ PE 编号\_ 接入单位编号”的方式。

#### 2.3.7 VRF 命名设计

需要在 PE 上面为每一个接入单位的每一个功能区创建一个 VRF, VRF 的命名规则采用“接入单位命名\_ 功能区编号”方式。

#### 2.3.8 设备命名设计

为便于日后运维, 所有物理设备都应该有统一明确定义的命名规范, 建议设备的命名应有如下信息组成:

物理位置+设备层次+设备管理 IP 地址+对端设备端口号, 其中物理位置取其简称, 比如: 理工楼群, 对应的编码为 lglq; 设备层次取值为“P、PE、CE”。

#### 2.3.9 各接入单位功能区 IP 地址及 VLAN 设计

为各院系、部处在每个接入单位分配的 IP 地址, 从 10.0.0.0/8 这个地址段中选取, 分配原则如下所示接入单位地址采用“校区编号+功能区编号+院系编号”的分配方式, 通过 IP 地址可以直观并唯一的确定接入用户的归属, 该方式是将 10.0.0.0/8 这个地址空间的第 2 个字节进行拆分, 前 5 个比特 PE 编号, 后 3 个比特标识功能区编号, 第三个字节标识接入单位编号, 如图 6 所示。

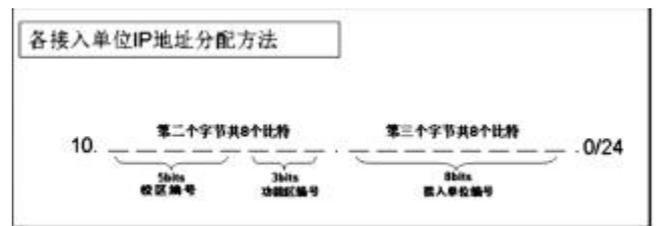


图 6 接入单位 IP 地址分配方法

Figure 6 Access units IP address assignment method

考虑到互联网区内的用户数量较多, 为互联网区分配两个地址段, 将第二个字节的后 3bits 为全 0 的 IP 地址也分配给了互联网区作为预留。

VLAN 号的分配方法采用“接入单位编号+功能区编号”方法进行定义。

#### 2.3.10 Route Distinguisher 设计

各接入单位的各功能区 VRF 的 RD<sup>[7-9]</sup>的设计规则采用: “65500: 1+PE 编号+接入单位编号+功能区编

号”这样的格式,如图 7 所示。

接入单位各功能区 VRF RD 分配方法			
65500 : 1	PE 编号	院系编号	功能区编号
	00	001	1
	01	002	2
	02	003	3
	03	004	4
	⋮	⋮	⋮
	29	198	
	30	199	

图 7 接入单位功能区 VRF RD 分配方法

Figure 7 Access units function type VRF RD allocation methods

数据中心 PE 上的各服务器区及 Internet 接入区的 VRF 的 RD 设计如下:

Internet 接入区:65500:10000

服务器托管区:65500:2+接入单位编号+2

共享服务器区:65500:30000

### 2.3.11 Route Target 设计

接入单位各功能区 VRF 以及数据中心的服务器区 VRF 的 Route Target<sup>[9-10]</sup>设计规则如下:

1)接入单位互联网区 VRF RT 设计

Export Route Target:65500:10001

Import Route Target:65500:10000

在数据中心 P 上连接 Internet 的互联网接入区 VRF 的 Route Target 如下:

Export Route Target:65500:10000

Import Route Target:65500:10001

根据如上的设计规则,各接入单位的互联网区 VRF 之间无法学习到互相的路由,各接入单位的互联网区 VRF 能够学习到 Internet 互联网接入区 VRF 的默认路由,Internet 互联网接入区 VRF 也能够学习到各接入单位的互联网区 VRF 路由,从而实现了各接入单位的互联网区可以访问 Internet,但相互之间无法访问。

2)接入单位内联网区 VRF RT 设计

Export Route Target:65500:2+接入单位编号+2

Import Route Target:65500:2+接入单位编号+2

数据中心 PE 的托管服务器区 VRF 的 Route Target 如下:

Export Route Target:65500:2+接入单位编号+2

按照如上规则,处于不同 PE 下的同一院系、部处的接入单位的内联网区 VRF 以及该院系、部处放在数据中心托管区的服务器所处的 VRF 就可以相互学习路由,从而实现同一院系、部处以及该院系、部处的托管服务器间的纵向访问。

3)接入单位互访区 VRF RT 设计

Export Route Target: 等于该功能区 VRF 所对应的 RD 值

Import Route Target: 根据实际需求进行配置

根据如上规则,当两个不同接入单位之间需要互相访问时,只需要互相导入对方互访区 VRF 的 Export Route Target 即可,从而实现不同接入单位的横向互访。

4)接入单位共享区 VRF RT 设计

Export Route Target:65500:30001

Import Route Target:65500:30000

数据中心 PE 上的共享服务器区的 VRF 的 Router Target 如下:

Export Route Target:65500:30000

Import Route Target:65500:30001

同互联网区的 VRF 的 RT 规则相同,从而实现各接入单位的共享区 VRF 之间不能互相访问,只能访问数据中心 PE 上的共享服务器区 VRF。

## 3 结束语

主要针对高校对网络需求,引入了 MPLS VPN 技术,基于理论与实践基础上,提出了 MPLS VPN 技术在校园网中规范化部署设计思路和实现机理,为 MPLS VPN 在校园网中大规模部署提供理论与实践指导。

## 参考文献:

- [1] Rosen E, Rekhter Y. BGP/MPLS IP Virtual Private Networks (VPNs)[M]. IETF RFC4364, 2006.
- [2] 闫勇.MPLS 技术研究及其应用.同煤科技,2010(4):16-19.
- [3] Jim G, Ivan P. MPLS 和 VPN 体系结构(修订版)[M]. 田果,刘丹宁,沈铮,译.北京:人民邮电出版社,2015.
- [4] Ivan P, Jim G. MPLS and VPN architectures [M]. Indianapolis:

- Cisco Press,2012.
- [5] Zaheer A, Liu J, Abe M, et al. Troubleshooting IP routing protocols [M]. Indianapolis: Cisco Press,2002.
- [6] 裴郁.MPLS VPN 组网研究与实现[D].上海:复旦大学,2007.
- [7] 尹光成.IP 路由技术详解与配置实践[M].北京:清华大学出版社,2012:98-102.
- [8] 王达.虚拟专用网(VPN)精解[M].北京:清华大学出版社,2009.
- [9] 符冰. MPLS VPN 技术在校园网的研究和实现[D].上海:上海交通大学,2011.
- [10] Jim G,Francois L F,Jean-Philippe V. MPLS 网络设计权威指南[M]. 陈武,译.北京:人民邮电出版社,2007.

(责任编辑:叶丽娜)

## MPLS VPN Technology Normalization Research Deployed in Campus Network

XIAO Yongqin, WANG Yi, CHEN Song

(Modern Education Technology Center ,Fujian Normal University ,Fuzhou, Fujian 350117)

**Abstract:** In this paper, the MPLS VPN technology is applied in the college campus network deployment specification design and implementation, according to the demand of the colleges network. We make a detailed analysis of the division of functions, the design of routing protocols and network parameter design for deployment of the MPLS VPN technology in campus network, so as to realize the network sharing, the resource sharing and the unified plan of the business. The results of research will be helpful to the normalization of deploying MPLS VPN in campus network, campus network in large-scale deployment of MPLS VPN to provide theoretical and practical guidance, while improving network troubleshooting speed, maximize the protection of a virtual private network availability, effective management and requirements for safe and reliable operation, thus saving investment.

**Key words:** MPLS VPN; LDP; BGP ; campus network; normalization

# S 变换对地震信号滤波的应用研究

徐 涛

(武夷学院 机电工程学院, 福建 武夷山 354300)

**摘 要:**短时傅里叶变换的窗函数宽度固定不变,处理非平稳信号有局限性,改变窗函数使其可调,即为 S 变换。S 变换的窗函数可以随信号自适应调节,信号经 S 变换得二维时频谱,确定噪声时频范围对其清零,再利用 S 逆变换到时间域,最终得到去噪后的有效信号。通过理论计算和地震信号仿真表明,S 变换能够得到信号的时频信息,确定噪声的时间范围,并能有效滤除不同时段不同频率的噪声,提高信号的信噪比。

**关键词:**S 变换;窗函数;地震信号

**中图分类号:**TN911.72 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2016)12-0059-04

经典傅里叶变换是处理稳态信号的有效方法,可以立即得出信号的频谱信息,但无法反映出信号频率随时间的变化情况,基于此,提出了窗函数的概念,使时域信号在此窗内能够体现频率信息,这种处理方法称为时频分析方法<sup>[1]</sup>,其中,CWT、STFT 是比较有代表性的时频分析方法。但时频分析法的局限性在于无法有效处理变化剧烈的非平稳信号,且时频分析方法的窗函数仍受到 Heisenberg W 不确定性原理的限制,即时频分辨率无法共同达到最优。

地球物理学家 Stockwell R G 在 1996 年提出了一种加时窗的时频可逆分析方法,也就是 S 变换<sup>[2]</sup>。S 变换是在 STFT 基础上对窗函数进行改进<sup>[3-4]</sup>,采用 CWT 思想,以 Morlet 小波(具有非正交性和 Gaussian 调节的指数赋值小波)为基本小波,根据不同时间区域信号的剧烈程度,确定合适的时窗分辨率,从而计算出不同时刻的功率谱,确定噪声存在的区域,对该区域进行清零,再经 S 逆变换到时间域,最终得到滤波后的有效信息。与 STFT、CWT 相比,S 变换有其独特的

优势<sup>[5-6]</sup>;窗函数分辨率具有多分辨性,宽度又可以随信号频率自适应地做出改变,其 Morlet 小波可以不受容许性条件限制等<sup>[7]</sup>。

## 1 S 变换

### 1.1 由傅里叶变换导出

设为连续时间序列,其傅里叶变换表达式可以表示为:

$$H(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(t) \exp(-j2\pi ft) dt \quad (1)$$

由于傅里叶变换无法分析非平稳信号的局部信息,也无法体现信号频率随时间的变化情况,针对这些缺陷,在 1946 年,Gabor 率先提出了加窗函数的思想,即在  $h(t)$  上乘以一个窗函数,设为  $w(t)$ ,用  $w(t)$  按时间轴去截每段信号,再对截下来的每段信号作傅里叶变换,所得到的一系列傅里叶变换结果排开则成为二维表象,这些傅里叶变换的集合记为:

$$H(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(t)w(t) \exp(-j2\pi ft) dt \quad (2)$$

可以证明,窗函数的时频宽度的乘积存在最小值,其最小值为 2,这恰恰符合了测不确定性原理,该原理说明了不可能同时获得最佳的时频分辨率。基于此,将窗函数归一化,定义为高斯窗,且该高斯窗可以

收稿日期:2015-09-12

作者简介:徐涛(1984-)男,汉族,助教,主要从事故障诊断与容错控制的研究。

平移和伸缩, 平移量为  $\tau$ 、伸缩量为  $\sigma$ , 那么,  $w(t-\tau) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-\tau)^2}{2\sigma^2}\right]$  (3), 此时时间序列  $h(t)$  的时间频率二维表象又可写为:

$$STFT(\sigma, \tau, f) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(t) \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-\tau)^2}{2\sigma^2}\right] \exp(-j2\pi ft) dt$$

(4), 上式除了时间和频率二维表象元素外, 还多了一个伸缩变量  $\sigma$ , 作为时频分析工具是不切实际的。考虑将伸缩变量与频率产生关系, 令  $\sigma(f) = \frac{1}{|f|}$ , 这样就

$$\text{得到一个公式: } S(t, f) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(t) \frac{|f|}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{f^2(t-\tau)^2}{2\sigma^2}\right]$$

$\exp(-j2\pi ft) dt$  (5), 这就是连续时间序列  $h(t)$  的 S 变换表达式。根据傅里叶逆变换很容易得到:

$$h(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \left\{ \int_{-\infty}^{+\infty} S(t, f) df \right\} \exp(j2\pi ft) dt$$
 (6), 该式为 S 逆变换表达式。

### 1.2 离散 S 变换及其实现

由于计算机处理的是离散信号, 而在离散域内, 又必须满足周期性或有限性条件, 所以必须要导出有限序列的离散 S 变换。

$h(KT), K=0, 1, 2, \dots, N$  为连续信号  $h(t)$  的离散信息,  $T$  为采样时间间隔, 其离散傅里叶变换可以表示为:

$$\hat{H}\left[\frac{1}{NT}\right] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} h[kT] \exp\left[-\frac{i2\pi nk}{N}\right]$$
 (7),  $n=0, 1, 2, \dots, N$ , 时间序列  $h(KT)$  的离散 S 变换  $\hat{S}$  可以表示为:

$$\hat{S}\left[jT, \frac{n}{NT}\right] = \sum_{m=-N/2}^{N/2-1} \hat{H}\left[\frac{m+n}{NT}\right] \exp\left[-\frac{2\pi^2 m^2}{n^2}\right] \exp\left[\frac{2\pi imj}{NT}\right]$$

(8), 式中  $N$  为采样点数,  $j$  为正整数且无单位,  $m$  和  $n$  为频率,  $\hat{H}$  是  $h$  的离散傅里叶变换。离散 S 反变换为:

$$h(KT) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \left( \sum_{j=0}^{N-1} \hat{S}\left[jT, \frac{n}{NT}\right] \right) \exp\left[\frac{j2\pi mk}{N}\right]$$
 (9), 其中,  $n \neq 0$ 。

### 1.3 S 变换的实现

首先记  $n=n/NT, m=m/NT, k=kT$  和  $j=jT$ 。序列  $h(k)$  的 S 正变换步骤如下:

(1) 在时间序列  $h(k)$  上进行采样, 设采样点数为  $N$ , 采样时间间隔为  $T$ , 对这  $N$  个点求 FFT(快速傅里

叶变换), 得到其频谱, 记为  $H[m]$ 。

(2) 计算频率为  $n$  的高斯函数值  $G[m, n]$ 。

(3) 将  $H[m]$  向左移动  $n$  个频率单位得  $H[m+n]$ , 即频移谱。

(4) 将  $G[m, n]$  乘以  $H[m+n]$  所得结果记作  $B[n, m]$ 。

(5) 将  $B[n, m]$  做快速傅里叶逆变换, 得其 S 变换谱表达式  $S[n, j], j=1, 2, \dots, N$ 。

(6) 返回执行步骤(3)、(4), 当所有频率全部计算完毕, 就得到了  $h(k)$  的 S 变换谱。

同样, 可以根据 S 逆变换的离散形式得出 S 逆变换步骤:

(1) 对谱  $S[n, j]$  按行求和, 计算出频率  $n$  的傅里叶谱, 记为  $C[n]$ 。

(2) 循环频率  $n$ , 返回再执行步骤(1), 计算出谱  $H[m]$ 。

(3) 对  $H[m]$  执行傅里叶逆变换运算, 还原得出时间序列  $h(k)$ 。

## 2 S 变换在时频域上的滤波

### 2.1 滤波方法简介

短时傅里叶变换在对信号进行滤波时, 是比较常用的方法, 对比傅里叶变换最大的优点就是, 添加了可伸缩可平移的高斯窗函数, 能够获取信号在各个时刻对应的频谱信息, 但是高斯窗函数不够灵活, 缺乏自适应性, 因此无法跟踪信号的突变过程, 而信号的噪声部分又往往发生在该过程, 即信号突变区, 所以设置随信号频率变化的自适应高斯窗函数显得尤为重要, 用自适应的高斯窗函数对信号进行截取, 得到不同时间对应的频域信息, 在时间-频率这个二维平面上就确定了信号噪声的存在的时间频率范围, 简单来说就是将信号分为有效部分和噪声部分, 利用 S 变换, 得到信号的时频谱, 确定噪声区域, 将噪声区域清零, 然后经逆 S 变换回时间域, 具体做法如下, 将信号表示为  $originalsignal(t) = realsignal(t) + noise(t)$ , 等式右边为原始信号, 左边为有效信号和噪声信号, 将两边进行 S 变换得:  $SToriginalsignal(t) = STrealsignal(t) + STnoise(t)$ 。在信号 S 谱上确定噪声区域, 对该区域清零, 也就是让  $STnoise(t)$  为 0, 最后将  $STrealsignal(t)$  经 S 逆变换回

时间域,最终得到清除干扰后的近似有效信号  $realsig\text{-}nal(t)$ 。

## 2.2 滤波步骤

(1)首先对待处理信号进行 S 变换,得其 S 谱,即时间-频率信息,如图 1。



图 1 信号 S 变换时频图

Figure 1 Time frequency diagram of signal's S-transform

(2)确定噪声区域,即时间范围 $[t_1, t_2]$ 和频率范围 $[f_1, f_2]$ ,将此二维时间-频率区域标为 D,注意,有效信息和噪声信息的边界是一个敏感区域(误差产生区域),边界可以通过对信号分时分频计算来确定。

(3)对噪声区域进行清零。

(4)对清零后数据进行 S 逆变换,最终得到滤除噪声后的时间域信息。

## 3 S 变换与小波变换模型试算

图 2 是一幅原始的待处理的信号,由人工叠加噪声合成,为时间域信息;图 3 为该信号经 S 变换后的时频谱,得到由低到高的三段频率信息,分别为 0.05、0.1 和 0.15 Hz,其中,0.05 Hz 的低频信号上叠加了高斯白噪声,噪声功率约为 0.6,此时的信噪比为 7.923 5;原始信号的 S 变换谱中可以清楚的看到三段不同频率的信号以及它们存在的时间区域,同时也能够清楚的看到噪声所在的时频区域(频率区域大概为 0.2~0.6 Hz,时间区域大概为 65~85 s),对这部分区域进行清零,将噪声清除,然后将 S 变换后的时频谱反变换回时间域,得到去噪后的近似有效信号,如图 4,可以看出通过 S 变换后滤波并不是完全彻底,这是由于在对噪声时频范围的确定时存在误差信息,滤波后信号除开始部分、与噪声产生的频率段产生些许畸变外,其余部分与原信号基本一致,经计算,滤波后信号信噪比约为 12.355 6,大大提高了信噪比。图 5 为信号经过小波变换滤波后的结果,经过计算,经小波变换滤波后的信号信噪比为 11.423 3,对比得出,S 变换滤

波效果要优于小波变换滤波结果。

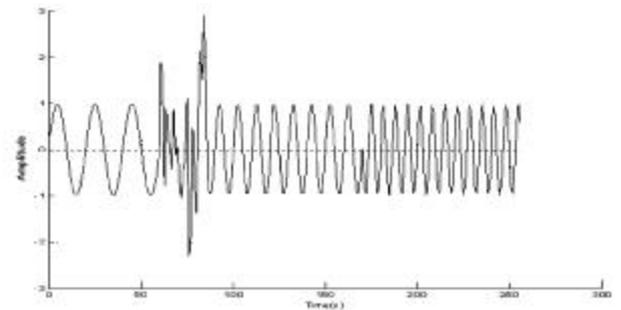


图 2 人工合成噪声的原始信号

Figure 2 Artificial synthetic raw noise signal



图 3 原始信号经 S 变换后的时频谱

Figure 3 Time spectrum after S-transform

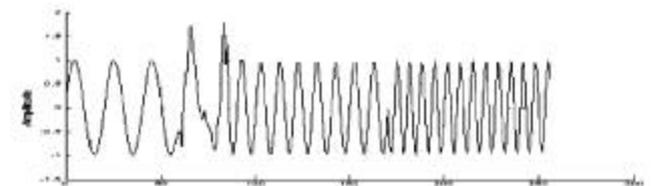


图 4 经 S 变换滤波后的时域信息

Figure 4 Time domain signal after S-transform filtering

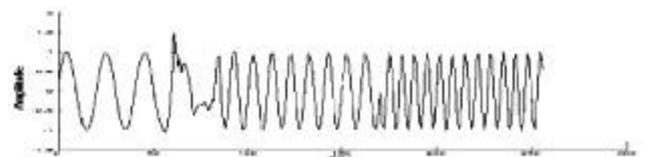


图 5 经小波变换滤波后的时域信息

Figure 5 Time domain signal after wavelet transform filtering

## 4 S 变换对实际地震信号去噪

图 5 为某一地区的实际地震记录资料,选取 60 道地震信号进行滤波分析,其中每一道的道长为 3 s,信息的采样点数为 1 500,采样间隔为 2 ms,从图中可以看出每一道信号在低频的基础上叠加了高频信息,分别取出每一道的地震信号,进行 S 变换,确定噪声存在时频区域,对噪声进行清零,然后返回时间域,直到处理完所有的 60 道信号,最终得到去噪后的 60 道地震时域信息如图 6。

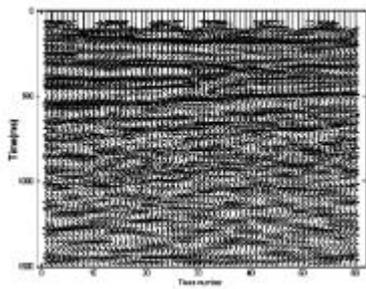


图 6 原始地震信号

Figure 6 Original seismic signal

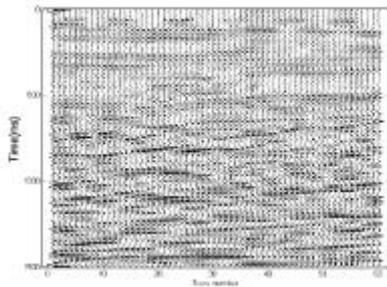


图 7 去噪后的地震信号

Figure 7 Seismic signal after denoising

与图 5 比较可以明显看出这 60 道信号的高频部分干扰已经基本完全滤除,信号相对平稳与清晰。将 60 道信号的干扰信息完全滤除后,从宏观角度来看,这 60 道信息的干扰分量已经基本完全滤除,地震信息呈现低频状态且比较平稳,由此来看,基于 S 变换的去噪方法能够很好地对实际地震信息进行滤波。

### 5 结论

对比短时傅里叶变换 S 变换的优势在于,其窗函

数可以根据信号特征调整其高度和宽度;对比小波变换其优势在于,信号的 S 变换结果更加直观,能够更加细致地对高频区进行分析。通过模型试算对比,S 变换滤波方法要优于小波变换滤波方法。虽然 S 变换的窗函数可调,但是其形态还是保持不变,仅限于平移与伸缩,这样也就制约了 S 变换对信号分析的灵活度,另外,窗函数时频分辨率依然受测不确定性原理的约束。所以,基于 S 变换去噪方法仍有待于完善。

### 参考文献:

- [1] 焦叙明.时频分析及其在地震资料处理分析中的应用[D].青岛:中国海洋大学,2007.
- [2] Stockwell R G, Mansinha L, Lowe R P. Location of the complex spectrum:the stransform[J].IEEE Transactions on Signal 1996;44(4):998-1001.
- [3] 杨志强,单娜林,刘占兴,等.S 变换在岩溶区地震映像资料处理中的应用[J].工程地球物理学报,2012(2):227-230.
- [4] 迟华山,王红星,赵培红,等.基于 S 变换的线性调频信号时频滤波[J].无线电通信技术,2012(1):21-24.
- [5] 赵淑红,王璇.S 变换时频滤波与其它滤波方法的比较[J].地震工程学报,2007(3):224-229.
- [6] 刘霞,徐涛,段玉波,等.基于广义 S 变换的时频滤波技术研究[J].自动化技术与应用,2012(2):15-19.
- [7] Pinnegar C R, Mansinha L. Time-local spectral analysis for non-stationary time series:the S-transform for noisy signals [J].Fluctuation and Noise Letters, 2003,3(3):357-364.

(责任编辑:叶丽娜)

## Application Study on S-transform to Seismic Signal Filteration

XU Tao

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** The width of the short time Fourier transform window function is invariable. There are limitations in dealing with non-stationary signals. Change window function and make it adjustable, this is S-transform. The window function of S-transform can be adjusted with signals. The signal is transformed to be two dimensional time-frequency spectrum by S-transform. Determine the time-frequency range of noise and clear the noise. it is transformed to be time domain by S-inverse-transform. Finally, obtain the effective and filtered information. Through the theoretical calculation and simulation of seismic signal, S-transform can get the time frequency information of signal, determine time scope of the noise, improve the SNR of signal.

