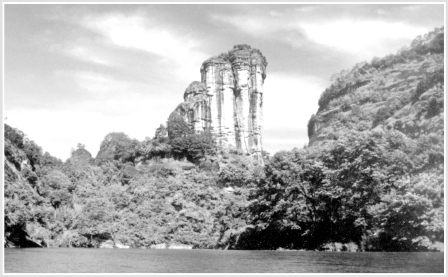
目 次

福建茫荡山东南石栎群落物种多样性及稳定性
…… 黄梓良(1)
$BiVO_4$/RGO 复合光催化剂的制备与光催化活性分析
…… 宋卫军,谢妤,胡家朋,饶瑞晔,吴芳芳,周融融,苗雯慧(7)
离子液体液-液微萃取鸡肉四环素 HPLC 法的检测
…… 林志銮,张传海,马春华,张静,詹宝珍(14)
武夷学院植物信息平台的建设与实现
…… 李焰焰,康勋杰,聂传朋,史凌珊(19)
融合隐式信任与层次社区发现的协同过滤推荐算法
…… 郭磊,吴清寿(26)
改进 LeNet5-CNN 的车牌识别工程应用优化设计
…… 陈冬英,黄悦,李凌懿,王杰,高泽晖,舒萍(33)
汽轮机转子工艺优化设计
…… 钟国坚,陈木凤(39)
武夷山地区短时冻期边坡浅层温湿度变化的数值模拟
…… 袁文豪,王荣,林伟(44)
“双碳”目标下废弃石粉对水泥混凝土的性能影响及应用
…… 祝可为,肖冰(50)
复合胶凝体系道路快速修补材料早期强度试验
…… 张会芝,黄启林,刘纪峰,郑春林,叶德泰(56)
VAR 模型的山西省金融发展与对外贸的关系
…… 丘甜,缪志春,史磊金(61)

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 41 卷 第 12 期(卷终) 总第 218 期
2022 年 12 月 (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 铎 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 白 琳 魏 琛 聂传朋 白 晔 黄 超
英文审译：魏景春

JOURNAL OF WUYI UNIVERSITY

武夷学院学报

2022年　第12期(卷终)　(总第218期)

目次

CONTENTS

中国文化产业全要素生产率时空分异及收敛性

…… 钟韵珊,王东方,杨琬婷(67)

体育学博士科研潜力评价

——基于112位体育学博士H指数与G指数的分析

…… 张华玉,魏德样(74)

1992—2021年我国风景园林学科学术论文统计分析

…… 邱　雯(80)

超星平台的混合式教学设计与实施

——以“Web应用系统开发”课程为例

…… 刘　靖(86)

工科类院校毕业设计实践教育的实施

——以“给排水科学与工程”专业为例

…… 薛同站,朱曙光,黄健,李卫华,王坤,杨厚云(90)

“家具行业创新创业”课程思政的实施策略

…… 牛敏,刘学莘,赵鹤,胡秀磊(96)

闽台合作办学人才培养教学质量提升探析

…… 黎恒杆,雷能忠,赵艳(101)

疫情常态化时期生命教育与中学体育课程的有效融合

…… 郑思樵,黄循棱(105)

期刊基本参数:CN 35-1293/G4*1982*M*A4*109*ZH*P*¥8.00*600*19*2022-12

福建茫荡山东南石栎群落物种多样性及稳定性

黄梓良

(福建林业职业技术学院，福建 南平 353000)

摘　要：为探究东南石栎群落的有效保护与稳定性维持机制，通过群落实地调查、物种多样性测定和稳定性综合评估，得出结论：该群落物种丰富，现有维管植物 78 科 32 属 192 种。群落各层次物种丰富度表现为：灌木层>乔木层>草本层>层间植物；Margalef 丰富度指数、Gleason 丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Simpson 多样性指数均表现为：灌木层>草本层>乔木层>层间植物；Pielou 均匀度指数表现为：灌木层>层间植物>草本层>乔木层。该群落灌木层物种最丰富，优势度最低，优势种不明显；乔木层优势度最高，优势种明显。该群落拥有较高的物种多样性和稳定性，具有较强的环境适应能力。

关键词：东南石栎；优势种；多样性测定；群落稳定性；福建茫荡山

中图分类号：S718.54　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1674-2109(2022)12-0001-06

随着全球生物多样性的迅速丧失，生物多样性与生态系统稳定性的关系已成为人类面临的重要科学问题[1]。物种多样性和群落结构能定量反映物种对资源的利用能力、在群落或生态系统中的功能位置及其所在群落的稳定性[2]。森林群落的稳定程度是群落中各种群关系的综合表现，是种群自身调节、种间竞争及联结的集中反映[3]。森林生态系统要实现它的功能就必须保持好良好的稳定性，森林生态系统的稳定性实际上也是生态系统的动态平衡[4]。森林生态系统的稳定性已成为衡量生态系统结构和功能最重要的特性[5]。植物间的竞争作用会对群落物种的天然更新、分布格局、多样性、结构等产生影响[6]，进而影响群落的生产力和稳定性。森林群落稳定性是多种林分因子、环境因子和外界干扰综合作用的结果；多样性可以促进稳定性，但没有明确的比例关系[7]。研究群落内物种间的相互关系，对深入揭示群落物种分布、共存及群落稳定性机制至关重要[8]。东南石栎(*Lithocarpus harlandii*)属壳斗科常绿乔木，是常绿阔叶林重要组成树种之一，由于种种原因极少成为建群种。福建茫荡山沟谷森林生态系统中，天然分布着 20 hm^2 的东南石栎群落，该群落仅见地理成分[9]和植物区系特征[10]的研究报道。通过研究，揭示群落多样性和稳定性，丰富该群落研究资料，为探索生物多样性和群落稳定性维护机制提供参考。

1　研究地概况

研究地位于福建茫荡山国家级自然保护区三千八百坎西南侧，地理坐标为北纬 26°37′~26°42′，东经 118°4′~118°7′，海拔 360~700 m，东南坡，平均坡度约 25°，红壤 pH 值约 6.5，平均土层厚度 35 cm，土壤疏松肥沃，但石块较多。年平均气温 19.3 ℃，极端高温 41 ℃，极端低温-5.8 ℃，无霜期 295.2 d，平均降水量 1 945.2 mm[10]，相对湿度约 80%，林分郁闭度 0.7，林相自然，无明显人为干扰。

收稿日期：2022-01-11

基金项目：福建省林业科技推广项目(2021TG15)。

作者简介：黄梓良(1965-)，男，汉族，副教授，主要从事植物分类及生态学研究。

2　研究方法

2.1　样地设置与调查

通过踏查,选择代表性地段设置 3 个 30 m×40 m 样地,调查总面积 3 600 m^2,样地内共设置 144 个 5 m×5 m 的大样方;在每个大样方的西南角点设置一个 2 m×2 m 和 1 m×1 m 的小样方。在大样方内,调查记录胸径≥5 cm 的乔木层每一个物种的名称、胸径、高度;在 2 m×2 m 小样方内,调查记录灌木层每一个物种的名称、地径、株数、高度、盖度;在 1 m×1 m 小样方内,调查记录草本及每一个层间植物的名称、株(丛)数、高度、盖度等,并采集样标本进行核实鉴定。

2.2　分析方法

群落物种多样性采用洪伟[11]、马克平等[12]的研究方法，以样地调查数据为依据，按下列式子在 Excel 2021 中分别计算物种多样性常用指标：

(1)丰富度指数 $R=S$(即样地内所有物种数)；

(2) Margalef 丰富度指数 $R=\frac{(S-1)}{\ln N}$；

(3)Gleason 丰富度指数 $G=\frac{(S-1)}{\ln A}$ ；

(4)Simpson 指数 $D=1-\sum\frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$ ；

(5)Shannon-Wiener 指数 $H=-\sum P_i\ln P_i$；

(6)Pielou 均匀度指数 $J_{sw}=\frac{-\sum P_i\ln P_i}{\ln S}$ ；

(7)优势度指数 $C=\sum P_iP_i$ ；

(8)重要值=(相对多度+相对显著度+相对频度)÷3。式中:S 为样本物种数,A 为样地面积,P_i 为种 i 的个体数(n_i)占样本所有种的个体数(N)的比率。

群落稳定性测定采用 M Godron 的计算方法,结合郑元润提出的改进方法[13],建立平滑曲线模拟模型:$y=ax^2+bx+c$,直线方程:$y=100-x$ 求解得:

$$x=\frac{-(b+1)\pm\sqrt{(b+1)^2-4a(c-100)}}{2a}$$

3　实验结果与分析

3.1　群落物种丰富度

物种丰富度是反映群落或生境中物种多寡的物理量。调查结果表明,该群落有维管植物 78 科 132 属 192 种，百平方平均物种数高于同为壳斗科的小叶青冈(*Cyclobalanopsis myrsinifolia*)群落[14],但比该保护区邻近地块的黄枝润楠(*Machilus versicolora*)群落[22]低,彰显该群落的物种丰富度较高,详见表 1。

3.2　群落物种重要值

物种重要值能较客观地反映某物种在该群落中的重要性或优势地位。重要值越大,其对环境资源的利用和竞争能力越强。通过调查统计，该群落乔木层共计 38 种;灌木层 120 种;草本层 33 种;层间植物 22 种。限于篇幅,仅列出各层次重要值前 10 名,参见表 2。

表 1　壳斗科几种常绿阔叶林群落物种丰富度一览表

Tab.1　List of species richness of several evergreen broad-leaved forest communities in *Fagaceae*

建群种	调查地点	调查面积/m^2	维管植物(科/属/种)	平均物种数(种/m^2)	资料来源
东南石栎	福建茫荡山自然保护区	3 600	78/132/192	0.0533	作者调查
小叶青冈	福建茫荡山自然保护区	9 350	52/96/167	0.0178	林芳等[14]
米槠	福建三明格氏栲保护区	3 000	44/74/106	0.0353	宋育红等[15]
格氏栲	福建三明格氏栲保护区	3 000	42/68/110	0.0367	樊后保[16]
福建青冈	福建闽清黄楮林保护区	1 600	39/60/75	0.0469	黄永辉[17]
乌冈栎	福建邵武将石自然保护区	2 000	26/43/60	0.0300	谢春平等[18]
乌冈栎	浙江开化	2 000	39/64/91	0.0455	谢春平等[18]
青冈	浙江古田山自然保护区	3 200	51/92/147	0.0459	胡正华[19]
甜槠	浙江古田山自然保护区	3 200	49/82/133	0.0416	胡正华[20]
甜槠	浙江天台山	5 000	48/93/122	0.0244	金则新[21]
黄枝润楠	福建茫荡山自然保护区	1 200	69/102/133	0.1110	黄梓良等[22]

表 2 东南石栎群落各层植物重要值

Tab.2 Important values of plants in each layer of the *Lithocarpus harlandii* community %

层次	物种	重要值	层次	物种	重要值
乔木	①东南石栎 *Lithocarpus harlandii*	22.34	草本	①中华苔草 *Carex chinensis*	15.19
	②罗浮栲 *Castanopsis fabri*	11.00		②福建莲座蕨 *Angiopteris fokiensis*	10.30
	③檫树 *Sassafras tzumu*	8.03		③中华里白 *Dicranopteris chinensis*	10.10
	④红楠 *Machilus thunbergii*	7.55		④海芋 *Alocasia macrorrhiza*	5.33
	⑤少叶黄杞 *Engelhardtia fenzlii*	5.72		⑤三穗苔草 *Carex tristachya*	5.26
	⑥马尾松 *Pinus massoniana*	5.36		⑥花葶苔草 *Carex scaposa*	4.17
	⑦拟赤杨 *Alniphyllum fortunei*	4.19		⑦扇叶铁线蕨 *Adiantum labellulatum*	4.03
	⑧栲树 *Castanopsis fargesii*	4.17		⑧深绿卷柏 *Selaginella oederleinii*	3.18
	⑨深山含笑 *Michelia maudiae*	3.92		⑨肾蕨 *Nephrolepis auriculata*	3.15
	⑩黄枝润楠 *Machilus versicolora*	3.55		⑩贯众 *Dryopteris setosa*	2.96
灌木	①箬竹 *Indocalamus tessellatus*	10.50	层间植物	①藤黄檀 *Dallergia hancai*	14.51
	②细齿叶柃 *Eurya nitida*	10.31		②南五味子 *Kadsura longipedunculata*	9.60
	③青冈 *Cyclobalanopsis glauca*	5.36		③薯莨 *Dioscorea cirrhosa*	7.29
	④浙江尖连蕊茶 *Camellia cuspidata* var. *chekiangensis*	5.00		④薜荔 *Ficus pumila*	6.65
	⑤东南石栎 *Lithocarpus harlandii*	3.90		⑤野木瓜 *Stuluntonia fhinensis*	5.57
	⑥山矾 *Symplocos sumuntia*	3.56		⑥菝葜 *Smilax china*	5.26
	⑦新木姜子 *Neolitsea aurata*	2.89		⑦亮叶崖豆藤 *Millettia dielsiana*	5.21
	⑧深山含笑 *Michelia maudiae*	2.62		⑧海金沙 *Lygodium japonicum*	4.39
	⑨锈叶新木姜子 *Neolitsea cambodiana* var. *cambodiana*	2.49		⑨龙须藤 *Bauhinia championii*	4.34
	⑩少叶黄杞 *Engelhardtia fenzlii*	2.28		⑩爬山虎 *Parthenocissus ricuspidata*	3.65

从表 2 可以看出:该群落的乔木层中,东南石栎的重要值最大(22.34%)。调查结果表明:其数量最多(多达 69 株,占乔木总株数的 23.08%)、个体高大(最大者胸径 30 cm,高 15 m)、分布较均匀,位处乔木上层,是该群落的优势种、建群种,对群落结构影响显著;罗浮栲(29 株)、檫树(20 株)的重要值位居第二、第三,其个体较大(最大者胸径 26 cm,高 14.5 m),植株数量较多,但总数量比东南石栎少,是群落的优势种群,位处乔木上层;红楠、少叶黄杞等树种个体数量较多,但植株个体较小,呈小乔木状,是群落下层乔木的优势种。

该群落灌木层中,除分布东南石栎、少叶黄杞、深山含笑、锈叶新木姜子等乔木层树种的幼树幼苗外,箬竹的重要值最大(10.50%),分布均匀且数量多;细齿叶柃、浙江尖连蕊茶等分布也较多,但植株个体较小,是灌木层重要的组成树种。在草本层中,耐荫和叶片宽大类植物较多,中华苔草、福建莲座蕨、中华里白的重要值较大,分布较均匀,覆盖广,是林下主要草本植物。群落的层间植物较为丰富,其中藤黄檀的重要值较大(14.51%),最大者胸径 2.5 cm,高 7.2 m,是重要的层间植物。

3.3 群落物种多样性特征

物种多样性主要反映群落物种组成和个体数量分布的性状,是衡量一定地区物种丰富程度的一个客观指标。调查统计群落及各层次物种多样性指数参见表 3。

表 3 东南石栎群落物种多样性指数一览表

Tab.3 List of species diversity index of *Lithocarpus harlandii* community

类别	物种丰富度 (S)	Margalef 指数 (R)	Gleason 指数 (G)	Shannon-Wiener 指数(H)	Simpson 指数 (D)	Pielou 指数 (J_{sw})	群落优势度 (C)
群落	192	27.974 6	23.324 9	4.500 7	0.941 8	0.856 1	0.025 0
乔木	38	6.490 7	4.518 4	2.868 9	0.910 1	0.788 7	0.092 9
灌木	120	19.229 9	18.722 1	4.278 5	0.967 1	0.893 7	0.034 9
草本	33	6.933 7	6.438 9	2.963 7	0.919 8	0.847 6	0.089 3
层间植物	22	5.860 2	4.225 5	2.831 3	0.903 5	0.890 1	0.063 3

表 3 显示:乔木层共有 38 种植物,其物种丰富度指数(S、R 与 G)、多样性指数(H、D)和均匀度指数(J_{sw})均低于灌木层,但优势度(C)最大,高于其他层。表明乔木层物种组成种类比灌木层少,但优势种明显,建群种东南石栎的个体数在乔木层组成中占主导地位,乔木层结构较为稳定;灌木层具有丰富的物种组成(高达 120 种),多样性指数和均匀度指数最高,但优势度最低,表明灌木层优势种不明显。

