

# 目次

长链季铵盐插层的蒙脱石对乙草胺降解产物的吸附作用  
…… 李 灵, 张 玉, 蔡艺婷, 谢淑芳, 邱炎坤, 林慧敏 (1)

Plackett-Burman 联合 Box-Behnken 试验优化柑橘皮渣吸水  
树脂的制备工艺  
…… 王淑培, 张 静, 游莉榕, 吴玉琼, 赵泰霞, 傅新征 (6)

武夷山猴欢喜种源分析与良种选育 …………… 洪丽英 (13)

不同连栽代数杉木人工林土壤真菌群落结构及多样性分析  
…………… 严绍裕, 傅成杰, 余燕华, 钱叶会 (19)

林改配套政策参与度及满意度对农户林业生产行为的影响  
…………… 黄巧萍, 刘芳芳, 卢素兰, 刘伟平 (25)

福建省空气质量指数特征分析  
…………… 叶景山, 周富杰, 黎哲镇, 温永仙 (31)

一类复值  $l_1$  范数最小化问题的复值投影神经网络算法  
…………… 张宋传, 陆求赐 (39)

采用行程跟踪的二值图像去毛刺算法  
…………… 钟伦超, 何 川 (44)

泉州制造业产业结构优化的实证分析  
…………… 杨 敏 (49)

农业上市公司治理结构、信息透明度与公司绩效关联性  
分析 …………… 魏 针, 彭 华 (55)

一种折叠式农用无人机设计与实现  
…… 杨信锴, 张 倩, 李慧蓉, 周钰源, 许家钦 (62)

# 武夷学院学报



国际标准连续出版物号: ISSN 1674-2109

国内统一连续出版物号: CN 35-1293/G4

第 39 卷 总第 188 期

2020 年 第 6 期(月刊)

## 编辑委员会

顾 问: 付贤智 黄汉升 兰思仁  
杨江帆 李宝银

主 任: 吴承祯

副 主 任: 郑细鸣

编 委: (以姓氏笔画为序)

卢道明 刘卫群 任宇红  
许亦善 李宝银 李远华  
吴承祯 陈 锋 沈慧芳  
杨 昇 张品端 张志雄  
张乔根 张国林 郑细鸣  
姜景莲 姚进生 赵升云  
郭翠莲 梁丽萍 雷能忠  
廖 斌

## 编辑部

主 编: 吴承祯

副 主 编: 郑细鸣 沈慧芳 陈 果

责任编辑: 叶丽娜 冯起国 白 琳  
聂传朋 白 晔 张文静

英文审译: 魏景春

JOURNAL OF WUYI UNIVERSITY



采用 STC15W404AS 单片机的手机蓝牙台灯装置设计  
 ..... 袁 炜, 孙会琴, 张乃昌, 张 磊 (67)

冷却速率对高层建筑结构钢板 Q420GJC 金相组织的影响  
 ..... 高志国, 陈丽军, 高 军, 陈 兴 (72)

正交试验法在水泥固化剂稳定土配合比设计中的应用  
 ..... 乐旭东, 陈松良, 张仁巍 (76)

价值共创的体育赞助营销管理分析  
 ..... 彭 静, 卢长宝 (82)

大数据背景下《实变函数论》的困境与优化  
 ..... 占青义, 谢向东 (87)

优慕课在线教育综合平台的混合式教学研究与实践  
 ..... 瞿 霞 (91)

《房屋建筑构造》课程信息化建设实践  
 ..... 黄晓奎, 柯焯珍, 何福云, 黎文娥 (95)

对“读思达”教学法的思考和实践 ..... 张荣丽 (98)

风景园林研究生核心竞争力的培养模式探索  
 ——以福建农林大学的双创教育为例  
 ..... 许晓玲, 黄启堂, 李房英, 任维, 阙晨曦 (102)

IEET 认证的应用型人才综合评价体系  
 ..... 周 琴, 单 翠 (107)

# 长链季铵盐插层的蒙脱石对乙草胺降解产物的吸附作用

李 灵<sup>1</sup>, 张 玉<sup>2</sup>, 蔡艺婷<sup>1</sup>, 谢淑芳<sup>1</sup>, 邱炎坤<sup>1</sup>, 林慧敏<sup>1</sup>

(1. 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;

2. 武夷学院 土木工程与建筑学院, 福建 武夷山 354300)

**摘 要:** 环境中残留的乙草胺能被转化成毒性更强的乙基磺酸类降解产物,对钠基蒙脱石(Na-MMt)以十八烷基三甲基氯化铵(OTAC)为插层剂合成有机蒙脱石吸附剂,通过傅里叶红外光谱、扫描电子显微镜和热重分析进行了结构表征。结果表明:当 OTAC 的用量是 Na-MMt 的 35%(记为 OMMt35)时,有机蒙脱石对乙草胺 ESA 的吸附率达到最大,为 89.8%,是 Na-MMt 的 12.3 倍;OTAC 有机插层后使蒙脱石由亲水性向疏水性转变;随着 pH 值减小,吸附率增大,重金属离子和腐殖酸与乙草胺 ESA 发生竞争吸附。

**关键词:** 十八烷基三甲基氯化铵;有机蒙脱石;乙草胺 ESA;吸附作用

**中图分类号:** X522 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-2109(2020)06-0001-05

随着土壤、地表水和地下水中降解产物的大量检出<sup>[1-3]</sup>,且部分降解产物的生物毒性及在环境中的浓度甚至超过其母体<sup>[4-5]</sup>。乙草胺是目前世界上使用最广泛的酰胺类除草剂种类之一,也是目前我国使用量最大的除草剂之一<sup>[6]</sup>。乙草胺在施用过程中通过不同途径(如喷洒、降雨、地表径流、吸附等)进入到土壤,水体和大气中,且能被转化成毒性更强的乙基磺酸(ethane sulfonic acids,ESA)类降解产物<sup>[7-8]</sup>。研究发现,乙草胺 ESA 对水生动物和两栖类有较强的急性和发育毒性<sup>[9]</sup>,加之乙草胺 ESA 的广泛存在,其对生态环境的影响受到了广泛的关注<sup>[10]</sup>,因此减少环境中的乙草胺 ESA 残留,消除其对生态环境的危害是亟待解决的问题。

蒙脱石是自然界广泛存在的一种粘土矿物,具有资源丰富、价格低廉且吸附性能良好等优点<sup>[11]</sup>,使蒙脱石在环境污染治理领域具有广阔的应用前景。由于同晶置换作用使蒙脱石表面带有大量的负电荷,这部分

负电通常由层间阳离子来补偿,因此,采用阳离子交换法将表面活性剂插层至蒙脱石层间,使其从亲水性变成亲油性,提高其对环境有机污染物的吸附能力<sup>[12]</sup>。吴选军等用十六烷基三甲基溴化铵(CTAB)对钠基蒙脱石进行有机改性,增大了对油污的吸附性能<sup>[13]</sup>。Sanchez 等发现十八烷基三甲基溴化铵改性的粘土矿物对利谷隆、草不绿、阿特拉津等除草剂的吸附能力大大提高<sup>[14]</sup>。本研究用十八烷基三甲基氯化铵(OTAC)为插层剂对钠基蒙脱石(Na-MMt)改性,制备有机蒙脱石,探讨其对乙草胺 ESA 的吸附性能,同时考察插层剂用量、pH 值、重金属离子和腐植酸对有机蒙脱石吸附乙草胺 ESA 的影响,旨在为利用有机改性蒙脱石降低环境中乙草胺 ESA 的危害提供理论基础。

## 1 研究方法

### 1.1 实验材料

乙草胺 ESA(标准品,上海阿拉丁生化科技股份有限公司);钠基蒙脱石[d(001)层间距为 1.25 nm](Na-MMt)购自河北灵寿县锦铂矿产品加工厂;乙腈为色谱纯试剂;十八烷基三甲基氯化铵为分析纯。

收稿日期:2020-02-13

基金项目:福建省自然科学基金(2017J01650);国家级大学生创新训练计划项目(201610397008)。

作者简介:李灵(1973-),女,汉族,副教授,主要从事水体与土壤污染治理及生态修复的研究。

## 1.2 改性蒙脱石的制备

用 OTAC 为插层剂对 Na-MMt 进行改性,制备有机改性蒙脱石<sup>[1]</sup>:称取 10.00 g 的 Na-MMt 与 0.50 g 三聚磷酸钠,加入去离子水,混合搅拌 10 min 后配成 100 mL 蒙脱石悬浮液;将一定量的 OTAC 加入到蒙脱石悬浮液中,搅拌均匀,60 ℃水浴中反应 4 h,离心,得到改性的有机蒙脱石,80 ℃干燥,研磨过 200 目筛。依据 OTAC/Na-MMt 质量百分数,样品分别标记为 OMMt-5、OMMt-10、OMMt-15、OMMt-20、OMMt-25、OMMt-30、OMMt-35、OMMt-40。

## 1.3 结构表征

红外光谱分析用美国赛默飞世尔公司的 AVATAR 330 型红外光谱仪,在 4 000~400  $\text{cm}^{-1}$  范围内扫描,扫描次数为 32 次。采用 VEGA3 SBH 型 SEM (VEGA3 SBH, Czech Republic) 对不同蒙脱石进行表面形貌分析,测试前样品经喷金处理。用美国 TA 的同步热分析仪 SDTQ 600 进行热重分析,升温速度每分钟 10 ℃,最高温度 1 000 ℃。

## 1.4 吸附容量的计算

称取一定量的 Na-MMt 和有机改性蒙脱石(水土比=1:5)分别加入到 20 mL 5 mg/L 的乙草胺 ESA 溶液中,振荡 24 h、离心(转速 3 500 r/min,时间 10 min)、过滤膜后,用美国安捷伦公司的 1260 型高效液相色谱仪测试乙草胺 ESA 浓度。吸附容量和吸附率的计算公式如下:

$$q_e = \frac{V(C_0 - C_e)}{m} \quad (1)$$

$$\eta = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中, $q_e$  为平衡时蒙脱石对乙草胺 ESA 的吸附容量(mg/g), $V$  为溶液体积(L), $C_0$  为初始时刻溶液中的浓度(mg/L), $C_e$  为平衡时刻的浓度(mg/L), $m$  为吸附剂的质量(g), $\eta$  为吸附率。

(1)溶液 pH 值对有机蒙脱石吸附乙草胺 ESA 的影响:用盐酸和 NaOH 溶液分别调节 5 mg/L 的乙草胺 ESA 溶液的 pH 至 4.0、7.0 和 10.0;(2)重金属离子的影响:分别向 5 mg/L 的乙草胺 ESA 溶液中加入一定质量的二水氯化铜,六水氯化铁或氯化铅,分别使  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$  的浓度为 0、0.5、1、2 mmol/L;(3)腐殖酸的影响:分别向 5 mg/L 的乙草胺 ESA 溶液中加入一

定质量的腐殖酸,使腐殖酸的浓度分别为 0、0.2%、0.3%、0.4%。将改性蒙脱石(水土比 1:5)加入离心管中,振荡、离心、过滤,测定乙草胺 ESA 浓度。

## 2 结果与分析

### 2.1 FTIR 分析

图 1 为 OTAC 插层剂不同用量改性的蒙脱石和原蒙脱石(Na-MMt)的红外图谱。从图 1 可以看出,改性前后的蒙脱石样品在 3 600~3 700  $\text{cm}^{-1}$  之间均有吸收峰,这是由羟基—OH 的伸缩振动所引起的振动峰,表明了 Na-MMt 层间有吸附水,但是经过 OTAC 插层处理后,振动峰有所减弱,说明 Na-MMt 层间吸附水已被脱去一部分。同时,在 1 600  $\text{cm}^{-1}$  附近的羟基—OH 的振动吸收峰,经过插层处理之后,改性蒙脱石的晶格结晶水有所减弱,说明蒙脱石的层间由亲水性转变为疏水性。在 2 750~3 000  $\text{cm}^{-1}$  里,改性蒙脱石性出现了烷基链— $(\text{CH}_2)_n$ —特征峰<sup>[12]</sup>,表明十八烷基三甲基氯化铵的烷基长链已成功插入蒙脱石的层间。

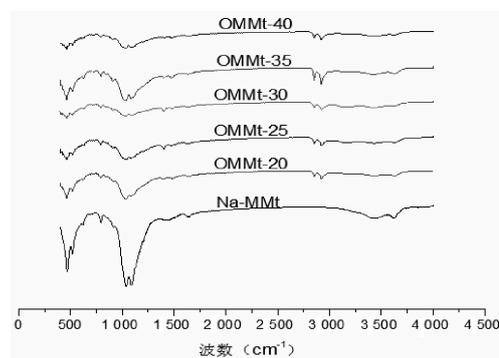


图 1 蒙脱石的 FTIR 图

Fig.1 FTIR spectra of montmorillonite

### 2.2 季铵盐投加量对改性蒙脱石吸附乙草胺 ESA 的影响

不同蒙脱石对乙草胺 ESA 的吸附率见图 2。改性蒙脱石对乙草胺 ESA 的吸附率随插层剂用量的增加而增大,在插层剂用量与蒙脱石质量比为 35%时(记为 OMMt-35),吸附率达最大,为 89.8%,继续增加插层剂用量,改性蒙脱石对乙草胺 ESA 的吸附率呈现减小的趋势,可能与蒙脱石层片间能够容纳的季铵盐达到饱和之后的脱附吸附作用等有关。OMMt-35 对乙草胺 ESA 的吸附率是原蒙脱石(7.3%)的 12.3 倍。后续选用吸附率最大的 OMMt-35 进行吸附性能的研究。

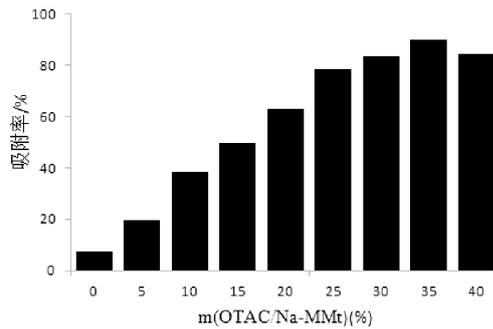


图 2 不同蒙脱石对乙草胺 ESA 的吸附

Fig.2 Removal efficiency of different montmorillonite on acetochlor ESA

### 2.3 SEM 分析

Na-MMt 和 OMMt-35 的 SEM 图见图 3。从图 3 可以看出,Na-MMt 的结构为较大的颗粒,内部结构紧密,表面有剥离出来的大小不同的片层结构,片体较厚,边缘不规则(图 3a)。经过季铵盐插层后的 OMMt-35 的表面剥离出的片层结构变得较薄,边缘也更为尖锐(图 3b)。可能是因为蒙脱石吸水性较强,团聚现象明显,而有机化处理得到蒙脱石为疏水性状态,结构较为蓬松。

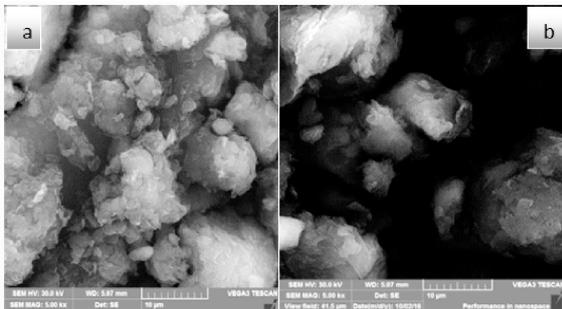


图 3 SEM 图(a- Na-MMt, b- OMMt-35)

Fig.3 SEM image of Na-MMt and OMMt-35

### 2.4 TGA 分析

对 Na-MMt 和 OMMt-35 进行 TGA 分析(图 4 和图 5)。在 100 °C,Na-MMt 的失重率分别为 11%,可能是 Na-MMt 失去表面吸附的自由水引起的,而 OMMt-35 的失重率远小于 Na-MMt 的,仅为 5%,且 0~100 °C 范围内 OMMt-35 的吸热峰明显弱于 Na-MMt 的,这表明 OTAC 已置换出 Na-MMt 吸附的自由水和层间水,增强了 OMMt-35 的疏水性。在 200 °C 之后,Na-MMt 失重率为 18%,而 OMMt-35 的失重率明显大于 Na-MMt 的,为 33%,且 OMMt-35 在 300~400 °C 之间的吸热峰,是升温过程中 OMMt-35 层间的有机物发生分解所致<sup>[12]</sup>。

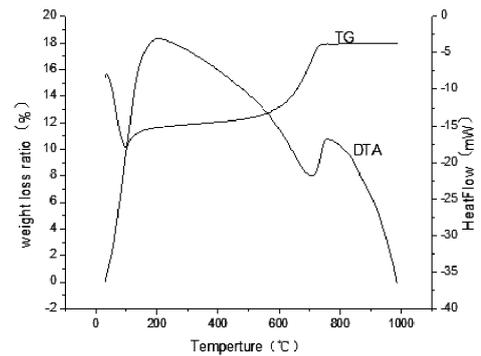


图 4 Na-MMt 的 DTA 和 TG 曲线

Fig.4 DTA and TG curves of Na-MMt

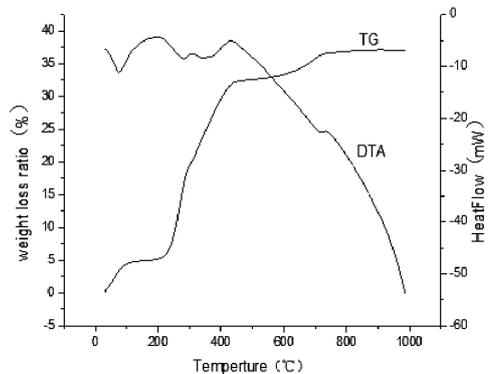


图 5 OMMt-35 的 DTA 和 TG 曲线

Fig.5 DTA and TG curves of OMMt-35

## 2.5 影响有机蒙脱石吸附乙草胺 ESA 的环境因素

### 2.5.1 溶液的 pH 值

pH 值是影响粘土矿物吸附有机污染物的一个主要因素。本研究分别在 pH=4.0、7.0 和 10.0 的条件下测试了 OMMt-35 吸附乙草胺 ESA 的吸附容量(图 6)。随着 pH 值的增大,乙草胺 ESA 在 OMMt-35 上的吸附量表现递减的趋势,酸性条件下 OMMt-35 对乙草胺 ESA 吸附性能优于中性条件,碱性条件下的吸附容量最低。这主要是由于 pH 值较低时,OMMt-35 表面发生质子化反应,吸附的 H<sup>+</sup>较多,OMMt-35 容易与乙草胺 ESA 的羰基氧发生作用,使吸附量上升<sup>[15]</sup>;随着溶液 pH 值的增大,溶液中 OH<sup>-</sup>的浓度增大,OMMt-35 表面的 H<sup>+</sup>减少,OH<sup>-</sup>增加,即 OMMt-35 表面带负电荷,使 OMMt-35 与乙草胺 ESA 分子中羰基氧的孤对电子发生排斥,导致吸附容量下降。有研究表明五氯酚在十六烷基三甲基溴化铵改性蒙脱石上的吸附量随着溶液 pH 值上升而下降<sup>[16]</sup>。

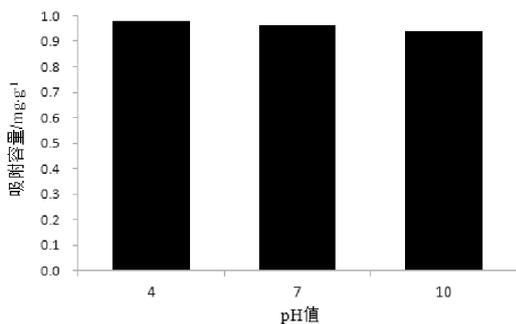


图6 溶液 pH 的影响

Fig.6 Effect of solution pH

### 2.5.2 腐植酸

腐植酸是自然水体中广泛存的有机污染物,水环境中的腐植酸主要以阴离子的形式存在,表现为一种带负电荷的有机胶体<sup>[17]</sup>,且其结构中含有的酚羟基、羧基、酮基等活性基团,常常会对吸附产生一定影响<sup>[18]</sup>。本研究考察了在不同腐植酸添加量的条件下,OMMt-35对乙草胺 ESA 的吸附的影响(图 7)。随着腐植酸投加量的增加,吸附量减小,可能是 OMMt-35 对腐植酸有吸附作用,腐植酸与乙草胺 ESA 发生了竞争吸附的结果。但腐植酸同时又是一种吸附剂,对有机物污染物具有表面吸附作用,因此腐植酸的加入可以使污染物的吸附率上升<sup>[19]</sup>。有研究发现,腐植酸浓度为 0.1%时,蒙脱石对乙草胺 ESA 的吸附率略有提高,为 2.47%<sup>[15]</sup>。这可能与不同研究者选取的实验条件如腐植酸的添加量、吸附质的浓度、溶液的 pH、吸附的时间与温度等有关,因此腐植酸的加入对吸附的影响需要进一步深入的研究。

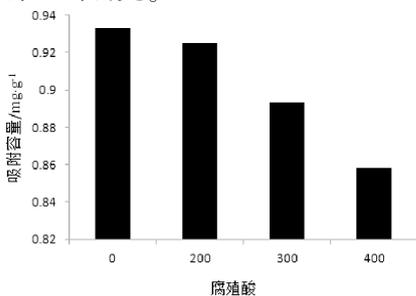


图7 腐植酸的影响

Fig.7 Effect of humic acid

### 2.5.3 重金属离子

自然水体中通常存在一些重金属离子(如 Cu<sup>2+</sup>、Fe<sup>3+</sup>、Pb<sup>2+</sup>等)与有机污染物发生竞争吸附,本研究探讨了不同浓度的 Cu<sup>2+</sup>、Fe<sup>3+</sup>、Pb<sup>2+</sup>存在时对 OMMt-35 去除乙草胺 ESA 的影响(图 8)。从图 8 可知,Cu<sup>2+</sup>、Fe<sup>3+</sup>、Pb<sup>2+</sup>

存在对 OMMt-35 吸附乙草胺 ESA 均有一定程度的抑制作用,可能是重金属离子会占据 OMMt-35 表面的吸附位而与本实验中的吸附质产生了竞争吸附。三种金属离子对吸附的影响则表现为 Pb<sup>2+</sup>>Fe<sup>3+</sup>>Cu<sup>2+</sup>,与空白相比,随着 Pb<sup>2+</sup>、Fe<sup>3+</sup>、Cu<sup>2+</sup>浓度的增大,OMMt-35 去除乙草胺 ESA 的吸附率分别下降了 12.0%、6.8%和 2.8%。

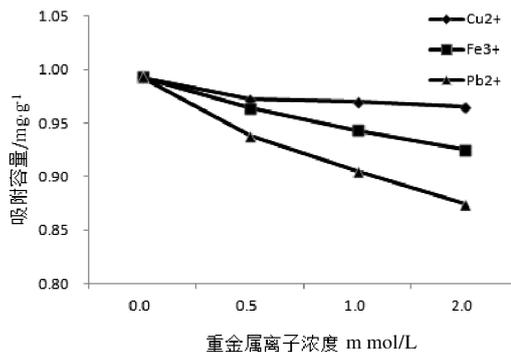


图8 重金属离子的影响

Fig.8 Effect of heavy metal ions

## 3 结论

(1)当 OTAC 的质量为 Na-MMt 的 35%(OMMt-35)时,有机蒙脱石对乙草胺 ESA 的吸附率最大,为 89.8%,比改性前的 Na-MMt 提高了 82.5%。OMMt-35 在 2 750~3 000 cm<sup>-1</sup> 范围内出现了烷基链-(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>-特征峰,且在 300~400 °C之间出现了层间有机物发生热分解产生的吸热峰。

(2)pH 对 OMMt-35 吸附乙草胺 ESA 有一定的影响,酸性条件下 OMMt-35 对乙草胺 ESA 吸附性能优于中性条件,碱性条件下的吸附容量最低。

(3)本研究中腐植酸与乙草胺 ESA 发生了竞争吸附,降低了 OMMt-35 对乙草胺 ESA 的吸附容量。

(4)溶液中的重金属离子 Cu<sup>2+</sup>、Fe<sup>3+</sup>、Pb<sup>2+</sup>的存在削弱了 OMMt-35 对乙草胺 ESA 的吸附,影响程度表现为 Pb<sup>2+</sup>>Fe<sup>3+</sup>>Cu<sup>2+</sup>。

## 参考文献:

[1] BATTAGLIN W A , KOLPIN D W , SCRIBNER E A , et al. Glyphosate, other herbicides, and transformation products in Midwestern streams [J]. J Am Water Resour Assoc, 2005(41): 323-332.

[2] REBICH R A , COUPE R H , THURMAN E M. Herbicide

- concentrations in the Mississippi River Basin—the importance of chloroacetanilide herbicide Degradates [J]. *Sci Total Environ*, 2004(321):189–199.
- [3] KALKHOFF S J , LEEK E , PORTER S D , et al. Herbicides and herbicide degradation products in upper Midwest agricultural streams during August base-flow conditions[J]. *J Environ Qual*, 2003(32):1025–1035.
- [4] SCRIBNER E A , THURMAN E M , ZIMMERMAN L R . Analysis of selected herbicide metabolites in surface and ground water of the United States [J]. *Sci Total Environ*, 2000 (248): 157–167.
- [5] NOWELL L H , MORAN P W , SCHMIDT T S , et al. Complex mixtures of dissolved pesticides show potential aquatic toxicity in a synoptic study of Midwestern U S streams[J]. *Sci Total Environ*, 2018(613–614): 1469–1488.
- [6] NEMETH K L , FULEKY G , MOROVJAN G , et al. Sorption behaviour of acetochlor, atrazine, carbendazim, diazinon, imidacloprid and isoproturon on Hungarian agricultural soil [J]. *Chemosphere*, 2002, 48(5) : 545–552.
- [7] OSANO O , ADMIRAAL W , OTIENO D . Developmental disorders in embryos of the frog *Xenopus laevis* induced by chloroacetanilide herbicides and their degradation products[J]. *Environ Toxicol Chem*, 2002, 21(2): 375–379.
- [8] 徐超,王羲,金晶晶,等.  $MnO_2$  对酰胺类除草剂乙基磺酸转化产物(ESA)的去除[J]. *浙江工业大学学报*, 2019, 47(1): 98–103.
- [9] BATTAGLIN W A , FURLONG E T , BURKHARDT M R , et al. Occurrence of sulfonylurea, sulfonamide, imidazolinone, and other herbicides in rivers, reservoirs and ground water in the Midwestern United States, 1998 [J]. *Sci Total Environ*, 2000(248):123–133.
- [10] FAVA L , BOTTONI P , CROBE A , et al. Leaching properties of some degradation products of alachlor and metolachlor[J]. *Chemosphere*, 2000(41):1503–1508.
- [11] 李灵,谢玮璇,张玉,等.单双链季铵盐插层蒙脱石对水中乙草胺的吸附[J].*水处理技术*, 2018, 44(12):45–50.
- [12] 梁亚琴,张晓燕,闫煜东,等.Gemini 表面活性剂改性有机蒙脱土的制备及其对甲基橙的吸附性能[J].*化学通报*, 2016, 79(12):1178–1183.
- [13] 吴选军,余永富,袁继祖.钠基蒙脱石的制备及有机改性研究[J].*非金属矿*, 2008 (5):1–2,61.
- [14] SANCHEZ M J , RODRIGUEZ M S , ANDRADES M S , et al. Efficiency of different clay minerals modified with a cationic surfactant in the adsorption of pesticides :Influence of clay type and pesticide hydrophobicity [J]. *Applied Clay Science*, 2006, 31 ( 3 / 4 ) :216–228.
- [15] 洪盈盈.三种土壤矿物对酰胺类除草剂及其乙基磺酸降解产物的吸附特性[D].杭州:浙江工业大学, 2012.
- [16] STALETON M G , SPARKS D M. Sorption of Pentachlorophenol to HDTMA –Clay as a Function of Ionic Strength and Ph [J]. *Environ Sci Technol*, 1994(28):2330–2335.
- [17] 张健,曹锰,徐胜等. 改性磁纳米粒子对水体中腐植酸的吸附研究[J].*腐殖酸*, 2018(6):47–53.
- [18] 阮铃铃,梁文艳,梁志霞,等.腐殖酸对粉末活性炭吸附微囊藻毒素的影响研究[J].*环境科学与技术*, 2010,33(s1): 107–110.
- [19] 周岩梅,张琼,汤鸿霄.多环芳烃类有机物在腐殖酸上的吸附行为研究[J].*环境科学学报*, 2010, 30(8) :1564–1571.

(责任编辑:叶丽娜)

## Adsorptive Properties of Organic–intercalation Montmorillonite by Long Hydrocarbon Chain towards Acetochlor Degradation Products

LI Ling<sup>1</sup>, ZHANG Yu<sup>2</sup>, CAI Yiting<sup>1</sup>, XIE Shufang<sup>1</sup>, QIU Yankun<sup>1</sup>, LIN Huimin<sup>1</sup>

(1.Fujian Provincial Key Laboratory of Eco-Industrial Green Technology, School of Ecology and Resources Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300;

2. College of Architecture and Civil Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** Acetochlor residues in the environment can be converted into more toxic degradation products of ethane sulfonic acids(ESA). An adsorbent of modified organo–montmorillonites for removing acetochlor ESA was prepared from Na–MMt using octadecyl trimethyl ammonium chloride (OTAC) as surface modifier agents. The produced adsorbent was examined by FTIR, SEM and TGA. Results show that the optimal condition happened in  $m(OTAC / Na-MMt) = 35\%$  (OMMt35), producing acetochlor ESA adsorption efficiency to 89.8% of 12.3 times higher than the Na–MMt. The performance of organo–montmorillonite was changed from hydrophilicity into hydrophobic property. The removal rate of acetochlor ESA by OMMt35 adsorbent increased with decreasing solution pH value while humic acid and heavy metal ions acted competitive adsorption.

**Key words:** OTAC; organo–montmorillonite; intermediate of acetochlor; ethane sulfonic acid (ESA); adsorption

# Plackett–Burman 联合 Box–Behnken 试验优化 柑橘皮渣吸水树脂的制备工艺

王淑培, 张 静, 游莉榕, 吴玉琼, 赵泰霞, 傅新征

(武夷学院 茶与食品学院, 福建 武夷山 354300)

**摘 要:**为实现柑橘皮渣资源化利用,以柑橘皮渣为原料,在超声辅助下,通过碱化、醚化和交联反应制备吸水树脂。在单因素试验基础上,采用 Plackett–Burman 试验筛选出高岭土用量、超声交联时间与 NaOH 质量分数为显著影响柑橘皮渣吸水树脂吸水倍率的因素;通过 Box–Behnken Design 响应面试验得到最佳工艺为:高岭土用量为 0.07 g、超声交联时间为 53 min、NaOH 质量分数为 35%,最佳工艺条件下柑橘皮渣吸水树脂的吸水倍率的试验值为 63.65,与理论预测值 65.05 的相对误差为 2.15%,差别不大。采用该方法优化出的柑橘皮渣吸水树脂的制备工艺稳定可靠,可为柑橘皮渣的综合利用提供参考。

**关键词:**柑橘皮渣;吸水树脂;超声;吸水倍率;制备工艺

**中图分类号:**Q939.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1674–2109(2020)06–0006–07

柑橘是全球产量最大的水果<sup>[1]</sup>,我国柑橘种植历史悠久、品种齐全,2017 年我国柑橘种植面积、产量分别为  $2.60 \times 10^6$  hm<sup>2</sup> 和  $3.82 \times 10^7$  t,均位居世界第一<sup>[2]</sup>,柑橘除少部分作为新鲜水果食用外,大部分作为原料生产果汁、果酒、果醋和罐头等产品,生产过程会产生大量的柑橘皮渣<sup>[3]</sup>。柑橘皮渣仅有少部分用于提取香精油、维生素等物质以及用作动物饲料,大多数作为废弃物直接填埋处理,不仅造成资源浪费,还破坏土壤结构、污染水体和空气,影响到生态环境安全<sup>[4–6]</sup>。

高吸水性树脂是一种新型高分子聚合物材料,具有吸水能力强及保水性能优的特点,被广泛用于农林<sup>[7]</sup>、园艺<sup>[8]</sup>、食品<sup>[9]</sup>、医药<sup>[10]</sup>、建筑<sup>[11]</sup>、环境治理<sup>[12]</sup>及日用品<sup>[13]</sup>等领域。根据合成原料不同,高吸水树脂分为天然高分

子系列和合成高聚物系列<sup>[14]</sup>,相比于合成高聚物吸水树脂,天然高分子吸水树脂具有无毒、无污染及可降解等特点,越来越成为人们研究的重点。

本研究以柑橘皮渣为原料,通过碱化、醚化以及交联反应,添加少量高岭土制备柑橘皮渣吸水树脂,扩展柑橘皮渣的综合利用,实现了废弃物的再利用。在考察 8 个单因素的基础上,通过 Plackett–Burman 试验设计筛选影响柑橘皮渣吸水树脂的显著因素,采用 Box–Behnken 响应面试验优化并预测了柑橘皮渣吸水树脂的最佳工艺条件。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

柑橘皮渣购自武夷山市;冰乙酸(AR)、N,N-亚甲基双丙烯酰胺(AR)、高岭土(CP)、甲醇(AR),上海展云化工有限公司;氯乙酸(AR),西亚试剂有限公司;浓盐酸(AR),国药集团化学试剂有限公司;NaOH(AR),西陇化工股份有限公司;无水乙醇(AR),三明市三圆

收稿日期:2019–10–10

基金项目:福建省教育厅科技项目(JA15519);武夷学院  
科研基金资助项目(XL201504)。

作者简介:王淑培(1986–),女,汉族,讲师,主要从事食品  
科学的研究。

化学试剂有限公司。

## 1.2 仪器与设备

低速离心机(KQ-600KDE 型)安徽中科佳科学仪器有限公司;超声波清洗机(SB5200DTD)宁波新芝生物科技股份有限公司;电热恒温鼓风干燥箱(DHG-9075A 型)上海慧泰仪器制造有限公司;紫外可见分光光度计(V-1100D)上海美谱达仪器有限公司;高速万能粉碎机(FW80 型)天津市泰斯特仪器有限公司;循环水式多用真空泵(SHB-Ⅲ型)郑州长城科工贸有限公司;电热恒温培养箱(DHP-9082)上海慧泰仪器制造有限公司;数显恒温水浴锅(HH-4 型)国华电器有限公司;循环水式多用真空泵(SHB-Ⅲ)郑州长城科工贸有限公司。

## 1.3 试验方法

### 1.3.1 柑橘皮渣吸水树脂制备方法

准确称取 2.00 g 柑橘皮渣(柑橘皮渣在 60 ℃条件下烘干 90 min,粉碎成粉,过 80 目筛),加入 85%的酒精 15 mL 作为分散剂,加入 NaOH 溶液 20 mL,静止放置 8~10 h,超声 30 min,加入醚化剂氯乙酸,一定温度下超声反应 40 min 后取出,边搅边向反应器中加入交联剂 N,N-亚甲基双丙烯胺,并加入一定量的高岭土,55 ℃超声反应 60 min 后取出,用冰乙酸调节 pH 值到 7,装入离心管进行离心,15 000 r/min 离心 10 min,沉淀物质加水洗涤、离心,重复 3 次,将沉淀物用乙醇洗涤,抽滤,烘干至恒重,用研钵磨碎,过 100 目筛,得到柑橘皮渣吸水树脂。

### 1.3.2 单因素试验方法

按 1.3.1 小节的方法,分别单独考察超声功率、醚化剂用量、交联剂用量、高岭土用量、超声碱化时间、超声醚化时间、超声交联时间、NaOH 质量分数对柑橘皮渣吸水树脂性能的影响。

### 1.3.3 Plackett-Burman 试验设计

在单因素试验基础上,通过 Plackett-Burman 试验对影响柑橘皮渣制备吸水性树脂的 8 个因素进行筛选,确定显著性影响因素,对 8 个因素分别选取 1、-1 高低 2 水平,Plackett-Burman 试验因素和水平设计见表 1。

表 1 Plackett-Burman 试验设计因素及水平

Tab. 1 The factors and levels of Plackett-Burman design

因素	编码	水平	
		-1	1
超声功率/W	$X_1$	250	350
醚化剂用量/g	$X_2$	0.90	1.10
交联剂用量/g	$X_3$	0.07	0.09
高岭土用量/g	$X_4$	0.06	0.10
超声碱化时间/g	$X_5$	15	25
超声醚化时间/min	$X_6$	40	50
超声交联时间/min	$X_7$	50	70
NaOH 质量分数/%	$X_8$	30	40

### 1.3.4 Box-Behnken Design 试验设计

根据 Plackett-Burman 试验结果,选取对吸水树脂吸水倍率影响最大的交联剂用量、超声交联时间与 NaOH 溶液浓度 3 个因素作为进一步优化的因素,做三因素三水平响应面分析试验,响应面因素及水平见表 2。

表 2 Box-Behnken Design 试验设计因素及水平表

Tab.2 The factors and levels of Box-Behnken design

因素	水平		
	-1	0	1
氢氧化钠质量分数/%	30	35	40
超声交联时间/min	50	60	70
高岭土用量/g	0.06	0.08	0.10

### 1.3.5 吸水树脂吸水能力测定

吸水倍率是指树脂吸水后与吸水前的质量差与吸水前质量的比,用  $Q$  表示,称取 0.1 g 柑橘皮渣吸水树脂装入三角瓶中,加入足量的蒸馏水,过 24 h 后用滤袋过滤多余的水分,并沥干,称量吸水后的质量,根据式(1)进行计算:

$$Q = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \quad (1)$$

式中, $Q$  为吸水倍率, $m_1$  为吸水前质量(g), $m_2$  为吸水 24 h 后的质量(g)。

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素实验结果与分析

#### 2.1.1 NaOH 质量分数对吸水倍率的影响

从图 1 可知,当 NaOH 质量分数为 35%时,吸水树脂的吸水倍率最高,为 60.88%。在 20%~35%范围

内,吸水树脂的吸水倍率随着 NaOH 质量分数的增加而升高,高于 35%时,吸水倍率开始降低。这可能是由于在低浓度时,随着碱液的增加,对柑橘皮渣纤维结构破坏程度增加,并降低了纤维素的结晶度<sup>[15]</sup>,增加了化学反应的可及性,故而柑橘皮渣树脂的吸水倍率增高;但碱液浓度过高可能导致 NaOH 与氯乙酸发生副反应影响主反应的进行,柑橘皮渣树脂吸水倍率降低。

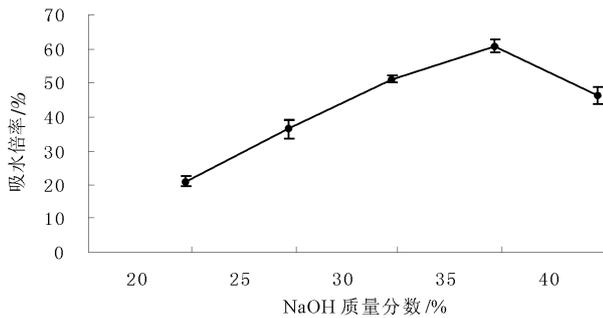


图1 氢氧化钠质量分数对吸水倍率的影响

Fig.1 Effect of sodium hydroxide dosage on water absorbency

### 2.1.2 醚化剂用量对吸水倍率的影响

从图 2 可以看出,醚化剂用量对吸水树脂的吸水倍率影响先升高后降低,在醚化剂用量为 1.0 g 时,吸水倍率达到最高 48.27%,在一定范围内,随着醚化剂用量的增大,柑橘皮渣醚化反应增加,更有利于后续化学反应的,吸水倍率随之增加,达到一定取代度后,继续增大醚化剂用量,树脂的吸水倍率也不再增加。

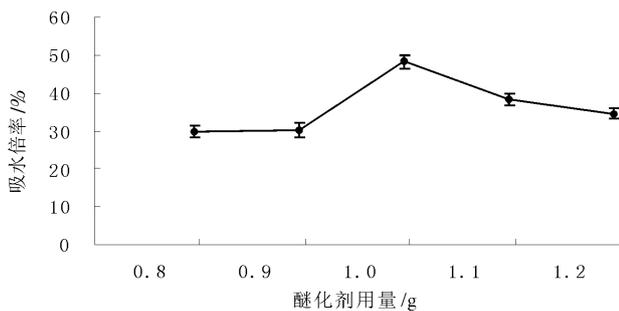


图2 醚化剂用量对吸水倍率的影响

Fig.2 Effect of etherification agent on water absorbency

### 2.1.3 交联剂用量对吸水倍率的影响

图 3 是交联剂用量对柑橘皮渣吸水树脂吸水倍率的影响,随着交联剂交联剂用量的增大,吸水倍率增加,在交联剂用量为 0.08 g 时,吸水树脂的吸水倍率最高,为 61.03,超过 0.08 g 后,树脂的吸水倍率反而降低。这是因为交联剂用量影响吸水树脂三维网络结构的形成<sup>[16]</sup>,交联剂用量过少,在超声交联反应时无

法形成稳固的三维网状结构,导致吸水树脂吸水倍率的降低。而交联剂用量过大时,增大了交联密度,网络结构过于紧密,溶胀度下降,吸水倍率也随之下降。

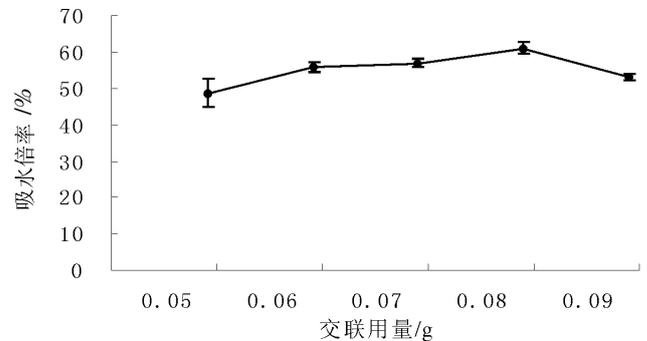


图3 交联剂用量对吸水倍率的影响

Fig.3 Effect of crosslinking agent on water absorbency

### 2.1.4 高岭土用量对吸水倍率的影响

从图 4 可以看出,随着高岭土用量增加,吸水倍率也随之增高。当高岭土用量为 0.08 g 时,吸水倍率达到最高 59.29%。继续增大高岭土用量,树脂吸水倍率略有下降。高岭土可以起到支撑树脂网络结构的作用,适量的高岭土会使柑橘皮渣树脂的网络结构更加完整,吸水倍率增高;过量的高岭土可能会破坏树脂本身的网络空间结构,导致柑橘皮渣吸水树脂吸水倍率下降。

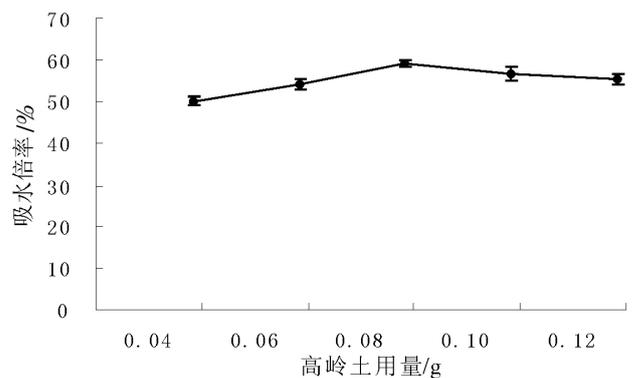


图4 高岭土用量对吸水倍率的影响

Fig.4 Effect of kaolin on water absorbency

### 2.1.5 超声碱化时间对吸水倍率的影响

由图 5 可知,随着超声碱化时间的延长,其吸水倍率先升高后逐渐降低。在 20 min 时,吸水倍率达到最高 60.63%。这是因为超声碱化时间适当有助于超声碱化反应的进行,但碱化时间过长,会使得柑橘皮渣纤维结构受到一定程度上破坏,影响后续反应的进行,导致吸水倍率降低。

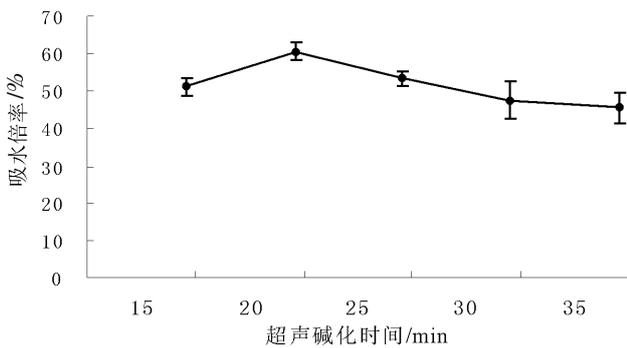


图5 超声碱化时间对吸水倍率的影响

Fig.5 Effect of ultrasonic time of alkalinization on water absorbency

### 2.1.6 超声醚化时间对吸水倍率的影响

图6是超声醚化时间对吸水倍率的影响,超声醚化时间为45 min时,产品的吸水倍率达到最高为53.18%。由于制备高吸水树脂时,主要是利用柑橘皮渣内含有的纤维素成分。可能是由于所制备的水树脂是N,N-亚甲基双丙烯酰胺和羟甲基纤维素醚化交联产物,而醚化的主要作用是在纤维素表层形成取代度低的交联结构,当醚化时间为45 min时的取代度正好能得出最佳的吸水倍率,而后随着时间的延长,取代度增加过高,反而使吸水倍率降低。

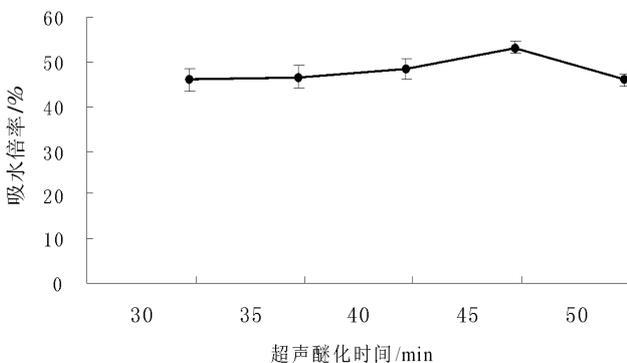


图6 超声醚化时间对吸水倍率的影响

Fig.6 Effect of ultrasonic time of etherification on water absorbency

### 2.1.7 超声交联时间对吸水倍率的影响

由图7可知,随着超声交联时间的增加,在40~60 min之间时,吸水树脂的吸水倍率随着时间增加随之升高,在超声醚化时间为60 min吸水倍率达到最大值60.68,超过60 min后,柑橘皮渣树脂的吸水倍率随着时间延长迅速下降。这是因为随着超声交联时间的加长,柑橘皮渣树脂逐渐形成了较完整的网络空间结构,吸水倍率随之增高。但超声交联时间过长,导致交联密度过大,形成的网络空间结构过于紧密,反

而降低了吸水倍率。

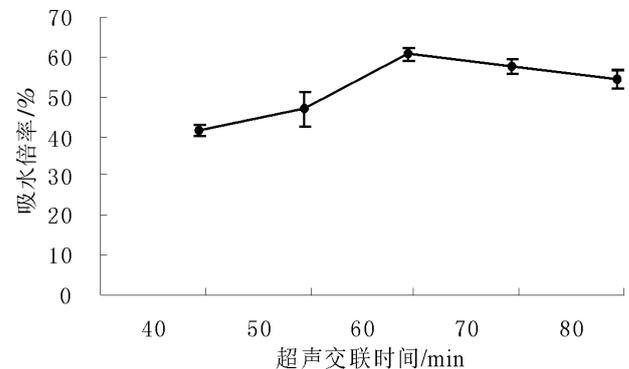


图7 超声交联时间对吸水倍率的影响

Fig.7 Effect of ultrasonic time of crosslinking reaction on water absorbency

### 2.1.8 超声功率对吸水倍率的影响

从图8可以看出,在200~300 W范围内,柑橘皮渣树脂吸水倍率随着超声功率的增大而逐渐增高,在超声功率300 W时,吸水倍率达到最大值59.91,超过300 W后,树脂吸水倍率增加趋于平缓。可能是因为随着超声功率的增大,一方面超声空化产生的冲击波和微射流作用加强,对柑橘皮渣的形态结构和超微结构的改变程度增加;另一方面超声波的搅拌、振荡机械作用能促进传质作用,增加反应物分子接触面积,提高了可及度和化学反应性能<sup>[7]</sup>。

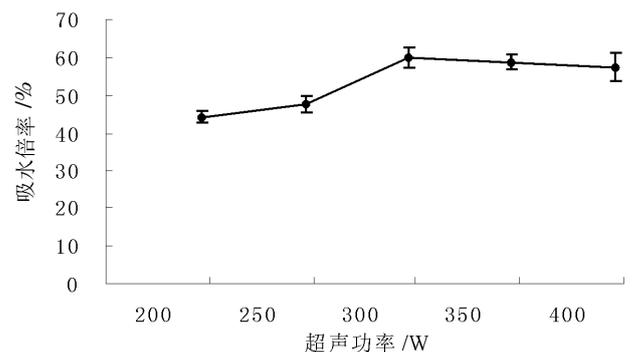


图8 超声功率对吸水倍率的影响

Fig.8 Effect of ultrasonic on water absorbency

## 2.2 Plackett-Burman 试验设计结果分析

超声功率、醚化剂用量、交联剂用量、高岭土用量、超声碱化时间、超声醚化时间、超声交联时间、NaOH质量分数8个单因素对树脂吸水倍率影响的Plackett-Burman试验设计及结果见表3。

表 3 Plackett–Burman 试验设计表及结果

Tab. 3 Experimental design and response results of

Plackett–Burman design									
试验组	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	Y/%
1	-1	1	1	-1	1	1	1	-1	30.53
2	1	-1	1	1	-1	1	1	1	53.86
3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	30.25
4	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	49.58
5	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	45.03
6	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	31.11
7	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	44.89
8	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	38.58
9	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	32.29
10	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	32.53
11	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	43.75
12	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	47.33

采用 Design Expert 8.06 软件对表 3 中的数据进行分析,结果见表 4。模型的  $P$  值为 0.018 8,表明模型显著;高岭土用量、超声交联时间和 NaOH 质量分数 3 个因素对柑橘皮渣吸水性树脂吸水倍率的影响显著。因此选取高岭土用量、超声交联时间和 NaOH 质量分数 3 个因素,进行 Box–Behnken Design 试验。

表 4 Plackett–Burman 试验方差分析

Table 4 Analysis of variance of the Plackett–Burman experiment

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	765.76	8	95.72	17.78	0.018 8	*
超声功率	16.59	1	16.59	3.08	0.177 5	
醚化剂用量	54.15	1	54.15	10.06	0.050 4	
交联剂用量	3.11	1	3.11	0.58	0.502 5	
高岭土用量	427.81	1	427.81	79.45	0.003 0	**
超声碱化时间	1.98	1	1.98	0.37	0.587 4	
超声醚化时间	17.21	1	17.21	3.20	0.171 8	
超声交联时间	101.33	1	101.33	18.82	0.022 6	*
NaOH 质量分数	143.59	1	143.59	26.67	0.014 1	*
残差	16.15	1	5.38			
综合	781.91	11				

注:\*表示具有显著差异;\*\*表示具有极显著差异

## 2.3 Box–Behnken Design 试验设计结果分析

### 2.3.1 回归模型的建立与数据分析

根据 Box–Behnken Design 试验原理,以柑橘皮渣吸水树脂吸水倍率为响应值进行三因素(高岭土用量、超声交联时间和 NaOH 质量分数)三水平响应面分析试验,试验设计及结果见表 5。

表 5 Box–Behnken Design 试验设计及结果

Tab. 5 Experimental design and response results

of Box–Behnken design				
实验编号	高岭土用量	超声交联时间	NaOH 质量分数	吸水倍率
1	0	1	-1	53.35
2	0	0	0	64.19
3	0	1	1	55.98
4	1	1	0	47.28
5	1	0	-1	42.98
6	0	0	0	63.15
7	-1	-1	0	37.83
8	0	0	0	65.23
9	1	0	1	54.83
10	0	-1	1	61.44
11	-1	0	1	39.46
12	0	0	0	60.15
13	-1	1	0	36.11
14	0	0	0	62.23
15	-1	0	-1	34.33
16	0	-1	-1	52.46
17	1	-1	0	52.37

通过 Design–Expert8.06 软件对表 5 的数据进行分析,试验方差分析见表 6,柑橘皮渣树脂吸水倍率对 3 个因素的二次回归方程为:

$$Y=62.99+6.22A-1.42B+3.57C-0.84AB+1.68AC-1.59BC-16.25A^2-3.34B^2-3.84C^2。$$

从表 6 可以看出,失拟项  $P=0.758 5>0.05$ ,失拟不显著,模型与实际情况拟合较好;模型  $P<0.000 1$ ,表明回归模型极显著;模型决定系数  $R^2=98.88%$ ,调整  $R_{Adj}^2=97.44%$ ,说明试验的 3 个因素能解释响应值变化的 98.88%,模型拟合程度很,用该模型分析和预测柑橘皮渣树脂的制备工艺是合适的<sup>[18]</sup>。模型一次项 A、C 对响应值柑橘皮渣树脂吸水倍率极显著 ( $P<0.01$ ),模型一次项 B 对响应值柑橘皮渣树脂吸水倍率显著 ( $P<0.05$ ),平方项  $A^2、B^2、C^2$  对响应值柑橘皮渣

树脂吸水倍率极显著( $P<0.01$ )。

表 6 Box-Behnken Design 试验方差分析

Tab. 6 Analysis of variance of the Plackett-Burman experiment

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
模型	1 740.82	1	193.42	68.68	< 0.000 1
A	309.13	1	309.13	109.76	< 0.000 1
B	16.19	1	16.19	5.75	0.047 6
C	102.17	1	102.17	36.28	0.000 5
AB	2.84	1	2.84	1.01	0.348 8
AC	11.29	1	11.29	4.01	0.085 4
BC	10.08	1	10.08	3.58	0.100 4
A <sup>2</sup>	1 111.84	1	1 111.84	394.77	< 0.000 1
B <sup>2</sup>	47.04	1	47.04	16.7	0.004 6
C <sup>2</sup>	62.09	1	62.09	22.04	0.002 2
失拟项	4.59	3	1.53	0.40	0.758 5
残差	19.72	7	2.82		
纯误差	15.13	4	3.78		
总和	1 760.54	16			
R <sup>2</sup>	0.988 8		R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>	0.974 4	

## 2.4 验证实验

通过响应面试验预测最佳条件为:高岭土用量为 0.07 g、超声交联时间为 53 min、NaOH 质量分数为 35%,柑橘皮渣吸水树脂理论吸水倍率为 65.05;在此条件下重复 5 组验证实验,柑橘皮渣吸水树脂的吸水倍率平均值为 63.65,与理论值的相对误差为 2.15%,实际值与预测值接近。

## 3 结论

在考察超声功率、醚化剂用量、交联剂用量、高岭土用量、超声碱化时间、超声醚化时间、超声交联时间、NaOH 质量分数 8 个单因素试验基础上,利用 Plackett-Burman 试验筛选出显著影响柑橘皮渣吸水树脂吸水倍率的 3 个因素:高岭土用量、超声交联时间、NaOH 质量分数;采用 Box-Behnken Design 响应面试验方法,建立了制备柑橘皮渣吸水树脂的二次多项式数学模型,经显著性检验分析,可用此模型预测柑橘皮渣吸水树脂的吸水倍率,最佳工艺条件为:高岭土用量为 0.07 g、超声交联时间为 53 min、NaOH 质量分数为 35%,模型预测得到最高吸水倍率为 65.05,验证试验实际测量值为 63.65,与预测值的相对误差为 2.15%,吻合度较高,试验设计合理可靠。

## 参考文献:

- [1] 何李,李绍振,高彦祥,等.柑橘属果皮渣制备膳食纤维的研究进展[J].食品科学,2012,33(7):310-314.
- [2] 沈兆敏.我国柑橘生产现状及未来前景展望[J].科学种养,2019(9):5-10.
- [3] 臧玉红.柑橘果皮在副食品加工方面的研究进展[J].食品工业科技,2011,32(6):479-482.
- [4] DIOMI M,PAUL C. Biotransformation of Citrus By-Products into Value Added Products [J]. Waste and Biomass Valorization, 2014,5(4):529-549.
- [5] 曹艳,范铭,童创,等.混菌发酵联合分段控温工艺提高柑橘皮渣可溶性膳食纤维含量[J].浙江农业学报,2019,31(3):474-479.
- [6] 李世忠,李勇,黄建国,等.柑橘皮渣资源化利用研究进展[J].中国农学通报,2014,30(7):38-41.
- [7] KENTA W, SAMRAN S, YANISCHA N, et al. Effects of Superabsorbent Polymer on Soil Water Content and Sugarcane Germination and Early Growth in Sandy Soil Conditions[J]. Sugar Tech, 2019,21(3):444-450.
- [8] HAMID R F, GHOLAMREZA Z, MOKHADEREH M, et al. Influence of superabsorbent polymer rates on growth of saffron replacement corms [J]. Journal of Crop Science and Biotechnology, 2016,19(1):77-84.
- [9] CYNTHIA F C, EVRIM E, ANTONIO M A, et al. Superabsorbent food packaging bioactive cellulose-based aerogels from Arundo donax waste biomass [J]. Food Hydrocolloids, 2019(96):151-160.
- [10] HUMA K, JAI P C, RAMAVATAR M. Anionic carboxymethylagarose-based pH-responsive smart superabsorbent hydrogels for controlled release of anticancer drug [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019(124):1220-1229.
- [11] JUSTS J, WYRZYKOWSKI M, WINNEFELD F, et al. Influence of superabsorbent polymers on hydration of cement pastes with low water-to-binder ratio[J]. Journal of Thermal Analysis & Calorimetry, 2014, 115(1):425-432.
- [12] LUQMAN A S, MAJID K, RIDA J, et al. Superabsorbent polymer hydrogels with good thermal and mechanical properties for removal of selected heavy metal ions[J]. Journal of Cleaner Production, 2018(201):78-87.
- [13] WIEGAND C, HIPLER U C. A superabsorbent polymer-

- containing wound dressing efficiently sequesters MMPs and inhibits collagenase activity in vitro [J]. *Journal of Materials Science Materials in Medicine*, 2013, 24(10):2473–2478.
- [14] 钟宏, 吴江丽. 高吸水性树脂的合成研究进展[J]. *安徽化工*, 2004,30(5):4–7.
- [15] 阮明俊, 冯年捷, 翟华敏. KPS–CAN–NaHSO<sub>3</sub> 接枝稻草丙烯酸吸水材料的合成[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2013,37(5):129–133.
- [16] BAO Y, MA J Z, LI N. Synthesis and swelling behaviors of sodium carboxymethyl cellulose–g–poly (AA–co–AM–co–AMPS)/MMT superabsorbent hydrogel [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2011, 84(1):76–82.
- [17] 唐爱民, 张宏伟, 陈港, 等. 超声波处理对纤维素纤维形态结构的影响[J]. *纤维素科学与技术*, 2005,13(1):26–33.
- [18] 刘刚, 梁琪, 宋雪梅, 张炎. Plackett–Burman 和 Box–Behnken 试验优化嗜热链球菌 Q4F8 产胞外多糖工艺[J]. *食品科学*, 2019,40(20):136–143.