**Key words:** S transform; window function; seismic signal

# 一类 Stancu 型算子的逼近性质

任美英

(武夷学院 数学与计算机学院, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**通过 Bernstein 多项式的基函数, 引进一类 Stancu 型算子序列, 并借助于连续模研究该算子序列的一些逼近性质, 得到算子序列的一个 Korovkin 型收敛定理和收敛速度的一些估计。

**关键词:**Stancu 型算子序列; K-泛函; 光滑模; 逼近性质

**中图分类号:** O174.5 **文献标识码:** A **文章标号:** 1674-2109(2016)12-0063-03

算子逼近是逼近论的研究热点之一, 有关算子序列的逼近问题已有许多的研究成果<sup>[1-5]</sup>。2012 年, 任美英<sup>[6]</sup>引进并研究了如下 Bernstein 型算子序列 $\{L_n\}_{n \in \mathbb{N}}$ :

$$L_n(f; x) = f(0)(1-x)^n + \sum_{k=1}^{n-1} p_{nk}(x) B_{nk}(f) + f(1)x^n, \quad (1)$$

其中  $f(x)$  是定义在  $[0, 1]$  上的连续函数,  $x \in [0, 1]$ ,

$$p_{nk}(x) = \binom{n}{k} x^k (1-x)^{n-k},$$

$$B_{nk}(f) = \frac{1}{B(n(n-k), nk)} \int_0^1 t^{nk-1} (1-t)^{n(n-k)-1} f(t) dt, k=1, 2,$$

$\dots, n-1, B(\dots)$  是 Beta 函数。

引进算子序列 $\{L_n\}_{n \in \mathbb{N}}$ 的 Stancu 型变种, 并研究该 Stancu 型算子序列的一些逼近性质。为此, 构造 Stancu 型算子序列 $\{L_n^{(\beta, \gamma)}\}_{n \in \mathbb{N}}$ 如下:

$$L_n^{(\beta, \gamma)}(f; x) = f\left(\frac{\beta}{n+\gamma}\right)(1-x)^n + \sum_{k=1}^{n-1} p_{nk}(x) B_{nk}^{(\beta, \gamma)}(f) + f\left(\frac{n+\beta}{n+\gamma}\right)x^n, \quad (2)$$

其中  $f(x), x, p_{nk}(x)$  如上(1)中所述,  $\beta, \gamma$  是两个实参数, 满足  $0 \leq \beta \leq \gamma$ ,

$$B_{nk}^{(\beta, \gamma)}(f) = \frac{1}{B(n(n-k), nk)} \int_0^1 t^{nk-1} (1-t)^{n(n-k)-1} f\left(\frac{nt+\beta}{n+\gamma}\right) dt,$$

收稿日期: 2016-08-10

基金项目: 国家自然科学基金(61572020); 福建省自然科学基金(2014J01021)。

作者简介: 任美英(1965-), 女, 汉族, 教授, 主要从事函数逼近论的研究。

$k=1, 2, \dots, n-1, B(\dots)$  是 Beta 函数。

显然, 算子序列 $\{L_n^{(\beta, \gamma)}\}_{n \in \mathbb{N}}$ 是从  $C[0, 1]$  到  $C[0, 1]$  的正线性算子序列。当  $\beta=\gamma=0$  时, 算子序列 $\{L_n^{(\beta, \gamma)}\}_{n \in \mathbb{N}}$ 退化为 $\{L_n\}_{n \in \mathbb{N}}$ 。

为了研究的需要, 首先复习几个概念。

设  $f(x) \in C[0, 1]$ , 在文中, 记  $\|f\| = \max_{0 \leq x \leq 1} \{|f(x)|\}$ 。

**定义 1** 设  $W^2 = \{g \in C[0, 1]: g', g'' \in C[0, 1]\}$ , 对  $f \in C[0, 1]$  和  $\delta > 0$ , Peetre K-泛函定义为

$$K_2(f, \delta) = \inf_{g \in W^2} \{\|f-g\| + \delta \|g''\|\}.$$

**定义 2** 对  $f \in C[0, 1]$  和  $\delta > 0$ ,  $f$  的连续模定义为,  $\omega(f, \delta) = \sup_{0 < h \leq \delta} \sup_{x, x+h \in [0, 1]} \{|f(x+h) - f(x)|\}$ ,  $f$  的二阶光滑模定义为  $\omega_2(f, \delta) = \sup_{0 < h \leq \delta} \sup_{x, x+2h \in [0, 1]} \{|f(x+2h) - 2f(x+h) + f(x)|\}$ 。

从文献<sup>[7]</sup>可知

$$K_2(f, \delta) \leq C \omega_2(f, \sqrt{\delta}), \quad (3)$$

其中  $C$  是一个正常数。

对于算子序列 $\{L_n^{(\beta, \gamma)}\}_{n \in \mathbb{N}}$ , 研究得到如下几个结论。

**定理 1**  $\forall f(x) \in C[0, 1], n \in \mathbb{N}, x \in [0, 1]$ , 及  $0 \leq \beta \leq \gamma$ , 有  $\lim_{n \rightarrow \infty} L_n^{(\beta, \gamma)}(f; x) = f(x)$  在  $[0, 1]$  上一致成立。

**定理 2**  $\forall f(x) \in C[0, 1], n \in \mathbb{N}, x \in [0, 1]$ , 及  $0 \leq \beta \leq \gamma$ ,

$$\text{有 } |L_n^{(\beta, \gamma)}(f; x) - f(x)| \leq 2\omega_2(f, \delta_n) \text{ 其中 } \delta_n = \sqrt{\frac{n+1+(\beta+\gamma)^2}{(n+\gamma)^2}}.$$

**推论 1** 若  $f(x) \in \text{Lip}_{Ma}$ ,  $M > 0, 0 < a \leq 1, x \in [0, 1]$ , 则,  
 $\|L_n^{(\beta, \gamma)}(f; \cdot) - f\| \leq 2M\delta_n^a$  其中  $\delta_n$  如定理 2 中所述。

**定理 3**  $\forall f(x) \in C[0, 1], n \in \mathbb{N}, x \in [0, 1]$ , 及  $0 \leq \beta \leq \gamma$ , 有  $|L_n^{(\beta, \gamma)}(f; x) - f(x)| \leq C\omega_2(f, \frac{\delta_n}{\sqrt{2}}) + \omega(f, \delta_n)$ , 其中  $C$  是一个正常数,  $\delta_n$  如定理 2 中所述。

注:本文中常数  $C$  与  $f, n, x$  无关, 出现的地方不同, 表示的数值可能不同。

### 1 几个引理

为了定理的证明, 有必要引入几个辅助结论。

**引理 1**<sup>[6]</sup> 对  $L_n(t^m; x)$ ,  $m=0, 1, 2$ , 有

(i)  $L_n(1; x) = 1$ ; (ii)  $L_n(t; x) = x$ ;

(iii)  $L_n(t^2; x) = \frac{n^2 - n}{n^2 + 1}x^2 + \frac{n + 1}{n^2 + 1}x$

**引理 2** 对  $L_n^{(\beta, \gamma)}(t^i; x)$ ,  $i=0, 1, 2$ , 有

(i)  $L_n^{(\beta, \gamma)}(1; x) = 1$ ;

(ii)  $L_n^{(\beta, \gamma)}(t; x) = \frac{nx}{n + \gamma} + \frac{\beta}{n + \gamma}$ ;

(iii)  $L_n^{(\beta, \gamma)}(t^2; x) = \frac{n^2}{(n + \gamma)^2} (\frac{n^2 - n}{n^2 + 1}x^2 + \frac{n + 1}{n^2 + 1}x) + \frac{2n\beta x}{(n + \gamma)^2} + \frac{\beta^2}{(n + \gamma)^2}$

证明: 由(1)、(2)式知, 对非负整数  $m$ , 有

$$L_n^{(\beta, \gamma)}(t^m; x) = \sum_{j=0}^m \binom{m}{j} \frac{n^j \beta^{m-j}}{(n + \gamma)^m} L_n(t^j; x)$$

因此, 由引理 1 可知, 所述的结论成立。

**引理 3** 对  $\forall n \in \mathbb{N}, x \in [0, 1]$ , 及  $0 \leq \beta \leq \gamma$ , 有

(i)  $L_n^{(\beta, \gamma)}(t - x; x) = \frac{\beta - \gamma x}{n + \gamma}$

(ii)  $L_n^{(\beta, \gamma)}((t - x)^2; x) \leq \frac{n + 1 + (\beta + \gamma)^2}{(n + \gamma)^2}$

证明: (i) 由引理 2 可得,

$$L_n^{(\beta, \gamma)}(t - x; x) = L_n^{(\beta, \gamma)}(t; x) - x = \frac{\beta - \gamma x}{n + \gamma}$$

(ii) 由引理 2 可知, 对  $x \in [0, 1]$ , 及  $0 \leq \beta \leq \gamma$ , 有

$$\begin{aligned} &L_n^{(\beta, \gamma)}((t - x)^2; x) \\ &= L_n^{(\beta, \gamma)}(t^2; x) - 2x L_n^{(\beta, \gamma)}(t; x) + x^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\leq [\frac{n^2}{(n + \gamma)^2} - \frac{2n}{n + \gamma} + 1]x^2 + [\frac{n + 1}{(n + \gamma)^2} - \frac{2n\beta}{(n + \gamma)^2} - \frac{2\beta}{n + \gamma}]x \\ &+ \frac{\beta^2}{(n + \gamma)^2} \\ &= \frac{\gamma^2}{(n + \gamma)^2}x^2 + \frac{n + 1 - 2\beta\gamma}{(n + \gamma)^2}x + \frac{\beta^2}{(n + \gamma)^2} \\ &\leq \frac{n + 1 + (\beta + \gamma)^2}{(n + \gamma)^2} \end{aligned}$$

**引理 4**  $\forall f(x) \in C[0, 1], n \in \mathbb{N}, x \in [0, 1]$ , 及  $0 \leq \beta \leq \gamma$ , 有  $|L_n^{(\beta, \gamma)}(f; x)| \leq \|f\|$ .

证明: 对  $\forall f(x) \in C[0, 1], n \in \mathbb{N}, x \in [0, 1]$ , 及  $0 \leq \beta \leq \gamma$ , 由(2)式和引理 2 可得  $|L_n^{(\beta, \gamma)}(f; x)| \leq \|f\| L_n^{(\beta, \gamma)}(1; x) = \|f\|$ .

### 2 定理的证明

**定理 1** 的证明: 由引理 2 知, 对  $e_i(t) = t^i, i=0, 1, 2$  有  $\lim_{n \rightarrow \infty} \|L_n^{(\beta, \gamma)}(e_i; \cdot) - e_i\| = 0$ , 因此, 由 Korovkin 定理([8, Theorem 4.2.4])可得, 对  $\forall f(x) \in C[0, 1]$ , 有  $\lim_{n \rightarrow \infty} L_n^{(\beta, \gamma)}(f; x) = f(x)$  在区间  $[0, 1]$  上一致成立, 定理证毕。

**定理 2** 的证明: 由引理 2 知,

$$|L_n^{(\beta, \gamma)}(f; x) - f(x)| = |L_n^{(\beta, \gamma)}(f(t) - f(x); x)| \leq L_n^{(\beta, \gamma)}(|f(t) - f(x)|; x)$$

因为对  $t, x \in [0, 1]$  及  $\forall \delta > 0$ , 有  $|f(t) - f(x)| \leq (1 + \delta^{-2}(t - x)^2)\omega(f, \delta)$ , 因此  $|L_n^{(\beta, \gamma)}(f; x) - f(x)| \leq [L_n^{(\beta, \gamma)}(1; x) + \delta^{-2}L_n^{(\beta, \gamma)}((t - x)^2; x)]\omega(f, \delta)$ , 从而, 由引理 2 和引理 3 知,

$$|L_n^{(\beta, \gamma)}(f; x) - f(x)| \leq (1 + \delta^{-2}\delta_n^2)\omega(f, \delta)$$

取  $\delta = \delta_n$ , 得

$$|L_n^{(\beta, \gamma)}(f; x) - f(x)| \leq 2\omega(f, \delta_n)$$

定理证毕。

**推论 1** 的证明: 让  $f(x) \in \text{Lip}_{Ma}$ , 其中  $M > 0, 0 < a \leq 1, x \in [0, 1]$ , 则  $f(x) \in C[0, 1]$ 。由于  $f(x) \in \text{Lip}_{Ma}$  与  $\omega(f, \delta) \leq M\delta^a$  等价, 因此由定理 2 可知, 对  $\forall x \in [0, 1]$ , 有  $|L_n^{(\beta, \gamma)}(f; x) - f(x)| \leq 2M\delta_n^a$ , 从而有  $\|L_n^{(\beta, \gamma)}(f; \cdot) - f\| \leq 2M\delta_n^a$ 。

**定理 3** 的证明: 对  $f(x) \in C[0, 1], n \in \mathbb{N}, x \in [0, 1]$ , 及  $0 \leq \beta \leq \gamma$ , 定义

$$\hat{L}_n^{(\beta, \gamma)}(f; x) := L_n^{(\beta, \gamma)}(f; x) - f(\frac{nx + \beta}{n + \gamma}) + f(x) \tag{4}$$

则由引理 2 知,  $\hat{L}_n^{(\beta, \gamma)}(1; x) = 1, \hat{L}_n^{(\beta, \gamma)}(t; x) = x$ 。让  $g \in W^2, t,$

$x \in [0, 1]$ , 由泰勒公式知,

$g(t) = g(x) + g'(x)(t-x) + \int_x^t (t-u)g''(u)du$ , 所以

$\hat{L}_n^{(\beta, \gamma)}(g; x) = g(x) + \hat{L}_n^{(\beta, \gamma)}\left(\int_x^t (t-u)g''(u)du; x\right)$ 。从而, 由(4)

式知, 有

$$\begin{aligned} & \left| \hat{L}_n^{(\beta, \gamma)}(g; x) - g(x) \right| \\ & \leq \left| \hat{L}_n^{(\beta, \gamma)}\left(\int_x^t (t-u)g''(u)du; x\right) \right| + \left| \int_x^{\frac{nx+\beta}{n+\gamma}} \left(\frac{nx+\beta}{n+\gamma} - u\right)g''(u)du \right| \\ & \leq L_n^{(\beta, \gamma)}\left(\left|\int_x^t |t-u| \|g''(u)\| du\right|; x\right) + \\ & \quad \left| \int_x^{\frac{nx+\beta}{n+\gamma}} \left|\frac{nx+\beta}{n+\gamma} - u\right| \|g''(u)\| du \right| \\ & \leq [L_n^{(\beta, \gamma)}((t-x)^2; x) + \left(\frac{nx+\beta}{n+\gamma} - x\right)^2] \|g''\|. \end{aligned}$$

由引理 3 知, 对  $x \in [0, 1]$ , 有  $\left(\frac{nx+\beta}{n+\gamma} - x\right)^2 \leq \frac{(\beta+\gamma)^2}{(n+\gamma)^2}$

$\leq \delta_n^2$ , 且  $L_n^{(\beta, \gamma)}((t-x)^2; x) \leq \delta_n^2$ , 因此

$$\left| \hat{L}_n^{(\beta, \gamma)}(g; x) - g(x) \right| \leq 2\delta_n^2 \|g''\|.$$

另一方面, 由(4)式及引理 4, 有

$$\left| \hat{L}_n^{(\beta, \gamma)}(f; x) \right| \leq \left| L_n^{(\beta, \gamma)}(f; x) \right| + 2\|f\| \leq 3\|f\|, \text{ 所以,}$$

$$\begin{aligned} & \left| L_n^{(\beta, \gamma)}(f; x) - f(x) \right| \\ & \leq \left| \hat{L}_n^{(\beta, \gamma)}(f-g; x) \right| + \left| \hat{L}_n^{(\beta, \gamma)}(g; x) - g(x) \right| + |g(x) - f(x)| + \\ & \quad \left| f\left(\frac{nx+\beta}{n+\gamma}\right) - f(x) \right| \\ & \leq 4\|f-g\| + 2\delta_n^2 \|g''\| + \omega(f, \delta_n) \end{aligned}$$

对上式右边关于  $g \in W^2$  取下确界, 由定义 1 可得

$$\left| L_n^{(\beta, \gamma)}(f; x) - f(x) \right| \leq 4K_2\left(f, \frac{\delta_n^2}{2}\right) + \omega(f, \delta_n),$$

从而由(3)式知,

$$\left| L_n^{(\beta, \gamma)}(f; x) - f(x) \right| \leq C\omega_2\left(f, \frac{\delta_n}{\sqrt{2}}\right) + \omega(f, \delta_n), \text{ 定理证毕。}$$

### 参考文献:

- [1] Erençin A. Durrmeyer type modification of generalized Baskakov operators [J]. Appl. Math. Comput., 2011, 218(8): 4384-4390.
- [2] Verma D K, Agrawal P N. Convergence in simultaneous approximation for Srivastava-Gupta operators [J]. Math. Sci., 2012, 6(1):1-8.
- [3] Vinti G, Zampogni L. Approximation results for a general class of Kantorovich type operators [J]. Adv. Nonlinear Stud., 2014, 14(4):991-1011.
- [4] Ren M Y, Zeng X M. Exact orders in simultaneous approximation by complex  $q$ -Durrmeyer type operators [J]. J. Comput. Anal. Appl., 2014, 16 (5): 895-905.
- [5] Ren M Y, Zeng X M. Approximation of a kind of new type Bézier operators [J]. J. Inequal. Appl., 2015(412):1-10.
- [6] 任美英. 一类 Bernstein 型算子的逼近性质 [J]. 武夷学院学报, 2012, 31(2):1-4.
- [7] DeVore R A, Lorentz G G. Constructive Approximation [M]. Berlin: Springer, 1993.
- [8] Altomare F, Campiti M. Korovkin-Type Approximation Theory and Its Applications (De Gruyter Studies in Mathematics 17) [M]. Berlin New York: Walter de Gruyter, 1994.

(责任编辑: 叶丽娜)

## Approximation Properties of a Kind of Stancu Type Operators

REN Meiyang

(School of Mathematics and Computer Science, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** In this paper, a kind of Stancu type operators is introduced through the base functions of the Bernstein polynomials. By means of the modulus of continuity, some approximate properties of the operators are studied. A convergence theorem of Korovkin type is established. Some estimations for the rate of convergence of the operators are obtained.

**Key words:** stancu type operators; K-functional; smoothness modulus; approximation properties

# 固定资产定积分折旧建模思路新探

## ——折旧的中间年限加速计提猜想

郑智勇

(福建师范大学 经济学院, 福建 福州 350108)

**摘 要:**在现行的资产负债观的视角下,对于原值实现价值的全部补偿是不符合当今对于资产内部损耗的合理估计,从总体上看,固定资产的折旧额随着固定资产的价值损耗呈现出先上升后下降的趋势,为了使得所计提的折旧额能够较合理地反映资产的实际损耗,本文引入了定积分的折旧思路,根据资产的不同特点,选择相应的折旧模型,并进行合理的折旧估计,更好地保证折旧计提的可靠性和客观性。

**关键词:**资产负债观;定积分;二次函数;正态分布;三角函数

**中图分类号:**F-275 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2016)12-0066-05

当前固定资产的折旧方法主要是年限平均法、工作量法、余额递减法、双倍余额递减法和年数总和法这五种方法。然而现行的这五种折旧方法主要考虑从折旧基数和折旧率的变化情况来探讨各期折旧额的内在规律性,通过原值、净残值和折旧年数来计提各期的折旧额,而忽视了各资产的价值损耗特点。显然在现行的资产负债观的视角下,对于原值实现价值的全部补偿是不符合当今对于资产内部损耗的合理估计,而只有充分从资产自身的特点来考虑折旧计提的合理性,才能更好地实现会计“估价人”的角色,折旧的计提才更具有可靠性和客观性。因此引入了定积分的折旧思路,根据资产的不同特点,选择相应的折旧模型,并进行合理的折旧估计,使得所计提的折旧额能够较合理地反映资产的实际损耗。对于定积分的折旧思路主要从一元积分和二元积分的角度来研究固定资产的折旧,通过反映其折旧规律的二次函数、正态分布函数、三角函数等函数图像以及椭圆等折旧图形,按照其在各资产特点进行相应的变动,从而合理

估计出其折旧额的变动。本文认为固定资产的折旧趋势是呈现中间年限的加速化趋势的,在固定资产使用初期,由于不能很好地掌握固定资产的操作技术,有效地管理固定资产的能耗,因此初期的折旧额处于较低的水平,随着时间的延长,操作技术的提高,为了最大限度地创造出固定资产的使用价值,固定资产的价值损耗就会随着操作效率的提高而逐渐增大,折旧额也会因此呈现出递增的趋势,当固定资产的使用效能达到最大值后,随着固定资产损耗的增加,固定资产的修理费用的增多,固定资产的性能减弱,折旧额在达到最高点后逐渐下降。所以从总体上看,固定资产的折旧额随着固定资产的价值损耗呈现出先上升后下降的趋势,因此通过新模型的构建来实现该趋势的折旧计提,实现折旧计提的最优化。

对于折旧新方法的探索上,考虑到折旧的中间年限加速计提,当前研究主要集中于对正态分布折旧法的探索,却没有从积分的角度来研究固定资产的折旧新方法。孙芳城等探索用二分法来改进原有折旧<sup>[1]</sup>。刘兴革等根据正态分布的特点,提出正态分布法的折旧计提<sup>[2]</sup>。代宏霞等出于折旧额的内在价值真正弥补固定资产内在价值的考虑<sup>[3]</sup>,章新蓉从资金运动的增值现象出发将资金时间价值引入以优化固定资产正态折

收稿日期:2016-07-16

作者简介:郑智勇(1992-),男,汉族,在读研究生,主要从事财务会计理论研究。

旧模型<sup>[4]</sup>。林祥友认为虽然固定资产正态折旧模型使得各期的折旧额绝对数的分布具有正态合理性,但是存在着折旧总额误差大和各期折旧额相差大的缺陷,并在此基础上提出动态模型的修正思路:可以通过同时除以总折旧区间单位以确保折旧率之和等于1,或者引入权数直接调整各期折旧率<sup>[5]</sup>。陶英恒等从不确定性的角度分析了固定资产年利率的不合理性,提出用区间来表示年利率,建立了基于区间数的固定资产动态正态折旧模型,并且结合实例证明了该模型的合理性<sup>[6]</sup>。

## 1 定积分折旧的模型构建

### 1.1 一元定积分折旧模型

一元定积分定义:  $\int_a^b f(x)dx = \lim_{\lambda \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n f(\xi_i)\Delta X_i$ , 即

把[a,b]上的定积分看作是[a,b]上每个小区间 $[x_{i-1}, x_i]$ 上任取一点  $\xi_i(x_{i-1} \leq \xi_i \leq x_i)$  的函数值  $f(\xi_i)$  与小区间长度  $\Delta X_i$  的乘积的累加。同时记  $\lambda = \max\{\Delta X_1, \Delta X_2, \dots, \Delta X_n\}$ , 如果当  $\lambda \rightarrow 0$  时, 如果和的极限总存在, 且与闭区间[a,b]的分法及点  $\xi_i$  的取法无关。

原理: 设  $f(x)$  在区间[a,b]上连续且  $f(x) \geq 0$ , 以曲线  $y = f(x)$  为曲边, 底为[a,b]的曲边梯形的面积  $A$  表示为  $A = \int_a^b f(x)dx$

#### 1.1.1 二次函数折旧法

分析思路: 二次函数折旧法是利用  $a < 0, = 0, c > 0$  的二次函数在第一、二象限与 X 轴、Y 轴围成的面积作为固定资产的原始价值, 在该函数与 X 轴的两个交点这一区间内按折旧年限平均划分, 各年的折旧率即为相应折旧年限区间作垂线与该二次函数曲线所围成的面积元与总面积的比例(如图 1)。

设购买某固定资产的原始价值为 P, 预计使用年限 n 年,  $D_n$  为各期的折旧额; 设折旧的曲线方程为  $y = ax^2 + c (a < 0, c > 0)$ 。计提步骤:

$$S = \int_{-n}^n (ax^2 - an^2) dx = S, S = -\frac{4}{3}an^3$$

$$S_1 = \int_{-n}^{-n+2} (ax^2 - an^2) dx = \frac{1}{3}a[(2-n)^3 - (-n)^3] - 2an^2$$

$$S_2 = \int_{-n+2}^{-n+4} (ax^2 - an^2) dx = \frac{1}{3}a[(4-n)^3 - (2-n)^3] - 2an^2$$

⋮

$$S_n = \int_{n-2}^n (ax^2 - an^2) dx = \frac{1}{3}a[n^3 - (n-2)^3] - 2an^2$$

$$D_n = P \frac{S_n}{S}$$

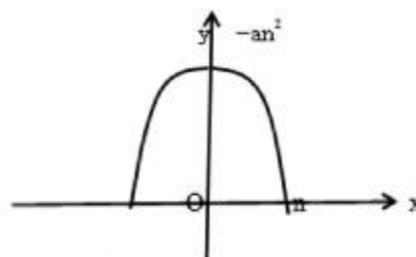


图 1 二次函数折旧法函数图像

Figure 1 Quadratic function method of depreciation function image

#### 1.1.2 正态分布折旧法

分析思路: 正态分布折旧法是通过正态分布的概率密度函数曲线向两端无穷延伸, 在  $(u-3\sigma, u+3\sigma)$  区间与 X 轴所围成的曲边梯形的面积为 1 来考虑的, 因此选择标准正态分布函数, 把  $(-3, 3)$  与 X 轴围成的曲边梯形的面积看作 1, 按照折旧年限对  $(-3, 3)$  进行合理划分区间, 并对每一区间积分来确定折旧率。

设购买某固定资产的原始价值为 P, 预计使用年限 n 年, 即在  $(-3, 3)$  区间上平均分成 n 份, 每份长度为  $\frac{6}{n}$ ,  $D_n$  为各期的折旧额。计提步骤:

第 1 年的折旧区间为  $[-3, -3 + \frac{6}{n}]$ , 第 2 年的折旧区间为:  $[-3 + \frac{6}{n}, -3 + \frac{6 \times 2}{n}]$ , …… , 第 t 年的折旧区间为:  $[-3 + \frac{6(t-1)}{n}, -3 + \frac{6t}{n}]$

$$D_t = P \times \int_{-3 + \frac{6(n)}{n}(t-1)}^{-3 + \frac{6(n)}{n}t} \sqrt{\frac{1}{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}} du$$

$$= P \times \{ \Phi[-3 + \frac{6(n)}{n}t] - \Phi[-3 + \frac{6(n)}{n}(t-1)] \}, t=1, 2, 3, \dots, n$$

$$D_1 = P \times \{ \Phi[-3 + \frac{6(n)}{n}] - \Phi(-3) \}.$$

$$D_2 = P \times \{ \Phi[-3 + \frac{6(n)}{n} \times 2] - \Phi[-3 + \frac{6(n)}{n}] \}, \dots, ,$$

$$D_n = P \times \{ \Phi[-3 + \frac{6(n)}{n}t] - \Phi[-3 + \frac{6(n)}{n}(t-1)] \}$$

#### 1.1.3 三角函数折旧法

分析思路: 三角函数折旧法是利用正余弦函数在

$[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$ 上的图象,在 $[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$ 上平均划分折旧年限来确定相应的折旧率。

设购买某固定资产的原始价值为  $P$ , 预计使用年限  $n$  年,  $D_n$  为各期的折旧额。计提步骤:

$$S_1 = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{-\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{n}} \cos x dx = \sin(-\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{n}) + 1,$$

$$S_2 = \int_{-\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{n}}^{-\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{n}} \cos x dx = \sin(-\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{n}) - \sin(-\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{n})$$

$$S_3 = \int_{-\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{n}}^{-\frac{\pi}{2} + \frac{3\pi}{n}} \cos x dx = \sin(-\frac{\pi}{2} + \frac{3\pi}{n}) - \sin(-\frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{n}),$$

⋮

$$S_n = \int_{-\frac{\pi}{2} + \frac{(n-1)\pi}{n}}^{\frac{\pi}{2}} \cos x dx = 1 - \sin(-\frac{\pi}{2} + \frac{(n-1)\pi}{n})$$

$$S = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos x = 2, D_n = P \frac{S_n}{2}$$

或者

$$S_1 = \int_0^{\frac{\pi}{n}} \sin x dx = -\cos(\frac{\pi}{n}) + 1,$$

$$S_2 = \int_{\frac{\pi}{n}}^{\frac{2\pi}{n}} \sin x dx = -\cos(\frac{2\pi}{n}) + \cos(\frac{\pi}{n})$$

$$S_3 = \int_{\frac{2\pi}{n}}^{\frac{3\pi}{n}} \sin x dx = -\cos(\frac{3\pi}{n}) + \cos(\frac{2\pi}{n}),$$

⋮

$$S_n = \int_{\frac{(n-1)\pi}{n}}^{\pi} \sin x dx = 1 + \cos(\frac{(n-1)\pi}{n})$$

$$S = \int_0^{\pi} \sin x = 2, D_n = P \frac{S_n}{2}$$

### 1.2 二元定积分折旧模型

二元定积分定义:  $\iint_D f(x, y) d\sigma = \lim_{\lambda \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n f(\xi_i, \eta_i) \Delta\sigma_i$

即有界闭区域  $D$  上的二重积分看作是把区域  $D$  上每个小闭区域  $\Delta\sigma_i$  上任取一点, 每个  $\Delta\sigma_i (\sigma_{i-1} \leq (\xi_i, \eta_i) \leq \sigma_i)$  的函数值  $f(\xi_i, \eta_i)$  与小闭区域  $\Delta\sigma_i$  乘积的累加. 同时记  $\lambda = \max \{\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n\}$  如果当  $\lambda \rightarrow 0$  时, 如果和的极限总存在, 且与小闭区域  $\Delta\sigma_i$  的分法及坐标  $(\xi_i, \eta_i)$

的取法无关。

原理: 设  $f(x, y)$  在小闭区域  $\Delta\sigma_1$  上连续且  $f(x, y) \geq 0$ , 以函数  $y = f(x, y)$  为底面的曲顶柱体的体积  $V$  表示

$$V = \iint_D f(x, y) d\sigma$$

分析思路: 二元定积分折旧模型是利用椭圆的结构特点, 在椭圆的长轴上平均划分折旧年限, 在每个折旧年限区间内计算各区间内截得的椭圆面积, 并除以椭圆的总面积以估计出当期的折旧率, 所以从椭圆面积的整体变化上看, 折旧率呈现出正态变化的特点。