该群落各层次的物种数(S)表现为:灌木层>乔木层>草本层>层间植物;物种丰富度指数(R 与 G)和多样性指数(H 与 D)均表现为:灌木层>草本层>乔木层>层间植物,表明灌木层物种数最多,物种丰富度指数最高,多样性指数最大。均匀度指数(J_{sw})表现为:灌木层>层间植物>草本层>乔木层,表明灌木层和层间植物种类丰富,适应不同的环境条件,种群优势不明显,其个体在群落中分布较为分散,具有较高的均匀度指数,而乔木和草本处于群落的最高层和最低层,受群落所处的环境影响最直接,优势种类较为明显,其个体分布较均匀。与邻近区域其他群落相比,东南石栎群落的物种多样性指数表现为较高,参见表 4。

表 4　不同群落物种多样性指数

Tab.4　The index of species diversity in the different communities

建群种	地理坐标(N,E)	面积/m²	S	H	D	J_{sw}
东南石栎	福建茫荡山 26°37′~42′,118°4′~7′	1 600	192	4.501	0.942	0.856
黄枝润楠	福建茫荡山 26°41′56″,118°7′7″	1 200	133	4.228	0.972	0.865
米槠	福建武夷山 27°42′,117°41′	2 400	305	4.665	0.983	0.816
锥栗	福建龙栖山 26°28′~37′,117°13′~21′	1 200	105	3.163	0.917	0.680
格氏栲	福建三明 26°7′~10′,117°24′~27′	3 000	110	3.627	0.964	0.772
栲树	闽北 26°14′~28°19′,117°~118°17′	1 200	53	3.000	0.930	0.750
甜槠	闽北 26°14′~28°19′,117°~118°17′	1 200	49	2.800	0.910	0.720
闽楠	闽北 26°14′~28°19′,117°~118°17′	1 200	44	2.600	0.900	0.700
石栎	闽北 26°14′~28°19′,117°~118°17′	1 200	31	2.800	0.920	0.829
米槠	福建万木林 27°2′~4′,118°8′~10′	1 600	104	3.237	0.914	0.697
罗浮栲	福建万木林 27°2′~4′,118°8′~10′	1 600	92	3.377	0.939	0.747
浙江桂	福建万木林 27°2′~4′,118°8′~10′	1 600	86	3.129	0.932	0.703
观光木	福建万木林 27°2′~4′,118°8′~10′	1 600	80	2.827	0.862	0.645
细柄覃树	福建万木林 27°2′~4′,118°8′~10′	1 600	77	3.146	0.913	0.724

注:表中除东南石栎群落外,其余群落数据参考文献[22]。

3.4　群落稳定性

森林生态系统稳定性是生态系统受干扰后保持原有状态的能力。通过样地调查资料,依照 M Godron 计算方法,计算群落中所有种类的数量和频度,以植物种类百分数为 x 轴,以累积相对频度为 y 轴,画出散点图,见图 1。用平滑曲线连接各点,将两轴的 100 处连成直线,求得直线与曲线的交点为:x=30、y=70;依照郑元润的改进方法,先建立曲线模型和直线方程,求得平滑曲线为 $y=-0.010\ 2x^2+1.754\ 6x+26.616$,解得 x=29.965 7、y=70.034 3,两者结果基本一致。该坐标点表示群落种百分数与累积相对频度比值为30/70,离稳定点 20/80 有一定距离,表明该群落尚不稳定。

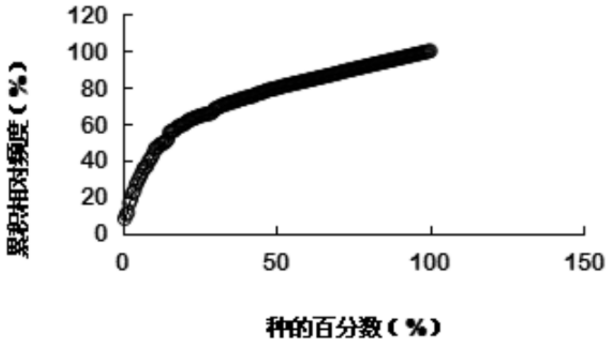


图 1　群落物种分布散点图

Fig.1　Scatter plot of community species distribution

通常群落物种多样性越高,群落越稳定。样地调查结果显示该群落物种种数及个体数均较为丰富,与邻近区域的常绿阔叶林群落相比,东南石栎群落及其

乔木层、灌木层的丰富度、多样性、优势度、均匀度等物种多样性指数均表现为较高,见表5,虽然该群落也属于不稳定,但体现该群落现阶段更靠近稳定点,在一定程度上体现群落的发展阶段和稳定程度。该阶段属于自然演替达到与生境条件相互适应的动态平衡过程,是一种小生境条件下的隐域性稳定植被系统[23]。

表5 几种常绿阔叶林群落物种多样性与稳定性比较

Tab.5 Comparison of species diversity and stability of several evergreen broad-leaved forest communities

建群种	类别	*R*	*H*	*D*	J_{sw}	交点坐标(*x*/*y*)	曲线类型	稳定性
东南石栎	群落	27.97	4.50	0.94	0.86	30/70	$y=-0.010\ 2x^2+1.754\ 6x+26.61\ 6$	不稳定
	乔木	6.49	2.87	0.91	0.79			
	灌木	19.23	4.28	0.97	0.89			
观光木[13]	群落	7.12	2.61	0.84	0.70	36/64	$y=-0.011\ 0x^2+2.019\ 1x+3.844\ 6$	不稳定
	乔木	7.29	2.72	0.88	0.73			
	灌木	7.02	2.49	0.81	0.66			
沉水樟[13]	群落	7.53	2.95	0.88	0.76	37/63	$y=-0.009\ 9x^2+1.884\ 4x+6.781\ 1$	不稳定
	乔木	7.73	3.22	0.94	0.85			
	灌木	7.32	2.68	0.83	0.76			
罗浮栲[13]	群落	7.91	3.07	0.92	0.81	40/60	$y=-0.008\ 3x^2+1.767\ 4x+3.430\ 1$	不稳定
	乔木	5.99	2.70	0.89	0.76			
	灌木	9.82	3.45	0.95	0.86			

4 小结与讨论

茫荡山东南石栎群落具有较高的物种多样性,物种多样性指数比邻近区域同为壳斗科的锥栗、格氏栲、栲树、甜槠、石栎和罗浮栲等群落的高,也比黄枝润楠、观光木、浙江桂、细柄覃树、闽楠等非壳斗科植物群落的高,体现该群落拥有丰富的物种种类和较高的多样性指数,具有丰富的基因资源和遗传变异条件,对环境具有较强的适应能力。较高的多样性指数在一定程度上促进群落稳定性的提高。这与均匀度通过丰富度直接或间接影响群落的稳定性[24],均匀度的提高会提高恢复力相似[25]。

群落物种多样性与群落内物种数量和某一种群数量的分布状况有关,这与群落所处的生境关系密切。东南石栎群落位处自然保护区的沟谷环境,空气湿度大、气温较低等生境的水热条件与东南石栎的生态习性较为吻合,有利其加速生长,增大种群数量,从而成为群落的优势种与建群种;其次,群落乔木层郁闭度较低,林内阳光较充足,生境湿润,枯枝落叶层较薄,为多种植物的生存创造良好的条件;再者,伴随群落演替进展,东南石栎在该区域的天然群落中处于绝对优势地位和起主导作用,群落成熟水平较高,物种间的生态位重叠较大,相互依存能力较明显,物种多样性显著提高,这与保护区的多年保护有关。因此,在维持生物多样性的同时,更需要进行稳定性评价和监测,预防遏制病虫害,防止地力退化,保持其稳定性,让森林拥有更大生产力,实现可持续发展。

生态系统稳定涉及众多因子,需要长期定位监测。需综合生态、社会、经济等多角度考虑,以便于得到更为具体的多样性与稳定性联系。研究主要结合生物多样性探讨群落稳定性,多样性可以促进稳定性,但没有明确的比例关系这与张家浩[7]、史浩伯[26]的研究结果相同。

参考文献:

[1] 张景慧,黄永梅.生物多样性与稳定性机制研究进展[J].生态学报,2016,36(13):3859-3870.

[2] 钱逸凡,伊力塔,胡军飞,等.普陀山主要植物种生态位特征[J].生态学杂志,2012,32(3):561-568.

[3] 郑元润. 森林群落稳定性研究方法初探 [J]. 林业科学,2000,36(5):28-33.

[4] 吴晓丽,李瑞军.森林生态系统稳定性评价[J].南方林业,2015,9(24):99,101.

[5] 梁燕,葛忠强,马安宝,等.森林生态系统稳定性研究进展[J].山西林业科技,2018,47(4):32-34,60.

[6] 毛子昆,郝占庆,原作强,等.物种聚集分布与种间关系的多

度不对称性[J].中国科学:生命科学,2020,50(4):381-390.
[7] 张家浩,武利玉,蒋震,等.裕河自然保护区三种主要森林群落稳定性评价[J].甘肃农业大学学报,2021,56(3):149-158.
[8] 裴顺祥,法蕾,杜满义,等.种间关系对中条山油松人工林天然更新及群落稳定性的影响[J].林业科学研究,2022,35(1):150-157.
[9] 杨万平.茫荡山东南石栎群落种子植物地理成分研究[J].福建林业,2014(3): 37-39.
[10] 黄梓良,钱永平.福建茫荡山东南石栎群落种子植物区系特征[J].北华大学学报(自然科学版),2020,21(4):537-541.
[11] 洪伟.闽江流域森林生态研究[M].厦门:厦门大学出版社,2000.
[12] 马克平,黄建辉,于顺利,等.北京东灵山地区植物群落多样性的研究Ⅱ丰富度、均匀度和物种多样性指数[J].生态学报,1995,15(3):268-277.
[13] 毕晓丽,洪伟,吴承祯,等.珍稀植物群落多样性及稳定性分析[J].福建林学院学报,2003,23(4):301-304.
[14] 林芳,叶德星,涂传进,等.茫荡山小叶青冈天然林群落结构特征研究[J].北华大学学报(自然科学版),2007,8(5):428-433.
[15] 宋育红,阮训清,李家和.格氏栲自然保护区米槠群落物种多样性研究[J].三明学院学报,2005,22(4):411-415.
[16] 樊后保. 福建三明格氏栲群落的结构特征[J]. 福建林学院学报, 1996,16(1): 14-19.
[17] 黄永辉.福建青冈群落植物物种多样性研究[J].林业勘察设计(福建),2011(1):103-106.
[18] 谢春平,方彦,方炎明.不同地区乌冈栎群落木本植物区系分析[J].甘肃农业大学学报,2011,46(3):74-82.
[19] 胡正华,于明坚,赵晓莉,等.浙江古田山自然保护区青冈林植物物种多样性研究[J].生态环境, 2004,13(2): 220-221.
[20] 胡正华,于明坚,徐学红,等.浙江古田山自然保护区甜槠群落特征研究[J].生态学杂志,2004,23(2):15-18.
[21] 金则新.浙江天台山甜槠群落物种多样性[J].生态学杂志,2002,21(3):1-4.
[22] 黄梓良,杨万平,陈学富.福建茫荡山黄枝润楠群落多样性比较研究[J].亚热带植物科学,2014,43(2):139-143.
[23] 郑元润.大青沟植物群落稳定性研究[J].生态学报,1999(4):578-580.
[24] ISBELL F I , POLLEY H W , WILSEY B J . Biodiversity, productivity and the temporal stability of productivity: Patterns and processes[J].Ecology Letters,2009,12(5):443-451.
[25] HILLEBRAND H, BENNETT D M, CADOTTE M W. Consequences of dominance:A review of evenness effects on local and regional ecosystem processes[J]. Ecology,2008,89(6):1510-1520.
[26] 史浩伯,孙桂丽,王桂华,等.阿克苏河中游荒漠河岸林物种多样性与群落稳定性[J].水土保持通报,2020,40(2):9-13.

Species Diversity and Stability of *Lithocarpus harlandii* Community in Mangdang Mountain in Fujian Province

HUANG Ziliang
(Fujian Forestry Vocational &Technical College, Nanping, Fujian 353000)

Abstract: To explore the mechanism of effective protection and maintain stability of *Lithocarpus harlandii* community by sample-plot survey and utilization of diversity index, the author determinated the species diversity of *Lithocarpus harlandii* community in Mangdang Mountain of Fujian Province.The results showed that there are 78 families, 132 genuss and 192 species of vascular plants in plot of *Lithocarpus harlandii*. The species richness index in different storey showed successively shrub stratum>arborescent stratum>field stratum>interlayer plants;The index pf species richness with Margalef and Gleason and the diversity index of Shannon-Wiener and Simpson wholly reflected tendency of shrub stratum>field stratum>arborescent stratum>interlayer plants; Pielou degree of homogeneity(J_{sw}) were shrub stratum>interlayer plants>field stratum>arborescent stratum. The shrub layer of this community is the most abundant in species,Although the species was most abundant in shrub stratum but the dominance was lowest;the dominance of arborescent stratum was the most prominent. The community has strong environmental adaptability, and high species diversity and stability.

Key words: *Lithocarpus harlandii*; dominat species;determination of diversity;community stability; Mangdang Mountain in Fujian Province

(责任编辑:聂传朋)

$BiVO_4$ /RGO 复合光催化剂的制备与光催化活性分析

宋卫军，谢妤，胡家朋，饶瑞晔，吴芳芳，周融融，苗雯慧

(武夷学院 生态与资源工程学院，福建 武夷山 354300)

摘 要：采用低温水热法制备钒酸铋/石墨烯($BiVO_4$/RGO) 复合光催化剂，考察氧化石墨烯(GO)的添加量、投放量、不同初始浓度等因素对形貌结构和光催化性能的影响。利用电子扫描显微镜、X-射线粉末衍射仪、红外光谱和紫外可见漫反射光谱对 $BiVO_4$/RGO 的形貌和结构性能进行表征分析。分析表明：添加的氧化石墨烯(GO)表面含氧官能团脱除，被还原成石墨烯(RGO)；纳米 $BiVO_4$ 颗粒聚集在 RGO 片层表面，GO 的加入并未改变 $BiVO_4$ 晶型结构。$BiVO_4$ 与 RGO 界面的强相互作用，使得 $BiVO_4$ 能带位置正移，价带宽化，光催化活性提高。光催化实验结果表明：石墨烯掺杂量为 3.0 %的 $BiVO_4$/RGO，催化剂投放量为 25.0 mg，初始罗丹明 B 溶液为 10.0 mg/L，在 350 W 氙灯下照射 120 min，对罗丹明 B 的降解率为 96.56%，明显高于纯的 $BiVO_4$(32.08%)。光电化学测试证实 $BiVO_4$/RGO 复合材料的光能吸收能力和电子迁移能力都得到提高。通过捕获实验确定降解过程中参与反应的主要活性物质为超氧自由基($\cdot O_2^-$)，阐明 $BiVO_4$/RGO 复合材料光催化降解的机理。

关键词：$BiVO_4$/RGO；光催化剂；罗丹明 B；光催化活性

中图分类号：O643.36 **文献标识码**：A **文章编号**：1674-2109(2022)12-0007-07

近年来，基于太阳能利用的半导体光催化技术处理废水中有机物污染物，成为研究的热点[1-3]。而传统的光催化剂(TiO_2 和 ZnO 等)存在太阳能利用率不高、光生载流子分离效率较低等不足[4]，为解决此问题，研究者开展光催化材料的可见光响应、电子-空穴高分离率等应用研究[5]。铋系材料(Bi_2WO_6、$BiVO_4$、BiOBr、Bi_2MoO_6 等)具有适合可见光响应的带隙，特有的分层结构，丰富的种类、化学稳定性好等引起持续关注。其中钒酸铋($BiVO_4$)因其窄的带隙(2.4 eV)和优良的结晶度，已被证明是理想的降解有机污染物的光催化材料。然而 $BiVO_4$ 对可见光吸收效率低，量子产率不高，存在光激发电荷负荷率高等不足，限制其光催化效率地发挥，直接应用受限。为此需要改变 $BiVO_4$ 的物质结构和导电性能以增强其对可见光吸收效率，提高光生载流子分离效率。