(责任编辑:叶丽娜)

## Optimization of Synthesis of Superabsorbent Resin based on Citrus Peel by Plackett Burman and Box–Behnken Designs

WANG Shupe, ZHANG Jing, YOU Lirong, WU Yuqiong, ZHAO Taixia, FU Xinzheng

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

**Abstract:** In order to improve the resource utilization level of citrus peel, in this paper, citrus peel is used as raw material to prepare superabsorbent resin by alkalization, etherification and crosslinking reaction under ultrasonic conditions. The key factors affecting water absorption of the superabsorbent resin selected out by plackett–burman design on the basis of single–factor experiments were the dosage of kaolin, ultrasonic time of crosslinking reaction and sodium hydroxide dosage. The optimization synthesis condition was carried out by using Box–Behnken design. The results showed that the optimal synthesis condition was as follows: the dosage of kaolin 0.07 g, ultrasonic time of crosslinking reaction 53 min and concentration of NaOH solution 35%, under the optimum condition, the measured results of water absorption rate was 63.65 and its forecasting results 65.05. The relative error between the forecasting results and measured results is 2.15%. Optimization of synthesis of superabsorbent resin based on citrus peel by plackett burman and box–behnken designs was stability and reliability, which can provide reference for comprehensive utilization of citrus peel.

**Key words:** citrus peel; superabsorbent resin; ultrasonic; water absorbency; preparation technology

# 武夷山猴欢喜种源分析与良种选育

洪丽英

(武夷山市林业局, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**为选育优良武夷山猴欢喜(*Sloanea sinensis*)种质资源,在武夷山猴欢喜分布区,采集不同区位、不同海拔的种子资源,计算百粒质量、百粒体积,经平均百粒质量、平均百粒体积、标准差、变异系数、均匀度等指标评价与分析,并在苗圃地进行了 2 年的育苗试验,结果表明,吴屯乡的猴欢喜种源种源最佳,平均百粒质量和平均百粒体积存在一元二次多项式关系( $R^2=0.998$ ),在 450~550 m 海拔处采集的猴欢喜种子大小和充实程度较好。

**关键词:**猴欢喜;种源分析;百粒质量;百粒体积;良种育苗

**中图分类号:**S794 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2020)06-0013-06

猴欢喜(*Sloanea sinensis*),杜英科,常绿阔叶乔木,树高可达 20 m,具有嫩枝无毛、叶薄革质的形态特征,木材纹理通直、结构细密、质地轻软、硬度适中,是桥梁建筑、家具、胶合板等之良材,同时,树形美观,蒴果具有长而密的紫红色刺毛,也可作为观赏树种栽植于庭院、假山、池塘等,因此,猴欢喜不仅木材使用价值高,而且具有一定景观价值,可以开发利用<sup>[1]</sup>。该树种主要分布在我国的福建、广东、海南、广西、贵州、湖南、江西、台湾和浙江等地区,群落及主要伴生植物有毛竹、华东润楠、芒、枫香等植物。有部分学者对猴欢喜育苗、造林抚育、应用前景进行了探讨,但研究内容还是较少,如罗娟从育苗技术和管理方面阐述了赣南地区猴欢喜育苗及造林抚育技术<sup>[2]</sup>;郭瑞黎阐述了猴欢喜的形态特征、生物学特性及其利用价值,总结了其播种育苗造林技术<sup>[3]</sup>;傅加祥等从形态特征、生物学特征、育苗技术等 3 方面描述了猴欢喜的应用前景及育苗技术<sup>[4]</sup>。2015 年之后,未见关于猴欢喜的研究报道。基于此,本文结合猴欢喜优良用材价值,以武夷山不同区位、海拔的猴欢喜为研究对象,通过调查其分

布位置,在不同区位、海拔选择采种点,采集种源,开展育苗试验,确定最佳的采种点,为后期造林提供优质苗木,选育优良武夷山猴欢喜种质资源提供理论支撑。

## 1 研究区概况

武夷山地处福建西北部,森林资源丰富,具有世界同纬度带最完整、最典型、面积最大的中亚热带原生性森林生态系统,全年雨水充沛,适宜开展林业研究。经前期野外调查,武夷山猴欢喜在北部乡镇天然阔叶树林零星分布,未发现成片纯林。主要分布在新丰街道办、吴屯乡、洋庄乡等区位,海拔范围为 350~600 m。

## 2 研究材料与方法

本次研究开始于 2017 年,通过对武夷山猴欢喜林分分布调查,确定在新丰街道办的综合农场和新丰街道办里洋、吴屯乡的阳角、洋庄乡的大安等 4 个地区采集猴欢喜种子,每个采种区布设规格 10 m×10 m 样方 8 个,共计 32 个样方,样方内采种母树平均 9 株,采集时间为 2017 年 10—11 月,利用 GPS 记录采集地点的经纬度和海拔,围径尺测定采种母树胸径,测高器估测母树高度。采种后,测定百粒重和百粒体

收稿日期:2019-11-22

作者简介:洪丽英(1976-),女,汉族,工程师,主要从事林业造林技术研究。

积。于2018年3月份按不同种源播种于武夷山小武夷苗圃地,记录种子发芽率、第1年苗高和保留株数、第2年苗高和保留株数,其中综合农场地区采集的种子,由于保存不善而死亡。种源和苗木情况见表1。

表1 种源和苗木情况

Tab.1 Provenance and seedling

百粒质量/g	百粒体积/mL	苗高/cm	苗高生长量/cm	平均发芽率/%	平均保留率/%	
					第1年	第2年
10.48~13.99	9.5~17	2~106	6~93	71.3±0.427	82.1±0.406	87.6±0.362

采用平均百粒质量、平均百粒体积、标准差、变异系数、均匀度等<sup>[4-8]</sup>作为种源大小与充实程度的评价指标;以一元线性、指数函数、对数、多项式、幂函数等为备选方程<sup>[9-12]</sup>,利用SPSS软件拟合迭代<sup>[13-14]</sup>,确定平均百粒质量与平均百粒体积的关系方程。

本研究数据处理采用的统计工具为Excel、SPSS。

### 3 研究结果

#### 3.1 基于百粒质量的种源大小程度分析

根据采集的猴欢喜种子百粒质量数据,结合平均百粒质量、变异系数、均匀度等评价指标,经计算,得到不同地区的种源大小程度情况(表2)。

表2 基于百粒质量的种源评价指标

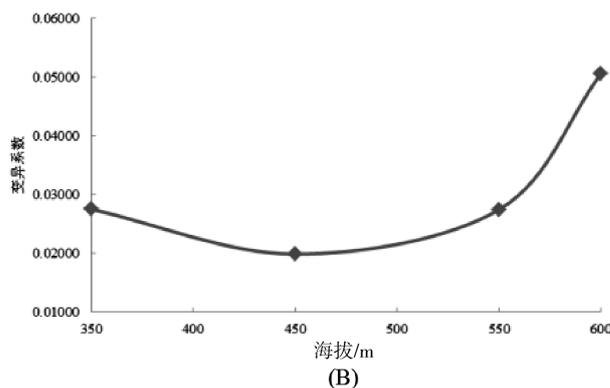
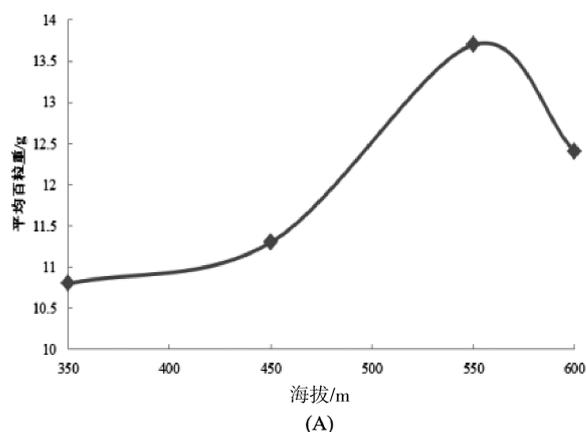
Tab.2 provenance evaluation indicators based on 100-grain weight

乡镇(道办)	小地名	平均百粒质量/g	变异系数	均匀度
综合农场	综合农场	10.8±0.298	0.028	0.998
新丰街道办	里洋	11.3±0.223	0.020	0.999
吴屯乡	阳角	13.7±0.376**	0.027	0.999
洋庄乡	大安	12.4±0.627*	0.051	0.997

注:\*\*表示在0.01的显著性水平下存在极显著差异,\*表示存在显著差异,符合含义下同

从表2中,可以看出,不同地区的猴欢喜种子,平均百粒质量存在差异,其中采于新丰街道办的2个种源的平均百粒质量存在差异,但差异不大,里洋地区的平均百粒质量比综合农场的高4.6%,说明里洋的种子大小程度较好一点;而吴屯乡的猴欢喜种子平均

百粒质量最大,比新丰街道办综合农场的高26.7,说明吴屯乡采集的猴欢喜种子大小程度最佳,其次是洋庄乡大安。从标准差指标来看,洋庄乡大安的值最大(0.627),其次是吴屯乡的(0.376),最小的是新丰街道办里洋的(0.223),吴屯乡与洋庄乡的差异较大(比后者小40%),新丰街道办综合农场的平均百粒质量最低,离散程度也是较低,从而说明,虽然洋庄乡的猴欢喜种子平均百粒质量较大,但离散程度较大,大小不一;将标准差除以平均百粒质量,得到不同种源的变异系数,从该指标看出,新丰街道办里洋的变异系数最小(0.020),其次是吴屯乡(0.027),与新丰街道办综合农场的(0.028)差异很小,最大的是洋庄乡(0.051),与新丰街道办里洋高154%,说明洋庄乡猴欢喜种子变化较大,而吴屯乡的猴欢喜种子大小程度最好,且变异情况较小;从均匀度指标上看,同样,也是吴屯乡的猴欢喜种子与新丰街道办的较好。若从4个指标综合考虑,本文认为吴屯乡的猴欢喜种源最佳。为进一步分析海拔对猴欢喜种子影响,以海拔为横轴、种源大小程度评价指标为纵轴制作散点图(图1)。



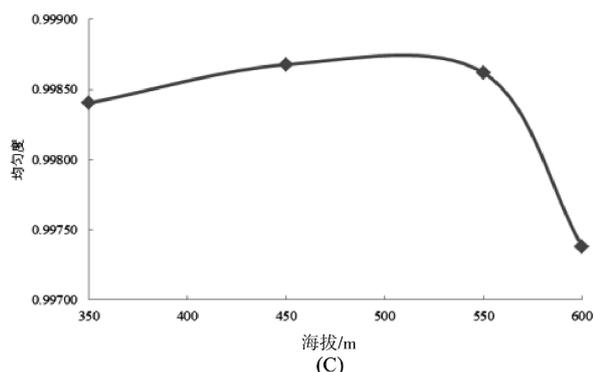


图 1 不同海拔下种源大小程度评价指标变化趋势

Fig.1 Trends of evaluation indexes of provenance size at different elevations

注:(A)为平均百粒重;(B)为变异系数;(C)为均衡度。

从图 1 中可以看出,不同海拔下,猴欢喜种子大小程度存在差异。其中在平均百粒质量方面,随着海拔增加,百粒质量也增加,到 550 m 时,百粒质量达到最大值,之后又减小,说明在武夷山地区,海拔 550 m 处采集的猴欢喜种源较好;从变异系数来看,随着海拔增加,变异系数先缓慢减小后增加,转折点为 450 m;从均匀度方面,随着海拔增加,均匀度先缓慢增加,到 550 m 略微下降,之后迅速下降;因此,综合考虑,在 450~550 m 海拔处采集的猴欢喜种子大小程度较好。采用 SPSS 软件进行显著性统计检验,以百粒质量为因变量、海拔为变量,得到不同海拔间的差异水平(表 3)。经检验,单因素同质性测试中,  $P=0.402>0.05$ , 说明方差是齐的,单因素分析中  $P=0<0.01$ , 说明不同海之间百粒质量存在极显著差异。多重比较显示,只有 350 m 与 450 m 不存在差异,其他海拔之间均存在极显著差异。

表 3 基于海拔的百粒质量多重比较 P 值及显著性水平

Tab.3 Multiple comparison of P value and significance

level of hundred-grain weight based on elevations

海拔/m	350	450	550	600
350	-	0.169	0**	0**
450	0.169	-	0**	0.002**
550	0**	0**	-	0.001**
600	0**	0.002**	0.001**	-

### 3.2 基于百粒体积的种源充实程度分析

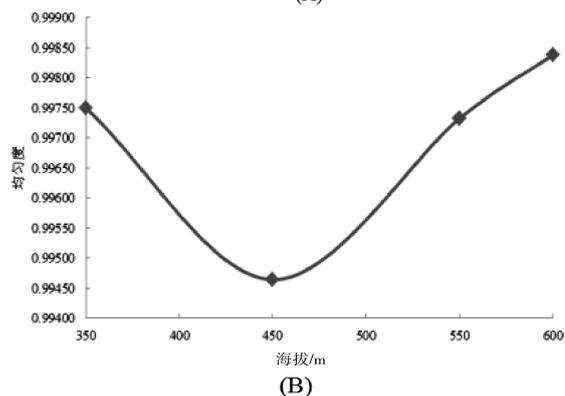
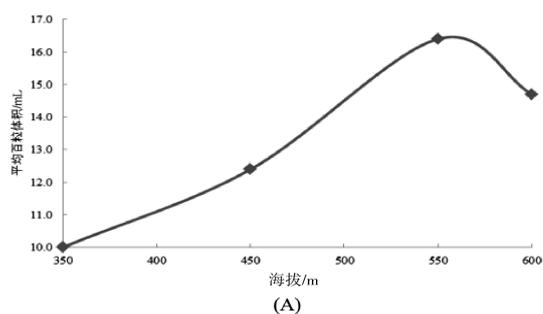
根据采集的猴欢喜种子百粒体积数据,结合平均百粒体积、标准差、变异系数、均匀度等评价指标,经计算,得到不同地区的种源情况(表 4)。

表 4 基于百粒体积的种源评价指标

Tab.4 Indicators of provenance evaluation based on 100-grain volume

乡镇(道办)	小地名	平均百粒体积/mL	变异系数	均匀度
综合农场	综合农场	10.0±0.408	0.041	0.998
新丰街道办	里洋	12.4±0.994*	0.081	0.995
吴屯乡	阳角	16.4±0.822**	0.050	0.997
洋庄乡	大安	14.7±0.476**	0.032	0.998

从表 4 可以看出,不同地区的种源充实程度存在差异;从平均百粒体积来看,吴屯乡的最大(16.4 mL),其次洋庄乡的(14.7 mL),最小的为综合农场(10.0 mL),其中最大比最小高 64%,说明不同地区采集的猴欢喜种源充实程度差异明显;从标准差指标来看,离散程度最大的为新丰街道办里洋,接近 1.000,其次为吴屯乡,而洋庄乡种子百粒体积离散程度较低,因此从综合平均百粒体积和标准差 2 个指标无法判断种源充实程度优劣;综合平均百粒体积与标准差,得到变异系数上,可以看出吴屯乡的种子百粒体积变异程度为中等水平,说明虽然吴屯乡的平均百粒体积最大,但整齐程度中等水平;从均匀度角度来看,最高的为洋庄乡(0.998),最低的为新丰街道办里洋(0.995),即洋庄乡比新丰街道办里洋高了 0.38%,说明从均匀度方面说明,不同采种地点的种子较均一。同样,以海拔为横轴、种源评价指标为纵轴制作散点图,分析海拔对猴欢喜种子充实程度影响(图 2)。



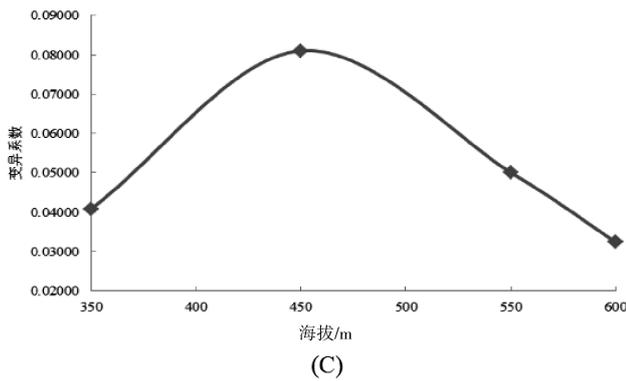


图2 不同海拔下种源充实程度评价指标变化趋势

Fig.2 Trends of evaluation indexes of provenance enrichment at different elevations

注:(A)为平均百粒体积;(B)为变异系数;(C)为均衡度。

从图2中可以看出,不同海拔下,猴欢喜种源充实程度存在差异,其中在平均百粒体积方面,随着海拔增加,百粒体积也增加,到550 m时,百粒体积达到最大值,之后又减小,说明在武夷山地区,海拔550 m处采集的猴欢喜种源较好;从变异系数来看,随着海拔增加,变异系数先迅速减小后增加,转折点为450 m;从均匀度方面,随着海拔增加,均匀度先增加,到450 m达到最大值,之后下降;因此,综合考虑,同样说明在450~550 m海拔处采集的猴欢喜种子充实程度较好。采用SPSS软件进行显著性统计检验,以百粒体积为因变量、海拔为变量,得到不同海拔间的差异水平(表5)。经检验,单因素同质性测试中, $P=0.1>0.05$ ,说明方差是齐的;单因素分析中, $P=0.000\ 002<0.01$ ,说明不同海拔之间百粒体积存在极显著差异。多重比较显示,不同海拔之间均存在极显著差异。

表5 基于海拔的百粒体积多重比较P值及显著性水平

Tab.5 Multiple comparison of P value and significance levels of hundred-grain volume based on elevations

海拔/m	350	450	550	600
350	-	0.000 092**	0.000 021**	0.000 001**
450	0.000 092**	-	0.000 063**	0.000 043**
550	0.000 021**	0.000 063**	-	0.000 123**
600	0.000 001**	0.000 043**	0.000 123**	-

相关研究也表明,百粒质量与百粒体积存在相关关系<sup>[15-20]</sup>,为进一步明确本研究得到的猴欢喜百粒重与百粒体积结果的高度一致性,现以猴欢喜平均百粒体积为自变量、平均百粒质量为因变量,利用一元线

性、指数函数、对数、多项式、幂函数等方程,经最小乘法拟合,得到平均百粒质量与平均百粒体积的最佳方程为一元二次多项式,拟合相关系数为0.998,具体见图3,从而说明猴欢喜平均百粒体积与平均百粒质量高度相关,也进一步说明在450~550 m海拔处采集的猴欢喜种子大小与充实程度较好。

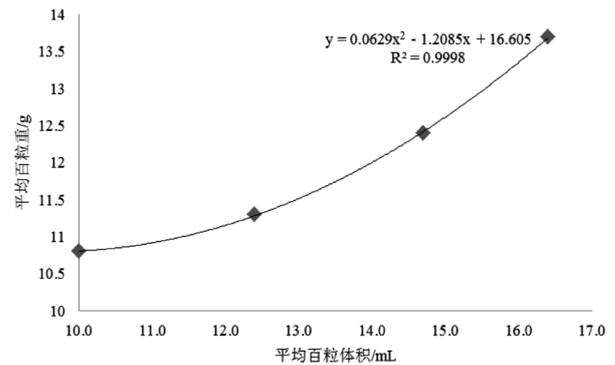


图3 平均百粒质量与平均百粒体积相关关系

Fig.3 Relationship between average 100-grain weight and average 100-grain volume

### 3.3 不同种源育苗试验分析

将2017年采集的种子种植于武夷山小武夷苗圃基地,开展为期2年的育苗试验,分析不同种源的猴欢喜苗木生长情况,期间每隔1年测定每株苗高(表6)、发芽率和保留率(表7)。

表6 不同地区猴欢喜苗高生长情况

Tab.6 Growth of sloanea sinensis in different regions

乡镇(道办)	小地名	平均苗高/cm		苗高生长量/cm
		第1年	第2年	
新丰街道办	里洋	8.7±4.322	31.6±14.085	22.9±11.035
吴屯乡	阳角	15.0±6.022	56.7±20.131	41.7±16.609
洋庄乡	大安	12.2±5.289	45.7±20.212	33.5±16.522

从总体上看,本次采集的猴欢喜种子发芽后,第1年的苗高范围为8~16 cm,第2年的苗高范围为30~58 cm,年生长量范围为22~42 cm。从表4明显看出,3个地区的猴欢喜苗木生长情况存在显著差异,其中第1年中,吴屯乡的平均苗高最大(15 cm),最小为新丰街道办(8.7 cm),洋庄乡的第1年的苗高为12.2 cm,即吴屯乡采集的种子发芽后生长比新丰街道办的高出72.0%比洋庄乡的高出23.2%;从第2年的平均苗高来看,最高的还是吴屯乡的种子(56.7 cm),新丰街道办的最低(31.6 cm);在苗高生长量方面,吴屯乡的苗高生

长量最大,其次是洋庄乡的,最小的为新丰街道办。不同乡镇育苗得到的苗高生长规律与种子大小和充实程度一致,说明2年内猴欢喜苗高生长大小与种源优劣密切相关。

表7 不同地区猴欢喜苗木发芽、保留率

Tab.7 Germination and retention rate of *Sloanea sinensis* seedlings in different regions

乡镇(道办)	小地名	发芽率/%	保留率/%	
			第1年	第2年
新丰街道办	里洋	68.9±6.453	80.2±11.783	85.4±10.769
吴屯乡	阳角	74.2±13.642**	84.0±14.266*	89.6±12.946*
洋庄乡	大安	70.8±9.725*	82.1±12.994	87.7±11.553

表7中看出,本次采集的猴欢喜种子发芽率高于65%,低于80%,平均发芽率为71.3%,第1年苗木保留率高于80%,平均为82.1%,第2年苗木保留率高于85%,平均为87.6%;不同区域采集的种源,其苗木发芽、保留率存在差异,其中新丰街道办的发芽率低于70%,吴屯乡和洋庄乡的发芽率高于70%,且吴屯乡的发芽率最高(74.2%);保留率方面,第2年保留率均高于第1年保留率,其中吴屯乡的第1、2年的保留率均最高,其值分别为84%、89.6%,洋庄其次,最低的是新丰街道办。猴欢喜苗木发芽、保留率情况与种子大小和充实程度一致,也说明2年内猴欢喜苗木发芽、保留率与种源优劣密切相关。

#### 4 结论

通过采集武夷山不同地区、不同海拔的猴欢喜种子,经种源大小和充实程度分析,得到不同地区的采集的猴欢喜种子的平均百粒质量和平均百粒体积存在差异,种源较好的地区为吴屯乡。结合海拔分析,得到在450~550 m海拔处采集的猴欢喜种子大小和充实程度较好。而猴欢喜种子的平均百粒质量和平均百粒体积存在一元二次多项式关系( $R^2=0.998$ )。

经2年的育苗试验,研究说明苗木的苗高生长规律与种源大小和充实程度存在高度一致,其中苗高生长最好的为武夷山吴屯乡采集的种子;在发芽率和保留率方面,同样与种源大小和充实程度存在高度一

致,其中种子发芽率和苗木保留率最好的为武夷山吴屯乡采集的种子。

#### 参考文献:

- [1] 朱锦茹,江波,袁位高,等.阔叶树容器育苗关键技术研究[J].江西农业大学学报,2006(5):728-733.
- [2] 罗娟.猴欢喜育苗及造林抚育技术[J].中国农业信息,2015(20):114-115.
- [3] 郭瑞黎.猴欢喜利用价值及其育苗造林技术[J].现代农业科技,2009(5):60.
- [4] 何庆海,方茹,李文鑫,等.不同种源枫香树幼苗生长性状的地理变异[J].植物资源与环境学报,2019,28(2):88-95.
- [5] 李阳,魏继平,马红媛.不同种源羊草表型差异性研究[J].生态学报,2020(4):1-9.
- [6] DUCO V, IRENE K K. Standard errors, priors, and bridge sampling: a discussion of Liu et al.[J].Journal of the Korean Statistical Society,2019,48(4): 340-355.
- [7] 夏玉洁,姚小华.油茶无性系裂果特性分析及粒径分级[J].中南林业科技大学学报,2019,(12):24-33.
- [8] 陈嘉静,余华,徐朝斌,等.种源与同质园环境对刨花楠幼苗叶功能性状的影响[J].应用与环境生物学报,2019,25(3): 648-654.
- [9] FAVORITO L A. Age and Body Mass Index: the most important factors of urinary and erectile function recovery after robotic assisted radical prostatectomy. [J]. International braz journal: official journal of the Brazilian society of Urology, 2019,45(4):137-142.
- [10] KATZMAN B M,WOCKENFUS A M, SCOTT R J, et al. Estimating short- and long-term reference change values and index of individuality for tests of platelet function.[J]. Clinical biochemistry,2019,74:746-758.
- [11] 王冰洁,李二辉,王彦君,等.黄河中游日和年输沙率-流量关系空间变化及影响因素[J].清华大学学报(自然科学版), 2019,59(11):1-9.
- [12] 李祚泳,魏小梅,汪嘉杨.规范变换降维与误差修正结合的环境系统的一元线性回归预测[J].环境科学学报,2019,39(7):2455-2466.
- [13] 刘明.最小一乘法与最小二乘法:基于例证的比较[J].统计与决策,2012(20):12-15.
- [14] 李海奎,肖亚丽,苗军.常用统计软件中非线性回归功能的分析与评价[J].河南农业大学学报,2003(2):197-201.
- [15] 陈树宾,李鲁华.爆裂玉米若干数量性状的典型相关分析

- [J].玉米科学,1998(S1):10-13.
- [16] 任仰涛,金彦刚,李珍富,等.种植密度对玉米瑞华 968 产量及生理特性的影响[J].安徽农学通报,2017,23(7):43-44+65.
- [17] 杨泉. 农大 333×农大 335 玉米 DH 群体构建与百粒重 QTL 定位[D]. 泰安:山东农业大学,2016.
- [18] 李鑫,李永祥,吴迅,等.中国重要玉米自交系种质资源子粒性状特征分析[J].植物遗传资源学报,2016,17(1):1-5+12.
- [19] 李鑫. 玉米籽粒产量相关性状 QTL qKW7 的精细定位[D]. 北京:中国农业科学院,2015.
- [20] 陈欢庆. 玉米百粒重和膨化倍数 3 个 QTL 近等基因系构建及精细定位[D]. 郑州:河南农业大学,2009.
- (责任编辑:叶丽娜)

## Analysis and Breeding of Improved Kinds on the *Sloanea sinensis* of Wuyishan

HONG Liying

(Wuyishan Forestry Bureau, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** In order to select the excellent germplasm resources of *Sloanea sinensis*, the seed resources of different location and altitude were collected and calculated in Wuyishan. The average weight, average volume, standard deviation, coefficient of variation and evenness index were evaluated and analyzed. The results showed that the source of *Sloanea sinensis* in Wutun Township was the best. The average weight and the average volume of 100 seeds had a Quadratic polynomial relation with one variable ( $R^2=0.998$ ). The seed size and fullness of *Sloanea sinensis* collected at 450 to 550 m altitude were better.

**Key words:** *Sloanea sinensis*; provenance analysis; hundred-grain weight; hundred-grain volume; improved breeding seedling

# 不同连栽代数杉木人工林土壤 真菌群落结构及多样性分析

严绍裕, 傅成杰, 余燕华, 钱叶会

(福建林业职业技术学院, 福建 南平 353000)

**摘要:**为了探究杉木一代林(FCF)、连栽二代林(SCF)及连栽三代林(TCF)土壤真菌的数量与种类、真菌群落多样性,采用高通量测序技术,测定不同连栽代数杉木人工林土壤真菌的数量与群落多样性。结果表明:不同林分类型中的土壤真菌主要优势门类有:子囊菌门、担子菌门、接合菌门,且不同林分之间土壤的优势真菌门类存在一定的差异;随着连栽代数的增加,土壤真菌优势门类相对丰度逐渐降低;采用多个指标评价不同代数杉木林土壤真菌数量与群落结构的多样性,得到不同代数杉木林中土壤真菌群落多样性大小顺序为 FCF>SCF>TCF;通过从土壤物理化学性质与真菌优势门类的 RDA 分析得到,真菌优势门类与土壤物理化学性质存在一定的相关关系。

**关键词:**杉木人工林;连栽障碍;真菌群落多样性;高通量测序技术

**中国分类号:**S791.27;Q939.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2020)06-0019-06

森林土壤微生物主要包括土壤细菌和土壤真菌,而真菌作为真核生物的群体之一,分担着分解枯落物的角色、扮演着“微生物-土壤-植被”相互作用中的传递者<sup>[1]</sup>。森林土壤真菌是森林生态环境的重要成员,一方面积极参与森林土壤的物质分解、养分转化及能量交换等,为植物发育提供营养物质;另一方面,有毒真菌群落通过土壤侵入植物,对植物的生长产生危害<sup>[2-3]</sup>。森林生态环境受土壤真菌数量与土壤真菌群落结构多样性的影响,土壤真菌的数量不但直接影响森林土壤的化学活性及森林土壤养分的构成与转变,而且也是森林土壤活力的具体体现,是林地生产力保持与修复的主要动力之一<sup>[4]</sup>,对林业的发展与生产起着关键的作用。森林环境的养分、植物种类组成与土壤真菌群落结构与多样性互相影响,研究土壤真菌的数量与土壤真菌结构的多样性是属于从上层揭示森林生态环境的能量流动与物质循环<sup>[5]</sup>。但是森林生态环境的

复杂性间接导致土壤真菌数量的丰富性、土壤真菌群落的复杂性、直接观察土壤真菌的困难性<sup>[6]</sup>。最原始的研究方法是通过配制不同的真菌培养液对土壤真菌的单纯培养,再依据培养真菌的形态差异进行分类与鉴别,最后得到土壤样品中真菌的数量与土壤真菌群落结构的信息<sup>[7]</sup>。研究者对土壤真菌的研究逐渐深化,需要更深入获得更深层次的信息,因而对研究土壤微生物技术有了更高的要求,引起了高通量测序技术的快速发展,这就为分析真菌的数量与种类、真菌群落结构的多样性提供更加全面准确的方法<sup>[8]</sup>。本研究旨在揭示不同代数杉木林土壤中真菌的数量与真菌群落结构的多样性,为杉木人工林连栽地的土壤修复提供理论基础。

杉木[*Cunninghamia lanceolata*(Lamb.)Hook.]是我国南方最重要的用材树种之一<sup>[9]</sup>。长期以来的研究表明,杉木人工林传统种植方式如炼山、整地、纯林种植以及连栽等会导致林分养分流失大而归还速度比较慢、林分生物多样性下降、有毒物质积累等,从而影响了杉木人工林林地的可持续经营<sup>[10-12]</sup>。杉木人工林土壤活力的降低改变了土壤的物理与化学性质、土壤的

收稿日期:2020-03-11

作者简介:严绍裕(1965-),男,汉族,副教授,主要从事森林资源培育研究与教学的研究。

真菌数量、真菌群落多样性。以往有关杉木连栽的研究主要集中在连栽对杉木人工林生长及生理活性变化、土壤理化性质的改变等,而关于不同连栽代数杉木林的土壤真菌数量与真菌群落多样性的研究报道较少。鉴于此,本论文以杉木一代林(FCF)、连栽二代林(SCF)及连栽三代林(TCF)为研究对象,采用高通量测序技术,分析不同连栽代数杉木人工林土壤真菌的数量与种类、真菌群落多样性,并进一步分析真菌群落多样性及其和环境因素的相关关系,从理论上阐明杉木连栽对土壤真菌群落结构多样性的影响,为杉木人工林高效培育奠定理论参考依据。

### 1 试验地概况

试验样地设于福建省南平王台镇溪后村,平均海拔200 m,年平均气温 19.3 ℃,年平均降雨量 1 969 mm,属于亚热带季风气候,土壤为红壤,土层深度 100 cm 以上,具体林分情况见表 1。杉木一代林(FCF)林下灌木层主要有杜茎山 (*Maesa japonica*)、寒刺泡(*Rubus buergeri*)、粗叶榕(*Ficus hirta*),草本层以观音莲座蕨(*Angiopteris fokiensis Hieron*)、水龙骨(*Rhizoma polypodioidis*)、金毛狗(*Cibotium barometz*)为主。连栽二代林(SCF)与 FCF 的水平相距为 500 m,林下灌木层以绒毛山胡椒(*Lindera nacusua*)、寒刺泡为主,草本层以腺毛金星蕨(*Thelypteris glanduligera*)、毛柄短肠蕨(*Athyrium iseanum*)、金毛狗为主。连栽三代林(TCF)与 FCF 的水平相距为 1.3 km,林下灌木层以绒毛山胡椒、粗叶榕为主,草本层以铁芒萁(*Dicranopteris linearis*)、金狗脊为主。

表 1 林分基本特征

Tab. 1 Characteristic of sample area

样地	林龄/a	坡度/(°)	坡向	平均树高/m	平均胸径/cm	林分密度(株/hm <sup>2</sup> )	种苗来源
FCF	96	20	西北	32.7	33.5	1 009	扦插苗
SCF	18	26	西北	12.9	12.1	2 640	实生苗
TCF	19	26	西北	12.4	11.5	2 775	实生苗

### 2 材料与方法

#### 2.1 土壤采集

2018年7月底在不同连栽代数林分中分别设置3块20 m×20 m样地进行林分调查。每个样地采用“梅花”形取样法<sup>[13]</sup>分5个点分别采集0~10 cm土层土壤,取样后将每块样地的土壤样品混匀后,用四分法保留500 g左右,去除动植物残体和石子后过2 mm筛,用无菌塑封袋装土壤样品立即放于4 ℃冰盒保存带回实验室。取回的土壤样品分成常温保存、-80 ℃低温保存<sup>[14]</sup>。

#### 2.2 土壤样品的测定方法

采用光谱分析法测定土壤的含水率<sup>[15]</sup>;参照国标测定土壤的物理性质、pH值、全磷、全钾<sup>[16]</sup>;土壤全碳和全氮含量采用近红外光谱分析法测定<sup>[17]</sup>。

#### 2.3 数据处理

##### 2.3.1 物种分类与丰度分析

OTU即分类操作单元,为了进行方便研究,设定一个分类的单元。利用QIIME软件<sup>[18]</sup>中的UCLUST<sup>[19]</sup>对Tags进行聚类分析、获得分类操作单元,对分类操作单元进行分类学的注释是基于Silva分类学数据库,即可得到各分类学水平下物种的组成及相对丰度。

##### 2.3.2 Alpha多样性统计分析

对土样的Alpha多样性指数的评估使用Mothur软件进行分析。为比较样品间的Alpha多样性指数,在97%相似度水平下,分析时先进行样品间的序列数进行标准化。计算群落Chao1指数<sup>[20]</sup>、Ace指数<sup>[21]</sup>、Shannon指数<sup>[22]</sup>、Simpson指数<sup>[23]</sup>。

##### 2.3.3 统计分析

利用Excel 2010计算实验数据的平均值和标准偏差。Pearson相关性分析使用SPSS 20.0软件<sup>[24]</sup>,利用CANOCO 5软件完成不同代数杉木林土壤真菌种类与环境因子影响的分析<sup>[25]</sup>。

### 3 结果与分析

#### 3.1 不同连栽代数杉木人工林土壤真菌种类分析

通过高通量测序得到不同连栽代数杉木人工林土

壤主要真菌门类包括子囊菌门、担子菌门、接合菌门、*Rozellomycota* 门等(图 1),真菌群落结构的相对丰度的分布在不同代数杉木林的土壤中存在差异。子囊菌门为 FCF、SCF、TCF 的真菌优势菌门,不同代数杉木林土壤中子囊菌门相对丰度的高低顺序为 SCF>FCF>TCF,其中 SCF 与 TCF 之间相对丰度具有显著差异,SCF 和 FCF 之间不具有显著差异;不同代数杉木林土壤中担子菌门相对丰度的高低顺序为 FCF>SCF>TCF,表明随着连栽代数的增加,担子菌门在杉木林土壤中的相对丰度逐渐降低;不同代数杉木林土壤中接合菌门相对丰度为,FCF 的相对丰度最高,其次为 TCF,SCF 的相对丰度最低,FCF 与 TCF 之间接合菌门相对丰度差异不显著,而 SCF 接合菌门相对丰度则显著高于 FCF、TCF。

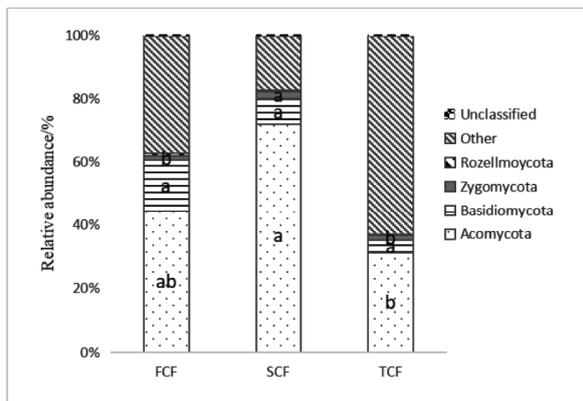


图 1 不同连栽代数杉木人工林土壤真菌群落结构相对丰度

Fig.1 Relative abundant of soil fungi community structure in different planting generations of Chinese fir plantation

注:不同小写字母表示不同连栽代数杉木人工林之间差异显著,下同。

### 3.2 不同连栽代数杉木林土壤真菌群落结构多样性分析

通过对不同代数杉木林真菌群落多样性指数分析(如图 2),不同代数杉木林中群落多样性指数 Ace 为 FCF 最高,其次为 SCF,最低为 TCF,并且 FCF 和 SCF 多样性指数 Ace 显著高于 TCF;不同代数杉木林中群落指数 Chao1 由小到大为 TCF<FCF<SCF,且三种林分之间均具有显著差异;不同代数杉木林中群落多样性指数 Simpson 由大到小的顺序为 TCF>FCF>SCF,且三种林分之间均具有显著差异;不同代数杉木林中群落多样性指数 Shannon 的大小顺序为 FCF>

SCF>TCF,并且 FCF 和 SCF Shannon 指数显著高于 TCF。土壤真菌群落的物种丰度、物种均匀度会影响 Shannon 指数、Simpson 指数,若物种丰度相同,群落中均匀度大的物种,则认为该群落的多样性越丰富。Ace 指数、Chao1 指数、Shannon 指数值越大,Simpson 指数值越小,说明土样的物种多样性越大<sup>[26]</sup>。不同林分中 FCF 的群落 Ace 指数、Chao1 指数、Shannon 指数均为最大,而 Simpson 指数最小,说明 FCF 真菌数量丰富;不同代数杉木人工林中 TCF 的群落 Ace 指数、Chao1 指数、Shannon 指数均为最小,而 Simpson 指数最大,说明 TCF 真菌数量在减少。不同代数杉木林中真菌群落多样性大小顺序为 FCF>SCF>TCF,即一代杉木林中的群落多样性最高,由此可得随着杉木林连植代数的增加群落多样性逐渐降低。不同代数杉木林中 OUT 的大小顺序为 FCF>SCF>TCF,而 FCF 与 SCF 之间没有明显的差异;不同代数杉木林中从 Coverage 看,FCF 的覆盖度最高,并且不同林分的 Coverage 值在 0.85 以上,能够反映出土壤中真菌群落比较丰富。

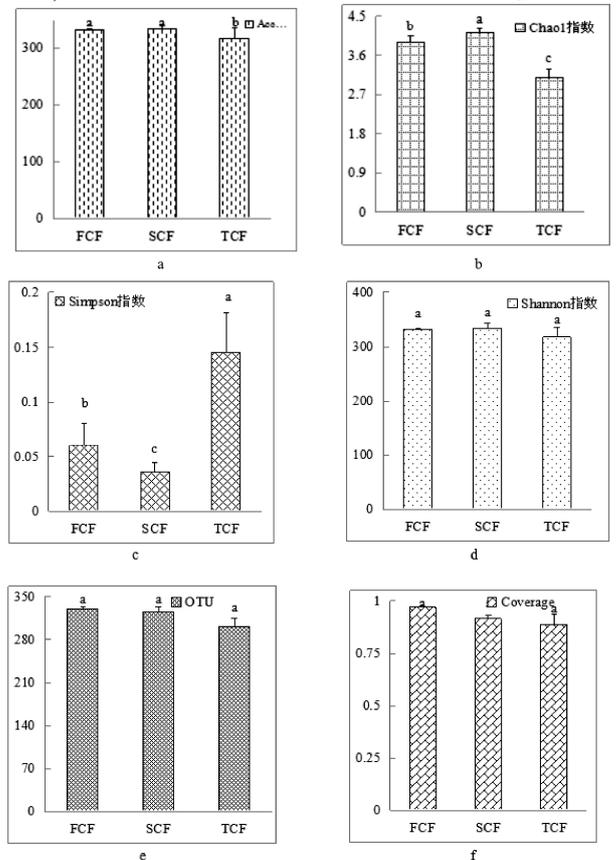


图 2 不同连栽代数杉木人工林土壤真菌群落多样性指数  
Fig 2 Soil fungi community diversity index in different planting generations of Chinese fir plantation

### 3.3 不同代数杉木林土壤真菌类群与环境因子的关系分析

森林拥有一个复杂的生态环境,而森林环境中的植物群落、气候条件等都对土壤真菌的群落活动产生影响<sup>[27]</sup>,反之土壤真菌的群落活动也会对森林土壤的理化性质产生影响。

由图(3A)得到土壤容重、土壤含水率等对优势真菌的数量有较大影响。其中,土壤容重与子囊菌门、担子菌门、接合菌门存在负相关关系;土壤含水率与担子菌门、接合菌门呈现正相关的影响,与子囊菌门呈现负相关的影响。由此说明不同代数杉木林的土壤真菌群落与其土壤物理性质存在一定相互作用。

由图(3B)得到全磷、全碳、pH对真菌群落分布存在一定的影响。全磷与子囊菌门、担子菌门、接合菌门呈现负相关的影响;土壤pH影响土壤化学性质等控制真菌的生物数量,而使土壤群落组成、多样性受到干扰。全碳、pH与子囊菌门、担子菌门、接合菌门存在正相关的关系;由此说明不同代数杉木林的土壤真菌群落与其土壤化学性质存在一定的相互影响关系。

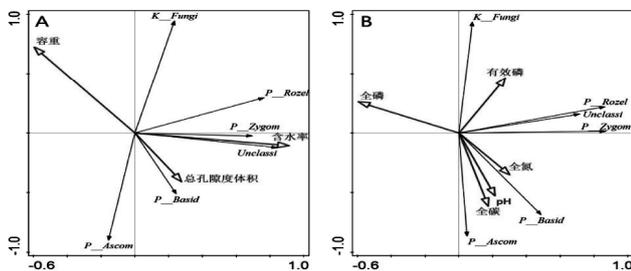


图3 不同连栽代数杉木人工林土壤真菌门类与土壤物理化学性质 RDA 排序图

Fig.3 The ordination diagram of RDA about soil fungi phylum and dominant order with environmental factors in different planting generations of Chinese fir plantation

### 4 结论

森林土壤中微生物主要包含了土壤真菌与细菌,在生态环境中起着关键的作用,并与其他成员共同推动着陆地生态系统中的能量流动、信息交换、物质循环<sup>[28]</sup>。森林真菌群落的生物多样性与森林生态环境的结构与组成息息相关,是保持土壤活力的关键部分<sup>[29]</sup>。本研究通过运用高通量测序法研究了不同代数杉木

林的土壤真菌的种类与数量以及结构多样性,结果表明不同代数杉木林土壤的主要真菌优势门类包括子囊菌门、担子菌门、接合菌门。不同代数杉木林土壤中子囊菌门相对丰度的高低顺序为 SCF>FCF>TCF;不同代数杉木林土壤中担子菌门相对丰度的高低顺序为 FCF>SCF>TCF;不同代数杉木林土壤中接合菌门的相对丰度为 FCF 的相对丰度最高,其次为 TCF,SCF 的相对丰度最低。表明随着连植代数的增加,真菌优势门类的总体趋势表现为在杉木林土壤中的相对丰度逐渐降低。

采用多个指标评价不同代数杉木林土壤真菌数量与群落结构的多样性,结果表明不同代数杉木林中真菌群落多样性丰富度大小顺序为 FCF>SCF>TCF,即一代杉木林的群落多样性丰富度最高,由此可得随着杉木林连植代数的增加群落多样性丰富度逐渐降低。不同代数杉木林中 OUT 的大小顺序为 FCF>SCF>TCF;不同代数杉木林中从 Coverage 看,FCF 的覆盖度最高,并且不同林分的 Coverage 值在 0.85 以上,能够反映出土壤中真菌群落比较丰富。由此说明了连植导致了杉木林土壤真菌群落结构与多样性发生了变化。

森林拥有一个复杂的生态环境,生活在这个复杂环境中的真菌群落受森林环境中的气候、温度、各种养分变化的影响;而真菌群落结构的多样性也会影响森林环境的养分结构、植物种类等。从物理性质与真菌优势门类的 RDA 分析得到土壤容重与子囊菌门、担子菌门、接合菌门存在负相关关系;土壤含水率与担子菌门、接合菌门呈现正相关的影响,与子囊菌门呈现负相关的影响。由此说明不同代数杉木林的土壤真菌群落与其土壤物理性质存在相互作用的关系。从化学性质与真菌优势门类的 RDA 分析得到全磷与子囊菌门、担子菌门、接合菌门呈现负相关的影响;土壤 pH 影响土壤化学性质等控制真菌的生物数量,而使土壤群落组成、多样性受到干扰。全碳、pH 值与子囊菌门、担子菌门、接合菌门存在正相关的关系;由此说明不同代数杉木林的土壤真菌群落与其土壤化学性质存在一定的相互影响关系。不同代数杉木林的土壤真菌群落的多样性受到土壤物理化学性质不同程度的影响,可能是由于森林环境的发生变化,而土壤真菌群落对于这样的变化特别敏感,由此出现真菌群

落聚集与单一化的现象。

随着杉木林的连栽代数的变化,不同代数杉木林中土壤真菌群落在空间上呈现不同变化规律,并且随着杉木林的连栽,真菌群落多样性出现一定的差异变化。森林环境中的植被类型决定了土壤真菌的群落结构,土壤真菌的群落结构又影响着森林环境,由此出现真菌群落与森林环境相互作用的结果。在这个复杂的森林环境中“微生物-土壤-植被”又存在着复杂相关关系<sup>[30]</sup>。

### 参考文献:

- [1] BUEE M , REICH M , MURAT C , et al. Pyrosequencing analyses of forest soils reveal an unexpectedly high fungal diversity [J]. *New Phytologist*, 2009, 184(2): 449–456.
- [2] 钟文辉,蔡祖聪. 土壤微生物多样性研究方法[J]. *应用生态学报*, 2004(5):899–904.
- [3] DONNISON L M , GRIFFITH G S , HEDER J , et al. Management influences on soil microbial communities and their function in botanically diverse haymeadows of northern England and Wales [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2000, 32(2):260–263.
- [4] 巨天珍,陈源,常成虎,等. 天水小陇山红豆杉(*Taxus chinensis*(Pile.)Rehd)林土壤真菌多样性及其与生态因子的相关性[J]. *环境科学研究*, 2008, 21(1):128–132.
- [5] 张俊忠. 东祁连山高寒草地土壤真菌多样性研究 [D]. 兰州:甘肃农业大学, 2010.
- [6] HEATH E. O'BRIEN, JERI L P , et al. Fungal community analysis by large-scale sequencing of environmental samples [J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 2005, 71(9): 5544–5550.
- [7] 陈晓,刘勇,李国雷,等. 土壤真菌研究方法及人为干扰对森林土壤真菌群落影响研究进展[J]. *世界林业研究*, 2011, 24(5): 7–12.
- [8] 王伏伟,王晓波,李金才,等. 施肥及秸秆还田对砂姜黑土细菌群落的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2015,23(10):1302–1311.
- [9] 刘瑞强,黄志群,何宗明,等. 根系去除对米老排和杉木凋落物分解的影响[J]. *林业科学*, 2015, 51(9): 1–8.
- [10] 俞新妥. 论杉木人工林的回归: 从杉木林地力衰退的因果谈杉木林的可持续经营[J]. *世界林业研究*,1999,12(5): 15–19.
- [11] 林开敏,俞新妥. 杉木人工林地力衰退与可持续经营[J]. *中国生态农业学报*, 2001, 9(4): 39–42.
- [12] 曹光球,杨梅,林思祖,等. 邻羟基苯甲酸对不同化感型杉木无性系抗氧化酶活性的化感效应[J]. *中国生态农业学报*, 2010,18(6):1267–1271.
- [13] 黄建华. 书坊乡耕地养分调查结果及技术对策[J]. *福建农业*, 2005(3):12–13.
- [14] 吴越,马红亮,彭园珍. 新鲜土壤样品储存时间和时间对不同形态氮素的影响[J]. *应用生态学报*, 2018, 29(6):1999–2006.
- [15] 窦金熙,郭玉明,王盛,等. 土壤含水率测定方法研究[J]. *山西农业科学*, 2017(3):482–485.
- [16] 国家林业局. 中国林业土壤分析方法[M]. 北京: 中国标准出版社, 1999: 20–145
- [17] 申艳,张晓平,梁爱珍,等. 近红外光谱分析法测定东北黑土有机碳和全氮含量[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(1):109–114.
- [18] CAPORASO J G, KUCZYNSKI J, STOMBAUGH J, et al. QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data[J]. *Nature Methods*, 2010, 7(5): 335–336.
- [19] EDGAR R C. Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST[J]. *Bioinformatics*, 2010, 26(19): 2460–2461.
- [20] CHAO A N. Nonparametric estimation of the number of classes in a population[J]. *Scandinavian Journal of Statistics*, 1984, 11(4): 265–270.
- [21] CHAO A N, LEE S M. Estimating the number of classes via sample coverage [J]. *Journal of the American Statistical Association*, 1992, 87(417): 210–217.
- [22] HILL M O. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences [J]. *Ecology*, 1973, 54(2): 427–432.
- [23] SIMPSON E H. Measurement of diversity [J]. *Nature*, 1949. 163(4148): 688–688.
- [24] 朱建平,方匡南,章贵军. SPSS 统计分析与应用[M].北京: 首都经济贸易大学出版社,2013:44–45,202–203.
- [25] 王士亚. 连栽障碍地杉木无性系土壤酶活性及微生物功能多样性分析[D].福州:福建农林大学,2016.
- [26] GRICE E A, KONG H H, CONLAN S, et al. Topographical and temporal diversity of the human skin microbiome [J]. *Science*, 2009, 324: 1190–1192.
- [27] 费裕翀,吴庆锥,路锦. 林下植被管理措施对杉木大径材林土壤细菌群落结构的影响[J]. *应用生态学报*, 2020,

- 31(2):407-416.
- [28] 张晶, 张惠文, 李新宇, 等. 土壤真菌多样性及分子生态学研究进展[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10):1958-1962.
- [29] 张薇, 魏海雷, 高洪文, 等. 土壤微生物多样性及其环境影响因子研究进展[J]. 生态学杂志, 2005, 24(1):48-52.
- [30] 李桥. 基于高通量测序技术下土壤微生物群落结构的研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2014.
- (责任编辑: 叶丽娜)

## Study of the Soil Fungi Community Structure and Diversity in Different Successive Rotation Chinese Fir (*Cunninghamia lanceolata*) Plantations

YAN Shaoyu, FU Chengjie, YU Yanhua, QIAN Yehui

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

**Abstract:** The soil fungal community structure and fungal community diversity of different algebraic Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) plantations were analyzed. High-throughput sequencing technology was used to determine the diversity of soil fungi and community structure. The results showed that the main dominant taxonomy of soil fungi in different forest types were Ascomycota, Basidiomycota, and Zygomycota, and there were some differences in dominant fungal species between different forests; The overall trend of fungal dominant species showed that the relative abundance in the soil of Chinese fir forest decreased gradually. The diversity of soil fungi and community structure in different algebraic Chinese fir forests were evaluated by multiple indicators, and the soil fungi community in different algebraic Chinese fir forests was obtained. The order of diversity richness is FCF>SCF>TCF; through the RDA analysis of physicochemical properties and fungal dominant species, there is a certain correlation between fungal dominant species and physicochemical properties.