设购买某固定资产的原始价值为  $P$ , 预计使用年限  $n$  年,  $D_n$  为各期的折旧额。计提步骤:

$$S = 4 \int_0^a y dx = 4ab \int_0^{\pi/2} \sin^2 t dt = \pi ab$$

当  $n$  是奇数时, 可分为三个区间段来估计折旧率, 分别是  $[1, \frac{n-1}{2}]$ ,  $[\frac{n+1}{2}, \frac{n+3}{2}]$ ,  $[\frac{n+3}{2}, n]$ .

$$t \in [1, \frac{n-1}{2}],$$

$$R_1 = 4 \sqrt{(1 - \frac{(4-a)^2}{a^2})} b^2 / (\pi ab) = 8\sqrt{a-1} / (\pi a^2),$$

$$R_2 = 4 \sqrt{(1 - \frac{(4-a)^2}{a^2})} b^2 / (\pi ab) = 8\sqrt{2} \sqrt{a-2} / (\pi a^2),$$

⋮

$$R_{\frac{n-1}{2}} = 4 \sqrt{(1 - \frac{(n-1-a)^2}{a^2})} b^2 / (\pi ab) = 8\sqrt{\frac{n-1}{2}} \sqrt{a - \frac{n-1}{2}} / (\pi a^2)$$

$$t = \frac{n+1}{2}, R_{\frac{n+1}{2}} = 8b / (\pi ab) = 8 / (\pi a)$$

$$t \in [\frac{n+3}{2}, n],$$

$$R_{\frac{n+3}{2}} = 4 \sqrt{(1 - \frac{2^2}{a^2})} b^2 / (\pi ab) = 4\sqrt{a^2-4} / (\pi a^2),$$

⋮

$$R_n = 4 \sqrt{(1 - \frac{(n-2)^2}{a^2})} b^2 / (\pi ab) = 4\sqrt{a^2 - (n-2)^2} / (\pi a^2)$$

当  $n$  为偶数时, 可分为两个区间段来估计折旧率, 分别是  $[1, \frac{n}{2}]$ ,  $[\frac{n}{2} + 1, n]$ .

$$t \in [1, \frac{n}{2}], R_1 = 8\sqrt{a-1} / (\pi a^2),$$

$$R_2=8\sqrt{2} \sqrt{a-2} / (\pi a^2), \dots, R_{\frac{n}{2}}=8 / (\pi a)$$

$$t \in [\frac{n}{2}+1, n], R_{\frac{n}{2}+1}=8 / (\pi a), \dots,$$

$$R_n=4 \sqrt{(a^2-(n-2)^2} / (\pi a^2)$$

$$D_n=PR_n$$

## 2 数据检验

当折旧年限为 6 年, 净残值为 0 时, 按以上四种方法计提的折旧率如表 1 和图 2:

表 1 四种折旧方法的折旧率计提  
Table 1 Four kinds of method of depreciation allowance for depreciation provisions

折旧年限	1	2	3	4	5	6	总计
二次函数折旧	7.41%	18.52%	24.07%	24.07%	18.52%	7.41%	100%
正态分布折旧	2.15%	13.59%	34.13%	34.13%	13.59%	2.15%	99.74%
三角函数折旧	6.7%	18.3%	25%	25%	18.3%	6.7%	100%
椭圆折旧	15.8%	20.00%	21.22%	21.22%	20.00%	15.8%	114.04%

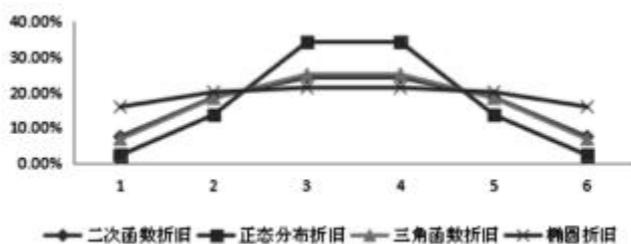


图 2 四种折旧新方法的折旧率变化趋势图

Figure 2 Four new methods of depreciation allowance for depreciation trend image

## 3 模型分析

从图 2 上分析可知, 这四种折旧方法都呈现出凸型对称的折旧趋势变化, 即呈现出初期和末期折旧计提少, 中期折旧计提多的中间年限加速计提趋势。其中正态分布折旧法折旧率的变化趋势最为陡峭, 变化

幅度在 30%左右, 椭圆折旧法的变化趋势最为平缓, 变化幅度在 10%以内, 二次函数折旧法和三角函数折旧变化趋势适中, 变化幅度在 20%左右, 并且两者的变化趋势能够基本上相互拟合。初期和末期的正态分布折旧法、二次函数折旧法和三角函数折旧法的折旧率都在 10%以内, 椭圆折旧法的折旧率则超过了 10%, 二次函数折旧法、三角函数折旧法和椭圆折旧法的折旧率的极值都在 20%~30%之间, 而正态分布折旧法的极值则超过了 30%。这些差别是由于折旧图形的自身形状的差异决定的, 正态函数图像到峰值的切线斜率总体上不断增大的, 由于其图像是向原点处内凹的, 所以其递增的趋势是加速的。椭圆图形则是明显向外凸的, 这意味着其切线斜率总体上不断减小的, 而且其递减的趋势是减速的。二次函数和三角函数图像的折旧区域形状比较类似, 所以其折旧计提得较为拟合, 这两个函数的图像也是向外凸的, 这意味着其切线斜率总体上不断减小的, 而且其递减的趋势是减速的, 但是减速趋势相对椭圆来说要减缓得多。综上可知, 正态分布折旧法更适用于难操作, 且操作中后期随着技术操作的熟练产生大量能耗的固定资产, 椭圆折旧法更适用于易操作, 且操作中后期随着技术操作的熟练产生少量能耗的固定资产, 二次函数折旧法和正态分布折旧法则更适用于居中的情形。

## 4 研究结论

在现行的资产负债观的视角下, 会计越来越成为一种“估价人”的角色, 由于固定资产的折旧额与税收缴纳、现金流的估计都是息息相关的, 如何更加合理地估计固定资产在折旧年限内的价值损耗, 从真正意义上客观准确地计量出固定资产的非付现成本成为当前值得研究的一个方向。本文认为固定资产的加速折旧法不能合理地反映固定资产的内在损耗情况, 而固定资产实际的价值损耗应该是呈现中间年限的加速化趋势的, 因此探讨了四种中间年限加速计提折旧的折旧方法, 并分析了四种折旧方法各自的特点, 然而这四种折旧方法的缺陷也是显而易见的: 计提的折旧数呈现对称分布的, 意味着这四种折旧方法的使用是假设期初和期末各期计提的折旧数是完全一致的,

这显然也是与当前资产的实际损耗不一致的;这四种折旧方法在使用时,没有准确地考虑到资产自身的特点,包括磨损程度、腐蚀程度或更新换代速度等因素,而笼统进行折旧率的估计,导致估计具有很大的片面性。所以进一步保证折旧估计的合理性还需要从这两个方面进行完善,才能够实现折旧计提的最优化。

### 参考文献:

- [1] 孙芳城,郭华.固定资产折旧方法新探[J].财会月刊,2005(9):41-42.
- [2] 刘兴革,黄彦涛,刘利君.关于运用正态分布法计提固定资产折旧的探讨[J].商业研究,2004(11):42-44.
- [3] 代宏霞,蓝文永,林祥友.固定资产正态动态折旧模型的构建[J].企业天地,2007(9):152-153.
- [4] 杨璐,章新蓉,王琴.建立动态的正态分布固定资产折旧模型[J].财会月刊,2008(3):28-29.
- [5] 林祥友.固定资产正态折旧模型的构建与修正[J].财会月刊,2008(8):73-74.
- [6] 陶英恒,李勇,兰继斌.固定资产区间动态正态折旧模型研究[J].财会月刊,2008(9):48-49.
- [7] 盛骤,谢式千,潘承毅.概率论与数理统计[M].北京:高等教育出版社,2010:46-50.
- [8] 杨德芳.固定资产折旧年限确定的帕累托最优[J].嘉兴学院学报,2006(6):70-73.
- [9] 乔计兵.关于企业固定资产折旧方法的探讨[J].经济师,2013(5):117-118.
- [10] 葛柳燕.利用 excel 测算固定资产折旧的新方法[J].财会月刊,2013(2):109-110.

(责任编辑:华伟平)

## Fixed Assets Depreciation New Modeling Approach of Definite Integral —In the Middle of the Fixed Number of Year Accelerated Depreciation Provision

ZHENG Zhiyong

(School of Economics, Fujian Normal University, Fuzhou, Fujian 350108)

**Abstract:** Under the view of the current assets and liabilities, the original value realizing the value of all the compensation is not up to reasonably estimate internal loss of assets today, overall, fixed assets depreciation of fixed assets with the loss of value show a downward trend after rising first, in order to make the provision of depreciation reflect the actual loss of assets more reasonably, this article introduced the depreciation method of definite integral, according to the different characteristics of assets, choosing corresponding depreciation model, and carrying on the reasonable depreciation estimate guarantee the reliability and objectivity of the depreciation provision better.

**Key words:** assets and liabilities' view; definite integral; quadratic function; normal distribution; trigonometric functions

# 不同收入水平的城镇居民消费结构研究

## ——基于 ELES 模型

赵嘉阳, 丘永杭, 林玉蕊

(福建农林大学 计算机与信息学院, 福建 福州 350002)

**摘要:**应用 ELES 模型,分析了福建省不同收入水平的城镇居民 2000-2014 年的消费结构。研究结果显示,福建省城镇居民生活在 2008 年全面达到小康水平。2014 年各组收入群体居住消费水平平均达到历史最高,各类消费边际消费倾向均大于 0。对低收入群体来讲,生活用品及服务、医疗保健和居住属于奢侈品消费;对中等收入群体来说,生活用品及服务、交通通信和居住属于奢侈品消费;对高等收入群体来讲,只有交通通信和居住属于奢侈品消费。

**关键词:**ELES 模型;收入水平;边际消费倾向;需求收入弹性;城镇居民

**中图分类号:**F32 **文献标识码:**A **文章标号:**1674-2109(2016)12-0071-06

对消费水平的评价是一个复杂的问题。一般来说,消费水平评价需要从住房、交通通讯、服装、家庭、娱乐、教育、医疗等多方面进行评价。新常态下,福建省城乡居民消费呈现出消费层次持续提升、信息消费等新消费模式发展迅速、城镇居民消费进入发展型消费为主阶段等特征,但也存在消费率不高、消费倾向下降、消费结构不够合理等问题<sup>[1]</sup>。以城镇居民为例,2000 年人均可支配收入为 7 432.26 元,2014 年已经达到 30 722.39 元,增幅为 313.37%,年均增长率为 22.38%;2001 年人均消费支出为 5 638.74 元,2014 年已达到 22 204.06 元,增幅达 293.78%,年均增长率为 20.98%,比居民人均可支配收入的增速要低 1.4 个百分点。福建作为自由贸易试验区,对其居民的消费水平和消费结构进行研究,进而为刺激消费、扩大内需、改善消费结构等有关经济政策的制定提供参考。

收稿日期:2016-05-13

基金项目:基于遥感抽样框优化技术的福建山地丘陵区农作物种植面积调查研究(2015LZ18);保险精算实验室(118310010);基于信息技术的复合型创新人才培养平台建设(117-612014047)。

作者简介:赵嘉阳(1991-),男,汉族,在读研究生,主要从事统计信息技术与数据挖掘。

通讯作者:林玉蕊(1963-),女,汉族,教授,主要从事统计学、数值代数方面研究。

Extend linear expenditure system (扩展线性支出系统模型)是具有良好经济意义、被广泛应用的需求函数模型,近年来国内学者在应用 ELES 在居民消费水平研究领域已取得许多成果,可以归纳为三类:一是对全国或某省城乡居民消费结构研究<sup>[2-4]</sup>,研究结果表明我国城乡居民消费结构存在显著差异,并提出减少城乡消费水平差距建议;二是针对全国或某省城镇居民消费的边际消费倾向、需求收入弹性等进行实证分析<sup>[5-9]</sup>;三是针对全国或某省农村居民的消费结构进行实证研究<sup>[10-12]</sup>,主要体现为农村居民是否进入小康社会,以及准确预测消费品市场变化。然而评价某省甚至全国的消费水平,则只能是一个平均值,实际上不同收入水平的消费水平可能差别非常大,除了学术研究,参考价值不大。因此在前人研究的基础上,基于 ELES 对福建省城镇居民不同收入组别的消费水平和消费结构进行比较研究,从而揭示不同收入组别城镇居民的消费水平和消费结构现状和差异,并提出减小消费差异、实现自由合理消费的政策建议。

## 1 研究方法

### 1.1 数据来源及处理

研究数据来源于 2001-2015 年福建统计年鉴资料,综合整理得到福建省 2000-2014 年城镇居民家庭

按收入高低五分(低收入组、中低收入组、中等收入组、中高收入组、高收入组)分组人均主要收支时间序列数据,低收入组数据如表1。

### 1.2 ELES 模型

扩展线性支出系统模型(extend linear expenditure system, ELES) 是用于居民消费结构分析的一种经济计量模型。该系统假定:(1)某一时期消费者对各种商品的需求量取决于收入、各种商品的价格;(2)将人们对各种商品的需求分为2个部分:基本需求、超过基本需求之外的需求;(3)基本需求与收入水平无关,人们在基本需求得到满足之后,才会按照边际消费倾向将剩余收入分配到各种非基本消费支出中。建立城镇居民消费结构 ELES 模型不仅可以直观反映各项消费支出的构成,还可以通过边际消费倾向、需求弹性、价格弹性对消费结构的变动趋势进行预测,该模型的表达式如下。

$$p_i q_i = p_i r_i + \beta_i (Y - \sum p_i r_i) \quad i=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

式中: $p_i q_i$  表示第  $i$  种商品的消费支出; $p_i r_i$  表示第  $i$  种商品的基本消费支出; $Y$  表示收入; $p_i$  表示第  $i$  种商品的市场价格; $q_i$  表示第  $i$  种商品的人均需求量; $\beta_i$  表示

第  $i$  种商品的边际消费倾向( $0 < \beta_i < 1, \sum \beta_i < 1$ ),即超过基本需求收入中用于购买第  $i$  种商品的百分比; $\sum p_i r_i$  为购买商品的基本消费支出总额。

对时间序列数据用某一基准年的不变价格消除价格影响后,模型中  $p_i q_i, \sum p_i r_i$  是常数。令:

$$a_i = p_i r_i - \beta_i \sum p_i r_i \quad (2)$$

公式(1)可表示为:

$$p_i q_i = a_i + \beta_i Y \quad (3)$$

公式(3)为一元回归模型,利用某一种商品的消费支出及消费者收入的样本观察值,通过最小二乘法(OLS)即可求得参数  $a_i, \beta_i$  的估计值。

对公式(2)两边求和,可得:

$$\sum p_i r_i = \frac{\sum a_i}{1 - \sum \beta_i} \quad (4)$$

根据公式(4)可以求出购买各类商品的基本支出总额。将公式(4)代入公式(2),可得:

$$p_i r_i = a_i + \beta_i \left( \frac{\sum a_i}{1 - \sum \beta_i} \right) \quad (5)$$

根据公式(5),可求出各类商品的基本需求支出

表1 2000-2014年福建省城镇居民低收入组人均主要收支情况

Table 1 Main indicators of the low income group of urban residents in Fujian province in 2000 to 2014

年份	可支配收入	总消费支出	食品	衣着	生活用品及服务	医疗保健	交通通信	教育文化娱乐	居住	其他用品及服务
2000	4 305.02	3 681.99	1 950.83	298.29	203.03	138.07	281.51	333.1	362.94	114.21
2001	4 703.38	3 931.55	2 066.67	312.96	181.98	126.11	275.09	394.52	463.74	110.44
2002	4 580.75	4 002.48	2 099.58	294.29	172.10	152.02	291.05	398.64	519.38	75.41
2003	4 990.24	4 582.74	2 330.76	331.00	176.62	179.57	447.01	466.03	552.12	99.64
2004	5 686.18	4 980.42	2 546.65	321.05	189.7	241.03	489.84	477.47	556.21	158.47
2005	6 194.15	5 105.81	2 676.54	380.35	184.05	223.41	501.45	413.5	592.7	133.83
2006	6 784.85	5 995.94	2 891.83	421.91	256.75	195.91	574.48	745.62	754.91	154.53
2007	7 925.38	6 621.25	3 362.69	500.10	301.83	236.78	592.64	747.26	734.33	145.63
2008	9 333.49	8 054.55	3 815.06	656.57	399.93	367.79	887.79	853.62	826.49	247.3
2009	9 898.47	8 063.78	3 860.90	623.97	424.19	339.09	873.66	700.33	969.07	272.56
2010	11 540.00	9 487.00	4 540.00	752.00	537.00	561.00	924.00	946.00	1 004.00	223.00
2011	12 638.00	9 814.00	4 696.00	894.00	635.00	405.00	940.00	980.00	1 016.00	248.00
2012	14 825.00	11 254.00	5 583.00	961.00	673.00	417.00	1 001.00	1 009.00	1 289.00	321.00
2013	14 229.00	11 234.00	5 239.00	834.00	713.00	523.00	1 019.00	1 207.00	1 402.00	297.00
2014	12 883.32	11 840.79	4 688.88	653.98	553.72	582.56	1 046.17	1 228.21	2 828.33	258.94

额。同时可计算出各种商品的需求收入弹性,计算公式如下:

$$\eta_i = \frac{\partial(p_i q_i)}{\partial Y} \frac{Y}{p_i q_i} = \beta_i \frac{Y}{p_i q_i} \quad (6)$$

边际消费倾向是指居民消费变动额与收入变动额之间的比率,其数值通常介于 0~1 之间,表明在增加的每一单位收入中有多大份额用于增加消费支出,反映了居民对各类消费品的消费偏好及其新增购买力的投向。

需求收入弹性  $\eta$  是指在一定时期内,当消费者的收入水平变化 1% 时,所引起的某种商品需求量变化的百分比,它反映了消费者由于收入的变化引起产品需求变化的程度。当  $0 < \eta < 1$  时,随着收入增加,第  $i$  种商品需求量将增加,但该类商品支出占总收入的比重下降,属于必需品消费;当  $\eta = 1$  时,随着收入的增加,第  $i$  种商品需求量与收入同步增加;当  $\eta > 1$  时,随着收入的增加,第  $i$  种商品需求量将增加,该类商品支出占总收入的比重也在增加,属于奢侈品消费。

## 2 实证结果与分析

### 2.1 变化趋势分析

消费结构是消费过程中诸大类的内在联系及其一系列的比例关系。生存、发展、享受等大类支出比例关系是反映消费结构变动的重要参数。从图 1~图 5 可以看出 21 世纪以来虽然食品消费比重(即恩格尔系数)仍占主要位置,但总体有较大幅度下降,低收入组下降幅度最大,下降 13.38%。国际上一般规定恩格尔系数在 59% 以上为贫困,50%~59% 为温饱,40%~50% 为小康,30%~40% 为富裕,低于 30% 为最富裕,低收入组恩格尔系数在 2008 年小于 50%,标志着福建省城镇居民的生活水平在 2008 年总体达到小康水平。

五组收入水平居民的衣着消费比重逐年下降,直到 2014 年各组衣着消费比重排序为中高收入组(7.41%)>高收入组(6.72%)>中低收入组(6.45%)>中等收入组(6.28%)>低收入组(5.52%)。虽然比重下降,但收入偏高群体仍比收入偏低群体注重打扮讲究形象。

生活用品及服务方面,除了中低收入组比重是微上升外,其它四组为下降趋势,高收入组减幅最大

(5.27%)。随着生活水平的提高,中低收入组城镇居民越来越注重生活品质,而中高收入以上群体在生活消费品及服务的需求趋于饱和的情况下转而增加其它消费支出。

医疗保健消费比重中高收入组呈下降趋势,减幅为 1.55%,其它四组为上升趋势,低收入组增幅最大(1.17%)。上世纪 90 年代城镇居民已经在进行医疗改革,医疗保障体系越来越完善,福建城镇居民也越来越注重健康。

中低收入以下的城镇居民在交通通信、教育文化娱乐消费比重上升较快,而中等收入以上交通通信支出比重也是历年上升,但教育文化娱乐支出比重却减少。随着收入水平的提高、高等教育的普及,城镇居民的娱乐生活开始丰富,家庭教育消费也有所增加,而中等收入以上城镇居民导致比重减少的原因可能是可支配收入增加的速度远大于教育文化娱乐消费的增速。新世纪以来,随着生活水平的提高和科技创新的加快,城镇居民用于交通通信的支出明显增加,未来交通通信仍是消费热点。

五组收入水平居民在居住消费比重也是逐年上升,并且在 2014 年比重在八大消费类支出中仅次于食品。2000~2013 年,中等收入以下的城镇居民居住消费比重均略高于中等收入以上的城镇居民,到 2014 年中等收入以上的城镇居民高于中等收入以下的城镇居民,高收入群体从最低的 7.63% 上升到最高的 26.06%,增幅居各组之首。在城镇住房制度改革过程中,鉴于很多城镇居民仍享受住房补贴,购房群体也主要集中于收入偏高的部分壮年群体,但由于收入偏低的群体的可支配收入的过低,因此居住消费虽然比收入偏高的群体低但比重却比其高。

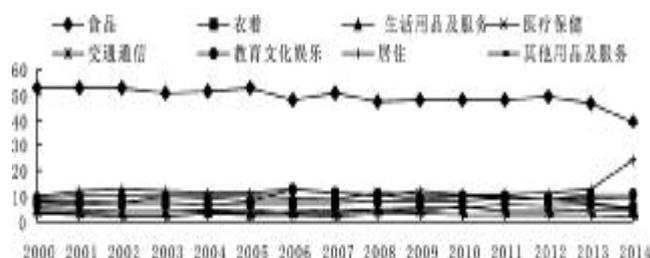


图 1 2000~2014 年低收入组 8 类消费品占总消费支出比重  
Figure 1 8 types of consumer goods accounted for the proportion of total consumption expenditure of low income group in 2000 to 2014

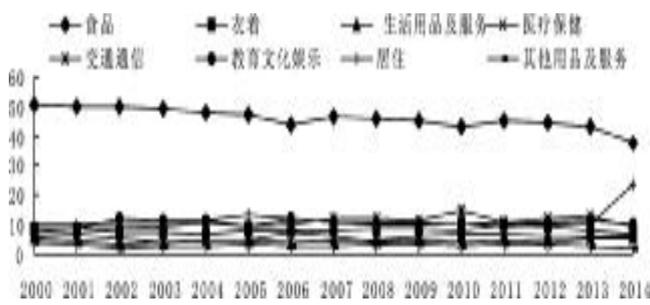


图 2 2000-2014 年中低收入组 8 类消费品占总消费支出比重  
Figure 2 8 types of consumer goods accounted for the proportion of total consumption expenditure of lower middle income group in 2000 to 2014

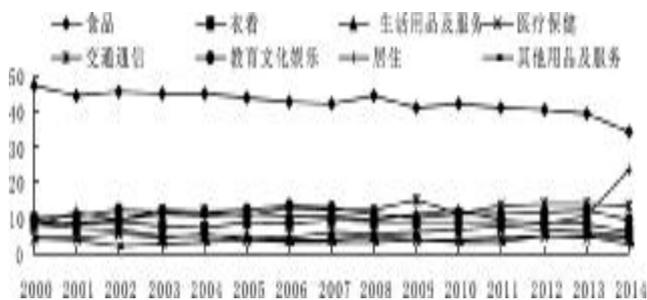


图 3 2000-2014 年中等收入组 8 类消费品占总消费支出比重  
Figure 3 8 types of consumer goods accounted for the proportion of total consumption expenditure of middle income group in 2000 to 2014

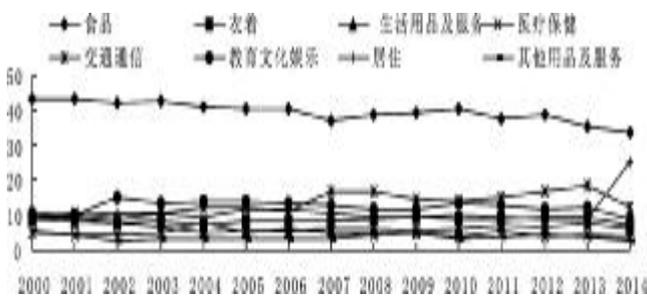


图 4 2000-2014 年中高收入组 8 类消费品占总消费支出比重  
Figure 4 8 types of consumer goods accounted for the proportion of total consumption expenditure of upper middle income group in 2000 to 2014

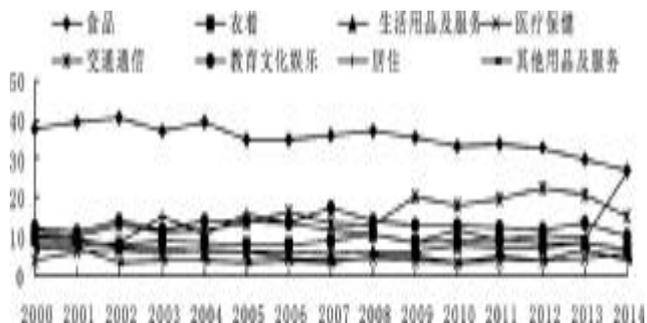


图 5 2000-2014 年高收入组 8 类消费品占总消费支出比重  
Figure 5 8 types of consumer goods accounted for the proportion of total consumption expenditure of high income group in 2000 to 2014

### 2.2 边际消费倾向分析

边际消费倾向是指居民新增加的每单位收入中用于增加消费支出的份额,反映了居民对各类消费品的消费偏好及其新增购买力的投向。从表 2 可知,在五组收入群体的各类消费边际消费倾向都为正值,食品边际消费倾向都为最高,其中低收入群体食品边际消费最高 (0.328),说明低收入居民收入每增加 100 元,将有 32.8 元用于食品,民以食为天,吃在消费中仍占证据主导地位;其次是居住和交通通信,再次是教育文化娱乐和衣着,最后是医疗保健和生活用品及服务。再者,收入越高,居住和交通通信的边际倾向越高;收入越低,食品、衣着、教育文化娱乐、医疗保健的边际消费倾向越高。住房、交通通信消费属于奢侈品,比较集中在偏高收入群体,而食品、衣着等大众化的消费则集中在中等收入以下群体。

表 2 ELES 模型系数

Table 2 The coefficient mode of ELES

组别	食品	衣着	居住	生活用品及服务	交通通信	教育文化娱乐	医疗保健	其他用品及服务
低收入组	0.328	0.061	0.101	0.037	0.074	0.076	0.070	0.020
中低收入组	0.270	0.057	0.108	0.036	0.089	0.073	0.048	0.020
中等收入组	0.241	0.052	0.108	0.034	0.105	0.074	0.047	0.030
中高收入组	0.206	0.054	0.100	0.030	0.110	0.063	0.035	0.024
高收入组	0.154	0.045	0.109	0.031	0.124	0.065	0.040	0.031