国内外研究者利用 $BiVO_4$ 的结构特性在提高其半导体光催化材料性能方面开展一定的研究工作。石春景等通过还原工艺将银纳米离子沉积在 $BiVO_4$ 的表面，其光催化降解 RhB 效率得到大幅度提升[6]。SOUZA 合成金纳米离子修饰的纳米化，在微波条件下合成时间缩短 98%，得到的 Au-$BiVO_4$ 具备与常规制备条件相同的物理化学特性[7]。但这些方法由于贵金属成本较高而受限。氧化石墨烯(GO)是石墨烯重要的衍生物，具有一定的亲水性，可溶解于水溶液中。这一特点成为用于湿法加工的显著优势[8-9]，在薄膜电子和光电子、光学设备[10]、纳米复合材[11]、传感器[12]和储能[13]等各个领域提供广泛的应用前景，特别是其具有的比表积大、热导率高、导电性好和载流子迁移率高等优异性能，可以克服半导体光生载流子快速复合和表面吸附能力较弱的不足，被研究者所关注。SUN 等采用水热法反应制成纳米管状的 $BiVO_4$/石墨烯，石墨烯的复合提高光催化效果[14]。陈宽等采用改良的 Hummers 法制

收稿日期：2022-04-18

基金项目：福建省自然科学基金(2018J01518,2018J05092,2019J01829,2019J01830)。

作者简介：宋卫军(1979-)，男，汉族，副教授，主要从事纳米材料及其光催化性能的研究。

备 GO 又合成 RGO/Pt 膜，实验数据表明复合的 RGO 物质活性提高[15]。基于此，采用低温水热法将 GO 与 $BiVO_4$ 复合后制备异质结复合光催化材料 $BiVO_4$/RGO，并通过对罗丹明 B(RhB)的降解评价复合材料的光催化活性和效率。

1　实验部分

1.1　试剂与仪器

石墨粉、冰醋酸、氢氧化钠、偏钒酸铵、硝酸铋、无水乙醇、硫酸钠、异丙醇、对苯醌、EDTA，分析纯，国药化学试剂有限公司；罗丹明 B，上海埃彼化学试剂。可见分光光度计(V-1100D)，上海美普达仪器有限公司；紫外可见近红外光谱仪(Lambda 950)，珀金埃尔默；扫描电子显微镜(VEGA3)，荷兰泰思肯有限公司；傅里叶变换红外光谱仪(AVATAR330FT-I)，美国热电公司；X 射线衍射仪(D8-AXS)，德国布鲁克公司；电化学工作站(H)，上海辰华仪器有限公司；光催化反应器(SGY-IB)，南京胥江机电厂。

1.2　球形 $BiVO_4$ 的制备

称取 2.0 mmol $Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$ 约 0.970 g，加入到 C_2H_5OH∶CH_3COOH∶H_2O=1∶1∶3 的 50.0 mL 混合溶液的烧杯中，将装有混合溶液的烧杯放置于磁力搅拌器上搅拌均匀至溶质溶解，记为溶液 A。同时，称取 2.0 mmol 偏钒酸铵(NH_4VO_3)约 0.234 g 加入到含有 20.0 mL 的氢氧化钠(NaOH，5 mol/L)溶液的烧杯中，放置于磁力搅拌器上至搅溶解完全，标记为溶液 B。在室温 25 ℃下把溶液 A 加入 B 中，磁力均匀搅拌 30.0 min，将溶液 pH 值调至 4.9~5.0，得到溶液 C。将 C 溶液转移到 100.0 mL 的水热釜中，置于鼓风干燥箱 80 ℃恒温反应 3.0 h。随后，取出水热釜置于阴凉处自然冷却，经过水洗、乙醇洗后放置于离心机(4 000 r/min)中离心 5.0 min，倒掉上清液，将离心得到的橙色沉淀物转移至表面皿上置于鼓风干燥箱中，于 90 ℃干燥 5.0 h，将 $BiVO_4$ 药品研磨至粉末状后放入药品瓶内，贴上标签 BIV 后储存。

1.3　$BiVO_4$/RGO 复合材料的制备

分别称取 1.6、3.2、6.5、13.0、19.5、26.0、32.4 mg 的氧化石墨烯(GO)于 100 mL 烧杯中，每个烧杯分别加入 50 mL 的 C_2H_5OH∶CH_3COOH∶H_2O=1∶1∶3 的混合溶液，将烧杯放置于超声清洗仪中超声分散 2.0 h，后将 2.0 mmol 约 0.97 g 的硝酸铋 $Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$ 分别加入到上述 7 个烧杯中继续超声 30 min 得到溶液 M，将溶液 B 加入到溶液 M 中置于搅拌器上搅拌 30 min，搅拌过程中使用 pH 计测量工具和 NaOH 将混合溶液的 pH 值控制在 4.9~5.0 之间，贴上标签记为溶液 N。将 N 溶液倒入 100 mL 水热釜中并放置于 80 ℃鼓风干燥箱中恒温反应 3.0 h，然后将它放于阴凉处冷却，之后经水洗、乙醇洗在离心机中离心 5.0 min 取沉淀物，经过干燥后得到球形 $BiVO_4$/RGO 复合光催化剂，分别标记为 BVG-0.25、BVG-0.5、BVG-1、BVG-2、BVG-3、BVG-4、BVG-5。

1.4　捕获实验

在对 $BiVO_4$/RGO 复合材料光催化降解 RhB 溶液的过程中，加入 25 mg 捕获剂乙二胺四乙酸(EDTA)捕获光生空穴(h^+)，加入 25 mg 对苯醌捕获超氧自由基$\cdot O_2^-$，加入 5.0 mL 异丙醇捕获羟基自由基·OH；并设置 3 组空白对照组，即不加入 $BiVO_4$/RGO 光催化剂，仅分别加入 25 mg 的 EDTA、25 mg 对苯醌、5.0 mL 异丙醇于 50 mL 的 RhB 溶液中。

2　实验结果与讨论

2.1　XRD 表征分析

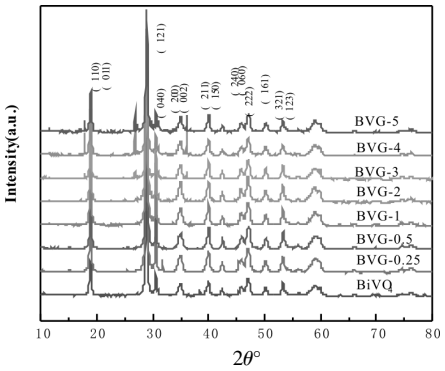


图 1　纯 $BiVO_4$ 与 $BiVO_4$/RGO 复合光催化剂的 XRD 图

Fig.1　XRD patterns of $BiVO_4$ and $BiVO_4$/RGO photocatalyst

图 1 可知，所制备的纯球形 $BiVO_4$ 样品和掺杂不同 RGO 质量分数的 $BiVO_4$/RGO 复合光催化剂的晶体结构相似度大，特征峰峰形尖锐半峰宽窄，说明所制备的样品结晶度较高。在 18.85°、19.12°、28.82°、30.49°、

34.95°、35.98°、39.93°、42.42°、45.75°、47.21°、50.11°和53.12°等附近出现比较明显的衍射峰，对应着钒酸铋($BiVO_4$)单斜白钨矿晶型的国际标准卡片(JCPDS14-0688)(110)、(011)、(121)、(040)、(200)、(002)、(211)、(150)、(060)、(240)、(222)、(161)、(321)、(123)等晶面,说明加入 RGO 并没有改变钒酸铋($BiVO_4$)的晶相结构。

2.2 SEM 扫描电子显微镜分析

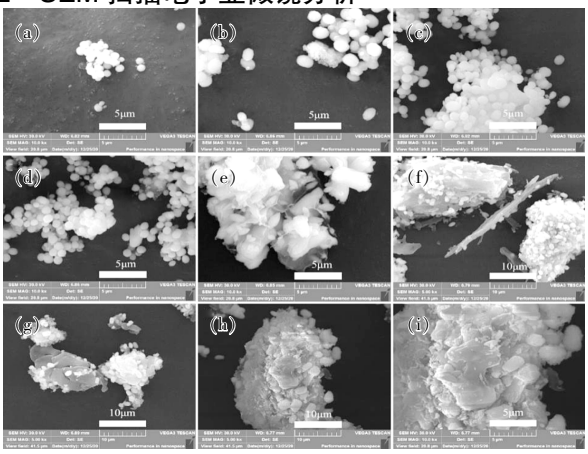


图 2 $BiVO_4$ (a)与 BVG-0.25(b), BVG-0.5(c) ,BVG-1(d) , BVG-2(e), BVG-3(f), BVG-4(g) ,BVG-5(h,i)的扫描电镜

Fig.2 SEM images of $BiVO_4$ (a) and BVG-0.25(b), BVG-0.5(c), BVG-1(d), BVG-2(e), BVG-3(f), BVG-4(g), BVG-5(h, i)

从图 2(a)可以看出,纯的 $BiVO_4$ 是细小的晶体,表面光滑尺寸小,呈椭圆形且粒径大小约为 0.5~1.0 μm,大量的晶粒聚集在一起。图(b)、(c) 和(d)由于石墨烯掺杂量少,所以在 BVG-0.25、BVG-0.5、BVG-1 上只出现了少许片状的石墨烯;随着 RGO 掺杂量增大,如图(e)BVG-2 已经有明显褶皱的片状结构,图(f)、(g)在 10 μm 下已经出现了许多的褶皱片状结构。

2.3 UV-vis DRS 紫外可见漫反射光谱分析

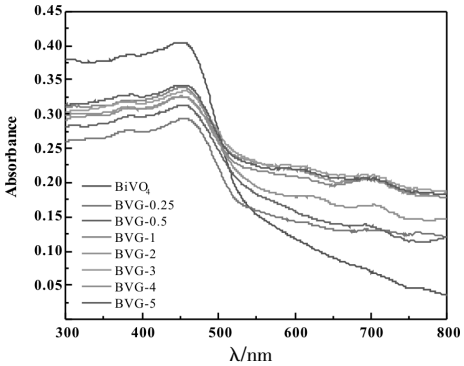


图 3 $BiVO_4$ 与 $BiVO_4$/RGO 复合光催化剂的紫外可见漫反射图

Fig.3 UV-vis DRS patterns of $BiVO_4$ and $BiVO_4$/RGO

由图 3 可知，纯的钒酸铋（$BiVO_4$）与复合材料($BiVO_4$/RGO)在紫外-可见光区都有较强的吸收,虽有不同质量分数的 $BiVO_4$/RGO 样品对紫外光的吸收强度有些许不同,纯的 $BiVO_4$ 吸收边缘为 551 nm,掺杂 RGO 的复合光催化剂 BVG-0.25~BVG-5 的吸收边缘为 553、560、571、585、597、617、615 nm,随着 RGO 掺杂量的增加,复合材料的吸收强度增大,掺杂量为 6.5 mg时(BVG-1)吸收强度提高效果达到最大,但掺杂量超过一定量后复合光催化剂的吸收强度却下降,这是因为过多的石墨烯会阻碍催化剂的吸收光。在不同的掺杂量中 BVG-3 的红移较为明显,光吸收强度较大,这归因于 RGO 和 $BiVO_4$ 的能带交叠效应。

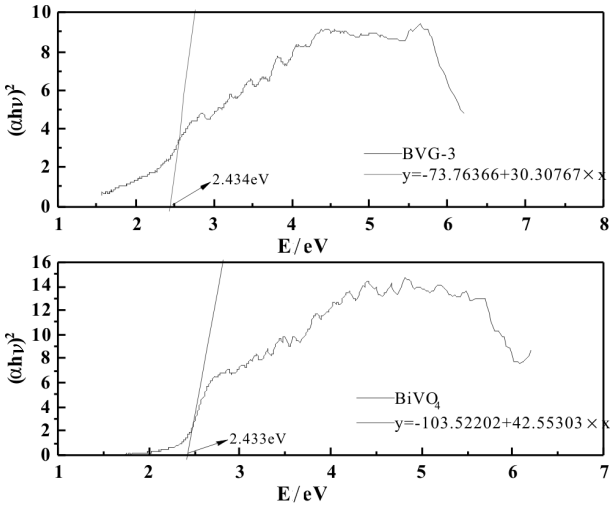


图 4 催化剂 $BiVO_4$ 和 BVG-3 的$(\alpha h\nu)^2$-hv 的关系图

Fig. 4 The corresponding $(\alpha h\nu)^2$ - hv plots $BiVO_4$ and BVG-3

进一步利用 Kubelka-Munk 计算 $BiVO_4$ 和 BVG-3 的禁带宽度。计算公式为:$(\alpha h\nu)=A(h\nu-E_g)^{\frac{n}{2}}$,其中:$\alpha$ 为吸收系数,h 为普朗克常数,ν 入射光的频率,A 为比例系数,E_g 为禁带宽度,n 是半导体类型参数。$BiVO_4$ 为直接跃迁类型的半导体,参数 n 值取 1[16],以$(\alpha h\nu)^2$ 对 hν 做图,其 Tauc 曲线中的直线部分外推到与横坐标的交点即为材料的禁带宽度 E_g 值。如图 4 计算表明 $BiVO_4$ 的带隙为 2.433 eV,复合 RGO 的 BVG-3 带隙为 2.434 eV,RGO 对光有较好的导电性，促使 $BiVO_4$ 导带上激发的电子转移至 RGO 表面，增强光生电子与空穴(h^+)的分离效率,产生大量的超氧自由基($\cdot O_2^-$)和羟基自由基($\cdot OH$)。采用 Butler 公式[17]进一步计算,结果表明,$BiVO_4$ 价带和导带的边缘顶部分别为 2.752 和 0.318 5 eV，表明 RGO 的掺和使得 $BiVO_4$ 能带位置正移,价带宽化,光催化活性提高。

2.4　FT-IR 傅里叶红外光谱分析

氧化石墨烯 GO 在 3 424 和 1 398 cm^{-1} 处有明显的特征峰，分别为 H_2O 的伸缩振动和-COOH 官能团中 O-H 的弯曲振动。GO 有许多含氧基团的吸收峰，例如：1 045 cm^{-1} 处的吸收峰为 C-O-C 的伸缩振动、1 223 cm^{-1} 处是官能团-OH 的变形振动、1 629 cm^{-1}（苯环结构上 C=C 的伸缩振动）、1 730 cm^{-1}（-COOH 官能团中 C=O 的伸缩振动峰）。745 cm^{-1} 处为纯 $BiVO_4$ 的主吸收带区中 VO_4^{3-} 的伸缩振动峰，而复合 RGO 的 BVG-3 在 745 cm^{-1} 处[18]也出现了的 VO_4^{3-} 的伸缩振动峰，见图 6。相比 GO，复合 RGO 的 BVG-3 的含氧基团峰已基本消失，同时 BIV 和 BVG-3 在 1 577 cm^{-1} 都出现了共轭 C=C 键的伸缩振动峰，说明 GO 片层上的环氧基和 C=O 等基团发生分解，导致碳氧键断裂形成共轭 C=C 键，氧化石墨烯 GO 被还原成石墨烯 RGO[19]。

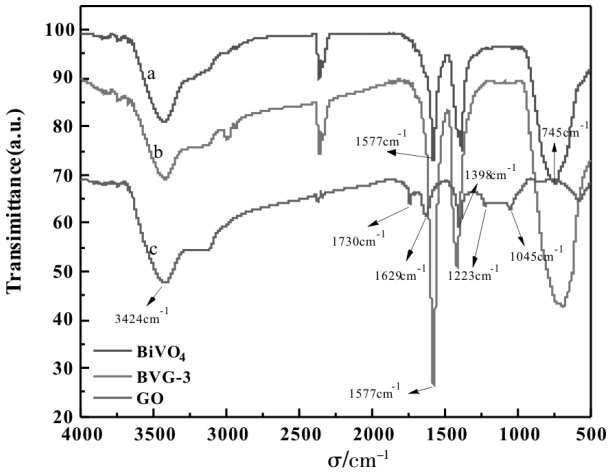


图 6　BIV(a)，BVG-3(b)和 GO(c)的 FT-IR 红外光谱

Fig.6　FT-IR patterns of BIV(a), BVG-3(b) and GO(c)