**Key words:** Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) plantations; successive rotation; fungi community diversity; high-throughput sequencing technology

# 林改配套政策参与度及满意度对农户 林业生产行为的影响

黄巧萍, 刘芳芳, 卢素兰, 刘伟平

(福建农林大学 经济学院, 福建 福州 350000)

**摘要:**利用福建省487户抽样农户调查数据,从农户对林改相关配套政策的参与度与满意度角度,构建多元回归模型,分析林改林业配套政策对农户林业劳动力和资金投入的影响。结果表明:关键变量中对采伐限额管理制度的满意度对农户林业生产行为有显著的正向影响,是否拿到林业补贴对农户林业单位面积资金投入存在显著影响,是否参加合作社对农户林业劳动力投入行为显著的负向影响;而对森林政策性森林保险、林权抵押贷款政策的满意度对农户林业生产行为存在正向影响,但不显著;在控制变量中,林业收入比重和是否由林权证对农户林业生产行为产生了显著的正向影响。鉴于这一结论,为进一步完善林改相关配套政策,巩固林改成果提出了相应的建议。

**关键词:**林改相关配套政策;参与度;满意度;单位面积投入;多元线性回归

**中图分类号:**F025 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2020)06-0025-06

2003年,集体林权制度改革(以下简称“林改”)试点,截至2014年底,全国96.95%的集体林地已确权面积为 $1.80 \times 10^8 \text{ hm}^2$ <sup>[1]</sup>,林改中“山林确权”的主体改革任务基本完成,农户成为林业生产经营主体。之后,为巩固和深化林改,促进和引导农户林业生产,增加农民收入,促进森林资源增长,政府实施了一系列配套政策,包括规范林权流转,建立政策性森林保险制度,完善生态效益补偿制度,支持林业合作组织的发展等<sup>[2]</sup>。农户的林业生产行为不仅直接影响其经济收益,也将对中国林业发展、绿色经济发展、建设“美丽中国”,以及促进生态文明产生影响。这些旨在对农户林业生产行为产生牵引力的配套政策实施效果如何? 现有研

究表明,林权抵押贷款政策显著提高农户林业生产投入,但总体上来说,农户对配套政策的反应差强人意,仍有存在改进空间<sup>[1]</sup>。因此,跟踪研究这一系列林改配套政策是否对农户林业生产行为产生显著积极影响,影响程度如何等问题,对有效引导农户林业生产行为,调整和完善林改配套政策体系具有重要的现实意义。

现有研究关于影响农户林业生产行为的因素主要包括三个方面:农户家庭主体特征、林业特征以及政策条件。家庭主体特征因素主要包括:户主年龄、户主受教育程度、对林业的熟悉程度、家庭劳动力人数、家庭收入、非农收入等<sup>[3-6]</sup>;林地特征的因素主要包括:林地面积、立地条件、林木条件、林地经营方式等<sup>[7-11]</sup>;政策条件影响因素主要包括林业补贴政策、林权抵押贷款政策、采伐限额管理制度以及林地流转政策等<sup>[12-15]</sup>。

关于各项林业政策对农户投资行为是否具有影响结论尚存争议:围绕林权抵押等资金的可获得性、采伐限额政策、林地流转、林业技术服务、林业合作组织、林业税费等对林业生产行为的影响是否显著以及影响方向都还未有相对统一的结论<sup>[12-14,16-18]</sup>;具有相对统一结论的政策是森林保险、生态效益补偿,认为它们对农户林业经营行为无显著影响<sup>[11,18]</sup>。

收稿日期:2019-11-15

基金项目:国家社会科学基金重大项目“全面深化改革背景下的完善农村集体林权制度改革研究”(16ZDA024);集体林权制度改革背景下的森林可持续经营研究(KCXRC233A)。

作者简介:黄巧萍(1994-),女,汉族,硕士研究生,主要从事森林资源与森林生态研究。

通讯作者:刘伟平(1958-),男,汉族,教授,主要从事森林资源与森林生态研究。

现有研究中主要集中在对林改单个配套政策以及现实绩效的比较和评价等方面,而对当前林改配套政策整体性评价和农户主观感受和评价的文献较少。作为森林改革相关配套政策的主要实施对象,农民对配套政策的参与度和满意度直接影响到其对林业生产的投入,比较农户对不同配套政策的参与度和满意度对农户资金和劳动力投入作用的差异,对调整政策、巩固和深化林改更有针对性。

针对现有文献存在的不足,本研究做了部分改进,在对满意度指标的选取上,保留了“一般”及“不清楚”,使其更加符合实际情况。且在考虑林改配套政策对农户林业生产行为影响时,从仅考虑对林业资金投入的影响,增加了对林业劳动力投入的影响<sup>[20]</sup>,原因在于农户的林业劳动投入对林改配套政策的敏感性明显高于资本投入<sup>[19]</sup>。

因此,本文利用福建省2017年林改监测跟踪调查问卷数据,构建以林改五大配套政策(包括农户是否拿到林业补贴、是否参加林业专业合作社、对林业补贴政策、林权抵押贷款政策、采伐限额管理政策、政策性森林保险是否满意等)作为关键变量的多元线性模型,同时根据现有研究也选取其他可能影响农户林业生产经营收益和成本的因素作为控制变量放入模型,分析林改配套政策农户参与和满意度对农户林业生产经营行为的影响,以期客观反映林权制度改革配套政策参与度及满意度对农户林业生产经营行为的影响,从而为完善林权制度改革政策提供相应的科学依据和实证支撑。

## 1 研究方法 with 数据来源

### 1.1 研究方法

结合现有研究成果,本文选取农户林业生产单位面积资金、劳动力投入作为因变量,在控制农户家庭主体特征、林业经营特征2个方面的7个控制变量(包括年龄、受教育程度、劳动力人口比重、林业收入比重、家庭林地面积、商品林占比、是否有林权证)情况下,重点探析林权改革的相关政策参与度、满意度(关键变量):是否获得林业补贴、是否加入林业合作社、林权抵押贷款政策、林业采伐管理政策、政策性森

林保险,对农户林业生产行为的影响。

因变量是具有数量含义的连续变量,而自变量既有连续变量又有虚拟变量,因此选择构建多元线性回归模型进行计量实证研究。综合考虑数据的可得性以及数据特征后,设定模型为:

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{i=1}^{14} \beta_i X_i + \mu$$

其中: $Y_i$ 表示农户林业生产单位面积资金投入(包括种苗、化肥和农药、雇工工资、机械或租金、税费等)和单位面积劳动力投入(包括雇工和自投工等劳动时间); $\beta_0, \beta_i$ 为待估参数; $\mu$ 为随机扰动项,它包括不可测量和未考虑到模型中来的其他因素。模型中选取的变量及如表1所示。

表1 模型变量设定

Tab.1 Model variable settings

类别	变量名称	含义及单位
因变量	单位面积资金投入( $Y_1$ )	元/hm <sup>2</sup>
	单位劳动力投入( $Y_2$ )	工/hm <sup>2</sup>
关键变量	是否有拿到林业相关补贴( $X_1$ )	1-是,0-否
	是否加入林业合作社( $X_2$ )	1-是,0-否
	对林权抵押贷款满意度( $X_3$ )	0-不清楚,1-不满意 2-一般,3-满意
	对政策性森林保险的满意度( $X_4$ )	0-不清楚,1-不满意 2-一般,3-满意
	对采伐限额管理制度满意度( $X_5$ )	0-不清楚,1-不满意 2-一般,3-满意
自变量	年龄( $X_6$ )	岁
	是否小学( $X_7$ )	1-是,0-否
	是否初中( $X_8$ )	1-是,0-否
	是否高中( $X_9$ )	1-是,0-否
	是否大学( $X_{10}$ )	1-是,0-否
	林业收入比重( $X_{11}$ )	%
	劳动力占比( $X_{12}$ )	%
林地经营特征	家庭林地面积( $X_{13}$ )	%
	商品林比重( $X_{14}$ )	hm <sup>2</sup>
	是否有林权证( $X_{15}$ )	1-是,0-否

## 1.2 数据来源及变量描述性分析

数据来源于2017年7月福建省集体林权制度改革跟踪监测调查所得的监测数据。调研对象囊括了福建省5个市10个县:莆田市(仙游、长泰)、漳州市(屏南、平和)、龙岩市(漳平、永定)、南平市(建瓯、武夷山)、三明市(永安、尤溪)。抽样方法为按照县—镇—村的顺序随机抽取样本,首先,从每个县随机抽取2个镇,再每个乡镇抽取2~3村,最后每个村抽取8~10名农户,共调查农户502户,收回问卷502份。监测内容包括家庭特征、改革成效、政策评价等方面,该监测数据已成为政府评估集体林权制度改革成效的重要信息和数据支撑。根据本研究需要整理问卷及统计数据后,共获得有效问卷487份,有效率为97.1%。

从有效问卷的数据,样本农户的家庭平均人口为4.93人,其中劳动人口平均为3.01人,农户拥有的林地面积的样本均值为5.38 hm<sup>2</sup>。有拿到林业补贴和有参加林业合作社的农户占样本量的57.49%和7.8%。样本农户对林权抵押贷款、政策性森林保险以及采伐限额管理制度的评价数据基本特征见表2。从样本总体来看,选择对配套政策“不清楚”的样本农户比例相对较高,样本农户对配套政策“不满意”的比例

较低。采伐限额管理制度的满意比例最高,不清楚的比例最低。对林权抵押贷款满意的比列最高,不满意比例最低,但对林权抵押贷款政策不清楚的比例也最高。对政策性森林保险不清楚的农户近一半,对其不满意的比列是三项政策当中最高的。

表2 样本对林改配套政策的评价

Tab.2 Evaluation of the sample on the forest reform supporting policy

项目	单位:%		
	林权抵押贷款	政策性森林保险	采伐限额管理制度
满意	27.93	19.71	32.24
一般	17.25	20.74	25.67
不满意	3.29	14.17	8.01
不清楚	51.54	45.38	34.09

## 2 实证结果及分析

### 2.1 实证结果

运用Stata 13统计软件进行多元回归分析,从整体结果来看, $P$ 值显著,说明回归模型设置效果良好。此处需要说明的是,学历以“是否大学”为参照组,不进入模型。具体回归模型结果如表3。

表3 回归结果

Tab.3 Regression results

项目	单位面积劳动力投入( $Y_1$ )			单位面积资金投入( $Y_2$ )		
	系数	标准误	显著性	系数	标准误	显著性
是否有拿到林业补贴( $X_1$ )	-20.257	0.993	0.174	-7 781.373	242.265	0.033**
是否加入林业合作社( $X_2$ )	-20.73	1.851	0.011**	-3 667.758	451.709	0.589
对林权抵押贷款满意度( $X_3$ )	14.809	0.388	0.456	2 027.679	94.731	0.154
对政策性森林保险的满意度( $X_4$ )	1.223	0.437	0.852	1 957.321	106.590	0.221
对采伐限额管理制度满意度( $X_5$ )	9.766	0.392	0.098*	2 579.175	95.733	0.073*
年龄( $X_6$ )	-0.615	0.049	0.405	4.416	11.987	0.980
是否小学( $X_7$ )	-54.578	3.110	0.243	-14 590.125	759.138	0.201
是否初中( $X_8$ )	-34.353	2.987	0.444	-16 354.380	729.111	0.135
是否高中( $X_9$ )	-45.645	3.111	0.329	-13 817.130	759.540	0.226
林业收入比重( $X_{10}$ )	43.665	1.536	0.059*	14 067.105	374.826	0.013**
劳动力人口占家庭人口比重( $X_{11}$ )	-39.776	1.979	0.181	-6 241.920	483.004	0.389
家庭林地面积( $X_{12}$ )	-0.281	0.001	0.25	-5.370	0.264	0.175
商品林占家庭林地总面积比重( $X_{13}$ )	1.965	0.589	0.824	3 481.815	143.982	0.108
是否有林权证( $X_{14}$ )	58.137	1.019	0.000***	13 070.190	248.779	0.001***
常数	61.995			18 954.21		
	样本 487			样本量 487		
	$R^2=0.042$			$R^2=0.066$		

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%的水平上显著。

### 2.1.1 单位面积劳动力投入( $Y_1$ )

是否加入林业合作社、采伐限额管理制度满意度、林业收入比重、是否有林权证分别在5%、10%、10%、1%的水平显著。是否加入林业合作社为负相关,采伐限额管理制度满意度、林业收入比重、是否有林权证为正相关。而作为控制变量的户主年龄、受教育程度、劳动力占家庭总人口比重、家庭林地面积、商品林占家庭林地面积比重这几个因素在统计上是不显著的。

### 2.1.2 单位面积资金投入( $Y_2$ )

是否拿到林业相关补贴、采伐限额管理制度满意度、林业收入比重、是否有林权证分别在5%、10%、5%、1%的水平下显著。其中,是否拿到林业相关补贴为负相关,采伐限额管理制度满意度、林业收入比重、是否有林权证3个变量为正相关。作为控制变量,户主年龄、受教育程度、劳动力占家庭总人口的比例、家庭林地面积、商品林占家庭林地面积的比例均无统计学意义。

## 2.2 对模型回归结果的具体分析

### 2.2.1 关键变量对农户林业经营单位面积投入的影响

由表3可知,对农户林业单位面积投入有显著影响的关键变量有:是否拿到林业补贴、是否加入林业合作社、农户对采伐限额管理制度的满意度。可见,林改配套政策影响到了当前农户的林业生产经营行为。

(1)是否拿到林业补贴对单位面积劳动力投入影响不显著,对单位面积资金投入在5%的水平下负显著。林业补贴是指用于森林资源管理和保护支出、天然林保护和管理补助、森林生态效益补偿补助、林木良种培育补助、造林补助、湿地补助、退耕还林补贴、林业国家级自然保护区补等。林业补贴的范围在不断扩大,补贴金额在不断提高。先是国务院于2008年将森林防火、林木良种、病虫害防治纳入补贴范围,对森林抚育、木本粮油、生物质能源林、珍贵树种及大径材培育给予扶持,明确要求建立造林、抚育、保护、管理投入补贴制度。2009年以来,森林抚育、造林、良种造林、森林保险补助等试点相继启动。林业补贴也经历从试点到逐步扩大试点范围到补贴额度不断提高,越来越多的普通农户拿到了林业补贴,一定程度上有利于直接降低农户林业生产经营的成本,从而提高其营

林积极性。但从回归结果上看,是否拿到林业相关补贴与农户单位面积资金投入为负相关,与其他学者的研究有所冲突,可能的原因是样本农户拿到的林业相关补贴大多是生态公益林补贴,现实中对生态公益林的态度为保护、发挥生态效益为主,一般不能进行大面积采伐。另外,在实地调查中农户普遍反映生态补偿费偏低,即现有的生态补偿标准难以激励农户积极投资林业。以及,生态公益林经营由集体统一负责大部分投入,农户个人投入近乎为零。本文使用的数据统计的单位面积资金投入仅考虑农户个人投资部分,因此,本文林改补贴对单位面积资金投入为负也就可以理解了。

(2)就是否加入林业合作社而言,从样本农户来看,将近92%的农户没有加入林业合作社,大部分原因是村里没有合作社。而加入了林业合作社的农户相对没有加入林业合作社的农户对单位面积劳动力的投入反而更少,原因可能是合作社提供了更优质的劳动力,提高了劳动生产率,从而减少了单位面积劳动力的投入。

(3)对林业采伐限额管理政策满意度对单位面积林业经营行为影响显著。福建省连续保持全国森林覆盖率第一,得益于近年来一直实行较严的采伐限额制度,福建省林业厅出台关于森林采伐管理有关问题的通知(闽林[2014]2号),采伐期再延长,其中,对杉木中径材主伐年龄提高至26年,加大农户对林木的生产投入获得预期回报的不确定性,不利于提高农户对林业经营的积极性。但同时,通过政府不断调整指标采伐审批政策,更加宽松的指标设计能够提高农户收入的预期,从而刺激林业生产的投入。从回归结果来看,大多数对该政策清楚的农户持满意态度,对采伐限额管理不清楚的农户和对政策满意的农户占到农户的大部分,相较于对采伐限额管理政策不满意的农户,平均意义上,对采伐政策满意的农户会增加单位面积的资金和劳动力投入,究其原因是对预期的收入更积极的态度。

(4)林权抵押贷款满意度与农户林业经营投入行为不显著的原因可能是:林权抵押贷款的宣传度不够,近一半的样本农户对林权抵押不清楚,这使得林权抵押贷款政策没有发挥相应的作用。另外,由于当前大部分农户生产规模较小,林权抵押贷款的需求低,对林权

抵押贷款的参与率也低。即林权抵押贷款通过减轻农户资金压力来增加农户对林业的投资的初衷还没有得到实现。

(5)政策性森林保险对农户单位面积林业投入行为影响不显著。原因可能是:福建省作为林改的试验田,是全国第一批对全省生态公益林实行政策性统保的省份,而对商品林的统保还未启动。另外,从实地调查来看,森林保险主要针对造林后的林地和林木进行保险,政策实施存在特定阶段和不普遍的特点,农户对其需求不大,加上政策性保险需要农户自掏腰包的部分对农户的影响是微乎其微的,这也可能是政策性森林保险与农户林业投入行为不显著的原因。

### 2.2.2 控制变量对农户林业经营单位面积投入的影响

(1)户主及家庭基本情况变量中,林业收入占家庭收入的比重对农户的林业生产单位面积资金和劳动力投入都有显著的正向影响:林业收入占比与林业生产单位面积投入呈正相关,比重越高,平均意义上单位面积投入越多,因此可以通过提高林业收入比重刺激农户林业生产经营投入;户主年龄和教育程度、家庭劳动力占比对农户林业经营单位面积投入均没有显著影响。原因受访农户家庭结构相似度高,农户间的异质性较小;调查农户平均年龄为54岁,年龄偏大,95%的农户受教育程度为初中及小学以下,因而没有显著影响。

(2)林地经营特征的变量中:家庭林地面积、商品林占比对农户的林业投入行为均没有显著影响;林地是否有林权证则对农户的林业投入行为有显著正向影响,拥有林权证的农户相比没有林权证的农户对林地经营更有积极性,单位面积投入更多,这也与林改的初衷相一致。

## 3 结论与建议

以福建省2017年的林改跟踪调查监测数据为基础,构建多元回归模型,从实证结果表明部分林改配套政策发挥着显著激励和引导农户林业生产行为的作用。

具体来说,是否拿到林业相关补贴、是否加入林业合作社、农户对采伐限额管理制度的满意对农户林业单位面积投入有着显著影响。但林改配套政策整体

实施时间不长、农户对政策的认知程度不高(参见表2),要进一步完善对农户生产行为有显著影响的政策,以更好的发挥政策效应。另外,林权抵押贷款政策和政策性森林保险等改革配套政策对农户林业生产行为引导作用暂时还不明显。从理论分析以及制度设计目的来看这部分的配套政策对降低农户经营风险、提高林业收入等方面具有重要的现实意义,应该尽快找到这部分政策对农户林业生产行为影响不显著的关键原因,并进行调整,达到激励和引导农户林业生产行为的目的。

(1)关于认知不足。首先找出政策认知不足的原因是在于外出打工等距离因素,还是宣传不到位等方式因素,可通过创新宣传方式,不仅依靠公告栏公示,且通过建立微信群等向理解能力较强的外出打工者宣传政策,使其了解政策并辐射家人,以及可召集在村农户开会做接地气的宣讲当场答疑解惑,使政策入万家。

(2)关于政策完善。补贴方面,农户对补贴的标准和范围存在合理的更高的期望,因此需要适当提高林业补贴,扩大补贴范围,使造林补贴、抚育补贴、管护补贴向普惠性迈进;合作社有利于提高农户生产率,因此应注重培育新型经营主体,从资金和技术方面扶持林业合作组织的发展;提高采伐限额政策满意度,可通过农户收入多元化方式,如发展林下经济等方式增加农户收入,使得农户真正认可理性采伐;农户对林权抵押贷款存在需求,但未转化为行为,资金对小农户的约束更强,小农户的贷款不确定也更强,需要政府、金融机构、农户3方的合力降低坏账风险;政策性保险有利于分散农户经营林业的风险,对商品林的保险需完善险种,以保障经营商品林农户林业收入。

## 参考文献:

- [1] 刘浩,刘璨.我国集体林产权制度改革及配套改革相关政策问题研究[J].林业经济,2016,38(9):3-12.
- [2] 张建龙.林权改革:一个兴林富民的壮举[J].中国林业产业,2008(5):1-2.
- [3] 刘承芳,张林秀,樊胜根.农户农业生产性投资影响因素研究:对江苏省六个县市的实证分析[J].中国农村观察,2002(4):34-42,80.
- [4] 辛翔飞,秦富.影响农户投资行为因素的实证分析[J].农业经

- 济问题,2005(10):36-39+81.
- [5] 罗金,张广胜.集体林权改革后的林农生产投资行为[J].林业经济问题,2009,29(1):77-80.
- [6] 邵亮亮,黄季焜.不同类型流转农地与农户投资的关系分析[J].中国农村经济,2011(4):9-17.
- [7] 林毅夫.制度、技术与中国农业发展[M].上海:上海三联书店,1994:107-135.
- [8] 郭敏,屈艳芳.农户投资行为实证研究[J].经济研究,2002(6):86-92,96.
- [9] 朱喜,史清华,李锐.转型时期农户的经营投资行为:以长三角15村跟踪观察农户为例[J].经济学,2010,9(2):713-730.
- [10] 王小军.集体林权制度改革中的农户森林经营行为与影响因素:以福建省邵武市和尤溪县为例[J].林业科学,2013,49(6):135-142.
- [11] 曹兰芳,王立群,曾玉林,等.农户林改配套政策主观价值判断对生产经营决策行为的影响:基于湖南省50个村500户农户的实证研究[J].农村经济,2014(5):56-60.
- [12] 詹黎锋,杨建州,张兰花,等.农户造林投资行为影响因素实证研究:以福建省为例[J].福建农林大学学报(哲学社会科学版),2010,13(2):57-60.
- [13] 刘珉.集体林权制度改革对农户林木种植的影响研究:基于河南平原地区的数据[J].北京林业大学学报(社会科学版),2012,11(4):91-96.
- [14] 康小兰,朱述斌,刘滨.林改政策对不同资源禀赋林农的营林造林行为影响与作用机理研究:以江西省为例[J].林业经济问题,2014,34(1):31-37.
- [15] 曹兰芳,王立群,曾玉林.林改配套政策对农户林业生产行为影响的定量分析:以湖南省为例[J].资源科学,2015,37(2):391-397.
- [16] 赵静,李红勋.集体林改政策满意度及森林经营意愿研究:以福建三明宁化县为例[J].北京林业大学学报(社会科学版),2013,12(4):7-12.
- [17] 曹兰芳,尹少华,曾玉林,等.资源异质性农户林业生产投入决策行为及差异研究:以湖南省为例[J].中南林业科技大学学报,2017,37(12):174-179.
- [18] 杨超,宋维明.林权改革条件的林农选择:营林行为与营林规模[J].改革,2015(11):77-85.
- [19] 杨仙艳,刘伟平,黄巧萍,等.林改相关配套政策对农户林业生产经营行为的影响研究[J].云南农业大学学报(社会科学),2018,12(3):41-46.

(责任编辑:叶丽娜)

## Effects of Participation and Satisfaction Degree of Farmers' Forest Reform-related Supporting Policies on Forestry Production Behavior

HUANG Qiaoping, LIU Fangfang, LU Sulan, LIU Weiping

(School of Economics, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350000)

**Abstract:** In order to further improve the relevant policies for forest reform and consolidate the achievements of forestry reform, this paper uses the survey data of 487 sample farmers in Fujian Province, from the perspective of farmers' participation and satisfaction in the relevant policies of forestry reform, a multi-regression model was constructed to analyze the impact of forestry supporting policies on farmers' forestry labor investment and capital investment. The results show that the satisfaction of the quota management system has a significant positive impact on the forestry production behavior of the farmers; The forestry subsidies have a significant impact on the farmer's forestry unit investment; Participating in cooperatives has a significant positive impact on farmers' forestry labor input behavior; The satisfaction of forest policy forest insurance and forest tenure mortgage policy has a positive impact on farmers' forestry production behavior, but it is not significant. In the control variables, the forestry income proportion and the forest ownership certificate It has a significant positive impact on farmers' forestry production behavior. As a result, corresponding suggestions were made in order to further improve the relevant supporting policies of forest reform.

**Key words:** related policies for forest reform; participation; satisfaction; unit area input; multiple linear regression

# 福建省空气质量指数特征分析

叶景山, 周富杰, 黎哲镇, 温永仙

(福建农林大学 计算机与信息学院, 福建 福州 350002)

**摘要:**采用函数型主成分分析(FPCA)方法对福建省空气质量指数(AQI)的影响因素进行分析,同时结合 Arc GIS 图对福建省 AQI 的时空分布特征进行描述。通过 FPCA 方法共提取了工业废气与汽车尾气、原料燃烧、人类建设活动、降水等四个主成分,累积总贡献率达到 98.1%,时空分析表明不同地区的 AQI 存在差异,非沿海地区的 AQI 低于沿海地区。研究表明福建省空气质量指数受当地经济发展程度、经济发展模式、人们生活习惯和气候条件等影响,综合来看,福建省沿海地区空气质量稍差于非沿海地区。根据空气质量的情况不同,我们将福建省 9 个地级市进行分类,第一类为龙岩、三明、南平和厦门,第二类为宁德、泉州和莆田,福州和漳州都自成一类。

**关键词:**时空分布特征;空气质量;函数型主成份分析;福建省

**中图分类号:**X51 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2020)06-0031-08

改革开放以来,我国经济发展迅速,人民生活水平不断提高,对健康越来越重视。空气污染是影响人民健康的一个重要因素,它会引发多种疾病,甚至死亡,世界卫生组织(WHO)提供的数据表明,每年因空气污染造成的死亡数达 700 万<sup>[1-3]</sup>。因此我国对空气质量十分重视,为了更好地监测、管控空气质量,环保部在新发布的《环境空气质量标准》(GB 3095—2012)中增加了 PM<sub>2.5</sub>、CO 与 O<sub>3</sub> 指标,同时降低了 PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub> 及 NO<sub>2</sub> 标准限值<sup>[4-5]</sup>。分析城市的空气质量指数,可为环保部门应对污染风险、增强环境保护手段提供依据,具有重要的理论意义与实践价值。

空气质量指数(air quality index, AQI)是定量描述空气质量状况的无量纲指数<sup>[6]</sup>,它是将几种常规监测的空气污染物浓度按一定的标准综合成为单一的数值形式<sup>[7-8]</sup>。AQI 具有比空气污染指数 (air pollution index, API)更加权威,更加全面地衡量空气质量状况等优势<sup>[9]</sup>,因此, AQI 被广泛用于空气质量的研究中。首先是空气质量的预测,能提前知道空气质量情况,就能更好地应对空气质量差的情况,更有利于人的健康。在 AQI 预测方面,有基于神经网络及其改进的方法<sup>[10-13]</sup>,薛俭和徐艳利用 O-U 模型对北京、天津以及石家庄的 AQI 进行预测<sup>[14]</sup>,刘洪通等基于 Storm 建立了 AQI 实时预测模型<sup>[15]</sup>,杨丰玉等考虑了风力因素<sup>[16]</sup>,王晓玲等考虑了气象因素对 AQI 进行预测<sup>[17]</sup>。其次针对空气质量时空分布的问题,刘华军和杜广杰结合了基尼系数测度、空间统计分析以及核密度方法对中国城市大气污染的空间格局与分布动态演进进行了研究<sup>[18]</sup>。姜磊等结合全域空间自相关、自然正交函数和空间描述性统计的方法来探索研究城市 AQI 的时空动态变化特征<sup>[9]</sup>。还有一些其他的相关研究,例如,高庆先等通过研究中美 AQI 的差异,提出 AQI 计算方法

**收稿日期:**2019-11-25

**基金项目:**国家自然科学基金项目(31571558);福建省自然科学基金项目(2017J01606);福建农林大学科技创新专项基金(KFA17180A)。

**作者简介:**叶景山(1993-),男,汉族,硕士研究生,主要从事统计信息技术及数据挖掘的研究。

**通讯作者:**温永仙(1966-),女,汉族,教授,博士生导师,主要从事生物统计与生物信息学、数理统计及其应用。

的一些问题<sup>[19]</sup>。谢珺怡研究了 AQI 对股市的影响<sup>[20]</sup>,姜磊等对 AQI 的社会经济影响因素进行分析<sup>[21]</sup>。

本文对福建省空气质量情况进行研究,目前对福建省空气质量的研究比较少,曾艺芳等利用多元回归分析方法结合 Arc GIS 图分析了福州市的 AQI 时空分布特征及其影响因素<sup>[22]</sup>。杨春霖利用灰色聚类分析方法对闽侯县空气质量进行评价<sup>[23]</sup>。本研究拟采用函数型主成分分析方法提取主成分,结合 Arc GIS 图对福建省空气质量情况进行分析,同时利用函数型主成分分析得分图对福建省 9 个地级市的空气质量进行分类、分析。

## 1 研究区概况

福建省地处中国东南沿海,东经 115°50′~120°43′,北纬 23°33′~28°19′之间,与台湾岛隔海相望。福建土地总面积相对较小,约为 1.21×10<sup>5</sup> km<sup>2</sup>,排在全国 23 位。福建大部分属于亚热带季风气候,又处于沿海地区,所以雨热资源丰富且雨热同期,十分适宜植物生长。再加上地形并不平坦,多丘陵,素有“八山一水一分田”的说法,导致很多地方并不适宜耕种。福建的地形及气候条件适合林木的生长,第九次全国森林资源清查结果表明,福建省森林覆盖率连续四十年居全国第一,森林覆盖率达到 66.8%<sup>[24]</sup>。森林覆盖率越高,在一定程度上意味着环境会越好,空气质量也就越好,因此福建省的空气质量相对较好。

## 2 研究方法与数据来源

### 2.1 数据来源与缺失值处理

数据取自于 PM<sub>2.5</sub> 历史数据网站 (<https://www.aqistudy.cn/historydata/>), 本研究中截取 2018 年福建省各市每日的 AQI 数据以及 2015—2018 年各市的月度 AQI 数据。宁德市的数据在 2018 年 4 月 29 日和 2018 年 4 月 30 日有缺失,采用 2018 年数据完整的 363 天的 AQI 平均值代替缺失值。

### 2.2 研究方法及原理

#### 2.2.1 主成分分析

主成分分析也称主分量分析,是 Hotelling 在

1933 年提出来的<sup>[25]</sup>。主成分分析是将原有的多个指标简化成较少且具有代表性的综合性指标。假设有  $x_1, x_2, \dots, x_p$  个变量,首先寻找一个线性组合  $f_1$ 。

$$f_1 = \sum_{j=1}^p \beta_{1j} x_{1j}, \quad (1)$$

并使其包含最多的变异性信息,也就是使得  $f_1$  的方差达到最大, $f_1$  就是其第一主成分。随后,再寻找下一个线性组合  $f_2$ 。

$$f_2 = \sum_{j=1}^p \beta_{2j} x_{2j}, \quad (2)$$

在  $f_1$  与  $f_2$  互不相关条件下使得  $f_2$  的方差达到最大, $f_2$  就是其第二主成分。依此类推,直至所有的变量信息被提取完毕。所以主成分分析就是用综合性指标代替原有的变量,即线性组合  $f_1, f_2, \dots, f_k$  代替变量  $x_1, x_2, \dots, x_p$  ( $k \leq p$ ),使其在包含绝大多数变量信息的条件下达到降维的目的。

提取的主成分个数与  $f_i$  的贡献率有关, $f_i$  的贡献率是  $f_i$  的方差与总方差的比值,第  $i$  个主成分  $f_i$  的方差等于第  $i$  个特征值  $\lambda_i$ <sup>[25]</sup>(所求出的特征值按照从大到小的顺序排列,第  $i$  个特征值代表该特征值在排序中第  $i$  位),所以主成分  $f_i$  的方差贡献率可以用一个指标  $\omega_i$  来表示。

$$\omega_i = \lambda_i / \sum_{j=1}^p \lambda_j, i=1, 2, \dots, p, \quad (3)$$

其中,第一主成分的贡献率最大,第二、第三主成分等的贡献率依次减少,而用于判断主成分提取个数的指标是前  $k$  个主成分的累计贡献率:

$$\sum_{i=1}^k \omega_i = \sum_{j=1}^k \lambda_j / \sum_{j=1}^p \lambda_j, \quad (4)$$

它是前  $k$  个主成分的贡献率之和,它表明前  $k$  个主成分综合原始变量  $x_j$  ( $j=1, 2, \dots, p$ ) 信息的能力,通常我们要求累计贡献率达到 85% 以上<sup>[26]</sup>。

#### 2.2.2 函数型主成分模型

函数型数据分析<sup>[27]</sup>(functional data analysis, FDA)最早是由 Ramsay 提出的,函数型数据是将数据以函数的形式表现出来<sup>[28]</sup>,通常为光滑的曲线或连续的函数,其数据具有函数性。函数型主成分分析(functional principle components analysis, FPCA)是主成分分析的一种扩展<sup>[29-30]</sup>,传统主成分分析的数据一般是向量形

式,而 FPCA 的数据是连续的,是经典多元分析的曲线<sup>[31]</sup>,是有限维度函数线性组合对无限维度的近似<sup>[32]</sup>。函数型主成分分析中离散的变量  $x_j$  通过基函数平滑变为连续的函数  $x(s)$ ,此时,权重向量  $\beta$  变为权重函数  $\beta(s)$ ,所以

$$f = \int \beta(s)x(s)ds \quad (5)$$

本研究利用 R 语言中傅里叶基函数对离散数据进行平滑,基函数个数  $K$  为 65,用 `pca.fd` 函数计算函数型主成分,并画出相应的图进行分析。

### 3 结果与分析

原数据通过整理得到 2018 年福建各市每日 AQI 数据均值表(表 1),2015—2018 年福建各市每月 AQI 数据均值表(表 2),2018 年福建各市空气质量等级天数表(表 3),并画出 AQI 的散点图(图 1)。其中质量等级划分根据环保部于 2012 年发布的《环境空气质量指数(AQI)技术规定(试行)》里规定的质量等级标准进行划分<sup>[6]</sup>(表 4)。

表 1 2018 年福建省各市每日 AQI 数据均值表

Tab.1 Daily average values of AQI of Fujian each city in 2018

变量	福州	莆田	泉州	厦门	漳州	龙岩	三明	南平	宁德
AQI 均值	54	59	57	50	62	47	47	46	54
标准误差	1.04	1.28	1.11	0.80	1.15	0.98	0.90	1.05	1.14

表 2 2015—2018 年福建各市每月 AQI 数据均值表

Tab.2 Monthly average value of AQI in Fujian each city from 2015 to 2018

变量	福州	莆田	泉州	厦门	漳州	龙岩	三明	南平	宁德
AQI 均值	57	58	56	52	61	49	50	48	55
标准误差	0.47	0.54	0.48	0.46	0.50	0.38	0.36	0.45	0.50

表 3 2018 年福建各市空气质量等级天数表

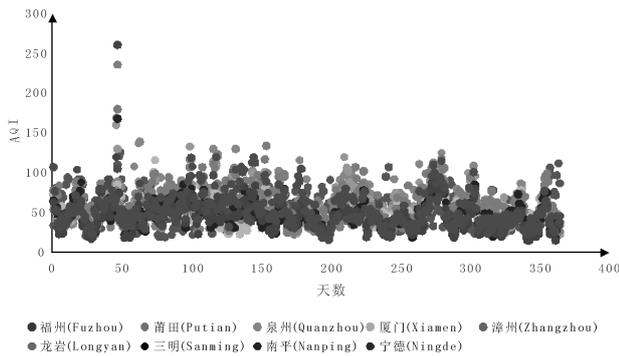
Tab.3 The number of days for air quality levels of Fujian each city in 2018

程度	福州	莆田	泉州	厦门	漳州	龙岩	三明	南平	宁德
优	184	169	168	216	121	235	234	244	203
良	174	176	184	147	228	129	130	119	145
轻度污染	7	19	12	2	15	0	0	1	17
中度污染	0	1	1	0	1	0	1	0	0
重度污染	0	0	0	0	0	1	0	1	0

表 4 AQI 质量等级划分标准

Tab.4 AQI quality level classification criteria

AQI	0~50	51~100	101~150	151~200	201~300	>300
AQI 级别	一级	二级	三级	四级	五级	六级
AQI 类别	优	良	轻度污染	中度污染	重度污染	严重污染



注:横轴天数代表的是每年 365 天中的第几天

图 1 福建省九个城市在 365 天中每天 AQI 平均值的散点图

Fig. 1 Scatter plot of average daily AQI for nine cities in Fujian over 365 days

### 3.1 异常值分析

从图 1 的散点图可以看出,2018 年福建省各市的 AQI 数据比较均匀,基本都在 100 以下,说明福建省空气质量总体很好,表 3 表明每个市都仅有少数几日有空气污染发生。而在第 50 d(2 月中旬)左右出现 AQI 数值异常偏高,该时间为 2018 年春节,AQI 偏高可能是燃放烟花爆竹所致。

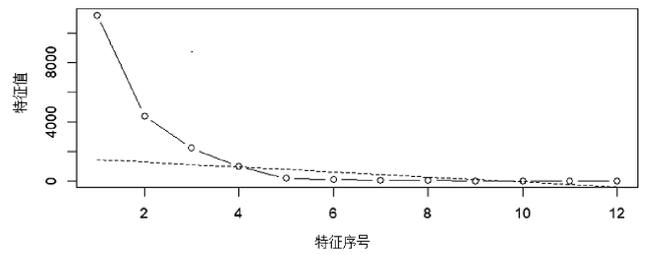
### 3.2 函数型主成分分析

利用 R 语言进行函数型主成分分析,得到特征值及贡献率(表 5),同时绘出特征值(图 2),综合表 5 与图 2,取前四个主成分 pca1,pca2,pca3,pca4 进行分析,累计总贡献率达到 98.1%,包含原始变量绝大部分信息。

表 5 函数型主成分特征值及贡献率

Tab. 5 Eigenvalue and contribution rate of functional principal components

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
pca1	11 196.47	58.5	58.5
pca2	4 381.47	22.9	81.4
pca3	2 214.86	11.6	93.0
pca4	979.66	5.1	98.1
pca5	175.31	0.9	99.0
pca6	83.15	0.4	99.4
pca7	60.26	0.3	99.7
pca8	37.70	0.2	99.9
pca9	0.00	0.0	99.9

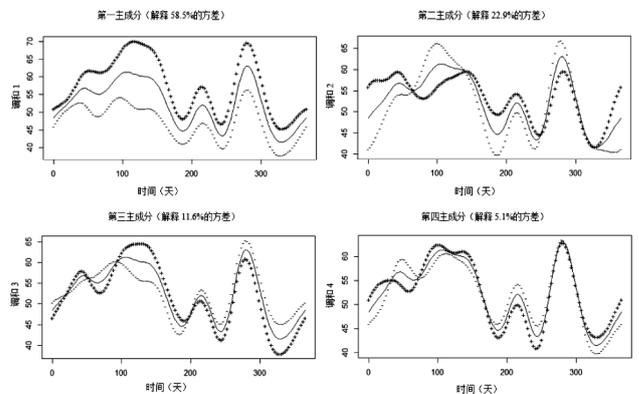


注:图中虚线表示对表 3 未列出特征值的预测,圆表示特征值,实线是两个特征值的连线

图 2 函数型主成分分析特征值

Fig. 2 Eigenvalues of functional principal component analysis

函数型主成分的结果给出了前四个主成分对均值函数的扰动图(图 3),同时绘出主成分得分图(图 4)。



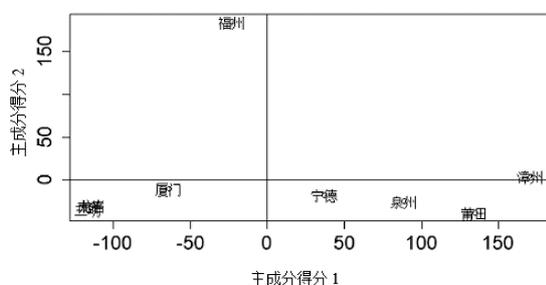
注:图中实线表示整体均值函数,“+”和“-”,表示主成分对均值函数的扰动,“+”表示当给均值函数加上主成分的影响时,均值函数发生变化的趋势,“-”表示当均值函数减去同样的主成分时,均值函数发生变化趋势

图 3 函数型主成分对均值函数的扰动图

Fig. 3 Perturbation diagram of the functional principal component to the mean function

从图 3 可以看出,第一主成分解释了 58.5% 的方差,其对均值函数的扰动与均值函数的趋势是相同的,说明第一主成分是影响污染物浓度的因素,是全年影响的,即非突发也非季节性,所以是工业废气,汽车尾气等污染源的排放导致 AQI 升高的重要因素。第二主成分解释了 22.9% 的方差,1 月至 3 月中旬,5 月下旬至 8 月下旬,11 月中旬至 12 月末这些时间段促进 AQI 的升高(称为正效应),3 月下旬至 5 月中旬,9 月至 11 月上旬这些时间段使得 AQI 降低(称为负效应)。第二主成分的正效应时间段与福建农田休耕期一致,负效应时间段处于作物生长阶段,作物生长进行光合作用,净化空气,同时叶片等还能

吸附一些固体颗粒物,减少了空气中污染物浓度。福建植被覆盖率大,影响效果较明显,所以第二主成分反映了作物对AQI的影响。第三主成分解释了11.6%的方差,其正效应出现在4月至7月,其它都以负效应为主。第三主成分效应比较集中,可能反映了一些人类活动的因素。例如,建设施工时会产生大量粉尘,完成清理后扬尘比原来少,因此后期出现负效应。第四主成分解释了5.1%的方差,其正效应主要是在1月至4月以及11月至12月,负效应主要出现在4月至9月,10月则基本持平,根据2018年的福建省气候公报可知,2018年秋季,主要是11月份,出现罕见的阴雨寡照天气,冬季容易出现连晴天气,春季多阴雨天气,2018年的雨季开始于5月1日,6月24日结束,同时6月至9月受多个台风影响,降水较多。邹琳等在研究南昌AQI时提到,降水会影响空气质量,降水量大时会降低AQI,而降水量小的时候会使空气中污染物浓度增大,从而增大AQI,同时连阴和连晴也会增大AQI。<sup>[39]</sup>这些正好与出现正负效应的时间及天气情况相吻合,所以第四主成分反映了降水对福建省AQI的影响。



注:图中两条实线分别表示横轴和竖轴为0,将其图分为四个象限

图4 函数型主成分得分图

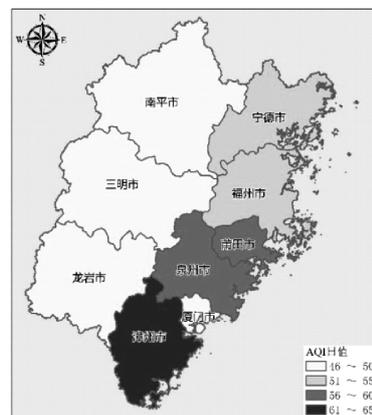
Fig. 4 Functional principal component score chart

### 3.3 时空分布分析

利用ArcGIS软件对2018年福建省每日AQI均值数据,它是2018年福建省九个城市365天的AQI数据平均值,即每个市2018年365天的AQI总和除以365(图5),2015—2018年福建省每月AQI均值数据,它是2015—2018年总共四年福建省每个月九个城市AQI数据平均值(图6),以及2018年福建各市的六种污染物的均值数据进行绘图(图7)。

图5反映的是2018年福建省AQI均值情况,从

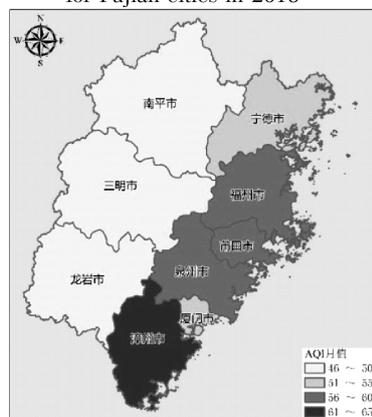
均值上看,2018年福建各市的AQI均值都在70以下,表明福建省总体空气质量良好。从区域上看,沿海城市总体空气质量差于非沿海城市,沿海城市经济发展更快,人口密度大,城市化程度高,汽车数量多,容易导致污染物浓度提升,使得AQI大于非沿海城市。具体来看,2018年南平、三明、龙岩及厦门的AQI均值不大于50,空气质量为优。其余市为良。图6显示的则是过去4年每月的AQI均值情况,其中厦门和福州的AQI均值大于2018年,通过计算得厦门和福州2015—2017年的AQI均值分别为52和57,2018年为50和54,说明其2015—2017年的AQI均值大于2018年,表明2018年与前几年的综合情况相比,厦门和福州在改善空气质量方面有成效。



注:2018年福建省九个城市全年的AQI数据平均值

图5 2018年福建省各市的AQI均值空间分布图

Fig. 5 The spatial distribution of the average AQI for Fujian cities in 2018



注:图中数据是2015—2018年总共四年福建省每个月九个城市AQI数据平均值

图6 2015—2018年福建省各市每月AQI均值空间分布图

Fig. 6 Spatial distribution of monthly average AQI values in Fujian each city from 2015 to 2018

从图 7 可知六种污染物分布的具体情况,大体呈现出南北差异、沿海与非沿海的差异。从总体上来说,福建北部地区  $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$  和  $NO_2$  的浓度相对福建南部较低些。 $SO_2$  浓度呈现出非沿海地区高于沿海地区,而  $O_3$  则正好相反,沿海地区  $O_3$  浓度较高是因为沿海地区汽车数量较多,汽油挥发、尾气排放产生  $O_3$ ,导致其浓度高于非沿海地区。 $SO_2$  主要来源是化石燃料的燃烧和硫化物矿石冶炼等,受重工业影响,非沿海地区  $SO_2$  浓度高于沿海地区。 $CO$  浓度则是厦门、泉州和莆田一带较低, $CO$  主要来源是原料燃烧和汽车尾气排放,而这一带需要通过原料燃烧的工业较少,所以  $CO$  浓度相对低些。具体来看,2018 年漳州空气质量较差,除  $SO_2$  外污染物浓度都较高,三明的  $SO_2$  和  $CO$  浓度较高,南平空气质量较好,污染物浓度都较低。

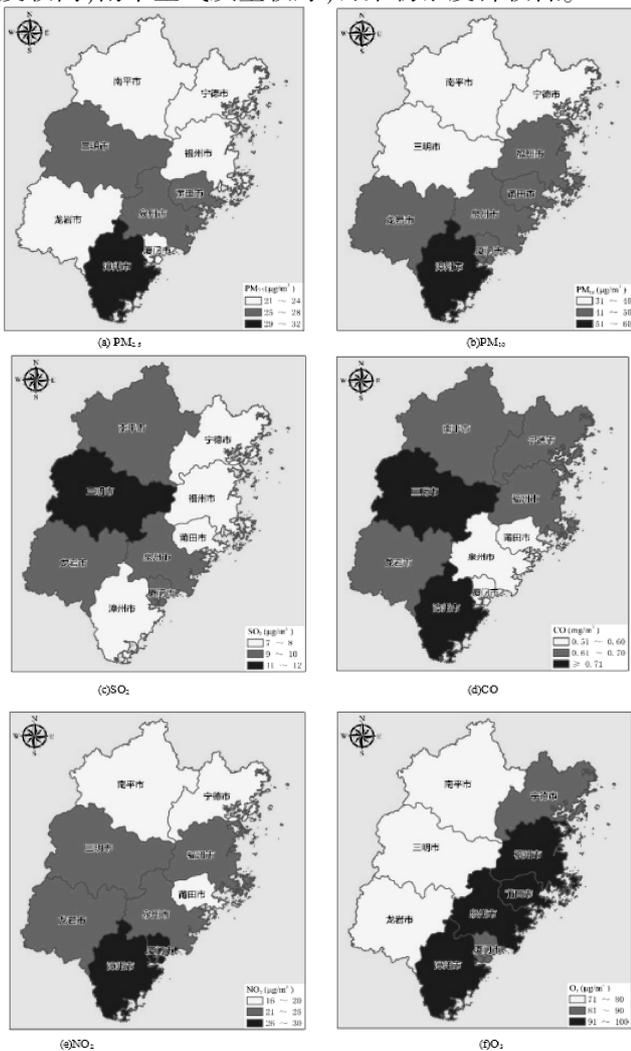


图 7 2018 年福建省六种污染物的均值时空分布图

Fig. 7 Spatiotemporal distribution of the mean of six pollutants for Fujian each city in 2018

结合图 4、图 5 和表 2,对九个城市的空气质量进行分类。龙岩、三明、南平和厦门在同一个象限且 AQI 均值在同一区间,表明这四个城市的空气质量情况相似,归为一类。这四个城市空气质量以优为主,主要造成污染的是春节燃放烟花。宁德、泉州和莆田在同一个象限,归为第二类,特点是污染天数较多,空气质量为优和良的天数接近,漳州独在一个象限,却在泉州、莆田和宁德所在象限边缘附近,这是由于漳州污染天数与泉州、莆田和宁德相近,但漳州空气质量以良为主。福州独自在一个象限,与其他城市相比,福州空气质量天数都在中等的水平,所以福州自成一类。综上所述,如分成四类,则第一类为龙岩、三明、南平和厦门,第二类为宁德、泉州和莆田,第三类为福州,第四类为漳州。

### 4 讨论与结论

随着科技发展,数据获取变得越来越容易,数据越来越密集,当数据无限稠密时会接近曲线,这时传统的离散数据分析方法变得不适用,函数型数据分析方法能解决这个问题,而主成分分析又有降维和简化指标的作用,所以用函数型主成分分析方法来研究空气质量指数特征是有意义的。通过函数型主成分分析方法对福建省 AQI 进行分析,提取的四个主成分是对 AQI 造成影响的因素,结合时空分布特征分析可知,AQI 与经济发展程度、经济发展模式、人们生活习惯和气候条件等息息相关。经济发展程度越高,消耗资源越多,容易产生更多污染。经济发展模式则主要说明产业的不同,如重工业、轻工业以及农业、服务业等,会导致主要污染物类型的不同。人们生活习惯,例如出行,是选择公共交通、共享单车等较为环保的方式,还是自驾开车等。气候条件则是,降水,风力因素、温度、日照等等。福建省空气质量总体优良,但也存在一些差异,沿海地区的空气质量会略差于非沿海地区。

在上述分析中也发现了一些问题。首先是政策落实不是很到位,2018 年春节福建省各市燃放了大量烟花爆竹,导致空气污染,龙岩和南平甚至重度污染。其次是汽车尾气以及工业废气排放很大程度上影响着

空气质量,稻杆等作物剩余物的处理,人类建设活动导致的空气污染问题等。针对这些问题,提出一些建议。第一,必须继续坚持禁燃烟花爆竹的政策,并加强监督力度,一些重大活动必须得到特殊批准,可以适当燃放。第二,必须对工业废气严加管控,处理不达标的废气必须严禁排放,经济的发展不能以破坏环境为代价。同时相关部门应该督促有关企业进行技术革新,提高能源利用率。第三、建立相关的奖惩制度,违规了就应当按规定进行处罚,对做出较大贡献者也应该给予适当奖励。第四,提倡绿色出行,加强人民群众的环保意识,组织人员下基层宣传,学校学习教育等,只有每个人都有了这种意识,才会主动做到低碳、环保。总而言之,对于有些不可抗的自然因素,我们要学会预防,而人为的因素,则要努力从源头处理它,将它不好的影响降至最低限度。

#### 参考文献:

- [1] 尹琪,胡红萍,白艳萍,等.基于 GA-SVM 的太原市空气质量指数预测[J].数学的实践与认识,2017,47(12): 113-120.
- [2] 王鹏跃,郭茂祖,赵玲玲,等.城市空气质量感知方法综述[J].计算机科学,2019,46(z1): 35-40,51.
- [3] 王建州,杨文栋.基于非线性修正策略的空气质量预警系统研究[J].系统工程理论与实践,2019,39(8): 2138-2151.
- [4] 谢放尖,史之浩,李婧祎,等.基于达标约束的南京市环境空气质量情景模拟[J].环境科学,2019,40(7): 2967-2976.
- [5] 付晓燕.我国环境空气质量标准发展及现状[J].环境与可持续发展,2014,39(3): 41-43.
- [6] 中华人民共和国环境保护部.环境空气质量指数(AQI)技术规范(试行):HJ 633-2012[S].北京:中国环境科学出版社,2012.
- [7] 酆嘉诚,高庆先,李亮,等.对首要污染物所揭示的京津冀环境空气质量状况的认识启迪与对策建议[J].环境科学研究,2018,31(10): 1651-1661.
- [8] 郑洋洋,白艳萍,侯宇超.基于 Keras 的 LSTM 模型在空气质量指数预测的应用[J].数学的实践与认识,2019,49(7): 138-143.
- [9] 姜磊,周海峰,柏玲,等.中国城市空气质量指数(AQI)的动态变化特征[J].经济地理,2018,38(9):87-95.
- [10] 吕霁洲.基于 AQI 和 BP 神经网络的空气质量评价及预测[J].电子世界,2018,545(11):25-26.
- [11] 董婷,赵俭辉,胡勇.基于时空优化深度神经网络的 AQI 等级预测[J].计算机工程与应用,2017,53(21): 17-23,41.
- [12] 方正,张磊,王玉琴,等.基于自回归 GA-BP 神经网络的 AQI 预测[J].环境监测与预警,2019,11(2): 22-25.
- [13] 高帅,胡红萍,李洋,等.基于改进的思维进化算法与 BP 神经网络的 AQI 预测[J].数学的实践与认识,2018,48(19): 151-157.
- [14] 薛俭,徐艳.基于 O-U 模型的 AQI 模拟及预测[J].生态经济,2019,35(4): 185-192.
- [15] 刘洪通,冯百明,温向慧,等.基于 Storm 的 AQI 实时预测模型[J].计算机工程与设计,2019,40(1): 296-301.
- [16] 杨丰玉,王宝英,陈英,等.一种考虑风力作用的 KNN 城市 AQI 预测算法[J].计算机应用研究,2019,36(6):1679-1682,1722.
- [17] 王晓玲,岳岩裕,陈赛男,等.湖北三种地形下 AQI 特征及其与气象因子的关系[J].气象科技,2018,46(5): 1012-1019.
- [18] 刘华军,杜广杰.中国城市大气污染的空间格局与分布动态演进:基于 161 个城市 AQI 及 6 种分项污染物的实证[J].经济地理,2016,36(10): 33-38.
- [19] 高庆先,刘俊蓉,李文涛,等.中美空气质量指数(AQI)对比研究及启示[J].环境科学,2015,36(4): 1141-1147.
- [20] 谢珺怡.空气质量指数(AQI)对中国股票市场影响的研究[J].当代经济,2016(20): 124-125.
- [21] 姜磊,周海峰,柏玲,等.空气质量指数(AQI)的社会经济影响因素分析:基于指数衰减效应视角[J].环境科学学报,2018,38(1): 390-398.
- [22] 曾艺芳,张秋月,金致凡,等.福州市 AQI 时空分布特征及影响因素研究[J].环境科学与技术,2017,40(10): 131-137.
- [23] 杨春霖.基于 AQI 和灰色聚类分析的闽侯县环境空气质量评价[J].广东化工,2019,46(10): 210-213.
- [24] 福建省林业局办公室.清新福建的一份优异答卷:全省森林覆盖率连续 40 年保持全国第一[J].福建林业,2019(1): 4-5.
- [25] 费宇.多元统计分析[M].北京:中国人民大学出版社,2014: 77-96.
- [26] 杨英冕.函数型数据分析及其在股指分析中的应用[D].北京:华北电力大学,2016:14-26.
- [27] RAMSAY J O .When the data are functions[J].Psychometrika, 1982,47(4): 379-396.
- [28] 陈宜治.函数型数据分析若干方法及应用[D].杭州:浙江工商大学,2011.
- [29] 尚华,王森.G20 成员国 CPI 影响因素分析:基于函数型主成分的实证分析[J].价格理论与实践,2018(4): 85-88.

- [30] 尚华,梁银双.基于函数型主成分的 G20 成员国经济增速分析[J].调研世界,2018,296(5):42-46.      统计与决策,2013(20): 24-26.
- [31] 埃弗里特,钱晓明.剑桥统计学辞典[M]第 2 版.上海:上海财经大学出版社,2010, 183.      [33] 邹琳,刘玲,熊荔.南昌市污染物 AQI 指数特征分析[J].河南科技,2018(26): 156-158.
- [32] 黄恒君. 基于函数型主成分的收入分布变迁特征探索[J].      (责任编辑:叶丽娜)

## Characteristics Analysis of Air Quality Index in Fujian

YE Jingshan, ZHOU Fujie, LI Zhezhen, WEN Yongxian

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

**Abstract:** In order to study the impact factors of Air Quality Index (AQI) in Fujian using functional principal component analysis (FPCA) method. The analysis was carried out, and the spatial and temporal distribution characteristics of AQI in Fujian were described in combination with ArcGIS mapping. Four main components were extracted based on the FPCA method, namely industrial waste gas and automobile exhaust gas, raw material combustion, human construction activities and precipitation. The accumulative total contribution rate of four components had reached 98.1%. The space-time analysis showed that there were differences AQIs for every region, and the AQI in non-coastal areas would be lower than that in coastal area. It showed that the air quality index in Fujian is affected by the local economic development level, economic development model, people's living habits and climatic conditions. In general, the air quality in the coastal areas was slightly worse than that in non-coastal areas in Fujian. According to air quality conditions, the nine prefecture-level cities were classified in Fujian. The first regional category includes Longyan, Sanming, Nanping and Xiamen, the second regional category includes Ningde, Quanzhou, Putian, Fuzhou and Zhangzhou are belong to a regional of their own, respectively.