### 2.3 需求弹性分析

由表 3 可知,2000-2014 年不同收入群体各项消费品的平均需求收入弹性都为正值,表明随福建省城镇居民收入水平的不断提高,福建省城镇居民对各种商品的需求都在逐渐增加,这与前文边际消费倾向分析的结论一致。在各消费支出中,低收入群体的生活用品及服务的需求收入弹性最高(1.31),其次是居住(1.19)和医疗保健(1.10);中低以上收入群体需求收入弹性最高为居住,其次是交通通信和生活用品及服务。各组收入群体需求收入弹性最小的都是食品,高收入群体最低(0.67)。从消费类别上看:需求收入弹性

大于1的为奢侈品,小于1为生活必需品,这表明对低收入群体来讲,生活用品及服务、医疗保健、居住这些属于奢侈品消费,食品、衣着、交通通讯和娱乐属于生活必需品消费;对中低收入和中等收入群体来讲,生活用品及服务、交通通信、居住属于奢侈品消费,食品、衣着、医疗保健和教育文化娱乐属于生活必需品消费;对中高收入和高收入群体来讲,交通通信和居住属于奢侈品消费。一样的,居住对福建城镇居民来说都是奢侈品消费;食品、衣着和教育文化娱乐都属于生活必需品消费。人们收入增加后,会偏重于奢侈品消费,而生活必需品消费与人们收入的增加并无太大的关系,换言之,这类消费品的基本需求较高,随人们收入而增加的非基本需求增量较小。从收入变化趋势看:收入越高,食品、衣着、生活用品及服务、医疗保健和教育文化娱乐的需求收入弹性越低,说明城镇居民随着收入的增加对此类商品的消费支出总量虽然在不断增加,但同时其边际效用也在递减,此类商品和服务的消费增量在逐步减少;而随着收入的增加,居住和交通通信的需求收入弹性持续上升,说明城镇居民在收入增加之后,倾向于改善居住条件,并开始注重于生活质量的提高。

表3 2000~2014年福建城镇居民  
8类消费品的平均需求收入弹性

Table 3 The average demand income elasticity of 8 kinds of consumer goods of urban residents in Fujian province in 2000 to 2014

组别	食品	衣着	生活用品及服务	医疗保健	交通通信	教育文化娱乐	居住	其他用品及服务
低收入组	0.80	0.96	1.31	1.10	0.98	0.92	1.19	0.92
中低收入组	0.77	0.91	1.18	0.96	1.12	0.92	1.32	0.90
中等收入组	0.77	0.84	1.00	0.95	1.22	0.88	1.46	1.14
中高收入组	0.76	0.92	0.93	0.69	1.25	0.76	1.44	0.92
高收入组	0.67	0.80	0.94	0.87	1.33	0.78	1.59	1.13

### 3 结论与讨论

基于2000~2014年福建省城镇居民按收入高低

五等分分组家庭人均主要收支数据,采用ELES模型对其消费结构进行了分析,得出以下结论:

(1)低收入群体的食品消费支出比重在2008年首次低于50%,说明福建省城镇居民生活在2008年全面达到小康水平。

(2)2000年以来居住、医疗保健、交通通信、教育文化娱乐支出占城镇居民消费支出的比重不断扩大。2014年是居住消费大年,五组收入群体居住消费支出比重均突破23%,仅次于食品,同比往年多11~17个百分点。

(3)五组收入水平福建城镇居民各类消费的边际消费倾向均大于0,当可支配收入增加时,高收入群体新增购买力主要应用于居住和交通通信,低收入群体主要应用于食品、衣着、教育文化娱乐和医疗保健。

(4)对福建省低收入城镇居民来讲,生活用品及服务、医疗保健和居住属于奢侈品消费;对中等收入群体来说,生活用品及服务、交通通信和居住属于奢侈品消费;对高等收入群体来讲,只有交通通信和居住属于奢侈品消费。

居住、教育文化娱乐、医疗保健消费支出比重不断扩大,如今“买房难、上学贵、看病难”成为新的民生问题,只有从根本上解决或缓和这三大难题,才能实现城镇居民消费的自由合理化<sup>[3]</sup>。由此,福建省各级政府应该要针对不同收入水平的城镇居民来提供消费引导服务:对于高收入的城镇居民,要通过完善投资环境,鼓励他们进行投资以此来提高和转变他们的消费倾向;对于中等收入的城镇居民,要稳定其持久性收入,改变其传统保守消费观念,可以以消费信贷等方式来引导他们进行负债消费,提前实现消费愿望、提高生活消费水平;对于低收入的城镇居民,一方面要通过提高其文化程度来提高其获得更好收入水平的机会,另一方面要通过社会保障、福利、补贴乃至税收手段来提升他们的消费水平。

### 参考文献:

- [1] 蔡秀玲,邓春宁.福建省城乡居民消费现状及政策导向刍议[J].福建论坛(人文社会科学版),2010(6):121-126.
- [2] 臧旭恒,孙文祥.城乡居民消费结构:基于ELES模型和AIDS模型比较分析[J].山东大学学报(哲学社会科学版),

- 2003(6):122-126.
- [3] 管福泉.浙江省城乡居民消费需求:基于扩展线性支出系统模型分析[J].农业技术经济,2005(4):15-19.
- [4] 陈丽宇,魏丽.宁夏城乡居民消费支出变化分析:基于扩展线性支出系统模型[J].安徽农业科学,2010(7):3776-3778.
- [5] 陈秋玲,曹庆瑾,张阿丽.基于扩展线性支出系统模型的我国城镇居民消费结构分析[J].管理学报,2010(1):64-68.
- [6] 乔红芳,梅志梁.基于 ELES 模型的福建省城镇居民消费结构研究[J].长春理工大学学报(社会科学版),2014(12):103-106;149.
- [7] 王震,刘伟平,江晓敏,等.基于 ELES 模型的福建省城镇居民食物消费需求研究[J].福建农林大学学报(哲学社会科学版),2015(1):61-65.
- [8] 穆红梅.基于 ELES 模型的福建省城镇居民消费结构研究[J].山东理工大学学报(社会科学版),2015(2):10-15.
- [9] 陈利,雍雪.我国城镇居民消费结构研究:基于扩展线性支出系统模型的计量分析[J].中国物价,2008(6):56-59.
- [10] 何庆光.基于扩展线性支出模型的广西城镇居民消费需求分析[J].改革与战略,2005(11):18-23.
- [11] 刘博雅.基于扩展线性支出系统模型的中国农村居民消费结构分析[J].经济前沿,2009(5):60-64.
- [12] 安敏.基于扩展线性支出模型的云南省农村居民消费结构分析[J].曲靖师范学院学报,2013(2):1-6.
- [13] 陈焯.福建省城镇居民消费问题研究[D].福州:福建农林大学,2012.

(责任编辑:叶丽娜)

## A Study on Different Income Level of Urban Households' Consumption Structure ——Base on ELES Model

ZHAO Jiayang, QIU Yonghang, LIN Yurui

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

**Abstract:** In this paper, ELES model were used to analyze the different income levels of urban households' consumption structure in Fujian during 2000 to 2014. The results show that urban households in Fujian achieve a comprehensive well-off level in 2008. All income groups' residence consumption level reached the highest in history in 2014. The marginal propensity to consume of consumer goods are greater than zero. For low-paid groups, the living goods and services, medicine and medical services, residence belongs to luxury consumption. For middle-income groups, the living goods and services, transport post and communication services, residence belongs to luxury consumption. For high-income groups, only transport post and communication services, residence belongs to luxury consumption.

**Key words:** ELES model; income level; urban households in Fujian; the margin propensity to consume; income elasticity of demand

# 大学生网球初学者易犯错误动作研究

## ——以正手击球为例

陈龙强

(福建农林大学 公共体育教学部, 福建 福州 350002)

**摘要:**通过对福师大公体 100 名网球初学者底线正手击球技术动作现场观察研究分析,发现初学网球的大学生,正手击球这一技术存在着一些普遍的错误,对此,本文运用文献资料法、观察法和数理统计法等,研究分析其错误类型以及产生的原因,从而提出解决方法,旨在帮助初学者们更好的掌握正手技术。

**关键词:**网球;初学者;正手击球

**中图分类号:**G845 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2016)12-0077-04

网球是一项需要动用全身肌肉参与的运动,它的强细腻技术会使得初学者在学习网球的过程中极易出现错误动作,从而影响到对网球技术的掌握。因此,研究、分析和归纳其错误类型、产生的原因,最后提出改进方法是有必要的。本文通过对福建师范大学网球初学者学习正手技术进行现场观察、教学等,从上述五个部分分析初学者正手击球的掌握情况,建议采取相应措施来解决目前存在的问题,从中总结出大学生网球初学者正手较常见的几种错误及改正方法。

## 1 研究对象与研究方法

### 1.1 研究对象

福建师范大学网球公共选修课 100 名网球初学者。

### 1.2 研究方法

#### (1)文献综述

通过网络、数据库、参考文献等途径收集有关网球技术的资料,为文章的研究分析提供参考依据。

#### (2)问卷调查

对福建师范大学选修网球课同学随机抽选 100

人进行问卷调查,共回收调查问卷 94 份,有效问卷 90 份,其中男生 46 份,女生 44 份。

#### (3)实地观察

通过对福建师范大学 100 名网球初学者上课时的观察,记录学生课上出现的问题,将记录下的数据结果进行统计分析。

#### (4)数理统计

对调查、访问得出的有效数据,运用 SPSS19.0 对数据进行统计分析,得出百分率。

## 2 结果与分析

### 2.1 网球初学者底线正手击球技术“普式”错误的归纳

#### 2.1.1 头肩常见的错误动作

表 1 福建师范大学大学生网球初学者头肩错误动作情况调查

Table1 Survey on the head-shoulder wrong action of the tennis beginners in Fujian Normal University

	击球时眼睛不盯球的落点	手臂主动发力的
人数	60	78
所占百分比	66.7%	86.7%

由表 1 可知初学者在底线正手击球时,有 66.7% 的学者不看球的落点,而仅仅靠直觉击球;而只有 13.3% 的人能正确用肩带动手臂转动击打球,多数人

收稿时间:2016-04-14

作者简介:陈龙强(1988-)男,汉族,助教,主要从事体育教育训练学研究。

都是单靠手臂发力,造成击球不稳,由于手臂主动发力过多,很容易造成手臂手腕受伤,从而导致很多初学者害怕网球,对网球失去兴趣,这些都不利于网球运动的开展。

### 2.1.2 上体常见的错误动作

#### 2.1.2.1 握拍方法不对

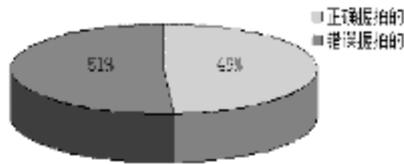


图1 福建师范大学大学生网球初学者握拍情况调查

Figure 1 Survey on grasping situation of the tennis beginners in Fujian Normal University

握拍的准确性方法是打好球的关键,根据握法方式的不同,可分为东方式、西方式和大陆式,无论那种只要握法准确,都能打出一手好球。握拍错误是网球初学者中最常见的表现之一,图1可以清晰的看到有51.11%的人握拍是不正确的,这将严重阻碍初学者对网球正确打法的学习。

#### 2.1.2.2 挥拍击球,手腕松动

表2 福建师范大学大学生网球初学者正手击球时手腕情况调查

Table 2 Survey on the wrist situation of the tennis beginners' handball in Fujian Normal University

项目	击球时手腕固定	击球时手腕松动	击球后手腕疼痛
人数	34	56	61
所占百分比	37.8%	62.2%	67.8%

正手击球时,手腕松动是初学者最易犯的错误,由表2可知被调查的初学者中有62.2%的人在击球时出现手腕松动现象,大多初学者因为击球时手腕松动,而引起手腕疼痛,常此下去便会导致手腕损伤,最终有可能形成腱鞘炎。因此击球时手腕固定就显得尤为重要。

#### 2.1.3 髋部常见的错误动作

表3 福建师范大学大学生网球初学者髋部错误动作情况调查

Table 3 Survey on the hip error action of the tennis beginners in Fujian Normal University

项目	引拍不到位的	击球后的随挥动作不正确	挥拍过程中拍形有变动的
人数	65	50	59
所占百分比	62.2%	55.6%	65.6%

准确的挥拍路线决定正手击球的效果,身体的转动幅度决定挥拍路线的正确性,转动不够时,挥拍路线的击球用力将直接受到影响。由表3可知初学者在挥拍时路线都存在不同的问题,在被调查的90人中有62.2%的人引拍不到位,有55.6%的人击球后的随挥动作不正确,有65.6%的人在挥拍过程中拍形有变动。

#### 2.1.4 腿部常见的错误动作

表4 福建师范大学大学生网球初学者下肢错误动作情况调查

Table 4 Survey on the lower limbs error action of the tennis beginners in Fujian Normal University

项目	直直蹬地的	击球脚法不到位的
人数	71	67
所占百分比	78.9%	74.4%

对于初学者来说重心过高、移动不足、移动步法混乱是普遍的错误。从上表可以看出78.9%的初学者击球时重心太高,而更有74.4%的初学者击球时脚步不到位的。这些错误严重制约了他们的网球技术的发展,脚下不到位,直接影响接下来的一系列动作,因此对于初学者来说必须加强脚步的练习,真正做到球到人到。

### 2.2 错误动作的成因

#### 2.2.1 头肩常见的错误动作成因

正手击球时,头部主要维持身体平衡、保持良好的体位、增大击球力量的作用,之所以初学者击球不盯落点是因为其对网球正手动作的准备动作不够。之所以很多初学者见不转动,手臂主动发力过多其原因主要是初学者缺乏转肩意识和羽毛球等运动的负迁移影响。

#### 2.2.2 上体常见的错误动作成因

##### 2.2.2.1 握拍方法错误原因

究其根源,大多数人没有正式学过网球,也很没看过有关网球技术方面的书或者视频,而是单凭着感觉去“拿拍”。所以,他们不是打不正球,就是打的球乱飞乱跳。

##### 2.2.2.2 挥拍击球时,手腕松动原因

正手击球时手腕松动原因主要有两个:一是击球时没有主动迎前击球,太靠后击球点会增加难度,手腕也因此很被动松动,另一个是因为受到羽毛球等运

动的负迁移影响,进行正手击球时,老喜欢用手腕发力,导致击球不稳。

### 2.2.3 腕部常见的错误动作成因

“挥拍路线”决定于腕关节是否转动,之所以出现表4中的三种情况,是因为初学者们没有转腕的击球意识,甚至可以说他们由于身体不转或转移不到位仅靠手臂的挥动来打球,这样不仅影响动作的美观性,而且降低了击球的稳定性和力度。归根到底是因为初学者们缺乏转身意识,在他们的脑海中网球就是靠手臂打的。

### 2.2.4 腿部常见的错误动作成因

大部分网球初学者在正拍击球练习时,普遍存在重心在后,过高,的身体特征,主要是因为初学者不清楚底线正手击球身体用力过程。移步法混乱也是初学者的“普式”错误,其主要是:对于大多初学者来讲一个是缺乏“脚步移动意识”还有就落地点判断失误,结果步法混乱。

## 2.3 纠正错误动作的方法

### 2.3.1 头肩常见的错误动作的纠正方法

初学者应知道正手击球前准确的动作。以右手为例:右手握拍,将球拍置于身体前,左手轻轻托着拍颈,双腿屈膝,身体微微向前倾,双脚分开与肩膀同宽,重心放在前脚掌上,并在双脚间来回替换,放松自己,眼睛盯住球的方向做好击球的准备<sup>[1]</sup>。盯准球的落点是正手击球的前提,只有眼睛盯准球的落点接下来的一系列动作才能顺利完成。初学者双手自然张开放在腰间,通过脚步移动空手接住对面抛过来的球加强对球的落点判断<sup>[2]</sup>。为了避免初学者正手击球不转肩利用橡皮带做转肩伸展的练习可以让初学者体会转肩动作,底线正手技术依靠肩带动手臂转动击球是一种习惯,多做练习,通过体会比较肩带动手臂转动击球和手臂主动发力击球的不同,养成习惯。

### 2.3.2 上体常见的错误动作的纠正方法

#### 2.3.2.1 握拍错误的纠正方法

初学者通常是采用握手式握拍方法。要多向老师请教或看有关技术方面的书和教学视频就能掌握正确的握拍方法。以正手东方式握法为例,左手握住拍颈,拍头朝上放在身体正前方,右手掌平行于拍弦,沿拍颈往下滑动至拍柄处,手指围绕拍柄握拢。为了能

握紧球拍和抵制球的冲击力,手掌要在球拍的后面且拍面在一个平面上。另外,提醒初学者手掌与拍面的角度必须保持不变,这样用拍面去击球就仿佛是用自己的手掌在击球,对于初学者来说,要学会用手掌去体会击球的感觉。

#### 2.3.2.2 挥拍击球时,手腕松动的纠正方法

对于受到羽毛球等运动的负迁移影响,而导致手腕松动的初学者,可以通过左手握紧右手手腕,掌握绷紧手腕,拍面垂直击球的感觉。对于手腕被动松动初学者,要加强手腕力量的训练,以加强腕部的力量,尤其是对于力量很差的女生一定要养成在身体侧前方击球的习惯,通过击打原地反弹球加强对球的落点的判断。利用身体转动产生的力量去主动迎击球,从而减少对手腕的伤害。

#### 2.3.3 腕部常见的错误动作的纠正方法

通过徒手练习体会转腕动作:身体直立,脚尽量不要转动,手臂伸直,用左手拉动腕关节向右肩方向转动,用右手拉动腕关节向左肩方向转动,体会转腰、转腕的动作,另外,也可以利用徒手的挥拍击球的转腕、转腰练习。利用大动作幅度来体会转的感觉。底线正手击球练习时,刚开始可以积极转腕带动身体击球,然后形成转腕习惯,最后通过练习养成正确的击球习惯。初学者正手击球时最好采纳闭合式站位,击球前要上左脚,左肩对网,躯干要完全侧过来,不断“强迫”自己转腰<sup>[3]</sup>。也可以通过橡皮筋转腰练习,深刻体会转腰动作。

#### 2.3.4 腿部常见的错误动作的纠正方法

初学者常常出现重心过高或移动不足的“普式”错误。因此,必须结合姿势准备、步法移动和正反拍击球技术来加强练习,从而掌握正确的准备姿势和步法移动方法,为更好地学习正拍技术创造条件。另外,为了方便重心转移,在对方击球的一瞬间,练习者一定要做分腿跳,移动方向的异侧脚先落地,这样不仅能提高稳定性还能有蓄力过程。先通过掌握原地击球,跑动击球的循序的练习方法来习得正确动作。初学者们可以借助一系列的辅助练习加强脚步移动和球的落点判断<sup>[4]</sup>。比如初学者通过双膝微屈,两手张开放在腰间,通过前后左右的脚步移动,既要用手接,手又不能离开腰间,要通过主动移动脚步来接住抛过来的球,

提高移动速度以及把握球的落点。

#### 2.4 正确正手击球的步骤

正手击球的技术动作由握拍、预备动作、预备过程、击球和随挥构成。以东方方式正手握拍为例,用不持拍手捏着拍颈,另一手掌平贴于拍面上,慢慢滑动至握柄处,握拢拍柄;将球拍置于身体的正前方,膝关节弯曲,双脚张开与肩同宽,重心在两脚间交换,眼睛盯住来球,做好击球准备;然后开始转肩并向后拉拍,拍头向后并低于来球的高度,拍柄底部对着来球,保持由低向高处移动的动作;在开始向前挥拍时,左脚应向要击球的方向跨一步,使得击球点在身体前与腰部同高的位置,击球时拍面应与地面垂直由下往上挥动;球接触拍后,尽可能延长拍面与网平行的时间,沿球飞行方向挥拍,重心落在前左脚掌上,躯干随着球飞行的方向转向球网,挥拍动作在左肩上方结束,拍头指向上方高出头部,随挥动作要足够发才能保证击球的稳定性。

### 3 结论与建议

#### 3.1 结论

通过对福建师范大学公选课网球初学者的观察,总结出学生在学习过程中出现的问题为:网球初学者在底线正手击球时,只有三分之一的人能眼睛盯住球的落点,只有13.3%的人能正确用肩带动手臂转动击打球;有超过50%的人握拍是不正确的;大部分人挥拍路线存在着不同程度的毛病,其中62.2%的人引拍不到位,有55.6%的人击球后没有随挥动作或动作已

经脱节,有65.6%的人在挥拍过程中拍形不准;有78.9%的人击球时重心太高,更有74.4%的初学者击球时脚步不到位的。

#### 3.2 建议

为了使初学者对网球技术有更好的掌握,本文还据此提出几点建议。网球正手击球技术的学习是有别于其他网球技术的学习的,初学者在技术动作没有稳定下的情况下不应急于隔网对抗,应多加加强基本技术练习,不因枯燥而急于求成,应耐心操练基本功,在正反手击球技术学习中了解网球击球的动作结构、原理,懂得判断击球的时机和对落球点位置,体会发力的感觉,掌握网球步法移动。同时,要经常观看国内外网球比赛及有关网球技术书籍,熟悉网球的基本知识和规则,找出自己动作的不足并进行改正,养成良好的击球习惯,为今后的深入学习奠定良好基础。

#### 参考文献:

- [1] 蒋臣东.浅析网球底线正手击球技术[J].文体用品与科技, 2012(9):7.
- [2] 易景茜.网球大力正手击球技术[J].南京体育学院学报,2004(3):3.
- [3] 李小兰.网球初学者熟悉球性的练习方法[J].上海体育学院学报,1999(1):4-6.
- [4] 李柱.网球初学者归类错误的分析与探讨[J].广西大学学报(哲学社会科学版), 1999(2):10-12.
- [5] 郑欣.网球初学者易犯错误及纠正方法[J].辽宁体育科技, 2007,29(3):22-24.

(责任编辑:夏婷婷)

## College Students Tennis Beginners Is Easy to Make Mistakes Action Research ——Forehand as an example

CHEN Longqiang

(Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002)

**Abstract:** In this paper, through the bottom line for the beginners of Fujian normal university 100 tennis forehand technology action observation research and analysis, found that novice tennis college students, forehand this technology there are some common mistakes, to this, this paper USES the literature material law, observation and mathematical statistics, etc., research and analysis its error types and reasons, and proposes the solution method, is designed to help beginners better grasp forehand technology.

**Key words:** tennis; beginners; forehand

# 农林院校森林资源课程实践教学改革研究

赖日文, 谢雪莉, 苏艳琴, 应兴亮, 罗文玮, 郑德祥

(福建农林大学 林学院, 福建 福州 350002)

**摘 要:**结合多年的森林资源环境及“3S”技术相关课程教学实践经验,从教学理念、实践内容、实践方法和手段、成效等方面总结了森林资源环境领域课程实践教学改革的经验,即确立以学生就业、服务林业为本的与时俱进的实践教学理念,结合“3S”技术,对相关课程进行综合的实习实践,优化教学内容,采用先进、丰富教学方法和手段,强化实践教学环节,设计多层次的实践内容。这些实践教学取得较好的成效,促进学生综合运用能力的提高,完善森林资源领域实践教学课程体系,提升了专业教学水平。

**关键词:**森林资源环境领域;课程实践;教学改革;“3S”技术

**中图分类号:**G642 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2016)12-0081-04

目前,我国农林类高等院校在森林资源环境领域开设的课程主要有:“3S”技术、测树学、森林经理学、森林培育学等,这些专业课程的教学质量直接影响林业相关专业人才的培养质量。近年来,各农林院校都非常重视林业相关专业课程的教学改革研究<sup>[1]</sup>,但专门针对实践教学改革研究的文章鲜有见报。森林资源类相关专业的教学工作者都知道,对于一门实践性较强的课程,学生不仅要很好地理解和掌握基础理论,对实践内容也要有很好地掌握。实践内容往往是对理论知识的验证、与社会工作接轨,实用性较强。对学生而言,实践教学往往更能激起他们的求知欲、提升他们理论联系实际的能力,因此,通过实践教学改革研究使学生更好地接受创新、实用、全面的实践教育。笔者多年从事森林资源领域科研和教学工作及“3S”技术研究,对实践教学内容进行研究和试验改革,并取得良好的成效。在此,系统地阐述近年来森林资源环境领域实践课程教学改革的历程及心得、经验。

## 1 实践教学改革的理念

学校教学的主体是学生,为了更好地开发学生的

收稿日期:2016-06-07

基金项目:福建农林大学教育改革研究项目(111415004)。

作者简介:赖日文(1970-),男,汉族,副教授,主要从事 3S 技术在资源环境中的应用、森林资源经营管理研究。

智慧潜能、促进学生全面发展,必须坚持以学生为本、以学生就业和服务社会为本的教学理念<sup>[2]</sup>。课堂教学使学生获得了各个学科的理论基础知识和相应的基本技能,而实践教学的重点就在于将理论与实际问题相结合,发挥学生独立思考、团结协作的能力。林学的主要课程:例如“3S”技术、森林经理学、测树学等学科均是实践性较强的学科,实践教学占有重要地位,学生只有获得这些基本的实践技术和能力后,才能更好地面对相关专业的的工作,服务于所在的行业。所以,实践教学必须坚持以学生为本,一切为了学生的理念,与时俱进、针对社会需要,全面培养学生。

比如,林学专业的高级技术人才主要从事林业规划、设计、施工和管理以及生态环境建设与森林资源综合开发,涵盖了林业、土地管理、环境保护、水土保持等领域。在实践教学改革当中,必须遵循这个理念,不断改革实践内容和技术手段,将相关专业的技术引入实习中,丰富实习内容,让学生及时了解学科的发展前沿,达到提高学生综合素质,加强专业实践技能,提升综合运用能力,真正做到学以致用、用而创新。

## 2 实践教学内容的改革

### 2.1 与时俱进的实践内容

21 世纪以来,世界林业发展的指导原则从木材永续利用转变为森林可持续经营,森林资源环境类必须面对 3 个变化:森林资源的变化、社会需求的变化和

林业发展趋势的变化<sup>[3-4]</sup>。这三个变化决定着森林资源类的教学内容必然具有动态变化的属性,主要包括森林的区划和调查、森林资源的分析与评价、相关决策与信息管理等。这就要求我们要对森林资源数据进行实时更新,在实践教学介绍最新的森林资源状况。传统的森林经理实习的内容没有与时俱进,与现在的森林经营思想不符合。为了满足现代化林业发展的需要,培养出一批优秀的林业从业人员,实践中不但要充分结合授课老师的科研项目和科研成果,还需添加一些全新的实验内容。笔者紧密结合当地林业区划以及森林资源的特点,与课题组建立了福建农林大学本部、福建农林大学南平校区以及福州森林公园三个固定科研训练基地,使学生可以对实习收集到的数据进行整理、积累、分析,能够将实习的资料进行逐次积累,为以后的学生提供有价值的参考资料,例如将来可以研究同一林分树木生长量逐年的变化规律,同一林分或者森林整体生态变化与演替规律,而且也为此些林分的深入研究奠定了基础;同时对国家森林公园的生产管理以及今后的发展规划也很有价值。

## 2.2 与“3S”技术紧密结合

对土地利用状况的监测和资源信息化管理是从事林学、生态、森林资源保护与游憩和水土保持与荒漠化等相关专业工作的重要基础。“3S”技术能实时、准确、快速地获取森林资源相关数据,及时更新数据以及信息加工、存贮、管理和分析,目前已经广泛地应用于林业资源管理、环境监测、灾害评估、区划与规划等众多领域。培养具备良好“3S”技术课程体系专业基础的本科生,除了能让本科生深入了解林业基础领域、国土资源的合理利用,也对其继续升学深造,学习气象学、生态学和自然地理学等相近专业的硕士研究生具有重要的意义<sup>[5-6]</sup>。