2.5　电化学测量

图 7(a)是在以 0.1 m mol/L Na_2SO_4 为电解液，扫描速度为 10 mV/S 下得到的 CV 曲线，在-0.1~1.0 V 的范围之间，负载 RGO 的 BVG-3 和 $BiVO_4$ 的两个电极均都出现明显的可逆伏安特征，其中 BVG-3 的 CV 曲线包围面积为 3.464×10^{-4} m^2 大于 BIV 的 CV 曲线包围面积 3.083×10^{-4} m^2，BVG-3 电极的氧化还原电流是纯钒酸铋 BIV 电极的 1.12 倍，说明 BVG-3 的电子转移能力更强。图 7(b)是 $BiVO_4$ 和 BVG-3 的电化学交流阻抗图谱 IMP，由数据绘制的 IMP 图谱可知，掺杂 RGO 合成的催化剂 BVG-3 的弧形半径比 $BiVO_4$ 小，在 IMP 图谱中半径小说明反应速率大，这也说明 RGO 的掺杂能将光电子更快进行转移，能够抑制电子-空穴对的复合，从而增强复合催化剂的活性。

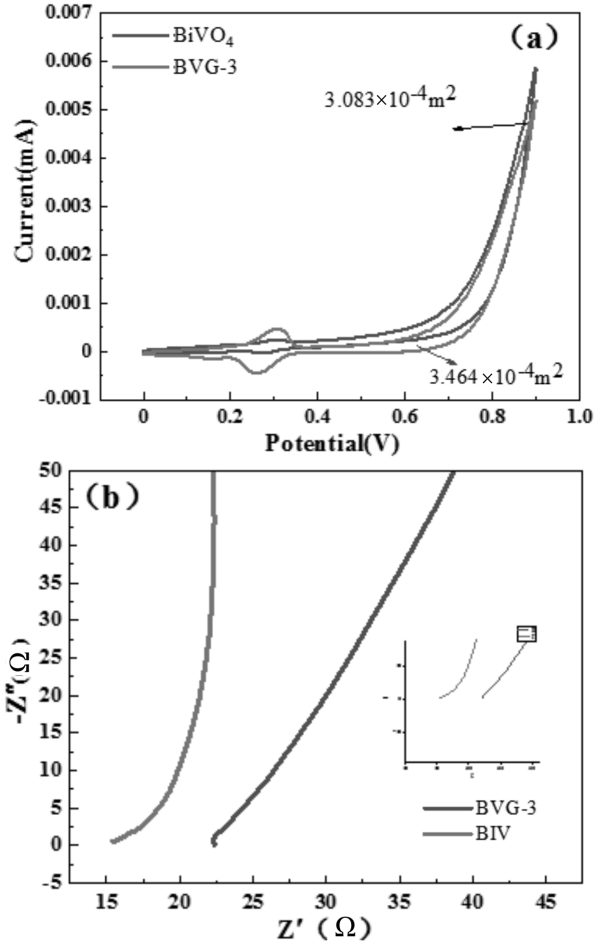


图 7　BIV 和 BVG-3 电极在 0.1 m mol/L Na_2SO_4 电解液中的循环伏安图谱(a)和电化学交流阻抗图谱(b)

Fig. 7　Cyclic voltammetry curves and electrochemical alternating impedance spectroscopy of Na_2SO_4 solution at 0.1M concentrations

2.6　光催化的影响因素

实验选择 350 W 氙灯，BIV 和 BVG-(0.25~5)样品各取 25 mg，暗反应 20 min，在光反应 60、90、120 min 取上清液测吸光度值，由图 8(a)不同 BVG-X:$BiVO_4$/RGO 降解性能对比可知，掺杂 3%石墨烯的 BVG-3 的光催化活性最高，经过 2 h 的 350 W 氙灯照射后，对 50 mL、10 mg/L 的 RhB 溶液降解率达到 96.56 %；由图 8(b)可知：当催化剂投放量从 12.5 增加到 25 mg 时，降解率从 78.85%增大到 97.84%；投放量增加至 50 mg 时降解率从 98.41%仅增加 0.06%，由此可见活性变化不大，当投放量从 50 mg 增加至 75 mg 后，降

解率却反而下降至 85.61%，造成这种现象的原因归属于过多的光催化剂在溶液造成光的分散,影响催化剂对光的吸收,所以投放量 25 mg 为最经济、最效益；图 8(c)可知,10 mg 为最佳初始 RhB 浓度;图 8(d)可知,经过 3 次重复实验,对 RhB 染料的降解率仍能达到 68 %,说明催化剂具有重复使用的价值。

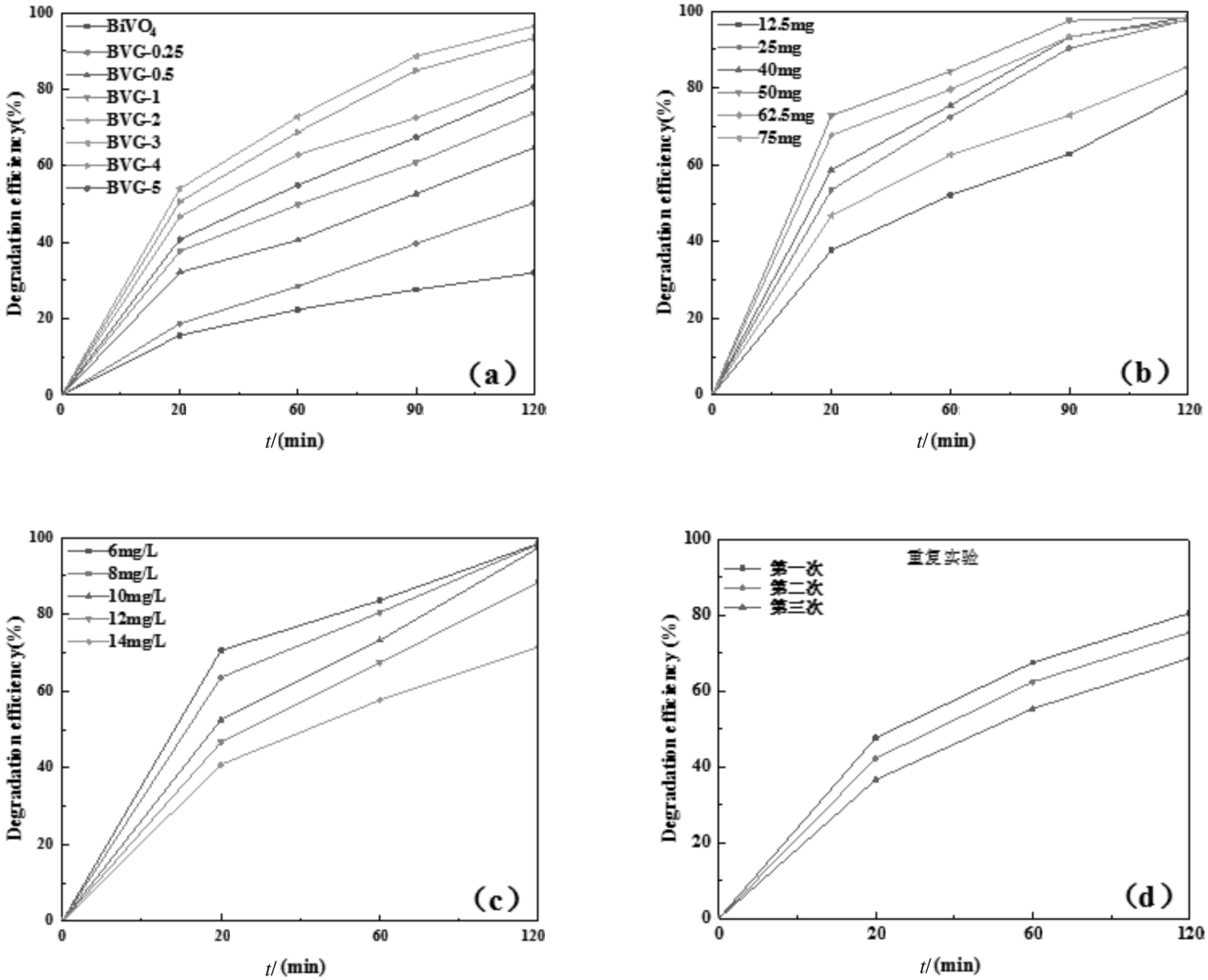


图 8 不同条件对 RhB 降解率的影响

Fig.8 Effect of on the under different conditions degradation rate of RhB

2.7 $BiVO_4$/RGO 光催化降解 RhB 的机理

图 9(a)的空白组实验表明在不同时间下降解率不高,均未超过 30%。图 9(b)为加入催化剂后降解效率均明显升高,但因不同捕获剂的存在其升高幅度有所不同。由图 8(c)可知,未加捕获剂样品在 2.0 h 降解率为 97 %。图 9(b)加入 EDTA 捕获空穴(h^+)后,2.0 h 光催化后降解率略微降低到 90.59%，加入异丙醇捕获羟基自由基（·OH),2.0 h 光催化后降解率为 86.08%。说明在降解过程中,·OH 的作用略大于空穴(h^+)。当加入 25 mg 对苯醌 BQ 后,BVG-3 催化剂降解 10 mg/L 的 RhB 溶液 120 min 降解率降到 35.23%,从而说明在 $BiVO_4$/RGO 降解过程中超氧自由基（$\cdot O_2^-$）是主要的活性物种,而空穴(h^+)和羟基自由基(·OH)主要起辅助作用。

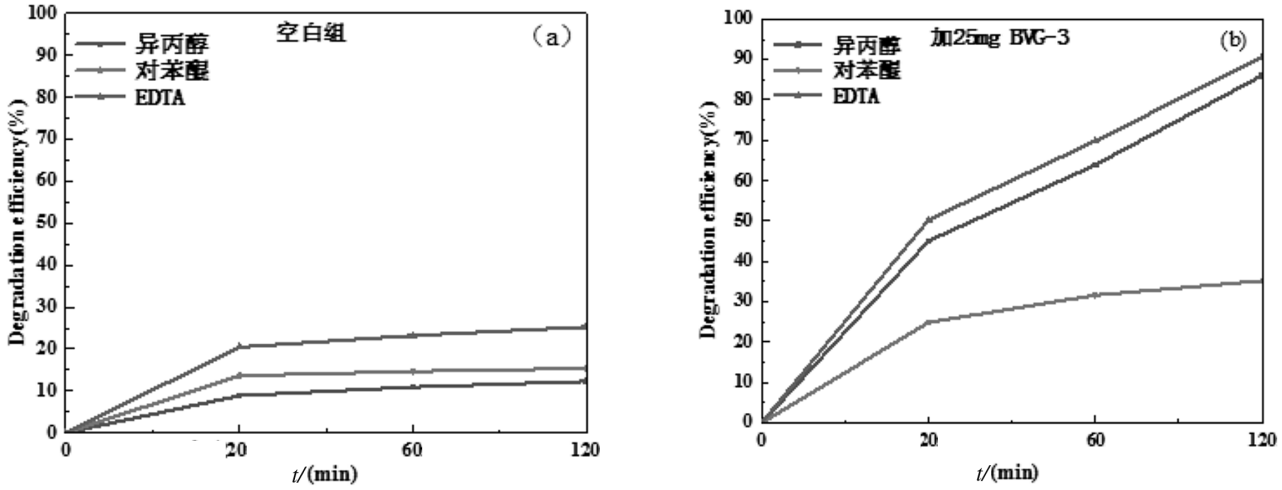


图 9　加入光催化剂前后的捕获实验对比

Fig. 9　Comparison of capture experiments before and after adding photocatalyst

3　结论

通过低温水热法制备 $BiVO_4$/RGO 复合光催化剂，XRD、SEM 表征分析结果显示：$BiVO_4$ 与 GO 复合后，$BiVO_4$ 覆盖在大部分片层 RGO 上，呈现的片层堆积结构能促进电子-空穴对的分离，且 $BiVO_4$ 的晶形没有改变；UV-vis 结果显示 $BiVO_4$/RGO 复合光催化剂可见光吸收范围明显变宽。IR 表征结果显示：BIV 和 BVG-3 在 1 577 cm^{-1} 都呈现共轭 C=C 键的伸缩振动峰，证明 GO 片层上的环氧基和 C=O 等基团发生分解，导致碳氧键断裂形成共轭 C=C 键，氧化石墨烯 GO 被还原而形成 RGO。光催化降解实验结果表明：石墨烯掺杂量为 3.0%的 $BiVO_4$/RGO，催化剂投放量为 25 mg，初始罗丹明 B 溶液为 10 mg/L，在 350 W 氙灯 2 h 的照射下，对罗丹明 B 的降解率为 96.56%，明显高于纯的 $BiVO_4$(32.08%)。$BiVO_4$/RGO 的光催化降解 RhB 过程中超氧自由基($\cdot O_2^-$)起主要作用，而空穴(h^+)和羟基自由基($\cdot OH$)起辅助作用。$BiVO_4$/RGO 不仅可以有效促进光生电荷分离，而且可以保持复合材料的强氧化还原能力。

参考文献：

[1] ULLAH S, FERREIRA N E P, HAZRA C, et al. Broad spectrum photocatalytic system based on $BiVO_4$ and $NaYbF_4$: Tm^{3+} upconversion particles for environmental remediation under UV-vis-NIR illumination[J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2019, 243:121-135.

[2] WEI Y, ZHANG Y, GENG W, et al. Efficient bifunctional piezocatalysis of Au/$BiVO_4$ for simultaneous removal of 4-chlorophenol and Cr (VI) in water [J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2019, 259:118084.

[3] YU H, HUANG B, WANG H, et al. Facile construction of novel direct solid-state Z-scheme AgI/BiOBr photocatalysts for highly effective removal of ciprofloxacin under visible light exposure: Mineralization efficiency and mechanisms[J]. Journal of Colloid & Interface Science, 2018, 522:82-94.

[4] LI W, CHEN J, GUO R, et al. Facile fabrication of a direct Z-scheme MoO_3/Ag_2CrO_4 composite photocatalyst with improved visible light photocatalytic performance [J]. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 2017,28:15967-15979.

[5] 梁芳, 史发年. 铋基双金属光催化剂合成及降解有机污染物研究进展[J].无机盐工业,2022,54(4):61-68.

[6] 石春景,董晓丽,王秀英,等.银纳米粒子沉积含有氧空位的钒酸铋能够提高其近红外光催化性能[J].催化学报, 2018, 39(1):128-139.

[7] SOUZA J S, HIRATA F, CORIO P. Microwave-assisted synthesis of bismuth vanadate nanoflowers decorated with gold nanoparticles with enhanced photocatalytic activity[J]. Journal of Nanoparticle Research, 2019, 21(2) :2-9.

[8] EDA G, CHHOWALLA M. Chemically derived graphene oxide: Towards large-area thin-film electronics and optoelectronics[J]. Advanced Materials, 2010, 22(22): 2392-2415.

[9] HIRATA M , GOTOU T , OHBA M . Thin-film particles of graphite oxide 2: Preliminary studies for internal micro fabrication of single particle and carbonaceous electronic circuits [J]. Carbon, 2005, 43(3):503-510.

[10] LOH K P , BAO Q , EDA G , et al. Graphene oxide as a chemically tunable platform for optical applications [J]. Nature Chemistry, 2010, 2(12):1015-1024.

[11] POTTS J R , DREYER D R , BIELAWSKI C W , et al. Graphene-based polymer nanocomposites[J]. Polymer, 2011, 52(1):5-25.

[12] MEI Q S , ZHANG Z P . Photoluminescent graphene oxide ink to print sensors onto microporous membranes for versatile visualization bioassays[J].Angewandte Chemie, 2012, 51 (23):5602-5606.