**Key words:** spatiotemporal distribution characteristics; air quality; functional principle components analysis; Fujian

# 一类复值 $l_1$ 范数最小化问题的复值 投影神经网络算法

张宋传<sup>1</sup>, 陆求赐<sup>2</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 人文与教师教育学院, 福建 武夷山 354300)

**摘要:** 通过定义新的投影函数, 提出一种连续时间的复值投影神经网络模型及其离散化算法, 能完全在复域上解决一类复值  $l_1$  范数最小化问题, 并在理论上得到新模型及其离散化算法的稳定性和全局收敛性。数值实验进一步表明, 新模型的离散化算法能有效地求解基于  $l_1$  范数最小化的复值稀疏信号的重构问题。

**关键词:**  $l_1$  范数最小化; 投影神经网络; 稳定性和全局收敛性; 稀疏重构

**中图分类号:** O29    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1674-2109(2020)06-0039-05

考虑一类复值  $l_1$  范数最小化问题:

$$\begin{aligned} \min_{z \in \mathbb{C}^n} \|z\|_1 & \quad (1) \\ \text{s.t. } Az &= b \end{aligned}$$

其中,  $A \in \mathbb{C}^{m \times n}$  ( $m=n$ ),  $b \in \mathbb{C}^m$ ,  $\|\cdot\|_1$  表示  $l_1$  范数, 使用  $l_1$  范数最小化旨在提升欠定的线性系统  $Az=b$  解的稀疏性。该问题在工程领域较为普遍, 以压缩感知领域为例, 问题(1)是其一类主要问题<sup>[1-2]</sup>, 优化变量  $z$  表示未知的稀疏复值信号或图像, 或者是原信号在一定稀疏基下的稀疏向量,  $A=\Phi\Psi$  是感知矩阵, 其中  $\Phi$  表示观测矩阵,  $\Psi$  表示稀疏基矩阵,  $b$  是观测向量, 在满足一定条件下, 可以通过解问题(1)获得原信号的准确估计值。

当问题(1)退化为实值时, 该问题等价于一个线

性规划问题, 通过凸优化方法可获得精确解。此外, 一些快速有效的算法也相继提出, 例如神经动力学算法<sup>[3]</sup>、迫近方法<sup>[4]</sup>以及 Bregman 方法<sup>[4]</sup>等。这其中, 只有一小部分算法可以直接用于问题(1), 即复值情形的求解, 如正交匹配追踪算法(OMP)<sup>[5]</sup>, 谱投影梯度算法 SPGL1<sup>[6]</sup>, 还有一些算法需要采用一些实数化策略, 例如, 将问题(1)中复数拆分为实部和虚部, 将原问题转化为实值问题<sup>[7]</sup>求解。

递归神经网络算法是一种新型的优化算法, 以其内在动力学和并行计算的特征, 在过去数十年, 被广泛的研究, 旨在解决科学及工程领域领域中的出现的大规模实时优化问题<sup>[8-9]</sup>。文献[1]基于投影算子和投影矩阵, 提出了一单层的连续时间投影神经网络算法求解问题(1)的实值情形, 并在理论上证明了该网络的稳定性和全局收敛性, 基于前向欧拉离散化方法, 进一步给出了数值模拟时该网络的离散化算法 PNNSR, PNNSR 算法不仅保持了连续时间算法的稳定性和全局收敛性, 还具有大步长的特性。

但 PNNSR 算法不能直接用于问题(1)的求解。本文通过定义新的投影函数, 提出了一种连续时间的复值投影神经网络模型及其离散化算法 (CPNNSR), 并在理论上给出了新模型及其离散化算法的稳定性和全局收敛性。新模型及其离散化算法能完全在复域上

收稿日期: 2019-10-27

基金项目: 福建省自然科学基金项目(2017J01769); 武夷学院高层次人才科研启动基金项目(YJ201802); 福建省教育厅科技基金项目(JA15512)。

作者简介: 张宋传(1977-), 男, 汉族, 副教授, 主要从事复值动力学优化算法的研究。

陆求赐(1975-), 男, 汉族, 副教授, 主要从事偏微分方程的研究。

求解问题(1),同时保留了原有实值算法模型复杂度低,收敛速度快的优点。数值实验进一步表明新模型的离散化算法能有效地求解基于范数最小化的复值稀疏信号的重构问题。

本文中,用  $\mathbf{C}^{m \times n}$  与  $\mathbf{R}^{m \times n}$  分别表示  $m \times n$  复矩阵集与实矩阵集,  $(\cdot)^T, (\cdot)^{\bar{}} , (\cdot)^H$  分别表示矩阵或向量的转置,共轭及共轭转置,  $\text{Re}(\cdot)\text{Im}(\cdot)$  分别表示复值对象的实部和虚部。我们始终假设可行集  $\{\mathbf{z} \in \mathbf{C}^n : \mathbf{A}\mathbf{z}=\mathbf{b}\}$  非空,且  $\mathbf{A}$  是行满秩的,则  $\mathbf{A}\mathbf{A}^H$  可逆。

### 1 预备知识

微分是研究复值优化问题的重要理论工具之一<sup>[10]</sup>,微分也称 Wirtinger 微分<sup>[11]</sup>,或者 Brandwood 的微分<sup>[12]</sup>,习惯上,我们把传统的复变函数微分理论称为 C-微分,二者统称 CR 微分<sup>[10]</sup>。

**定义 1.1<sup>[10]</sup>** 设函数  $g(\mathbf{z}):\mathbf{C}^n \rightarrow \mathbf{C}$ ,  $g(\mathbf{z})$  关于  $\mathbf{z}$  与  $\bar{\mathbf{z}}$  的  $R$  导数与  $\bar{R}$  导数分别定义为:

$$R \text{ 导数} = \frac{\partial g}{\partial \mathbf{z}} \Big|_{\bar{\mathbf{z}}=\text{常值}}, \bar{R} \text{ 导数} = \frac{\partial g}{\partial \bar{\mathbf{z}}} \Big|_{\mathbf{z}=\text{常值}}$$

**定义 1.2<sup>[10]</sup>** 设函数  $g(\mathbf{z}):D \subseteq \mathbf{C}^n \rightarrow \mathbf{C}$ , 设  $\mathbf{u}$  是  $D$  的一个内点,如果存在  $\mathbf{u}$  的一个球邻域  $B(\mathbf{u}), B(\mathbf{u})$  中任一点的  $R$  导数与  $\bar{R}$  导数都存在,并且  $R$  导数与  $\bar{R}$  导数在  $\mathbf{u}$  上连续,则称函数  $g(\mathbf{z})$  在  $\mathbf{u}$  上是  $R$  可微的;如果  $D$  是  $\mathbf{C}^n$  中的开子集,函数  $g(\mathbf{z})$  在  $D$  上任一点上都  $R$  可微,则称  $g(\mathbf{z})$  在  $D$  上是  $R$  可微的。

**定义 1.3<sup>[10]</sup>** 设  $g(\mathbf{z}):D \subseteq \mathbf{C}^n \rightarrow \mathbf{R}$  是  $R$  可微的,  $g(\mathbf{z})$  的复梯度定义为:  $\nabla g(\mathbf{z})=2 \frac{\partial g}{\partial \mathbf{z}}$ 。

**定义 1.4<sup>[13]</sup>** 对于任何凸函数  $g(\mathbf{z}):\mathbf{C}^n \rightarrow \mathbf{R}$ , 函数  $g$  关于  $\mathbf{z}$  的次微分定义为:

$$\partial g(\mathbf{z})=\{\mathbf{p} \in \mathbf{C}^n:g(\mathbf{u}) \geq g(\mathbf{z})+\text{Re}(\mathbf{p}^H(\mathbf{u}-\mathbf{z})), \forall \mathbf{u} \in \mathbf{C}^n\}$$

其中,  $\mathbf{p}$  称为  $g$  在  $\mathbf{z}$  上的次梯度,记  $\widetilde{\nabla} g(\mathbf{z}), g$  在  $\mathbf{z}$  处的次梯度集即  $g$  在  $\mathbf{z}$  处的次微分。当  $g$  可微时,  $\mathbf{p}$  的唯一可能选择是  $\nabla g(\mathbf{z})$ , 次梯度即为梯度。

### 2 新模型及其离散化算法 CPNNSR

本文提出的求解问题(1)的复值连续时间投影神

经网络模型的动力学方程描述如下:

$$\text{状态方程: } \varepsilon \frac{d\mathbf{z}}{dt} = -\mathbf{P}\mathbf{z} - (\mathbf{I} - 2\mathbf{P})\boldsymbol{\varphi}(\mathbf{z}) + \mathbf{q} \quad (2a)$$

$$\text{输出方程: } \mathbf{u} = \mathbf{z} - \boldsymbol{\varphi}(\mathbf{z}). \quad (2b)$$

其中,  $\mathbf{z} \in \mathbf{C}^n$  是状态向量,  $\mathbf{u} \in \mathbf{C}^n$  是输出向量, 投影矩阵  $\mathbf{P}=\mathbf{A}^H(\mathbf{A}\mathbf{A}^H)^{-1}\mathbf{A}$ , 易知  $\mathbf{P}^2=\mathbf{P}$ ,  $\mathbf{q}=\mathbf{A}^H(\mathbf{A}\mathbf{A}^H)^{-1}\mathbf{b}$ ,  $\mathbf{I}$  是  $n$  阶单位阵, 参数  $\varepsilon>0$ , 投影函数  $\boldsymbol{\varphi}(\mathbf{z}):\mathbf{C}^n \rightarrow \Omega \subset \mathbf{C}^n$  定义如下:

$$\boldsymbol{\varphi}(\mathbf{z}) = \begin{cases} z_k, & |z_k| < 1 \\ \frac{z_k}{|z_k|}, & |z_k| \geq 1, \end{cases} \quad k=1,2,\dots,n. \quad (3)$$

其中,  $\Omega=\{\mathbf{z} \in \mathbf{C}^n \mid |z_k| \leq 1, k=1,2,\dots,n\}$ 。

通过前向欧拉离散化方法,得到上述连续时间复值投影神经网络模型的离散化算法:

$$\mathbf{z}_{k+1} = \mathbf{z}_k - \lambda_k (\mathbf{P}\mathbf{z}_k + (\mathbf{I} - 2\mathbf{P})\boldsymbol{\varphi}(\mathbf{z}_k) - \mathbf{q}) \quad (4a)$$

$$\mathbf{u}_{k+1} = \mathbf{z}_{k+1} - \boldsymbol{\varphi}(\mathbf{z}_{k+1}) \quad (4b)$$

其中,  $\lambda_k$  是步长,实际应用中,步长  $\lambda_k$  恒置为 1。算法(4)进一步优化为:

---

#### CPNNSR 算法

---

初始化:最大历史长度  $N$ , 容忍度  $\tau_1, \tau_2$ , 输入  $\mathbf{z}_0 \in \mathbf{C}^n$ , 令  $\mathbf{u}_0 = \mathbf{z}_0 - \boldsymbol{\varphi}(\mathbf{z}_0)$ ,  $k=0$ 。

1:计算新的迭代点:

$$\mathbf{z}_{k+1} = (\mathbf{I} - \mathbf{P})\mathbf{z}_0 - (\mathbf{I} - \mathbf{P}) \sum_{j=0}^k \boldsymbol{\varphi}(\mathbf{z}_j) + (\mathbf{P}\boldsymbol{\varphi}(\mathbf{z}_k) + \mathbf{q})$$

$$\mathbf{u}_{k+1} = \mathbf{z}_{k+1} - \boldsymbol{\varphi}(\mathbf{z}_{k+1})$$

2: if  $\|\mathbf{u}_{k+1} - \mathbf{u}_{k-N}\|_2 \leq \tau_1$  and  $\|\mathbf{A}\mathbf{u}_{k+1} - \mathbf{b}\|_2 \leq \tau_2$  then

3: 输出  $\mathbf{u}_{k+1}$ ; stop

4: else

5:  $k=k+1$ ; 转 1

6: end if

---

本文提出的连续时间的复值投影神经网络模型及其离散化算法(CPNNSR)在结构上类似于文献[1]的实值网络模型及其离散化算法,最大不同在于投影函数的定义。提出复值网络模型及其离散化算法,通过引入新的投影函数,能完全在复域上求解问题(1),同时又保留了原有实值算法模型复杂度低,收敛速度快的优点。关于新模型及离散化算法的稳定性和收敛性结果将在下一节中给出。

### 3 主要结果

由于问题(1)的目标函数是可分离的,有:

$$\widetilde{\nabla} \|z\|_1 = (\widetilde{\nabla} |z_1|, \widetilde{\nabla} |z_2|, \dots, \widetilde{\nabla} |z_n|)^T$$

其中,  $\widetilde{\nabla} |z_k|$  表示  $|z_k|$  ( $k=1,2,\dots,n$ ) 的次梯度。

**引理 3.1**

$$\widetilde{\nabla} |z_k| = \begin{cases} p, & \text{if } |z_k| = 0 \\ \frac{z_k}{|z_k|}, & \text{if } |z_k| \neq 0 \end{cases}$$

其中,  $p \in \mathbb{C}: |s| \leq 1$ 。

**证明:** i) 当  $|z_k| \neq 0$ , 易得:  $\widetilde{\nabla} |z_k| = \nabla |z_k| = \frac{z_k}{|z_k|}$ ;

ii) 当  $|z_k| = 0$ , 设次梯度  $p = x + iy$ ,  $i$  为虚数单位,  $x, y$  分别为  $p$  的实部和虚部, 由次微分定义,  $\forall u = a + ib$ , 有:  $|u| \geq \operatorname{Re}(p^H u)$ 。

若  $|p| \leq 1$ , 则  $\operatorname{Re}(p^H u) \leq |p^H u| = |p| |u| \leq |u|$ ;

另一方面, 假设  $|p| > 1$ , 同时满足  $|u| \geq \operatorname{Re}(p^H u)$ , 则有  $a^2 + b^2 \geq (xa + yb)^2$ , 考虑到  $u$  的任意性, 不妨令  $u = p$ , 则有  $x^2 + y^2 \leq 1$ , 与假设  $|p| > 1$  矛盾, 得证。

**引理 3.2**  $p \in \partial \|z\|_1$  当且仅当  $p$  满足于

$$p = \varphi(p+z), \Omega = \{z \in \mathbb{C}^n \mid |z_k| \leq 1, k=1,2,\dots,n\}$$

其中, 投影函数  $\varphi(z)$  的定义见(3)式。

**证明:** 不失一般性, 这里只考虑  $n=1$  的情形。如果  $p \in \partial |z|$ , 由引理 3.1,

i) 当  $|z|=0, p \in \{s \in \mathbb{C}: |s| \leq 1\}$ , 即有:  $\varphi(p+z) = p$ ;

ii) 当  $|z| \neq 0, p = \frac{z}{|z|}$  所以  $|p+z| = |z| + 1 > 1$ , 得到

$$\varphi(p+z) = \frac{p+z}{|p+z|} = p.$$

反之, 如果  $p = \varphi(p+z)$ ,

i) 当  $|z|=0, p \in \{s \in \mathbb{C}: |s| \leq 1\}$ ;

ii) 当  $|z| \neq 0$ , 有  $|p+z| > 1$ , 则  $\varphi(p+z) = \frac{p+z}{|p+z|}$ , 它意

味着  $p = \frac{p+z}{|p+z|}$ , 令  $\sigma = (|p+z| - 1)^{-1}$ , 则  $p = \sigma z$ , 代入上

式得:  $p = \frac{(\sigma+1)z}{(\sigma+1)|z|} = \frac{z}{|z|}$ , 证毕。

**定理 3.1**  $u^* \in \mathbb{C}^n$  是  $l_1$  范数最小化问题(1)的最优解, 当且仅当系统(2)存在一个的平衡点  $z^* \in \mathbb{C}^n$  时, 使得  $u^* = z^* - g(z^*)$ 。

**证明:** 众所周知,  $u^* \in \mathbb{C}^n$  是问题(1)的最优解当且仅当存在  $\gamma^* \in \partial(\|u^*\|_1)$  和  $\omega \in \mathbb{C}^m$ , 使得

$$\gamma^* + A^H \omega^* = 0 \tag{5}$$

$$A u^* = b. \tag{6}$$

由引理 3.2,  $\gamma^* = \varphi(\gamma^* + u^*)$ , 令  $z^* = \gamma^* + u^*$ , 则  $\gamma^* = \varphi(z^*)$ ,  $u^* = z^* - \varphi(z^*)$ 。

(5)式两边同时乘以  $(AA^H)^{-1}A$ , 得:

$$\omega^* = -(AA^H)^{-1}A\varphi(z^*). \tag{7}$$

将(7)式代入(5)式, 即得:

$$(I-P)\varphi(z^*) = 0 \tag{8}$$

(6)式两边同时乘以  $(AA^H)^{-1}$ , 有  $Pu^* = q$ , 即:  $P(z^* - \varphi(z^*)) = q$ 。结合(8)式, 可得

$$P(z^* - \varphi(z^*)) + (I-P)\varphi(z^*) - q = 0,$$

故  $z^*$  是系统(2)的平衡点。

另一方面, 如果  $z^*$  是系统(2)的一个平衡点,  $u^* = z^* - \varphi(z^*)$ , 则有:

$$Pu^* + (I-P)\varphi(z^*) - q = 0$$

成立。上式两边同乘投影矩阵  $P$ , 由投影矩阵性质, 有  $P^2 = P, Pq = q$ , 得:

$$(I-P)\varphi(z^*) = 0,$$

进而

$$Pu^* = q \tag{9}$$

与

$$(I-P)\varphi(z^*) = 0. \tag{10}$$

(9)式两边同时左乘  $A$ , 有  $Au^* = b$ 。  $\forall u \in \{z \in \mathbb{C}^n: Az = b\}$ , 由(10)式, 我们有

$$(u - u^*)^H (I-P)\varphi(z^*) = 0.$$

因为  $Pu = Pu^* = q$ , 进而有

$$(u - u^*)^H \varphi(z^*) = 0. \tag{11}$$

设  $\gamma^* = \varphi(z^*)$ , 因为  $u^* = z^* - \varphi(z^*)$ , 有  $\gamma^* = \varphi(\gamma^* + u^*)$ , 故  $\gamma^* \in \partial(\|u^*\|_1)$ 。由定义 1.4,  $\|u\|_1 - \|u^*\|_1 \geq \operatorname{Re}((u - u^*)^H \gamma^*)$ , 由(11)式得,  $\|u\|_1 \geq \|u^*\|_1$ , 即  $u^*$  是问题(1)的最优解, 证毕。

最后, 给出连续复值投影神经网络模型(2)及其离散化算法(4)的稳定性与收敛性结果, 其证明与文献[1]类似, 出于篇幅考虑, 此处略。

**定理 3.2** 对任一初始值  $z_0 \in \mathbb{C}^n$ , 连续复值投影神经网络模型(2)中的输出向量  $u(t)$  是李雅普诺夫意义下稳定的, 并且全局收敛到问题(1)的最优解。

**定理 3.3** 对任一初始值  $z_0 \in \mathbb{C}^n$ , 当  $0 < \lambda_k < 2$  时, 算法(4)中的输出向量序列  $\{u_k\}$  是李雅普诺夫意义下

稳定的,并且全局收敛到问题(1)的最优解。

### 4 数值实验

为了证实算法的性能,本节将运用 CPNNSR 算法求解基于  $l_1$  范数最小化的复值稀疏信号的重构问题。实验是在 3.40 GHz 处理器与 8 GB 随机存取存储器, Windows 10 操作系统下的 Matlab R2013b 软件上运行的。

实验中,原信号  $\tilde{z} \in \mathbb{C}^n$  是随机生成的复值稀疏信号,稀疏度为  $K$ ,即  $\tilde{z}$  中非零的元素个数为  $K$ ,令稀疏矩阵为单位阵,感知矩阵即为观测矩阵  $A \in \mathbb{C}^{m \times n} (m < n)$ 。A 的每个元素的实部和虚部都独立且服从于标准高斯分布,并对矩阵中的每列标准化,观测向量  $b = A\tilde{z}$ 。CPNNSR 算法各参数设置如下:最大历史长度  $N=10$ ,容忍度  $\tau_1 = \tau_2 = 10^{-3}$ ,  $n=1000$ ,  $m=400$ ,  $k=50$ 。图 1(a)展示了原稀疏信号  $\tilde{z}$  各分量的模,图 1(b)展示了通过 CPNNSR 算法获得的估计信号各分量的模。图 2 展示了 10 个随机选取的初始值下,CPNNSR 算法求解问题(1)时,(a)  $\|Au_k - b\|_2 \rightarrow 0$  及 (b)  $\|u_k - \tilde{z}\|_2 \rightarrow 0$  的过程。实验表明了 CPNNSR 算法能有效重构复值稀疏信号,并且在任给初始值下,CPNNSR 算法的输出  $\{u_k\}$  都能快速地收敛到问题(1)的最优解。

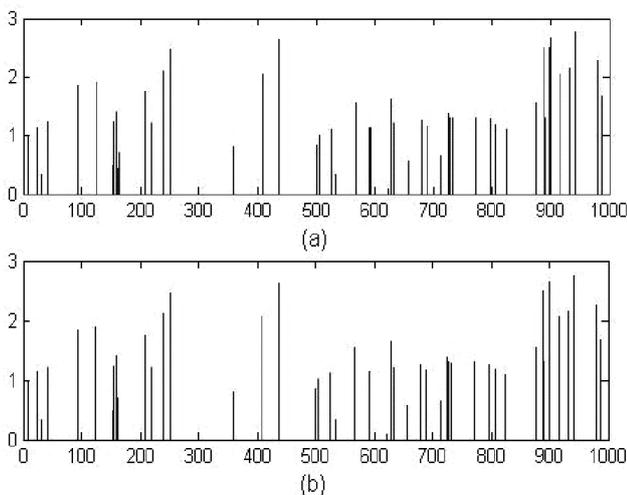


图 1 各分量的模

Fig.1 Modulus of each components

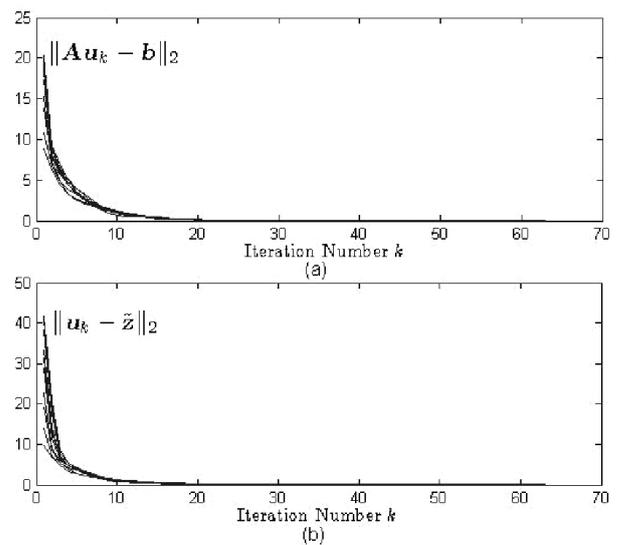


图 2 收敛过程

Fig.2 Convergence process

### 参考文献:

- [1] LIU Q, WANG J.  $l_1$ -Minimization Algorithms for Sparse Signal Reconstruction Based on a Projection Neural Network [J]. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2015, 27(3):1-10.
- [2] CHEN S S, SAUNDERS D M A. Atomic Decomposition by Basis Pursuit[J]. SIAM Review, 2001, 43(1):129-159.
- [3] PARIKH N, BOYD S. Proximal Algorithms [J]. Foundations and Trends in Optimization, 2013,1(3):123 - 231.
- [4] GOLDSTEIN T, OSHER S. The Split Bregman Method for  $l_1$ -Regularized Problems [J]. SIAM Journal on Imaging Sciences, 2009,2(2):323-343.
- [5] TROPP J A, GILBERT A C. Signal Recovery From Random Measurements Via Orthogonal Matching Pursuit [J]. IEEE Transactions on Information Theory, 2007, 53(12):4655-4666.
- [6] EWOUT V D B, FRIEDLANDER M P. Probing the Pareto Frontier for Basis Pursuit Solutions [J]. SIAM Journal on Scientific Computing, 2009, 31(2):890-912.
- [7] 康瑞瑞. 压缩感知在复值信号和 MR 图像重建技术中的应用研究[D].北京:北京交通大学,2018:18-19.
- [8] HOPFIELD J J, TANK D W. Neural computation of decisions in optimization problems [J]. Biol.Cybern., 1985, 52(3): 141-152.
- [9] TANK D W, HOPFIELD J J. Simple 'neural' optimization networks: an A/D converter, signal decision circuit, and a linear programming circuit [J]. IEEE Trans.Circuits Syst.,

- 1986, 33(5): 533–541.
- [10] KREUTZ D K. The Complex Gradient Operator and the CR–Calculus [EB/OL].[2019–10–10].[http://dsp.ucsd.edu/~kreutz/PEI-05%20Support%20Files/complex\\_derivatives.pdf](http://dsp.ucsd.edu/~kreutz/PEI-05%20Support%20Files/complex_derivatives.pdf).
- [11] WIRTINGER W. Zur formalen theorie der funktionen von mehr komplexen veranderlichen [J]. *Mathematische Annalen*, 1927, 97(1): 357 – 375.
- [12] BRANDWOOD D H. A complex gradient operator and its application in adaptive array theory[J]. *IEE Proc.F Commun. Radar Signal Proc.*, 1983, 130(1): 11–16.
- [13] BERTSEKAS D P. *Nonlinear programming* [M]. Belmont: Athena Scientific, 1999: 711.
- [14] GRANT M, BOYD S. CVX:MATLAB software for disciplined convex programming [EB/OL].[2019–10–10].<http://cvxr.com/cvx/>.

(责任编辑:聂传朋)

## A Complex-valued Projection Neural Network for Solving a Class of Complex-valued $l_1$ Norm Minimization Problem

ZHANG Songchuan<sup>1</sup>, LU Qiuci<sup>2</sup>

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

2.School of Humanities and Teachers Education, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** We introduces a new projection function and proposes a complex-valued continuous-time projection neural network and its discretization algorithm for solving a class of complex-valued  $l_1$  norm minimization problem completely in complex domain. Theoretically, we prove that they are stable in the sense of Lyapunov and global convergent to the optimal solution. Numerical simulations are presented to show the effectiveness and performance of the proposed discretization algorithm for solving the reconstruction problem of complex-valued sparse signals based on the complex-valued  $l_1$  norm minimization problem.

**Key words:**  $l_1$  norm minimization; projection neural network; stability and global convergence; sparse reconstruction

# 采用行程跟踪的二值图像去毛刺算法

钟伦超<sup>1</sup>, 何川<sup>2</sup>

(1. 黄山学院 教务处, 安徽 黄山 245041; 2. 黄山学院 信息工程学院, 安徽 黄山 245041)

**摘要:**根据细线化算法出现的毛刺特征分析进行去毛刺处理,对生产生活中的图像特征骨架提取有着重要的辅助作用。在对原图像进行了去噪等预处理后,通过阈值分割和细线化算法获取图像特征骨架区域,在所得特征骨架图像基础上针对二值图像细线化带来的毛刺问题,提出一种基于行程跟踪的毛刺去除算法,通过检测产生毛刺的交叉点和端点之间的像素,定义毛刺并确定其位置后进行有效去除。通过 MATLAB 软件对实际图片进行仿真分析,结果表明,相比已有去毛刺算法,所提算法不仅可以有效去除细线化产生的毛刺,并且能保持完整的图像骨架。

**关键词:**二值图像;细线化;行程跟踪;去毛刺

**中图分类号:**TP391 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2020)06-0044-05

自 1967 年 Blum 提出骨架的概念以来,曲线骨架提取成为多领域研究的热点。例如指纹识别方法通常是在对原始图像进行一系列预处理之后,利用细化处理得到图像骨架,然后进一步运用其中的细节特征点(起点、终点、结合点和分叉点)进行指纹鉴别。二值图像细线化技术在图像分析与形状描述中是一个非常重要的变换,骨架是图像几何形态的重要拓扑描述,是进行图像目标的特征提取<sup>[1]</sup>、模式识别<sup>[2]</sup>等应用的前提,在很多研究领域及生产生活中应用广泛,主要用于字符识别<sup>[3]</sup>、指纹识别<sup>[4]</sup>、工程零件骨架结构识别提取<sup>[5]</sup>等,通过图像的细化处理将图像中的需要识别的部分进行细化,可以很清晰地得到需要的图像“骨架”,提取出所需目标物的单像素轮廓。但是,图像细线化带来的问题是处理后的图像在此“骨架”的线段

分段处产生多余的点和线段,我们把这些多余的点和线称为“毛刺”<sup>[6-8]</sup>。

毛刺在图像中是多余的,并且会影响图像主要部分的使用。针对去毛刺过程可能存在去除图像结构主体部分的缺陷,宁亚辉等人提出改进的基于模板去除骨架毛刺方法<sup>[9]</sup>。该方法首先对目标点周围像素进行统计,找到对应像素符合的类型,再结合传统去毛刺方法中的毛刺长度设定,对毛刺进行去除。郭斯羽等人提出一种植物叶片图像骨架提取的去毛刺方法<sup>[10]</sup>,通过设定的两个指标对骨架上的毛刺进行判断和去除。安世全等人提出一种基于 Zhang 并行细化算法进行细化,在其基础上通过改进的毛刺消除算法满足保留较长分支为骨架主体信息的原则,最大程度地保持裂缝骨架主体信息<sup>[11]</sup>。实验结果表明上述文献提出的方法都可以减少图像噪声和毛刺,但是无法保证图像的有效部分的完整性。通过大量的实验程序编写及测试,提出去毛刺算法,针对毛刺的存在问题,利用细化图像中的交叉点和端点来确定毛刺的位置,通过端点对交叉点进行搜索,存储搜索路径,记录该跟踪路径的方向链码,通过设定毛刺长度门限值对毛刺部分进行去除,得到效果满意的细化图像。

收稿日期:2020-01-15

基金项目:黄山学院 2018 年度校级人才第二批启动项目:  
信息系统中不变边图模型研究(2018xkj015)。

作者简介:钟伦超(1992-),男,汉族,助教,主要从事计算机科学与技术的研究。

通讯作者:何川(1988-),男,汉族,讲师,主要从事数据挖掘与图像处理的研究。

## 1 去毛刺算法描述

基于行程跟踪的去毛刺算法,实质上就是对目标像素的邻近像素进行扫描,以目标像素为起始点对毛刺部分进行追踪,通过事先设定好的长度门限,定义毛刺的长度,判断毛刺位置,从而进行有效去除。通过对毛刺的特性进行分析,可以得出毛刺介于交叉点和端点之间,扫描毛刺的方式有两种:(1)以端点作为起始点,通过行程跟踪在其设定长度门限范围内寻找交叉点,定义毛刺长度,从而找出毛刺所在;(2)以交叉点为起始点,对其连通域内的8-邻域像素进行像素值判断,并通过路径跟踪以及毛刺长度,判断出毛刺位置。本文仅详细介绍以端点为起始点寻找其连通域内的交叉点,进行毛刺的检测和标记存储并有效去除。

算法步骤:首先判断给定的图像是否为二值图像,如果不是,对原图像进行二值化处理,此时的图像可能存在很多噪声点,对图像进行去噪及一系列形态学预处理,然后对给定进行细线化处理,得到初步的图像目标物骨架,细线化处理的图像会产生很明显的毛刺现象。通过行程跟踪对毛刺像素进行检测和标记存储,再对其进行有效去除,得到轮廓光滑且目标物结构不变的新图像。

(1)对原图进行去噪等预处理,采用 MATLAB 软件自带的二值化函数对给定图像进行二值化处理,得到二值图像;

(2)对得到的二值图像进行细线化处理,得到像素宽度为 1 的目标物轮廓图,从而提取出图像目标物特征骨架;

(3)通过扫描,寻找到图像中所有的端点和交叉点,对端点和交叉点进行标记并存储,设定毛刺长度门限值  $L$ ,以端点为起始点在其连通域内进行目标物行程跟踪,直到寻找到交叉点,终止运算,存储行程中的每一个像素点。如果跟踪的步数  $M$  小于设定的毛刺门限值  $L$ ,则该段路径为毛刺;反之,跟踪步数大于设定的毛刺长度  $L$ ,则默认该段路径为图像的有效结构;

(4)通过步骤(3)确定毛刺后,根据行程跟踪过程中存储起来的像素点,将符合毛刺定义的端点和其对应的交叉点之间的像素去除;

(5)得到清晰的图像骨架,结束运算。

算法流程如图 1 所示。

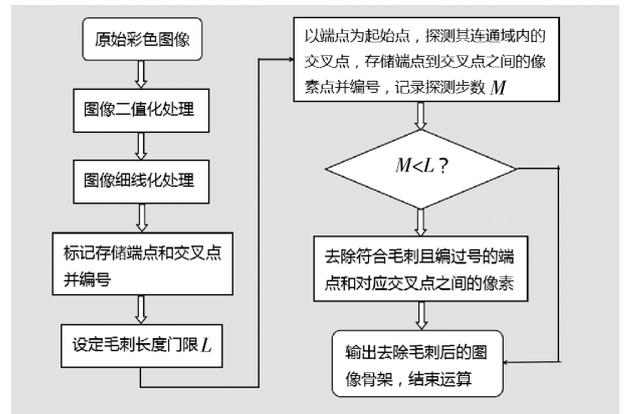


图 1 去毛刺算法流程图

Fig. 1 Flow chart of deburring algorithm

## 2 二值图像转换及图像骨架的提取

采用 MATLAB R2015a 软件 DIP 工具箱函数 `im2bw` 使用阈值变换法把灰度图像转换成二值图像:

$$J = \text{im2bw}(I) \quad (1)$$

式中: $I$ 为原图像; $J$ 为转化后的二值图像。

随即采用 `bwmorph` 函数对原二值图像进行细线化处理,提取图像中目标物的骨架:

$$H = \text{bwmorph}(J, 'skel', 12) \quad (2)$$

式中: $J$ 为二值图像;运算次数  $n$  为 12; $H$ 为骨架图像。

## 3 毛刺的定义

### 3.1 端点、交叉点及毛刺模型

为了确定细线化所引起的毛刺的位置所在,需要先找到产生毛刺的根源,即交叉点和端点。不难发现,毛刺一定是始于交叉点且止于端点,存在于端点和交叉点之间。如图 2 所示,对端点、交叉点和毛刺作形象说明。



图 2 端点、交叉点和毛刺示意图

Fig. 2 Diagram of endpoints, intersections and burrs

图中,可以看到A点和B点处在交叉位置,则定义A点和B点为交叉点,C、D、E3点为端点,从图中可以看出,毛刺存在于端点和交叉点之间,则a、b、c3段都有可能是毛刺,但是考虑到有些毛刺可能是图像的有效部分,不可去除,例如c段。因此,我们需要设置毛刺的长度,合理地 对毛刺进行去除,保留图像的有效部分。

### 3.2 端点、交叉点标记及存储

#### 3.2.1 端点

规定目标像素为黑色,像素值为1,背景色像素值为0。设 $N8(P0)$ 为 $P0$ 的8个邻域中数值为1的像素个数。当 $P0=1, N8(P0)=1$ ,即目标像素为黑色,它的8个邻域中仅有1个点为黑色,则 $P0$ 为端点,如图3所示, $P0$ 为扫描到的目标像素。当 $P0$ 的 $3 \times 3$ 邻域满足(a)~(h)8种情形中的任意一种时,则 $P0$ 为端点。此时我们对 $P0$ 点进行标记并存储。

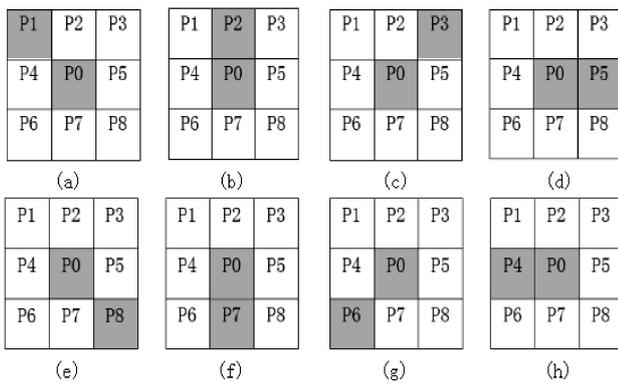


图3 满足端点性质的 $P0$ 邻域像素分布

Fig. 3 The  $P0$  Neighborhood pixel distribution satisfying the endpoint property

#### 3.2.2 交叉点

如果当前扫描到的目标像素 $P0$ ,像素值为1,我们定义,当 $P0=1, 3 < N8(P0)$ 时,该点为交叉点。我们可以从图5看出,如果 $P0$ 点的8-邻域中仅有两个点像素值为1,则该点为线段中一点,不能视为交叉点。当 $P0$ 点的8-邻域中有三个或超过三个点像素值为1,则该点为交叉点,即为毛刺产生点。如图4为文字识别细线化的图像,可以看出,该图中有6处交叉点。标记所有的交叉点,并进行存储。

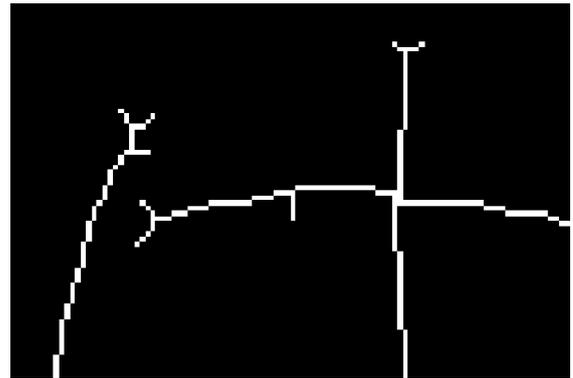


图4 交叉点示意图

Fig. 4 Cross point diagram

### 3.3 毛刺定义

通过大量研究可知,毛刺必然存在于端点和交叉点之间,因此,对端点和交叉点进行标记和存储,并对每个端点和对应的交叉点进行编号,使得从某一端点进行行程跟踪后,对其连通域内寻找到的交叉点进行对应,确定毛刺的位置,但是并不是所有的端点和交叉点之间的线段都是毛刺,我们通过限制毛刺长度门限来定义毛刺,确保图像有效部分不被剔除。

## 4 基于行程跟踪的毛刺去除

### 4.1 行程跟踪

扫描全图,以扫描到的端点 $P0$ 为起始点,跟踪 $P0$ 的8-邻域,如果扫描到黑色点,则将该黑点存储起来,再以该黑点为起始点进行扫描,则继续扫描如图5所示,图(b)为图(a)的部分像素分布图。

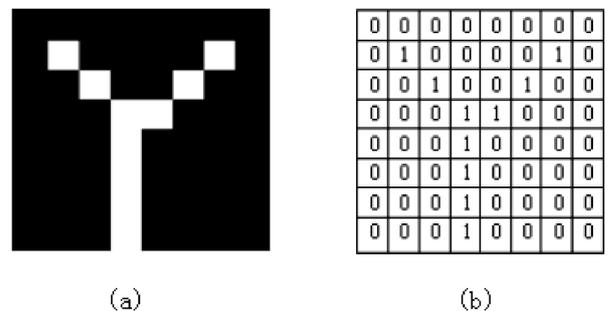


图5 毛刺像素分布示意图

Fig. 5 Schematic of burr pixel distribution

图为 $8 \times 8$ 的区域,0代表黑色像素点,1代表白色像素点,跟踪示意图如框图6所示。(1)从端点(2,2)开始搜索,根据交叉点定义,(4,4)点为交叉点,结束运算,该段路径可能为毛刺;(2)从端点(2,7)开始搜索,

直到交叉点(4,5)结束搜索,该段路径也可能为毛刺。

(3)存储两段路径的所有有效点。

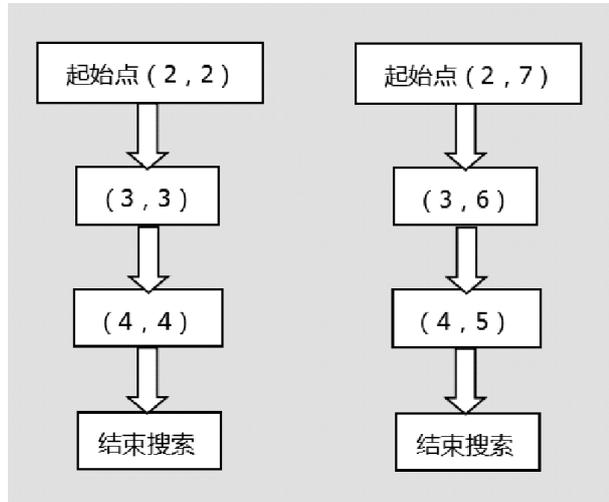


图6 毛刺跟踪流程图

Fig. 6 Flow chart of burr tracking

#### 4.2 毛刺去除

设定毛刺长度门限值  $L$ , 标记存储细线化图像的所有端点及交叉点, 其次判断  $P_0$  点的 8-邻域像素值为 1 的个数: 如果  $N_8(P_0)=0$ , 则该点为孤立点, 结束运算; 如果  $N_8(P_0)=1$ , 则  $P_0$  为端点, 进行跟踪, 此时步数  $M=1, M=M+1$ , 再以  $P_0$  的 8-邻域内的点作为起始点, 进行跟踪, 直至寻找到起始点连通域内的交叉点, 结束运算。若  $M>L$ , 即搜索路径长度大于毛刺长度门限值, 停止运算; 若  $M<L$ , 直至找到最近的交叉点。此时将存储的起始点与寻找到的交叉点一一配对; 如果搜索步数小于  $L$ , 则该段路径为毛刺, 去除端点和对应的交叉点之间的像素; 反之, 该段路径为图像有效结构, 不做处理。

#### 4.3 实验过程分析

如图 7(a) 为一张简单的线段图, 通过此图像的操作来体现文中算法的处理结果。利用细线化技术对其进行骨架图像提取, 图 7(b) 为细线化带有毛刺的图像, 此时, 标记存储图(b)中所有的交叉点和端点, 如图(c)(d)分别为提取的交叉点和端点, 通过以端点为起始点搜寻其连通域内的交叉点, 并存储搜索路径中所有的白色像素, 通过路径步长  $M$  和定义的毛刺长度  $L$  进行比较, 去除符合毛刺定义的路径内的所有像素即可, 毛刺处理效果如图 7(e) 所示。

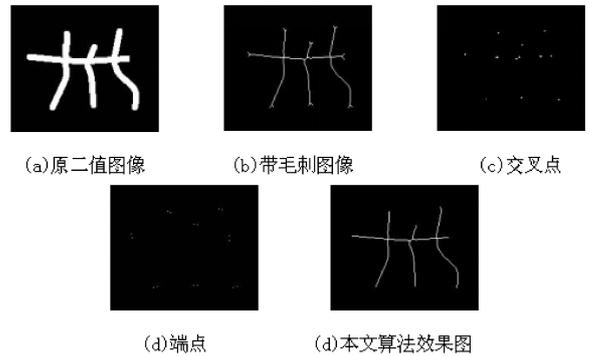


图7 行程跟踪去毛刺算法处理效果

Fig.7 Processing effect of stroke tracking deburring Algorithm

## 5 实验结果仿真与分析

为了更好地验证基于行程跟踪的去毛刺算法在实际应用中的效果, 以车牌骨架提取和文字骨架提取为例, 对处理前后的图像进行对比, 分析去毛刺算法的特点和优势。

图 8(a) 为车牌的原始彩色图像; 图 8(b) 为车牌二值化并取反的图像; 图 8(c) 为二值图像的细线化处理图像, 可以清晰的看出, 图像中出现了很多影响图像美观的毛刺, 这些毛刺有的存在于线段中部, 有的存在于线段尾部, 这两种情况的毛刺都是产生于交叉点, 结束于端点; 图 8(d) 为本文算法处理的结果, 通过与图(c)进行比较, 我们可以得出, 本文基于行程跟踪的去毛刺算法对处理细化图像中的毛刺有着明显的效果。



图8 车牌骨架提取去毛刺效果图

Fig.8 The deburring effect diagram of license

plate skeleton extraction

图 9 为文字骨架提取过程中毛刺去除过程。图 9(a) 为汉字“中国”二值化后的图像; 图 9(b) 为车牌细线

化处理图像,处理结果带来了许多毛刺;图 9(c)为本文算法处理的结果,毛刺被有效去除。通过实验结果可以看出,“国”字右下角延伸出来的“横”并没有被当成毛刺去除,可见本文算法有效保证了图像的骨架完整性。

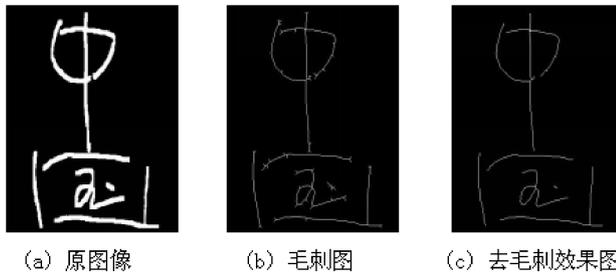


图9 文字骨架提取去毛刺效果图

Fig.9 Image of text skeleton extraction deburring

图 8(d)和图 9(c)的实验结果是在 Intel(R)Pentium (R)CPU G2030 (3.00 GHz)、内存 4G 的微机上采用 MATLAB R2016b 软件编程实现的,算法运行时间分别为 643 和 596 ms,完全满足图像处理在实际应用中的时间要求。

## 6 结束语

二值图像细线化算法应用广泛,其运算结果不可避免会产生影响图像质量的毛刺。本文提出基于毛刺行程跟踪的去毛刺算法,通过分析毛刺的规律、特点、性质,运用交叉点和端点定位毛刺,对细线化图像中毛刺的有效去除。该算法能够在不改变图像连通性条件下,保持图像有效部分的基本骨架,同时有效去除二值图像细线化处理带来的毛刺,改善了图像视觉质量。

(责任编辑:叶丽娜)

## 参考文献:

- [1] 崔家礼,解威,王一丁,等.基于形状特征的静态手势数字识别[J].北方工业大学学报,2015,27(3):24-43-49.
- [2] 耿春云,郭显久.基于仿生模式识别算法的海洋微藻识别研究[J].大连海洋大学学报,2014,29(5):525-529.
- [3] 林国聪,王冬青,薛斌强,等.基于彩色图像信息的车牌自动识别系统仿真研究[J].青岛大学学报(工程技术版),2019,34(4):24-28.
- [4] GHAFOR M, TARIQ S A, ZIA T, et al. Fingerprint identification with shallow mlfeature view classifier. [J]. IEEE transactions on cybernetics,2019.
- [5] 朱文博,杨超,甘屹,等.基于广义变换矩阵的机械零件三维模型骨架匹配[J].2019,41(4):381-387.
- [6] 叶福玲.一种改进的图像骨架提取算法[J].2018,32(3):91-93,123.
- [7] 陈啸,边大红,崔彦宏,等.基于图像的玉米植株叶倾角概率密度分布函数提取[J].国土资源遥感,2020,32(1):75-80.
- [8] 郭月飞,段亚妮,董云旭,等.均具有毛刺的周围型肺癌与炎性结节的 CT 表现对比研究[J].中国医学物理学杂志,2018,35(11):1276-1280.
- [9] 宁亚辉,雷小奇,王功孝,等.改进的基于模板去除骨架毛刺的方法[J].计算机应用,2011,31(6):58-59,63.
- [10] 郭斯羽,董红霞,张翌.一种用于植物叶片图像骨架提取的去毛刺方法[J].电子测量与仪器学报,2013,27(1):52-56.
- [11] 安世全,徐梦茹,瞿中.混凝土路面裂缝的骨架提取算法[J].计算机工程与设计,2018,39(10):3170-3175.

## Deburring Algorithm of Binary Image Based on Stroke Tracking

ZHONG Lunchao<sup>1</sup>, HE Chuan<sup>2</sup>

(1. Dean's Office of Huangshan University, Huangshan, Anhui 245041;

2. School of Information Engineering of Huangshan University, Huangshan, Anhui 245041)

**Abstract:** Deburring according to the analysis of the deburring feature of the thin line algorithm plays an important role in the production and life of image feature skeleton extraction. After preprocessing the original image such as denoising, the image feature skeleton area is obtained by threshold segmentation and thinning algorithm. Based on the obtained feature skeleton image, aiming at the burr problem caused by the thinning of binary image, a burr removal algorithm based on stroke tracking is proposed. By detecting the pixels between the intersection and the end of the burr, the burr is defined and its position is determined. After that, it can be removed effectively. Through the simulation analysis of the actual pictures by MATLAB software, the results show that compared with the existing deburring algorithm, the proposed algorithm can not only effectively remove the deburring generated by the thin line, but also maintain the complete image skeleton.

**Key words:** binary image; fine line; stroke tracking; deburring

# 泉州制造业产业结构优化的实证分析

杨 敏

(仰恩大学 管理学院, 福建 泉州 362014)

**摘 要:**通过建立制造业产业发展情况的评价体系,选取 2012—2018 年的数据,基于因子分析对泉州制造业中的十大主要产业进行了实证分析。结果表明:泉州市主要制造产业发展水平整体不是很高,且参差不齐,泉州制造业产业结构优化应关注传统产业,培育新兴产业,提升竞争优势。

**关键词:**产业结构优化;因子分析;实证研究;泉州制造业

**中图分类号:**F207 **文章标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2020)06-0049-06

泉州市在不断发展传统制造业的基础上,近年来积极培育战略新兴产业,致力构建现代产业体系,产生了纺织服装、鞋业、石油化工、机械装备、建材家居五大千亿产业集群和光电、新材料、新一代信息技术、生物医药等一批新兴产业<sup>[1]</sup>。尽管泉州制造业在发展中不断优化产业结构并取得了一定的成效,但仍然存在诸多问题:产业大而不强;知识、技术密集型产业比重不高;生产性服务业发展滞后;企业自主创新能力不足;工艺装备落后等,这些问题影响了泉州制造业的进一步发展。本课题在指标体系建立的基础上对泉州制造业中纺织服装、制鞋、石油化工、机械装备、建材家居、电子信息、食品饮料、纸业印刷、工艺制品、生物医药十大主要产业进行量化评估,客观反映各产业发展情况和泉州制造业产业结构存在的深层次问题,为进一步明确优化的方向和措施提供依据。

## 1 国内外研究现状及评述

产业结构优化是指通过产业结构调整,使产业结构效率、产业结构水平不断提高的动态过程<sup>[2]</sup>。Clark 和

Kuznets 初步揭示了从第一产业为主导逐步向第二产业<sup>[3-4]</sup>,第三产业为主导过渡的产业演化规律,之后很多国内外学者也都从三次产业之间的动态演化规律出发为各国产业结构的优化升级和经济结构的调整指明了方向。周振华、苏东水、黄继忠提出了产业结构高度化、合理化、高效化的产业结构内容<sup>[5-7]</sup>,之后很多学者以此为基础纷纷建立测度模型来进行产业结构优化能力的评价。关于区域产业结构优化问题的研究也是许多国内学者研究的热点,采用的研究方法也多种多样,如偏离—份额分析法,数据包络分析法,投入产出分析法,层次分析法,因子分析法等<sup>[8]</sup>。阚中华运用数据包络分析方法对苏北地区工业行业效率进行分析,并提出了合理的产业发展建议<sup>[9]</sup>。王理等、邱泽等运用因子分析方法分别对甘肃省和山西省的工业产业发展情况和工业结构的特征进行了分析,并提出了工业结构优化调整的产业发展建议<sup>[10-11]</sup>。已有的研究成果中对区域产业结构的研究方法比较多样化,但大多都是从宏观的角度对 3 次产业或整个工业体系进行研究,而细化到特定区域某产业门类结构优化的研究比较少,对于泉州产业结构的现有研究中针对制造产业的定量分析也比较缺乏。

## 2 指标体系构建

遵循评价指标选取的系统性、科学性、可测性等原则,在参考已有文献的基础上,根据产业发展实际

收稿日期:2019-10-24

基金项目:2018 福建省科技厅软科学项目(2018R01020058);

仰恩大学科技创新团队“产业转型升级与创新驱动”研究项目(201805K)。

作者简介:杨敏(1979-),女,汉族,副教授,主要从事产业经济、战略管理的研究。

情况和统计年鉴的数据资料,从产业规模、效益、发展性等几个方面选取以下6个指标作为泉州制造产业优化的指标体系,见表1。

表1 制造业产业结构评价指标体系

Tab.1 Evaluation index system of manufacturing industry structure

指标名称	单位	指标说明
工业总产值	万元	指工业企业在报告期内生产的以货币形式表现的工业最终产品和提供工业劳务活动的总价值量。
资产总额	万元	指企业过去的交易或者事项形成的、由企业拥有或者控制的、预期会给企业带来经济利益的资源。
工业增加值	万元	指以货币形式表现的工业企业在报告期内工业生产活动的最终成果。
利润总额	万元	指企业在一定会计期间的经营成果,是生产经营过程中各种收入扣除各种耗费后的盈余,反映企业在报告期内实现的盈亏总额。
工业增加值率	%	指在一定时期内工业增加值占同期工业总产出的比重,反映投入产出的效果。工业增加值率(%)=工业增加值/工业总产值×100%
经济外向度	%	指一个国家或地区的对外贸易总额占国内(地区)生产总值(GDP)的比重,反映一个国家或地区开放型经济发展规模和发展水平。 经济外向度(%)=外贸总额/工业生产总产值×100%

### 3 泉州制造业产业发展情况评价过程

#### 3.1 数据来源和产业选取

根据泉州制造业产业发展情况评价体系,对《泉州统计年鉴》相关数据提取和整理,得到实证分析的原始数据,见下表2。制造业产业的选取主要是根据泉州市政府相关文件中明确要发展的主要产业,其中包括与人民生活密切相关、规模较大的传统产业:纺织服装、制鞋、食品饮料、建筑材料、纸业印刷、工艺制品产业以及近年来发展迅速的新兴产业:石油化工、机械装备产业、电子信息、生物医药,各具体产业的界定参照国家统计局的分类标准。选取2012—2018年数据对泉州主要制造产业发展情况进行分析,并随机挑选2015年展示数据处理过程。

表2 泉州市2015年各制造产业发展情况原始数据

Tab.2 Raw data of manufacturing industry

development in Quanzhou in 2015

产业	工业总产值/万元	资产总额/万元	工业增加值/万元	利润总额/万元	工业增加值率/%	经济外向度/%
纺织服装	21 219 555	13 424 539	5 229 491	1 516 460	24.64	21.54
鞋业	19 475 121	12 052 142	5 377 085	1 553 896	27.61	17.05
石油化工	17 977 711	9 380 356	4 719 836	451 703	26.25	0.31
机械装备	8 870 033	5 540 047	2 219 812	685 591	25.03	10.23
建材家居	11 050 580	617 268	2 727 624	81 609	24.68	2.05
电子信息	8 456 481	4 642 610	2 036 853	719 687	24.09	6.35
食品饮料	5 506 171	3 517 758	1 087 474	412 030	19.75	3.12
纸业印刷	5 664 956	2 157 835	1 632 057	390 690	28.81	33.19
工艺制品	1 814 662	3 402 467	460 262	374 475	25.36	23.69
生物医药	299 080	216 311	100 279	28 491	33.53	3.77

数据来源:泉州市2015统计年鉴

#### 3.2 数据标准化处理

由于原始数据计量单位不同,直接分析会造成因子分析产生误差,通过SPSS 21.0软件以均值和标准差进行数据标准化处理,以消除变量间在数量级和量纲上的不同。标准化后的数据均值为0,标准差为1,具体结果见下表3。

表3 标准化后的泉州市2015年各制造产业发展情况原始数据

Tab.3 Raw data on the development of each manufacturing

industry in Quanzhou after standardization in 2015

项目	工业总产值/万元	资产总额/万元	工业增加值/万元	利润总额/万元	工业增加值率/%	经济外向度/%
纺织服装	1.525 15	1.713 29	1.381 39	1.693 33	-0.373 63	0.843 79
制鞋	1.287 31	1.416 76	1.457 74	1.764 16	0.457 60	0.441 17
石油化工	1.083 15	0.839 47	1.117 75	-0.321 19	0.076 97	-1.059 89
机械装备	-0.158 62	0.009 70	-0.175 50	0.121 33	-0.264 48	-0.170 37
建材家居	0.138 68	-1.053 95	0.087 19	-1.021 40	-0.362 44	-0.903 87
电子信息	-0.215 01	-0.184 20	-0.270 14	0.185 84	-0.527 56	-0.518 29
食品饮料	-0.617 26	-0.427 25	-0.761 25	-0.396 25	-1.742 22	-0.807 92
纸业印刷	-0.595 61	-0.721 08	-0.479 54	-0.436 62	0.793 45	1.888 44
工艺制品	-1.120 57	-0.452 16	-1.085 71	-0.467 30	-0.172 12	1.036 58
生物医药	-1.327 21	-1.140 58	-1.271 92	-1.121 90	2.114 46	-0.749 64

### 3.3 指标数据之间相关性的检验

变量之间具有较强的相关性是使用因子分析的前提条件。在 SPSS 中提供了 KMO 和 Bartlet 球形检验两种方法,KMO 的统计量取值在 0~1 之间,越接近 1 说明变量间具有较强的相关性,越适合做因子分析,一般认为 KMO<0.6,变量之间的相关性较弱,不合适进行因子分析。Bartlet 球形检验用于检验相关阵中各变量间的相关性是否为单位阵,即检验各个变量是否各自独立。如果 Sig 值小于 0.05,则数据呈球形分布适合做因子分析,反之亦然。

在 SPSS 软件中进行检验的结果如下表 4,KMO 值为 0.631>0.6,Sig 值为 0.000<0.05,说明适合进行因子分析。

表 4 KMO 和 Bartlett 球形检验结果

Tab.4 KMO and Bartlett spherical test results

取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 度量		0.631
Bartlett 的球形度 检验	近似卡方	55.969
	df	15
	Sig.	0.000

### 3.4 提取公因子

在 SPSS 软件中运用主成分法提取公因子,根据因子提取的原则,设定特征根大于 1,最终求得特征值如下表 5。结果表明:前两个因子的特征值都大于 1,累计得分为 81.499%,已超过了 80%,说明这两个因子就足以反映出原始数据的全部信息,因此这两个因子就作为样本数据的公因子,分别记为  $F_1, F_2$ 。

表 5 解释的总方差

Tab.5 Total variance explained

成分	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差的%	累积%	合计	方差的%	累积%	合计	方差的%	累积%
1	3.662	61.026	61.026	3.662	61.026	61.026	3.660	60.996	60.996
2	1.228	20.474	81.499	1.228	20.474	81.499	1.230	20.503	81.499
3	0.832	13.866	95.365						
4	0.217	3.609	98.974						
5	0.059	0.986	99.960						
6	0.002	0.040	100.000						

提取方法:主成份分析

### 3.5 计算综合得分

#### 3.5.1 定义公因子

根据下表 6,可以看出在两个公因子中因子载荷系数呈明显的两极分化。在第 1 个公因子中工业总产值、资产总计、工业增加值、利润具有较大的载荷系数,可以归为一类,这些指标主要反映了产业发展的规模和效益状况,因此,将第 1 个公因子定义为能效因子;第 2 个公因子中增加值率、外向性程度的载荷系数较大,这两个指标反映了产业发展趋势,将其定义为发展因子。

表 6 成分得分系数矩阵

Tab.6 Component score coefficient matrix

Zscore	成分	
	1	2
工业总产值	0.257	-0.129
资产总计	0.265	0.026
工业增加值	0.257	-0.078
利润	0.253	0.159
增加值率	-0.048	0.535
外向度	0.067	0.692

#### 3.5.2 计算行业的综合得分

首先,计算出因子  $F_1, F_2$  在各样本行业上的总得分值,也就是样本行业的每个因子得分,计算函数如下所示。如果某一产业在某一因子上的得分为正,则说明该产业在该因子中发展水平高于平均水平;反之,一个产业在某一因子上的得分为负,则说明该产业在该因子中发展水平低于平均水平。

$$F_1 = 0.257X_1 + 0.265X_2 + 0.257X_3 + 0.253X_4 - 0.048X_5 + 0.067X_6$$

$$F_2 = -0.129X_1 + 0.26X_2 - 0.078X_3 + 0.159X_4 + 0.535X_5 + 0.692X_6$$

其次,对每个样本行业的 2 个公共因子得分进行线性加权求和,得到每个样本行业的综合得分,其中权重为每个公共因子的方差贡献率占累计方差贡献率的比重<sup>[8]</sup>,综合评价函数如下所示。计算结果综合得分越高,则说明产业发展的综合实力越强。

$$F = \sum_{i=1}^2 W_i F_i$$

其中  $F_i$  是公共因子,  $W_i = \lambda_i / \sum_{i=1}^2 \lambda_i$  表示该公共因子的权数。根据综合评价函数计算出 2015 年各个行业发展情况的综合得分值如下表 7 所示。

表 7 2015 年泉州制造业主要产业综合发展情况  $F$  得分值

Tab.7 Comprehensive development of major manufacturing industries in Quanzhou in 2015  $F$  score

行业	因子 $F_1$		因子 $F_2$		综合得分	
	得分	排名	得分	排名	得分	排名
纺织服装	1.705 27	1	0.392 82	5	1.12	1
鞋业	1.535 72	2	0.587 39	4	1.06	2
石油化工	0.631 94	3	-0.948 86	8	0.19	3
机械装备	-0.051 31	4	-0.205 64	6	-0.07	5
建材家居	-0.523 49	7	-1.033 56	9	-0.53	8
电子信息	-0.135 99	5	-0.567 13	7	-0.20	6
食品饮料	-0.538 23	8	-1.425 96	10	-0.62	9
纸业印刷	-0.489 13	7	1.757 45	1	0.06	4
工艺制品	-0.727 12	9	0.768 50	2	-0.29	7
生物医药	-1.407 65	10	0.674 97	3	-0.72	10