目前我国在林业上的任务量多且繁重,相对应林学专业方向的人才也应呈多元化发展。因此,林业专业人才的教学计划和实验教程不能按照传统信息技术专业的课程设置,必须要在有限的信息技术课程课时内设置适合林学专业的信息技术人才培养目标,而“3S”技术在其中扮演了至关重要的作用<sup>[7-8]</sup>。“3S”技术已经成为森林经理学科和林业从业者应该掌握的基本工具之一,而“3S”课程体系存在内容上广、深及技术操作上的可行性等多个问题,且“3S”技术中RS、GIS以及GPS的仪器使用和软件操作是掌握林学、森林经理学等相关课程实践活动的重要手段,对学生要

求较高。因此如何对实践教学内容进行饱满充实、对教学方法上进行改革创新是促进学生对理论基础知识、实践操作方法的掌握,了解相关学科前沿知识的重要途径之一,也是促进学科知识的综合性、科学性的重要方法之一。

课程实践改革将紧密结合“3S”技术,主要从野外地物点GPS的采集应用、通过遥感软件实现高分辨率遥感影像的几何校正和专题信息提取、基于典型地物影像特征的变化、遥感影像的野外判读用GIS软件技术实现小班基本图和林相图等专题图的制作等技术领域出发,给学生呈现出一套完整、系统的实习程序,创造良好的实习条件,实现理论与实践的有机结合,不仅能使学生掌握“3S”技术,还能有助于巩固专业基础知识。通过这种方式更好的培养出林业技术性创新人才,让先进的技术手段能够在林业的各项工作中发挥举足轻重的作用,满足社会的需要。

## 2.3 多学科的综合实习

近年来,对森林资源环境领域类课程实践而言,综合实习是以学科理论为基础,综合运用抽样技术、测树学、地理信息系统和遥感等技术手段,提高学生进行森林区划和调查、森林生长与效益评价、森林调整、规划设计和信息处理的能力<sup>[9]</sup>。综合教学使学生在课堂上收获的理论知识能得以巩固和加深,指导学生运用一定的方法将各个学科的相关知识建立一定的联系性,从而得以活学活用。更重要的是锻炼学生的发散性思维,提升他们的知识运用能力。

表面上传统的森林资源类课程的实践教学内容相对单一、独立、不呈体系,但事实上这些课程是有交叉的。比如,森林经理学属于交叉学科,实则是对各门专业基础课的综合应用,如小班的区划和调查与测树学、测量学等课程关系密切;森林经营类型与模式和森林培育学中的立地类型、造林类型息息相关;编制森林经营方案必须紧密结合森林保护学、森林培育学、林学经济管理等相关课程<sup>[10]</sup>。改革后的“森林经理学”综合实习内容包括:“森林经理学”的精华内容、GPS、遥感技术、地理信息系统、测树学、抽样调查技术、测量学等课程的知识,使学生的森林资源监测管理技能得到全面的训练,掌握森林资源经营管理的基本技能。改善综合实习的综合性 and 系统性,将小班区划和调查作为实习综合技能训练的重点,并且有选择性的统筹安排森林经营的规划设计、森林资源信息的统计分析,结合课间实验、专业课、专业基础课的相关

知识解决现实中的问题,培养学生的森林经理技能。这种多学科、多课程组合的综合实习方式,把相关的专业知识进行揉合,建立起有机的内在联系,避免了知识的重复和脱节,不但使学生系统地学到多种实验技术和专业技能,还可以有效地避免因实习地点和内容的重复,造成的实习经费和教学资源的浪费。

### 3 实践方法和技术的创新

#### 3.1 教学方法改革

##### 3.1.1 学生实习积极性提升、效率提高

传统的实习是根据教材中的实习部分作为指导,由教师根据实习内容在野外讲解实习中的注意事项和具体作业方法等。教材中的实习指导与现实不符或者比较落后,教师野外讲述的内容不能使所有学生都接受。改革后的实习教学是在实习前进行实习动员及实习安排与分组,将已经编制好的实习指导书内容与最新的政策和数据结合进行改善,利用群文件、邮件等方式将电子版发送到学生手中。实习指导书包括:实习目的、内容、准备工作、具体操作方法、实习报告格式等,内容全面且易于学生预习、自学。

实习的室内操作部分,利用电子教学远程控制系统,多媒体教学、集合案例分析讨论等方式进行操作部分的演示。改革后的实践教学涉及大量运用“3S”技术方面的软件进行操作,步骤繁多且部分外文软件的操作使难度加大,利用录像软件录制讲课的操作视频,发送给学生,这种方式有利于教师对学生的指导,学生更积极、更有效率地完成实习操作和实习报告的编写。

##### 3.1.2 教师与学生的关系更密切

良好的师生关系建立在教师与学生之间的密切交流,师生间的关系良好与否很大程度上决定着教学质量。在大学教学中,师生间的交流往往只局限于课堂教学,面对面沟通交流的机会非常少,时间相对短暂,这就要求老师能够创造一切主动与学生交流沟通的机会。在每学期的实践活动中,教师与学生交流密切,了解学生的生活、思想状况,了解学生对实践内容、方式的反应,及时反馈学生对实践内容的掌握情况。实习结束后进行相应的考核,针对学生所存在的问题进行点评和分析,与学生交流实习心得体会,并做出本次实习总结,对暴露出的问题加以引导,尽力帮助学生解决问题。通过这些方式,密切了师生交流,

提高了教学质量。

#### 3.2 实习技术创新

森林资源是地球上最重要的资源之一,是生物多样性的基础,是影响地球表面人—资源—环境协同体系的主要因素之一<sup>[1]</sup>。森林资源调查、规划、管理、监测、评价、预测预报和决策等各个环节都离不开现实的、客观的、准确的信息以及信息的表达、处理和分析。

传统的技术方法相对落后,在森林资源的调查、测量方面一般需耗费较多的人力、物力和时间。如传统的森林经理学的实践中是对应地形图进行小班勾绘,因为小班数据多年未更新,对传统森林经理实践中眼睛无法看到和识别的如山坳处的森林资源状况和情况;再如传统林业基本图是通过手工方法勾绘后晒图而成;林相图的制作是通过手工着色来完成;小班面积是通过数方格得到的。这些传统方法与现代林业信息技术相比较为落后。

为此,加强现代林业信息技术教育是现代林业的必然要求。上世纪40年代以来,现代信息技术,特别是在森林经理学引进“3S”技术体系后,增强了森林经理工作获取、处理、使用和储存信息的能力,大幅度提高了森林经营的管理水平及工作效率,实现了森林经理工作在技术上的突破,加快推进了森林经理各项工作的进程。以“3S”技术为代表的地球信息科学为现代林业的实现和发展提供了综合的高新技术平台<sup>[12-14]</sup>。

因此,在森林资源环境领域的实践活动中,积极引入以“3S”技术为代表的现代林业信息技术。在改革后的实践活动中,“3S”技术涉及的仪器使用和软件操作是实现林学、森林经理学等相关课程实践活动的重要手段,这些技术手段的创新使实践教学达到更好的效果。具体来说,以实验区域遥感影像为底图,通过差分GPS获取野外准确控制点坐标对遥感影像进行几何精校正;通过野外实习掌握林业小班区划、小班勾绘、小班调查技术,对小班外业调查资料进行整理;GPS野外采集地物点更新数据库;借助GIS软件对小班外业勾绘图进行矢量化,计算和统计小班面积,形成小班数据库;利用GIS平台绘制林业基本图、设计和编制林相图。通过实习,使学生通过外业调查,掌握小班勾绘的基本方法,掌握运用GIS进行配准及矢量化并进行基本图和林相图的编制方法,使小班面积的计算更精确,速度更快,节省人力、物力,表达方式更清楚、直观,易于学生接受。

#### 4 实践教学改革的应注意的问题

森林资源环境领域实践教学活动的改革,丰富了实习内容,提高了技术方法,让学生及时了解学科发展前沿,基本达到提高学生综合素质、加强专业实践技能、提升综合运用能力,真正做到学以致用、用而创新。实践教学改革中还需注意一些问题:

(1)在实践教学中,既要阐述实践的基本要领,又要解释原理与实践的结合点,加上实习动员和数据处理步骤的讲解等,留给学生实践、上机操作的时间相对较短,学生难以深入掌握,很难形成对学科知识的融会贯通。因此,实习时间应该适当延长。另外,课题组认为实验环节课时应该增多,加强学期中的一些实验课程培训,尤其是对“3S”相关软件的掌握,可以为学期末的综合实践活动打下良好基础。

(2)实习环节及课程安排的先后顺序对学生掌握和理解整个实践活动有很大的影响。改革后的实践是多学科、多环节的的教学活动,因此必须在学生充分理解理论知识与原理的基础上,更有逻辑地设置环节,注重内容的前后对应。

(3)确保能将各种现代信息技术巧妙融合在实际实践活动中是森林资源环境领域发展的方向。这一措施既能适应现代林业发展的需要,还能不断提升森林调查区划、监测管理、经营决策的水平。

#### 参考文献:

[1] 宫渊波,罗承德,冯茂松,等. 森林土壤学课程教学改革实践与探索[J]. 四川农业大学学报,2004,22(增刊):32-51.

- [2] 曹小玉,吕勇. 浅议“森林经理学”课程教学改革[J]. 中国林业教育,2011,29(2):74-77.
- [3] 汤孟平,周国模,韦新良,等. 森林经理学教学改革探讨[J]. 中国林业教育,2010,28(6):62-65.
- [4] 吴永波. 农林院校森林生态学课程教学改革的探索与实践[J]. 中国林业教育,2010,28(2):43-45.
- [5] 何东进,刘爱琴,吴承祯. 农林院校资源环境与城乡规划管理专业人才培养模式探讨[J]. 福建农林大学学报(哲学社会科学版),2010,13(2):81-85.
- [6] 张春鹏. 浅谈资源环境与城乡规划管理专业遥感教学改革[J]. 学理论,2010(28):287.
- [7] 李明艳,宋于洋,江萍. 《森林经理学》实践教学改革的探讨[J]. 安徽农学通报,2009,15(1):175-176.
- [8] 汤孟平,周国模,葛宏立. 浙江林学院“森林经理学”课程建设措施与成效[J]. 中国林业教育,2007(6):53-55.
- [9] 李园园,李明艳. 林学专业3S技术课程教学改革思索[J]. 科技信息,2013(5):189-205.
- [10] 许正亮. “森林经理学”教学改革刍议[J]. 中国林业教育,2002(2):52-53.
- [11] 黄家荣. 森林经理学科与现代林业建设[J]. 中国林业教育,2010,28(1):17-20.
- [12] 刘健,赖日文,余坤勇. “3S技术”课程教学实习的改革与实践[J]. 福建农林大学学报(哲学社会科学版),2007,10(6):83-85.
- [13] 余坤勇,刘健,赖日文. “3S技术”课程引进科研成果的教学分析探讨[J]. 内蒙古农业大学学报(社会科学版),2009,11(4):131-133.
- [14] 方武生,洪华俏,刘柏铁. 基于“3S”技术的农业院校测量学实践教学改革的探讨[J]. 才智,2009(33):250-251.

(责任编辑:华伟平)

## Research on the Practice Teaching Reform of Forest Resources in Agricultural and Forestry Universities

LAI Riwen, XIE Xueli, SU YanQin, YING Xingliang, LUO Wenwei, ZHENG Dexiang  
(School of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002)

**Abstract:** In this paper, The author according to the teaching and practicing experience of many years of forest resources and the environment and "3S" technology, summed up the experience of practical and teaching reform and innovation in forest resources and the environment courses from Teaching philosophy, practice content, practices and tools, performance and other aspects. namely the establishment of student employment, service forestry - orient d's reform in practical teaching philosophy with the times, combined with "3S" technology, related courses integrated internship practice, optimized Teaching Content, using the advanced teaching methods and means, strengthening practice teaching, design practice of multi-level content. These practical teaching reform has achieved good results, promote students' comprehensive ability to use, improve forest resources field practice teaching curriculum, to enhance the teaching level.

**Key words:** areas of forest resources and the environment; curriculum practice; teaching reform; "3S" technology

# 范式教学在“电磁场与电磁波”课程中的应用

刘 奇<sup>1</sup>, 夏婷婷<sup>1</sup>, 余 亮<sup>2</sup>

(1.武夷学院 数学与计算机学院, 福建 武夷山 354300; 2.江西瑞林电气自动化有限公司, 江西 南昌 330031)

**摘要:**分析了高校范式的现状及“变革范式”的意义,探索了“变革范式”改革的方法,提出了范式教学在“电磁场与电磁波”课程的具体实现方法,教学效果较为显著,对本课程及同类学科有一定的参考价值。

**关键词:**灌输式教育;范式教学;变革范式;电磁场与电磁波

**中图分类号:** TN105 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-2109(2016)12-0085-03

研究型大学在世界各国的发展中起着重要作用,是一个国家高等教育发展水平的重要标志,是体现国家综合国力的重要方面,世界一流大学必定从研究型大学中产生<sup>[1]</sup>。正因如此,国内高校纷纷向研究型大学靠拢,这对于推动我国科技、教育、经济、社会发展,增强综合国力和国际竞争力具有重要的战略意义。但是目前有些高校出现的“重科研轻教学”的风气,正是基于一种“乌托邦式”的教师专业发展理念,使大学教师专业发展之路在现实中却越来越窄,畸形的教师评价政策使很多大学教师抛却了大学教师的“本性”使命——教学,并视之为“鸡肋”甚至是负担,而所谓的科学研究成了大学教师专业发展的重要机会与重要象征<sup>[2-3]</sup>。上述现象已在我国高校普遍蔓延,这既不利于高校的教育体系,也将阻碍高校的科研深化。一所高校的核心仍然还是高水平的教学质量,这个核心不能动摇。

## 1 高校范式教学现状分析

我国高校教育模式基本还是采用规范性和灌输式教育。主要有以下特点:

第一、主要是依据前人的知识遗产作为教育的核

心内容,对学生学习效果和知识体系的掌握评价较为单一。

第二、采取填鸭式教学,学生被动的接受知识,缺乏独立见解。

第三、教材内容比较传统,更新较慢,无法跟上时代变化,与社会融合度低。在科技迅速发展的情况下,传统专业交叉点越来越多,导致学生专业化学习面越来越窄。为了跟上世界发达国家发展的步伐,我国高等教育中传统的教学范式必须向科学的教学范式转变。科学的教学范式是“五位一体”的,即:“研究型教学范式”、“启发型教学范式”、“实证型教学范式”、“互动型教学范式”、“开放型教学范式”<sup>[4-5]</sup>。

## 2 “变革范式”思想的内涵及意义

“变革范式”是伴随着当代知识网络信息社会取代工业社会而逐渐在各国流行的教学范式,其相对于在农业社会与工业社会的占支配地位的“模仿范式”。现代本科学校的教育不能仅仅停留在把即成知识传授给学生,更应该重视学生在探索能力、研究能力、创新能力的培养。从教学范式上讲应属于“变革范式”。

我国本科院校的教学范式大多数还是强调即成知识和技能的传授,简单的以知识的多少和技能的高低来评价学生。忽略了学生创造性的培养和个性的发展。教学还是以教师为中心来展开,从教学范式上讲应属于“模仿范式”。

收稿日期:2016-07-11

作者简介:刘奇(1982-),男,汉族,讲师,主要从事移动通信方面的研究。

为培养具有创新意识的信息社会人才,提高教学质量,我国各类本科院校应积极推进教学改革,促使教学范式从“模仿范式”向“变革范式”转变<sup>[6]</sup>。

### 3 构建教学共同体,推动“变革范式”改革

#### 3.1 教学过程中师生关系的模式

##### 3.1.1 教师作为教学的主导,学生是学习的主体

该模式是我国高校普遍采用的一种师生关系的模式。主要是认为教师在教学活动中扮演着领导的作用,学生被引领去认识新的知识,主要特点是领导性,间接性和教育性。教师和学生的地位是有主从区别的,教师和学生是两个不同的个体。

##### 3.1.2 教师既是教学的主导也是教学的主体

该模式认为教学过程中只有教师才是主体,教师教学过程只是满足本身的需要而去改造客体,教学活动只是一般的物质实践活动。

##### 3.1.3 师生互为教学过程的主体与客体

该模式指出在教学过程中同时存在两个主体。即教师是教的主体,而学生是学的主体<sup>[7]</sup>。师生之间是互为主体与客体,他们相互影响,相互作用,共同获得发展。

大学是学术与思想的殿堂,老师不仅要传道授业解惑,还应该积极探索新领域、发现问题和解决问题、升华到新思想、新理论。教学相长,这个过程不是教师单体的实现,而是教师与学生共同探索,共同解决的一个过程,也即教师和学生应该是教学活动中的共同体。

#### 3.2 转变教学观念,树立教学共同体的观念

教师及管理人员需要转变传统的教学和管理理念,在传授知识,训练技能的同时更应尊重学生的个性发展,以学生的个性与创新能力的发 展为核心,构建教师与学生在教学过程中共同的情感,价值目标及身份认同感的教学共同体。这是信息现代化时代的需求,是民主社会发展与人类自我发展需求,也是高校培养应用型人才和创新型人才的需 要。

### 4 范式教学在“电磁场与电磁波”课程中的应用

《电磁场与电磁波》是通信工程专业的一门专业基础课程。这门理论课数学知识较多,理论也较抽象,学生在学习的过程中会遇到很多问题,导致在学习初期学生丧失学习的动力和兴趣。在教学过程中主要应

用以下几点方式。

#### 4.1 教学过程价值目标的构建

学生在学习过程中会遇到很多数学方面的难题,课程的理论也很抽象,较多学生一度出现厌学情绪。教学过程中主要向学生说明了该门课程的重要性,现实生活中作用。主要涉及的行业有通信、广播电视、导航、雷达、家用电器、工业设备、地质勘探、交通运输、医疗卫生等领域。在课程讲解中插入一些实例,像在讲静电场时可以讲静电平衡的作用,如外置的变压器为什么用外壳包裹;讲边界条件时可以提到如现代的隐形飞机加上涂层就是根据这个原理;讲电磁波的极化时,可以介绍为什么电视机的天线做成横向排列会效果更好;讲电磁能量守恒定律时可以介绍微波炉原理,解释为什么微波炉工作频率选择 2.45GHz。讲法拉第原理及交变电磁场时可以介绍微波炉的工作原理等等。本课程是后续课程《光纤通信》、《微波通信》等课程的重要基础课,本课程如果能学好对后面专业课程的学习很有帮助。本课程对工作后也非常有帮助,通信类相关职称和证书的考试需要本课程的知识。如通信工程师,注册电气工程师等等,鼓励学生在网上查找通信工程专业今后的工作方向,一些证书的获取对今后该行业工作的帮助。

#### 4.2 教学过程身份认同感的构建

学生对本课程的价值认同是身份认同的基础,是学好本门课程的动力源泉。现在面临的问题是有的学生有心无力,虽然发自内心很想学好该课程,但由于基础原因或是接受能力的差异,在学习的过程中还是会遇到诸多的困难。可以采取以下方法:

##### 4.2.1 师生互为教学过程的主体与客体,民主是最好的桥梁

教师在教学过程中首先要做的是了解自己教学的对象。首先,师生可以利用课余时间探究本课程的学习。打破教师“讲”、学生“听”的一言堂格局,取而代之是师生间的平等而又亲密的对话,了解学生的学习现状,探索更加有效的学习方法,形成师生共同发现问题解决问题的学习共同体。对每个学生的疑问,甚至是错误的观点都能得到教师的重视,在平等的交流中学生能够对自己,对同学,对老师,对班级形成认同感。

##### 4.2.2 学生在课堂上得到鼓励和重视是获得身份认同感一个必要条件

本课程有较大抽象的理论和复杂的理论推导,建

议多采用板书的形式进行推导,在推导的过程中多和学生互动,如对一些简单的推导让学生来回答和补充,对主动回答的学生当堂加平时分。传统灌输式教育导致很多学生仍然是以老师为权威,害怕回答问题,害怕有不同想法,刚开始可以采用点名的方式请这些同学回答,建议面要广泛,问题尽量简单,对回答正确的同学加分。特别是表现积极的学生要进行鼓励和认同,首先要传递的信号是,无论你们学习怎么样,都一样受到重视。

#### 4.2.3 尊重学生个体化的差异

平时可以将班级分成不同小组进行学习,利用各自的特长互相帮助,互相进步。上第一节课可用10分钟时间进行前面知识的回顾,主要用来观察学生学习情况和培养学生团队合作精神。列出一些重要的知识点,随机抽取小组及成员回答问题,建议学生独立解决问题,小组成员可以进行帮组。对回答正确的学生和小组适当给予平时分奖励,培养学生正确的社会情感,积极的合作意识。

#### 4.2.4 教师也是教学过程的主体之一,应该引导学生完成这一过程

课堂上需要一点“威严”和“不民主”,对必要的课堂教学活动应保证学生执行,如要求学生必须跟堂做好笔记等,要注意避免学生走形式,甚至拷贝别人的笔记。

## 5 课堂范式教学总结

### 5.1 范式教学在《电磁场电磁波》教学的成果

范式理论教学在本课程的应用较为成功,特别是

价值目标形成应用效果明显,学生形成了巨大的学习动力和学习兴趣,上课积极性很高。在教学过程中学生对班级、老师及自身有较强的身份认同感。班级学生的集体荣誉感得到了增强,个别落后学生有了巨大的学习动力,能够自觉的投入到学习中。从课堂中学生的反应和平时提问回答的效果可以看出学生的基础知识掌握较为牢固。

### 5.2 范式教学的思考

范式教学具有重要的价值和现实意义,但并不是一成不变,不同教师或者是不同的学科也有不同的做法,随着教师对课程的理解不断加深,可以不断改进和创新,并最终形成一套符合自身学科的范式教学之路。

### 参考文献:

- [1] 马永坤. 大学教学中的范式转变及模式分析[J]. 现代企业教育, 2013(14):232-233.
- [2] 尤伟. 大学教师专业发展的新范式[J]. 盐城工学院学报(社会科学版), 2012,25(4):69-72.
- [3] 周仕德. 美国大学教学范式的转型研究及启示[J]. 重庆高教研究, 2014,2(5):102-107.
- [4] 杨继瑞. 集成“五位一体”转变大学教学范式[J]. 中国高等教育, 2013(6):44-46.
- [5] 张建桥. “大教育学”范式下教学论发展的困境与出路[J]. 高等教育研究, 2015,36(6):56-64.
- [6] 杨兴坤, 毕星. “变革范式”视域下教学共同体的构建[J]. 学校党建与思想教育, 2013(3):28-29.
- [7] 刘要悟, 柴楠. 从主体性、主体间性到他者性: 教学交往的范式转型[J]. 教育研究, 2015(2):102-109.

(责任编辑:叶丽娜)

## Application of Teaching Paradigm in “Field and Wave Electromagnetic” Curriculum

LIU Qi<sup>1</sup>, XIA Tingting<sup>1</sup>, YU Liang<sup>2</sup>

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

2.Jiangxi Nerin Electric&Automation Co.Ltd,Nanchang, Jiangxi 330031)

**Abstract:** Science and technology update quickly In today's society, the standardization and cramming of the traditional education already can not meet the requirement of the university talent-cultivating, the transformation of educational paradigm becomes imperative that improving the teaching quality of university. This paper analyzed the present situation of the university teaching paradigm and the significance of “paradigm reform”, explores the reform methods of the “paradigm reform”, put forward the concrete implementation paradigm teaching methods by used in “field and wave electromagnetic” curriculum, teaching effect was achieved, there is certain reference value for this course and the similar subjects.