[13] YANG X , CHI C , WANG Y , et al. Liquid-mediated dense integration of graphene materials for compact capacitive energy storage[J]. Science, 2013, 341(6145):534-537.

[14] SUN Y , QU Y , LIU Q , et al. Highly efficient visible-light-driven photocatalytic activities in synthetic ordered monoclinic $BiVO_4$ quantum tubes graphene nanocomposites [J]. Nanoscale, 2012, 4(12):3761.

[15] 陈宽,田建华,崔兰,等.石墨烯和铅/石墨烯的合成及其表征[J]. 无机化学学报, 2012(8):1541-1546.

[16] XIA T , CHEN M , XIAO L , et al. Dip-coating synthesis of P-doped $BiVO_4$ photoanodes with enhanced photoelectrochemical performance [J]. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 2018, 93:582-589.

[17] WANG L ,DING J ,CHAI Y Y,et al.CeO_2 nanorod /g-C_3N_4 /N-RGO composite: Enhanced visible-light-driven photocatalytic performance and the role of N-RGO as electronic transfer media[J].Dalton Transactions, 2015, 44(24): 11223-11234.

[18] Fu Y S , Sun X Q , Wang X , et al. $BiVO_4$-graphene catalyst and its high photocatalytic performance under visible light irradiation[J]. Materials Chemistry and Physics, 2011, 131(1/2):325-330.

[19] 谢倩,邓爱霞,滕谋勇,等. $BiVO_4$/GO 复合光催化剂的制备及光催化性能研究[J].青岛科技大学学报(自然科学版), 2013, 34(4):347-351.

Preparation and Photocatalytic Activity of $BiVO_4$ /RGO Composite Photocatalyst

SONG Weijun, XIE Yu, HU Jiapeng, RAO Ruiye, WU Fangfang, ZHOU Rongrong, MIAO Wenhui

(School of Ecological and Resources Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

Abstrac: The $BiVO_4$/RGO composite photocatalysts was synthesized by the hydrothermal conditions. The effect of reaction condition on the physical properties and photocatalytic performance was investigated, such as the feeding amount of GO, volume of addition, initial concentration of RhB. The structure and morphology of $BiVO_4$/RGO were characterized by Scanning Electron Microscopy (SEM), X-rad Power Diffraction (XRD), Infrared Spectroscopy (IR) and Ultraviolet - visible spectroscopy (UV-vis). IR results showed that the oxygenic functional groups of GO were removed and deoxided into graphene (RGO) after hydrothermal reaction. The $BiVO_4$ nanoparticles aggregated on the surface RGO lamella in the catalysts were observed by SEM and XRD, and the addition of GO did not change the crystal structure of $BiVO_4$. These exists strong interactions between bismuth vanadate and grapheme, which makes a positive shift to band structure and a wider valance band in the compositie. As a result, the photocatalyitc activity of bismuth vanadate and grapheme was improved by the interactions of their interfaces. The photocatalytic experimental results showed that compared with $BiVO_4$, when the feeding amount of GO is 3%, $BiVO_4$/RGO showed high photocatalytic activity. When the initial concentration of RhB is 10.0 mg/L and the feeding amount of $BiVO_4$/RGO is 25.0 mg,the degradation of RhB improved from 32.08% to 96.56% after 120 min under 350W visible-light. The photoelectrochemical test confirmed that the light energy absorption range and electron migration capacity of the $BiVO_4$/RGO composite material have been improved. Through the capture experiments, it was determined that the main active species involved in the reaction during the degradation process were superoxide radical ($\cdot O_2^-$), and the mechanism of the photocatalytic degradation of the $BiVO_4$/RGO composite material was propossed.

Key words: $BiVO_4$/RGO;photocatalyst;rhodamine B;photocatalytic activity

(责任编辑:叶丽娜)

离子液体液-液微萃取鸡肉四环素 HPLC 法的检测

林志銮[1]，张传海[1]，马春华[2]，张静[2]，詹宝珍[3]

（1.武夷学院 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 茶与食品学院，福建 武夷山 354300；3.福建农林大学 食品科学学院，福建 福州 350002）

摘 要：采用超声波辅助离子液体液-液微萃取提取法从鸡肉中提取土霉素(OTC)、四环素(TC)、金霉素(CTC)、多西环素(DCC))等四环素类抗生素，并用高效液相色谱法(HPLC)测定鸡肉中 4 种四环素的含量。结果表明：以浓度 3%，萃取体积 450 μL [OMIN][PF_6]为提取剂，720 μL 丙酮为分散剂，超声提取时间为 15 min。在最优的富集条件下，鸡肉中未检出 DCC、CTC、TC 和 OTC；采用高效液相色谱法，在 12 min 内分别洗脱 DCC、CTC、TC 和 OTC，检出限分别为 0.50、0.10、0.10 和 0.10 μg/mL，DCC 的线性范围为 0.50~50 μg/mL，$r \geqslant 0.995\ 2$。可见用高效液相色谱法能满足快速检测鸡肉中的 DCC、CTC、TC 和 OTC。

关键词：四环素；鸡肉；离子液体；高效液相色谱法

中图分类号：O657.63;TS251.55 **文献标志码：**A **文章编号：**1674-2109(2022)12-0014-05

土霉素(OTC)、四环素(TC)、金霉素(CTC)、多西环素(DCC)属四环素类(TCs)抗生素，由于价格便宜和广谱抗菌性被广泛用于养殖业[1]。为此，GB 3838—2002《地表水环境质量标准》[2]和 GB 2763—2014《食品安全国家标准食品中农药残留最大限量》[3] 中对四环素的含量都有严格的规定。为此建立一种快速、准确的分离、提取和检测四环素方法显得十分重要。

实验室中对四环素的主要提取方法有：固相微萃取发[4]、超声萃取[5-6]、微波辅助萃取[7]、离子液体富集[8]等方法。离子液体(ionic liquid)具有萃取和分离弱极性、非极性、极性物质的能力，广泛应用于天然产物提取[9]。对均相萃取、异相分离的特点，可实现连续操作、易于放大等优点，广泛应用与对抗生素、农残、兽残的富集、提取[10-11]。

论文建立离子液体液-液微萃取超声波辅助提取法从鸡肉中提取 4 种四环素类抗生素，并用高效液相色谱法(high-performance liquid chromatography,HPLC)测定。探讨离子液体种类、用量，分散剂种类、用量，超声波时间对鸡肉中的四环素萃取的影响，通过 HPLC 法测定鸡肉中四环素的含量，以期为鸡肉中痕量/超痕量四环素类抗生素的分离富集提供一种新方法。

1 检测实验

1.1 材料与试剂

鸡肉：散装鸡肉购于武夷山某超市。

1.2 标准品与试剂

四环素(TC)，土霉素(OTC)，北京百灵威科技公司，

收稿日期：2021-12-01

基金项目：福建省科技厅闽北特色中药材栽培关键技术在产业扶贫中的应用示范与推广大项目(2018L3018)；南平市科技局闽北区域多花黄精种质资源保护与开发利用项目(N2020Z013)。

作者简介：林志銮(1981-)，男，汉族，高级实验师，主要从事天然产物研究与开发、色谱分析。

通讯作者：张传海(1965-)，男，汉族，博士，教授，主要从事天然产物研究与开发。

纯度 98%;多西环素(DCC),金霉素(CTC),美国 Aladdin 公司,纯度 90%;甲酸,乙腈,国药集团,色谱纯;甲醇,乙醇,丙酮,国药集团,1-丁基吡啶四氟硼酸盐([Bupy][BF_4])、溴化 1-辛基-3-甲基咪唑([OMIM]Br)、1-丁基-3 甲基咪唑六氟磷酸盐 ([OMIn][PF_6]),美国 Aladdin 公司,分析纯。实验用水为纯净水。

1.3 主要仪器设备

1260 高效液相色谱系统;C_{18} 色谱柱 (T_C,4.6 mm×150 mm,5 μm),美国安捷伦科技有限公司;TGL-21M,高速冷冻离心机,湖南湘仪实验室仪器开发责任公司;DHG-9071A,电热恒温鼓风干燥箱,上海精宏实验设备有限公司;ME55/05,分析天平,上海梅特勒-托利多仪器公司;S6H,超声波清洗机,厦门致微仪器公司。

1.4 溶液的配制

标准液的配置:准确称取 DCC、CTC、TC、OTC 标准品各 0.01 g,溶解后转移到 10.00 mL 的容量瓶中定容,即为 10.00 mg/mL。实验中所需的标准溶液均由该标准母液适当稀释后配制。

1.5 实验方法

1.5.1 色谱条件

流动相:*A* 为 0.20%甲酸水溶液,*B* 为水。洗脱程序流速:1.00 mL/min;柱温:26 ℃;检测波长:350 nm,进样体积:10 μL。

表 1 洗脱程序

Tab.1 Elution procedure

洗脱时间/min	*A*:*B*
0	12:88
2	20:80
6	23:77
10	23:77
15	12:88
18	12:88

1.5.2 工作曲线测定

准确配制 DCC、CTC、TC、OTC 混合母液的浓度:0.50~50 μg/mL,按照 1.5.1 色谱条件进行进样。以 DCC、CTC、TC、OTC 峰面积为纵坐标,DCC、CTC、TC、OTC 浓度为横坐标建立方程,并获得相关系数 *R*。

1.5.3 样品前处理

鸡肉经过搅碎均质处理后,准确称取 10.00 g 鸡肉样品,加入 20.00 mL 0.20%甲酸水溶液,在功率为 100 W 条件下超声辅助提取 30 min 后,粗提液减压抽滤,转移到 50 mL 容量瓶中定容。准确移取 9.00 mL 粗提液于离心管中,加入 450 μL 3.00%的离子液体与 720 μL 丙酮,使用超声辅助提取,提取时间 15 min,功率 100 W。以 4 000 r/min,4 ℃放入冷冻离心机中离心 8 min。取底部溶液 1.00 mL,过 0.45 μm 滤膜,待测。

1.5.4 萃取剂的选择

按照 1.5.2 实验步骤,讨论加入不同的离子液体([OMIn][PF_6]、[OMIM]Br、[Bupy][BF_4])及不同的分散剂(甲醇、丙酮、乙腈、乙醇)进行微萃取对 4 种四环素萃取的影响。

1.5.5 单因素实验

按照 1.5.2 实验步骤,讨论加入不同的离子液体体积分数(1%、2%、3%、4%、5%),不同的分散剂用量(480、600、720、840、960 μL)、不同的微萃取时间(5、10、15、20、25 min)、不同的超声功率(50、75、100、125、150 W)对 4 种四环素萃取进行考察和分析,重复 3 次取其平均值,确定适宜的提取条件。

1.5.6 方法学实验

样品加标回收率实验:取鸡肉 6 份,向其中 5 份加入浓度为 50 μg/mL,10 mL 的混标准,按照 1.5.2 实验步骤进行提取,按照 1.5.2 实验步骤进行测定,计算样品加标回收率。稳定性试验:按照 1.5.2 实验步骤对鸡肉中四环素进行提取,按照 1.5.1 实验步骤进行测定,重复进样 6 次,计算其 RSD%。重现性实验:按照 1.5.2 实验步骤进行,对鸡肉中的四环素进行平行提取 6 次,并按照 1.5.1 洗脱条件下进行测定。最小检测限试验:在最低检出浓度下测定 6 次,根据 3 倍的信号/噪声来计算 4 种四环素的最小检出限。

2 实验结果与讨论

2.1 四环素分离及标准曲线的测定

2.1.1 4 种四环素分离效果

按照 1.5.1 实验步骤,在此色谱洗脱的程序下,土霉素、四环素、金霉素、多西环素这 4 种四环素得到比较好的分离效果。其中 4 种四环素在 12 min 都出峰完毕,且全部基线分离。

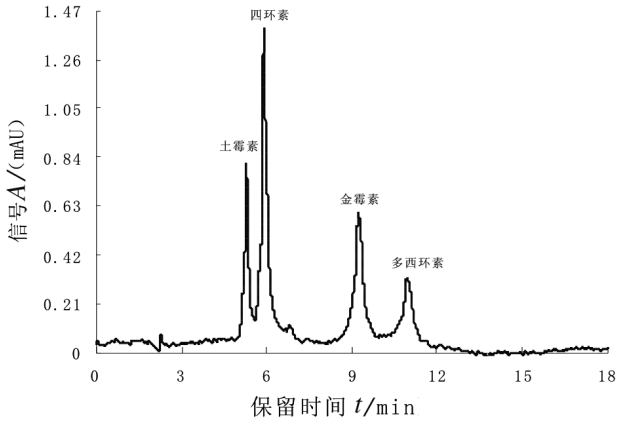


图 1　4 种四环素分离效果图

Fig.1　Four kinds of tetracycline separation diagram

2.1.2　工作曲线的测定

在 1.5.1 实验步骤下测定 DCC、CTC、TC 和 OTC 线性方程。实验结果表明:在 12 min 内能分别洗脱 DCC、CTC、TC 和 OTC。其线性范围为 0.50~50 μg/mL,$R \geqslant 0.995\ 2$。其中 DCC 的线性方程为 $Y=14.678X+8.632\ 1$,$R=0.998\ 7$;CTC 的线性方程为 $Y=22.423X+27.087$,$R=0.995\ 2$;TC 的线性方程为 $Y=11.303X+14.53$,$R=0.995\ 4$;OTC 的线性方程为 $Y=1.3293X+1.851$,$R=0.995\ 3$。

2.2　不同离子液体对 4 种四环素萃取的影响

考察 3 种离子液体 ([OMIn][PF_6]、[OMIM]Br、[Bupy][BF_4]) 对 DCC、CTC、TC、OTC 的萃取效果影响。结果如图 2 显示,CTC、TC、OTC 和 DCC 的经过 3 种离子液体进行微萃取后,[OMIn][PF_6]对四环素(TC),多西环素(DCC),金霉素(CTC)这 3 种四环素的萃取效果最好, 分别是 0.20、0.58、0.49 μg/mL, 但对土霉素(OTC)的萃取并不是最佳,综合以上萃取数据,采用分[OMIn][PF_6]作为萃取剂。

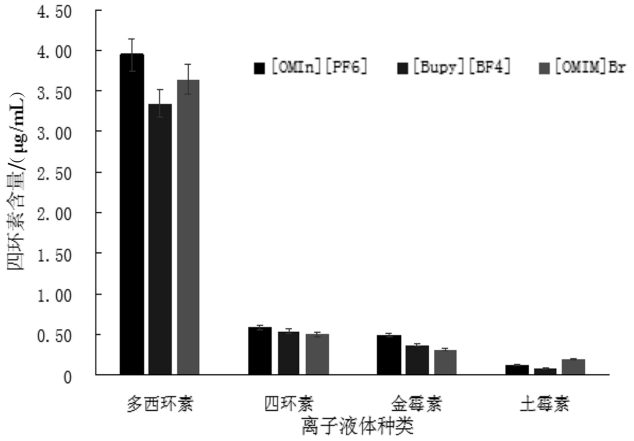


图 2　不同离子液体对 4 种四环素萃取影响

Fig.2　Effect of different ionic liquids on extraction of four tetracyclines

2.3　分散剂种类对 4 种四环素萃取的影响

考察 4 种分散溶剂(甲醇、丙酮、乙腈、乙醇)对土霉素、四环素、金霉素和多西环素的萃取效果的影响。实验结果如图 3 显示,选择丙酮作为分散剂,离子液体的萃取效率最高,此时 4 种四环素的检出量分别为 0.54、0.61、0.26、0.26 μg/mL。因此,选择丙酮作为最佳分散提取剂。这个可能的原因是甲醇、乙醇、乙腈的极性比较大,丙酮的极性相对以上 3 种分散剂来的小,4 种四环素分散在丙酮中的效果比较好。