(1)在  $F_1$  能效因子的得分上排名前 3 的分别是纺织服装、鞋业、石油化工,且均为正值,说明这 3 个产业在规模和效益上都高于平均水平,而且纺织服装、鞋业的得分值大于 1,说明其发展水平远远领先于其他产业。

(2)在  $F_2$  发展因子上的得分上居于前列的分别是纸业印刷、工艺制品、生物制药、鞋业、纺织服装,他们的得分值也均为正值,说明在发展潜力上有较强的优势。

(3)在  $F$  综合得分上纺织服装、鞋业、石油化工、纸业印刷业均为正值,分别居于前四的位置,说明综合发展情况较好。工艺制品、生物医药、食品饮料、建材家居排名比较靠后,说明综合发展情况较差。然而综合得分值前 3 位的纺织服装、鞋业、石油化工,能效因子得分居于前 3,发展因子却居于中间偏后的位置,这些产业是泉州传统产业也是主导产业,说明泉州主要产业当前的发展还不错,但未来可能存在后劲不足的风险。综合排名比较靠后的工艺制品和生物医药分别属于泉州的特色产业和新兴产业,能效因子得分靠

后,但是发展因子却位居前两名,说明其发展时间短,规模效益还不突出,但是发展潜力较大。

#### 4 泉州制造产业动态发展趋势分析

为了能够反映出泉州制造产业发展变化的趋势,参照 2015 年对各主要产业发展情况分析的方法,对 2012—2018 年中其他年份也进行了分析,最终可以得到各产业七年综合得分的趋势数据表 8,并将其转化为趋势图 1。

表 8 2012—2018 泉州制造业主要产业综合发展情况  $F$  得分值

Tab.8 Comprehensive development of major manufacturing industries in Quanzhou from 2012 to 2018  $F$  score

产业	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	平均值
纺织服装	1.15	1.10	1.10	1.12	0.93	0.99	1.16	1.08
鞋业	1.19	1.17	1.17	1.06	0.75	0.92	0.94	1.03
石油化工	-0.21	-0.06	-0.06	0.19	0.49	0.24	0.97	0.22
机械装备	-0.10	-0.01	-0.01	-0.07	-0.07	-0.09	0.06	-0.04
建材家居	-0.33	-0.44	-0.44	-0.53	-0.11	-0.49	0.59	-0.25
电子信息	-0.31	-0.27	-0.27	-0.20	-0.09	-0.11	-0.87	-0.30
食品饮料	-0.36	-0.33	-0.33	-0.62	-0.60	-0.14	-0.16	-0.36
纸业印刷	0.02	0.07	0.07	0.06	-0.13	-0.61	-0.80	-0.19
工艺制品	-0.47	-0.40	-0.40	-0.29	-0.37	0.05	-0.48	-0.34
生物医药	-0.57	-0.83	-0.83	-0.72	-0.80	-0.77	-1.41	-0.85

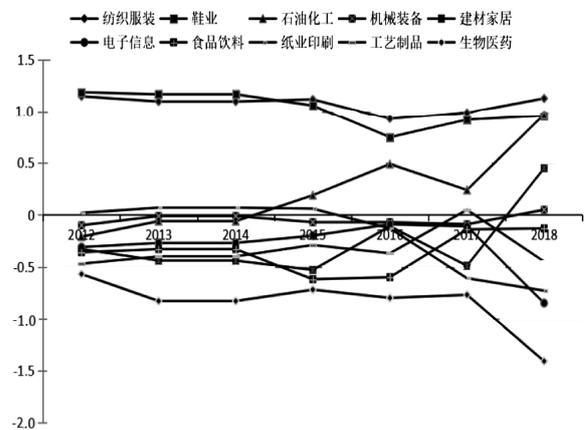


图 1 2012—2018 年泉州制造业各产业发展趋势图

Fig.1 Trends of manufacturing industries in Quanzhou from 2012 to 2018

图1可以看出2012—2018年7年间,泉州市10个主要制造产业总体发展趋势有明显的差异。

(1)石油化工、电子信息、工艺制品、食品饮料在2012—2017的6年中整体上呈上升趋势,且在2017年产业发展综合得分值都趋于正值,说明这些产业发展总体态势较好,但发展水平还不高。2018年这几大产业的发展呈现出一些新的变化,电子信息、工艺制品有了较大幅度的下降,而石油化工有较大幅度的上升。

(2)纸业印刷业有明显的下降趋势,该产业在2015年之前基本上保持水平发展,几乎没有任何波动,得分值为正值,但接近于零,2015年之后开始出现急剧下降,2017年得分值已经小于-0.5,说明该产业整体发展水平较低且有不断下滑的趋势。

(3)纺织服装、鞋业、机械装备、建材家居、生物医药在2012—2017的6年中稳中略有下滑,降幅较小,说明这些产业整体上发展比较平稳。2018年这几大产业的发展呈现了一些新的变化,纺织服装和机械装备略有小幅度上升,生物医药有较大幅度下降,建材家居却有大幅度上升。

## 5 结论与建议

### 5.1 结论

(1)2012—2018年间的因子分析的结果来看,各产业七年间综合得分值有正有负,且得分为正的产业占比非常小,纺织服装和鞋业这两类传统产业得分大于1,生物医药这类新兴产业得分值趋近于-1,说明泉州市主要制造产业发展水平整体不是很高,且参差不齐。

(2)各大主导产业在过去几年里发展整体比较平稳,但近两年都出现了一定程度的下降趋势,说明泉州的传统优势产业经过长时间的发展,虽然已经形成较为完整的产业链、较强的规模效应和品牌影响力,但近几年在新一轮信息技术发展和全球产业链转移的背景下,这些产业的转型升级没有跟上环境变化的步伐,导致发展出现波动。

(3)新兴产业发展整体上情况不太理想,在发展因子上表现出了较为明显的优势,但能效因子却明显落

后,说明泉州新兴产业发展前景较好,但是目前投入还不足,规模和效益有待进一步提升。

(4)特色产业整体发展水平也不高,得分值都为负值,排名也比较靠后,说明产业特色还不够,产业竞争优势还不明显。

### 5.2 建议

(1)继续关注传统产业,抓住机遇进行改造升级。以“中国制造2025”和“泉州制造2025”的工业强国、工业强市战略为主导,积极利用新一代信息技术、智能制造推动传统产业的转型升级,加快劳动密集型产业逐渐转向技术密集和知识密集的产业转变。一方面,发挥泉州数控一代的优势,加快机械装备的智能化改造,推动纺织服装、鞋业、建材家居、石油化工等传统产业向信息化、智能化、绿色化和服务化方向转化升级。另一方面,在全球制造产业链转移的背景下,提高传统产业的技术含量,重视研发,提升产品品质,逐渐摆脱单一的代工业务,向产业链高端环节进行转移。再次,加大各关联产业间的合作和联系,构建上下游精准、高效的供应链和生产合作网络,促进产业间的良性竞争和协同发展。

(2)加大投入,加快培育战略新兴产业。国家“十二五”规划纲要及战略性新兴产业发展规划中认为,战略性新兴产业是以重大技术突破和重大发展需求为基础,能引发社会需求、调整产业结构,转变发展方式,对经济社会全局和长远发展具有重大引领带动作用,成长潜力大、综合效益好的产业<sup>[12]</sup>。泉州电子信息产业和生物医药产业在发展因子上表现不错,具备了新兴产业的特点,然而规模、效益和综合表现并不理想,与战略新兴产业的标准还有很大的差距。鉴于泉州新兴产业发展情况,可以从以下几方面入手,努力将其发展为真正的战略性新兴产业以此来带动泉州产业结构的调整和优化。一方面,鼓励政府、金融机构、民间资本等多主体对战略新兴产业的资金扶持和投入力度,设立“专项基金、投资基金”等,并在信贷政策上给予倾斜,保证产业发展的资金需求;另一方面,不断完善“港湾人才计划”,加大引智、留人的力度,确保产业发展所需的高科技人才智库;再次,鼓励企业与国内外高水平大学联合创建企业技术中心、研究院、重点实验室等创新服务平台,通过产学研的合作,

带动产业结构调整的重大科技成果转化应用。

(3)深化特色产业发展,提升产业竞争优势。食品饮料、工艺制品、纸业印刷作为泉州的特色产业,总体上来说目前产业特色还不够突出,不管是规模、效益还是发展性都不太理想。随着一带一路战略的推动,我国加强了与沿线国家的文化交流,同时也促进了文化产品的贸易,这对泉州的特色产业发展来说是一个良好的契机。未来,一方面,要进一步挖掘泉州作为海上丝绸之路起点城市的文化内涵,深化“海丝文化”与泉州特色产业的融合,打造特色鲜明的“文化制造业”和高价值的品牌;另一方面,依托“一带一路”战略,深化泉州品牌“境外行”“海丝行”,引导和推进企业走出去,不断做大“海丝朋友圈”,深化对“海丝”沿线国家的产品展销和产能对接,有效拓展传统市场和新兴市场<sup>[13]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 泉州市人民政府网. 泉州市人民政府办公室关于印发泉州制造 2025 纲要的通知 [EB/OL]. (2016-08-26) [http://www.quanzhou.gov.cn/zfb/xxgk/zfxxgkzl/zfxxgkml/srmzfxgkml/ghjh/201608/t20160830\\_361780.htm](http://www.quanzhou.gov.cn/zfb/xxgk/zfxxgkzl/zfxxgkml/srmzfxgkml/ghjh/201608/t20160830_361780.htm).
- [2] 俞海山,刘芳,邱艳莉.FDI 与我国产业结构的优化[J].系统科学学报,2011,19(8):93.
- [3] CLARK C .The conditions of Economic Progress[M].London: Macmillan,1940.
- [4] KUZENTS S .National Income and Its Composition 1919-1938 [M].New York:National Bureau of Economic Analysis, 1941.
- [5] 周振华.产业结构优化论[M].上海:上海人民出版社,1991.
- [6] 黄继忠.对产业结构优化理论中一个新命题的论证[J].经济管理,2002(4):11-16.
- [7] 苏东水.产业经济学[M]第二版.北京:高等教育出版社,2005.
- [8] 胡蕾.广西工业产业结构优化研究[D].武汉:武汉科技大学, 2015:4-5,29.
- [9] 阚中华.基于 DEA 的苏北工业产业结构优化研究[J].企业经济,2010(12):115-117.
- [10] 王理,傅德印.因子分析在甘肃工业产业结构分析中的应用[J].数理统计与管理,2007,27(2):335-340.
- [11] 邱泽,吕月英.基于因子分析法的山西省工业行业结构变化研究[J].现代工业经济和信息化,2012(38):79-82.
- [12] 孙国民.战略性新兴产业概念界定:一个文献综述[J].科学管理研究,2014,32(4):44.
- [13] 人民网. 福建泉州: 四大举措提升文化产业新质[EB/OL]. (2017-08-07) [http://www.xinhuanet.com/local/2017-08/07/c\\_129674565.htm](http://www.xinhuanet.com/local/2017-08/07/c_129674565.htm).

(责任编辑:聂传朋)

## Empirical Study on Quanzhou Manufacturing Industry Structure Optimization

YANG Min

(School of Management, Yang-en University, Quanzhou, Fujian 362014)

**Abstract:** Through the establishment of the evaluation system of the development of the manufacturing industry, this paper selects the data from 2012 to 2018 and conducts an empirical analysis of the ten major manufacturing industries in Quanzhou based on factor analysis. The results show that the development level of main manufacturing industry in Quanzhou is not very high and uneven. Based on this, industrial structure optimization of Quanzhou manufacturing industry are put forward.

**Key words:** industrial structure optimization; factor analysis; the empirical study; Quanzhou manufacturing;

# 农业上市公司治理结构、信息透明度与 公司绩效关联性分析

魏 针<sup>1</sup>, 彭 华<sup>2</sup>

(1.福建省教育考试院, 福建 福州 350003; 2.武夷学院, 福建 南平 354300)

**摘 要:**以中国深圳证券交易所 18 家农业上市公司 2014—2018 年数据为样本,通过构建多元回归模型,分别探讨公司治理机制和信息透明度对农业上市公司经营绩效的影响。研究发现,公司治理机制确实会影响农业上市公司经营绩效,具有较大董事会规模、较多独立董事席次的企业,在具有健全的公司治理机制下,提升信息透明度对农业上市公司经营绩效带来正面显著效应。

**关键词:**公司治理;信息透明度;公司绩效

**中图分类号:**F275 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2020)06-0055-07

公司治理是指导及管理企业的一种机制,是协调和保障企业经营决策过程中相关各方利益的制度安排,通过促使董事会和管理层以符合公司及全体股东利益最大化的方式达成经营目标,以落实企业经营者的责任,并保障股东的合法权益及兼顾其他利害关系人的利益。公司治理的完善对企业发展重要性日益凸显。信息不对称是投资风险的最大原因之一,信息披露不足以及披露不及时甚至虚假披露是造成信息不对成的主要原因。因此,公司治理及信息透明度已逐渐受到投资者和监管机构的重视。作为中国基础行业的农业上市公司,完善其治理机制,提高其经营绩效始终是值得关注的问题。中央一直把解决好“三农”问题作为工作的重中之重,提出要积极转变农业发展方式,加快推动农业农村现代化改革。然而,相比于其他

产业,第一产业对经济增长的促进作用比较有限。农业上市公司作为推动中国农业发展的主要动力,在资本市场的表现一般,总体呈现出规模普遍较小,整体经营效率不高,盈利能力不强,经营绩效有待提高的现状。因此,探讨农业上市公司治理结构、信息透明度与公司绩效关联性,完善农业上市公司治理机制,提高农业上市公司经营绩效,在当前农业转型发展和实施乡村振兴战略的重大时刻具有非常重要的理论和现实意义。

以往学者在研究中,更多是将公司治理与企业经营绩效进行回归分析,少有在公司治理的基础上加入公司信息透明度来分析其对上市公司经营绩效的效应,并且以往关于公司治理和公司绩效的研究一般缺乏行业针对性,尤其是针对农业上市公司的研究更少<sup>[1-3]</sup>。本文探讨农业上市公司公司治理指标及信息透明度对公司绩效的影响,分别以经营绩效 ROE、ROA 与 TOBIN 作为被解释变量,观察农业上市公司治理和信息透明度等各解释变量与其相关性,研究结论对农业上市公司完善治理结构,提高信息透明度,提升公司经营绩效,进而带动整个农业经济发展具有一定的借鉴作用和一定的实践价值。

收稿日期:2020-03-23

基金项目:福建省社会科学规划项目(FJ2017C040)。

作者简介:魏针(1984-),女,汉族,助理研究员,主要从事教育管理、经济管理决策与对策(博弈)研究。

通讯作者:彭华(1981-),男,汉族,副教授,主要从事公司治理研究。

# 1 文献回顾与假说推论

## 1.1 公司治理对公司绩效的影响

Gompers 等研究发现公司治理品质较佳者享有较高的权益报酬、较高的公司价值及较佳的营运绩效<sup>[4]</sup>。然而,洪荣耀、陈正佑探究公司治理是否能有效增进公司绩效,研究结果却发现公司治理指标与绩效值的关系大多不显著,此代表公司治理并未与公司绩效有直接的相关性<sup>[5]</sup>。外国研究也有类似发现,Leung 指出,董事会中外部董事的比例与公司财务绩效并无显著相关<sup>[6]</sup>。由上述文献可知,国内外学者研究结果不具一致性,但是显而易见公司治理品质与公司经营绩效具有关联性。由此,提出假说。

假说一:上市公司治理越完善,经营绩效越好。

## 1.2 信息透明度与公司绩效的影响

伍忠贤认为公司治理架构应该确保公司的信息能及时且正确地揭露,这些信息包括公司的财务报表、业务状况、绩效数据、公司目标、股权结构、公司治理和风险管理政策等,而这些信息应以高标准的财务会计原则、审计原则和财务编制准则进行编制、稽核和披露<sup>[7]</sup>。过去有关信息透明度的研究大部分都着重在盈余管理、资金成本和权益市值上,例如 Huang 研究指出公司的信息透明度会影响管理者盈余管理<sup>[8]</sup>。换言之,信息透明度越高,会降低管理者的盈余管理动机,进而影响公司绩效。由上述文献可知,信息透明度与公司绩效具有关联性。由此,提出假说。

假说二:公司信息披露等级越高,经营绩效越好。

### (三)公司治理和信息透明度对公司绩效的影响

Beekes 和 Brown 探讨公司治理品质与信息揭露的关联性,研究结果指出较好的公司治理的确有助于提升信息透明度<sup>[9]</sup>。过去研究从董事会结构及所有权结构等层面检视企业的治理程度<sup>[10]</sup>,重要变量包括,独立董事比率,大股东持股比率,经理人持股比率及设置审计委员会等。王茂昌与陈维新研究结果指出公司治理架构应确保及时与真实地揭露所有公司重大的财务、营运及非财务信息<sup>[11]</sup>。本文针对公司治理与信息透明度等级与公司绩效的影响提出假说。

假说三:公司治理越完善,公司信息披露等级越

高,经营绩效越好。

# 2 研究设计

## 2.1 资料来源与样本选取

以中国深圳证券交易所的农业上市公司为研究对象,所使用的样本期间为 2014—2018 年。为增加样本的有效性,剔除掉 ST 股(Special treatment,ST 股表示该股票存在投资风险)、\*ST 股 (表示该股票有退市风险)和观测资料遗漏或缺失的样本,最终以 89 个年度观察值作为样本。所有数据来源于国泰安数据库和深圳证券交易所官网并由作者自行整理。

## 2.2 变量定义

主要探讨农业上市公司公司治理及信息透明度与公司绩效之关系,参考过去研究分析模式,研究模型见(1)。

$$PERF_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DMN_{it} + \alpha_2 DMHR_{it} + \alpha_3 DMPR_{it} + \alpha_4 DIRMAN_{it} + \alpha_5 INDN_{it} + \alpha_6 PB_{it} + \alpha_7 SIZE_{it} + \mu_{it} \quad (1)$$

$$PERF_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DMN_{it} + \alpha_2 DMHR_{it} + \alpha_3 DMPR_{it} + \alpha_4 DIRMAN_{it} + \alpha_5 INDN_{it} + \alpha_6 PB_{it} + \alpha_7 SIZE_{it} + \alpha_8 TRUST_{it} + \mu_{it} \quad (2)$$

其中:PERF 代表公司绩效,DMN 代表董事会规模,DMHR 代表董监事持股比例,DMPR 代表董监事持股质押比例,DIRMAN 代表董事长兼任总经理以虚拟变量衡量,INDN 代表独立董事比例,PB 为市价净值比,SIZE 代表公司规模,TRUST 代表信息透明度。研究模型包含因变量  $it$ 、自变量  $\alpha$  与控制变量  $\mu$ 。

### 1. 因变量

公司绩效(PERF):有关公司经营绩效的研究,多数以财务指标如 ROE、ROA 或 Tobin's Q 作为衡量变量。如:Elsayed 采用资产报酬率(ROA)作为对公司经营绩效之衡量指标<sup>[2]</sup>,Healy 和 Palepu 研究指出获利能力与公司绩效呈正相关<sup>[13]</sup>;Bhagat 和 Black 认为 ROE 可作为衡量企业投资报酬绩效会计指标,ROE 比率越高则代表着股东投资获得的效率越好,获利能力愈强<sup>[14]</sup>。Griffin 和 Mahon 认为资产报酬率(ROA)与股东权益报酬率(ROE)相关连,并且能反映出资产的运用效能衡量<sup>[15]</sup>。采用 ROE (股东权益报酬率)、ROA (资产报酬

率)、托宾 Q 值代表公司绩效(PERF)。其中:

股东权益报酬率(ROE)= 税后净利/平均股东权益  
资产报酬率(ROA)= 税前息前盈余(EBIT)/平均总资产  
托宾 Q 值(PERF)=公司的市场价值/资产重置成本。

## 2. 自变量

董事会规模(DMN): Klein 认为董事会规模愈大, 董事会成员具备各专业领域背景愈广泛, 愈能有效进行监督管理者盈余管理的行为, 使公司盈余预期可靠度较高<sup>[6-7]</sup>, 本文以董事席次总和衡量董事会规模。

董监事持股比例(DMHR): 依利益收敛假说, 内部人持股比例愈高时, 因为其自身财富与公司价值紧密结合, 因此将更有诱因努力创造公司价值, 提高股价, 故本文将董监事持股比例列入变量之一。

董监事质押比例(DMPR): 陈焯钰研究指出董监事股权质押比率与公司的经营绩效成负相关, 当董监事质押比例愈大, 为了避免公司股票被断头, 董监事愈可能利用其职位对公司资产进行不当运用或对公司经营降低关注, 损害公司之利益, 进而影响公司绩效<sup>[8]</sup>。故将其纳入本文研究变量中。董监事质押比例=董监事质押股数/董监事持股数。

独立董事席次(INDN): 张椿柏研究发现外部独立董事为建立及维持专业声誉, 会有充分诱因执行监督, 提升董事会独立性, 能较有效督促管理层揭露更多的公司资讯, 同时能有效抑制盈余管理行为, 进而提升财务报告品质, 影响公司绩效展现<sup>[9]</sup>。公司的审计委员会若越具有独立性, 则独立董事的监督功能越可在丰富的信息环境中更为有效率<sup>[20]</sup>。而独立董事的基本立场, 一般是以股东的利益为考量, 若有两个相关者之间的利益发生冲突时, 可以发挥监控功能<sup>[21]</sup>。故本文拟以独立董事席次列入主要变量之一。

董事长兼任总经理(DIRMAN): 王元章和张椿柏研究发现公司董事长若兼任总经理则因董事会较缺乏独立性, 管理者从事盈余管理的程度会较严重, 董事会将较无法发挥监督管理层的功能, 严重影响信息披露程度与公司信息披露品质<sup>[17]</sup>。本文拟以董事长兼任总经理用虚拟变量衡量, 若董事长兼任总经理, 用虚拟变量 1 表示, 反之则为 0。

信息透明度(TRUST): 为了便于研究统计, 我们将深交所信息披露各个等级评价结果转化成数据模

式进行研究分析, 转化定义如下: A 为 4(A=4)、B 转化为 3(B=3)、C 转化为 2(C=2)及 D 转化为 1(D=1)。

## 3. 控制变数

公司规模(SIZE): 由公司规模的大小可看出企业经营的好坏, Chiou 的实证研究显示规模较大的公司, 信息不对称相对较小, 募集资金容易, 资金使用成本较低, 会追求更多的销售成长机会, 使营运资金需求随着公司规模变大而增加<sup>[22]</sup>。故本文将公司规模加入控制变数中, 以公司市值取自然对数列入变量之一。

市值净值比(PB): 股价除以每股净值, 过去研究指出, 市值净值比与公司价值具有相关性。本研究以市值净值比(PB)列入变量之一。

各变量操作性定义如表 1。

表 1 研究变量操作性定义

Tab.1 The operational definition of variables	
变量(符号)	变数定义及衡量方法
股东权益报酬率(ROE)	ROE=税后净利/股东权益账面价值
资产报酬率(ROA)	ROA=税前息前盈余(EBIT)/平均总资产
托宾 Q 值(PERF)	公司的市场价值/资产账面价值
董事会规模(DMN)	董监事席次总和
董监事持股比例(DMHR)	董监事持股比例
董监事质押比例(DMPR)	董监事质押比例
董事长兼任总经理(DIRMAN)	虚拟变数, 兼任=1, 不兼任=0
独立董事比例(INDN)	独立董事席次/全体董事席次
信息透明度(TRUST)	依考评等级设定
市值净值比(PB)	股价除以净值
公司规模(SIZE)	市值取自然对数

## 3 实证结果与分析

### 3.1 叙述性统计

本文通过 2014—2018 年间的有效样本, 得出各变量的叙述性统计值如表 2 所示。

表 2 描述性统计

Tab.2 Descriptive statistical results					
变量	最小值	最大值	平均数	中位数	标准差
SIZE	20.563	24.119	21.901	21.743	0.771
PB	0.150	3.288	0.627	0.567	0.429
ROE	-0.971	0.624	0.023	0.046	0.219
ROA	-0.431	0.303	0.020	0.022	0.093
PERF	-0.319	6.789	2.323	1.877	1.336
INDN	0.308	0.600	0.382	0.333	0.072
DMHR	0.000	0.636	0.143	0.025	0.200
DIRMAN	0.000	1.000	0.300	0.000	0.462
DMN	5.000	16.000	8.450	9.000	2.345
DMPR	0.000	0.474	0.185	0.172	0.134
TRUST	1.000	4.000	2.660	3.000	0.753

注:ROA、ROE、PERF 代表公司绩效,DMN 代表董事会规模,DMHR 代表董监事持股比例,DMPR 代表董监事质押比例,DIRMAN 代表董事长兼任总经理以虚拟变量衡量,INDN 代表独立董事比例,PB 为市价净值比,SIZE 代表公司规模,TRUST 代表信息透明度。

由表 2 可知,样本期内农业上市公司股东权益报酬率(ROE)平均数为 0.023,中位数为 0.046,显示多数公司的股东权益报酬率较平均数好,最小值为-0.971,最大值 0.624,显示公司经营绩效好坏对股东权益报酬率影响较大。董监事持股质押比例(DMPR)整体样本平均为 0.185,但最小值为 0.000,最大值为 0.474,显示各农业上市公司之间董监事持股质押比例差异较大,部分公司董监事持股质押较严重。董事长兼任总经理(DIRMAN)平均数为 0.300,中位数为 0.000,显示农业上市公司董事长兼任总经理的情形约

占 3 成,并不普遍。信息披露等级(TRUST)平均数为 2.660,中位数为 3.000,显示多数公司信息披露等级较好。其他变量如账面市值比、公司规模、独立董事比例、董监事持股比例、董事会规模等变量数据无明显偏差。衡量企业经营绩效的变量资产报酬率(ROA)、权益报酬率(ROE)、PERF 平均数分别为 0.020、0.023、2.323。

### 3.2 相关性分析

在进行回归分析之前,先对被解释变量和解释变量之间进行皮尔森(Pearson)相关性检验,以此来确定本文模型中变量之间是否存在有多重共线性对回归结果的准确性产生影响。具体的检验结果如表 3。从整体上看,本文主要变量间的相关系数都小于 0.5,研究变量之间的潜在线性关系性尚在可接受的范围之内。

表 3 相关性分析结果

Tab.3 Correlation analysis results

变量	SIZE	PB	ROE	ROA	TOBIN'Q	INDN	DMHR	DIRMAN	DMN	DMPR	TRUST
SIZE	1.000										
PB	0.194	1.000									
ROE	0.184	-0.021	1.000								
ROA	-0.241*	-0.043	0.914**	1.000							
PERF	-0.200	-0.696**	-0.010	-0.007	1.000						
INDN	-0.132	0.035	-0.113	-0.107	-0.126	1.000					
DMHR	-0.074	-0.204	0.093	0.108	0.170	0.091	1.000				
DIRMAN	0.341**	0.067	-0.054	-0.001	-0.177	0.272*	0.275**	1.000			
DMN	0.298**	-0.043	0.153	0.232*	0.089	-0.612**	-0.127	-0.148	1.000		
DMPR	-0.011	-0.052	-0.064	-0.019	0.013	0.060	0.385**	-0.170	-0.045	1.000	
TRUST	0.356**	-0.041	0.359**	0.337**	0.054	-0.112	0.230*	0.167	0.067	-0.106	1.000

注:ROA、ROE、TOBIN'Q 代表公司绩效,DMN 代表董事会规模,DMHR 代表董监事持股比例,DMPR 代表董监事质押比例,DIRMAN 代表董事长兼任总经理以虚拟变量衡量,INDN 代表独立董事比例,PB 为市价净值比,SIZE 代表公司规模,TRUST 代表信息透明度,\*、\*\*、\*\*\* 分别为在 10%、5%、1%的统计显著水平。

表 3 的相关性分析结果显示,在全体样本中,独立董事比例(INDN)、董事长兼任总经理(DIRMAN)、董监事持股质押比例(DMPR)、市值净值比(PB)均与公司经营绩效指标呈负向关系,表明公司治理越完善,公司经营绩效越好,但独立董事比例(INDN)、董事长兼任总经理(DIRMAN)、董监事持股质押比例(DMPR)并不显著,仅市值净值比(PB)对 TOBIN'Q 有显著负面影响。董监事持股比例(DMHR)、董事会规模(DMN)、信息透明度(TRUST)与公司绩效指标呈

正向相关,但董监事持股比例(DMHR)并不显著。信息透明度(TRUST)对资产报酬率和权益报酬率显著正相关,表明信息透明度越高,公司经营绩效越好;董事会规模(DMN)与资产报酬率显著正相关,表明董事会规模越大,公司经营绩效越佳。

### 3.3 回归模型实证结果分析

以深圳证券交易所 2014—2018 年农业上市公司为研究样本,分别以 ROA、ROE、TOBIN 为被解释变量,探讨公司治理与经营绩效所产生的关联,分析结

果如表 4 所示。

表 4 公司治理与经营绩效实证结果

Tab.4 Empirical results of corporate governance and business performance

Variable	ROA	ROE	TOBIN'Q
C	-0.738 (0.027)	-1.438 (0.070)	5.707 (0.106)
SIZE	0.030 (0.045)	0.065 (0.071)	-0.075 (0.637)
PB	-0.009 (0.704)	-0.008 (0.883)	-2.056 (0.000)
INDN	0.090 (0.612)	-0.007 (0.987)	-1.278 (0.500)
DMHR	0.091 (0.108)	0.221 (0.104)	0.568 (0.346)
DIRMAN	-0.023 (0.360)	-0.074 (0.225)	-0.330 (0.222)
DMN	0.008 (0.148)	0.008 (0.570)	0.014 (0.812)
DMPR	-0.048 (0.541)	-0.179 0.345	-0.305 (0.718)
R-sqr	0.049	0.010	0.471

注:ROA、ROE、TOBIN'Q 代表公司绩效,DMN 代表董事会规模,DMHR 代表董监事持股比例,DMPR 代表董监事质押比例,DIRMAN 代表董事长兼任总经理以虚拟变量衡量,INDN 代表独立董事比例,PB 为市价净值比,SIZE 代表公司规模。

表 4 结果显示,公司规模(SIZE)与公司经营绩效(ROA、ROE)呈显著正相关,表明公司规模越大,绩效越佳;市值净值比(PB)与公司经营绩效(TOBIN'Q)呈显著负相关;董监事持股比例(DMHR)与公司经营绩效呈正相关,且与 ROA、ROE 呈显著正相关,表明董监事持股比例越高,公司经营绩效越佳;董事长兼任总经理(DIRMAN)与公司经营绩效呈负相关,表明董事长与总经理非由同一人担任可以提高公司经营绩效,但实证结果并不显著;董事会规模(DMN)与公司经营绩效呈正相关,表明董事会规模越大,公司经营绩效越佳,但显著性不强;董监事持股质押比例(DMPR)与公司经营绩效呈负相关,表明董监事持股质押比例越高,公司经营绩效越差,但实证结果并不显著。

表 5 为加入信息透明度以后公司治理与公司绩效实证结果。数据显示,信息透明度(TRUST)与公司经营绩效呈显著正相关,表明公司信息透明度越高,

公司经营绩效越好。加入信息透明度(TRUST)变量后,独立董事比例(INDN)对公司经营绩效的影响由负变正且显著;同时,加入信息透明度(TRUST)变量后,董事会规模(DMN)与公司经营绩效(ROA)的正相关显著性增强。

表 5 加入信息透明度后公司治理与经营绩效实证结果

Tab.5 The empirical results of corporate governance and business performance adding information transparency

Variable	ROA	ROE	TOBIN'Q
C	-0.566 (0.087)	-0.971 (0.213)	6.058 (0.096)
SIZE	0.017 (0.287)	0.028 (0.446)	-0.103 (0.550)
PB	-0.005 (0.821)	0.002 (0.971)	-2.049 (0.000)
INDN	0.141 (0.418)	0.132 (0.749)	-1.174 (0.541)
DMHR	0.048 (0.408)	0.103 (0.452)	0.480 (0.452)
DIRMAN	-0.023 (0.344)	-0.074 (0.206)	-0.330 (0.224)
DMN	0.009 (0.089)	0.011 (0.399)	0.016 (0.782)
DMPR	-0.004 (0.963)	-0.058 (0.758)	-0.214 (0.806)
TRUST	0.034 (0.020)	0.094 (0.008)	0.070 (0.662)
R-sqr	0.100	0.083	0.466

注:ROA、ROE、TOBIN'Q 代表公司绩效,DMN 代表董事会规模,DMHR 代表董监事持股比例,DMPR 代表董监事质押比例,DIRMAN 代表董事长兼任总经理以虚拟变量衡量,INDN 代表独立董事比例,PB 为市价净值比,SIZE 代表公司规模,TRUST 代表信息透明度。

## 4 结论

探讨农业上市公司治理指标及信息透明度等级对公司绩效的影响,通过 2014—2018 年期间资料证实,分别以经营绩效 ROE、ROA 与 TOBIN'Q 作为被解释变量,观察各解释变量与其相关性。

样本期间内所有农业上市公司数据显示,公司治理相关变量如董事会规模、董监事持股比例、董监事质押比例、独立董事比例对经营绩效之影响颇大,其

中董监事质押比例整体样本数据之差异,显示出各公司之间董监事质押(DMPR)比例差异相当大,可见得部分公司董监事质押(DMPR)情形相当严重;而董事长兼任总经理(DIRMAN)整体样本数据之集中趋势,则显示公司董事长兼任总经理(DIRMAN)之情形并不普遍;多数公司的股东权益报酬率 ROE 表现较平均数为好, TOBIN'Q 最大值与最小值表现结果相差较大,显示公司治理与营运绩效好坏对股东权益报酬率 ROE 之影响非常巨大。假设一得到验证。

样本期间公司治理与经营绩效加入信息透明度变量后,实证结果数据显示,信息透明度(TRUST)变量之加入对 ROA 和 ROE 有显著且正向影响;独立董事比例 (INDN) 对公司经营绩效的影响由负变正且显著,负向影响变量减少;同时,加入信息透明度 (TRUST)变量后,董事会规模(DMN)与公司经营绩效 (ROA)的正相关显著性增强。实证结果数据显示,相关的公司治理机制对经营绩效 ROA、ROE 产生负面影响变量数量减少,正面影响变量数量增加且呈现显著影响。假设二得到验证。

综上,本文实证发现,公司治理机制确实会影响企业经营绩效,具有较大董事会规模、较多的独立董事席次的企业,在具有健全的公司治理机制下,加入信息透明度对公司营运绩效将有正面显著影响,实证结果支持本文假说。

### 参考文献:

- [1] 殷枫,王贝,刘春林.客户集中度对公司业绩的影响:基于社会网络理论的实证分析[J].河海大学学报(哲学社会科学版),2019,21(5):51-57.
- [2] 崔友洋,李永发,赵毅.商业模式结构特性、市场竞争战略与企业绩效:基于 182 家医药上市公司的实证研究[J].河海大学学报(哲学社会科学版),2019,21(5):67-75.
- [3] 陈振远,王建聪,洪世伟.公司治理对于企业社会责任、公司价值之影响[J].中山管理评论,2017,25(1):135-176.
- [4] GOMPER P A , METRICK A. Institutional investors and equity prices [J]. Quarterly Journal of Economics, 2001, 116(1): 229-259.
- [5] 洪荣耀,陈正佑.上市柜公司治理实务守则与公司绩效关连性之探究[J].商业现代化学刊,2012,6(4):43 -61.
- [6] LEUNG S , RICHARDSON G , JAGGI B . Corporate board and board committee independence, firm performance, and family ownership concentration: an analysis based on Hong Kong firms[J]. Journal of Contemporary Accounting & Economics, 2014, 10(1): 16-31.
- [7] 伍忠贤.公司治理的第一本书[M].台北:商周出版社,2003: 264-285.
- [8] HUANG S H , HUANG S Y , CHANG F H, et al. Impact of information disclosure and transparency rankings system on investors in Taiwan[J]. Journal of Applied Finance, 2011, 2(7): 770-807.
- [9] BEEKES W , Brown P . Do better-governed Australian firms make more informative disclosure [J]. Journal of Business Finance and Accounting, 2006, 33(3/4): 422-450.
- [10] ANDRES P, VALLELADO E. Corporate governance in banking: the role of the board of directors [J]. Journal of Banking and Finance, 2008, (32): 2570- 2580.
- [11] 王茂昌,陈维新.台湾银行业的经营风险、公司治理与资讯透明度之关联性:应用纵横资料模型[J].评价学报,2014(7): 1-20.
- [12] ELSAYED K. Does CEO duality really affect corporate performance[J]. Corporate Governance: An International Review. 2007(15): 1203-1214.
- [13] HEALY P M , PALEPU K G. Information asymmetry, corporate disclosure, and the capital markets: a review of the empirical disclosure literature[J]. Journal of Accounting and Economics, 2001(31): 405-440.
- [14] BHAGAT S , BLACK B S . The uncertain relationship between board composition and firm performance [J]. The Business Lawyer,1999, 54 (3): 921-963.
- [15] GRIFFIN J , MAHON J . The corporate social performance and corporate financial performance debate: twenty -five years of incomparable research[J]. Business & Society, 1997, 36(5): 5-31.
- [16] KLEIN A. Audit committee, board of director characteristics, and earnings management[J]. Journal of Accounting and Economics, 2002, 33(3): 375-400.
- [17] 王元章,张椿柏.核心代理问题对盈余管理之影响[J].会计审计论丛, 2012,2(2): 69-113.
- [18] 陈焯钰.董监事股权质押与公司治理之研究[D].高雄:高雄大学, 2009.
- [19] 张椿柏,王育伟,吴欣于,等.公司治理对盈余预测之影响[J].财金论文丛刊,2017(27):19-33.

- [20] CHEN X , CHENG Q , WANG X . Does increased board independence reduce earnings management evidence from recent regulatory reforms[J]. Review of Accounting Studies, 2015, 20(2): 899-933.
- [21] BRADLEY M , Chen D . Does board independence reduce the cost of debt [J]. Financial Management, 2015, 44(1):15-47.
- [22] CHIOU J R , CHENG L , WU H W . The determinants of working capital management[J]. Journal of American Academy of Business, 2006,10(1): 149-155.

(责任编辑:陈 果)

## Corporate Governance, Information Transparency and Corporate Performance of Agricultural Listed Companies

WEI Zhen<sup>1</sup>, PENG Hua<sup>2</sup>

(1.Fujian Provincial Education Examinations Authority, Fuzhou, Fujian 350003;

2.Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** Taking the data of 18 agricultural listed companies in Shenzhen Stock Exchange from 2014 to 2018 as samples, this paper discusses the impact of corporate governance and information transparency on the corporate performance by constructing multiple regression models. It is found that corporate governance does affect the operating performance of listed agricultural companies. For enterprises with larger board size and more seats of independent directors, the improvement of information transparency has a positive and significant impact on the operating performance of listed agricultural companies with a sound corporate governance mechanism.

**Key words:** corporate governance; information transparency; corporate performance

# 一种折叠式农用无人机设计与实现

杨信锟, 张倩, 李慧蓉, 周钰源, 许家钦

(武夷学院 机电工程学院, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**设计一种折叠式农用无人机,通过脚架结构、机架的折叠件和喷洒系统等方面的设计与制造,完成零部件的加工和安装,解决植保作业机械的稳定性、轻量化、便于运输等需求。

**关键词:**农用无人机;结构设计;折叠式机架;八轴

**中图分类号:**S252.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2020)06-0062-05

近年来我国高效机械化防治技术得到了较快发展,但对于占全国粮食种植面积60%以上的水稻、玉米等高秆作物来说,还是远远不足,因此开展农用轻型无人机施药技术装备与服务体系研究和服务具有十分重要的意义<sup>[1-2]</sup>。

## 1 植保无人机

### 1.1 国内外的的发展

我国对无人机的研究始于2004年,但是由于空域的限制没有得到充分的发展。直到2010年国家出台了相关的政策,放开了1000 m以下的飞行空间供给民用。同年我国第一架植保无人机下线,同时国内的不少研究机构、高校实验室和一些相关的企业也增加了对植保无人机的研发投入。2010—2013年期间大多数的植保无人机主要的动力以油动为主,结构多为单旋翼的无人植保直升机。其操作难度大、价格相对昂贵且对作业地形要求较高,在障碍物多地形复杂的环境下难以展开作业。2013年,以锂电池作为动力的电动植保无人机逐渐出现在市场上,以多个电机作为驱动的多旋翼结构相比于单旋翼的结构在造型上可

以更做得更简约轻便,由此以电动电机驱动多旋翼成为了植保无人机的发展方向。

国外运用植保无人机的国家主要有美国、日本和韩国等农业现代化、自动化程度较高的国家。美国早期的植保喷洒作业主要是通过需要人驾驶的飞机,随着其无人机技术的快速进步以及大型集约化的种植模式推广,植保无人机得到了快速的发展。目前美国的植保机已发展到20多种,主要以单旋翼的植保无人直升机为主,占世界植保机的28%。日本的植保机发展也相当的领先,从1990年日本雅马哈公司就推出了R-50型植保机,载药量达20 kg,发展至今日本的植保机保有量已达3000多架,同时凭借着其产品的载重大,性能优越被许多亚洲国家引进。韩国对于植保机的应用相对比较晚,自2003年起开始从日本等国家引进了植保无人机,不到十年就引进了500多架植保机。

### 1.2 植保无人机分类

植保无人机可以按照其动力来源和螺旋桨数量两种方式分类。按照动力来源可分为:油动植保无人机、油电混动植保无人机、电动植保无人机。

按照螺旋桨数量可分为:单旋翼植保无人机和多旋翼植保无人机。单旋翼植保无人机的动力来源只有一只主螺旋桨,需要尾桨来保持平衡和水平飞行。其主桨控制前进后退、上升或下降,尾桨控制其转向。有两只及以上螺旋桨的无人机称为多旋翼植保无人机。

收稿日期:2019-12-02

作者简介:杨信锟(1984-),男,汉族,讲师,主要从事检测技术与自动化装置的研究。

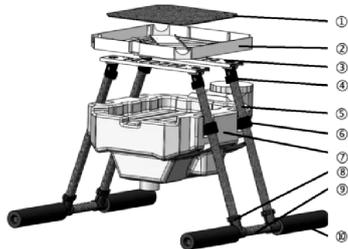
常见的多旋翼植保无人机多为四、六、八旋翼的植保无人机,因其一个旋翼对应一个轴,所以又可称为四、六、八轴植保机。此类的植保无人机操作相对简便因此市场上能更好的被接受。

## 2 设备的主要构成

### 2.1 脚架系统组成

如图 1 起落架是农用无人机着陆时,整个飞行器重量的承受部件,因此必须确保起落架有足够的支撑强度和良好的减震功能,以避免农用无人机降落时地面冲击对机体部件的损坏<sup>[3]</sup>。

该脚架系统采用碳纤维管作为主要支撑,铝合金件连接及固定碳纤维管及药壶,结构紧凑、稳定同时控制了脚架的整体重量。其中下碳板、下盖、支撑碳管、底部碳管、加固 U 铝及海绵垫可以自主加工,脚架固定件、药壶固定件、10 L 药壶和脚架三通需要的加工设备要求较高无法自主加工。



1-下碳板;2-下盖;3-加固 U 铝;4-脚架固定件;5-支撑碳管;6-药壶固定件;7-脚架三通;8-底部碳管;9-海绵套

图 1 脚架结构

Fig. 1 Scaffold structure

### 2.2 主要构成部件设计

(1)下碳板设计:下碳板作为机架与脚架的连接板需要承受巨大的力,因此采用具有良好刚性及韧性的碳纤维板材。安装在下碳板上的主要部件有 D30 管座四个,分电板一块,以及八根铜柱和八个螺丝。

(2)下盖设计:下盖采用 3D 打印成型如图 2 所示,设计尺寸为 290 mm×290 mm×28 mm,底部采用加强筋设计提高整体结构刚性侧壁也添加了肋板防止 3D 打印完侧壁受力毁坏。底部开口为电源线出口,一侧有凹槽主要设计目的是放置 LED 信号灯。4 边角 45°裁切并做半圆弧处理用来配合碳管的放置。左右两侧各开两个 M3 的螺丝柱,使用 M3 自攻螺丝既可将

上下壳缩紧。主要受力连接处为左右底部的 4 组 2×φ2 螺丝孔,通过内六角头的 M3×12 螺丝与加固 U 铝和脚架固定件连接。底部筋条处的八个 M3 孔位为底部碳板与加固 U 铝连接的过度孔,起垫片作用。

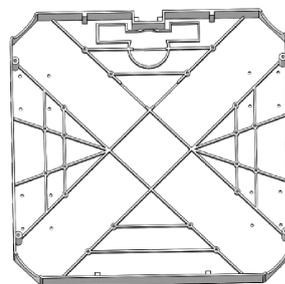


图 2 下盖三维模型

Fig. 2 3D model of lower cover

(3)加固 U 铝设计:根据脚架连接件的端面尺寸选定加固 U 铝原材料的尺寸为底宽 50 mm、边高 10 mm、壁厚为 1 mm、内径 50 mm。该部件主要连接左右两端的 8 个孔,用于连接脚架固定件与下壳,中间上下的四个孔,将下碳板固定在 U 铝上。其重量较重,在不影响结构刚性的情况下对其进行了镂空处理。长度尺寸不能超过下盖的长度 290 mm,同时要满足孔位的要求,长度定为 280 mm,如图 3 所示。

加固 U 铝的加工用三轴精雕机即可完成,通过 Artcam 编程软件,将加固 U 铝的平面 DXF 图纸导入。该部件需要铣两边轮廓以及内部孔位和镂空部分,因此采用两段程序编写,使用 6 mm 的端面铣刀来进行两边轮廓的加工和内部镂空的加工,用 3.2 mm 钻头加工 12 个 3.2 mm 孔。

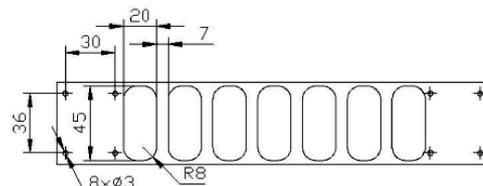


图 3 加固 U 铝

Fig. 3 Strengthening U aluminum

(4)支撑管及海绵套选型:脚架的整体质量约为 3.5 kg,药壶容量为 10 L 一组电池质量为 2 kg,因此可得脚架系统的最大质量为 15.5 kg。机架的总质量约为 10 kg,所以脚架支撑碳管静态所受的最大重量为 25.5 kg。

海绵垫主要起减震作用,减轻植保机降落时机架受到的冲击力。根据底部碳管的半径,以及海绵套的常用规格选择内径 20 mm、外径 40 mm 的海绵套为加

工原材料。

### 2.3 其他部件选型

(1)药壶选型:目前植保机由于续航能力的原因大多载药量为 10 kg, 课题研究的八轴植保无人机载药量也定在 10 kg。植保机药壶需要满足但不限于:具有防震荡结构设计;材料耐腐蚀、阳光曝晒;具有安装孔位,能安装在植保机上面;具有明显准确的刻度标识等。由于药壶的生产需要进行开模注塑,生产要求较高,因此课题使用的药壶采用直接购买市面上符合要求的产品。

(2)各连接件选型:支撑碳管与 U 铝及下盖的连接需要脚架连接件, 药壶与支撑碳管的连接需要药壶固定件,支撑碳管与底部碳管的连接需要脚架三通。这些连接件的加工都比较复杂, 现有的三轴精雕机无法满足加工要求,采用 3D 打印技术打印出来的连接件无法满足高强度的使用及高温。因此这三种连接件均采用现有的铝合金件,如图 4 所示的脚架连接件。



图 4 脚架固定件

Fig. 4 Scaffold fixed parts

### 2.4 安装尺寸

起落架脚架结构如图 5 所示。

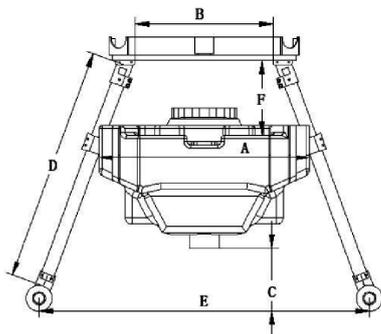


图 5 脚架结构

Fig. 5 Scaffold structure

其中尺寸 A 为药壶安装孔尺寸、尺寸 B 为 U 铝安装孔尺寸、尺寸 C 为药壶离地尺寸。药壶的顶面内凹处用来放置电池, 电池高为 90 mm 同时需要预留 1/3 的电池高度便于电池的放置,因此尺寸 F 为 120 mm。尺寸 A 为药壶宽度,该长度为固定值 320 mm。尺寸 C 为

药壶底部的离地的距离,该尺寸应满足无人机在坑洼地带降落不会因药箱底部磕碰到石头或土堆导致侧翻,同时要保证重心位置因此该尺寸最佳在 100 mm 左右。加固 U 铝的长度 280 mm,脚架加固件的端面长度为 35 mm,尺寸 B 的大小为 210 mm。尺寸 D 为支撑碳管的长度,该长度 360 mm。

## 3 机架部件设计

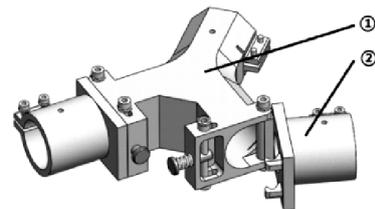
### 3.1 折叠方案分析

农用无人机由于其载重量大, 所以其尺寸一般都会比较庞大。对于植保作业人员来说一款好的农用无人机不仅要有较高的作业效率还要便于运输。因此植保机的折叠式设计显得尤其重要, 课题研究的农用无人机也是基于折叠架构的一款八轴农用无人机。目前主流的折叠方式有管座下折方式,环抱折叠方式、以及 Y 型环抱折叠方式。综合对比 3 种方案后, 课题采用第 3 种方案既 Y 型环抱折叠方案作为折叠设计方向。

Y 型机臂的设计能提高载重量的同时减少对管座数量的要求,使得机架的中心结构不会因安装过多铝合金件而显得臃肿。使用扎带即可将机臂两两固定在一起,运输时能减少很多磕碰,机臂的下方空间可用来放置电池等配套物品。

### 3.2 折叠部件的设计

折叠部件采用 Y 型主要构成部分有固定件和转动件。固定件的大头端固定在从管座出来的机架主碳管上,另外两端连接转动件。为了提高折叠效率,转动件的固定采用卡扣式设计,通过按压销钉即可实现折叠,如图 6。采用铝合金材质的原材料进行加工,有效提高了结构的刚性以及药液的抗腐蚀能力和抗变形能力。



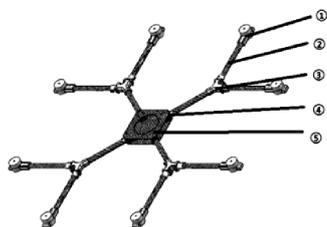
1-固定件;2-转动件

图 6 折叠部件

Fig.6 Folding parts

### 3.3 装配工艺

机架的整体装配如图 7 所示,其主要装备工艺有电机和折叠件的装配。



1-电机;2-电机碳管;3-折叠件;4-管座;5-上碳板

图 7 机架装配体

Fig.7 Frame assembly

## 4 外协部件的选型

### 4.1 飞行控制系统

飞行控制系统简称飞控,可以看作无人机的大脑。农用无人机的飞行、悬停、姿态变化等动作都是由飞控通过运算和判断下达对应的指令,由执行机构完成动作和飞行姿态的调整<sup>[4]</sup>。目前的飞控按照开放程度可分为开源飞控和非开源飞控,开源飞控的优点在于用户可以根据自己的需求对代码进行修改或增减,非开源飞控的优点是稳定好。博鹰 PALADIN 飞控的具有无线数传以及手机端调参的特色功能,对于实时状态监测有很好的帮助,同时具有全面的智能控制功能。所以综合性能及价格后,最终选定博鹰的 PALADIN 飞控。

### 4.2 动力系统

农用无人机的重量一般满载都在 20 kg 以上,因此对电机的要求也比较高,所以选用的电机要求拉力较大,性能稳定。目前市面上的符合这个要求的有好盈科技的 X6、X8、大疆 E5000 等。课题的农用无人机设计为八轴,载重量为 10 kg,质量在 14 kg 左右,因此平均每个电机需承受 3 kg 的拉力。考虑成本与性能,选择好盈的 X6 动力系统。

### 4.3 喷洒系统

植保机农药喷洒系统是一个独立的系统,由机载药箱、水泵、喷头、控制器等构成,专业的农业植保飞控通过连接控制器根据作业模式对喷洒药液的流量和速度进行控制<sup>[5]</sup>。药箱及飞控的型号已经选定,目前

主要对该系统的水泵以及喷头模块进行选型,经过筛选选择目前效果比较好的 EFT-3S 无刷水泵。

## 5 设备调试

### 5.1 遥控器校准

遥控器校准:飞行器首次安装,接收机与遥控器对频成功后,飞控需要校准遥控器通道的最大值和最小值,保证遥控器信号输入的准确性。校准过程中,依次校准每一个摇杆。

### 5.2 电调校准

电调校准使得飞控输出的 PWM 值与电调可接收的 PWM 值范围匹配。校准方法<sup>[6]</sup>:

(1)将遥控器上电,油门推到最高位置;

(2)将飞控上电,飞行指示灯红蓝闪烁,表示飞控进入电调校准模式,飞控断电,遥控器油门始终保持最高位置;

(3)飞控重新上电,动力系统通电,当听到电调发出“嘀嘀”声后,迅速拉油门至最低,此时会听到一声长音“滴”,此时再推动油门,电机旋转,电调校准结束。

### 5.3 磁罗盘校准

(1)快速拨动“模式通道”开关 6 次以上进入磁罗盘水平校准模式<sup>[7]</sup>;

(2)将飞行器水平并平缓旋转 360°,待绿灯常亮,水平校准完成;

(3)飞行器头垂直向下,等待至红绿灯循环闪烁,表示进入磁罗盘垂直校准模式;

(4)将飞行器再次平缓的旋转 360°,待状态指示灯停止闪烁,蓝灯常亮,垂直校准完成。

### 5.4 数据采集

装配完成后进行实际尺寸测量数据如表 1 所示。

表 1 实测尺寸参数

Tab.1 Measured dimension parameters

实测项目	参数
展开尺寸	1 580 mm×1 580 mm×700 mm
折叠尺寸	800 mm×800 mm×700 mm
最大起飞质量	26 kg
药箱容量	10 L
自身质量	14 kg

实物拍摄图如图 8 所示。

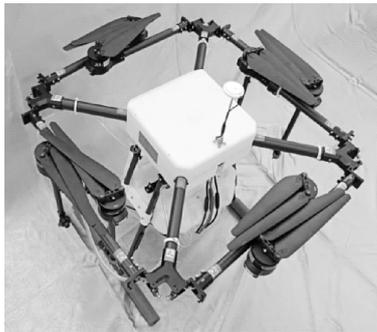


图 8 折叠实拍

Fig. 8 Folding real picture

在实际飞行中测试飞机的机架性能, 以及飞行的精度误差。同时采集了以下数据, 如表 2 所示。

表 2 作业性能参数

Tab. 2 Job performance parameters

作业性能	参数
飞行速度	0~15 m/s
喷幅	3~4 m
喷洒速度	0~15 m/s(可调)
单次作业时间	10 min/架次
防治效率	0.06~0.12 hm <sup>2</sup>
飞行高度	0~200 m
喷洒高度	作物顶部 1~3 m

实际作业情况如图 9 所示。



图 9 作业实拍

Fig. 9 Actual shooting of operation

## 6 结论

折叠式农用无人机设计主要在植保机的脚架、机架与折叠部件这几个方面进行了详细的论证, 并且进行分析与实际的测试。得出该折叠式农用无人机的整体结构刚性满足实际使用要求, 折叠式设计大大减小了运输空间, 喷洒系统的流量控制与喷洒幅度能在有效的减少病虫害的同时最大限度的减少对作物本身的伤害。在实际作业中一架次药水在 6~8 min 使用完, 作业面积在 0.3~0.4 hm<sup>2</sup> 地左右。农用无人机在农业生产实践中发挥着关键作用, 很大程度的提高农业生产效率。同时降低因喷洒农药导致的农药中毒事件发生, 期望设计的折叠式农用无人机能继续在市场上接受检验。

## 参考文献:

- [1] 李桃. 铁路巡道无人机设计[D]. 西安: 西南交通大学, 2018.
- [2] 谭敦勇, 谢飞军, 张先清. 水稻生产全程机械化技术经济效益分析[J]. 农业工程, 2017, 7(1): 112-118.
- [3] 陈明. 四旋翼农用无人机的总体设计及其气动特性分析[D]. 天津: 河北工业大学, 2017.
- [4] 王斌. 八旋翼电动农用无人机的研制与试验分析[D]. 吉林: 吉林农业大学, 2017.
- [5] 龙吉. 基于 STM32 微控制器的无人机农药喷洒系统设计[J]. 科技资讯, 2017, 15(35): 92-94.
- [6] 杨旗, 崔玉博, 陈杰, 王家楠. 基于 Pixhawk 的无人机室内通道自主避障研究[J]. 内燃机与配件, 2018(7): 172-174.
- [7] 赵昌丽, 朱雅乔. 无人机本体调校测试系统设计与应用实践[J]. 时代农机, 2017, 44(7): 78-80.