**Key words:** cramming education; formalized teaching; paradigm reform; field and wave electromagnetic

# 慕课背景下新建本科院校面临的挑战与机遇

王学彬<sup>1,2</sup>, 张美君<sup>3</sup>

(1.武夷学院 数学与计算机学院, 福建 武夷山 354300; 2.武夷学院 教学质量建设与管理处, 福建 武夷山 354300;  
3.武夷学院 人文与教师教育学院, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**以慕课引领的新教育信息化技术革命将给新建本科院校的发展带来深远的影响。介绍了慕课的产生、发展与现状;分析了慕课背景下新建本科院校在师资条件、技术力量、资金支持、运行机制等方面面临的挑战;提出搭建应用技术大学联盟的慕课平台,建设“应用技术型慕课”,加快学校教育改革等应对策略,为新建本科院校的发展提供思路。

**关键词:**“慕课”;本科院校;高等教育

**中图分类号:**G648.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2016)12-0088-04

“慕课”发源于美国,是英文 MOOCs (massive open on line courses 大规模在线开放课程)的音译,被誉为“印刷术发明以来教育最大的革新”。“慕课”始于 2011 年秋天,仅一年多的时间,全球有 81 所高校或机构加盟“慕课”三大支柱之一的 Coursera,共享课程 386 门,超过 400 万学生注册。2012 年被媒体称为“慕课元年”<sup>[1-2]</sup>。

如今,随着慕课的快速发展,派生出许多新的在线教学模式,拓宽了在线教育的应用范畴。诸如:SPOC(私播课);Meta-MOOC(超级公播课);DLMOOC(深度学习公播课);MobiMOOC(移动公播课);DOCC(分布式开放协作课);PMOOC(个性化公播课);MOOL(大众开放在线实验室);MOOR(大众开放在线研究课)等等。哈佛大学在线实验学术委员会主席罗伯特·略教授认为,最初的慕课代表在线教育的初始形态,随着慕课的发展,我们实际上已处在“后 MOOC”时期<sup>[3]</sup>。

近年来,国内的慕课也发展的很迅速。全球首个

中文慕课平台“学堂在线”(www.xuetangx.com)由清华大学打造并于 2013 年 10 月正式推出;上海交大研发的中文慕课平台“好大学在线”(www.cnmooc.org)于 2014 年 4 月正式上线发布,该平台有 31 所合作院校。另外,东西部 73 所高校加入“东西部高校课程共享联盟”(http://www.wemooc.edu.cn);教育部、财政部“十二五”期间启动实施的“高等学校本科教学质量与教学改革工程”支持建设的高等教育课程资源共享平台“爱课程”网(http://www.icourses.cn),有合作院校 56 所;还有多所交通大学联合推出的两岸院校共建网络教育平台“育网开放教育平台”(http://www.ewant.org),现有两岸合作高校 33 所。

## 1 慕课背景下新建本科院校面临的挑战

随着国内众多慕课平台的搭建,越来越多的大学加入到打造慕课课程的实践中,倒逼我国高校的现行运行机制的革新,大学教育改革迫在眉睫。由于新建本科院校整体在我国高等教育所处的弱势地位,面临的挑战更加严峻,这种挑战主要体现在以下几个方面。

### 1.1 就目前新建本科院校的师资条件,推出慕课困难较大

慕课对传统的教学方式产生巨大冲击,由于教师的授课方式与学生的学习方式都发生了根本性的变化,导致教师的主导地位被改变,从而实现了以教师为中心到以学生为中心的转变。教师应成为优秀的课

收稿日期:2016-04-26

基金项目:福建省本科高校教育教学改革研究项目(JAS151344),福建省自然科学基金(2016J01682),武夷学院质量工程项目“数值分析重点课程建设”(Jgzk201019),武夷学院青年教师专项科研基金(xq201022)。

作者简介:王学彬(1976-),男,汉族,副教授,主要从事高等教育理论、分数阶微积分、偏微分方程的研究。

程设计师设计好课程环节,引导学生集中注意力,学会思考,积极互动;又要像演讲家一般将教学内容生动形象地表述出来,简化学生内化知识的过程。因而,在慕课潮流的席卷之下,照本宣科和满堂灌式的课堂将无容身之处<sup>[4]</sup>。所以,慕课对师资的要求有了很大的提高。

由于新建本科院校的师资普遍比较紧张,对教师的培养特别是年轻教师的培养缺乏传帮带的过程,大部分新进教师从学校毕业直接进入讲台,教学能力急需加强,而有些老教师教育观念还停留在升本前的专科教育模式,难以适应慕课这种新的教育方式;加上优势课程资源较少,教学团队建设力度较弱(一门课通常由一位教师负责),缺乏学科带头人和名师,学校的品牌也还未建立,所以相对国内知名高校而言,推出讲究“名校”、“名师”、“名课”的慕课似乎困难重重。

### 1.2 技术力量和资金的不足也是新建本科院校推出慕课的一大障碍

本质上来说,慕课创建的是依靠信息技术支持的智能化课程教学服务体系。表面上看是一个名师在上课,实则不然。慕课的推出需要一个合作团队在后面支撑,需要学术专家、讲师、助教、技术人员等等。线上的课程活动由这些团队成员分工合作完成的:有负责视频教学的,有负责学习者的互动,有负责教学内容安排和设计的,更需要强大的技术人员负责网站的开发、网络资源的公开、网络系统的维护,所有这些内外因素有了充分的协调和沟通,才使整个教学过程得到完善。

毋庸置疑,慕课的推行和长远发展还需要强大的资金支持<sup>[4]</sup>。就资金方面来说,新建本科院校整体处于弱势地位,难以获取教育资源。其处于我国本科高校生态群落的最边缘,受到众多圈层的挤压,明显处于弱势群体的地位,而且大部分此类高校外部资金投入不足,融资渠道少且不畅<sup>[4]</sup>。比如教育经费问题,财政部、教育部联合下发的“关于进一步提高地方普通本科高校生均拨款水平”的文件(财教[2010]567号),其中明确规定:原则上,2012年各地地方高校生均拨款水平不低于12000元。由于各地政府财力不一样,所有地方本科高校要达都到这一标准恐怕尚需时日。所以,对于新建本科院校要从本来就紧张的教育经费中专门安排一笔资金来推进慕课的建设,难免捉襟见肘。

就所需的技术力量来说,慕课与传统的网络课程

不同,它不是简单地把一些网络资源放在网络共享即可。慕课的特点是规模大(Massive)、开放(Open)、Online(在线)没有了门槛,也没有时间空间的限制,只要注册一个账号就可以学习,所以人数众多,而且强调在线互动,互相讨论,甚至互相评价。这不仅仅对平台的硬件提出要求,对技术力量的要求也拔高很多。对新建本科院校而言,原先对精品课程、网络课程的建设就已经滞后,要建设更高水准的慕课平台,从技术上来看,显然是“准备不足”。

### 1.3 新建本科院校的运行机制不适应“慕课时代”的到来

伴随着“慕课”大量进入高校课堂,高等学校的教学工作管理者和教学计划执行者亟需转变观念来适应其发展,需要转变的观念有:办学主体(由单一办学向国际化联盟式办学转变)、学习模式(由个体学习向团队学习与个性学习相结合转变)、课堂模式(由单一课堂教学向多种形式叠加教学转变)、教学管理方式(由人工向智能化转变)等等<sup>[4]</sup>。

就教学管理方式而言,许多新建本科院校缺乏本科管理经验,基本处于探索阶段,希望学习老本科的管理方式,但常常在模仿中迷失自己,实际上还停留在专科的管理水平。举一个很简单的例子,期末试卷批改的规范问题,有些学校教务部门一直纠结于对每题判分时用加分还是减分,从减到加,再由加到减,来回两次,最后教师不会评卷了,每次期末考都在问本学期是加还是减,还有期末试卷分析,要准备好材料,同样的数据要复制粘贴到好几个地方,有上好几门课的老师,所有期末材料做完之后,感觉精疲力竭。试想,如果所有的教学环节都是如此管理,老师的精力都纠结于这些地方,哪有时间思考课程建设,甚至推出慕课。在没有合适的教学管理办法和运行机制的情况下,要迎接“慕课时代”的到来恐怕是会“手忙脚乱”的。

上海交通大学副校长黄震认为,在线课程虽不至于取代传统课堂,但如果我们的大学不加快教育改革力度,提高教学质量,将很容易沦为一流大学的教学实验室和辅导教室<sup>[4]</sup>。对于新建本科院校而言,慕课的到来撬动的不仅仅是传统到线上的教育形式的改变,而是撼动现行的教学运行机制,至少要求高校的管理层必须去接受新鲜事物,加快教育改革,并改革和开放自己的课堂。

## 2 慕课背景下新建本科院校的机遇及发展思路

慕课背景下新建本科院校虽然面临较多的挑战,但依据其自身特点,实际上也存在一些有别于知名高校的优势,如果抓住机遇,利用好这些优势,同样可以走出一条特色发展之路。

### 2.1 积蓄学校优势资源,建设“应用技术型慕课”

2014年2月,国务院常务会议研究部署加快发展我国现代职业教育,明确提出“引导一批普通本科高校向应用技术型高校转型”,近年来,教育部按照国务院部署有序推进这项改革<sup>[1]</sup>。2014年4月,为落实这一战略部署,在“产教融合发展战略国际论坛”上,178所高等学校聚集驻马店以“产教融合发展”为主题,一起探讨“中国特色应用技术大学建设之路”和“部分地方本科高校转型发展”,并共同发布了《驻马店共识》<sup>[2]</sup>。这都充分表明了引导部分地方高校向应用技术性高校转型已是政府、行业企业、地方高校以及专家学者等社会各界的广泛共识。新建本科院校应抓住这一大好时机,做好转型发展,积蓄学校优势资源,建设“应用技术型慕课”。

俗话说“合脚的鞋子才是好鞋子”,名校的名师所授之“名课”未必是最适合的课程。不同层次院校人才培养的目标不同,新建本科院校是培养应用型人才的需要,可构建与之相适应的,有自身特色的人才培养方案。对课程的设置、内容、目标、要求评价方式都与名校不同。虽然慕课发展的相当快,在名校搭建的慕课平台里,适合该类院校学生的课程一定不多。应用技术型高校的专业设置逻辑是职业需求-专业-学科支撑,在此基础上,学校根据自身的办学定位形成产业链-专业集群,这就要求应用技术大学能够更快地作出适应产业结构调整和产业技术变化的决策<sup>[3]</sup>。而这些决策最终都体现在人才培养方案,具化到专业建设、课程建设中,所以当务之急是整合学校的优势资源,推出有自身特色的“应用技术型慕课”,借以创建依靠信息技术支持的智能化课程教学服务体系,从而避免被同质化、边缘化。

### 2.2 搭建应用技术大学(学院)联盟慕课平台

应用技术大学(学院)联盟是在教育部的指导下,由以应用技术大学类型为办学定位的地方高等学校发起成立的民间的、学术性机构和协作组织。联盟的

高校各有特色,都有自己优势的课程,将它们精心打造出品的“慕课”课程中的精品,通过联盟专设的资格认定机构鉴定、筛选,获得认可的上传到联盟慕课平台,实现优势资源共享。通过搭建符合应用技术大学定位的慕课平台,推出最适合应用技术型学校定位的课程,可以与国内一流大学的慕课平台遥相呼应,而不是作为这些一流大学的附属机构。

更重要的是搭建联盟慕课平台,可以实现优势资源共享,有利于节省资金,节约办学成本,原本孤立的高校互相合作,作为整体出现,从而弥补个体在整个高度教育体系中的弱势。随着平台建设的深入,还有利于促进联盟内不同学校之间的教师、学生之间的交流,从而推进各自学校的课程建设乃至专业建设。当联盟慕课平台运作良好,有一定影响力和知名度时,应用型本科高校通过在平台上推出慕课,还可实现宣传自己学校的优势课程、教学团队和“名师”,扩大学校的影响力,从而塑造学校的品牌。

### 2.3 加快学校教育改革,提高教学质量

#### 2.3.1 建立与慕课相适应的学分制度,评价制度

国内的一些知名高校已经在探索选修本校慕课的学分认定及跨学校之间慕课学分的换算与认定办法。比如,2014年清华大学物理系大三学生杨平凡和另外几个同学一起,成了清华首批通过在线课程获得学分的学生<sup>[4]</sup>。2014年4月由上海交通大学研发的中文慕课平台“好大学在线”上,19所高校互认慕课学分,借助此平台学生可跨校选修课程<sup>[5]</sup>。

对于新建本科院校来说,搭建完联盟慕课平台之后,也应尽快出台学分互认的尝试,也就是学生只要选了平台的“慕课”课程并顺利通过考核,就可以拿到所在大学承认学分,这样平台才会有活力。正如李锋亮的观点:只有学习者获得的“慕课”学分能够被积累、被转换、被认可,最终能够帮助学习者拿到学位,“慕课”供给方能从中获益,才有利于形成可持续发展机制。如果供需之间能够形成良性的正向激励,我国优质高等教育资源就能够通过“慕课”形式源源不断地共享<sup>[6]</sup>。

#### 2.3.2 应建立与慕课相适应的的教学工作运行机制

2014年10月,世界教育创新峰会(WISE)发布“2030年的学校”调查报告,报告认为今后传统实体学校成为一种社交环境,学生在这里接受引导,与同学互动,获得各种能力,以更好地适应未来职业生涯,传

统“教室”将变身为未来“会议室”。政策分析员亚萨·杰拉尔教授认为:未来教育的绝大部分内容与互动来自于在线的全球学习网络,而传统的实体学校更侧重于引导学生及负责标准监管以保证学习质量。人们运用技术,合作建立地方与全球性社会‘学习网络’的教育体系,可以将学习者、教师与辅导员、知识来源甚至员工联系在一起<sup>[12]</sup>”。

从表面上看,慕课以“学”字为根本的教学价值取向是在改变传统的师生关系,它强调师生的互动,释放学生学习的自主权并给予学生教学评价的部分话语权。实际上,它的深层次含义是转变高校的管理理念和提高教师的综合素质<sup>[2]</sup>。可以看到,随着慕课的发展,未来教育体系的进步,学生、教师、辅导员、其他职工之间的关系,与传统学校相比截然不同。原本就滞后的运行机制,就更需要加快改革,以适应新的教育形势。

#### 参考文献:

- [1] 顾骏.借力“慕课”,推动中国教育更快前行[N].中国教育报,2013-7-19.
- [2] 杜杨.“慕课”对高校体制的五大挑战[N].光明日报,2013-08-21.
- [3] 祝智庭.“后慕课”时期的在线学习新样式[N].中国教育报,2014-5-21.
- [4] 韩宏,屈昌雷.慕课:大学自修学分制的“新窗口”:基于慕课与大学自修学分制的结合[J].济南大学学报(社会科学版),2014(6):57-64.
- [5] 王玉丰.中国新建本科院校的兴起、困境与出路[J].高等教育研究,2011(1):53-60.
- [6] 李斐,黄明东.“慕课”带给高校的机遇与挑战[J].中国高等教育,2014(7):22-26.
- [7] 陈锋.关于部分普通本科高校转型发展的若干问题思考[J].中国高等教育,2014(12):16-20.
- [8] 刘博智.深化产教融合推动转型发展:产教融合发展战略国际论坛纵论部分地方高校转型发展[N].中国教育报,2014-4-28.
- [9] 刘蔚如,邓晖.清华首批学生获在线课程学分:慕课这次真的来了[N].光明日报,2014-7-17.
- [10] 董少校,卢思语.上海“好大学在线”平台上线,19所高校互认慕课学分[N].中国教育报,2014-4-16.
- [11] 李锋亮.上“慕课”获学分应加快步伐[N].中国教育报,2014-11-7.
- [12] 郝孟佳.2030年的学校“教室”变身“会议室”[EB/OL].(2014-10-20)[2016-02-28].<http://m.people.cn/n/2014/1020/c655-1034447.html>.

(责任编辑:叶丽娜)

## Opportunities and Challenges of the Newly-built University Under the Background of MOOCs

WANG Xuebin<sup>1,2</sup>, ZHANG Meijun<sup>3</sup>

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

2.Office of Teaching Construction and Management,Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300;

3.School of Humanities and teacher education ,Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** The new education information technology revolution led by MOOCs will have a deep influence on the development of the newly-built university.This paper first introduces the origin, development and present status ofMOOCs, then it also analyzes its facing challenges of teacher staff, technology, financial support and operation mechanism against the background of MOOCs.In the end, this paper puts forward some corresponding strategies such as;to set up MOOCs Platform of the league of the application technology university, to construct the course of application technology and to speed up the university education reform As a result, this study can provides some solutions to the problems of the newly-built university.

**Key words:**MOOC; the Newly-built university; higher education

# MOOC 环境下应用型本科的 大学计算机教学改革探索

刘瑞军

(武夷学院 实验室管理中心, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**从应用型本科院校人才培养方案出发,通过实际调研,就当前大学计算机课程存在学生层次、课程缩短等问题,分析了 MOOC 的教学理念和特点,根据人才培养方案,提出了在 MOOC 模式下大学计算机的教学模式改变、教学内容整合、课程资源设计及教学评价制定等多方面的教学改革措施。

**关键字:**MOOC;应用型;大学计算机;改革

**中图分类号:**G642.0 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2016)12-0092-04

中国的在线教育随着网络技术和教育理念的发展不断前行,MOOC 是这个时代在线教育发展的一个新模式、新产物,它以规模大、开放性、在线性等特点,受到了国内外教育界的研究和探讨,并逐步走向完善。从 2012 年 MOOC“问世”以来,国内外的一些高校、研究机构已经实现了相对完善的 MOOC 教学平台,如美国的 Coursera、edX,清华大学的“学堂在线”,爱课网的中国大学 MOOC 等。MOOC 的大规模应用,意味着它有机会创造一个全新的、更公平的教育模式,这也开启了高等教育的改革之路,其影响涉及到教育理念、教学模式、教学评价等各个方面。

相对于教学辅助技术的发展,普通高等院校的计算机公共教学在理念、模式、评价等诸多方面还显得比较滞后,存在整体教学质量不高、学生实践能力不足、学生创新意识不强等问题<sup>[1]</sup>。教育部于 2015 年下

发关于引导部分地方普通本科高校向应用型转变的指导意见中明确指出,应用型本科高校要把办学思路真正转到服务地方经济社会发展上来,转到产教融合校企合作上来,转到培养应用型技术技能人才上来,转到增强学生就业创业能力上来。如何能让大学计算机更好的为人才培养、专业建设提供更好的服务,是当前新建应用型本科院校共同面对的问题,而 MOOC 模式的出现将为大学计算机课程的发展与改革提供了诸多启示。

## 1 应用型本科大学计算机的现状存在问题

### 1.1 大学计算机课程的发展状况

大学计算机课程是面向高校非计算机专业的计算机科学通识课,包括计算机基础、程序设计、数据库应用等。开展大学计算机课程的目的是帮助非计算机专业了解计算机科学的基本概念,掌握常用计算机工具,培养学生的信息素养和计算思维能力,从而更好的为专业服务,对学生自身综合素质的提高、创新能力的培养和社会活动的运用发挥了重要作用<sup>[2]</sup>。伴随着计算机技术的发展和互联网的普及,计算机在各行业的作用也越来越明显,大学计算机课程逐步成为非计算机专业的核心基础课。随着课程重要性的提升,

收稿日期:2016-05-23

基金项目:福建省教育厅福建省中青年骨干教师教育科研项目(JZ160205);武夷学院教学改革研究项目(XJ2014007);教育部高等院校文科计算机教指委文科大学计算机教学改革项目(2014-B029)。

作者简介:刘瑞军(1981-),男,内蒙古族,讲师,主要从事软件工程、计算机基础教育的研究。

我们意识到了原有课程结构存在一定的不合理性,教研室先后进行了“文理分类教学改革”、“分类、分层次教学改革”,取得了一定的成果。2014年,武夷学院被列为福建省应用型本科大学的示范院校,学校在积极探索专业、课程体系的改革,大学计算机教研室也正在尝试结合 MOOC 做进一步的教学改革尝试,以满足专业建设和人才培养的需求。

## 1.2 大学计算机课程存在的问题

各个高校近年来针对大学计算机课程存在的问题,也进行了相关的课程改革尝试,但仍然存在诸多问题,在此以武夷学院大学计算机课程为研究对象,列举一些在大学计算机课程中存在的问题。

(1)学生层次不同的问题:大学计算机课程教学一直面临着学生“非零起点”和“非同一起点”的“两非”状态<sup>[4]</sup>,这给教学过程带来了很大困扰。学校在“分类分层次”教学改革过程中,也试图解决这个问题,通过入学前对学生计算机基础能力进行测试,根据测试成绩将全校学生打乱,分为两种类型的快、慢班,设置不同的教学大纲,进行授课。这在一定程度上缓解了上述问题,但带来的弊端也不少,一是对学生的不公平,同样的课程,授课内容却“因人而异”,二是简单的测试分班对学生心理造成压力,三是给教学管理带来压力,将全校学生打乱进行,排课过程要兼顾不同班级的学生,给排课带来了很大不便。可以看出“分层次”的教学方法并不能彻底解决这个问题。

(2)课时缩减的问题:为了应用型人才培养的需要,学校对人才培养方案进行了多次调整,增加了专业课程实践和实习教学环节,对公共课程的课时进行了大量删减。大学计算机基础课程由最早的 72 课时,减到只有 34 课时。课时的缩减让本来教学时间就紧凑的课程教学更加“捉襟见肘”,通过两方面来解决问题,一是移除以前大部分的理论内容;二是减少理论授课。

(3)教学内容的局限性问题:大学计算机课程的目的不仅仅是要求学生掌握常用计算机工具,更重要的是培养学生的信息素养和计算思维。受到课时减少的问题,目前大学计算机基础课程中主要以学习操作系统+Office 基本操作为主,而培养学生信息素养及计算思维的教学内容相对较少,没有为学生后续学习程

序设计、数据库应用等课程做好铺底、引导的过程。

## 2 MOOC 的特点

MOOC 利用计算机、网络通信等技术把课堂教学内容和形式转移到网络的一种模式,是现代教育技术发展的产物,是一种全新的教学模式。MOOC 在本质上“把人的重要性置于教学内容之上”,解构了传统课堂人与人面对面交流体系中的“教与学行为链”,并通过流程再造,重构了基于互联网的交互体系<sup>[4]</sup>。实现了平台、教师、学习者和学习资源四大元素的联动<sup>[5]</sup>。相对而言,MOOC 比已有的国家精品课程、视频公开课、资源共享课在教学功能上取得了长足的进步<sup>[6]</sup>。

MOOC 综合运用了人本化学习、建构主义学习、程序教学及有意义学习等理论原则<sup>[7]</sup>,相比传统教学模式,MOOC 在授课人数、课堂时空、学习动机、学习主体、交互方式、课程设计及评价等环节上都有本质的区别,其特点表现在如下几个方面:

(1)课程受众广、规模大。大规模是 MOOC 的一个显著特点,传统教学都是以班级为教学单位,为取得良好的教学效果,学生人数有严格限制,但 MOOC 可以轻松吸引几千人甚至几万人的众多学习者,教学的受众面得以扩增。

(2)课程具有开放性。MOOC 打破了传统课程的时间、空间等局限性,提供的是一个网络开放性的平台,来自全球各地的 MOOC 课程学习者依托互联网,只要通过身份认证即可参加 MOOC 平台上的课程学习,这使得教育资源得以最大化,使教育更加公平。

(3)平台具有较强的交互性。MOOC 平台不仅为学习者提供了丰富教学资源,还为学员提供了实时交互的空间,使参与者能够交互参与和实时反馈,这是 MOOC 对之前的 E-Learning 学习平台、网络精品课或远程教育的革命性突破。

## 3 MOOC 环境下的教学改革探索

MOOC 的出现可以为目前大学计算机课程实施过程中存在的问题提供可行的解决方案,可以让学生有了更多的选择,同时也对教师的传统教学方式提出

了挑战——如何在 MOOC 环境下引导学生以最适合自己的方式学习<sup>[6]</sup>。本文根据应用型本科大学人才培养方案为指导思想,结合目前大学计算机课程教学中存在的问题,借鉴 MOOC 的优点,从以下几个方面做了改革尝试。

### 3.1 课堂教学模式的改革

MOOC 环境的出现和成熟,为传统教学模式的改变提供了可靠的技术保障,在教学过程中,主要尝试了以下两种教学模式:

(1)“翻转课堂”教学模式:大学计算机课程更注重培养学生的计算思维和实际操作能力。如果课堂中大部分时间都予以理论性知识的讲解,必将影响学生操作能力的培养;反之,如果只重视实践,同样也会影响学生的信息素养和计算思维能力的培养。在此,可以借助 MOOC 平台,采用“翻转课堂”的教学模式,要求学生在课前通过电脑或手机终端提前学习理论知识,课堂中,对理论知识做适当补充即可,更多的时间以项目或案例的形式进行实践操作学习。这样既培养了学生的信息素养和计算思维能力,又提高了学生的动手实践能力。

(2)“线上+线下”相结合的教学模式:在 MOOC 发展过程中,甚至有人认为 MOOC 将取代课堂教学,但通过几年的发展来看,MOOC 并不能完全取代课堂教学,而是对课堂教学的辅助和延续。在 MOOC 模式下,基础理论性的内容学生可以通过 MOOC 平台自主学习,课堂教学的职能更多的向引导模式转变,引导学生学什么?怎么学?而学习的过程交由学生掌握和控制,教师更多是起到引导、监管和反馈的职责。所以,教学过程中,必须加入相应的测试、练习、作业等多种学习任务。教师需要及时通过自动或手动评阅方式,通过线上反馈、线下课堂点评的方式,让学生了解知识掌握情况。在解决学生层次不同带来教学问题的同时,也极大的提高了学生的自主学习能力。

### 3.2 教学过程的改革

教学模式的转变,必须影响到教学过程中的各个环节,如,教学内容的整合、教学资源的呈现、教学评价机制的制定等。

(1)合理整合教学资源,拓宽课程知识面:以往制定教学大纲时,经常会受限课时缩减问题,必须对课

程内容进行精简,只保留了核心内容。教学过程只注重培养学生的操作技能的训练,忽视了学生的信息素养和计算思维的培养。而 MOOC 平台的优势恰能解决此类问题,通过平台则可以放置更丰富的课程资源,包括课程之内和课程之外的拓展知识,供学生课外学习,这既解决了目前“课时少、学生基础不齐”的问题,也可以拓宽课程的知识面,使课程体系更加健全。

(2)精细化设计教学资源,提高学习效率:平台是基础,教学资源才是核心要素,MOOC 教学模式倡导“以学生为中心,教师为引导”进行互动式学习。在制作教学资源过程中要充分考虑学习者的学习能力和兴趣点,以及知识的落脚点。MOOC 的学习过程主要是以微视频为主,将各模块按小知识点进行统筹、规划和制作,视频长度一般在 10 分钟左右。各知识点之间设计相应的练习,以帮助学生理解、巩固,对后续知识的学习产生积极的促进作用。因此,在教学设计环节中不仅应该合理安排课程知识点,更应该通过这些知识的内在连贯性,设计交互练习将所学的知识点和知识单元串联起来,促进学生深入理解并能够达到融会贯通,增加成功学习体验,提高学习效果。

(3)充分发挥平台功能,改变教学评价机制:学习效果的评价是对学生学习某门课程效果的最终评价,是教学过程中的一个重要环节,这可以间接的反映课程教学效果。传统的教学评价主要是通过期末考试和平时课堂表现等方式来评判。对于大学计算机这种实践性强的课程而言,考试并不能做到完全、准确的评定学习效果。通过 MOOC 平台的功能,可以实时了解学生的平时学习状况,结合大数据技术,可以对学生的学习过程进行评价,真正实现学生对课程学习的全面、客观的评价。

## 4 结语

从目前应用型本科的大学计算机课程中存在的问题出发,分析了 MOOC 模式的优势和特点,最后给出了课程改革的相应思路。MOOC 为大学计算机课程改革提供了一个方向,MOOC 教学模式以学生为核心,构造各个教学环节,成为一种理想的学习方式,但目前还不能完全取代目前的课堂教学模式,二者协同

才能做到优势互补的最优化教学。

### 参考文献:

- [1] 刘冰洁.MOOC 时代高校计算机教学改革初探[J].萍乡高等专科学校学报,2014(6):116-118.
- [2] 孔德宇.基于计算思维的大学计算机基础 MOOC 课程模式研究[D].新乡:河南师范大学,2015:1-10.
- [3] 丁琳,王颖,马淑萍.MOOC 支撑下的以计算思维为导向的大学计算机课程教学模式研究 [J]. 计算机教育,2014(9):30-33.
- [4] 邹景平.MOOC 的精神重于形式[J].中国远程教育,2013(8):25-28.
- [5] 陈冰冰.MOOC 课程模式贡献和困境 [J]. 外语电化教学,2014(3):38-43.
- [6] 王颖,张金磊,张宝辉.大规模网络开放课程(MOOC)典型项目特征分析及启示[J].远程教育杂志,2013(4):67-70.
- [7] 李曼丽.MOOCs 的特征及其教学设计原理探析[J].清华大学教育研究,2013(8):13-21.
- [8] 张忠磊,李秀芳,张志旺.MOOC 在计算机专业教学中的应用研究[J].计算机教育 2015(5):87-89.

(责任编辑:叶丽娜)

## Exploration on the Teaching Reform for the University Computer of Applied Undergraduate in MOOC Environment

LIU Ruijun

(Center of Laboratory Management, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** This article from the applied undergraduate school talent training program, through the actual investigation, analyzes the existing problems of the university computer courses; then, analyzes the teaching concept and characteristics of MOOC; finally, according to the talent training scheme, based on the MOOC mode of university computer teaching mode, teaching content integration the design of the curriculum resources evaluation and teaching, making teaching reform measures in many aspects.