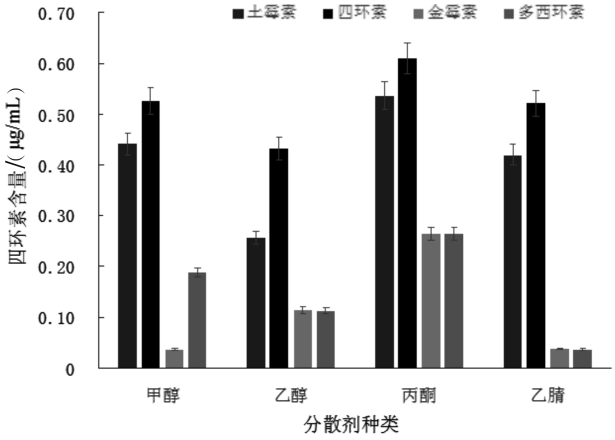


图 3　分散剂种类对 4 种四环素萃取影响

Fig.3　Effect of dispersants on extraction of four tetracyclines

2.4　单因素实验

2.4.1　离子液体浓度的优化

考察不同的[OMIn][PF_6]离子体积分数(1%,2%,3%,4%,5%)对土霉素、四环素、金霉素和多西环素的萃取效果。结果如图 4 显示,当体积分数逐渐增加到 3%,萃取效率会达到最高值。此时,4 种四环素的含量为 0.48、0.73、5.23 、3.35 μg/mL。因此[OMIn][PF_6]离子体积分数最佳萃取浓度为 3%为优。

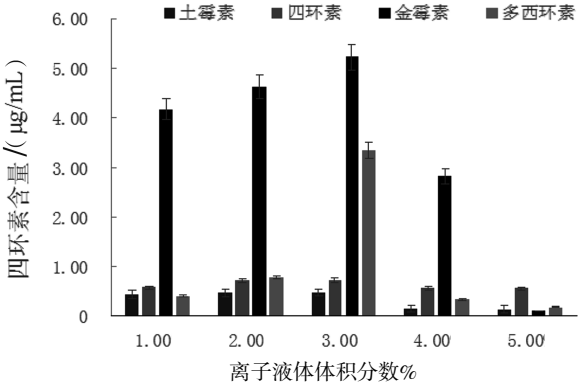


图 4　离子液体体积分数对 4 种四环素萃取影响

Fig.4　Effect of ionic liquid concentration on extraction of four tetracyclines

2.4.2 分散剂用量的选择

考察不同的丙酮分散剂用量(480、600、720、840、960 μL)对土霉素、四环素、金霉素和多西环素的萃取效果的影响。实验结果如图 5 显示,当分散剂用量为 720 μL 时, 萃取效果最好,4 种四环素的检出量都达到最大,分别为 0.59、0.47、15.46、9.29 μg/mL。因此分散剂丙酮用量是 720 μL 为佳。

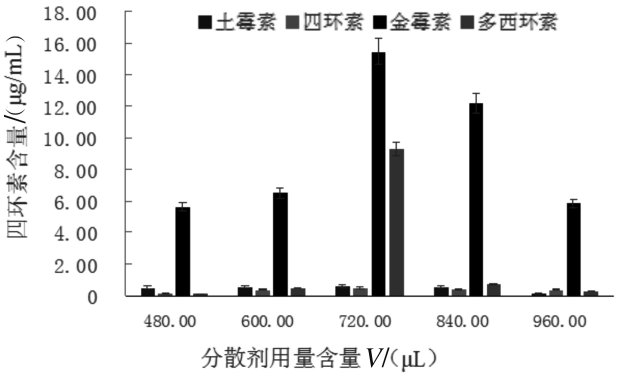


图 5 分散剂用量对 4 种四环素萃取影响

Fig.5 Effect of dispersant dosage on extraction of four tetracyclines

2.4.3 萃取时间的优化

考察不同的萃取时间(5、10、15、20、25 min)对土霉素、四环素、金霉素和多西环素的萃取效果的影响。结果如图 6 显示,当萃取时间为 15 min 时,萃取效率最好, 这个时候的四种四环素的检出量都达到最大,分别为 0.50、0.56、0.66、1.39 μg/mL。但当时间超过 15 min 时,萃取效率反而降低,这个可能是鸡肉中的 4 种四环素经过超声辅助提取后慢慢溶解出来, 当超声波时间为 15 min 溶解达到最大,超过 15 min 后,由于超声时间太久导致四环素被超声破坏,鸡肉中四环素含量降低。所以萃取时间为 15 min 为优。

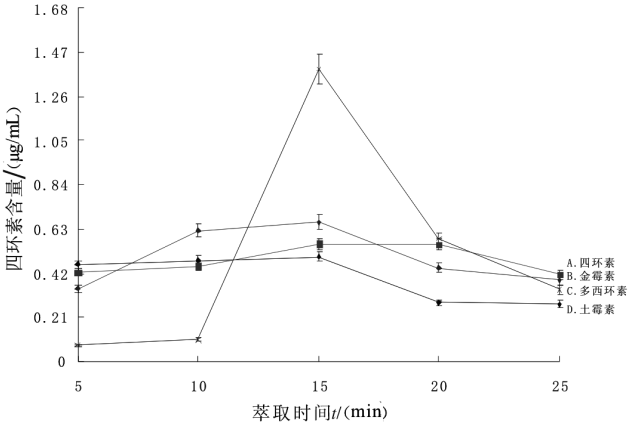


图 6 超声时间对 4 种四环素萃取影响

Fig. 6 Effect of ultrasonic time on extraction of four tetracyclines

2.5 方法学试验

样品加标回收率试验:取鸡肉 6 份,向其中 5 份加入浓度为 50 μg/mL,10 mL 的混标准,按照 1.5.2 实验步骤进行提取和测定,计算样品加标回收率。实验结果表明:4 种四环素的样品加标回收率在 80.70%~112.10%时间。

稳定性试验: 按照 1.5.2 实验步骤对鸡肉中四环素进行提取,按照 1.5.1 实验步骤进行测定,重复进样 6 次,计算其 RSD 值为 3.78%。重现性试验:按照 1.5.2 实验步骤进行, 对鸡肉中的四环素进行平行提取 6 次, 并按照 1.5.1 洗脱条件下进行测定。计算其 RSD 值为 1.32%。最小检测限试验:在最低检出浓度下测定 6 次,根据 3 倍的信号/噪声来计算 4 种 DCC、CTC、TC、OTC 的检出限分别在 0.50、0.10、0.10、0.10 μg/mL。

表 2 四种四环素的样品加标回收率(n=5)

Tab.2 The recoveries of four tetracycline samples were determined (n=5)

名称	标准加入量/μg	检测值 1/μg	检测值 2/μg	检测值 3/μg	检测值 4/μg	检测值 5/μg	样品加标回收率%
DCC	10.00	9.42	80.17	8.95	10.21	10.70	84.70~100.70
CTC	10.00	9.12	8.07	9.15	9.21	10.17	80.70~101.70
TC	10.00	8.32	9.12	10.95	8.21	9.70	82.10~109.50
OTC	10.00	9.95	8.31	10.13	11.21	11.70	83.10~112.10

3 结论

利用[OMIN][PF_6]离子液体和超声波辅助提取法从鸡肉中提取 4 种四环素类抗生素(土霉素(OTC)、四环素(TC)、金霉素(CTC)、多西环素(DCC)),并采用高效液相色谱法测定 DCC、CTC、TC 和 OTC。实验结果表明:以浓度为 3%萃取体积为 450 μL [OMIN][PF_6]提取剂,720 μL 丙酮为分散剂, 超声提取时间为 15 min。在最优的萃取条件下, 用高效液相色谱法测定鸡肉 4 种四环素,发现 DCC、CTC、TC 和 OTC 未检出;在 12

min 内分别洗脱 DCC、CTC、TC 和 OTC。DCC、CTC、TC 和 OTC 的检出限分别为 0.50、0.10、0.10 和 0.10 μg/mL。DCC 的线性范围为 0.50~50 μg/mL,$r \geqslant 0.995\ 2$。实验结果表明:用高效液相色谱法能满足快速检测鸡肉中的 DCC、CTC、TC 和 OTC。

参考文献:

[1] 王良,闫永胜,朱文帅,等.离子液体溶剂浮选-光度法测定水中痕量四环素类抗生素 [J]. 分析化学研究报告,2009(37):72-76.

[2] 国家环境保护总局. 地表水环境质量标准:GB 3838—2002[S].2002.

[3] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 中华人民共和国农业部. 食品安全国家标准食品中农药残留最大限量:GB 2763—2014[S].2014.

[4] 庞昕瑞,曾鸿鹄,梁延鹏,等.固相萃取-超高效液相色谱-串联质谱法测定地表水中 10 种磺胺类抗生素残留[J].分析科学学报,2019(4):461-466.

[5] PAN X , QIANG Z M , BEN W W , et al. Simultaneous determination of three classes of antibiotics in the suspended solids of swine waste water by ultrasonic extraction,solid-phase extraction and liquid chromatography-mass spectrometry[J]. Journal of Environment Science,2011(10):1729-1737.

[6] 梅英杰,史新宇,董瑾,等.超高效液相色谱-串联质谱法同时检测鸡肉中氯霉素、四环素、金霉素和土霉素[J].食品与发酵工业,2017,43(8):240-245.

[7] 倪永付,朱莉萍,王勇,等.微波辅助萃取-液相色谱-串联质谱法检测猪肉中四种氟喹诺酮类药物残留[J].肉类工业,2012(9):42-44.

[8] 张英,丁健桦,向虹霖,等.离子液体-分散液液微萃取/高效液相色谱法用于猪肾脏中 3 种四环素类抗生素的检测[J].分析测试学报,2017,36(11):1352-1356.

[9] 左琳,敖先权,郭妤,等.咪唑类离子液体提取天然产物的应用研究[J].食品工业科技,2019,40(23):324-330,336.

[10] 金雁,姜莉,赵颖,等.高效液相色谱法测定畜禽肉中四环素族抗生素的残留量[J].沈阳师范大学学报(自然科学版),2006,24(2):218-220.

[11] 叶能胜,谷学新,张琦.固相萃取-高效液相色谱法检测牛奶和猪肉中 5 种 β-内酰胺类抗生素[J].分析试验室,2010,29(6):73-77.

Determination of Four Tetracyclines in Chicken by Ionic Liquid Liquid-Liquid Micro Extraction Combined With High-Performance Liquid Chromatography

LIN Zhiluan[1], ZHANG Chuanghai[1], MA Chunhua[2], ZHANG Jin[2], ZHAN Baozhen[3]

(1.Key Laboratory of Green Technology for Ecological Industry of Fujian Province,Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300; 2. School of Tea and Food ,Wuyi University,Wuyishan, Fujian 354300; 3.School of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002)

Abstract: Four tetracyclines (OTC,TC,CTC,DCC) were extracted from chicken meat by ultrasonic-assisted extraction and dispersive Ionic liquid-assisted micro extraction, and the contents of four tetracyclines in chicken meat were determined by HPLC. The results showed that 1-butyl-3-methylimidazolium was extracted with 3.00% concentration and 450 μL of [OMIn][PF6],720 μL of acetone was used as dispersant and the extraction time was 15 min. Under these conditions, no DCC,CTC,TC and OTC were detected in chicken meat. DCC,CTC,TC and OTC were all eluted within 12 min by HPLC.The detection limits of DCC,CTC,TC and OTC were 0.50,0.10,0.10,0.10 μg/mL respectively. The linear range of DCC was from 0.50 to 50 μg/mL, $R \geqslant 0.995\ 2$. The results showed that the DCC,CTC, C and OTC in chicken meat could be detected rapidly by HPLC.

Key words: tetracycline; chicken; ionic liquids; high-performance liquid chromatography

(责任编辑:叶丽娜)

武夷学院植物信息平台的建设与实现

李焰焰，康勋杰，聂传朋 *，史凌珊

（武夷学院 茶与食品学院，福建 武夷山 354300）

摘　要：武夷学院植物信息平台基于 Web 上进行搭建，同时利用 MySQL 及 PHP 语言进行开发。在植物信息采集鉴定基础上，搭建武院植物、武院标本馆、草木记等模块。为校园植物的信息化管理提供平台，为学生和教师等学习、科普、传播植物文化提供平台，同时也为校园植物管理优化更新提供信息服务。

关键词：校园植物信息平台；植物数据库；信息化技术；武夷学院

中图分类号：Q94　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1674-2109(2022)12-0019-07

1　校园植物信息化发展概况

植物信息化是指以现代信息技术手段为基础，将植物作为研究对象，提取各个属性且将其数字化和结构化。植物信息化给人们工作、生活或学习带来了极大的便捷[1-2]，主要体现在植物管理和保护、植物资源调查和研究及植物资源信息化的利用等方面。随着信息和网络高速发展，植物信息化在各个方面的应用越来越多，其应用和发展得以相互提升促进[3]。

校园植物信息化是指将校园的植物进行调查和研究，分析和整合成可见的数据及信息，供学习研究及使用，且这些关于植物的数字化教育具体体现在许多高校校园内的植物信息化的技术和应用。校园植物是校园环境建设中尤为重要的一环，作为校园大环境的建设的重要组成部分，主要负责营造校园的景观及美化校园环境。除此之外，校园植物也在校园文化建设和教育教学中提供丰富的资源，因此积极开发饱含校园文化和教育教学特性的校园植物，使其有利于在校园环境中塑造和影响学生[4]。

在大学构建一个校园植物信息系统现存的方法有很多，例如最普遍使用的植物挂牌[5]、编写校园内的植物名录[6]、制作植物位置地图等，但是这些方法皆存在系列不足，难以构建出一个高效、智慧、全面、合理的校园植物信息系统。植物挂牌对校园植物知识的科普起到较好的效果，也存在着较多的缺点，如挂牌的使用年限问题，资源的浪费问题，还有针对植物种类繁多、草本藤本等不能有效利用挂牌。编写植物手册的方法更为繁琐，从前期的收集鉴定到后期的编写，再到最后的出版印刷等，都需耗费非常多的人力、物力及财力，同时手册的使用针对人群也受限制。植物位置地图可以有效解决上述繁琐和使用人群受限制的问题，但对于以植物种类繁多的校园进行植物点定位和地图实测有巨大的工作量。所以构建一个高效、智慧、全面、合理的校园植物信息系统，并让这个系统高效运作并方便使用是一个有待探讨的问题[7]。

迄今为止，有关校园植物资源网络信息化的研究，大多数还是集中在对校园植物区系特征、配置分析和种类应用等方面。现在也有许多高校在校园植物资源网络信息化方面的发展上迈出一大步且做了相

收稿日期：2021-07-24

基金项目：福建省级一流专业建设点(园艺)(SJZY2020002)；福建省中青年教师教育科研项目(科技类)(JT18054270)；武夷学院虚拟教研室项目、武夷学院 1+*X* 职业技能证书试点项目(ZS202201X)。

作者简介：李焰焰(1976-)，女，汉族，博士，教授，主要从事植物学、园艺学的研究。

通讯作者：聂传朋，教授，研究方向为生态学。

应建设,如华南师范大学校园植物网(http://life.scnu.edu.cn/biology/scnuplant/),安徽大学校园植物网(http://plants.ahu.edu.cn/main.psp)等。虽已应用在理论教学和宣传文化等方面,然而也存在一些不容忽视的不足,如平台内容及功能单一、缺乏植物位置分布数据、缺少与使用者互动,难以让使用者方便且有效利用[8]。

校园像是一个“大公园”,由地形、植物、建筑小品等构景要素所组成[9]。植物在这些构景要素中是最具重要和兼具很多功能的一个要素,具有调节气候、保护环境、美化校园等功能。同时校园内的植物也是可利用的课程资源,如何利用网络、多媒体、空间信息技术来提高植物资源利用率是值得思考的问题。搭建校园内植物资源的信息化平台,是一个很有效的方法,对教育教学具有多种作用及意义:首先,有利于学生对所学植物知识的加深记忆、理解并能应用自如;其次,有利于促进园林树木学、植物学、花卉学和植物保护学等课程的建设及提供教育教学的素材,方便理论及实践;最后,植物信息化还有利于全面且更好地展示校园植物,对科普和教育有推进作用[10]。因此建设出科学有效的校园植物信息化平台,把校园这一座“植物馆”开发利用好,对于教学、科普等有着不可或缺的作用[11-12]。