(责任编辑: 叶丽娜)

# Design and Implementation of a Folding Agricultural UAV

YANG Xinkun, ZHANG Qian, LI Huirong, ZHOU Yuyuan, XU Jiaqin  
 ( School of Mechanical and Electrical Engineering ,Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

**Abstract:** This paper designs a collapsible agricultural unmanned aerial vehicle (UAV). By folding a foot frame structure, frame and spraying system design and manufacture, it finished parts processing and installation, to solve the machinery demand such as stability, light weight, easy to transport.

**Key words:** agricultural (UAV); structural design; folding frame; eight-axis

# 采用 STC15W404AS 单片机的手机蓝牙台灯装置设计

袁 炜<sup>1</sup>, 孙会琴<sup>2</sup>, 张乃昌<sup>3</sup>, 张 磊<sup>1</sup>

(1.淮南师范学院 机械与电气工程学院, 安徽 淮南 232038; 2.河北科技大学 电气工程学院, 河北 石家庄 050018; 3.杭州鸿泉物联网技术股份有限公司, 浙江 杭州 310052)

**摘 要:**为了增强台灯的功能,提高台灯的智能化、人性化程度,提出一种基于单片机的手机蓝牙智能台灯装置设计方案。以单片机为控制核心,借助蓝牙技术,配合温湿度检测、语音播报及信息显示等模块,实现了 LED 台灯开、关与亮度的远程控制,温湿度的实时检测与显示,用眼过久智能语音提醒等功能,方便了人们的使用,一定程度上保护了视力。

**关键词:**智能台灯;温湿度检测;语音播报

**中图分类号:**TS914.211 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2020)06-0067-05

随着科技的进步,人们对智能家居的需求不断扩大,作为家家常用的台灯也在智能家居的范畴之内<sup>[1]</sup>。目前市面上的台灯类型多样,能够满足人们的基本需求,但为进一步提高台灯的服务水平和质量,可以在其功能,操作方法等方面加以探究,使其更加智能化、人性化。

## 1 系统整体方案设计

借助完善的手机蓝牙技术<sup>[2]</sup>,以单片机为核心控制芯片,在传统台灯功能的基础上,增添亮度调节,温湿度检测,语音提示等功能。装置主要包括 STC15W404AS 单片机、温湿度传感器、EEPROM、OLED 显示屏、QJ008 语音模块、HC-06 蓝牙模块、LED 灯等。系统硬件框架如图 1 所示。

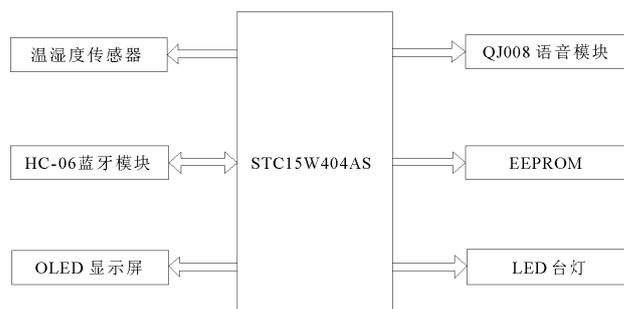


图 1 系统硬件框架图

Fig. 1 System hardware framework diagram

### 1.1 STC15W404AS 单片机

STC15W404AS 作为主控芯片,具有超高速 CPU 内核,最高频率可达到 35 MHz。采用内部晶振驱动,内含高速异步串行接口(UART),管脚功能丰富,也可外接 74HC595 拓展通用 I/O 口。主控芯片采用 SOP20 封装,如图 2 所示。

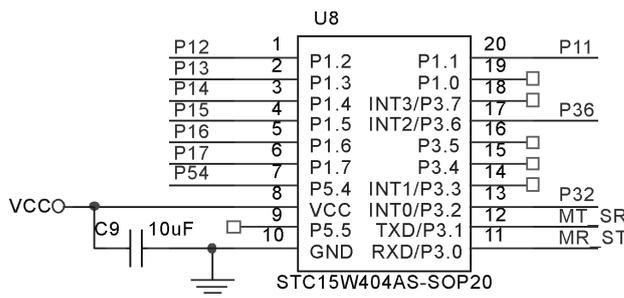


图 2 主控芯片封装图

Fig. 2 Master chip package diagram

收稿日期:2020-02-03

基金项目:2019 年国家级大学生创新创业训练计划项目(201910381036S);2019 年安徽省省级大学生创新创业训练计划项目(201910381050);淮南师范学院 2019 年省级项目(2019sj52);淮南师范学院 2019 年度科学研究项目(2019XJZD06)。

作者简介:袁炜(1985-),男,汉族,助理实验师,主要从事智能技术,信息识别与处理的研究。

### 1.2 温湿度传感器

DHT11 温湿度传感器内部包含 NTC 测温度和电阻式测湿度两个部分,性能稳定,读数精确<sup>[3]</sup>。采用 DATA 管脚与单片机进行数据交互,为提高远距离传输数据的稳定性,可在 DATA 管脚上拉 4.7 KΩ。通过 DATA 管脚传输数据大小为 40 bit,数据的高位在前面先输出,编写代码时应注意,DHT11 传输的数据格式依次是湿度数值,温度数值,最后 8 bit 的数据就是校验值。注意,校验值与前面传输的数据之和相等时,读取的数据才正确。图 3 为 DHT11 的引脚图。

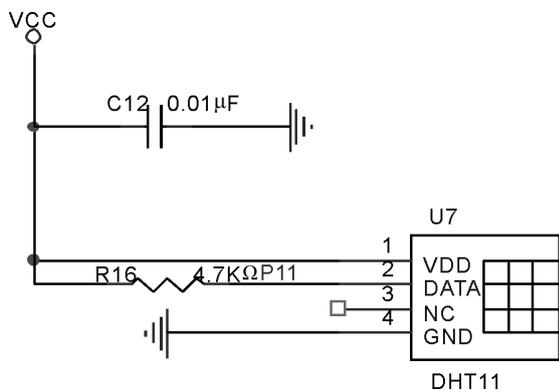


图 3 DHT11 引脚图

Fig. 3 DHT11 pin diagram

### 1.3 QJ008 语音播报模块

QJ008 语音播报模块主要是用于智能语音提醒,提示用户注意休息,切勿用眼过度。QJ008 语音芯片可通过串口直接控制,支持 U 盘内音频播放,音频音质好,使用方便,可靠稳定<sup>[4]</sup>。选择 W25Q64 作为 Flash 存储芯片,采用 SPI 接口,其内存为 8 MB,电压范围是 2.7~3.6 V,10 万擦写次数,Flash 内部数据至少能保存 20 年。采用 LM4890 作为功放电路主芯片,无须外接耦合电容,接喇叭即可输出播放<sup>[5]</sup>。图 4 是 QJ008 语音播报系统框图。

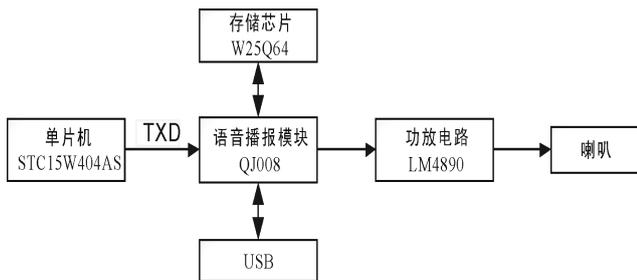


图 4 QJ008 语音播报系统框图

Fig.4 QJ008 voice broadcast system block diagram

图 5 为 QJ008 语音播报模块原理图。DATA1 为数据位,CMD1 为片选,CLK1 为时钟。首先将数据线与 USB 串口相连后再连接电脑,格式化 W25Q64,将待播音频放到指定的目录下。其次利用单片机内部定时器 Time0 设置每次发送数据的间隔,每隔一段时间 STC15W404AS 会通过串口 MT\_SR 发送指令到 QJ008,通过数据判断后控制相应的 SPI 接口线,读取 W25Q64 芯片存储的音频文件,最后通过 LM4890 功放电路输出音频<sup>[6]</sup>。声音的大小通过调节 LM4890 上电阻的值来控制。

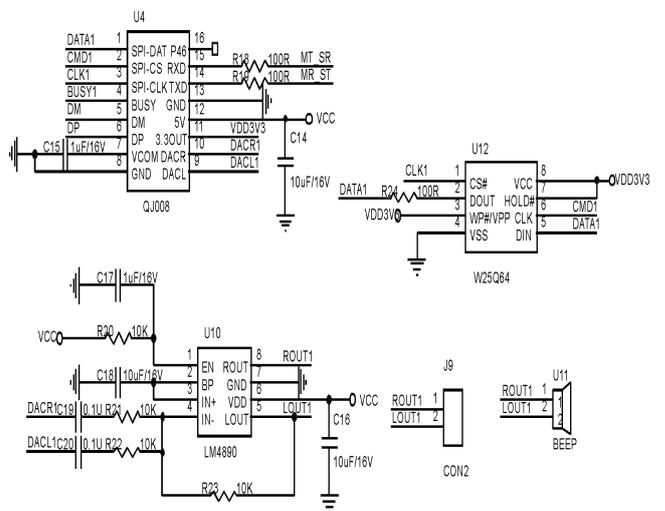


图 5 QJ008 模块原理图

Fig. 5 QJ008 module schematic

### 1.4 HC-06 无线蓝牙串口模块

HC-06 无线蓝牙模块采用串行异步通信,操作简单。根据模块上的 LED 蓝灯判断手机蓝牙是否连接成功,若蓝灯常亮则蓝牙模块与手机连接成功;若蓝灯闪烁,则连接失败。手机蓝牙串口 APP 与 HC-06 无线蓝牙模块相连,定义蓝牙协议格式为:起始数据 (0x0F),开灯数据 (0x10) 或关灯数据 (0x20),灯的亮度数据 (0x00-0x20),校验位。通过手机蓝牙发送协议之和,单片机在串口中进行解析,实现灯的开关控制及灯光亮度色温的调整<sup>[7]</sup>。

### 1.5 AT24C128C EEPROM 串行存储器

AT24C128C 芯片采用的是 IIC 总线,IIC 总线能在芯片间进行串行数据交互<sup>[8]</sup>。IIC 与任何 CPU 的信息交互采用同一种方式,具有编程的一致性。AT24C128C EEPROM 串行存储器也支持 IIC 总线,其功能引脚图如图 6 所示。

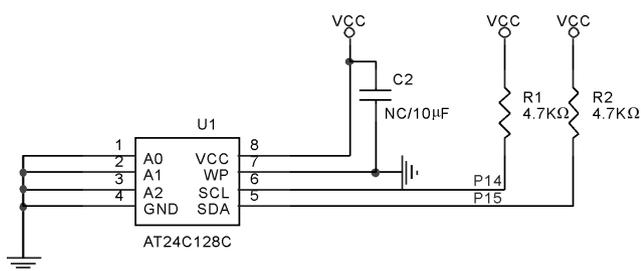


图 6 AT24C128C 功能引脚图

Fig. 6 AT24c128c function pin diagram

## 1.6 OLED 显示屏

选用四线制的 IIC 接口 OLED 屏, OLED 屏类似于点阵屏, 不同于 LCD, 无须外接背光源, 稳定性、显示效果较 LCD 好<sup>[9]</sup>。OLED 屏用于显示 DHT11 模块检测出的温湿度, 实时获取当前环境的温湿度, 其具有 GND、VCC、SCL、SDA 4 个接口。

## 2 系统软件设计

系统软件在 Keil5 编译环境下使用 C 语言实现的。C 语言是一种广泛使用的计算机语言, 其具有易编译、快运算、函数库丰富, 良好的可读、可移植等优点, 有利于实现对硬件的调节控制。系统软件设计首先在 STC15W404AS 单片机上电后, 判断蓝牙信号是否正确匹配, 正确匹配后进入手机 APP 界面<sup>[10]</sup>。其次通过蓝牙通信, LED 照明系统接收由手机 APP 发送的相关指令, 然后解析成相应开、关灯指令, 亮度调节指令、温湿度显示、设置定时语音播报等。图 7 为手机 APP 蓝牙通信流程图, 图 8 为系统软件设计整体流程图。

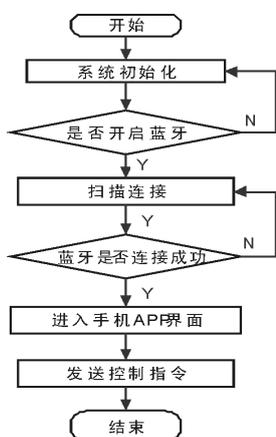


图 7 手机 APP 蓝牙通信流程图

Fig. 7 Mobile APP bluetooth communication flow chart

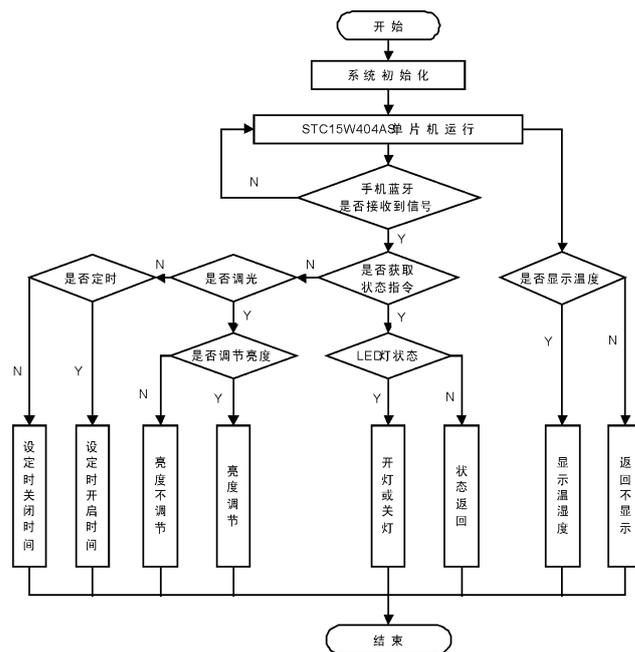


图 8 系统软件设计整体流程图

Fig. 8 Flow chart of system software design

## 3 系统调试与问题解决

### 3.1 硬件调试

硬件调试包括 3 个步骤: (1) 目测焊好的电路板连接情况, 将其与原理图、PCB 对比, 检查外部元器件、电路是否有漏焊、断路等情况。(2) 利用万用表进行逐一测量, 判断是否存在短路、断路的情况。(3) 确保电路无误后, 通过串口给 PCB 板供电, 烧写简单的点亮灯代码测试一下, LED 灯正常点亮后即可进行代码烧写、软件调试。

### 3.2 软件调试

用 keil5 编译主程序, 编译无误后通过 STC 自动烧录器烧写程序, 选择 STC15W404AS 单片机以及 COM4 串口, 打开 OBJ 目录下的 LED.hex 文件, 点击下载/编程, ISP 软件开始识别单片机型号 STC15W404AS, 出现烧写成功即可。STC15W404AS 内部有晶振, 烧写时可修改频率。

### 3.3 问题解决

测试过程遇到的问题及解决方法: (1) 烧写程序时总出现下载失败, 发现最低波特率过高造成下载失败, 将最低波特率值由默认的 2 400 修改为 1 200, 即可下载成功。(2) 程序烧写成功后, OLED 显示屏温湿

度数值为空白。检查了程序之后发现 dth11.c 有个变量未进行初始化,初始化修改代码重新烧写,功能正常。

#### 4 装置功能实现与总结

基于 STC15W404AS 单片机的手机蓝牙台灯实物如图 9 所示,通过 USB 给装置供电后,可利用手机蓝牙串口 APP 发送十六进制数据 0F100322 实现开灯,发送 0F20002F 实现关灯,也可通过拨码开关控制台灯的开关;OLED 显示屏实时显示当前环境的温湿度,如图 10 所示;利用手机蓝牙界面操控灯亮度的调节,如图 11 所示;QJ008 会进行用时记录及语音播报,提醒用眼时长。

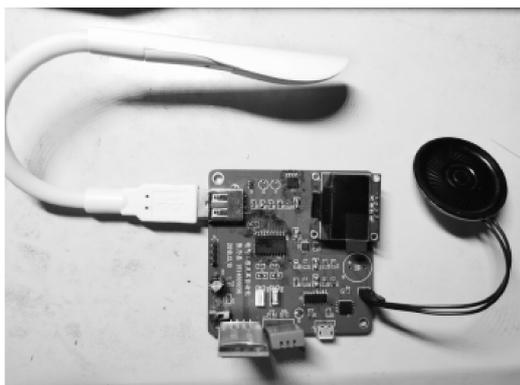


图 9 智能蓝牙台灯实物图

Fig. 9 The physical picture of the pntelligent bluetooth besk lamp

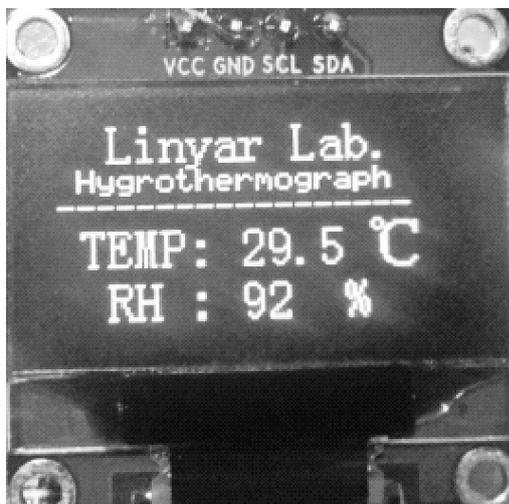


图 10 温湿度显示图

Fig.10 Temperature and humidity display

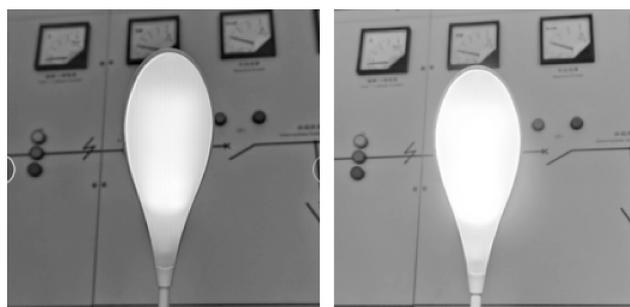


图 11 亮度调节对比图

Fig.11 Brightness adjustment contrast diagram

基于 STC15W404AS 单片机的手机蓝牙台灯装置设计,完成了手机蓝牙对 LED 台灯智能控制,实现了远程和就地控制台灯的开关、亮度状态,一定程度上避免了用户过度用眼造成视觉疲劳的情况,提供了依据温湿度显示选择穿着衣服的便利,这些优势使得台灯的智能化、人性化程度都得以提升,具有不错的实际应用价值。

#### 参考文献:

- [1] 韩振花.基于单片机的智能台灯设计[J].南方农机,2019,50(21):174.
- [2] 苗紫民,程泽华,苏彦兵,等.基于单片机的智能台灯设计[J].软件,2019,40(11):75-78.
- [3] 胡蓉.学龄期儿童智能产品设计方法研究与应用[D].湘潭:湘潭大学,2019.
- [4] 刘岳,于宝琦.基于单片机的幼儿智能台灯的设计[J].辽宁科技学院学报,2018,20(5):11-13.
- [5] 徐全林.基于蓝牙控制的智能台灯系统设计[J].科技创新与应用,2017(9):57-58.
- [6] 王文江.基于单片机的蓝牙遥控电风扇[J].中国科技信息,2016(23):26-27.
- [7] 马大坚,郑胜平,马才华.基于 Android 控制智能台灯的设计[J].电子世界,2016(12):43+47.
- [8] 方洁,蔡璇.基于 STM32 智能台灯设计[J].电子世界,2018(20):126-127.
- [9] 邱广萍,陈海涛,尤悦岭,等.基于蓝牙技术的智能家居通信系统[J].赤峰学院学报(自然科学版),2016,32(7):50-51.
- [10] 张凡凡.蓝牙技术在智能家居中的应用研究[J].电子制作,2015(10):43.

(责任编辑:叶丽娜)

---

## Design of Bluetooth Lamp Device for Mobile Phone based on STC15W404AS

YUAN Wei<sup>1</sup>, SUN Huiqin<sup>2</sup>, ZHANG Naichang<sup>3</sup>, ZHANG Lei<sup>1</sup>

- (1.College of Mechanical and Electrical Engineering, Huainan Normal University, Huainan, Anhui 232038;  
2.College of Electrical Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang, Hebei 050018;  
3.Hangzhou Hongquan Internet of Things Technology Co., Ltd, Hangzhou, Zhejiang 350052)

**Abstract:**In order to enhance the function of desk lamp and improve the intelligence and humanity of desk lamp, a design scheme of Bluetooth intelligent desk lamp based on single chip microcomputer is proposed.With single chip microcomputer as the control core, with the help of Bluetooth technology, with temperature and humidity detection, voice broadcast, information display and other modules,the functions of remote control of LED lamp on and off, brightness, real-time detection and display of temperature and humidity, intelligent voice reminder with eyes for too long are realized.It is convenient for people to use, to a certain extent, it protects vision, and has a certain reference value for the development of smart home.

**Key words:** intelligent desk lamp; temperature and humidity detection; voice broadcast

# 冷却速率对高层建筑结构钢板 Q420GJC 金相组织的影响

高志国<sup>1</sup>, 陈丽军<sup>1</sup>, 高 军<sup>2</sup>, 陈 兴<sup>1</sup>

(1.武夷学院 机电工程学院, 福建 武夷山 354300; 2.内蒙古包钢钢联股份有限公司, 内蒙古 包头 014010)

**摘 要:**为了合理有效地制定 Q420GJC 高层建筑结构钢板的热加工工艺,使用 210 t 转炉真空冶炼了 Q420GJC 钢坯,采用 4 100 mm 宽厚板热轧机组进行热轧实验,制备了 Q420GJC 高层建筑结构钢板。运用热膨胀仪测定了 Q420GJC 高层建筑结构钢板 CCT 曲线、相变点和临界冷却速率。运用金相显微镜观察并研究了不同冷却速率对应 Q420GJC 钢板的金相组织。结果表明:CCT 曲线上相变点  $A_{c1}$  为 684 °C,  $A_{c3}$  为 830 °C,  $M_s$  为 493 °C。冷却速率小于 14 °C/s 时, Q420GJC 钢板的金相组织以珠光体和铁素体为主。随着冷却速率的加快,在 14~100 °C/s 范围内,可得到贝氏体+铁素体组织。冷却速率达到 100 °C/s 时,出现马氏体组织。确定该钢种获得马氏体组织的临界冷却速率为 100 °C/s。这一结论不仅有利于制定热处理工艺,还为正火轧制提供了理论依据。

**关键词:** Q420GJC; 结构钢板; 高层建筑; 连续冷却转变; 金相组织; 临界冷却速率

**中图分类号:** TG146.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-2109(2020)06-0072-04

近年来,为满足我国高层建筑建设的技术进步和发展需求,高层建筑用结构钢板性能逐渐提升<sup>[1-3]</sup>。屈服强度达到 420 MPa(以下简称 Q420GJC)的高层建筑结构钢板使用日渐规模化,涉及电力、桥梁、高层建筑等领域<sup>[4-6]</sup>。Q420GJC 具有高强度、低屈强比、高韧塑性等特点,广泛用于高层建筑、超高层建筑、大跨度文体场馆、大型机场、会展中心以及钢结构框架房屋等工业与民用建筑的支撑件和承重梁制造<sup>[7]</sup>。目前,除了少数几家公司可以通过炉卷轧机和热连轧机组生产外,绝大多数产品是运用中厚板轧机生产的<sup>[8-9]</sup>。由于用户的屈强比等性能要求的差异,导致该钢种交货状态种类繁多,具体包括热轧态、正火轧制态、正火态、正火+回火态等,以中厚板、厚板、特厚板等规格交货较为常见<sup>[10-11]</sup>。

然而,制定该钢种众多的热加工工艺前提条件是确定 Q420GJC 钢板的  $A_{c1}$ 、 $A_{c3}$ 、 $M_s$  等相变点温度以及冷

却转变情况,此类报道较少。众所周知,连续冷却转变(continuous cooling transition, CCT) 曲线是确定各种钢热轧及热处理工艺的重要技术手段之一。该方法不但可以系统地验证热轧工艺参数合理性,而且还可以揭示轧后在线冷却速率对钢材组织的影响、衡量钢种成分合理性、选用与之匹配的工艺参数。基于上述原因,本文使用 210 t 转炉真空冶炼 Q420GJC 高层建筑结构钢坯,采用包钢 4 100 mm 宽厚板热轧机组进行热轧实验,采用 Formastor-F 全自动膨胀测试仪测定了 Q420GJC 实验钢的 CCT 曲线,系统分析了冷却速率对连续冷却转变曲线的影响规律。运用金相显微镜分析了不同冷却速率对应的试样金相组织。测定结果将为 Q420GJC 厚板的正火等热处理工艺、正火轧制工艺制定提供理论依据。

## 1 材料及实验方法

### 1.1 实验材料

以优质废钢、铁合金等为原料,使用 210 t 转炉真空冶炼 Q420GJC 钢坯,经粗加工后矩形钢坯断面尺寸

收稿日期:2020-03-27

作者简介:高志国(1978-),男,汉族,高级工程师,主要从事金属材料的研究。

为 2 200 mm×250 mm。取铸坯样进行化学成分分析,详细冶炼化学成分见表 1。从压下率、轧制变形温度和轧机负荷等方面综合考虑,Q420GJC 实验钢热轧工艺窗口如图 1 所示。制定加热炉制度时设定加热温度(1 250±10) °C,均热时间 1 小时,加热时间总长度不少于 3 h。轧制前去除氧化铁皮,热轧开轧温度 1 230 °C、终轧温度 865 °C左右、终轧厚度及道次压下量 15%~30%,采用包钢 4 100 mm 宽厚板热轧机组进行热轧实验。

表 1 实验材料的化学成分

Tab.1 The chemical composition of the experimental material

C	Si	Mn	P	S	Al	V	Nb	Fe
0.07	0.38	1.45	0.01	0.003	0.025	≤0.05	≤0.04	Bal.

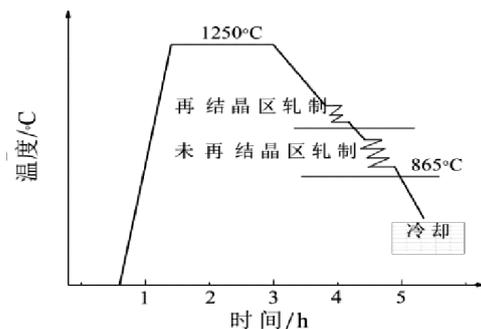


图 1 轧制工艺

Fig.1 Rolling process

## 1.2 实验方法

采用 Formastor-F 全自动热膨胀仪测定实验钢的临界点  $Ac_1$  和  $Ac_3$ ,以 200 °C/h 加热速度升温之后确定实验钢的奥氏体化温度理论值为  $Ac_3$  以上 30~50 °C,保温时间依据试样大小选择保温 10 min。静态 CCT 曲线试样制备方法是沿 20 mm 厚的实验钢板纵向切取条状原料,进一步加工成  $\Phi 3$  mm×10 mm 的圆柱形试样,然后从试样的任意一端开一个与圆柱试样外径同心的  $\Phi 2$  mm×2 mm 的小孔;为了测试结果更精确,试样侧面粗糙度 Ra 1.6,两端面粗糙度 Ra 0.8。静态 CCT 曲线测试时,试样加热到奥氏体化温度保温 10 min,然后分别以 0.1,1,2,5,10,14,20,30,50,100 °C/s 的冷却速率冷至室温。记录冷却过程的膨胀量-温度曲线,采集温度、膨胀量和时间数据,结合金相-硬度法确定转变开始点和转变终止点,绘制实验钢的静态

CCT 曲线。使用 HV-10B 硬度仪测试不同冷却速率条件下的试样硬度值,载荷 10 kg,加载时间 15 s。采用德国蔡司 Axio observer A1M 型金相显微镜观察分析不同冷却速率条件下的试样金相组织形貌。

## 2 结果与分析

### 2.1 CCT 曲线结果分析

图 2 为测定的 Q420GJC 实验钢静态 CCT 曲线。图中曲线从右至左冷却速率依次为:0.1,1,2,5,10,14,20,30,50,100 °C/s。由图 2 可知,Q420GJC 在连续冷却过程中,发生了铁素体的析出(A→F)、珠光体转变(A→P)、贝氏体转变(A→B)和马氏体转变(A→M)。冷却速率小于 14 °C/s 时,Q420GJC 钢板的金相组织以珠光体和铁素体为主。在冷却速率达到 14 °C/s 时,开始出现贝氏体组织,室温组织为珠光体+铁素体+贝氏体混合组织。随着冷却速率的进一步加快,冷速在 14~100 °C/s 范围内,得到贝氏体+铁素体组织。冷却速率达到 100 °C/s 时,室温组织为贝氏体+马氏体+铁素体。由 CCT 曲线测试结果判定该钢种不易获得完全马氏体组织,主要原因在于微合金化元素 Nb、V 的添加提高了过冷奥氏体的稳定性,抑制马氏体转变发生,致使贝氏体+铁素体含量增加<sup>[12-13]</sup>。依据图 2 分析结果,将不同冷速下对应的转变温度和转变产物进行统计,详细结果见表 2。因表中的相变点对应膨胀曲线上拐点,冷却速率的快慢决定了膨胀曲线上拐点的数量,故部分 CCT 曲线没有相变温度 3 温度值。

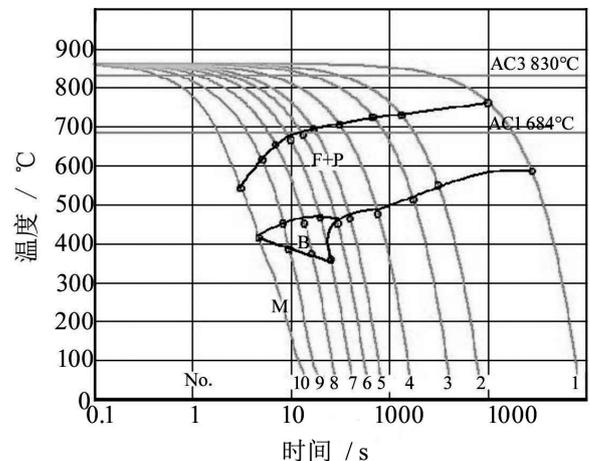


图 2 Q420GJC 钢的连续冷却转变曲线

Fig.2 Continuous cooling transformation curve of Q420GJC

表 2 不同冷速对应的 Q420GJC 钢板相变点温度和室温组织产物

Tab.2 The phase transition temperature and room temperature structure products of Q420GJC steel plate with different cooling rates

曲线编号	冷速 / (°C/s)	相变温度 1/°C	相变温度 2/°C	相变温度 3/°C	组织产物	硬度 (HV10)
1	0.1	760	584	/	P+F	196
2	1	727	546	/	P+F	204
3	2	723	510	/	P+F	215
4	5	704	474	/	P+F	226
5	10	691	461	/	P+F	234
6	14	675	449	/	B+P+ F	269
7	20	665	464	358	B+F	281
8	30	652	451	373	B+F	299
9	50	614	450	385	B+F	310
10	100	539	413	/	M+B+F	351

## 2.2 金相组织观察

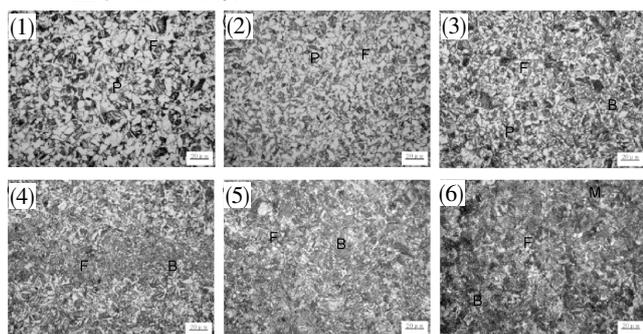


图 3 在不同冷速下 Q420GJC 钢板金相组织:(1) 5°C/s, (2) 10 °C/s, (3) 14 °C/ s, (4) 20 °C/s, (5) 50 °C/s, (6) 100 °C/s  
Fig.3 Microstructure of Q420GJC steel plate at different colling rates:(1) 5°C/s, (2) 10 °C/s, (3) 14 °C/ s, (4) 20 °C/s, (5) 50 °C/s, (6) 100 °C/s

为了进一步验证上述金相组织判断的准确性,选取 CCT 曲线图中的 6 条曲线对应试样进行了不同冷却速率条件下的金相组织观察,结果如图 3 所示。由图可知,随着冷却速率的提高,试样金相组织中珠光体含量减少,贝氏体含量增加;即珠光体+铁素体组织逐渐弱化,贝氏体+铁素体组织逐渐强化,直到马氏体的出现。图 3 (1)、(2)为珠光体+铁素体组织,(3)为珠光体+铁素体+贝氏体组织,(4)、(5) 为贝氏体+铁素体组织,(6)为低碳马氏体+少量铁素体+贝氏体组织金相显微镜观察得到了组织与图 2 中 CCT 曲线的测定相变区域判断完全吻合。CCT 曲线与金相组织观察结果一致证实了 Q420GJC 实验钢在较宽的冷速范围内金相

组织以贝氏体+铁素体为主,不易获得完全马氏体组织。

## 3 结论

(1) 运用 Formastor -F 全自动热膨胀仪测定 Q420GJC 高层建筑结构实验钢板试样的 CCT 曲线、相变点和临界冷却速率,研究不同冷却速率对金相组织的影响,通过金相显微镜观察微观组织与 CCT 曲线中对转变产物判断结论一致。

(2) 冷却速率小于 14 °C/s 时,Q420GJC 实验钢的金相组织以珠光体和铁素体为主;冷速在 14~100 °C/s 范围内,得到贝氏体+铁素体组织;冷却速率达到 100 °C/s 时,开始出现马氏体组织,该钢种的临界冷却速率为 100 °C/s。

(3) Q420GJC 实验钢的 Ac1 为 684 °C,Ac3 为 830 °C, Ms 为 493 °C。在较宽的冷速范围内金相组织以贝氏体+铁素体为主。CCT 曲线测试结果为 Q420GJC 钢板热处理工艺的制定提供了详实的理论基础。

## 参考文献:

- [1] XIONG G , KANG S B , YANG B , et al. Experimental and numerical studies on lateral torsional buckling of welded Q460GJ structural steel beams [J]. Engineering Structures, 2016, 126: 1-14.
- [2] YANG B , NIE S D , XING G , et al. Residual stresses in welded I-shaped sections fabricated from Q460GJ structural steel plates [J]. Engineering Structures, 2016, 122: 261-273.
- [3] 刘江龙, 皮锦红. 高强度低成本建筑钢筋的研究现状及其进展[J]. 兵器材料科学与工程, 2003, 26(3): 55-58.
- [4] 白晓良, 侯华东, 王侯. Q420-D 高强钢在桁架支撑转换结构中的应用[J]. 钢结构, 2013, 28(7): 50-53.
- [5] 程峰, 胡常胜, 王金锁, 等. Q420 高强度钢材的疲劳性能试验研究[J]. 钢结构, 2017, 32(11): 12-16.
- [6] 杨隆宇. Q420 高强度厚板焊接大规格角钢轴压稳定承载力研究[J]. 钢结构, 2019, 34(10): 43-47.
- [7] 袁少威, 刘庆波, 庞百鸣, 等. 抗层状撕裂高层建筑用 100 mm 厚 Q420GJC-Z35 钢板的开发 [J]. 轧钢, 2013, 30(2): 25-27.
- [8] 陈华辉, 梁锐. 控轧控冷对高强建筑用钢组织与性能的影响[J]. 金属热处理, 2019, 44(1): 138-141.

- [9] 耿城,董瑞华. 控轧控冷工艺对建筑用钢组织与性能的影响[J]. 铸造技术, 2016, 37(9): 1831-1834.
- [10] 李军,刘文义. 热处理对高层建筑用钢微观组织与力学性能的影响 [J]. 热加工工艺, 2018, 47(16) : 203-207.
- [11] 孙海宁,李英龙,石晓凯. 两相区淬火+回火对建筑用钢组织与性能的影响[J]. 金属热处理, 2018, 43(4): 167-172.
- [12] 张唯煜. 合金元素 V 及控轧控冷工艺对大跨度建筑用抗震钢板组织与性能的影响 [J]. 金属热处理, 2014, 39(6): 123-125.
- [13] SCOTT C P, FAZELI F, SHALCHI B, et al.超细晶钒微合金化双相钢性能 [J]. 钢铁钒钛, 2017, 38(4): 94-104.

(责任编辑:叶丽娜)

## Effects of Cooling Rate on Metallographic Structure of Q420GJC Structural Steel Plate for High Rise Building

GAO Zhiguo<sup>1</sup>, CHEN Lijun<sup>1</sup>, GAO Jun<sup>2</sup>, CHEN Xing<sup>1</sup>

(1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300;

2. Inner Mongolia Baogang Steel Union Co., Ltd, Baotou, Inner Mongolia 014010)

**Abstract:** Q420GJC steel slab for high rise building structure was smelted in a 210ton converter furnace assisted by vacuum, and the hot rolling test of Q420GJC structural steel plate for high-rise building was carried out by using 4100mm hot rolling mill. In order to make a reasonable and effective heat treatment process of Q420GJC, CCT curves including involved phase transition points and critical cooling rate of Q420GJC were measured by thermal dilatometer. The metallographic structure of Q420GJC steel plate with different cooling rate was observed by optical microscope. The results showed that Ac<sub>1</sub>, Ac<sub>3</sub> and Ms are 684, 830 and 493 °C, respectively. The metallographic structure of Q420GJC steel plate was dominated by pearlite and ferrite once the cooling rate was less than 14 °C / s. With the increase of the cooling rate, the bainite + ferrite structure was obtained in the cooling rate range of 14 to 100 °C / s. Martensite was observed only when the cooling rate reached 100 °C / s, which was confirmed as the critical cooling rate of martensitic structure. This conclusion was not only beneficial to the formulation of heat treatment process, but also provided a theoretical basis for normalizing rolling.

**Key words:** Q420GJC; structural steel plate; high-rise building; continuous cooling transition; metallographic structure; critical cooling rate

# 正交试验法在水泥固化剂稳定土配合比设计中的应用

乐旭东<sup>1</sup>, 陈松良<sup>2,3</sup>, 张仁巍<sup>1</sup>

(1.三明学院 建筑工程学院, 福建 三明 365004; 2.武夷学院 土木工程与建筑学院, 福建 武夷山 354300;  
3.丘陵山地智慧城镇建设技术福建省高校重点实验室, 福建 武夷山 354300)

**摘要:**采用正交试验的方法,对一种水泥固化剂稳定土进行配合比设计,并对试验结果进行极差分析与方差分析,研究水泥掺量、固化剂掺量、压实度对水泥固化剂稳定土抗压强度的影响,结果表明:水泥掺量对材料的强度影响最大,固化剂次之,压实度对强度影响较小;综合考虑技术、经济等因素,水泥掺量为 4%、固化剂掺量为 4%、压实度为 97% 的水泥固化剂稳定土适合作为二级或二级以下公路底基层材料。通过多元线性回归分析,建立了抗压强度与水泥掺量、固化剂掺量、压实度的线性回归模型。

**关键词:**水泥固化剂稳定土;正交试验;配合比;抗压强度;回归分析

**中图分类号:**U414 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2020)06-0076-06

随着我国公路建设的快速发展,对筑路材料的需求量日益增大,在高等级公路建设中通常使用水泥稳定碎石作为基层材料,需要开采大量的石料,对山区生态环境造成了极大破坏,并且许多地区石料资源匮乏,长距离运输将大幅度增加工程成本。土是一种分布十分广泛的材料,如果能够对土进行有效固化作为筑路材料,将节省大量的石料,减少对环境的破坏并降低工程造价,具有很好的社会效益和经济效益。

目前常用石灰或水泥对土进行加固,但是研究表明,石灰与土体构成的固化体强度形成缓慢,抗裂性

能、水稳性和抗冻性较差,而水泥稳定土虽然强度高、稳定性好、受水分影响小,但是容易产生裂缝<sup>[1]</sup>。自 20 世纪 80 年代以来,许多国家都在开展有关土壤固化剂方面的研究。我国自 20 世纪 90 年代开始引进和研制土壤固化剂<sup>[2]</sup>,并取得了一定的成果,部分产品效果明显,已在公路实际工程加以应用,取得了较好的效果。

基于正交试验设计理论,进行水泥固化剂稳定土进行配合比设计试验,对试验结果进行极差分析与方差分析,研究水泥掺量、固化剂掺量、压实度对材料强度的影响程度,并采用回归分析的方法,建立了各影响因素的预测模型,为该类材料的配合比设计提供试验依据与理论指导。

## 1 试验原材料

### 1.1 土样

对本次试验的土样进行液塑限联合试验、击实试验、颗粒分析试验,试验结果见表 1、表 2。

收稿日期:2020-03-24

基金项目:福建省中青年教育科研项目(JAT170539);  
福建省自然科学基金高校联合基金  
(2019J01823);福建省自然科学基金高校联合  
基金(2018J01515)。

作者简介:乐旭东(1985-),男,汉族,硕士,讲师,主要从事土与地基相互作用方向研究。

通讯作者:陈松良(1967-),男,汉族,高级工程师,副教授,主要从事土木工程专业方向研究。

表 1 土的工程性质

Tab. 1 Engineering properties of the soil

液限	塑限	塑性指数	土类划分	最大干密度 (g/cm <sup>3</sup> )	最佳含水量 (%)
18.4	12.6	5.8	SF	1.788	8.1

表 2 土样的颗粒级配

Tab.e 2 The grain composition of soil samples

参数	粒径/mm				
	2.0	1.0	0.5	0.25	0.075
通过率/%	100	95.98	93.01	78.58	10.01

依据《公路土工试验规程》(JTG E40—2007)的对土的工程分类的规定,判定本次试验用土为含细粒土砂,属于砂类土。

### 1.2 水泥

选用 P.C 32.5 复合硅酸盐水泥,各项技术指标均符合规范要求,如表 3 所示。

表 3 水泥的技术性质测试结果

Tab. 3 Test results of technological properties of cement

强度/MPa		安定性	细度/%	凝结时间	
3 d	28 d			初凝/min	终凝/min
17.7	37.5	合格	1.4	220	290

### 1.3 固化剂

本试验所使用的的固化剂为粉状无机类固化剂,主要化学成分见表 4。该固化剂以硅酸盐水泥及其他活性成分为主,配入各种激发剂、保水剂和高分子聚合材料,已通过交通部公路工程检测中心检测,各项性能指标均满足要求,具有施工方便、抗裂性能好、环保性能良好、质量上易于控制等优点。

表 4 固化剂主要化学成分

Tab. 4 Main chemical constituents of the solidifying agent

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	烧失量
≥9	≥20	2	≥48	4.1	3	≥8

## 2 水泥固化剂稳定土的正交试验设计

### 2.1 正交试验方法

正交试验设计是研究多因素多水平的一种设计

方法,它是由试验因素的全部水平组合中,挑选部分有代表性的水平组合进行试验,具备“均匀分散,齐整可比”的特点<sup>[3]</sup>,通过对这部分试验结果的分析了解全面试验的情况,能以较少的试验次数,较好地反映各因素之间的规律。试验设定 A 代表水泥掺量(%),B 代表固化剂掺量(%),C 代表压实度(%),D 代表试验误差。

### 2.2 影响因素水平的选择

无侧限抗压强度是公路底基层材料的主要强度控制指标,其中结合料掺量、压实度及养生龄期等因素对材料强度的影响较大<sup>[4]</sup>,水泥固化剂稳定土作为一种新型材料,必须明确各因素对材料强度的影响。试验选取水泥掺量、固化剂掺量及压实度 3 个因素作为考察对象,每个因素选取 3 个水平,采用正交试验的方法研究各因素对材料强度的影响,具体因素水平见表 5。

表 5 正交试验因素水平表

Tab.5 Factors and levels for orthogonal tests

水平	A	B	C
1	2	2	93
2	4	4	95
3	6	6	97

### 2.3 正交试验设计方案

本次试验选取了 3 因素 3 水平,若采用均匀设计方法,需要进行 27 组试验,而采用正交试验方法只需进行 9 组试验就可全面考察各因素水平对材料抗压强度的影响,并得到满足要求的配合比,有效地减少了试验工作量,提高了试验效率。

本次试验选用 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交表,试验指标为水泥固化剂稳定土的 7、28 d 无侧限抗压强度,具体试验设计方案见表 6。

表 6 正交试验设计方案

Tab. 6 Design of orthogonal test

试验编号	A	B	C	D
1	1(2)	1(2)	1(93)	1
2	1(2)	2(4)	2(95)	2
3	1(2)	3(6)	3(97)	3
4	2(4)	1(2)	2(95)	3
5	2(4)	2(4)	3(97)	1
6	2(4)	3(6)	1(93)	2
7	3(6)	1(2)	3(97)	2
8	3(6)	2(4)	1(93)	3
9	3(6)	3(6)	2(95)	1

### 3 试验结果与分析

#### 3.1 正交试验结果分析

无侧限抗压强度试验结果列于表7。从试验结果中可以看出,随着养生龄期的延长,材料的抗压强度均有所提高,各配合比的7 d强度值达到28 d强度值的55.1%~74.1%,说明该类材料早期强度增长较快,有利于加快施工进度。

根据试验结果,绘制抗压强度与各影响因素的关系,如图1所示。可以看出,随着水泥掺量和固化剂掺量的增加,材料强度均有较大幅度的提升,而压实度提高对材料强度提升的效果不明显。

表7 无侧限抗压强度试验结果

Tab. 7 Results of unconfined compressive strength test

试验编号	A	B	C	D	7 d强度 /MPa	28 d强度 /MPa
1	1(2)	1(2)	1(93)	1	0.76	1.46
2	1(2)	2(4)	2(95)	2	1.56	2.32
3	1(2)	3(6)	3(97)	3	2.48	3.78
4	2(4)	1(2)	2(95)	3	1.65	2.24
5	2(4)	2(4)	3(97)	1	2.56	3.62
6	2(4)	3(6)	1(93)	2	2.64	4.26
7	3(6)	1(2)	3(97)	2	2.73	3.54
8	3(6)	2(4)	1(93)	3	2.88	4.11
9	3(6)	3(6)	2(95)	1	3.96	5.64

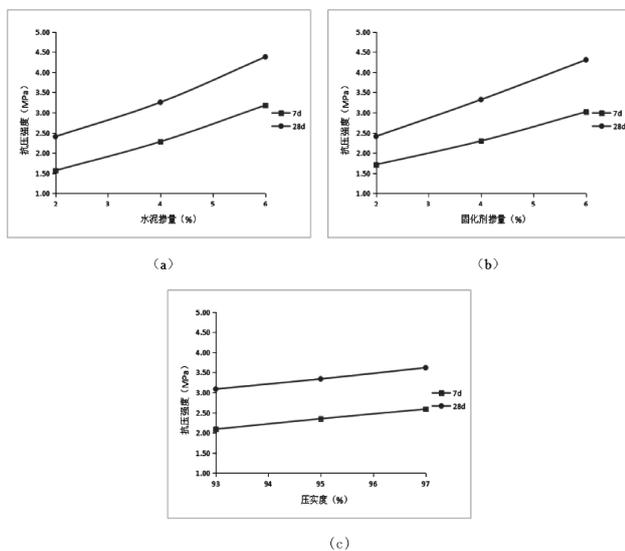


图1 抗压强度与因素水平趋势图

Fig. 1 Trend graph of compressive strength and factor level

#### 3.2 极差分析

极差分析是正交试验分析中最简单直接的分析方法,极差表示同一水平各因素中平均值的最大值与最小值之差,极差越大表示该因素对试验指标的影响越大,可根据极差确定影响因素的主次顺序。对正交试验结果进行极差分析,结果如表8所示。其中: $K$ 表示同一水平各因素试验值的总和,下标表示相应的水平; $k$ 表示相应试验结果的平均值, $k=K/3$ ; $R$ 表示极差, $R=k_{max}-k_{min}$ 。

根据极差分析结果,对各因素的极差进行对比分析,如图2所示。可以看出,对于7 d强度而言,各影响因素极差的主次顺序为:水泥掺量>固化剂掺量>压实度>试验误差,且水泥掺量的极差明显大于其它因素,说明水泥掺量是影响材料早期强度的最主要因素;对于28 d强度而言,极差的主次顺序不变,但固化剂掺量与水泥掺量的极差十分相近,说明固化剂掺量对材料后期强度的影响与水泥掺量相当;压实度对材料强度有一定影响,但远小于水泥掺量及固化剂掺量;试验误差的影响最小,说明本次试验精度较高。

表8 极差分析结果

Tab. 8 Results of range analysis

强度	A	B	C	D		
7 d 强度	$K_1$	4.701	5.139	6.279	7.260	
	$K_2$	6.849	6.900	7.050	6.831	
	$K_3$	9.549	9.060	7.770	7.011	
	$k_1$	1.567	1.713	2.093	2.420	
	$k_2$	2.283	2.300	2.350	2.277	
	$k_3$	3.183	3.020	2.590	2.337	
	$R$	1.616	1.307	0.497	0.143	
	28 d 强度	$K_1$	7.221	7.239	9.261	10.371
		$K_2$	9.771	9.969	10.020	9.939
		$K_3$	13.140	12.921	10.851	9.819
$k_1$		2.407	2.413	3.087	3.457	
$k_2$		3.257	3.323	3.340	3.313	
$k_3$		4.380	4.307	3.617	3.273	
$R$		1.973	1.894	0.530	0.184	

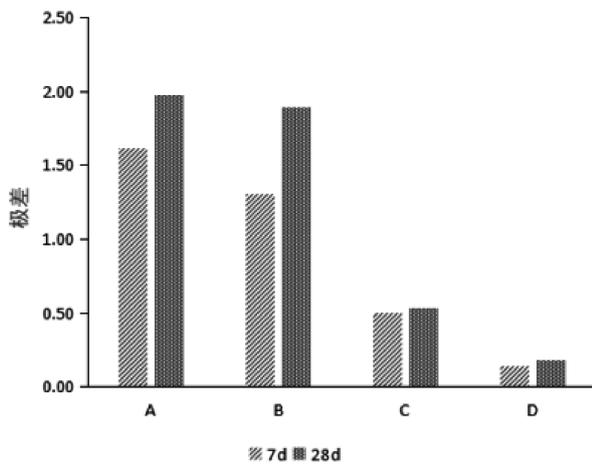


图2 影响因素极差对比图

Fig. 2 Comparison graph of influencing factor range

### 3.3 方差分析

方差分析基本思想是将数据的总变异分解成因

素引起的变异和误差引起的变异两部分,构造  $F$  统计量,作  $F$  检验,与极差法相比,方差分析方法可以多引出一个结论:各列对试验指标的影响是否显著,在什么水平上显著<sup>[5]</sup>。

抗压强度方差分析结果如表9所示,当  $F > F_{0.01}$  时,表示该因素影响高度显著,记为“\*\*”;  $F_{0.01} \geq F > F_{0.05}$  时,表示该因素影响显著,记为“\*”;  $F_{0.05} \geq F > F_{0.10}$  时,表示该因素影响较显著,记为“[\*]”,当  $F < F_{0.10}$  时,表示该因素影响不显著。

从表9可以看出,水泥掺量对材料7 d、28 d强度的影响程度均为高度显著;固化剂掺量对材料7 d强度的影响显著,对28 d强度的影响为高度显著;压实度对7 d强度的影响较显著,对28 d强度的影响不显著;方差分析结果与极差分析结果基本一致。

表9 无侧限抗压强度方差分析

Tab. 9 Variance analysis of unconfined compressive strength

强度	因素	平方和	自由度	均方	$F$	$F$ 临界值	显著性
7 d 强度	A	3.937	2	1.969	127.000	$F_{0.01}(2, 2)=99.0$	**
	B	2.570	2	1.285	82.903	$F_{0.05}(2, 2)=19.0$	*
	C	0.370	2	0.185	11.935	$F_{0.10}(2, 2)=9.0$	[*]
	D	0.030	2	0.015			
	总和	6.907	8				
28 d 强度	A	5.878	2	2.939	104.964	$F_{0.01}(2, 2)=99.0$	**
	B	5.380	2	2.690	101.071	$F_{0.05}(2, 2)=19.0$	**
	C	0.422	2	0.211	7.536	$F_{0.10}(2, 2)=9.0$	
	D	0.060	2	0.030			
	总和	11.740	8				

### 3.4 配合比选择

从极差分析与方差分析结果可知,水泥对材料的早期强度影响十分显著,对有早强要求的材料可适当加大水泥掺量,但不宜过高,有研究表明,当水泥用量超过6%时,材料的干缩与温缩系数会有较高的增长,易导致收缩开裂,严重影响道路的服务质量及使用寿命<sup>[6]</sup>;固化剂对材料早期强度的影响明显低于水泥,对

后期强度的影响程度与水泥相近,主要原因是固化剂前期水化反应速度不及水泥,早期强度增长比较缓慢,但随着活性成分逐渐被激发,后期强度稳定增长,基本能够达到甚至超过水泥的水平,并且该固化剂的抗裂性能良好,有利于提高基层材料的耐久性,在满足材料早期强度要求的前提下,可适当增加固化剂用量;虽然在本次试验中,压实度对材料强度的影响较

小,但压实度不仅影响材料的强度,还对其收缩性能有很大影响<sup>[7]</sup>,大量实践证明,压实质量是影响道路寿命的关键因素,因此在施工中应严格控制压实标准。

依据《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20—2015)的规定,水泥稳定类材料作为二级及二级以下公路(重交通)底基层材料的7 d无侧限抗压强度要求为2.0~4.0 MPa,由表6的试验结果可知,除1、2、4组配合比外,其余配合比均能满足强度要求,综合考虑强度、耐久性、经济性等因素,建议选择第5组:水泥掺量4%、固化剂掺量4%、压实度97%的配合比作为二级及二级以下公路的底基层材料。

### 3.5 线性回归分析

为得到无侧限抗压强度的回归方程,先假设水泥固化剂稳定土的抗压强度与水泥掺量、固化剂掺量、压实度之间存在线性关系,假设线性回归预测模型为:

$$y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_3+e \quad (1)$$

式中: $y$ 为抗压强度; $b_i(i=0,1,2,3)$ 为回归系数; $x_1$ 为水泥掺量; $x_2$ 为固化剂掺量; $x_3$ 为压实度; $e$ 为试验误差。

将表6中的试验结果代入回归模型(1)中,得到7 d、28 d无侧限抗压强度的线性回归方程:

$$7 \text{ d 强度 } y=0.393x_1+0.328x_2+0.087x_3-8.766 \\ (R^2=0.983) \quad (2)$$

$$28 \text{ d 强度 } y=0.488x_1+0.468x_2+0.128x_3-12.585 \\ (R^2=0.989) \quad (3)$$

可以看出,7 d、28 d强度线性回归方程的 $R^2$ 分别为0.983和0.989,表明该方程的拟合度很高<sup>[8]</sup>,抗压强度与这三个影响因素存在良好的线性相关关系,可为该类材料的配合比设计试验提供参考依据。

## 4 结论

(1)正交试验结果表明:水泥固化剂稳定土的早期强度较高,随着养生龄期的延长,材料强度有一定幅度的增长;水泥掺量和固化剂掺量的增加对材料强度的提升效果明显,压实度变化对材料强度的影响较小。

(2)通过极差、方差分析表明:影响水泥固化剂稳

定土7 d、28 d强度的因素主次顺序均为:水泥掺量>固化剂掺量>压实度。水泥掺量是影响材料强度的最主要因素,对材料各龄期强度的影响程度均为高度显著;固化剂掺量对材料强度的影响略小于水泥掺量,对材料7 d强度影响显著,对28 d强度的影响高度显著;压实度对材料7 d强度影响较显著,对28 d强度的影响不显著。

(3)综合考虑技术、经济等因素,建议采用水泥掺量为4%、固化剂掺量为4%、压实度为97%的水泥固化剂稳定土作为二级或二级以下公路底基层材料。

(4)对试验结果进行多元线性回归分析,结果表明:水泥固化剂稳定土的抗压强度与水泥掺量、固化剂掺量、压实度之间存在一定的线性关系,抗压强度线性回归模型具有很高的拟合度,为该类材料的配合比设计提供了参考依据。

### 参考文献:

- [1] 樊慧平.固化剂稳定土基层应用技术研究[D].西安:长安大学,2017:4-5.
- [2] 刘志琦,董宝中.土壤固化剂研究进展[J].四川建材,2018,44(12):112-113.
- [3] 黄达,杨啸,虞爱平.基于正交试验法的粉砂水泥土配合比设计[J].混凝土与水泥制品,2017(3):84-88.
- [4] 王一峰,刘晶磊,王奥运,等.DHT土凝岩改良铁尾矿路用性能正交试验研究[J].河北建筑工程学院学报,2017,35(4):19-23.
- [5] 梁凯,陈正,朱惠英.基于正交试验的机制砂混凝土抗压强度线性预测模型[J].混凝土,2019(11):98-101.
- [6] 崔先觉.不同压实方法对半刚性基层开裂性能影响的试验研究[D].西安:长安大学,2018:3-4.
- [7] 郭增,李彦红.基于回归正交试验的赤泥基固化剂改良粉质粘土水稳定性研究[J].数学的实践与认识,2019,49(5):315-320.
- [8] 张嘎吱.考虑抗裂性的水泥稳定类材料配合比设计方法研究[D].西安:长安大学,2014:16-17.