**Key words:** MOOC; applied; university computer; reform

# 地方新建本科院校工科大学生创新教育研究

## ——以武夷学院为例

邱昌东

(武夷学院 机电工程学院, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**创新教育是当前高等教育发展的主流趋势。地方新建本科院校开展创新教育有利于地方新建本科院校自身发展,有助于提升工科大学生创新素质,地方新建本科院校武夷学院在工科大学生创新教育模式上进行的实践探索,走特色发展道路为例,加大创新实践课程比重,建立学生科技创新基地,提高教师实践创新能力,思考地方新建本科院校创新教育策略。

**关键词:**本科院校;工科大学生;创新教育;应用型创新人才

**中图分类号:**G642 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2016)12-0096-05

21 世纪是一个知识经济时代,人的知识、智力和创新能力将成为经济社会发展的主要源泉和动力。传统教育强调教师主导作用、系统传授科学知识,过于保守与限制,一定程度上不利于人才创新能力的培养。新时代日新月异、高科技迅猛发展,对人才素质的要求早已打破原有知识固化模式,更关注人才的学习能力以及实践创新能力的培养。创新教育旨在培养学生的创新意识、创新精神和创新能力,以培养创新人才为最终目的。将创新教育融入到高等教育教学过程,是高等教育自身发展的必然趋势,更是为建设创新型国家、实现“两个一百年”奋斗目标和中华民族伟大复兴的中国梦提供强大的人才智力支撑的必由之举。地方新建本科院校普遍存在建校时间短,师资力量相对薄弱,老牌本科院校已有的创新教育模式不一定适合等局限,需要地方新建本科院校积极探索适应自身实际的创新教育模式。

### 1 地方新建本科院校实施创新教育的意义

高等教育普及化使得地方新建本科院校快速发展起来,已逐步成为我国高等教育的重要组成部分,对地方经济社会发展起到积极推动作用。当前我国正处在经济发展转型升级和产业结构战略调整的关键时期,工科大学生所学专业直接服务于国民经济各行各业,服务于地方经济的发展需要,因此,地方新建本科院校工科专业开展创新教育,加快应用型创新人才的培养对于促进院校自身建设、地方经济社会发展及人才素质培养都具有十分重要的意义。

#### 1.1 开展创新教育有利于地方新建本科院校自身发展

地方新建本科院校是在我国高等教育实现大众化的背景下新建立起来的地方本科高校。近年来,地方新建本科院校为了求发展,比较注重扩大办学规模,而在内涵的提升上投入不足,存在一些问题,主要表现为大学生创新精神和实践能力缺乏,不能适应地方经济社会发展的要求。在经历高等教育管理体制改革的扩招之后,地方新建本科高校转型发展正在全面展开。地方新建本科院校要想提升自身办学质量,获得可持续发展,发展定位必须服务于地方经济社会,成为地方人才培养、知识创新与高校技术产业化的主要

收稿日期:2016-09-25

基金项目:福建省教育厅 A 类科技项目(JA12327)。

作者简介:邱昌东(1973-),男,汉族,副教授,主要从事量子光学的研究。

基地,为地方经济社会发展提供人才支撑、智力支持和社会服务。实施创新教育是世界各国高校发展的基本趋势,因此地方新建本科院校要发展,要通过开展创新教育,注重内涵的建设,培养出适合产业转型升级需求的应用型创新人才,这样才能实现高校转型发展目标,获得科学发展。

## 1.2 地方经济社会发展对工科大学生创新素质提出了新的要求

美国加州理工大学的航空工程的先驱者冯卡门教授有句名言,“科学家研究已有的世界,工程师创造未有的世界。”<sup>[1]</sup>我国正处于工业化的中期,为了提升我国工业的发展水平和国际竞争力,我国把建设创新型国家作为面向未来的重大战略选择,这些任务的实现都依赖于高素质、创新型的工程技术人才。目前地方产业转型升级过程中不断呈现新问题、新特点和新需求,劳动密集型产业正逐步向知识密集型产业转化,这就要求增强自主创新能力、提高经济增长中的科技进步贡献率。为了实现的服务地方经济社会转型发展的目标,对工科大学生的创新素质提出了更高的要求,要求他们成为拥有科学精神、竞争意识和创新素质的应用型创新人才。

## 1.3 创新教育有助于提升工科大学生创新素质

传统的教育方式比较偏重知识传授,对大学生创新精神和实践能力的培养不够重视,影响了他们素质的全面提高。地方新建本科院校在开展创新教育时,要树立以人为本的办学理念,坚持以学生为中心,努力做到课内与课外相结合,科学与人文相结合,教学与研究相结合。同时要将以人为本的办学理念落实到学校的转型发展中去,加强双师型师资队伍建设和积极开展创新实践活动,营造良好的创新文化氛围。通过创新教育使学生的创新意识、创新精神和创新能力都达到较高的水准,达到提升工科大学生创新素质的目的。

## 2 地方新建本科院校工科大学生创新教育现状

我国《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020年)》的“战略主题”中明确提出“着力提高学生的学习能力、实践能力、创新能力”。要想有效提高学生的创新能力,学校需要科学合理构建创新教育

模式。当前,地方新建本科院校工科大学生的创新教育工作现状并不容乐观,主要体现在教育创新意识缺乏,传统教学体系滞后,实践教学环节薄弱,创新实践师资不足,创新机制有待完善等方面。

### 2.1 教育创新意识缺乏

近年来随着经济社会的发展,为了实现高等教育的普及化,许多地方专科院校通过合并或升格重新组建了一批新建本科院校。地方新建本科院校建校时间短,本科办学经验缺乏,注重学校办学层次的上升和教育规模的扩大,而对于作为内涵式发展要求的大学生创新教育缺乏足够的重视和长远的认识。仍然保持着传统的教育模式,在教学中强调以教师为中心,过于强调掌握课本知识,学生只能被动地接受教育,忽视学生主体作用。在这种教育理念的指导下,把教学过程单纯理解为课本知识的传授,不利于学生的创新能力培养。因此,只有对传统高等工程教育理念进行创新,摆脱传统教育理念的束缚,才有利于工科大学生创新能力的培养。

### 2.2 传统教学体系滞后

当前地方新建本科院校升格为本科时间较短,教学模式大都沿用原有方式,在工科大学生培养上仍采用传统的人才培养模式,而忽视学生创新能力的培养,仍然强调教师的主导作用,存在注重专业知识深度而轻基础知识广度,注重知识的掌握而轻知识应用和综合素质提升等弊端。忽视创新精神、创新品质、创新意识和创新能力的培养,偏离高等工程教育的目标。同时在课程结构和实践环节的设置上较少考虑地方经济社会发展对人才素质的需求,人才培养方案往往按照老本科院校标准制定,忽视学生的学习基础,造成专业基础课课程负担重,学生的学习能力应对这些课程感到吃力,不利于调动学生的学习积极性,学生也就没有兴趣去思考与创新相关的问题。

### 2.3 实践教学环节薄弱

实践教学是培养工科大学生实践能力和创新能力的重要教学环节。实践教学仍然是当前地方新建本科院校工科专业教学的薄弱环节,存在对实践教学重视不够,对实践教学质量的管理和监督不到位。工科专业的相当部分实验教学内容陈旧,综合性、设计性和创新性实验比例太低。由于地方新建本科院校的教

学经费相对紧张,在实验建设方面经费投入偏少,造成了实验室面积、仪器设备的台套数量和性能存在明显不足,有的实践课程甚至没有相对应的实验室,并且随着学生的扩招,而仪器设备的增长数量不足,造成学生实验动手操作的机会减少。地方新建本科院校工科专业实践教学还存在理论知识学得多,工程实际训练偏少,安排学生到工厂见习和实习常常流于形式等现状,造成工科大学生没有充分参加实践活动,不能满足应用型创新人才培养的要求。

#### 2.4 创新实践师资不足

地方新建本科院校大多处于经济不是很发达的地区,地方财政支持相对不足,学校办学经费相对紧张,教师的工作待遇普遍偏低。同时学校拥有的高层次教科研平台数量有限,创新氛围不够,对高级创新人才缺少吸引力。教师队伍中有一些学科带头人和学术骨干,但是双师型教师缺乏。大多数工科专业教师的实践经历缺乏,多数是从高校毕业后直接到高校任教,没有经历过工程实践能力的锻炼,工程素质和实践经验欠缺,制约了工科大学生创新素质的提升,这也是地方新建本科院校创新教育能力不足的一个突出问题。

#### 2.5 创新机制有待完善

现阶段大部分地方新建本科院校还处在建设摸索阶段,还没完善工科大学生创新教育机制,普遍未将创新教育模块纳入工科人才培养方案,只是作为学生课外科技活动的一部分。同时开展工科大学生创新教育需要专项资金和场地,但是地方新建本科院校专项资金缺口很大。此外,引导指导老师积极投入创新教育、激励学生创新热情的机制还不完善,而且评价创新教育开展效果的体系还未健全。地方新建本科院校想要更好地开展工科大学生创新教育,必须建立和健全相应的创新机制。

### 3 地方新建本科院校工科大学生创新教育策略思考

目前,地方新建本科院校大学生的创新能力培养和实践动手能力培养成为了目前大学生创新与创业教育的一个热点。武夷学院在大学生创新与实践能

力的途径进行了探索,积极开展学生课外科技活动,初步实施应用型创新人才培养模式,推动了学生创新能力的培养,在课程体系、实验室建设、实践教学形式等方面初步构建起了工科大学生创新能力培养体系,取得良好的教育效果。

#### 3.1 更新教育理念,坚定创新转型发展决心

随着科技的进步,工程研究领域的延伸,相应高等工程教育需求也发生变化,需要从总体上更新教育理念,树立创新观念,重视工科大学生创新素质的培养,武夷学院作为一所地处武夷山市的地方性、应用型新建本科院校,深入贯彻落实中央精神,紧紧抓住向应用型转变的这一难得的机遇,解放思想,更新观念,创新机制,着力实现从专科教育向本科教育的转型,从师范教育向综合性教育的转型。提出了办好“学生欢迎、用人单位欢迎、社会欢迎”的“三欢迎”大学,培育“会做人、会学习、会应用、会创新”的“四会”人才<sup>[2]</sup>。武夷学院全校形成共识,坚定树立了创新教育育人理念,重视应用型创新人才培养,把培养综合素质高、竞争力强、能适应地方经济社会发展需要的应用型创新人才作为首要任务。在武夷学院召开的转型发展总体方案论证会上,专家们一致认为武夷学院总体转型方案目标明确、措施可行,专业群建设与地方主体产业发展融合度高、具有示范性<sup>[3]</sup>。

#### 3.2 优化课程体系,加大创新实践课程比重

为了适应地方经济社会发展的要求,地方新建本科院校工科专业必须将原有滞后课程体系进行优化,重视培养工科大学生扎实的专业知识、较强的实践能力和良好的创新思维能力。把专业课程设置与地方企业转型升级的需求相结合,学以致用。加大实践性课程的比重,课程体系中加入创新教育模块,如将《科技学术与创新实践》、《创造性思维与创新方法》等课程纳入课程体系,重视学生创新思维的培养,有助于学生实践动手能力的提升。

武夷学院机电工程学院注重学生的创新能力培养,以此为出发点调整课程体系,建立多元化的实验体系和丰富实践课程,让学生更早参与创新实践活动。创新实验课程体系,将实验技术理论和实验操作能力的培养更好结合,在课程安排上将实验课单独计分,增强学生对实验课程的重视。加大创新性、设计

性、综合性实验的课时比重,重视学生的创新思维和创新实践能力的锻炼。同时安排多种类型的实践类课程,如课程设计、课程实习、金工实习、工厂见习等,并配备经验丰富的指导教师。课程体系的优化调整使得学生实践能力和创新能力得到了提升。

### 3.3 搭建创新平台,建立学生科技创新基地

创新平台对工科大学生创新能力的培养是重要的外在支撑条件,能提供学生进行创新活动相关知识和实践条件,实现跨专业、跨学科的交流。依托创新平台设立创新基金和创新项目,引导学生广泛开展各种类型课外创新实践活动,明显地促进于大学生创新素质的提升。

武夷学院搭建了多个创新平台,如校团委承建了福建省大学生创新创业基地(武夷山)、全国创新创业实践育人基地,数学与计算机学院负责的“互联网+茶叶”等创新平台。创新基地有专兼职指导教师负责指导活动的开展,采取开放式管理模式,可以满足大学生课外科技活动的综合实训要求,学生还可以参与到指导老师的科研课题,切实提高学生实践创新能力。学校团委还积极组织学生参加各类学科竞赛,如机电工程学院负责大学生电子设计竞赛和机械设计创新大赛、全国大学生“飞思卡尔”杯智能汽车竞赛,土木工程学院负责大学生结构设计大赛,数学与计算机学院负责软件设计大赛和数学建模大赛等竞赛,都取得了良好的成绩,多次获得国家级和省级各项奖励。多种创新实践平台的建立,补充完善了实践教学质量,构建激发学生创新能力提升的机制。

### 3.4 加强师资建设,提高教师实践创新能力

在学生创新教育中,教师既是教育行为的组织者,也是实施者。双师型教师是培养工科大学生创新实践能力的关键,工科大学生创新教育的质量和办学水平,主要取决于双师型教师队伍的水平和质量。

武夷学院非常注重工科专业双师型教师的培养与引进,重视从企业引进具有工程背景、实践创新能力强的人才充实教师队伍,定期选送青年教师到企业进行挂职锻炼,参与企业的生产和研发,了解企业需求和积累生产实践经验。为了加强对教师科研创新能力的培养,鼓励教师与企业合作开展横向科研课题研究,共同参与企业的技术攻关项目,让教师得到实际

工程的训练,丰富了教师实践创新能力。同时,还从共建企业和合作单位聘请实践经验丰富的工程师为兼职老师和实习指导老师,为学生授课。修订教师专业技术职务聘任条件,要求年青教师职务晋升时要有企业挂职工作经历。

### 3.5 营造创新氛围,实行“创新团队+创新项目”社团运作模式

传统教学模式总是认为课外活动只是课堂教学的补充,然而美国大学的实证表明,“所有对学生产生深远影响的重要的具体事件,有 4/5 发生在课堂外”。<sup>[4]</sup>在创新教育开展比较好的美国大学,除了重视的课内教学外,还更重视课外实践,鼓励大学生积极参加各种社团活动,以活动为载体中推进创新教育,提升学生的实践能力。

武夷学院通过建立科技类社团,如数学建模协会、机器人协会、电子协会、机械创新设计协会等,发挥社团的重要作用来强化和推动创新教育。学校团委通过主办大学生科技文化节,开展各类工程创新竞赛和学术讲座,重视扩大学生参与面,发挥了创新教育的辐射作用。五年来,武夷学院国家级大学生创新创业项目和省级大学生创新创业项目的立项,进一步促进学生创新能力的发展。通过各项创新实践活动的持续开展,提升了武夷学院毕业生的就业竞争力,促进了毕业生就业工作,近三年武夷学院毕业生就业率一直保持在 96%以上,赢得了社会的认可和用人单位的好评。

### 3.6 产学研合作育人,培养学生创新实践能力

应用型人才主要是指从事实际操作性工作,具有很强的职业技能和专业工作能力,能够进行计划和组织并具体操作,解决实际问题的实践型创新人才<sup>[9]</sup>。产学研合作教育是创新人才培养的重要途径。地方本科院校要加强与企业之间的联系,发挥密切联系地方的优势,从地方经济社会发展中寻找构建产学研合作教育基本模式,强化教学、研究与产业发展的联系,达到提高工科大学生创新素质的目的。

产学研合作教育是以培养学生的全面素质、综合能力和就业竞争能力为重点,利用学校与企业、科研单位等多种不同的教育环境和教育资源,充分发挥各自在人才培养方面的优势,把以课堂传授知识为主的学校教育直接与获取实际经验、创新能力和实践能力

为主的生产、科研实践有机结合的教育模式。<sup>④</sup>如武夷学院机电工程学院与南平太阳电缆股份有限公司共建产学研合作示范基地——“太阳电缆学院”，举办了订单式人才培养班，创新产学研结合模式联合培养人才，充分利用企业在人才培养方面的优势，把学校教育、科研实践有机结合起来，增强学生实践知识、动手能力，明显提高了学生的就业创业能力和服务企业能力。学生创新实践能力得到较大的提升，一些学生毕业到单位工作不久，工作上手快，很快成为了单位的领导与业务骨干。

#### 4 结语

提高工科大学生就业核心竞争力，重点是要提高学生的综合应用能力，培养学生的创新意识。为此，高等工程教育必须以市场为导向，及时调整人才培养计划，深化教育教学改革，加大学生实验实训的投入，提高专业教师的实践指导能力。地方新建本科大学只有清醒认识自身的不足，加强创新教育培养应用型创新

人才，才能更好地服务地方经济社会发展。

#### 参考文献：

- [1] 李勇军. 大学本科教学管理研究：以湖南大学为例[M]. 长沙：湖南大学出版社，2015：147.
- [2] 李宝银. 地方新建本科院校转型发展的背景与途径：以武夷学院为例[J]. 武夷学院学报，2014(1):1-4.
- [3] 刘凯. 武夷学院务实推进应用型大学转型工作[EB/OL]. (2016-03-31) [2016-11-6]. <http://www.fjedu.gov.cn/html/jyyw/xx/2016/03/31/d7d4dab1-fdd5-4069-a232-aebc6d34b136.html>.
- [4] 刘玉秋, 姜君娜. 新环境下高校思想政治理论课理论与实践研究[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2014: 65.
- [5] 李长友. 应用型创新性人才培养与地方新建本科院校产学研合作教育机制的优化[J]. 高等理科教育, 2014(2):44-48.
- [6] 钟秉林. 深入开展产学研合作教育，培养具有创新精神和实践能力的高素质人才[J]. 中国高等教育, 2000(21):15-16.

(责任编辑: 叶丽娜)

## A Study on the Innovation Education for Engineering College Students in Local Newly Established Undergraduate Universities ——A Case Study of Wuyi University

QIU Changdong

(School of Mechanic and Electronic Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 35430)

**Abstract:** Innovation education is the main trend of the current higher education development. As the important organizations of providing the talents serving for local economic and social development, local newly established undergraduate universities should focus on innovation education and overcome their own shortcomings to cultivate application-oriented innovative students wholeheartedly. Wuyi University, as one of the local newly-established undergraduate universities, has been exploring its own innovative education model for cultivating engineering college students. Take Wuyi University as an example to think about innovative education strategies for local newly established universities.

**Key words:** local newly established undergraduate universities; engineering college students; innovation education; application-oriented innovative persons

# 现代职业教育体系下焊接专业建设的探索与思考

黄波达

(漳州职业技术学院 机械与自动化工程系, 福建 漳州 363000)

**摘要:**以某校焊接专业建设为例,结合现代职业教育理念提出了解决目前焊接专业建设中主要存在的问题。提出除国家对焊接专业宣传应给予重视外,学校要加强双师型教学团队的建设。可利用春季招生,从中专和职校的焊接专业学生中招生,既满足学生继续深造的要求又促进专业的可持续发展。充分利用校企合作关系,通过工学交替等来提高教学效果,通过与行业协会合作来提高学生就业质量,以促进焊接专业建设。

**关键词:**焊接专业;职业教育;校企合作;工学交替

**中图分类号:**G712 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2016)12-0101-05

随着我国现代制造业的高速发展,社会对焊接技能型人才的需求量也快速增长。而依靠自学和师傅的“传、帮、带”培养焊接技术工人的模式已无法满足需求,这项任务主要就由职业院校来完成<sup>[1]</sup>,而高职焊接专业的学生既懂焊接理论知识又掌握焊接操作技术,到企业后进行岗前培训就能胜任工作,在企业的发展前景较好。

2007 年某校在福建省高职中率先创办焊接技术及自动化专业(以下简称焊接专业),当年计划招生 40 名,报到 39 名,其中有 5 名女生,毕业时漳州某一企业录取该班 10 名同学,并对学生进行为期三个月的特种焊工操作技术培训。有 4 名同学考上专升本(其中 1 名因认为工作单位好而放弃深造机会),目前他们在汽车、核电、特种设备和机械制造等各行各业中发挥较好的作用。2008 年招生情况与 2007 年相似,但第一志愿由 100%降至 83%,虽然该校采取隔年招生办法,但第三届虽然第一志愿率 100%,但却只完成招生计划的 42.5%,这一现象与该校机械类其他专业招生火爆极为不符,最后该校不得不停焊专业的招生。职业教育是以就业为导向的,一方面是企业急需

焊接技术人才而学校却面临招生难的困境,这不得引起我们的重视。

## 1 焊接专业建设中存在的主要问题

### 1.1 招生困难,报考第一志愿的学生人数少

焊接专业招生困难,报考第一志愿的学生人数少,即使第一志愿人数多,报考人数也较少。表 1 为某校三届学生招生情况。

表 1 焊接专业招生情况表

Table 1 The welding major students enrollment situation

年	计划招生数	录取学生数	实际报到数	其中女生数	报第一志愿的人数	转专业人数	招生指标完成率 (%)	第一志愿比率 (%)
2007	40	39	35	5	39	0	87.5	100.0
2008	40	41	36	5	30	0	90.0	73.2
2010	40	19	17	0	19	2	42.5	100.0

从表 1 可见,三届招生均没完成招生任务,特别是第三届只完成招生指标的 42.5%,即使采取了隔年招生,第一学期就有两名学生要求转专业,其中一名学生高考分数高,他的理由是家长坚决不同意读这专业,当时是老师推荐的。这和机械类其他专业招生火

收稿日期:2016-05-30

作者简介:黄波达(1963-),男,汉族,副教授,高级工程师,主要从事机械设计与制造的研究。

爆极为不符,据了解省外其他院校焊接专业招生也存在同样的问题。

### 1.2 学生学习积极性不高

焊接专业学生一般学习积极性不高,不在于他们怀疑知识能否用上,而在于对就业岗位的担心与害怕,他们脑子里已把焊接岗位与“脏、乱、累”联系起来,而和其他专业相比他们没有机会参加各类职业技能竞赛,又由于专业特点毕业时他们专业职业技能证只能拿到中级证书,这些都严重影响学生学习积极性,这就是表1中第三届招生人数突降的原因之一。

### 1.3 师资力量不足

焊接专业教师队伍建设还不完善,焊接专业教师的缺口较大,许多职业院校的焊接专业教师很多都是其它专业转岗而来,大学本科实行通识教育后,很多高校取消焊接专业,导致高职焊接专业教师科班出身的很少,无力开设相应的教学课程和教学实践,而且从企业聘请特种焊工到学校当实训指导老师,对学校来讲还难于操作,这些都不利于专业建设。

### 1.4 实训条件不能满足学生取得专业高级职业资格证书的要求

焊接技术具有他的独特性,必须通过实际多操作来掌握,根据《焊工国家职业技能标准》,如学生要取得电焊高级工证书,操作技能考试项目其中一项是仰焊,如板状试件开V形坡口在仰焊位置实现单面焊双面成型,焊接方法可以是焊条电弧焊也可以二氧化碳气体保护焊,而这与取电焊工中级证操作技能考试采用横焊考试项目来比难得多。从课程安排和实训条件来讲都难于做到。据了解,某电建焊工培训中心每培养一名焊工取得特种焊工考试一个项目要投入两万元,这还不包括公司投入的设备和其他费用。福建省原十多个特种焊工考试委员会,他们主要承担焊工考试评定工作而大多不敢开展焊工培训工作,主要是焊工培训材料费用太高。学校焊接专业的建设不仅要投入各种焊接设备,每学期还要花费大量的实训焊接材料。

## 2 解决专业建设存在问题的相应主要措施

焊接专业建设过程中遇到招生难、学生学习积极性不高、师资和实训条件不足等困难,我们认为解决

以下几方面的问题很重要。

### 2.1 国家对焊接专业宣传应给予重视

焊接专业招生困难,报考第一志愿的学生人数少的原因之一是社会对焊接专业重视不够,总与“脏、乱、累”联系起来,当焊工好像低人一等似的,所以国家应利用媒体工具,大力宣传焊接重要性,重视思想品德、创新精神、职业道德的培养和熏陶,鼓励企业待遇向焊工倾斜,在企业营造“比、学、赶、帮、超”的学术技术氛围。

国发〔2014〕35号《国务院关于深化考试招生制度改革的实施意见》第(三)条的总体目标指出:2014年启动考试招生制度改革试点,2017年全面推进,到2020年基本建立中国特色现代教育考试招生制度,形成分类考试、综合评价、多元录取的考试招生模式,健全促进公平、科学选才、监督有力的体制机制,构建衔接沟通各级各类教育、认可多种学习成果的终身学习“立交桥”。《意见》为促进焊接专业的可持续发展打下坚实的基础,学校可利用春季招生,从中专、职校中的焊接专业学生中招生,满足学生继续深造的要求。

### 2.2 家长应支持学生报考焊接专业的选择

从事焊接工作,无论是操作工、工艺员还是技术员,其收入比其他工种要高,特别是有技术的操作工和工艺员,高职焊接专业毕业的学生既掌握焊接操作技术又懂焊接理论知识和管理知识,家长应明白自己的孩子报考该专业虽然工作累些但收入高不怕失业又有发展空间,有啥理由不支持呢!