2　武夷学院植物信息平台建设方法

武夷学院植物信息平台的建设步骤主要包括前期植物信息的采集和鉴定、植物信息平台的功能及模块设计构思、武夷学院植物信息平台建成及调试、武夷学院植物信息平台互动应用。

2.1　武夷学院植物信息的采集和鉴定

校园的植物调查主要有两大部分,分为校园实地调查和校内所藏的植物标本整理。以道路为分界线,对整个校园进行划分,共划分七个大区域,方便后续整理植物信息资料和上传资料。对校园的实地调查开设时间为 2020 年 11 月下旬,主要对校园道路的行道树进行分类及调查。采用枝剪、单反相机、白布、地图、记号笔和粉笔等调查工具,对校园行道树进行普查,做调查记录和留存照片。采集信息以校园道路线路为基础,如兴贤路、屏山路、仁智路、云谷路和瑞樟路等。在调查过程中对道路同种的园林植物进行筛选,作为该道路园林树木的代表[13]。对代表树种进行整体从基部到树冠或园林植物四季变化的拍摄,对于该植物的花、果、树叶和枝干等形态特征或其在生长周期内进行的形态特征变化也分别进行拍摄,同时对于该园林植物的地理位置进行标记。采集以上的信息进行留存,在后期对其进行筛选制作,如挑取效果最好的照片、利用 LR、PS 等软件进行照片优化和剪裁、给每一种植物进行分类分组记录花、果、枝叶等图像信息和文字信息以及该植物的位置信息[14-15],最后分类鉴定。对于校园所藏的植物标本也做相同处理,分别为标本信息整理记录、照片采集和信息整合。

2.2　武夷学院植物信息平台的功能及模块设计

武夷学院植物信息平台模块主要包括,“首页”“校园地图”“武院植物”“武院标本馆”“草木记”“植物论坛”和“平台链接”。其中在“首页”中具有两个推荐位和一个关于武夷学院的简介及导航条等。两个推荐位分别为“草木记”和“武院植物”可以对这两个模块置顶及推荐一些优质文章和特色植物放于首页,便于使用者快速地阅读和浏览一些精彩内容。同时也在首页介绍武夷学院植物信息平台的建设历程和其主要内容及功能作用。

“校园地图”和“武院植物”是网站的核心模块,其作用主要是为使用者提供校园植物资源地图检索和校园已有植物查询。在校园地图模块,将学院划分为几个区域,在这些区域中的乔木、灌木等植物通过人工和 GPS 相结合定位标注在区域图中。使用人员在操作时,通过校园植物资源地图,点击各个区域的地图,可以清晰地看到每个区域拥有的植物,也带有这些植物的属性信息,进而在植物库中检索到该种植物,同时也可以通过标注的坐标在校园中找到实物。除此之外,同时建立另外一数据库“武院植物标本”,该数据库中主要收藏学院中老师和学生制作的标本,并将这些标本进行图像化和信息化,录入在数据库中,这样可以方便使用者在查看标本时,减少线下查询搜索的麻烦,而只需在信息平台中通过检索栏进行搜索便可找到有关的标本及信息,以做到数字化标本。“草木记”也是武院植物信息平台的另一特色,其目的在于建设一个展示及存放优质文章的栏目。在这一栏目中

可以进行转载优质文章或由老师审稿接收学生和老师的优质文章进行投放到该栏目下,在后期也可设置一些特殊频道,例如植物知识科普、武院四季等,在植物知识科普中可以组织专业相关的学生或老师进行一起编写,分期发布,以达到后期也可作为全学校学习植物知识的一种方式。

2.3 武夷学院植物信息平台搭建的相关技术

对武夷学院植物信息平台搭建所使用到的相关技术及软件有 MySQL、PHP 语言、Dreamweaver、WampServer 等。

3 武夷学院植物信息平台建设结果与分析

校园内植物信息采集,一共整理收录 125 种园林植物,目前录入平台的有校园行道树 25 种,其他的植物也陆续进行收集整理并实时更新。在此次对校园的植物信息采集调查共历经一个季节, 达到预期目标,得到校园内行道树、各个校园区域的植物信息,对于其他三个季节,也将在后续几年内进行,对这些已采集的植物进行补录信息, 例如各个季节的树叶变化、花果的形态变化等信息进行补录。在标本资源的信息化采集板块,也整理收录 100 余种植物的标本,共有 66 科 89 属,其中被子植物 74 种、裸子植物 8 种、蕨类植物 17 种。同时也可从这些数据看出校园内的植物缺乏多样性,此结果可以对以后学校校园绿化工作中丰富植物多样性起到一定的推动作用。

3.1 武夷学院植物信息平台的搭建

武夷学院植物信息平台的建设主要基于 B/S 架构下用 PHP 语言和 MySQL 数据库而设计出一个高效、智慧、全面、合理的校园植物信息平台系统。PHP 语言指的是在服务器的执行端中运行的一种通用开源脚本语言,其拥有超级文本预处理语言功能,可以利用来开发动态网页[16]。因此基于 B/S 架构下用 PHP 语言编写的动态网站,能够使动态网站相对传统中的静态网站更符合人的需求,做到安全快捷。同时也利用相对 ACCESS 数据库安全性能更加良好的 SQL 数据库,作为后台数据存储和写入的“仓库”[17]。所以基于 B/S 架构下用 PHP 语言和 MySQL 数据库编写的校园植物信息平台系统可以容纳较多的资源信息,同时也为这些植物资源信息提供安全保障。

在对动态网站的前端进行开发时,采用微软公司的 Dreamweaver,该软件对于整个 Web 前端(网页前端)的开发和设计,起到一个编排和设计界面的作用,让整个用户界面的设计和编排更加自如[18]。

同时该系统包含一个网站后台管理系统,能向前端提供数据亦能接收前端所提供的数据,并保存到所链接的数据库中去。在平台搭建的部分中,分别完成前端、后端(网站管理系统)和数据库的搭建。首先,在武夷学院植物信息平台网站后台管理系统使用管理员账号密码登录程序, 确保整个系统的安全得到保证;其次,在网站的数据库编写中主要完成各个板块栏目下的数据表,同时也将数据库与网站系统进行关联,做到数据的输入和输出;最后,具体的页面及数据库中的数据表见下文。管理系统登录界面如图 1 所示,网站管理系统的操作界面如图 2 所示。

图 1 网站管理系统登录界面

Fig.1 Web site management system login interface

图 2 网站管理系统的操作界面

Fig.2 Web site management system interface

植物信息浏览、植物信息查询、植物信息编辑、植物信息管理和植物信息发布等具体的功能结构图如图 3 所示。植物信息平台建设的另一关键在于数据库的设计,而数据库是要根据所建设系统的功能需求来完善设计,并且数据库是否完善决定整个系统的运作

性能[19]。数据流程图如图 4。

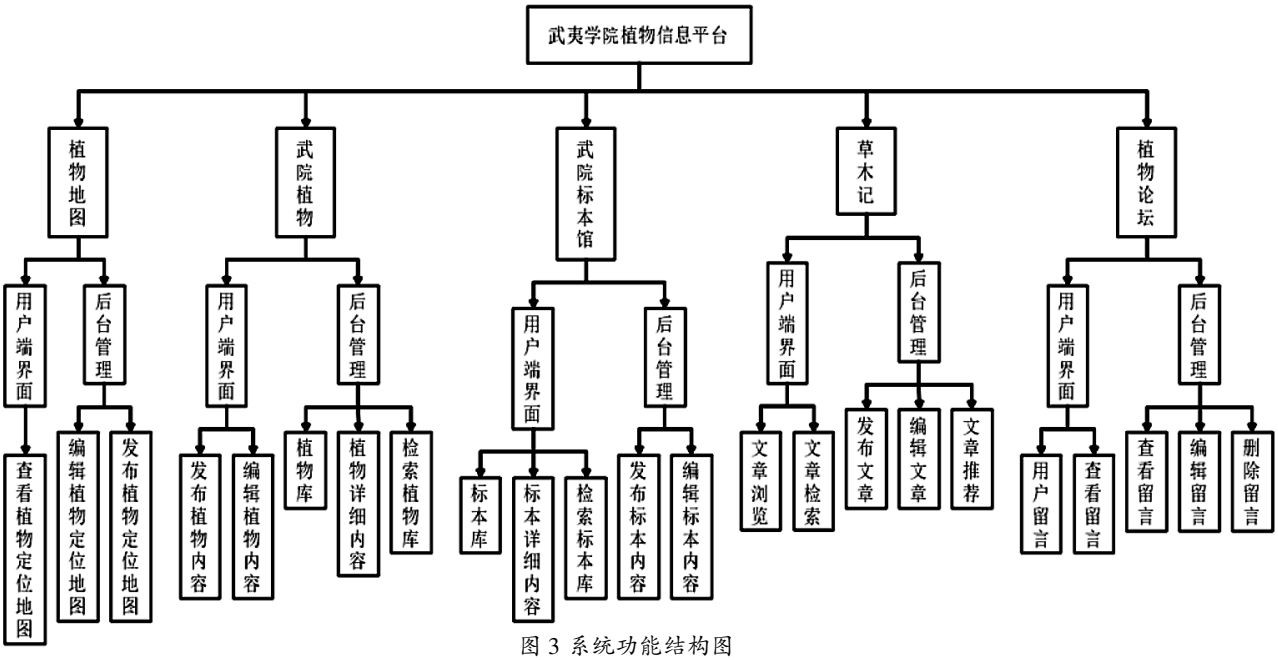


图 3 系统功能结构图

Fig.3 System function structure diagram

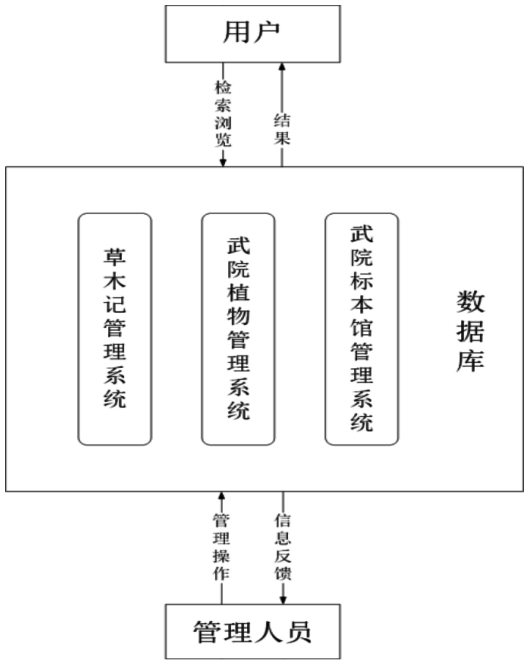


图 4 数据流程图

Fig.4 Data flow diagram

完成对植物信息平台的基本搭建,最后一步就是上传前期所采集经过鉴定后的植物信息,其包括文字信息、图片信息等。

3.2 植物地图

在进入植物地图栏目后,师生可以获取与植物位置等相关的各种信息。整个武夷学院被划分为七个板块区域,每个板块标注植物位置信息,同时上面也标注有山林、水系、建筑和道路等。师生可以通过板块区域上标注的位置信息准确地寻找所需要的植物,符合所构思的“地图至植物”目标。武夷学院区域划分如图 5。

图 5 武夷学院区域划分

Fig. 5 Regional division of Wuyi University

注:引用自天地图,审图号:GS(2021)3715 号。

3.3 武院植物

武院植物为校园植物信息库,是武夷学院植物信息平台建设的重点之一。在进入武院植物栏目后右上方可以以科、属、种名等的方式在校园植物信息库种进行检索。同时也在首页编写四个推荐位,用来放置校园内的明星植物。数据库结构共有九个字段,分别可以写入植物 ID、标题、来源、发布日期、缩略图、关键字、描述和内容等。武院植物栏目界面如图 6,植物信息数据表的结构如表 1。

图 6 武院植物栏目界面

Fig.6 Plant column interface of Wuyi University

表 1 植物信息数据表结构

Tab.1 Structure of plant information data table

序号	字段名	数据类型	排序规则	含义
1	ID	Int(11)		植物 ID
2	Title	Varchar(50)	utf8_general_ci	标题
3	Comefrom	Varchar(20)	utf8_general_ci	来源
4	Pubate	Varcha(20)	utf8_general_ci	发布日期
5	Thumbnail	Varchar(100)	utf8_general_ci	缩略图
6	Keywords	Text	utf8_general_ci	关键字
7	Description	Text	utf8_general_ci	描述
8	Content	Text	utf8_general_ci	内容
9	Posid	Varchar(50)	utf8_general_ci	推荐位

3.4 武院标本馆

武院标本馆也类似武院植物一样搭建数据库,编写成独立栏目。在此栏目下也可以用科、属、种名等方式检索到制作的植物标本图片。该栏目也可以变为学生学习和欣赏标本的地方。该数据表结构共有 7 个字段,分别可以写入标本 ID、标题、来源、发布日期和内容等等。其武院标本馆栏目界面如图 7,标本信息数据表如表 2。

图 7 武院标本馆栏目界面

Fig.7 Herbarium column interface of Wuyi University

表 2 植物标本信息数据表结构

Tab.2 Structure of plant specimen information data table

序号	字段名	数据类型	排序规则	含义
1	ID	Int(11)		标本 ID
2	Title	Varchar(50)	utf8_general_ci	标题
3	Comefrom	Varchar(20)	utf8_general_ci	来源
4	Pubate	Varcha(20)	utf8_general_ci	发布日期
5	Keywords	Text	utf8_general_ci	关键字
6	Description	Text	utf8_general_ci	描述
7	Content	Text	utf8_general_ci	内容

3.5 草木记

草木记是集美文、科普和特色频道为一体的优质文章展示栏目。同时也具备推荐位,可在表中写入,将一些优质文章放置在首页中,供读者浏览。其中草木记数据表结构如表 3。

表 3 草木记数据表结果图

Tab.3. Result diagram of record of plants data sheet

序号	字段名	数据类型	排序规则	含义
1	ID	Int(11)		文章 ID
2	Title	Varchar(50)	utf8_general_ci	标题
3	Comefrom	Varchar(20)	utf8_general_ci	来源
4	Pubate	Varcha(20)	utf8_general_ci	发布日期
5	Thumbnail	Varchar(255)	utf8_general_ci	缩略图
6	Keywords	Text	utf8_general_ci	关键字
7	Description	Text	utf8_general_ci	描述
8	Content	Text	utf8_general_ci	内容
9	Posid	Varchar(50)	utf8_general_ci	推荐位

4　武夷学院植物信息平台建设的应用与实践

4.1　教育教学应用与实践

植物信息平台在教育与教学中便利师生,如在植物学、花卉学、园林树木学或植物保护学等学科的教学教育中,教师可以利用平台中的植物信息开展形象生动的教学,亦或使用平台上的植物位置信息,带领学生在实地中观察学习,获得更为深刻的感知。同时,由于平台的交互性功能强,使用便利,也可以作为学生课外学习植物的另一个“课堂”,让植物学理论知识得到现场实践。传统教育教学方式也能在这种新型的教学辅助下扫除一些局限,使植物学等学科的教学质量得到提升。植物信息平台的后续工作也需要发动学生来参与,在参与的过程中检验、巩固、运用理论知识。

4.2　校园文化应用与实践

校园文化中极为重要的一环就是校园环境,而通过信息化网络化将美好的校园环境搬进网络中,借助信息化技术来加强校园文化建设,让学生重视校园环境,呼吁学生共同创建美好校园。同时现代信息技术发展迅猛, 高等院校更应该把握和利用好这种信息化技术,引导学生正确使用、拥有健康科学的网络观[20-21]。此外,信息化本身具有广泛性等特点,可以借此来进行大范围宣传, 创建出一个人人关爱校园环境的氛围。同时用信息化的植物资源作为媒介开展一些文化活动,例如:制作标本画比赛、寻找诗文中的花草树木等活动。