(责任编辑:叶丽娜)

## Application of the Orthogonal Test to the Mix Design of Soil Stabilized by Cement and Solidifying Agent

LE Xudong<sup>1</sup>, CHEN Songliang<sup>2</sup>, ZHANG Renwei<sup>1</sup>

(1.School of Architectural Engineering,Sanming University,Sanming,Fujian 365004;

2.Department of Civil Engineering and Architecture,Wuyi University, Wuyishan ,Fujian354300;

3.Fujian Provincial University Key Laboratories in Hill and Mountain Smart Town Construction Technology,  
Wuyishan, Fujian 354300 )

**Abstract:** By the method of orthogonal test, some mix proportions of cement and solidifying agent in soil are designed. And materials with proportions designed are investigated through range analysis and variance analysis in order to find out the impact of cement content, dose of solidifying agent and compactness on the compressive strength. The result shows that among the three factors, cement content has the greatest effect, while the dose of solidifying agent exerts less and compactness the least influence on the compressive strength. Taking technology and economy into consideration, the soil in which the proportion of cement and solidifying agent reach 4% respectively and whose degree of compaction increases to 97%, is suitable to be used as the material of second-class or below highway sub-base. A linear regression model is built through multiple linear regression analysis to explain the relationship between compressive strength and cement content, dose of curing agent and compactness.

**Key words:** soil stabilized by cement and solidifying agent; orthogonal test; mix proportion; compressive strength; regression analysis

# 价值共创的体育赞助营销管理分析

彭静<sup>1</sup>, 卢长宝<sup>2</sup>

(1. 福州软件职业技术学院 经济管理系, 福建 福州 350008; 2. 福州大学 经济与管理学院, 福建 福州 350108)

**摘要:**运用文献资料法等研究方法,从品牌形象转移的视角分析体育赞助营销管理策略。研究认为,体育赞助营销是典型的“寄生式”营销,它利用赞助关联及其他传播工具赋予了企业品牌积极的形象,从而带动企业产品及服务的销售。赞助商、体育IP所有者、传播媒体以及消费者共同为消费者创造价值,同时也为自己创造价值。因此,企业与消费者以及利益相关者只有采取更为频繁地接触、互动和创造性地合作,才能在价值共创的过程中实现品牌形象的转移。

**关键词:**体育赞助营销;价值共创;品牌形象转移;体育受众;利益相关者

**中图分类号:** F713.56 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-2109(2020)06-0082-05

体育赞助营销是典型的“寄生式”营销,它是利用赞助关联及其他传播工具赋予了企业品牌积极的形象,从而带动企业产品及服务的销售。因此,企业必须将自己纳入到整个价值系统之中,运用价值共创的思想和理论开展体育赞助营销管理。

## 1 体育赞助营销管理

### 1.1 体育赞助营销

体育赞助营销是指企业通过现金或实物的方式对体育知识产权所有者提供支持,从而获得与体育知识产权直接关联的权利;同时,企业利用被赞助者给予的相应权益,借助于被赞助活动或项目的影响开展关联营销,从而实现其商业目标<sup>[1-2]</sup>。体育知识产权(intellectual property, IP),是指知识产权运用于体育及其相关领域,由国家依据法律规定的,包括自然人、法人、非法人社会组织在内的,围绕竞技体育、体育文化、体育产业等经营领域而形成的创造性智力成果和经营性标志所享有的专有权利<sup>[3]</sup>。具体来看,体育IP

所有者包括体育赛事所有者、体育场馆所有者、体育项目运动队以及体育明星。体育IP能带来大量的关注和持续的收入。

### 1.2 体育赞助营销的管理要点

体育赞助营销管理要点可分为以下3个层面。(1)赞助商目标,赞助商根据自身的发展状况和策略,设定不一样的赞助目标并开展目标管理。战略目标是从宏观角度考虑出发,致力于提升品牌知名度及美化企业形象等长期目标;而战术目标则是为了达到长期战略目标而制定的相应计划和具体实施的步骤、方法,例如促进销售、提供招待礼遇机会以及激励企业员工等。战术目标离市场更近也更具体,而战略目标才是体育赞助营销要实现的根本目标。目标一经确立就应构建与体育赞助营销绩效有关的、可以与长期目标或短期目标进行比较的、有效的评价系统并实施管理。由于缺乏统一的赞助效果评价工具,消费者对待赞助商态度的前后变化也就成了评价赞助效果的最实用工具。一方面,销售的增长不仅很难算在赞助营销的身上,而且缺乏科学的测量机制;另一方面,赞助营销的效果是整合营销的结果,不可能单独测量赞助营销的效果。受到上述理念的影响,由品牌形象转移导致的购买态度的转变就成了评价赞助营销效果的标准<sup>[4]</sup>。(2)赞助观众。Gardner等将观众划分为四种不同类型

收稿日期:2019-11-08

作者简介:彭静(1980-),女,汉族,副教授,主要从事体育赞助营销研究。

的参与者——公司、渠道成员、公众及被赞助的组织,以及五种观众或公众范畴——消费者、金融机构、社会领导、雇工、渠道成员<sup>[5]</sup>。企业通过体育赞助可接触到范围广泛的观众,并开展精准营销。企业开始从价值共创视角重新审视赞助商与消费者的内在关系,他们将更多的精力投入到研究消费者在价值创造过程中发挥的作用以及机制。(3)体育赞助组织和控制管理。从理论上来看,体育赞助是最适合开展“价值共创”的一个产业。赞助商、体育 IP 所有者、传播媒体以及消费者共同为消费者创造价值,同时又为自己创造价值。因此,基于价值共创机制,体育赞助产业内部形成了战略联盟,不仅重新定义了赞助营销的内在交换过程,而且也将各个参与者(内部或外部的赞助公司)的资源进行整合,达到协同作战的目的。

## 2 价值共创理论及启示

### 2.1 价值共创的内涵

价值共创是指生产者与消费者以及其他利益相关者共同创造价值的一种活动<sup>[6-7]</sup>。随着互联网的快速发展,价值创造的方式也发生了翻天覆地的变化,较为典型的是大数据分析、人工智能等先进技术的运用使生产效率快速提升,并促进人际互动行为更加丰富与深化。生产者能够更便捷、高效地获取消费者以及利益相关者的意见、建议和支持,而消费者也能够自主选择与生产者合作,为自己创造价值<sup>[8]</sup>。处于价值创造体系中的每一个角色彼此独立又相互关联,共同实现价值创造目标。

### 2.2 开放式服务创新体系

传统理论认为“企业为消费者创造价值”,而价值共创理论站在消费者的视角提出消费者不只是被动接受,而是能够主动参与,并在价值创造过程中发挥重要作用。除此以外,利益相关者的参与让价值创造的内容更为丰富,过程更为高效。基于此,价值共创理论鲜明地指出,消费者与企业以及其他利益相关者主动共创和再创造了价值。它强调消费者参与以及借助参与实现企业特定目标的做法。为此,切斯布朗提出了开放式服务创新体系以指导企业进行价值共创实践<sup>[9]</sup>,如图 1 所示。

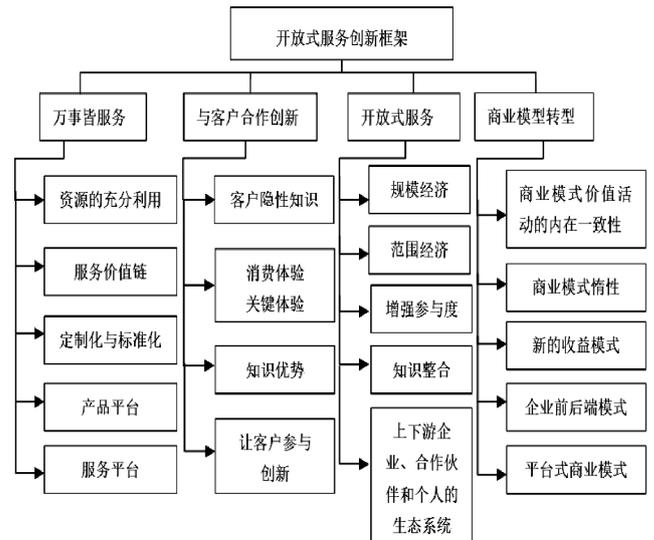


图 1 开放式服务创新框架

Fig.1 Open service innovation framework

由图 1 可以得知,开放式服务创新体系着眼于消费者与利益相关者两个方面。一方面,企业运用开放式服务创新体系引导消费者发挥价值共创过程中的主动性、创新性,从而对消费者认知、态度和行为产生深刻的影响,藉此获得良好的口碑,降低广告费用,提升品牌形象,实现精确化定位及降低双方的交易成本<sup>[10-11]</sup>。事实上,只有消费者参与才能让消费者真正体验产品和服务的价值,从而增加对企业和品牌的价值感知。不仅如此,只有消费者亲自体验了才能降低他们在产品和服务消费过程中的风险感知,并给消费者带来体验价值、关系价值、学习价值和心理利益价值<sup>[12]</sup>。例如,金融机构美国运通非常擅长从市场化的角度去思考问题,它会根据消费者的喜好去做出许多大胆的改变,其赞助的 NBA 赛事就为品牌增加了无穷魅力。美国运通在赞助过程中打造了一个名为《American Express Teamed Up》的谈话节目,专门邀请 NBA 名人及其 VIP 会员进行亲密座谈。这样的球迷活动,不仅强化了美国运通对 NBA 的赞助关系,而且引发受众的积极参与并自发通过社交媒体进行分享和讨论,共同构造了差异化的金融服务体验,对于提升客户忠诚度有着非常重大的意义。另一方面,企业借助开放式服务创新体系整合上下游企业以及合作伙伴的资源,推动商业模式的创新实践。从当今最时髦的商业模式——平台化运营来看,体育赞助营销可视为一个平台,其链接的各个环节都是这个平台上的主角。

### 3 体育赞助营销中的品牌形象转移

品牌形象作为消费者有关品牌属性的综合认知,不仅能有效区别于其他品牌并建立差异化优势,而且能有效服务于企业市场定位并在长期的市场竞争中保持优势地位<sup>[13]</sup>。在很大程度上,正是因为体育事件影响并赋予了企业品牌积极的形象,才带动了企业产品及服务的销售<sup>[14]</sup>。

#### 3.1 品牌形象转移与体育赞助营销

品牌形象是指消费者通过头脑中的品牌联想而对品牌产生的综合认知<sup>[15]</sup>。在这个认知中,偏好、独特性和品牌联想强度是衡量品牌形象成功的关键因素<sup>[15-16]</sup>。品牌形象的塑造主要通过企业的品牌管理战略来完成,具体来讲,企业通过塑造品牌的功能性形象、象征性形象以及经验性形象引导受众在头脑中产生一种主观知觉<sup>[17]</sup>。品牌形象受企业开展的营销活动、广告宣传的影响,及受众自身的信息处理能力的影响,受众的知觉往往比事实本身更为重要<sup>[18]</sup>。其中,体育赞助营销是构建企业形象及品牌资产的重要工具。与由企业直接发动的策略不同,体育赞助营销通过企业与体育事件的联结改变了消费者对其品牌形象的认知。Gwinner指出,“企业品牌形象与被赞助活动”的关联类似于“品牌与代言人”之间的关系<sup>[19]</sup>,消费者会将赞助者与某种“意义”联系在一起,然后再将该“意义”与赞助商品牌联系起来。

#### 3.2 价值共创与体育赞助营销中的品牌形象转移

对赞助商而言,品牌形象转移只是体育赞助营销的一部分。事实上,企业只有与消费者、体育IP所有者之间开展持久的互动,才能保证品牌形象转移的质量。有必要借助价值共创理论来探讨品牌形象转移的强化过程及运作机制。在体育赞助营销中,企业致力于重塑品牌形象,期望实现品牌形象的转移,而这一目标的实现必须依赖目标受众(目标消费者和利益相关者)的理解、认可。企业与消费者以及利益相关者只有更为频繁地接触、互动和创造性地合作,才能在价值共创的过程中更好地实现品牌形象的转移。因此,当企业按照价值共创的思路来设计体育赞助营销时,品牌形象转移以及由其形成的价值将无处不在。

### 4 以价值共创创新体育赞助营销中的品牌形象转移

#### 4.1 体育受众参与体育赞助营销价值共创

体育受众参与体育赞助营销价值共创主要体现在以下三个方面。

(1)体育受众参与赞助企业发起的互动可增加产品或服务的价值感知,并创造出体验、关系、学习和心理利益等方面的价值<sup>[12,19]</sup>。此外,成功融入的体育受众更愿频繁开展融入行为,并发表评论<sup>[19-20]</sup>。互动内容方面,企业主要从品牌本身的意义、内涵、本质、与体育IP的联结等方面出发,将赞助信息植入到品牌故事、渗透进品牌社群,或者与情感性广告相结合的方式,唤醒消费者对体育赞助与品牌之间的社会心理联结,最终达到将体育IP形象转移至品牌形象,并与品牌形成亲密关系的目的。互动渠道方面,体育受众与企业之间的互动主要通过社会化媒体来实现,具体过程如下。首先,企业利用体育赞助信息引发消费者关注,增加品牌价值感知。其次,消费者将共同意向作为自己的行为准则,并建立消费者社区,聚焦于体育IP和赞助活动上(例如企业赞助的赛事实况、运动队伍或运动员的比赛成绩以及趣闻轶事、企业的品牌价值等)。再次,消费者社区用户之间自发地进行信息交换并构建社区网络,围绕体育赞助事件分享咨询、共享情感,从而形成社区独有的文化资本、品牌“粉丝”资本等价值<sup>[8]</sup>。最后,互动产生的积极情感体验和幸福感有效迁移到对品牌形象的评价之上,潜移默化地实现品牌形象转移、促进购买等营销目的。

(2)体育受众参与价值共创可成为企业获取知识和信息的重要来源,使企业在充分利用消费者智慧的同时,更好地满足其需求并获得竞争优势<sup>[21-22]</sup>。张祥认为消费者的创新能力不可低估,它是一笔实实在在的隐形资产<sup>[23]</sup>,消费者不光拥有丰富的知识、技能、经验等资源储备,还具备搜索、分析及创造能力,他们已成为促进企业营销的关键力量。例如,体育装备用品商匹克曾经赞助了NBA球星德怀特·霍华德,并专门组织了专属霍华德的球迷群体——“火花社”。球迷通过“火花社”不仅可以第一时间了解霍华德与匹克球鞋

的最新信息,还能参与到产品的设计环节之中,贡献球迷的智慧。匹克充分收集球迷的反馈信息,选择富有创意、具备代表性的意见和设计元素公布于众,并在新的明星篮球鞋设计当中加以采用,赢得了市场的强烈反响。

(3)企业与消费者形成学习同盟,不仅及时分享共同创造的知识与体验,而且共同研究、开发新知识和新技术,提供全新的共创服务<sup>[19-20]</sup>。例如,耐克与NBA之间的最近一次的合作已经不是简单的赞助关系,而是实实在在的价值共创过程。耐克赞助营销的最大创新就在于NikeConnect科技的使用。这款应用程序隐藏在球员球衣的下方角落,通过与球迷的手机连接,它可以释放出任何与球队、球员有关的信息,同时还能够与球迷产生互动。由此可以看出,耐克运用数字科技和移动互联网将赞助营销与球迷紧密结合起来,创造出更多与球迷互动的时间和空间,即满足了NBA联盟实现价值共创的需要,也让耐克借此设计出了更为立体化的营销策略。

#### 4.2 产业内部利益相关者参与体育赞助营销价值共创

基于价值共创机制,体育赞助产业内部形成了战略联盟,改变了传统的单个企业竞争模式,取而代之的是更加紧密的纵向和横向的经济网络<sup>[21]</sup>。体育赞助营销价值共创机制中的资产互补性、动态协作性以及灵活性决定了资源能够始终根据市场需求变化而产生自由的流转,最终推进了品牌增值的实现<sup>[24]</sup>。体育赞助营销价值共创的战略逻辑是:赞助商与体育IP所有者建立起长期稳定的战略合作关系,再通过信息化渠道建立起与体育服务运营商及媒体的共创关系,从而有效提高赞助信息的传播与分享效率。

体育赞助与产业内部利益相关者建立了属于自己的价值共创系统。它以体育赞助商价值链为核心,向上有体育IP所有者价值链,向下有媒体等相关产业价值链以及体育受众价值链。基于赞助商提升品牌形象的价值诉求,不同的利益相关主体有着不同的分工,它们一起完成了价值创造的过程。第一,赞助商结合自身产品或品牌的营销目标、消费特点以及市场定位等多个因素,确定体育IP所有者的选择标准以及后续的媒体传播方案。其中体育IP的选择是体育赞助营销的关键。第二,体育IP所有者也有自身的经营

战略,他们根据目标受众需求,确定体育IP运营所需的赞助商,并据此确定相应的赞助体系。第三,媒体传播等利益相关产业结合目标受众诉求,系统考虑各类体育事件传播方式,以此吸引更多受众参与以及更多赞助商的广告投入。最后,价值共创联盟中的各个角色通力合作,不仅打造了各自的商业模式,同时也促进了各自的品牌增值。

体育赞助营销战略联盟的每个参与主体相互影响、互为促进。值得注意的是,体育IP品牌和赞助商品牌的“联姻”是价值共创体系运转的根基,其关键在于品牌形象转移问题。据Prendergast等的研究,品牌形象转移分为正向转移和逆转转移<sup>[25]</sup>。正向转移指的是品牌形象从体育赛事品牌到赞助企业品牌的转移,这是赞助商最为关注的决策要点。品牌形象转移也有可能出现逆转转移,即从赞助企业品牌转移到体育赛事品牌。因此,企业在赞助时还应认真分析体育IP本身的形象是否正面,以免赞助具有负面因素的赛事而影响自身的品牌形象。体育IP本身也会考虑终止与那些带有负面印象的赞助企业的关系。对于赛事管理组织者来讲,赛事的形象可能会受到赞助品牌的影响。如果从赞助企业品牌转移到赛事品牌是正面的、积极的、有促进作用的,那将支持赛事活动;但如果转移是负面的、消极的、不利于赛事形象的,那么赞助活动就会被质疑甚至取消。例如,Ruth和Simonin通过研究发现带有负面意义的企业(如酒精和烟草企业)可能会损害赞助事件的积极形象<sup>[26]</sup>。因此,鉴于当今体育赞助营销的迅猛发展,体育赞助营销活动中价值共创研究需要赋予新的视角,即站在体育赛事管理的角度,研究赞助品牌对体育IP品牌管理的影响,从而指导价值共创实践。

#### 参考文献:

- [1] 李建军.体育赞助营销与品牌资产管理的影响[M].北京:经济管理出版社,2011:14-18.
- [2] 李屹松.体育赞助关键成功因素研究[M].北京:北京体育大学出版社,2014:26-28.
- [3] 张玉超.我国体育知识产权的基本法律问题研究[J].中国体育科技,2014,50(2):103-111.
- [4] SANTOS A D, MANUEL, GUARDIA F R, et al. Sponsorship Image Transfer Theory in Virtual Brand Communities[J].Indus-

- trial Management and Data Systems 2018,118(6):1287-1302.
- [5] GARDNER M P, SHUMAN P. Sponsorships and Small Businesses [J]. Journal of Small Business Management, 1988, 26(4): 44-52.
- [6] ZWASS V. Co-Creation: Toward a Taxonomy and an Integrated Research Perspective [J]. International Journal of Electronic Commerce, 2010, 15(1): 11-48.
- [7] 李朝辉, 金永生. 价值共创研究综述与展望 [J]. 北京邮电大学学报(社会科学版), 2013(1): 91-96.
- [8] 杨学成, 陶晓波. 从实体价值链、价值矩阵到柔性价值网: 以小米公司的社会化价值共创为例 [J]. 管理评论, 2015, 27(7): 232-240.
- [9] 亨利·切斯布朗. 开放式服务创新: 新形势下企业生存与发展的再思考 [M]. 蔺雷, 张晓思, 译. 北京: 清华大学出版社, 2013: 68-86.
- [10] VAN D J, LEMON K N, MITTAL V, et al. Customer Engagement Behavior: Theoretical Foundations and Research Directions [J]. Journal of Service Research, 2010, 13(3): 253-266.
- [11] 万文海, 王新新. 消费领域共同创造价值的形成机理研究 [J]. 经济管理, 2010(7): 104-111.
- [12] 刘文波, 陈荣秋. 基于消费者参与的消费者感知价值管理策略研究 [J]. 武汉科技大学学报(社会科学版), 2009, 11(1): 49-54.
- [13] 菲利普·科特勒, 加里·阿姆斯特朗. 市场营销: 原理与实践 [M]. 楼尊, 译. 北京: 中国人民大学出版社, 2015: 247-248.
- [14] 卢长宝. 体育赞助营销策略研究: 基于品牌形象转移理论 [J]. 北京体育大学学报, 2011, 34(4): 19-22.
- [15] GWINNER K. A Model of Image Creation and Image Transfer in Event Sponsorship [J]. International Marketing Review, 1997, 14(3): 145-158.
- [16] GROHS R, REISINGER H. Image Transfer in Sports Sponsorships: An Assessment of Moderating Effects [J]. International Journal of Sports Marketing and Sponsorship, 2005, 7(1): 36-42.
- [17] PARK C W, EISINGERICH A B, POL G, et al. The Role of Brand Logos in Firm Performance [J]. Journal of Business Research, 2013, 66(2): 180-187.
- [18] DONLAN L. An Empirical Assessment of Factors Affecting the Brand-building Effectiveness of Sponsorship [J]. Sport Business and Management: An International Journal, 2014, 4(1): 6-25.
- [19] 卢长宝, 郭晓芳, 王传声. 价值共创视角下的体育旅游创新研究 [J]. 体育科学, 2015(6): 25-33.
- [20] 朱翊敏, 于洪彦. 消费者融入行为与共创价值研究评述 [J]. 管理评论, 2014, 26(5): 111-119.
- [21] LENGNICK H C A. Customer Contributions to Quality: A Different View of the Customer-oriented firm [J]. Academy of Management Review, 1996, 21(3): 791-824.
- [22] 许春蕾. 价值共创视角下体育用品企业战略转型的基点与路径 [J]. 上海体育学院学报, 2017(2): 21-24.
- [23] 张祥. 提升企业竞争能力的新途径: 让消费者参与共创价值 [M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [24] FERNANDES T, Remelhe P. How to Engage Customers in Co-creation: Customers' Motivations for Collaborative Innovation [J]. Journal of Strategic Marketing, 2016, 24(3): 1-16.
- [25] PRENDERGAST G, PALIWAL A, MAZODIER M. The Hidden Factors Behind Sponsorship and Image Transfer—Considerations for Bilateral Image Transfer Among Sponsors and Events [J]. Journal of Advertising Research, 2016, 56(2): 132-135.
- [26] RUTH J A, SIMONIN B L. "Brought to you by Brand A and Brand B" Investigating Multiple Sponsors' Influence On Consumers' Attitudes Toward Sponsored Events [J]. Journal of Advertising, 2003, 32(3): 19-30.

(责任编辑:白 晔)

## Sports Sponsorship Marketing Management based on the Theory of Value Co - creation

PENG Jing<sup>1</sup>, LU Changbao<sup>2</sup>

(1. School of Economics and Management, Fuzhou Software Technology Vocational College, Fuzhou, Fujian 350008;  
2. School of Economics and Management, Fuzhou University, Fuzhou, Fujian 350108)

**Abstract:** By using the methods of literature reviews, this paper analyzes the sports sponsorship marketing management from the perspective of brand image transfer. The research comes up with the conclusions that sports sponsorship marketing is a typical kind of "parasitic" marketing. It uses the relationship between sponsorship and sports, as well as other communication tools to give a positive image of the enterprise brand, so as to promote the sales of enterprise products and services. Sponsors, sports IP owners, media and consumers work together to create value for consumers, while they are creating value for themselves. Therefore, enterprises, consumers and stakeholders only by keeping more frequent contact, interaction and creative cooperation can make the transfer of brand image in the process of value.

**Key words:** sports sponsorship marketing; value co - creation; brand image transfer; sports audience; stakeholder

# 大数据背景下《实变函数论》的困境与优化

占青义<sup>1</sup>, 谢向东<sup>2</sup>

(1.福建农林大学 计算机与信息学院, 福建 福州 350002; 2.宁德师范学院 数学系, 福建 宁德 352100)

**摘要:**为了应对当今实变函数论的教学困境,使实变函数更好地达到预期的教学效果是学生更好的掌握课程内容,本文从大数据的角度,以教学内容的选择与主要结论的优化为主要切入点,进行了较系统深入的讨论,得到了实变函数论较为有效的教学优化策略。

**关键词:**《实变函数论》; Lebesgue 积分; Fubini 定理; 大数据

**中图分类号:** O242.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-2109(2020)06-0087-04

大数据时代已经到来,它深刻影响着人们的日常:扩大人类科学的范围,推动人类知识的增长,引领新的经济繁荣。党的十九大报告明确提出:要推动大数据与实体经济的深度融合<sup>[1]</sup>。正如大数据领域的权威专家舍恩伯特曾说:“大数据是一种价值观,方法论”。

实变函数论是当今高校数学及有关专业的一门专业核心课程,已经成为现代分析不可缺少的理论基础。然而不幸的是,这门课程的名声似乎欠佳。不少学过实变函数的学生,除了留下“抽象,晦涩,难懂”的印象外,收获不多。一种为分析数学带来如此简化的理论,竟然被当作一种复杂得令人难以理解与接受的东西,这值得我们深思。事实上,实变函数论的课程教学在主要内容的选择与组织,关键定义的比较,主要结论的类比与推广<sup>3</sup>三方面面临现实困难。

一方面,实变函数论的许多概念有一定的抽象性,许多重要结论异常深刻,而为得到这些结论所需要的理论知识准备与推演当然也不简单。因此,问题在于:实变函数论的基本内容应当以何种形式提供给初学者,又以何种方式让学生更好地理解与掌握这些重要

的结论,做到举一反三。另一方面,很多定理比较晦涩,不知道其主要含义,应用起来比较困难。为此,作者从特例的角度,对一些经典结论进行说明<sup>[2-6]</sup>。

据我们所知:无论是测度还是 Lebesgue 积分的基本概念,都免不了某些复杂的构造过程。这些对于训练有素的分析数学研究者固然不难,但对初学的本科生而言,却令人望而生畏。有关测度与 Lebesgue 积分的基本结果,其描述也不困难,但具体到如何灵活方便的应用,也有很大的发展空间。

本文就《实变函数论》教学中可能会遇到的问题,结合教学实践,从大数据的角度,探讨一些关键概念与定义的比较,对一些经典定理进行特例分析,使得学生能够较快地进入《实变函数论》的核心领域,事半功倍地掌握这门分析课程。

## 1 运用大数据技术优化实变函数的内容选择

大数据的核心思想之一是基于对海量数据的挖掘与存储,分析形成观察,从而推动事物更进一步的发展。现阶段,探索运用大数据技术优化实变函数的教学内容,是时代发展的必然要求。

### 1.1 主要定义的选择与比较

首先,通过对整个教学环节中所生成的数据进行分析,可以提取学生面临的主要问题,从而有针对性地进行内容选择。实变函数是以集合作为研究对象,

收稿日期:2019-10-11

基金项目:福建自然科学基金面上项目(2015J01019);福建省教育厅基金(JT180122);福建农林大学教改基金(111418136)。

作者简介:占青义(1979-),男,汉族,讲师,主要从事随机微分方程高性能算法,机器学习的研究。

在集合上定义测度,再建立了可测函数的概念,从而定义 Lebesgue 积分。

在集合论中,Cantor 三分集合是一个很重要的反例。其构造就很有特色,与其类似的有四分集合。其构造如下:将闭区间[0,1]删去居中的长度为 0.25 的开区间,剩下两个闭区间,在每个闭区间中,再删去居中的长度为  $\frac{1}{4}$  的开区间,如此继续下去。所有永远删不去的点所作成的点集记为  $E$ ,即为四分集。这两个实例说明: $P$ 分集是可以实际构造出来的,同时这种集合是可以数具体表达的。

在测度论中,外测度与测度是一对很容易被学生混淆的概念。其实,在 19 世纪最先出现外容量的概念,随后 C.Jordan 建立了可测集的容量定义<sup>[2]</sup>,而后在 1914 年由 F. Riesz 升华了测度论的思想<sup>[3]</sup>,直接从积分出发,导出了整个测度理论。同时, C. Caratheodory 进一步发展了外测度理论,导致了测度的完备化<sup>[4]</sup>。由此可见:测度与外测度是两个互相关联的概念。简单地说:通过包含一个集合的任意开集的体积的下确界,定义了集合的外测度;通过外测度与 Caratheodory 条件(满足外测度的可数可加性)<sup>[5-6]</sup>,定义了一个集合的 Lebesgue 测度。

可测函数是一个让人费解的定义,其证明更是体现了数学分析的一般思路。这里,主要用到了简单函数,示性函数与一般函数。具体说来,先证明这个结论在简单函数上是否成立,然后推广到示性函数<sup>[5]</sup>。最后证明在一般函数上该结论是否成立。这在 Lebesgue 积分的定义过程中,有非常精彩的应用。

### 1.2 与其他积分学的比较

虽然 Lebesgue 积分有许多优点,但不能否认,Lebesgue 积分本身仍然有不足之处。我们把它与其他经典的积分学,如随机积分,进行比较。

1. Lebesgue 积分与 Riemann 积分的主要区别<sup>[7-9]</sup>:其一,定义的方式不同,导致了可积函数的类型不同:Lebesgue 积分的可积函数的范围扩大,使得可积函数从连续函数推广到可测函数;其二,Lebesgue 积分降低了积分与极限交换顺序的条件;其三,Lebesgue 积分的可测函数空间是完备的,而 Riemann 积分的可测函数空间是不完备的。可以看出,Lebesgue 积分是

Riemann 积分的一种推广。

2. Lebesgue 积分与随机积分的一些区别<sup>[10]</sup>:其一,定义的方式不同:前者定义在一般的可积函数空间,而后者定义在概率空间上,且定义方式与 Riemann 积分类似,因而可积函数的类型也不同。其二,定义的种类不同:前者只有一种定义方式,而根据对随机项的 Riemann 和的不同定义方式<sup>[11-12]</sup>,后者目前常用的有两种定义:Ito 积分与 Stratonovich 积分。

总之,可在这这些突出问题上,争取有一个较清晰的比较。首先,对于基本概念,简化或者回避一些复杂的构造,尽可能地与 Riemann 积分进行比较,找出其中的异同点,改善教学过程中学生的感受,提高学生的接受效率。并从教学过程的大数据分析中,得到其他需要强化的知识点。

## 2 运用大数据技术优化实变函数的主要结论

可以积极利用教学大数据,从多维度优化课程的主要结论,同时可以持续地,实时地为我们提供第一手资料,及时调整教学方式方法。根据学生在线学习时的作业,讨论,提问,资料查询等学习行为大数据,得到了如下一些主要结论的优化方案。

### 2.1 关键假设不能省略的

命题 1. Lebesgue 定理中, $mE < +\infty$  的条件不能去掉。

以下这个特例验证了命题 1 成立。

例 1:取函数列

$$f_n(x) = \begin{cases} 0, & x \in (0, n), \\ 1, & x \in [n, +\infty) \end{cases} \text{ 其中 } E = (0, +\infty), \text{ 则 } mE = +\infty,$$

且  $\lim_{n \rightarrow +\infty} f_n(x) = f(x) = 0$  于  $E$ ,即函数列  $\{f_n(x)\}$  在  $E$  上处处收敛到 0,但是,当  $0 < \varepsilon < 1$  时,我们可得到  $m(E[|f_n(x) - f(x)| > \varepsilon]) = m([n, +\infty)) = +\infty$ ,所以函数列  $\{f_n(x)\}$  在  $E$  上不以测度收敛到 0。

### 2.2 重积分与累次积分的关系

Fubini 定理得到了比 Riemann 积分论中要求更少的结论。以下一些实例说明 Fubini 定理在应用上更简便。

Fubini 定理有一个推论如下<sup>[2]</sup>:

命题 2. 若  $f(x,y)$  在  $R^p \times R^q = R^p + R^q$  上可积,则

$$\int_{R^p} dx \int_{R^q} f(x,y) dy = \int_{R^q} dy \int_{R^p} f(x,y) dx,$$

其中,  $n=p+q$ ,  $p, q$ , 均为正整数。

命题 2 的逆否命题同样是真命题。

**命题 3.** 若  $\int_{R^p} dx \int_{R^q} f(x,y) dy, \int_{R^q} dy \int_{R^p} f(x,y) dx$ , 至少有一个不存在, 或者都存在但不相等, 则  $f(x,y)$  在  $R^{p+q}=R^p+R^q$  上积分不存在。

以下例 2 说明: 用命题 3 验证比用定义验证要更简洁。

**例 2:** 如果  $f(x,y) = \frac{y^2-x^2}{(x^2+y^2)^2}, x \in (0,1), y \in (0,1)$ ,

则  $f(x,y)$  在  $E_1=\{(x,y); 0<x<1, 0<y<1\}$  上是不可积的。

证明: (1) 可以用定义证明是不可积的。

事实上, 如果令  $E=(0,1) \times (0,1), A_1=\{(x,y) \in E_1, |x| > \sqrt{3}|y|\}$ , 则对任意的  $(x,y) \in A_1$ , 总有  $|f(x,y)| \geq \frac{1}{2(x^2+y^2)}$ 。于是可得

$$\int_{E_1} |f(x,y)| dx dy \geq \int_{A_1} |f(x,y)| dx dy \geq \int_{A_1} \frac{1}{2(x^2+y^2)} dx dy = \infty.$$

因此,  $f(x,y)$  在  $E_1$  上积分无界。同样可以证明:  $f(x,y)$  在  $E_1$  上不可积。这与 Fubini 定理并不矛盾。

(2) 利用命题 3 很方便验证结论是成立的。其实很容易计算出:

$$\int_0^1 dx \int_0^1 f(x,y) dy = \int_0^1 \frac{1}{1+x^2} dx = \frac{\pi}{4}, \int_0^1 dx \int_0^1 f(x,y) dx = \int_0^1 \frac{-1}{1+y^2} dy = -\frac{\pi}{4}, \text{因而结论成立。}$$

### 2.3 累次积分的存在与相等, 与函数的可积性没有必然联系

命题 2 的逆命题为:

**命题 4.** 若  $\int_{R^p} dx \int_{R^q} f(x,y) dy, \int_{R^q} dy \int_{R^p} f(x,y) dx$  都存在而且相等, 则  $f(x,y)$  在  $R^{p+q}=R^p+R^q$  上不一定可积。

以下例 3 说明: 函数的累次积分存在且相等, 函数有可能是不可积的。

**例 3:** 如果

$$f(x,y) = \begin{cases} \frac{xy}{(x^2+y^2)^2}, & x^2+y^2 > 0 \\ 0, & x=y=0 \end{cases},$$

则  $f(x,y)$  在  $E_2=\{(x,y); -1 \leq x \leq 1, -1 \leq y \leq 1\}$  上是不可积的, 但两个累次积分都存在且相等。

证明: 反证。假设  $f(x,y)$  在  $E_2$  上是可积的。则  $f(x,y)$  在  $E_2$  的子集  $A_2=[0,1] \times [0,1]$  上也是可积的。从而应该存在有限积分  $\int_0^1 \int_0^1 f(x,y) dy dx$ 。但是, 当  $x \neq 0$  时, 我们可

得  $F(x) = \int_0^1 f(x,y) dy = \frac{1}{2x} - \frac{x}{2(x^2+1)}$  而函数  $F(x)$  在  $[0,1]$  上不可积。从而与假设矛盾。

但事实上, 由  $f(x,y)$  的函数性质, 很显然得到:

$$\int_{-1}^1 dx \int_{-1}^1 f(x,y) dy = \int_{-1}^1 dy \int_{-1}^1 f(x,y) dx = 0, \text{即这两个累次积分}$$

存在且相等, 但  $f(x,y)$  在  $E_2$  上是不可积的。

以下例 4 说明: 函数的累次积分存在且相等, 函数有可能是可积的。

**例 4:** 如果  $f(x,y) = \frac{xy}{x^2+y^2}$ , 则  $f(x,y)$  在  $E_3=[-1,1] \times [-1,1]$  上是可积的, 且两个累次积分都存在且相等。

## 3 结语

实变函数是现代分析的基础, 学生在从古典数学到这种以集合论与测度论为基础的分析学, 肯定会遇到很多困难。随着社会经济的不断发展, 各种学习形式不断出现。实变函数作为一门古老的理论学科, 应该依托大数据技术, 通过数据挖掘与分析, 深入找到自身面临的问题, 精准地找到对策。

当前, 高校课程大数据建设在数据基础方面还有很大的提升空间, 如数据的收集与整理大都依赖人工方式。如何充分利用大数据技术, 切实提高实变函数的教学效果, 是教学改革的一项浩大的工程。

### 参考文献:

- [1] 习近平. 决胜全面建成小康社会, 夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利—在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告[Z]. 北京: 人民出版社, 2017.
- [2] 江泽坚, 吴智泉, 纪友清. 实变函数论[M]三版. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [3] 胡适耕. 实变函数[M]二版. 北京: 高等教育出版社, 2014.

- [4] 周民强. 实变函数论[M]二版.北京:北京大学出版社,2008.
- [5] 郑维行,王声望. 实变函数与泛函分析概要[M]四版. 北京:高等教育出版社,2010.
- [6] 周民强. 实变函数解题指南[M]. 北京:北京大学出版社,2007.
- [7] RUDIN W. Functional Analysis [M] 2nd Ed. Singapore: McGraw-Hill Companies, 1991.
- [8] KANTOROVICH L V, AKILOV G P. Functional Analysis[M] 2nd Ed. London: Pergamon Press, 1982.
- [9] NUALART D. The Malliavin calculus and related topics [M] 2nd Ed. NewYork: Springer, 2000.
- [10] EVANS L C. An Introduction to stochastic differential equations [M]. NewYork: American Math Society,2013.
- [11] GRAVES L M. The theory of functions of real variables[M]. 2nd Ed. New York: Dovers Publications, 2009.
- [12] 冉丽霞, 陈涌. 耗散修正的 Camassa-Holm 方程的存在唯一性 [J]. 浙江理工大学学报 (自然科学版), 2018, 39(6): 759-764.

(责任编辑: 聂传朋)

## Dilemma and Optimization of *Real Variable Functions* in Big Data

ZHAN Qingyi, XIE Xiangdong

(1.College of Computer and Information Science,Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002;

2. Department of Mathematics, Ningde Normal University, Ningde, Fujian 352100)

**Abstract:** In order to deal with the teaching dilemma of the Real Variable Function course, we need to obtain its better anticipative teaching results than ever. This passage focuses on the big data and investigates the selections of the courses and the optimization of the main results.we obtain the optimization strategy of the Real Variable Function by the systemic and in-depth discussions.

**Key words:** *real variable function*; Lebesgue integral; Fubini theorem; big data

# 优慕课在线教育综合平台的混合式教学研究与实践

瞿 霞

(福建林业职业技术学院 自动化工程系, 福建 南平 353000)

**摘 要:**以高职计算机应用技术专业《HTML5 与 CSS3 开发技术》课程为例,利用优慕课在线教育综合平台开展线上、线下混合式教学研究。实践发现,相较传统教学方式,基于优慕课在线教育综合平台的混合式教学模式能有效解决传统课堂受时空限制的弱点,促进学生自主学习和师生互动交流,全面提升课程的教学质量和学生学习成效。

**关键词:**在线教育综合平台;混合式教学;优慕课;教学质量提升

**中图分类号:**G434 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2020)06-0091-04

随着 2019 年国家教育部“1+X Web 前端开发”证书制度的启动,作为“1+X Web 前端开发”人才培养标准中的一门重要课程,《HTML5 与 CSS3 开发技术》的地位变得越来越重要<sup>[1]</sup>。该课程内容包括 HTML 基础及 HTML5 标签、CSS3 应用、JavaScript 基本语法与高级编程、项目模块化开发、各种复杂的交互与优化等知识和能力模块。涉及知识广泛、语法复杂、实践性强,需要教师反复讲解和学生不断实践才可掌握。对于此类程序设计课程,传统教学一般采用案例教学法进行教学,即教师先展示整个案例的实现效果,讲解其中需要用到的相关知识和语法,再由教师演示案例的编写与实现过程,最后再由学生按照教师的操作步骤进行实践训练,完成后提交作业或实训报告。这样组织课堂,明显存在以下 5 方面的问题:①教学进度掌控难;②师生互动交流少;③学生存在差异性,难以按需辅导;④学生训练任务完成时间难以掌握;⑤学生思考时间少,难以激发学生学习兴趣<sup>[2]</sup>。

这些问题,使得改革传统课堂教学方式非常必要。基于优慕课在线教育综合平台开展混合式教学研

究与实践,探索在“互联网+”环境下如何组织学生开展《HTML5 与 CSS3 开发技术》课程线上、线下混合式教学,期望能对其他同类课程的教学改革提供一定的参考价值。

## 1 优慕课和混合式教学

### 1.1 优慕课

优慕课平台主要包括通用网络教学平台系统和移动学习端,通用网络教学平台系统支持混合式教学模式和翻转课堂教学模式,其核心功能模块包括课程建设、课程管理、课程学习、学习社区、学习分析等<sup>[3]</sup>。通用网络教学平台系统主要功能模块如图 1 所示。

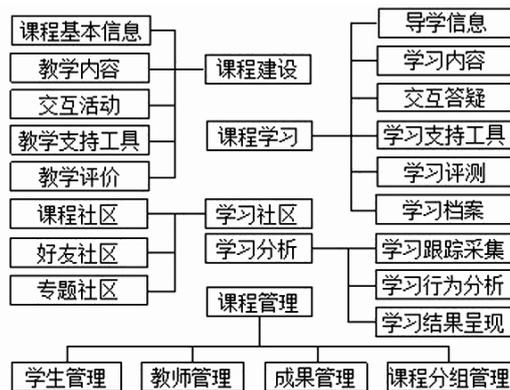


图 1 通用网络教学平台系统功能模块

Fig. 1 General network teaching platform system function module

收稿日期:2020-03-11

作者简介:瞿霞(1982-),女,汉族,讲师,主要从事现代教育技术教学,算法程序设计的研

优慕课移动学习系统基于泛在学习理念设计,包括课程中心、随堂教学、资源中心和个人中心等核心功能模块,系统实现了对各种电子产品随时、随地接入的支持,满足了学生碎片化学习的需要,在“互联网+”背景下为学生提供了良好的移动学习环境。其主要功能模块如图2所示。

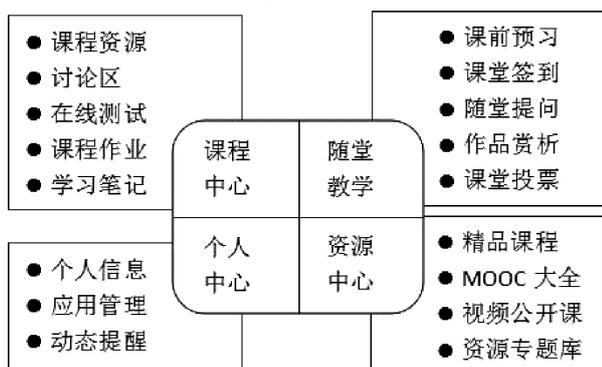


图2 优慕课移动学习系统主要功能模块

Fig. 2 The main function modules of the mobile learning system in UMOOC

## 1.2 混合式教学的内涵

2000年,美国“教育技术白皮书”里对“E-learning”进行了阐述,此后,“E-Learning”就在企业培训中得到了广泛的应用。但“E-Learning”并没有取代传统课堂,相反,现在却被慢慢边缘化<sup>[4]</sup>。究其原因,“E-Learning”的致命缺点在于缺乏面授课堂效果的氛围和良好的教学互动,只是一味的单向知识传授,为了弥补“E-Learning”这一缺点,面对面教学被引入进来,从而产生了混合式教学(Blended Learning)。应该说混合式教学不是一种全新的教学方法或理论,而是“E-Learning”与传统教学不断碰撞和融合,在融合中又不断完善和补充的产物<sup>[5]</sup>。混合式教学集合了两种教学方法的优势,既可以让教师在线上、线下教学过程中发挥导引和监督的主导作用,又可以让学生自主参与线上、线下学习,发挥了学生学习的主动性和积极性<sup>[6]</sup>。混合式教学绝不仅仅是线上、线下教学的简单融合,而是教学形式、教学技术、教学手段、教学目标、教学评价上的多重融合<sup>[7]</sup>。

## 1.3 基于优慕课混合式教学的优势

优慕课拥有内容丰富的课程中心和资源中心,大大扩展了单门课程的学习内容,同时结合平台的PC端和移动端两个学习入口,更方便学生随时随地采用

任何电子设备进入学习。优慕课结合线上、线下混合式教学模式有效解决了传统教学方式的痛点,提高了教学质量和学生学习成效。其优势在于:(1)打破了传统教学环境受时间和空间的限制,可以使用任何电子设备开展随时、随地的学习;(2)延长了课堂有限的学习时间,将课前预习、课中练习和课后巩固全部放在线上,面对面教学重点围绕学生自主学习产生的问题展开,引导学生解决问题,达到事半功倍的效果;(3)满足了学生的个性化需求,做到知识、案例的精准推送;(4)掌握了每个学生的学习状态和学习进度,后台数据统计精准刻画了每个学生的学习画像,精准掌握了每个学生的学习情况;(5)平台课程中心和资源中心的整合,拓展了课程学习的内容,扩大了学生学习面,提升了学生综合能力。

## 2 基于优慕课混合式教学实践

《HTML5与CSS3开发技术》是计算机应用技术专业的专业基础课。因此,选取福建林业职业技术学院计算机应用技术专业1801班(40人)和1802班(43人)两个平行班共计83人作为此次教学实践的研究对象。两个班的任课教师、教学内容、总学时、周学时、教学周数、面授教室均相同,不同之处在于计算机1801班采用传统教学方式开展教学,而计算机1802班采用混合式教学方式开展教学。针对混合式教学,笔者根据本人的教学经验和知识积累,按如下表1组织开展线上、线下混合式教学活动。

在表1中,每一次的教学任务都分为课前、课中和课后3个阶段,每个阶段的目标都不一样,且呈递进上升关系。课前,主要由学生自主学习,完成基础训练任务,教师在线辅导并收集学生自主学习过程中产生的问题;课中,开展分组互动教学、评价和总结,讨论并解决课前学生遇到的问题,并进行进阶训练;课后,为巩固知识,学生完成任务页撰写,并进行拓展任务训练,同时,教师要完成评价页撰写,并就学生在课后拓展训练过程中出现的问题进行个别辅导。

课前阶段,首先由教师根据授课计划在优慕课平台上发布学习任务,包括前导知识、基础训练和课前小测。学生根据教师发布内容和要求开展自主学习,

表 1 基于优慕课的混合式教学活动设计

Tab. 1 Design of mixed teaching activities based on UMOOC

方式	课前自主学习	课中互动教学	课中评价	课后总结	课后拓展实践	
线上设计	学生	自主学习、互动讨论、前导知识小测	二维码考勤、问卷、投票、作品共享、分组讨论和实践	学生互评	总结收获	完成任务页
	教师	在线解答	学生分组分配任务	教师评价	总结问题	完成评价页
线下设计	学生	任务练习和实践,提出问题	引入:分析课前学生遇到的问题并提出解决方案; 进阶:在解决课前基本任务的基础上完成进阶任务的实践; 分析:分析进阶过程中存在的问题并提出解决方案; 展示:展示进阶任务成果; 点评:点评学生完成情况	作品赏析	反思	巩固练习 拓展实践
	教师	发现问题、分析问题、解决问题	引导:引导学生开展小组讨论和实践活动 监督:监督学生有效参与各项讨论和活动 指导:解决学生出现的问题并进行个别指导			个别辅导、 解决问题

并在线下完成基础训练任务。教师在这个阶段应该在线上进行辅导,并收集学生自主学习过程中产生的问题。

课中阶段,教师要开展引入问题、分析问题、解决问题、进阶训练、展示作品、点评作品等教学活动。即教师根据课前收集的学生共性问题有针对性地引导学生思考并解决问题,在解决问题的基础上进行进阶训练,以提高教学效果和学生学习成效,针对进阶训练中,学生可能会出现的问题教师要做好个别辅导,随后对学生完成的进阶作品进行线上展示,开展学生互评和教师点评,最后进行总结和反思。教师在这个阶段应该要进行引导、监督和指导工作,做好对学生的分组工作和学生活动的组织工作,帮助学生学会学习,让学生依靠自己掌握技能。

课后阶段,学生要针对课中的进阶任务完成任务工作页的撰写和课后拓展训练任务的学习和实践。教师在这个阶段要做好学生的线上辅导和监督工作,帮助学生更好掌握相关知识和技能。

### 3 教学效果分析

学期授课结束后,针对采用混合式教学模式的计算机应用技术 1802 班的 43 名学生采用问卷星平台从教学模式、学习兴趣、提升技能、教学设计、教学互动、教学评价、释疑解惑、深化学习等方面发送问卷,发送问卷 43 份,回收问卷 43 份。统计结果如表 2 所

示,从统计结果看,90%以上的参与学生认可混合式教学模式,认为该模式可激发学生学习兴趣、教学互动性强,70%以上的学生认为该教学模式能够快速解决学习中遇到的问题,也更容易进行深化学习,能够快速提升和巩固技能。

表 2 混合式教学模式调查问卷统计表

Tab. 2 Questionnaire statistics of mixed teaching mode

问卷内容	人		
	好	中	差
教学模式好	40(93)	2(5)	1(2)
学习兴趣高	42(98)	1(2)	0(0)
提升技能快	30(70)	10(23)	3(7)
教学设计优	28(65)	11(26)	4(9)
教学互动强	41(95)	2(5)	0(0)
教学评价准	27(63)	12(28)	4(9)
释疑解惑快	30(70)	8(19)	5(12)
深化学习易	35(81)	6(14)	2(5)

为了更好地对比分析两种教学模式教学质量的差异,笔者对两个班级采用了同样内容的课程作业、小测、课程实训任务和实习任务,相同的阶段考试试卷和期末考试试卷。这里对两个班级的期末考试成绩采用 SPSS 独立样本  $T$  检验分析方法进行统计,结果如下表 3 所示。从  $T$  检验结果可以看出,阶段考试、过程考核、期末考试和课程实习的  $P$  值均未超过 0.05,因此,混合式教学模式的教学效果明显优于传统教学方式。

表3 两班级考核项目成绩比对( $\bar{X}\pm S$ )Tab.3 A comparison of two class assessment items( $\bar{X}\pm S$ )

比对项	班级	成绩
阶段考试成绩	计算机 1801 班	68.08±13.787
	计算机 1802 班	75.58±8.203
	<i>t</i> 值	2.987
	<i>P</i>	0.04
过程考核成绩	计算机 1801 班	73.40±7.555
	计算机 1802 班	77.89±7.590
	<i>t</i> 值	2.700
	<i>P</i>	0.008
期末考试成绩	计算机 1801 班	71.29±6.480
	计算机 1802 班	74.48±6.381
	<i>t</i> 值	2.256
	<i>P</i>	0.027
课程实习成绩	计算机 1801 班	71.20±6.260
	计算机 1802 班	74.98±6.774
	<i>t</i> 值	2.632
	<i>P</i>	0.010

#### 4 结束语

通过《HTML5 与 CSS3 开发技术》课程教学实践,笔者发现基于优慕课在线教育综合平台的混合式教学模式能够有效弥补传统教学方式的不足,提高了教师的教学质量,提升了学生的学习成效。一方面,实现了以学生为中心的学习,让学生在在学习过程中有更多的获得感,同时也提升了学生的学习成绩,锤炼了学生的学习技能;另一方面,也让教师的角色得到了转变,由教学的主导者成功转变成了教学的辅导者,由知识的传导者变成了知识的引导者。同时,通过后台

数据分析,教师更易于掌握每一位学生的学习进度和学习状态,针对学生学习情况,教师能够制定更完善的教学设计,从而更易于提高教学质量和教学效果。

#### 参考文献:

- [1] 郑根让,史志强,何成,等.1+X 证书制度下以书证融通重构专业核心课程体系:以 WEB 前端开发证书与软件技术专业为例[J].职业教育研究,2020(1):12-17.
- [2] 郑琴.有关在线开放课程建设的思考:基于衢州学院校级精品在线开放课程教学效果的调研分析[J].文教资料,2019(34):201-202.
- [3] 杨卓懿,宋磊.基于优慕课平台的工科专业课程混合式教学改革[J].教育教学论坛,2019(52):116-117.
- [4] 张建飞,胡央波,纪雪聪.在线开放课程质量评价体系探究:基于浙江省高等学校精品在线开放课程共享平台[J].继续教育学报,2017,30(6):19-24,37.
- [5] 张明勇.BOPPPS 教学模型下基于超星学习通在线学习平台的混合式教学实践研究:以《HTML5 & CSS3》网页设计课程为例[J].武汉船舶职业技术学院学报,2019,18(4):67-73.
- [6] 李宏新,徐婧雯.混合式教育理念下高校党课创新模式的构建策略[J].吉林广播电视大学学报,2020(1):99-100.
- [7] 侯帅,白梅娟,闫永亮.基于雨课堂的电工电子学混合式智慧教学方法研究[J].河北工程大学学报(社会科学版),2019,36(4):110-114.

(责任编辑:叶丽娜)

## Hybrid Teaching Research and Practice based on Integrated Platform of UMOOC

QU Xia

(Department of Automation Engineering, Fujian Forestry Vocational and Technical College, Nanping, Fujian 353000)

**Abstract:** This paper takes "HTML5 and CSS3 development technology" course as an example to carry out online and offline hybrid teaching research using the integrated platform of online education of UMOOC. Compared with the traditional teaching method, it is found that the hybrid teaching mode based on the integrated platform of online education can effectively solve the weakness of the traditional classroom which is limited by time and space, promote the students' independent learning and the interaction between teachers and students, and improve the teaching quality and the students' learning effect in an all-round way.