### 2.3 加强入学专业教育

新生因大部分对专业几乎一片空白,又听了各种不利说法,所以心情低落,学校应选派有工作经验的专业教师进行入学专业教育,特别要介绍焊接在制造业中的重要地位,焊接是做什么,今后毕业在哪些行业工作,收入情况如何。如把亲生成功的经历、经验传给学生起鼓励作用,但要将高职焊接专业学生毕业后定位与大学本科焊接专业学生和中职焊接专业学生的定位区别分析清楚,要让学生看好专业前景,教学生早做职业规划,特别将毕业后可就业岗位<sup>[2]</sup>用多媒体形式讲清楚,见表2。

表 2 高职焊接专业学生就业主要岗位

Table 2 The main posts for welding major students

工种	焊工	焊接技术 员或工艺 员	焊接 质检员	焊接生产 管理人员	相关岗位 (无损 检验员)
具体岗位	焊接操 作、焊接 设备维 护、产品 维修	车间技 术员、焊 接工艺 员、焊接 试验员	焊接质 量检验 员、产品 检验员	班长、车 间主任、 项目经 理	X射线 检测、超 声波检 测、磁粉 检测等

焊接专业学生毕业后有两个方向可发展,见表3,一是技术工人,这要经历初级工、中级工(学校毕业后一般取中级证)、高级工、技师和高级技师;另一是工程类,经历技术员、助工、工程师和高级工程师。大部分是走前一种,而工程类的情况也是有可能,比如在特种设备厂当焊接工艺员或焊接责任人员,即可往这方向发展,而在私企上班的学生工程类职称评审可走非公有制职称评审,今后国家可能在职称评审上实行公有制和非公有制互认。这些一定对学生起很大的鼓舞作用,有了明确的奋斗目标,学习积极性就大大提高。但专业介绍不能天花乱坠,目标定位太高,造成学生走上工作岗位因失落太大而起反作用。

表 3 高职焊接专业学生发展系列及目标

Table 3 The development series and goals for welding major students

技术工人系列		工程系列	
高级工	技师 高级技师	技术员	助工 工程师 高级工程师
注:学生学校毕业时已取电焊工中级证书		注:不排除取得教授级高工的可能	

每次专业教育学生都会问同一问题,就是电焊弧光对人体的影响,他们担心一是影响视力二是影响生育。老师不能否认弧光对视力的影响,但告诉学生只要做好防护就可避免,并介绍如何做好防护工作。对生育的影响专业老师可把工作过单位的焊工生育情况为例给予否定,这方面介绍要具体、真实,可信服度才高。

## 2.4 建设双师结构专业教学团队

双师结构专业教学团队(以下简称双师教学团队)建设是提高教师教学能力、教学质量和促进教师专业发展的一种重要形式,归根到底是提高人才培养质

量。教育部[2006]16号文件《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中指出:“要增加专业教师中具有企业工作经历的教师比例,安排专业教师到企业顶岗实践,积累实际工作经历,提高实践教学能力。同时要大量聘请行业企业的专业人才和能工巧匠到学校担任兼职教师,逐步加大兼职教师的比例,逐步形成实践技能课程主要由具有相应高技能水平的兼职教师讲授的机制。”

教师通过与企业、行业人员的相互交流与合作<sup>③</sup>,为企业提供服务,如双师型焊接专业教师为特种设备企业编制焊接工艺评定、焊接工艺、为企业员工开展培训、解决企业有关焊接技术问题等,既能加强学校与企业的合作关系又有利于提高自身的实践能力。而学校要为企业兼职教师进行教学法培训等培训,从教育理论、教学方法、职业规范及相关要求入手,提高兼职教师的综合执教能力。

## 2.5 加强实训基地建设,工学交替培育人才

焊接专业实训基地建设是改善专业办学条件、提高教学质量的重点,也是衡量高职院校办学水平的重要标志之一。校内实训条件应满足学生掌握常用焊接方法所需的设备和工位,如焊条电弧焊、二氧化碳气体保护焊、氩弧焊、埋弧焊、电阻点焊,切割设备应有氧乙炔切割和空气等离子切割。考虑到焊接机器人已得到广泛应用,有条件的学校应配备一套焊接机器人。焊接实训基地既是满足焊接专业学生实训需要<sup>④</sup>,也是机械类各专业学生金工实习的基本条件,学校也可作为对外开展焊工技能鉴定的场所。

作为校内实训补充以及让学生所学技能更接近实际操作,学校选择本地区焊接设备制造企业、特种设备制造企业、机器人制造或应用企业建立校企合作关系,把实训实习基地建在企业,根据专业课进程,有计划让学生到企业参加实际生产。如某校与某校企合作企业共同承担焊接专业学生培养,在学生接受课堂教学一段后,安排学生一个月到企业实习,由企业兼职教师进行实践操作的授课,通过实战操作检验和加强课堂教学效果<sup>⑤</sup>。同时,学生可充分感受现场气氛,适应企业的工作和生活环境的要求。

## 2.6 顶岗实习与就业相结合

加强学生顶岗实习环节的教学工作非常重要,不

能将学生放养,最好将学生顶岗实习安排到合作企业或与他们未来的就业相结合。学生通过顶岗锻炼,把所学的专业理论知识应用到生产实际中,同时了解企业生产作业流程,感受企业文化和氛围,提高职业素养和综合职业能力,具备员工所应有的素质和修养,学生在企业教师的指导下,经过真实的生产训练,能真正做到从学校到岗位的零距离,不需要培训就能直接上岗,提升就业竞争力,实现实习与就业的结合,从而提高毕业生质量。而对企业来讲解决用工紧张的问题同时节省了培训成本<sup>[6-7]</sup>。

### 2.7 实行教学内容改革

现代制造业普遍采用二氧化碳气体保护焊、埋弧自动焊以及采用氩弧焊进行有色金属焊接,近年来机器人焊接技术也得到了迅速发展,因此在教学内容上不能单侧重于传统焊接方法上。学校有条件至少购买一套焊接机器人,让学生学习、实践,这样不仅适应市场的需求,扩大学生就业领域,还能提高学生焊接技术的兴趣。

在课程设计上,要引入企业真实产品,教会学生编制焊接工艺评定和产品焊接工艺,不仅让学生就业前掌握关键技能、知识,还通过课程设计了解国家和行业有关标准,提前让学生对就业行业有所了解。课程设计应用到的标准有 GB 150—2011《压力容器-制造、检验和验收》,NB/T 47014—2011《承压设备焊接工艺评评定》,NB/T 47015—2011《压力容器焊接工艺规程》和 TSGZ 6002—2010《特种设备焊接作业人员考核细则》等。

### 3 依托行业提高学生就业质量和促进专业建设

福建省人民政府关于加快发展现代职业教育的若干意见(闽政[2015]46号)中的主要任务第(三)条“促进职业教育与行业、产业、企业深度融合”,福建省特种设备制造企业大大小小的有几百家,包括压力容器、锅炉、起重设备和电梯制造与安装,这些企业都必须取得相应制造、安装、改造维修许可证,从而应配备焊接工艺员和焊接责任工程师。自本科实行通识教育后,焊接专业毕业生大大减少,而焊接工程师供不应求,为解决企业实际困难,福建省某协会举办了焊接

责任人员培训班,企业选送一名以上从事焊接工作的人员参加并通过“质控系统责任人员”培训考试才能从事“焊接责任工程师”工作,当时为企业办了一件大实事。<sup>[8]</sup>但这些人员相当部分上岗后制定焊接工艺评定和焊接工艺能力不够,还得借助外部力量,这不利于提高和保证企业产品的焊接质量。2013年10月福建省某协会举办“质控系统责任人员”培训考试,仅锅炉、压力容器、压力管道企业就有60家左右共计107人报名参加。可见高职院校若能与行业协会合作,焊接专业学生参加并通过“质控系统责任人员”培训考试,由协会推荐到各特种设备企业工作,不仅能充分发挥他们的专业特长,还提高了学生就业质量,大大促进了焊接专业建设。

### 4 结语

结合高职焊接专业的建设经验,从专业建设等方面进行分析,提出焊接专业建设实现“进口旺出口畅”的解决思路,主要以下几点:

(1)国家对焊接专业宣传应给予重视,而学校可利用春季招生,从中专和职校的焊接专业学生中招生,既满足学生继续深造的要求又为促进专业的可持续发展。

(2)学校应选派有工作经验的专业教师对学生进入入学专业教育,让学生看好专业前景,明确奋斗目标并及早做职业规划。

(3)学校应鼓励教师下企业锻炼,同时为企业员工进行培训并帮助企业解决技术问题;而企业的能工巧匠则走进学校加强实践教学,建设双师型教学团队。

(4)学校把实训实习基地建在合作企业,实践操作的授课由合作企业兼职教师承担,通过工学交替检验和加强课堂教学效果。

(5)建议与行业协会合作,焊接专业学生参加并通过“质控系统责任人员”培训考试,由协会推荐到各特种设备企业工作,提高学生就业质量,以促进焊接专业建设。

### 参考文献:

[1] 李桓. 抢抓机遇,迎接挑战:展望新时期我国焊接专业职业

- 教育的发展[J]. 电焊机,2014(8):3.
- [2] 史维琴. 基于特种设备制造标准的焊接专业人才培养探索和实践[J].电焊机,2013(8):91-93.
- [3] 侯勇,杨跃,章友谊,等.高职焊接专业实训基地建设的探索与实践[J].电焊机,2015(5):218-221.
- [4] 马天凤,任爱梅.以实训引领焊接检验课程的教学改革[J].河南机电高等专科学校学报,2015(6):78-81.
- [5] 冷冰.提高职业院校焊接专业教育质量的策略探析[J].焊接生产应用,2015(4):64-66.
- [6] 徐兆林.不妨换个角度思考实训基地建设 [J]. 科教导刊,2010(31):78-79.
- [7] 公永建.基于就业导向的高职焊接专业企业实训模式的研究与实践[J].河南机电高等专科学校学报,2015(3):83-85.
- [8] 钟在明.高职院校双师教学团队建设探究 [J]. 现代职业教育,2011(12):26-27.

(责任编辑:叶丽娜)

## On Welding Major Construction in the Modern Vocational Education System

HUANG Boda

(Department of Mechanical and Automation Engineering, Zhangzhou Institute of Technology, Zhangzhou, Fujian 363000)

**Abstract:** The construction of the welding major in a certain vocational college is taken as an example in this paper. Combining the analysis of the example with the modern vocational education concept, the paper aims at exploring the solutions to solve the problems in present construction of welding major. Besides the publicity for welding major, the vocational college should focus on building up teams for double-qualified teachers. The Spring Entrance Examination can be fully used to enroll students from technical secondary school and vocational school, which can satisfy the students' need of further study and promote the sustainable development of welding major. Aiming at activating welding major construction, the cooperation between colleges and enterprise can be emphasized, and the learning and working alteration can be performed to improve the teaching effect, and furtherly, the cooperation between colleges and industry association can promote the quality of students' employment.

**Key words:** welding major; vocational education; cooperation between colleges and industry; learning and working alteration

# 环境行为驱动机理的探讨

郭雅敏, 黄敏凤, 苏军露, 李房英

(福建农林大学 园林学院, 福建 福州 350002)

**摘要:**环境与行为之间的关系是相互作用相互促进的,行为的实施不仅受到自身主观的控制,还受到他人、情感以及外界环境的影响。研究通过对环境行为的概念以及国内外研究成果的梳理,总结了 4 类影响环境行为的因素,并从个体、管理、公众参与以及设计四个方面提出促进积极环境行为的相关策略,为构建可持续发展的景观环境提供了参考和借鉴。

**关键词:**环境行为;心理因素;情感因素;背景因素

**中图分类号:**F590 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2016)12-0106-04

随着经济的发展,人们对休闲的需求愈加强烈,不论是自然环境还是建成环境都遭受到不同程度的破坏,人们便开始反思个体行为对环境的影响,于是越来越多的学者聚焦环境和行为之间的关系。前英国首相丘吉尔这样说“人们塑造了环境,环境反过来塑造了人们”,环境和行为是互相作用、互相影响的。本文旨在探讨驱动环境行为的因素,为后续景观环境建设和改造提供指导原则。

## 1 环境行为的概念

环境行为这一概念从提出至今还没有一致公认的定义,不同领域对环境行为的称呼不尽相同。在国内外相关的研究中,环境行为的定义可以归为广义和狭义两大类,其中与环境行为相类似的研究术语主要有环境责任行为、环境行动、积极的环境行为、具有环境意义的行为等等<sup>[1-2]</sup>。

收稿日期:2016-10-18

作者简介:郭雅敏(1991-),女,回族,在读硕士生,主要从事风景园林规划设计与理论研究。

通讯作者:李房英(1971-),女,汉族,副教授,主要从事园林植物与园林规划研究。

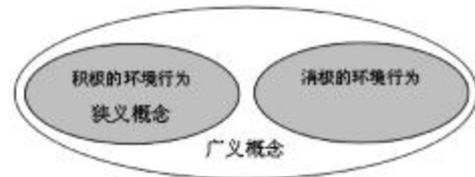


图 1 环境行为概念的狭义和广义区别

Figure1 the difference between concept of narrow and broad environment behavior

不少研究者提出涵盖范围较广的环境行为,国内学者王芳于 2006 年提出,环境行为主要是作用于环境并对环境造成影响的人类行为以及各社会行为主体之间的互动行为<sup>[3]</sup>;随后陈奉伟提出类似的解释,他指出广义的环境行为是指“能够影响生态环境品质或者环境的行为”<sup>[4]</sup>。广义的环境行为可以是积极的、有利于生态环境的行为,也可以是消极的,不利于生态环境的行为,也就是说它既包括游憩者对景区设施的维护行为,也包括在景区大声喧哗、破坏景区设施等负面行为。

环境行为旨在研究环境与行为之间相互作用的关系,这其间的作用必定包含了正向和负向的作用,但是也有一些研究者基于各自不同的理论视角和学科背景,使用不同的术语来表述对环境具有积极正面意义的行为。其中,“负责任的环境行为”被 Hines 和

Hungerford 等学者定义为“一种基于个人责任感和价值观的有意识行为,目的在于能够避免或者解决环境问题”<sup>[1]</sup>。Stern 从影响和意向两个维度出发,其中影响导向强调行为的实施对环境产生的影响,意向导向则强调行为者是否具有环保的动机即使“具有环境意义的行为”<sup>[2]</sup>。孙岩根据中国的情况对 Hines 等人的环境行为界定进行了修正,并指出环境行为是指个体实施的对环境具有正面影响和意义的行为<sup>[3]</sup>。这些研究者对于环境行为的界定仅仅是针对环境保护方面有积极作用的行为。

## 2 环境行为的影响因素

因为驱动环境行为的因素在政策的制定和管理效果的评估中起到承上启下的作用,所以对环境行为影响因素的探讨意义重大。在已有的研究中,学者们通过大量的探索性研究和实例研究对不同情境下影响个体实施环境行为的因素进行不同角度的探讨,并取得了颇为丰硕的成果。从国内外的研究现状来看,环境行为影响因素的研究主要从人口统计特征层面、社会心理层面、情感层面和背景层面进行考究。

### 2.1 人口统计特征

人口统计特征包含了性别、年龄、教育背景和收入水平等,这些经济社会基础背景对社会群体中个体的行为会产生一定的影响。正如国外学者 Stats 等人的研究所述,不同社会经济背景的个体在环保意识和环境责任行为意愿上的差异<sup>[4]</sup>。而国内学者孙岩、罗艳菊等人从性别角度做了相关的研究,发现实施环境友好行为比例女性高于男性<sup>[4-7]</sup>。在教育背景方面,国内学者朱宇巍则以海岛旅游者为研究对象,构建了海岛旅游者的环境行为模型,发现环境教育对海岛旅游者环境行为意图和环境行为影响最强<sup>[8]</sup>。

从国内外学者的研究中不难发现,对人口统计特征这一因素的研究多为探索性研究,其对环境行为影响结论尚有争议,尤其在性别和年龄这两个维度,甚至出现不同的研究者得出了截然不同的研究结果。究其原因主要有两个方面,其一是由于研究行为的情境不同、研究对象的社会文化背景具有差异性,从而导致不同的研究结果存在较大的差别;其二是在环境行为的概念化操作过程中,调查问卷问项的一般化和笼统性也可能引起研究结果的差异。前者是客观的因

素,不同的情境必然会导致不同的结果,是不能通过研究方法和技术手段进行改善的,但是环境行为的概念化操作过程是可控的,这使环境行为的研究问卷成为研究进行的关键。

### 2.2 社会心理因素

影响环境行为的另一大要素是社会心理因素,包括了行为态度、道德规范、一般世界观和价值观等方面的研究和论证。其中道德规范主要从社会群体的规范制度和个人的内在道德素质两个方面影响个体行为,而消极的环境行为更是受到两个方面的道德规范的制约。Bamberg 等研究者从社会心理因素角度对驱动个人环境行为的关键因素进行了探讨,研究结果证实了行为态度、道德规范、一般世界观和价值观等方面社会心理变量对环境行为的实施具有一定的影响,发现了预测个体实施环境行为意愿最稳健的直接因素包括了行为态度<sup>[9]</sup>。

一般认为,如果个体对某一行为持有积极的态度,那么个体就越倾向于实施这一行为,所以行为态度对个体实施环境行为意愿具有积极的影响。不仅如此,环境知识和接受环境教育的程度均能对个体环境行为的实施起到促进的作用。因此,不少学者从行为态度、环境知识和环境教育三大方面入手研究环境行为的驱动机理,均得出环境行为和行为态度等因素之间存在显著的相关性,甚至发现环境行为和行为态度的部分因素间还存在回归关系<sup>[10]</sup>。

### 2.3 情感因素

情感因素虽然是一种非理性的影响因素,但是它在个体决策实施环境行为时仍起到重要的作用。当前在情感因素方面的研究主要从两个方面出发,一是个人的情绪、情感状态会对环境行为的实施产生影响。简单来说,对于同一件事情,同一个人在不同的情绪状态下其态度和行为都会有差异,因此情绪和情感的状态应当被列入驱动个体行为的研究之中。例如 Ferguson 等人从情感的视角出发对环境行为的影响因素进行了考究和验证,结果表明个人一般性情感、情绪因素对个体环境行为意愿具有一定的影响<sup>[11]</sup>。

另一方面,个体与特定事物之间的情感连带对特定的环境行为意愿会产生影响,近年来不少学者都聚焦于人、地关系这一影响因素,将地方依恋这一情感性概念纳入环境行为驱动因素的考虑中。地方依恋主要包括了地方认同、地方依赖和地方情感这三个维

度,但是由于地方认同包括了认知和情感的属性,因此已开展的研究中大都从地方认同和地方依赖两方面开展,国内学者周玲强等、赵宗金等学者均对地方依恋和环境行为的关系进行了研究,发现地方依恋对环境行为具有积极的影响<sup>[12-13]</sup>。邱宏亮等人通过构建地方依恋、游客满意度与游客环境责任行为关系的模型研究,发现游客满意度在地方依恋和环境负责任行为关系中起到中介关系<sup>[14]</sup>。

## 2.4 背景因素

在环境行为的众多研究中,除了人口统计特征、社会心理因素和情感因素之外,还有一部分研究是对环境行为的背景因素做了探讨。环境行为的背景因素是环境行为决策过程必须要考虑的因素之一,它包括了那些能间接或直接影响环境行为的背景和情境因素,例如垃圾回收设施的设置、具有导向性的情景布置、便利的交通设施、环保产品的市场供应等。Steg和Vlek在其研究中不仅指出应该加强对情感、习惯等因素的探讨,还指出许多背景性因素对促进或阻碍环境行为的实施也起到重要的作用,他们总结了背景因素直接或间接影响行为不同的途径,更加全面地解释个体环境责任行为驱动的内在机制<sup>[15]</sup>。

人口统计特征、社会心理因素和情感这些因素已经获得大多数人的认可,背景情境因素则常常被研究者忽略,以至于很少的研究可以将背景限制性因素融入已有的环境行为研究的理论框架中去。从情境背景因素角度出发,环境行为可以被看成是一种理性评估下的决策,因此研究环境行为的背景因素可以为促进积极的环境行为的实施提供政策上的参考。

## 3 促进积极环境行为的策略

纵观国内外文献可知,个体实施环境行为主要从受到人口统计特征、社会心理因素、情感因素和背景因素这四个方面的影响,这些影响因素又可以从个人特质、社会影响、情感驱动和理性评估决策等不同视角来解释环境行为的实施,由此可推导促进积极环境行为的策略。

### 3.1 提高教育水平,加强环境教育

从个人特质的角度出发,不难发现教育在行为实施过程的重要性。性别、年龄、教育水平背景和收入水平等人口特征是个人的主要构成部分,除此之

外,社会心理因素中所包含的环境世界观、价值观也属于个人特质的视角。一般认为,高学历的人群对实施积极的环境行为意愿较强,因此,促进积极的环境行为首先应该要从教育入手,提高教育水平,加强环境的教育,帮助人们个人综合素质的提高和积极的环境世界观和价值观的培养,增强个人的行为意愿,进而在根本上促进环境行为的实施。

### 3.2 完善管理制度,加强管理水平

从社会影响这一视角出发,个人规范和社会规范对环境行为起约束或促进的关键作用,环境中设置相关标语以及建立一套相关的规章制度能对个体的行为起到一定的约束作用。因此,完善管理制度,加大正确价值观念的宣传,帮助个体树立正向的环境意识,从而减少环境中消极行为的发生;加强管理的水平,对性质恶劣的行为可以利用一些措施进行告诫,以避免因为类似行为频繁发生而造成环境破坏和体验水平的降低。

### 3.3 建立公众参与制度,建设场所精神

非理性的情感因素也是驱动环境行为不可或缺的因素,已有的研究表明,情感这一驱动因素表明了提高“人、地”之间的情感连接和游人的体验情绪对积极环境行为的促进是有意义的。而公众参与制度可以提高个体的积极性,从而增强公共环境中个体的主人翁精神,有助于感知社会或者群体的规范,由此可以制约更多消极的环境行为,刺激积极环境行为的实施,以达到改善环境的目的。从体验情绪方面,只有环境的建设满足了游人的体验需求,才能激发积极的体验情绪;从“人、地”情感连接方面,场地的特色和该地的文化景观均能加强个体对地方的依恋。因此,设计者可以通过特色文化氛围的营造和场所精神的建设,来激发地方和个人的情感共鸣,丰富体验者的情绪,以推动积极环境的实施。

### 3.4 建设设施完备的游憩环境,创造高质量的景观

理性评估决策是从管理者和设计者的角度出发,建设设施完备的游憩环境,创造高质量的景观是推动积极环境行为的必要手段。完备的设施、合理的设计布局可以引导人们的正面的行为,这就是环境对人的行为作用过程,只有在良好的情境背景下游憩者的行为才会趋向好的方向发展。因此,管理者和设计者应该要从环境本身出发,提高景观环境的自身质量,创造舒适的游憩环境,以引导正向的环境行为,促使更

多的积极环境行为自觉实施。

#### 4 总结

环境与行为的关系是相互作用相互促进的。驱动环境行为可以总结为两个维度,一是行为的主体即人本身,提高个人素质,树立正确的世界观和价值观,培养积极的环境态度,增强环境意识,从个人规范约束消极的行为;再者是环境及其建设过程的大背景,环境作为行为的作用对象,是行为的背景,良好的环境可以引导人们的行为趋向积极的方向发展。

对环境行为影响因素的探讨其实也是对环境行为关系的探究,现有的研究中,学者们普遍关注人口统计变量、环境态度、道德规范等因素对环境行为意愿的影响,同时验证了旅游体验、环境知识、环境态度、地方依恋等因素与环境行为意愿相关。虽然研究众多,但仍然存在不足之处,在公园游憩方面的环境行为研究尚缺乏理论框架的整合,目前较少的研究者能够基于一般性行为理论的框架对影响景观环境行为的因素进行系统化的理论探讨。

#### 参考文献:

- [1] Hines J M, Hungerford, H R, Tomera A N. Analysis and synthesis of research on environmental behavior [J]. *A meta-analysis. Journal of Environment Education*, 1986,87(18):1-8.
- [2] Stern P C. Toward a coherent theory of environmentally significant behavior[J]. *Journal of Social Issues*, 2000,56(3):407-424.
- [3] 王芳.行动者公共空间与城市环境问题[D].上海:上海大学, 2006.
- [4] 陈奉伟.森林公园旅游者环境态度与行为研究:以阳明山国

- 家森林公园为例[D].湖南:中南林业科技大学, 2009.
- [5] 孙岩.居民环境行为及其影响因素研究[D].大连:大连理工大学,2006.
- [6] Staats H, Harland P, Wilke H A. Effecting durable change a team approach to improve environmental behavior in the household[J]. *Environment and Behavior*,2004,36(3):341-367.
- [7] 罗艳菊,张冬,黄宇.城市居民环境友好行为意向形成的性别差异. *经济地理*,2012 (9),9-14.
- [8] 朱宇巍.海岛旅游者的环境行为教育研究[D].大连:辽宁师范大学,2013.
- [9] Bamberg S, Moser G. Twenty years after Hines, Hungerford, and Tomera: a new meta-analysis of psycho-social determinants of pro-environmental behavior [J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2007, 27: 14-25.
- [10] 邵立娟.旅游者环境态度与环境行为关系研究[D].大连:大连理工大学,2014.
- [11] Ferguson M A, Branscombe N R. Collective guilt mediates the effect of beliefs about global warming on willingness to engage in mitigation behavior [J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2010, 30(2):135-142.
- [12] 周玲强,李秋成,朱琳.行为效能、人地情感与旅游者环境负责任行为意愿:一个基于计划行为理论的改进模型[J]. *浙江大学学报(人文社会科学版)*,2014(2):88-98.
- [13] 赵宗金,董丽丽,王小芳.地方依附感与环境行为的关系研究:基于沙滩旅游人群的调查[J]. *社会学评论*,2013(3):76-85.
- [14] 邱宏亮,李镇华,翁栋.地方依恋、游客满意与游客环境责任行为[J]. *浙江旅游职业学院学报*,2014(2):36-42.
- [15] Steg L., & Vlek C. Encouraging pro-environmental behavior: An integrative review and research agenda. *Journal of Environmental Psychology*, 2009,29:309-317.

(责任编辑:夏婷婷)

## Discussion on the Mechanism of the Environmental Behavior

GUO Yamin, HUANG Minfeng, SU Junlu, LI Fangying

(School of Landscape Architecture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002)

**Abstract:** The relationship between the environment and behavior is interacting and mutual promoting. Behavior not only controlled by one's own subjective, but also controlled by other persons, feelings and the impacts of the external environment. The study through the concept of environmental behavior, combined with domestic and foreign research results, summed up the four kinds of factors that affect environmental behavior. Then, presents relevant strategies to promote positive environmental behavior from the different aspects as individual, management, public participation and design, so as to provide a reference for building a sustainable landscape environment.

**Key words:** environmental behavior; psychological factors; emotional factors; background factors

# JOURNAL OF WUYI UNIVERSITY

No.12 Vol.35, Dec., 2016

- Fabrication and Characterization of Bamboo Carbon/TiO<sub>2</sub> Composites Photocatalyst  
..... LIU Junshao, LIN Meiyuan, GUO Haizhen, CHEN Peizhen, SU Liman (1)
- Study on Metal Ions Adsorptive Behaviors of Poly(Acrylic Acid-co-acrylamide) Superabsorbent Resin  
..... LIN Hai(6)
- Research on Hierachically Porous Bamboo Derived Carbon/MnO<sub>2</sub> Composite  
..... FU Xingping, CHEN Peizhen(11)
- The Preparation and Properties of Chitosan-kaolin-acrylic Acid-acrylamide Quaternary Copolymerization Resin  
..... WANG Zhenzhen, LIU Shuqiong, SU Yanfei, WU Fangdi (16)
- Effects of Baking on Biochemical Components and Quality correlation of Wuyi Rock Tea  
..... LI Shaohua, CHEN Rongbing, WANG Feiquan, HU Chunrong, LIU Anxing(22)
- The Preparation of Banana Yoghurt  
..... ZHAO Taixia, LI Guoping, FU Xinzheng, WANG Shupe, WANG Xincen(26)
- A Study on the Biological Characteristics of *Skimmia reevesiana* Fort  
..... ZHENG Tianhan, WU Yuanbing, RUAN ShuMing, LAN Siren(31)
- Effects of Heavy Metal Pollution on Soil Microbial Activities in the Vicinity of Smeltery ..... WANG Han(35)
- The Development of the Standard Monetary Gain Statement of the *Pinus taiwanensis* Forest ..... XU Muzheng(39)
- Ten-year Economic Analysis on Bamboo Industry in North Fujian  
..... LIAO Qianqi, ZHU Fangxue, SHEN Yijie(45)
- Blasting Demolition of the 79m High Thick Wall Brick Chimney under Complex Environment  
..... WANG Jinhua, YANG Xiancai(49)
- MPLS VPN Technology Normalization Research Deployed in Campus Network  
..... XIAO Yongqin, WANG Yi, CHEN Song(53)
- Application Study on S-transform to Seismic Signal Filtration ..... XU Tao(59)
- Approximation Properties of a Kind of Stancu Type Operators ..... REN Meiyong(63)
- Fixed Assets Depreciation New Modeling Approach of Definite Integral  
——In the Middle of the Fixed Number of Year Accelerated Depreciation Provision ..... ZHENG Zhiyong(66)
- A Study on Different Income Level of Urban Households' Consumption Structure  
——Base on ELES Model ..... ZHAO Jiayang, QIU Yonghang, LIN Yurui(71)
- College Students Tennis Beginners Is Easy to Make Mistakes Action Research  
——Forehand as an example ..... CHEN Longqiang(77)
- Research on the Practice Teaching Reform of Forest Resources in Agricultural and Forestry Universities  
..... LAI Riwen, XIE Xueli, SU YanQin, YING Xingliang, LUO Wenwei, ZHENG Dexiang(81)
- Application of Teaching Paradigm in "Field and Wave Electromagnetic" Curriculum  
..... LIU Qi, XIA Tingting, YU Liang(85)
- Opportunities and Challenges of the Newly-built University Under the Background of MOOCs  
..... WANG Xuebin, ZHANG Meijun(88)
- Exploration on the Teaching Reform for the University Computer of Applied Undergraduate in MOOC  
Environment ..... LIU Ruijun(92)
- A Study on the Innovation Education for Engineering College Students in Local Newly Established  
Undergraduate Universities  
——A Case Study of Wuyi University ..... QIU Changdong (96)
- On Welding Major Construction in the Modern Vocational Education System ..... HUANG Boda(101)
- Discussion on the Mechanism of the Environmental Behavior  
..... GUO Yamin, HUANG Minfeng, SU Junlu, LI Fangying(106)