**Key words:** integrated platform of online education; mixed teaching; UMOOC; teaching quality improving

# 《房屋建筑构造》课程信息化建设实践

黄晓銮, 柯焯珍, 何福云, 黎文娥

(福建林业职业技术学院, 福建 南平 353000)

**摘要:**《房屋建筑构造》课程多种信息化手段的应用,将各单元静态专业知识动态化,便于教师的讲解以及学生的吸收,与学生认知规律吻合度较好。文章详细介绍利用 BIM 模型信息化教学、虚拟仿真信息化教学、VR 技术信息化教学等信息化手段在《房屋建筑构造》课程运用,解决了课堂教学中难以呈现真实的工作环境,模拟房屋构件搭建过程和充分调动学生学习的自主性与创造性,从而达到学生学习过程和学习结果的科学性、有效性、多元性。

**关键词:**《房屋建筑构造》;信息化;在线精品开放课程

**中图分类号:**G712;TU-02 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2020)06-0095-03

## 1 课程信息化建设的意义

对于《房屋建筑构造》这门课程,传统的教学方式是教师课堂讲授,学生被动地接受,采用的教学媒介多是黑板、PPT、粉笔等,导致学生的兴趣度不高、吸收度差等现象。而随着微课、MOOC、翻转课堂等在线开放平台的设立,为各大高职院校课程信息化建设提供了新思路。信息化建设是基于 MOOC 等在线开放平台,将课内的知识延伸到课外,采用任务驱动教学法,以各项工作任务作为主线,摒弃了以往纯粹的理论讲授,加以替代的是多样化的信息化的教学手段,使得枯燥的知识变得生动、具体,实现理实一体化教学模式。同时,还可以应用数据分析帮助教师分析统计学生在各类授课平台学习的情况,如:学习播客视频的次数及时长、参与课程讨论的情况、提交课程作业的情况等,有针对性地指导学生,从而提高教学质量。因此,《房屋建筑构造》课程的信息化建设已经成为教学改革的主要内容,是必然趋势。

## 2 课程信息化的建设与实施

### 2.1 设置房屋建筑构造课程信息化改革

第一,利用在线精品开放课程平台建立《房屋建筑构造》课程信息资源库,达到资源共享。

在现信息化时代,建立《房屋建筑构造》课程信息资源库达到资源共享是必然趋势。教师们可以利用在线精品开放课程平台建立《房屋建筑构造》课程信息资源库。例如上课的课件、预习的内容、每节课的作业、题库、测试等等。学生们可以通过自己的账号密码进行登入,完成教师们布置的课前、课中、课后的任务,留言自己的疑问。同时,教师可以在在线精品开放课程平台上传自己录制的课程视频,以便教学和学生们查看学习,及时补缺补漏。除此之外,教师们还可以利用在线精品开放课程平台随时随地批改作业,统计成绩,及时回复学生问题,了解学生们学习情况,便于进行沟通;教师们可以在在线精品开放课程平台互相交流,及时更新相关的内容,使资源库更加丰富。

第二,利用信息化教学手段,建立房屋建筑构造课程信息化课堂,再现房屋构造场景。

在教学信息化课堂中,教师上课前利用数字化校园信息平台 CRP 进行点名签到,然后根据课程内容选择信息化教学手段,如虚拟仿真技术、虚拟现实技术,再现房屋构造场景,帮助学生理解专业知识。《房屋建筑构造》课程主要介绍房屋建筑的构造做法,包含了

收稿日期:2019-02-28

基金项目:2018 年福建省教育厅中青年教师教育科研项目(JZ180448)。

作者简介:黄晓銮(1988-),女,汉族,讲师,主要从事课程体系改革的研究。

房屋建筑地面以下的基础、地面以上的墙体、楼板、屋顶、楼梯等等。这些构造的做法以传统方式教学,很难帮助学生们理解知识点。如果利用信息化教学手段,例如虚拟仿真技术、虚拟现实技术不仅能很好地展现整个构造做法的场景,同时能够调节上课气氛,使学生们上课更加活跃。所以,在一节课 45 min 内,教师们信息化教学课堂利用信息化手段把知识变得更加生动有趣,帮助学生更好地理解知识,增强学生学习兴趣。同时,也使教师们教学更加轻松。

第三,利用教务网络管理系统开展《房屋建筑构造》课程信息化教学评价。

教学评价是体现学习过程的最好手段。学生和教师们可以利用教务网络管理系统进行期中和期末教学评价,这样有助于管理层及时了解教师们的授课进度和授课质量,也可以及时掌握学生们学习情况,进而采取一定措施改进教学质量,增强学生专业知识。同时,教师们也可以通过这种反馈的方式了解到学生们对学习的需求,并及时地改进教学方式,有助于教学。

房屋建筑构造课程信息化改革方法还有很多,以上主要介绍在线精品开放课程平台建立资源共享和利用信息化手段建立信息化课堂两方面具体做法。

## 2.2 在线开放学习平台

在线开放学习平台是基于“学科教学”为单元,依靠知识体系作为结构长久的滚动建设教程,同时保证了学科资源实现累积与共享、教学过程的追踪统计以及有助于教学评价的展开实施。本课程数字化资源建设采用学院的精品在线开放课程平台,该课程网络平台为教师提供了强大的在线备课工具和施教环境,以及充分的师生互动功能,极大的扩充了课程教学空间<sup>[4]</sup>。《房屋建筑构造》课程的教学设计依托于该平台,教学模块主要由以下几部分组成:课程简介、课程标准、授课计划、多媒体课件、网络资源、播客视频、演示动画、试卷作业、课程讨论区、实习实训内容等。该课程教学模块的界面简洁明了,方便教师通过该平台设计教学模块并对其进行有规划地模块化管理,也便于学生课前预习激发求知欲望、课后巩固强化学习效果。

课前,教师将制作好的多媒体课件、微课视频以及学习要点,上传到《房屋建筑构造》精品在线开放课程平台,且在平台发布提前预习通知。学生利用业余时间登入平台带着学习任务观看微课和课件,根据自己的学习能力和接受能力,自由安排时间,并完成预

习作业,还可以进入课程讨论区发布有疑惑的问题以及自己的观点。课后,教师上传课程作业、任务小结,其中课程作业主要是本任务学习的基础知识,主要以填空题、选择题、判断题和识图题为主,进而达到巩固知识,强化学习效果,同时,还在课程讨论区发布一些具有可操作、简单的任务,如:防水防潮的要求、墙体保温构造要求,让学生参与讨论,翻阅资料,完成项目任务<sup>[5]</sup>。学生通过课堂的信息化学习,课后登入课程平台进行复习、查看当天课程的任务小结并完成课程作业或进行拓展学习,观看教学视频,自主学习教学动画;对于教师在课程讨论区设置的问题,学生按照提前设置分组进行有组织、有秩序地互动学习发表自己的观点,也可以在讨论区提出新的问题,然后其他同学自主选择回复。

通过精品在线开放课程平台的学习,同学们对于课程任务的理论知识点和实践教学案例有了进一步的深刻理解,有利于对整个课程内容系统的梳理。同时,教师可以对学生在网站上提出的各种问题进行归纳总结,进而使得本课程的内容得到升华,加强了学生对于相关问题的理解和掌握。这样,方便于学生将理论知识转换为实践,有助于提高实践问题的解决。

## 2.3 信息化教学手段

《房屋建筑构造》在传统的教学方法中,由于学生缺乏现场经验,许多节点构造抽象难懂。随着信息技术的发展,信息化教学手段众多,文章列举三种典型的信息化教学手段应对《房屋建筑构造》在传统的教学方法中抽象难懂的难题。

(1) BIM 模型信息化教学手段。在授课过程中对于抽象复杂的节点构造建立 BIM 模型,三维立体构造更加直观真实。建立模型信息主要采用广联达 GCL、广联达 GTJ、REVIT 等软件<sup>[6]</sup>。对于构造相对简单的节点可采用广联达 GCL 软件,比如加腋梁、构造柱、过梁等模型绘制。广联达 GCL 软件最大特点是:模型绘制简单,大大降低教师的备课工作量。任课教师可为教学专门建立一个房屋建筑构造 BIM 模型,在这个模型当中按设计规范要求加入典型节点构造,在大场景当中更有利于学生理解掌握。构造节中如果有需要呈现三维钢筋视图,可以运用广联达 GTJ 软件,比如构件搭接处钢筋,此处钢筋的布置规范要求众多,钢筋密集,即使是现场图片甚至施工现场也无法看清楚钢筋的布置。广联达 GTJ 软件可将建立好的钢筋节点进行

缩放观察钢筋的布置,并可调取钢筋的搭接、锚固、抗震等规范。对于要求营造整个房屋建筑的空间结构,更加真实立体可采用 REVIT 软件。REVIT 软件建立的模型色彩真实细腻、结构更加细致,可以漫游,有助于对整个建筑物的结构进行把握。缺点就是模型绘制过程稍复杂,稍费时间,对任课教师综合素质要求高。任课教师可根据课程具体需求,选择即方便又能达到教学目标的方式建立 BIM 模型。

(2)虚拟仿真信息化教学手段。虚拟仿真针对房屋建筑结构内容进行 3D 数字内容的模拟开发,并借助 3D 虚拟环境或 3D 立体显示房屋建筑构造真实的施工环境,条件和流程,使教师和学生能够获得真实世界中相同或者相近的学习体验,达到替代或者部分替代学习效果的作用。

虚拟仿真具有强大的处理功能和高度智能化,在三维识图的同时,让学生能够动态观察构造节点三维创建的过程,也就是施工工艺过程,建立空间几何形体的整体概念,加深对构造的理解。也可以真实表现房屋结构的内部细节,点击结构图构件可以清晰看到内部细节的构造及参数。

(3)VR 技术信息化教学手段。利用虚拟现实技术 VR 等信息化手段,有针对性的讲解房屋建筑构造教学重点与难点,解答学生的疑惑,提高学生学习的主动性。

在房屋建筑构造课堂上,通过虚拟现实技术 VR,构建建筑物内部构造情境<sup>[4]</sup>。首先,学生身临其境般的沉浸式学习,在学习建筑构造的同时激发了学生强烈的学习欲望和探索精神。再者,任课教师可以通过 VR 场景进行构造节点的解读,并发问,学生按照任发问的问题以小组为单位,实施任务作业,教师通过配套在线系统将各组回答情况收集评阅。VR 技术信息化

教学手段最大的优点在于,任课教师只需要提供教学 VR 场景,剩下的交由学生自主探索、自主学习,一反以往灌输式学习,激发了学生的自主学习能力。这也正是当今大学生最需要,也是最欠缺的一种能力。

### 3 总结

房屋建筑构造课程依托现代信息化技术,有效地整合以及丰富课程资源。优化教学过程,改革教学信息化,再现房屋构造场景,实现教师模拟在工程环境中进行讲授,创设以教师为主导、以学生为主体、智能化情景式导学,将学习活动向课外充分有效延伸。房屋建筑构造课程学习平台的在线开放,学生可以随时随地学习,学习主动权也灵活有效地掌握在自己手中。

由于教学对象的复杂性、教学过程的不确定性,教学手段的不完善等原因,导致房屋建筑构造课程信息化建设依旧存在诸多问题,这就要求教师需要不断加强自身专业素养与职业修养,对教学设计的适用性需要不断完善,教学过程的预设能力需要不断提高等各方面加强这样才能在信息化大背景下,将课程建设的更好。

### 参考文献:

- [1] 李小芬,张响英.高职信息化课程改革研究与实践[J].教育教育论坛,2018(41):244-246.
- [2] 杨娜,武昆.《汽车电气设备构造与检修》信息化课程资源制作与实践[J].价值工程,2017,36(30):247-248.
- [3] 崔琳琳.建筑结构识图实训课程信息化建设研究[J].科技经济市场,2018(07):105-107.
- [4] 王艳红,吴育萍,郑朝灿.实战化全过程案例教学模式的探索与实践:以高职“工程招投标与合同管理”课程为例[J].金华职业技术学院学报,2018,18(6):44-48.

(责任编辑:聂传朋)

## Practical Research on Information Construction of *Building Structure* Course

HUANG Xiaoluan, KE Yezhen, HE Fuyun, LI Wene  
(Fujian Forestry Vocational and Technical College, Nanping, Fujian 353000)

**Abstract:** The application of various information means in the course of *building construction* makes the static professional knowledge of each unit dynamic, which is convenient for teachers to explain and students to absorb. This paper introduces the BIM model informatization teaching, virtual simulation informatization teaching, and VR technical informatization teaching, which are used in the building construction course. These teaching methods effectively solve the real work environment which is difficult to present in classroom teaching. They also fully mobilize students' learning autonomy and creativity by simulating the process of building a house, so as to achieve so as to achieve the student learning process and learning result is scientific, validity and diversity.

**Key words:** *building construction*; informatization; online boutique open courses

# 对“读思达”教学法的思考和实践

张荣丽

(南平市第三中学, 福建 南平 353000)

**摘要:**“读思达”教学法包括阅读、思考、表达三个环节,阅读即信息输入,含读教材、读图表、读实物;思考即信息加工,含想象、推理、演绎等;表达即信息输出,含语言表达、笔头表达,关系到知识的展现、迁移、运用等。“读思达”教学法的课堂充满活力,是动静相生的课堂,是高效学习的课堂,是沟通表达的课堂。让每一个学生参与到课堂学习中来,注重培养学生的自主学习能力、辩证思考能力、准确表达能力。

**关键词:**“读思达”教学法; 阅读; 思考; 表达; 初中数学

**中图分类号:**G622 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2020)06-0098-04

快速发展的社会对于人才的需求,自然引导传统填鸭式的课堂转化到当下教学新形式:翻转课堂、学习共同体、慕课等。在《“读思达”教学法和核心素养教育》<sup>[1]</sup>教学法一文的启发下,引出了对这一教学法的思考和实践。

## 1 “读思达”教学法的内涵和外延

“读思达”教学法包括阅读、思考、表达三个环节,阅读即信息输入,含读教材、读图表、读实物;思考即信息加工,含想象、推理、演绎等;表达即信息输出,含语言表达、笔头表达,关系到知识的展现、迁移、运用等。“读思达”教学法是翻转教学的一种新形式,以学生为本位,课堂建立在学生自主阅读的基础上,以问题为导向,通过小组合作的方式,让学生成为课堂学习的中心,学生经过这三个流程相对完整的学习,可以把学科知识迁移、转化、提高、内化为学科素养。教学法是面向所有学科、学段的“通式”教学法、基本教学法,用公式表示就是:学科学习(教学)=学科阅

读+学科思考+学科表达<sup>[1]</sup>。

## 2 “读思达”教学法相关的研究成果

2013年9月台北中山女子高级中学张辉成博士提出“学思达”教学法,并首先在语文学科进行实践,统计至2016年9月,已有66个随时开放的“学思达”教学法教室,覆盖至台湾地区各个学科领域,被越来越多的学生所喜欢<sup>[2]</sup>。

中央教育科学研究所原研究员江山野认为,当学生具备一定的阅读能力后,课堂在学生阅读的基础上展开教学,教学中要尽可能让阅读学习替代一定程度的‘听讲’,讲解要针对学生阅读中产生的问题,或对阅读中存在的问题设置议题,组织学生进行互相答疑<sup>[3]</sup>。

日本学者佐藤学在《学习的快乐——走向对话》一书中写到,让那种与物与教材对话,与同学与教师对话,与自我与自身对话的学习成为教学的中心。与物与教材对话即阅读,与自我与自身对话即思考,与同学与教师对话即表达<sup>[4]</sup>。

王永“指导自主学习”新课程教学改革实验,得出结论是<sup>[5]</sup>:阅读可以提高课堂教学起点,学生在自主阅读过程中容易把相关知识点联系起来、书本知识与生活常识之间关联起来,自然地产生兴趣,激发出学习

收稿日期:2020-04-06

作者简介:张荣丽(1971-),女,汉族,中教一级,主要从事初中数学教学的研究。

欲望;探究性学习也建立在对教材有意义阅读基础上,应用自主学习来扩充认知的背景,提高课堂探究性学习的起点。

### 3 “读思达”教学法的教学过程

数学概念指用简洁的语言对研究对象的本质属性的高度概括,一般包括定义、定理及推论,是学生在学习数学、接受新知识的基础<sup>[6]</sup>。教师在课堂的教学过程也是学生的学习过程。

#### 3.1 自主阅读与文本对话

阅读即信息输入,含读教材、读图表、读实物<sup>[1]</sup>;当学生还不具备阅读能力的时候,必须把培养阅读能力作为教学重点。

##### 3.1.1 指导学生阅读教材

为了让学生读进去,读出趣味,读出想法,教师指导学生按以下要求阅读:逐字逐句看教材,弄清每句话含义,特别是术语、符号、公式要多琢磨;对难理解的关键字句标上符号或写上角注、眉批;阅读教材后能在头脑中重建教材内容;提出疑问或谈出自己的感受。

##### 3.1.2 指导学生学学习书本例题

盖:盖上例题的解答过程;解:自己尝试解题,用铅笔解答在例题边上空白处;比:与例题解法比较;悟:归纳步骤、领悟原理;变:一题多解,举一反三。这样指导学生学学习例题,不仅解题,对例题中提出的问题还可能寻找到新的解法,好处很多。

##### 3.1.3 检查学生阅读情况

检查学生阅读情况是教学过程中重要的一个环节,检查阅读效果的形式是多样的。了解同学的动手情况即检查课本及预习笔记;了解学生对知识的理解程度即提问学生;了解学生思维情况即让学生提疑难问题;采用测试的方式进行检查,针对测试中出现的问题展开教学。

##### 3.1.4 解决情境中的问题

基于学生阅读的基础上,设置数学问题情境,让学生解决情境中的问题,使数学学习变得有趣。比如北师大七年级下册第一单元第一节《整式》的教学,我创设这样一个情境(见下图1图2):春节的热闹场面刚过,代数式王国里的很多成员还意犹未尽,各家

族长纷纷召开家族会议,研讨振兴家族大计(我把需要用到的代数式用彩色笔写在纸张上,贴在学生的胸前,让学生表演)。会场把门的是主持人 $2a$ ,已入会场的有: $3$ ,  $a$ 等,其他几个也顺利入场,但主持人 $2a$ 却将 $2x+y$ 、 $1/x$ 拦在场外 $2a$ 说:“你们不许进”, $1/x$ 、 $2x+y$ 问“为啥不许我们进”, $2a$ 说“你们和我们不是同一类”用这种情景法设计能引出对问题的初始争论,把学生的讨论一步步引向更有深度的问题,教师站在稍稍超前于学生的“最邻近发展区”(学生现有思维水平的边界上),通过设置问题来引导讨论,而不是告诉学生应该做什么(也就是不代替学生思考)。

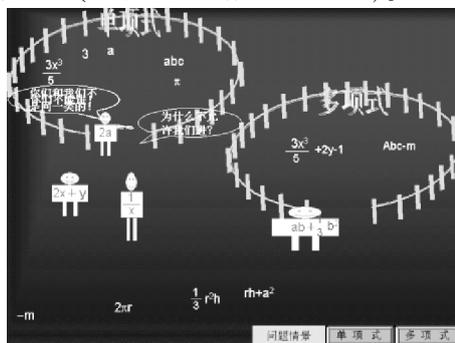


图1 问题情境

Fig. 1 Problem scenario

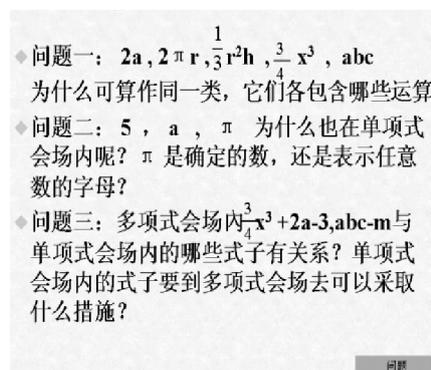


图2 具体问题

Fig.2 Specific questions

#### 3.2 思考问题与自我对话

思考即信息加工,含想象、推理、演绎等<sup>[1]</sup>;当学生已具备一定的阅读能力时,“先学后教”成为课堂的教学常规。于是在数学概念教学中,先学中产生的问题可以给我的教学起到导航的作用。如七年级上册第四单元第三小节“展开与折叠”,可以创设一个活动情境:将一个彩色正方体盒子的表面沿某些棱展开,展成一个平面图形,活动可操作性强,每个人都能动手,剪好的同学把作品贴到黑板上,学生产生问题“为什么

会出现这么多不同形状的平面图形呢？”这个问题的出现,马上激起学生探究的欲望。通过这种探究活动,学生不仅获得对数学问题的解决和数学方法的掌握,而且能从整体意义上领悟数学活动的意义。

### 3.3 表达展示与他人对话

表达即信息输出,含语言表达、笔头表达<sup>[1]</sup>,关系到知识的展现、迁移、运用等,自主阅读是课堂教学的基础,探究是课堂教学的常态,表达是课堂教学的升华。

课堂呈现学生的教学情境必须选与当前学习相关的内容,让学生面临一个需立即解决的现实问题即课堂学习的中心内容尽量选与本堂课学习主题密切相关的真实发生的事件或问题<sup>[7]</sup>。如《平行四边形的判定》这节课随着课堂的进行先后提出下列问题。

问题 1: 沿着平行四边形 ABCD 的对角线 AC 擦去三角形 ACD,只剩下一个三角形 ABC,如图,你能重新画出这个平行四边形吗?



问题 2: 能说明你画的是平行四边形吗?

问题 3: 刚才同学们用平行四边形定义:两组对边分别平行。把三角形 ABC 补成一个平行四边形,你还有其它方法吗?

问题 4: 如果已知一个四边形 ABCD,那么补充什么条件,使得四边形 ABCD 是平行四边形?刚才我们已发现五个方法,你还能发现新的方法吗?

让学生表达,把自己的思考用作品的方式表现出来,与同伴分享,也是总结提高、深化理解的过程。

## 4 “读思达”教学法的课堂特点

### 4.1 动静相生的课堂

据研究,小学生的专注力在 5~10 min,初中生的专注力在 7~15 min,而高中生及成人的专注力则只有 15~20 min<sup>[8]</sup>。传统课堂往往沉闷,容易使学生注意力分散,而“读思达”的课堂则把学生从这种束缚中解放出来,建立学习小组,小组长组织讨论,学生上台发表意见,师生共同解决问题。这种“动静相生”的学习氛围也能够使学生更加专注,全身心参与到课堂学习中。

### 4.2 高效学习的课堂

美国缅因州国家训练实验室“学习金字塔”的研究显示,上课听讲只能记住学习内容的 5%,阅读能够达到 10%,讨论能够达到 50%,而教授他人的学习效果最佳,能够达到 90%<sup>[9]</sup>。传统课堂很少安排学生讨论时间和“教”他人的学习的机会,在“读思达”课堂,通过小组合作,通过学生给学生讲解,可以相互学习,巩固知识,达到高效学习的效果。

### 4.3 沟通表达的课堂

“团队合作和沟通能力是 21 世纪最重要的核心能力之一,而表达能力是团队合作与沟通的基石”<sup>[10]</sup>。传统教学的学习检测主要以纸笔测验为主,学生的表达能力没有得到重视,初中生已不喜欢回答问题,更别说举手发表意见。在“读思达”课堂学生站在讲台上从容不迫地发表意见已成常态,争得面红耳赤的场面早已司空见惯,这是“读思达”教学法带给学生受益一生的能力。

## 5 “读思达”教学法三个环节之间的关系

在有些课型中“阅读、思考、表达”这三个部分构成了一个完整的学习——有系统的、有结构的、有逻辑的学习,在这个学习系统内,三个环节可以是递进的关系,也就是在阅读的基础上深度思考,在思考的基础上个性化表达。例如在学习《同底数幂的乘法》时课堂是这样进行的:问题 1:带着以下问题阅读课本第 95 页。根据乘方的意义填空,看看计算结果有什么规律。 $2^5 \times 2^2 = 2^{(\quad)}$ ;  $a^3 \cdot a^2 = a^{(\quad)}$ ;  $5^m \cdot 5^n = 5^{(\quad)}$ 。

通过以上观察,你能发现什么规律吗?你能用一个式子表达这个规律吗?你能解释为什么吗?回顾法则的探究过程,我们经历怎样过程?读法则并思考:应用法则的条件是什么?问题 2:分解法则。对于底数  $a$  ( $a$  不为 0)与任意正整数  $m, n$ ,  $a^m \cdot a^n = ?$  法则中等号的左边是两个幂相乘积的运算,等号的右边呢?等号两边的底数相同吗?等号两边的指数存在什么关系?

在有些课型“阅读、思考、表达”是随机组合,交织进行的。备课时需要做足功夫,哪些知识适合于学生阅读,哪些问题适合于学生思考,哪些内容适合于学生表达。如《探索三角形全等条件》,教师不再提问什

么是角、边、角,这种不能启发思维的问题,而是从问题出发,从配玻璃入手设计了一个富有思考性的问题:有一块玻璃是三角形形状,碎成两块,要去配制一块与原来一样的玻璃该带哪块去合适?为什么?把学生引入疑惑阶段。教师为每一个小组精心准备两块“碎玻璃”(用硬纸片)要求学生把模型描一描、量一量、想一想,问发现了什么?在活动中,当学生的学习有一种“山穷水尽疑无路”情况出现时,让不断的试错,不断的实践,才会顿悟,才会有“柳暗花明又一村”的喜悦。正是有了这种灵活的教学形式,才能够促进学生的独立阅读、才能引起学生的深度思考、才能得到对知识的准确表达。

## 6 “读思达”教学法的优点

“读思达”教学法是能够让学科核心素养成功落地的教学新形式。课堂不仅充满活力,学生还获得更多的发言机会,能够到讲台这个聚焦点进行发表<sup>[2]</sup>;课堂不仅动态生成,学生还获得更多的“兵教兵”机会,学习变得更为高效;课堂不仅因材施教,还努力让每一个学生参与都到学习中来;课堂还注重培养学生的

自主学习能力、辩证思考能力、准确表达能力。

让学生成为学习的主人,成为课堂的主人,这是“读思达”教学法的宗旨,而这与数学课程标准所提出的“以学生为中心”的教育理念相吻合,与“自主、合作、探究”学习方式相一致。

### 参考文献:

- [1] 余文森.核心素养导向的课堂教学[M].上海:上海教育出版社,2018.
- [2] 邱乐.台湾地区“学思达”教学法的实践探究[J].今日教育,2016(11):44-46.
- [3] 江山野.论教学过程与教学方式[J].教育研究,1983(9):2-3.
- [4] 佐藤学.学习的快乐:走向对话[M].钟启泉,译.北京:人民教育出版社,2004.
- [5] 王永.“指导—自主学习”教学实验的再认识[EB/OL].[2020-01-03].<http://wenku.baidu.com>.2012.
- [6] 文秘范文.怎样上好一节数学课[EB/OL].[2020-01-05].<http://www.dxf5.com>,2012.
- [7] 王永.数学化的视界[M].北京:北京师范大学出版社,2013.
- [8] 邱乐.台湾地区“学思达”教学法的实践探究[EB/OL].[2020-01-03].<https://www.xzbu.com>,2019.

(责任编辑:叶丽娜)

## Thinking and Practice of Teaching Method of "Reading, Thinking and Expressing"

ZHANG Rongli

(No.3 Middle School of Nanping City, Nanping, Fujian 353000)

**Abstract:** The teaching method of "reading, thinking and expressing" includes reading, thinking and expressing three links. Reading is information input, including reading materials, reading charts, reading objects. Thinking is information processing, including imagination, reasoning, deduction and so on. Expression is the output of information, including language expression and written expression, and it is related to the presentation, transfer and application of knowledge. The "reading, thinking and expressing" teaching method classroom is full of vitality, it's a dynamic class, an efficient learning class, a communication and expression class. It gets every student participate in the classroom learning, pay attention to the training of students' independent learning ability, dialectical thinking ability and curate expression ability.

**Key words:** the teaching method of reading thinking and expressing; reading; thinking; expressing; jounior middle school mathematics

# 风景园林研究生核心竞争力的培养模式探索

## ——以福建农林大学的双创教育为例

许晓玲, 黄启堂, 李房英, 任 维, 阙晨曦

(福建农林大学 园林学院, 福建 福州 350002)

**摘 要:**在追求高质量发展的时代背景下,社会需要风景园林工作者具备工匠精神、科研意识与创新能力。面对新时期的社会需求与激烈的就业竞争,如何培养风景园林研究生的综合能力,提升其核心竞争力,是探索风景园林研究生培养模式的关键问题。双创教育是为适应社会发展和国家的战略规划需要,以培养具有批判性思维与创业意识的人才为目标的教育模式,为风景园林研究生教学提供了解决问题的途径。以福建农林大学为例,立足于双创教育理念,以培养具有核心竞争力的风景园林师为导向,从课程体系、教学方法、双创素养、培养机制等方面开展“风景园林研究生核心竞争力提升”的培养模式探索与实践,并取得了一定成绩,为我国风景园林研究生教学提供借鉴。

**关键词:**风景园林;核心竞争力;双创教育;研究性设计

**中图分类号:**TU 986 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-2109(2020)06-0102-05

自2005年国家正式设置风景园林硕士专业学位以来,历经多年的发展,我国风景园林专业教育形成了较具规模的教育格局,而且硕士点和博士点的授权单位数量已经超过建筑学和城乡规划学等人居环境学科<sup>[1-2]</sup>。但机遇与挑战并存,在风景园林专业教育蓬勃发展的同时,各相关院校学生在学习、科研、就业、创业以及未来发展等方面都面临着激烈的竞争,“唯文凭论”逐渐被社会抛弃,研究生学历优势不再显著,用人单位将综合能力成为选拔人才的首要准则<sup>[3]</sup>。在此背景下,如何提升毕业生的核心竞争力,是目前各高等院校风景园林专业研究生培养机制中亟需解决

的重要课题之一。大学生创业创新(以下简称“双创”)教育是我国在创新驱动发展战略的新时代下推行的重要政策,意在培养学生的创新意识、创业能力的开拓型人才,双创教育对提升风景园林专业研究生的核心竞争力,增强国家经济发展和国际竞争力具有重要意义。

### 1 风景园林师核心竞争力的内涵

“核心竞争力”概念是源自于美国学者普拉哈拉德和英国学者哈默在1990年提出的“企业竞争力”理论<sup>[4]</sup>,根据该理论,核心竞争力是一种积累性的知识体系,是协调不同生产技能与整合不同生产方式的知识<sup>[5]</sup>。从高校培养人才的角度看,学生的核心竞争力是个人相较于竞争对手而言所具备的竞争优势与核心能力的差异,主要体现在学习能力、实践能力、创新能力与目标动力这四个方

面。根据相关国家的注册风景园林师资格制度,风景园林师是对现在与未来人类社会的环境、安全、文化等有责任心,具备风景园林知识与技术,可以从事城

收稿日期:2019-11-25

基金项目:福建省教育科学“十三五”规划项目(2019CG0672);  
福建农林大学教育教学改革研究项目(FA-FUYJSJG201911\_111418088);福建农林大学  
指定性教改项目(115/111416020)。

作者简介:许晓玲(1984-),女,汉族,讲师,主要从事风景园林规划与教学研究。

通讯作者:阙晨曦(1982-),女,汉族,讲师,主要从事风景园林规划与教学研究。

市建设、区域建设等业务,以实现人类与自然共生的专业人员<sup>[6]</sup>,因而,2003年国际风景园林师联合会将风景园林师的工作定义为“规划、设计和引领建成环境中及其之外的户外环境和空间,保护建成环境和使其可持续发展”<sup>[7]</sup>。可见,具备基本的专业素养、专业知识与规划设计能力是风景园林人才培养目标<sup>[8]</sup>,结合高校培养人才要求,提升风景园林学生核心竞争力的关键是能够在学术能力、设计能力、创新能力和专业四个方面具有相对应的能力培养<sup>[1,2,9]</sup>(表1)。

表1 风景园林师核心竞争力的内涵

Tab.1 The connotation of landscape architect core competence

核心竞争力	内容解析	风景园林师核心竞争力
学习能力	主要是指一个人离开学校走进社会以后的继续学习能力,尤其是所学知识应用于实际的能力	学术能力
实践能力	主要是指动手能力、操作能力、干事能力,尤其是已确定任务的完成能力与已规划目标的实现能力	设计能力
创新能力	主要是指发现新问题,提出新问题,研究新问题,解决新问题的能力	创新能力
目标动力	主要是指一个人所选择的正确的理想信念,具体明确的奋斗目标。这是学习能力、实践能力、创新能力的动力源	专业素养

## 2 “双创教育”对风景园林研究生核心竞争力培养的指导性意义

“双创”教育是为适应社会发展和国家的战略规划需要,以培养具有批判性思维与创业意识的人才为目标的模式<sup>[10]</sup>。与传统教学不同,它以人才成长为目标,主张不同研究领域间的协同创新,践行理论与实践结合的教学方式,整合多样化的教学资源,以激发学生的创新动力,培养学生的创新精神和创造力<sup>[11]</sup>,也有助于科研能力的提升,这对风景园林专业研究生核心竞争力的培养具有指导性意义。

### 2.1 立足“双创”理念,优化课程体系

合理、科学的课程体系是培养学生批判性思维与创新意识的基础。立足于“双创”理念,以培养创新精神和创造力为导向,根据社会热点、各导师的研究方向和学术领域等内容,优化风景园林研究生课程体

系,构建具有包容性、开发性的课程内容,有利于激发学生发现问题能力、文献甄别能力、思维生成能力、研究设计能力等综合能力,并且对自我管理能力、人际关系能力、团队合作精神等也具有重要意义<sup>[12]</sup>。

### 2.2 多方协同引导创新创业,促进成果转化

跨领域学科、跨组织部门的协同合作与人员交流,有利于创造出的一系列具有突破性的新意识,激发创新思维。基于此,风景园林研究生核心竞争力的培养还应发挥多方协同作用,利用高校内部的相关平台、研究中心、研究所等,以及校外相关的事业单位、合作企业、教学实践基地等,一方面为研究生提供多层次的创新创业实战平台,另一方面也有助于理论研究与项目实践的结合,提高知识的实用价值,使得新知识不断以“多价”的形态出现,引导科研创新成果的转化。

### 2.3 加强师资队伍建设,改进课堂教学方式

专业教师是风景园林专业教育的主要执行者,不同的教学方法会影响学生对知识的认知与再创新,因而,加强专业队伍建设、促进教学改进与提高教学质量,是提升研究生核心竞争力的重要保障。以“教师授课”为主要的传统教学方式,容易出现低参与或不稳定参与的学习现象。国内外的创新教育研究与实践表明,在教学活动中融入情节式知识,以案例教学为主,通过真实问题、基础数据收集与研究、开放情境模拟等可有效避免教学的盲目性与随意性,不仅可引导研究生主动发现问题、分析问题与解决问题,锻炼了研究生的创新思维和批判思维<sup>[13-14]</sup>,也有助于实现理论知识的同化,进而完善风景园林理论体系。

## 3 双创教育下的福建农林大学风景园林研究生核心竞争力培养模式实践

### 3.1 树立“研究问题—归纳理论—反哺设计”的研究性设计方法教学目标

詹姆斯·康纳认为风景园林理论是设计实践的基础,理论可以发挥更加决定性的作用,反对和挑战理所当然的思维方式,并提出替代方案。新时代下的风景园林研究生教育,应摆脱设计类型的限定式训练模式,采用设计方法教学,以价值为导向,从问题入手,

通过归纳总结设计经验,形成对设计实践的规范性指导、批判性反思的理论,为反哺设计项目提供的理论依据。其中,研究问题:主要包括两个方面,一是基础理论研究,对长期以来风景园林学科的共性理论进行深入研究,二是立足于社会热点与导师研究领域,树立特色性与专业性的研究方向,提升风景园林学研究的预见性、独特性;归纳理论:依托校企联动提供的创新平台和风景园林工作营,通过专题教学与具体项目研究,从研究的视点、方法角度以及成果中归纳与总结出理论,以辅助设计;反哺设计:借助“创意花园”“一村一景”与其他社会服务等项目,以师生共同参与的方式,以归纳的理论解决规划设计项目中的相关问题。从而,树立起“研究问题-归纳理论-反哺设计”的研究性设计方法的教学目标。

### 3.2 构建以“研究性设计方法教学”为导向的培养体系

#### 3.2.1 开设启发性和研讨性的专题式课程群——培养学术能力

研究能力是实现学术创新的前提。对风景园林专业研究生而言,需要以理性的批判性思维,对生命、自然、社会的各种现象和发展形态的“理”(怎样)、“由”(为什么)的追问,以提升其学术能力。因此,在课程体系建设上秉承课程群理念,按照由启发性到研讨性的课程层次,设置《园林研究方法专题》《风景园林专题研讨》《风景区规划专题》《生态理念与园林规划设计》《风景园林工程专题》《园林植物配置与造景专题》等课程,将课程协同作用最大化,以发挥整体效益,达到最佳效果,实现风景园林专业研究生学术能力的提升。

#### 3.2.2 建立教学案例库——培养设计能力

根据风景园林专业学位研究生教育的特点和风景园林职业社会需求,以风景园林规划设计、风景园林工程施工和风景园林经营管理、风景园林竞赛四大主线,建立了风景园林专业学位硕士教学案例库,探索规划设计、项目管理、工程施工、技术研发等理论与实践相结合的案例教学体系。教学案例库通过展现层次丰富、角度不同,彼此之间有密切逻辑关系的事实,回答“为什么”和“怎么样”的问题,而不是对“应该是什么”之类的问题做出直接判断,不仅为风景园林专业学位研究生接触产业、了解实际、扩大眼界、开拓思路提供平台,提高学生的分析问题和解决问题的能力,

也为风景园林专业学位的专业课程《风景园林规划设计专题》《风景园林工程专题》《生态理念与园林规划设计》《植物配置与造景》《风景园林专题研讨》等提供教学实践案例(表2)。

表2 风景园林教学案例库的类型及其主要内容

Tab.2 The types and main contents of landscape architecture teaching case base

教学案例的类型	主要内容
风景园林规划设计案例库	包含有滨河景观、城市公园绿地、水利风景区规划、居住区景观、考古遗址公园、棕地修复晋、风景区规划、校园景观、休闲农庄、森林公园等类型,具体项目有安东区水系综合治理及运营维护PPP项目、晋安区“三湖一园”景观项目、宁德市蕉城区九都水利风景区规划、福州市仓山区联建新苑景观设计、三明万寿岩总体规划、泉港矿山公园规划设计、福建南平政和佛子山国家级风景名胜规划、闽清塔庄“阡陌盛世”休闲农庄、福州植物园森林体验区等。
风景园林工程技术案例库	包括了综合性工程施工、特殊工程、海绵城市绿地建设等方面。具体有园路专题——以福建农林大学金山校区景观提升工程为案例,选取其中具有代表性与创新性的专类园、水环境、建筑庭院、草坪活动空间及山体风景林等8个工程实例,阐释不同立地条件下的植物造景理论与方法,重点探讨植物景观规划与设计中的特色体现、功能与结构、节约型绿地设计、生物多样性等相关技术与实践经验
风景园林经营管理案例库	包含有项目组织管理、景观效益评估评价、公众参与等方面
风景园林竞赛案例库	主要是指导风景园林专业竞赛,以及历年风景园林学会大学生设计竞赛等优秀学生作品的展示与解析

#### 3.2.3 建立竞赛+教学的工作营——培养创新能力

以工作营(Workshop)为基础工作平台,有效串联设计、工程、生态等各类课程,并针对某一具体项目设置专题研讨课,如《风景园林专题研讨》《风景区规划专题》《园林研究方法专题》《景观水文规划与设计专题讨论》《园林植物配置与造景专题》等。设立《风景园林竞赛课程》,鼓励学生积极参与“IFLA 国际风景园林竞赛”“CHSLA 中国风景园林竞赛”等国内外竞赛提升设计能力。同时,采用案例研究、工作营和设计陪审团等获取情节式知识的方法,通过设计案例学习及交流实践,来启发学生的创新性思维,将案例分析引入构想、推进、表达和运作的设计过程中,并以“创意花园竞赛”“一村一景”为载体,由教师与学生共同组队完成设计作品,在真实有效的环境内,针对具体问题

引导学生结合所学的理论知识分析并合理解决问题,并增强团队精神。

### 3.2.4 制定具有特色性和专长性的导师制培养方案——培养个人专业素养

处理好风景园林教育的共性与个性,为风景园林教育科学地制定针对性强、特色化、非普适性的培养体系,是凸显学科优势、提升我校风景园林专业研究生核心竞争力的重要措施。根据不同导师的研究方向和学术领域,分设森林疗愈、康复性景观、景观水文、乡村风景园林、风景园林历史与理论等领域,形成多个研究小组。导师制则采取“大导师+小导师”“学术导师+行业导师”的“双导师制”。不仅建立了良好的“导学”关系,能够针对学生的研究兴趣和个性差异,因材施教,还可以对专业发展方向形成更具体的指导。

### 3.3 依托校内外相关平台支持师生科研创新与素质拓展

实践性、应用性强是风景园林学科非常显著的特征。依托校内外各级创新创业项目,为风景园林学科研究生的科研创新、创新成果转化、以及创业实践等提供平台;依托校内的国家水利风景区研究中心、国家林业局森林公园工程技术研究中心等相关平台,为风景园林专业师生具有创新力的科研项目提供资金支撑;依托校企联动平台,以导师为主导,带领研究生开展景观规划与设计项目、社会服务性项目等项目,提高研究生的设计水平与实践能力;依托校教发中心、闽台、中加合作等项目,从教师的教学发展和个人发展等维度提高师资队伍的教学水平和教学质量,并给师生提供对外交流与合作的机会,拓展师生的理论基础与专业知识,提高知识的实用价值,使得新知识不断以“多价”的形态出现,引导科研创新成果的转化。

## 4 双创教育下福建农林大学风景园林专业培养模式的应用效果

### 4.1 研究生核心竞争力培养方面成果丰硕

据统计,在设计竞赛方面,2017—2018年共获国内外设计奖43项,其中,2017年入围第54届国际风景园林师联合会(IFLA)景观设计大赛1项,并获得1项中国风景园林学会大学生设计竞赛一等奖,2018年

获得1项中国风景园林学会大学生设计竞赛三等奖,2项佳作奖,研究生的获奖等级大幅提高;在学术科研方面,以风景园林学科研究生为第一作者发表的论文共183篇,其中,SCI论文13篇,EI论文6篇,CSSCI论文8篇,北大核心、学科核心与CSCD论文55篇,研究生发表高等级论文的数量在增多。

在创新成果转化方面,依托校企联动平台,以导师为主,带领研究生开展景观规划与设计项目、社会服务性项目等项目,在项目实践中发现问题,以问题切入科研,开展创新创业项目。同时,着眼于海绵城市、雨水花园、立体绿化、公园解说系统、数字景观、生态修复等社会热点问题,从风景园林学科视角,以课题组的形式组织研究生进行工程结构创新,并申请实用新型专利。2017—2018年间共申请83项专利,其中,80项实用新型专利已授权,3项实用新型专利已受理;在创新创业竞赛方面,1项获得2017年福建农林大学“互联网+”大学生创新创业大赛十强奖,2项获得2018年福建农林大学大学生创业大赛银奖。

### 4.2 专业教师成长发展方面取得系列成果

注重教师成长与发展,是提高教师队伍教学质量,实现教学发展的重要途径。2017—2019年,风景园林学科教师共承担了省级教学改革项目3项,校级教学改革项目3项,建立了5个教学案例数据库,发表教学改革论文5篇。在2017年2位教师获得年度最佳指导老师奖、1位教师获得北京世园会方案设计三等奖、1位教师获得福建农林大学“优秀研究生导师”称号;2018年学院获得中国风景园林学会优秀科技成果三等奖,参与规划的《福州市滨海新城森林城市建设总体规划(2017—2030)》项目,获得福建省省级优秀城乡规划设计奖一等奖。

### 4.3 社会影响力与学科发展方面成效显著

探索了风景园林人才培养新模式,并通过加强师生的校际交流,参与学术汇报、案例分享等形式,提高本校风景园林学科影响力,有针对性地展示了风景园林人才培养成果,将提升研究生核心竞争力的培养模式拓展至全国范畴。通过“创意花园”“一村一景”等项目实践,不仅使该成果得到广泛推广,还可以有效服务社会大众。在2017年的全国学科评估中,我校风景园林学科获得B+的成绩,名列全国第六,居福建省第一。

### 5 小结

在我国社会经济追求高质量发展的新常态下,风景园林师的核心竞争力主要体现在学术能力、设计能力、创新能力与专业素养等方面。面对新时期的社会需求、激烈的就业竞争以及我国双创教育背景,风景园林研究生的培养应以提升其核心竞争力为导向,构建成长性与包容性的培养体系,在“研究问题-归纳理论-反哺设计”的研究性设计教学基础上,依托校内外各级平台,将研究与设计融合,促进创新成果的转化,提高知识的实用价值。因此,双创教育下的核心竞争力培养模式有利于风景园林研究生批判性思维与创业意识的培养,更适应新常态下的社会需求。

### 参考文献:

[1] 李雄,刘尧.中国风景园林教育 30 年回顾与展望[J].中国园林,2015,31(10):20-23.

[2] 杜春兰,雷晓亮,刘骏.当代风景园林教育的发展挑战与思考[J].中国园林,2017,33(1):25-29.

[3] 郭月兰,汪霞.研究生教育高质量发展:内涵、逻辑与实践取向[J].研究生教育研究,2019(2):6-11.

[4] 金泽.高职院校核心竞争力研究:基于普拉哈拉德与哈默尔核心竞争力理论的视角[J].哈尔滨学院学报,2014,35(6):

127-129.

[5] 吕江毅,宋建桐.高职院校产业学院核心竞争力研究[J].成人教育,2019,39(10):63-68.

[6] 张安,王佳琪,刘敏.日本注册风景园林师(RLA)资格制度发展述评[J].中国园林,2018,34(8):97-100.

[7] 刘滨谊.“三商九行”:未来风景园林师培养成长的基本内容与实践[J].中国园林,2018,34(1):46-50.

[8] International Federation of Landscape Architects, Landscape Architecture [EB/OL].[2019-09-25].http://www.iflaonline.org/index.php?option=com\_content&view=article&id=37&Itemid=42.

[9] 傅凡,杨鑫,薛晓飞.对于风景园林教育若干问题的思考[J].中国园林,2014,30(12):80-83.

[10] 马永斌,柏喆.大学创新创业教育的实践模式研究与探索[J].清华大学教育研究,2015,36(6):99-103.

[11] 陈琼霞.双创背景下高校教育教学改革探索[J].科教导刊,2018(8):23-24.

[12] 曾昭琴.论研究生核心竞争力之学术能力[J].成都师范学院学报,2013,29(6):76-79.

[13] FALLOWS S J, BHANOT R . Quality issues in ICT-based higher education[M]. Landon:Psychology Press, 2005: 48-60.

[14] NIU W, STERNBERG R . Contemporary studies on the concept of creativity: The East and the West [J]. The Journal of Creative Behavior, 2002,36(4):269-288.

(责任编辑:叶丽娜)

## On the Cultivation Mode of the Core Competitiveness of Landscape Architecture Graduate Students

XU Xiaoling, HUANG Qitang, LI Fangying, REN Wei, QUE Chenxi

(College of Landscape Architecture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002)

**Abstract:** In the era of pursuing high-quality development, the landscape architects are supposed to have the spirit of craftsmanship, scientific research consciousness and innovation ability. Facing the social demand and fierce employment competition, to cultivate the comprehensive ability and enhance the core competitiveness of landscape architecture postgraduates is the key to explore the cultivation mode of landscape architecture postgraduates. Innovative and entrepreneurial education is an education mode to meet the needs of social development and national strategic planning, aiming at cultivating talents with critical thinking and entrepreneurship consciousness, and provides a solution to the problems for landscape architecture graduate teaching. Taking Fujian Agriculture and Forestry University as an example, based on the idea of innovative and entrepreneurial education, and guided by the cultivation of landscape architects with core competitiveness, this paper explores and practices the cultivation model of "core competitiveness improvement of landscape architecture postgraduates" from the aspects of curriculum system, teaching methods, innovative and entrepreneurial literacy, and training mechanism, and has made some achievements, which provides a reference for the teaching of landscape architecture postgraduates in China.

**Key words:** landscape architecture; core competence; innovative and entrepreneurial education; research design

# IEET 认证的应用型人才综合评价体系

周 琴, 单 翠

(莆田学院 土木工程学院, 福建 莆田 351100)

**摘 要:**本科高校开始注重应用型人才的培养,应用型人才的评价与传统型人才存在较大差异,结合 IEET 工程认证构建工程管理专业应用型人才评价体系。主要从做人(团队合作)、做事(专业素养)以及未来发展(学习与创新)三方面建立应用型人才综合评价体系。

**关键词:**IEET 认证;工程管理;应用型人才;评价体系

**中图分类号:**G640 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2020)06-0107-03

2014 年教育部明确提出,要引导一批本科高校向应用技术类高校转型。同年,国务院印发《关于加快发展现代职业教育的决定》,提出“到 2020 年,形成适应发展需求、产教深度融合、中职高职衔接、职业教育与普通教育相互沟通,体现终身教育理念,具有中国特色、世界水平的现代职业教育体系”。在 2016 年,中国正式成为《华盛顿协议》成员国之一,以国际权威认证体系来推动我国工程教育质量的改革与提升<sup>[1]</sup>。工程教育认证的核心理念,是 OBE(outcome-based education 基于成果导向的教育),即以专业教育目标和学生毕业具备的核心能力为成果导向,坚持持续质量改进,是提高我国土木工程应用型人才质量的必然趋势<sup>[2-3]</sup>。基于工程认证提升我国普通高等院校毕业论文质量的探索成果以发表<sup>[4]</sup>,得到了相关研究人员的认可。基于应用型人才理念制定的培养方案(2014 版)培养的 2018 届人才已走出校园,踏入工作岗位。该届应用型人才的成功与否直接影响专业新一版培养方案的改革内容,由此表明,适宜的应用型人才综合评价体系研究具有较强的理论与实践意义。

2018 年 12 月,莆田学院工程管理专业正式接受

收稿日期:2019-03-21

基金项目:莆院教[2018]25 号应用型课程建设——《建筑制图》。

作者简介:周琴(1985-),女,汉族,讲师,主要从事工程管理研究。

IEET(institute of engineering education, Taiwan, ROC)工程教育认证专家的现场考评。本文以莆田学院工程管理专业(后文称本专业)应用型人才综合评价体系为基础进一步对该体系进行探索,从而为更多高等院校工程管理专业以及其他专业的应用型人才评价体系改革提供一定的指导作用。

## 1 人才评价现状

根据为期 10 d,5 所高等院校(黄淮学院、河南城建学院、福建工程学院、三明学院、莆田学院)工程管理专业人才评价调查结果分析可知:目前理论课程人才评价主要采用“3+2”模式,即考勤、作业、课堂表现+期中、期末考试,评价成绩打分人仅课程任课教师 1 人;实践课程人才评价主要采用“1+2”模式,即考勤+成果报告、综合答辩。评价成绩打分人主要是指导教师、答辩评委。目前常见课程人才评价体系详见下表 1 所示。

表 1 目前课程人才评价体系内容情况表

Tab.1 Current situation of the curriculum talent evaluation system

课程类型	理论课程					实践课程		
	评价内容	考勤	作业	课堂表现	期中考试	期末考试	考勤	成果报告
所占比例/%	10	10	10	20	50	10	40	50
评分人				任课教师			指导老师	答辩评委老师

由此可见,理论课程成绩缺乏对学生课后表现情况、作业独立完成情况的考评、个人品德素质等方面的评价;实践课程成绩缺乏成果报告完成过程考评、小组成员互评的等方面的评价。

## 2 IEET 认证体系下的人才评价

2017—2018 学年莆田学院工程管理专业接受 IEET 认证过程中,部分课程的评价体系出现较大变动,尤其是实践课程的评价体系。下面以 Capstone 课程设计为例说明实践课程人才评价体系。Capstone 课程设计评价体系包括指导老师评价、小组成员互评、答辩老师评价、业界专家评价四部分内容,构成最终成绩。指导教师评量表如表 2 所示,表 3 为某小组 Capstone 课程综合成绩评量表。

由表 2 和表 3 的可以发现,IEET 认证注重学生成果导向性学习和用人单位专家对该课程成果的认可与评价,同时关注人才培养教育目标与核心能力的达成度情况,通过指导老师评量表的统计与分析,可以发现人才培养目标与核心能力完成较弱的环节,进而指导课程的开设与进展,是一个良好的循环改进机制。但 IEET 认证人才培养评价体系依然存在不足之处,比如缺乏学生自身评价与分析。

表 2 Capstone 课程指导老师评量表

Tab.2 Capstone course instructor ratings

序号	核心能力	权重 1%	得分	权重 得分
1	具备和运用工程建设和房地产领域相关的工程技术、管理、经济、法律和计算机及信息技术等基础知识和专业知识组成的综合技能	10		
2	具备执行工程建设和房地产领域相关的投资、进度、质量、合同等基本管理能力,以及分析、解释、评价及改善工程管理实务的能力	10		
3	具有技术创新意识,具备实践创新能力,善于学习工程管理实务新技术,具有较强的实践能力	20		
4	具备项目组织策划,以及一定的表达能力以及与人沟通、团队协作的能力	20		
5	具备运用工程管理实务所需的技术、技巧及现代工具,确认、分析及解决工程管理实务的综合专业能力	20		
6	具备持续学习、知识更新和认知时事议题的能力,了解工程管理实务对环境、社会及全球的影响	10		
7	具备理解并遵循工程管理专业伦理、认知社会责任的能力及尊重多元观点	10		
总分				

表 3 Capstone 课程综合成绩评量表

Tab.3 Capstone course comprehensive performance rating scale

组别	学号	姓名	指导教师 (40%)	同行教师 (20%)	业界专家 (30%)	同学互评 (10%)	终评成绩	终评等级
		学生 1						
X 组		学生 2						
		:						

## 3 构建多元化人才评价体系

结合目前本科高校人才评价体系与 IEET 认证评价体系,综合制定工程管理专业应用型人才综合评价体系。综合评价体系主要分为两大类型:理论课程综合评价与实践课程综合评价。

### 3.1 理论课程综合评价体系

理论课程综合评价应包括学习态度评价、学习过程评价、学习能力评价以及自我认识评价,主要体现方式为:考勤、作业、课堂表现、期中与期末成绩、自我评价报告、同学评价等方面,具体如下表 4 所示。其中,班委评价指的是对该同学整个学期课后的学习、生活状态评价。

表 4 理论课程人才培养综合评价体系

Tab.4 Comprehensive evaluation system for talent training in theoretical courses

评价内容	学习态度评价		学习过程评价		学习能力评价	自我认识评价
具体体现	考勤	作业	课堂表现	班委评价	期中、期末成绩	自我评价报告
评分人	指导老师		指导老师	各班班委	指导老师	自评
权重	5%~10%	10%~15%	10%~15%	5%~10%	20%~70%	5%~10%

### 3.2 实践课程综合评价体系

实践课程综合评价也要从学习态度评价、学习过程评价、学习能力评价以及自我认识评价方面进行考评,但评价的具体表现应包括解决问题创新能力、自学与持续学习能力、成果贡献值等方面的内容,具体评价内容详见表 5 所示。

表 5 实践课程人才培养综合评价体系

Tab. 5 Comprehensive evaluation system for personnel training in practical courses

评价内容	学习态度评价	学习过程评价	学习能力评价	自我评价
具体体现	任务完成 考勤情况	指导过程 沟通协作 表现能力	成果多元性 创新能力 持续学习能力 评价	成果贡献 总结 值
评分人	指导老师	指导老师 小组互评	同行教师、 业界专家、 指导老师	自评+ 互评 自评
权重	5%~10%	5%~10%	50%~70%	15%~30%

应用型人才强调具备一定的表达能力以及与人沟通、团队协作的能力,具备持续学习、顺应环境发展提高自我的能力,具备良好的人文素养与责任感。传统的实践课程成果主要采用成果报告+口头汇报形式,变革后的成果形式应包含报告、口头汇报、PPT、视频、实物模型、设计图纸、期刊论文等,尤其是以期刊论文、实物模型形式,鼓励学生动手操作,在课程学习中掌握专业研究新知识的检索与总结,为毕业综合训练奠定基础。

#### 4 结语

通过对本科高校目前人才评价体系的调查与分

析,结合 IEET 认证中的以成果为导向的人才评价体系,分别构建了应用型人才理论课程综合评价体系和实践课程综合评价体系,达到从做人、学习、未来发展三方面综合进行人才评估的目的,以期培养出符合国家、社会以及学校要求的高素质、高能力、高水平的应用型人才。

#### 参考文献:

- [1] KHAN M I, MOURAD S M, ZAHID W M. Developing and qualifying Civil Engineering Programs for ABET accreditation [J]. Journal of King Saud University -Engineering Sciences, 2016(1):1-11.
- [2] 曾武华,王逢朝,杨焱,等.应用型本科土木工程专业人才培养模式改革研究:基于工程教育认证和德国 FH 的新理念 [J]. 淮海工学院学报(人文社会科学版),2017,15(9):131-134.
- [3] 武鹤,杨扬,孙绪杰,等.工程教育认证背景下土木工程专业人才培养模式研究与实践[J]. 高等建筑教育,2019,28(1):35-41.
- [4] 高扬,金英.工程教育专业认证背景下提升本科毕业论文质量的探索[J]. 黑龙江教育(高教研究与评估),2019(3):67-68.

(责任编辑:聂传朋)

## Comprehensive Evaluation System for Applied Talents based on IEET Certification

ZHOU Qin, SHAN Cui

( School of Civil Engineering, Putian University, Putian, Fujian 351100)

**Abstract:** Since 2014, undergraduate colleges have begun to focus on the cultivation of applied talents. The evaluation of applied talents is quite different from that of traditional talents. Combined with IEET engineering certification, the application management talent evaluation system of engineering management is constructed. It mainly establishes a comprehensive evaluation system for applied talents from three aspects: be a human (teamwork), work (professional quality) and future development (learning and innovation).

**Key words:** IEET certification; engineering management; applied talents; evaluation system

# JOURNAL OF WUYI UNIVERSITY

---

No.6 Vol.39,Jun., 2020

- Adsorptive Properties of Organic–intercalation Montmorillonite by Long Hydrocarbon Chain towards Acetochlor  
Degradation Products ..... LI Ling, ZHANG Yu, CAI Yiting, XIE Shufang, QIU Yankun, LIN Huimin(1)
- Optimization of Synthesis of Superabsorbent Resin based on Citrus Peel by Plackett Burman and Box–Behnken  
Designs ..... WANG Shupe, ZHANG Jing, YOU Lirong, WU Yuqiong, ZHAO Taixia, FU Xinzhen(6)
- Analysis and Breeding of Improved Kinds on the *Sloanea sinensis* of Wuyishan ..... HONG Liying(13)
- Study of the Soil Fungi Community Structure and Diversity in Different Successive Rotation Chinese Fir  
(*Cunninghamia lanceolata*) Plantations ..... YAN Shaoyu, FU Chengjie, YU Yanhua, QIAN Yehui(19)
- Effects of Participation and Satisfaction Degree of Farmers’ Forest Reform–related Supporting Policies on Forestry  
Production Behavior ..... HUANG Qiaoping, LIU Fangfang, LU Sulan, LIU Weiping(25)
- Characteristics Analysis of Air Quality Index in Fujian  
..... YE Jingshan, ZHOU Fujie, LI Zhezhen, WEN Yongxian(31)
- A Complex–valued Projection Neural Network for Solving a Class of Complex–valued  $l_1$  Norm Minimization Problem  
..... ZHANG Songchuan, LU Qiuci(39)
- Deburring Algorithm of Binary Image Based on Stroke Tracking ..... ZHONG Lunchao, HE Chuan(44)
- Empirical Study on Quanzhou Manufacturing Industry Structure Optimization ..... YANG Min(49)
- Corporate Governance, Information Transparency and Corporate Performance of Agricultural Listed Companies  
..... WEI Zhen, PENG Hua(55)
- Design and Implementation of a Folding Agricultural UAV  
..... YANG Xinkun, ZHANG Qian, LI Huirong, ZHOU Yuyuan, XU Jiaqin(62)
- Design of Bluetooth Lamp Device for Mobile Phone based on STC15W404AS  
..... YUAN Wei, SUN Huiqin, ZHANG Naichang, ZHANG Lei(67)
- Effects of Cooling Rate on Metallographic Structure of Q420GJC Structural Steel Plate for High Rise Building  
..... GAO Zhiguo, CHEN Lijun, GAO Jun, CHEN Xing(72)
- Application of the Orthogonal Test to the Mix Design of Soil Stabilized by Cement and Solidifying Agent  
..... LE Xudong, CHEN Songliang, ZHANG Renwei(76)
- Sports Sponsorship Marketing Management based on the Theory of Value Co - creation  
..... PENG Jing, LU Changbao(82)
- Dilemma and Optimization of *Real Variable* Functions in Big Data ..... ZHAN Qingyi, XIE Xiangdong(87)
- Hybrid Teaching Research and Practice based on Integrated Platform of UMOOC ..... QU Xia(91)
- Practical Research on Information Construction of *Building Structure* Course  
..... HUANG Xiaoluan, KE Yezhen, HE Fuyun, LI Wene(95)
- Thinking and Practice of Teaching Method of "Reading, Thinking and Expressing" ..... ZHANG Rongli(98)
- On the Cultivation Mode of the Core Competitiveness of Landscape Architecture Graduate Students  
..... XU Xiaoling, HUANG Qitang, LI Fangying, REN Wei, QUE Chenxi(102)
- Comprehensive Evaluation System for Applied Talents based on IIEET Certification  
..... ZHOU Qin, SHAN Cui(107)