4.3　具体平台应用举例

4.3.1　植物识别

学生在植物学、园林树木学或花卉学的校园植物认知实习中,通过位置信息或植物名称可以在植物信息平台中检索。例如,在操场跑道旁的野鸦椿,可以用校园道路定位检索,找出该植物的名称、科属及形态特征信息等;同时也可利用野鸦椿植物名称或科属名称进行检索,也能得到该植物的详细信息。以上两种方法在具体实践和利用中颇具成效, 方便植物学、园林树木学等课程的实践教学。

4.3.1　植物文化

除认识植物这一应用之外,还可以围绕该平台开展一些线上活动,如“草木记征文”活动和“校园植物打卡”活动等,通过系列活动的开展更好地展示人与植物的关系。通过线上线下进行宣传征文活动,发布征文启事,向学生征集关于植物的文章,可以是撰写介绍自已认识的校园植物、对某一种植物的文化历史的介绍或编写校园植物花历等内容。此外也邀请专业教师进行海选, 选出好文章发表在植物信息平台中,可以供学生浏览和学习。在“校园植物打卡”活动中,具体以比赛的形式举办, 通过设置较长的活动时间,让参赛学生完成植物照片的收集及与植物进行合照来完成打卡活动,最后以次数决胜负。这一活动不仅拉动学生多多活跃于校园之中, 走出宿舍和教室,也起到锻炼身心和植物科普的作用。综上,围绕植物信息平台开展的一些活动彰显植物信息平台的互动性、文化性等。

5　结论与展望

高等院校应该认识到现代信息技术已经快速发展,同时新一代的学生也能够顺利流畅地使用信息化网络,因此跟上时代和学生的脚步,将学校营造成氛围更好的教学环境。除此之外也必须重视信息化平台建设的后续工作,此次植物信息平台的建设还处在初建阶段,一些种类的植物信息存在空缺或信息种类不全,对此还应该查缺补漏和完善,例如:补充已有植物种类在各生长季节的图片;加强对校园内草本植物的信息化建设;同时也可以加强信息化建设,如为植物信息库中的每种植物制作“电子版身份证”,也就是基于二维码的功能[22],将植物的特征描述或生态习性写入其中,促进信息化建设的加强。同时,针对植物信息平台的管理后台,如何优化其管理功能也是后续研究的关注点之一,使系统性能得到进一步提升。可见,武夷学院植物信息平台的建设仍需后续投入大量的时间和精力来完善。

综上所述,信息化技术已经普遍应用在各行各业中,尤其在 5G 时代下,信息化技术更加突飞猛进,在教学中充分利用好这些技术,可以更好地为广大师生

提供便捷的教育和学习资源。武夷学院植物信息平台随着持续改进和完善,在以后可以为广大师生提供更多更好的学习资源。

参考文献:

[1] 孙启高,宋书银,王宇飞,等.中国植物科学信息化与 Internet[J].植物学通报,1998(3):78-80.

[2] 亚力.思索《未来之路》[J].中国科技信息,1996(9):42-43.

[3] 中国新闻出版广电报.《中国植物志》有了自己的数据库:5000 万字、9080 幅图版、3 万余物种信息皆化为"数"[J].林业科技通讯,2017(8):40.

[4] 杨梅.论环境育人理念下的大学校园植物文化景观[J].现代园艺,2020,43(13):171-172.

[5] 易任远,贺淑兰.校园植物挂牌调查研究:以湖南师范大学附属中学为例[J].实验教学与仪器,2019,36(Z1):39-40.

[6] 李春妹,于润贤,周松岩,等.校园木本植物的调查及其教学应用:以中山大学为例[J].教育教学论坛,2020(10):79-80.

[7] 李鹏,尚从平,李浩浩,等.高校校园植物信息系统构建方法探讨[J].安徽农业科学,2012,40(26):13160-13175.

[8] 刘燕清. 微信公众平台在高校校园植物科普教育中的应用研究[D].呼和浩特:内蒙古师范大学,2019.

[9] 张明庆,杨小静.大学校园植物的季相特征与植物景观:以首都师范大学校本部教学区为例[J].首都师范大学学报(自然科学版),2013,34(4):49-53.

[10] 吴林,易咏梅.校园植物信息化在《植物学》教学中的应用[J].教育教学论坛,2018(36):192-193.

[11] 李建忠.把校园建成植物学教学实习基地[J].中国职业技术教育,2006(24):52-53.

[12] 王锋尖.充分利用校园植物做好植物学教学工作[J].教育教学论坛,2013(5):143-144.

[13] 周晓果,王道波.基于 Web GIS 的校园园林植物资源管理信息系统:以北航北海学院为例[J].林业实用技术,2011(10):59-61.

[14] 蒋立英,祝阳婕,许静,等.校园植物信息网络的建设[J].生物学教学,2013,38(8):59-61.

[15] 刘琳.校园植物信息的数字化采集与校园植物电子杂志的制作:以内蒙古大学创业学院为例[J].内蒙古林业调查设计,2020,43(1):98-102.

[16] 刘晓知.PHP 在动态网站开发中的优势[J].电子制作,2020(8):64-65.

[17] 林定殷.对动态网页开发技术的分析[J].信息与电脑(理论版),2019(1):11-12.

[18] 刘恒祥.基于 PHP&MySQL 的高校招生管理信息系统的开发与设计[J].自动化技术与应用,2021,40(3):176-179.

[19] 蔡俊铠,廖晓芳,朱俊宇,等.基于 PHP+MySql 的宿舍管理系统[J].电脑知识与技术,2020,16(36):60-63,74.

[20] 陈庆凯.现代信息化技术在高校校园文化建设中的应用研究[J].电子技术与软件工程,2016(15):238.

[21] 唐艳华.现代信息化技术在高校校园文化建设中的应用研究[J].科技经济导刊,2020,28(24):143-144.

[22] 王燚,时宝凌.基于二维码技术的校园植物信息化教学平台建设及应用[J].价值工程,2018,37(13):193-195.

The Construction and Implementation of Plant Information Platform of Wuyi University

LI Yanyan, KANG Xunjie, NIE Chuanpeng, SHI Lingshan

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

Abstract: The plant information platform of Wuyi University is built on the Web and is developed using MySQL and PHP language. Specifically. On the basic of plant information collection and identification, build the blocks such as "the plants" "the Herbarium" and "plants record" of the Wuyi University. It provides a platform for the information management of campus plants; it provides a platform for students and teachers to learn, popularize science, and spread plant culture; at the same time, it also provides information services for the optimization and update of campus plant management.

Key words: campus plant information platform; plant database; information technology; Wuyi University

(责任编辑:叶丽娜)

融合隐式信任与层次社区发现的协同过滤推荐算法

郭磊[1,2]，吴清寿[1,2]

（1.武夷学院 数学与计算机学院 福建 武夷山 354300；2.福建省茶产业大数据应用与智能化重点实验室，福建 武夷山 354300）

摘 要：针对海量数据环境下，推荐算法存在的数据稀疏性与低效率的问题，提出一种融合社区结构与用户隐含信任度的协同过滤推荐算法。首先通过信任矩阵获得用户信任与被信任的非对称信任关系，依此计算用户隐含信任度，并通过隐含信任度对用户进行社区划分，更准确的寻找用户间的影响力关系，最后通过社区用户的评分预测目标用户的评分并形成推荐。通过在 FilmTrust 数据集上验证，与对比算法比较，算法 MAE 和 RSME 值均提升 4%以上，算法能够获得更好的推荐效果。

关键词：协同过滤推荐算法；社区结构；非对称信任；隐含信任度；社区用户

中图分类号：TP301.6 **文献标识码**：A **文章编号**：1674-2109(2022)12-0026-07

在信息爆炸的时代，网络上数据爆炸式增长，导致用户难以发现自己感兴趣的内容，这就是信息过载问题，推荐系统被认为是解决信息过载的一种有效方法[1-2]。推荐算法根据策略可以分为基于内容的推荐算法、基于协同过滤推荐算法和基于混合式推荐算法。而基于协同过滤的方法[3]由于其有效性与可扩展性得到广泛应用[4]。但随着数据量的增加以及数据的多样性，推荐系统长期面临数据稀疏问题，缓解此类问题通常是采用的方法是在通过使用用户与物品之间的内容信息，如社交网络信息、时间信息、位置信息等来构建混合式推荐算法，提高推荐精度[5]。同时，传统推荐算法面对海量数据效率较差，于是一些基于聚类的算法被提出，如 K 均值聚类、模糊 C 均值方法与自组织映射聚类[6-7]，这些方法不但可以缓解数据稀疏性，还可以以改善推荐系统的可扩展性。

收稿日期：2022-09-18

基金项目：福建省自然科学基金项目(2021J011144)；福建省自然科学基金项目(2022J011207)；福建省社科基金(FJ2022X016)。

作者简介：郭磊(1979-)，男，汉族，副教授，主要从事机器学习，推荐算法的研究。

社交网络信息比其他辅助信息更能挖掘潜在的用户价值，因此大量基于社交网络的算法被提出[8-11]。常用方法是采用信任评估模型对用户间的直接信任关系进行计算，用于改善推荐精度，如基于信任总体的 RSTE[12]，基于信任传播的 Social MF 等[13]，均取得一定成效。随后研究人员开始研究间接信任关系，如 Yuan 等用评分兴趣相似度作为隐式信任关系进行推荐 [14]，Azadjalal 等提出融合帕累托和置信度的信任推荐算法[15]，但以上算法均没有考虑不对称信任的问题，且此类算法面向大数据集时推荐效果不佳。

为解决大数据量下推荐精度和效率提升的问题，基于聚类的推荐算法被提出，如 K 均值聚类，模糊 C 均值方法等[16]。Koohi 等将模糊 C-means 聚类方法应用到推荐算法中，根据用户所属类别，搜索与用户隶属程度高的邻居用户，从而形成兴趣最为相似的用户社区[17]。Ahmadian 等提出一种基于自适应邻居选择机制的社会推荐算法 ARANS[18]。Li 等将重叠社区发现与推荐算法结合，计算用户之间的相识度和用户与社区的相关度，使用间接社交关系提升推荐效果[19]。Jianrui Chen 等提出一种基于用户相关性和进化聚类的推荐算法 UCEC&CF[20]，可以提高算法效率与评分预测

准确性。但以上算法针对单个用户进行处理,提出的方法虽然能缓解一定的数据稀疏性,但对推荐性能提升有限。

提出一种融合社区结构与用户隐含信任度的协同过滤推荐算法(CSIT-CF)。算法首先采用基于信任矩阵挖掘用户做为信任与被信任的非对称关系,计算用户隐含信任度,并结合隐含信任度进行用户社区发现,最后在社区内计算目标用户对项目的预测评分并形成推荐。算法在保持一定推荐效率的同时,缓解传统协同过滤算法数据稀疏性问题,提升推荐精度。

1 用户隐含信任度计算

将信任关系引入推荐系统,能够显著提高推荐效果。在信任网络中,每个用户均有信任与被信任两种角色,担任不同角色的评分不尽相同,因此在进行信任计算时,同时考虑两种角色的情况更加合理。为更好的挖掘信任矩阵中的隐含的信任关系,提出一种融合信任与被信任的非对称隐含信任度计算方法。

首先对信任矩阵 $\boldsymbol{T}$ 采用概率矩阵分解的方法进行分解,假设 $\boldsymbol{T}$ 由信任矩阵 $\boldsymbol{Rz}_{k\times n}$ 与被信任矩阵 $\boldsymbol{Rp}_{k\times n}$ 正态分布生成,则其条件概率分布表示为:

$$p(\boldsymbol{T}\mid \boldsymbol{Rz},\boldsymbol{Rp},\sigma_F^2)=\prod_{u=1}^{m}\prod_{\nu\in Nu}^{m}N(\boldsymbol{T}_{u,\nu}\mid g(\boldsymbol{Rz}_u^{\mathrm{T}},\boldsymbol{Rp}_\nu),\sigma_F^2) \tag{1}$$

其中 $g(x)=\dfrac{1}{1+\exp(-x)}$ 为 sigmod 函数。为避免过拟合,$\boldsymbol{Rz}$,$\boldsymbol{Rp}$ 满足如下正态分布:

$$p(\boldsymbol{Rz}\mid \sigma_t^2)=\prod_{u=1}^{m}N(\boldsymbol{Rz}_u\mid 0,\sigma_t^2,I) \tag{2}$$

$$p(\boldsymbol{Rp}\mid \sigma_t^2)=\prod_{\nu=1}^{m}N(\boldsymbol{Rp}_\nu\mid 0,\sigma_t^2,I) \tag{3}$$

后验概率分布为:

$$\begin{aligned}p(\boldsymbol{Rz},\boldsymbol{Rp}\mid \boldsymbol{T},\sigma_F^2,\sigma_{\boldsymbol{Rz}}^2,\sigma_{\boldsymbol{Rp}}^2)=&\prod_{u=1}^{m}\prod_{\nu\in N_u}^{m}[N(\boldsymbol{T}_{u,\nu}\mid g(\boldsymbol{Rz}_u^{\mathrm{T}},W_\nu),\sigma_F^2)]\times\\&\prod_{u=1}^{m}N(\boldsymbol{Rz}_u\mid 0,\sigma_{\boldsymbol{Rz}}^2,I)\times\\&\prod_{\nu=1}^{m}N(\boldsymbol{Rp}_\nu\mid 0,\sigma_{\boldsymbol{Rp}}^2,I)\end{aligned} \tag{4}$$

损失函数如下:

$$\begin{aligned}L_F(\boldsymbol{Rz},\boldsymbol{Rp},\boldsymbol{T})=&\frac{\lambda_F}{2}\sum_{u=1}^{m}\sum_{\nu\in N_u}(\boldsymbol{T}_{u\nu}-\boldsymbol{Rz}^{\mathrm{T}}\boldsymbol{Rp})^2+\\&\frac{\lambda_{\boldsymbol{Rz}}}{2}\sum_{u=1}^{N}\boldsymbol{Rz}_u^{\mathrm{T}}\boldsymbol{Rz}_u+\frac{\lambda_{\boldsymbol{Rp}}}{2}\sum_{\nu=1}^{N}\boldsymbol{Rp}_\nu^{\mathrm{T}}\boldsymbol{Rp}_\nu\end{aligned} \tag{5}$$

对损失函数使用梯度下降法可求得 $\boldsymbol{Rz}$ 和 $\boldsymbol{Rp}$。根据所得的两个向量,可计算两用户之间的信任相似度与被信任相似度,采用皮尔逊相关系数来计算其相似度。两用户的信任相似度计算公式为:

$$\mathrm{sim}_{u,\nu}^{\boldsymbol{Rz}}=\frac{\sum_{i=1}^{n}(\boldsymbol{Rz}_{u,i}-\overline{\boldsymbol{Rz}_u})(\boldsymbol{Rz}_{\nu,i}-\overline{\boldsymbol{Rz}_\nu})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(\boldsymbol{Rz}_{u,i}-\overline{\boldsymbol{Rz}_u})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(\boldsymbol{Rz}_{\nu,i}-\overline{\boldsymbol{Rz}_\nu})^2}} \tag{6}$$

被信任相似度计算公式为:

$$\mathrm{sim}_{u,\nu}^{\boldsymbol{Rp}}=\frac{\sum_{i=1}^{n}(\boldsymbol{Rp}_{u,i}-\overline{\boldsymbol{Rp}_u})(\boldsymbol{Rp}_{\nu,i}-\overline{\boldsymbol{Rp}_\nu})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(\boldsymbol{Rp}_{u,i}-\overline{\boldsymbol{Rp}_u})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(\boldsymbol{Rp}_{\nu,i}-\overline{\boldsymbol{Rp}_\nu})^2}} \tag{7}$$

将以上两种相似度按照一定比例加和可得用户隐含信任度。使用权值 $\alpha\in(0,1)$ 来调整二者比例,具体计算如公式(8)所示:

$$S_{u,\nu}=\alpha\ \mathrm{sim}_{u,\nu}^{\boldsymbol{Rz}}+(1-\alpha)\mathrm{sim}_{u,\nu}^{\boldsymbol{Rp}} \tag{8}$$

2 社区发现

用户的偏好受到其好友的直接或者间接影响,采用社区发现算法将用户根据其社交网络结构进行划分,即能更准确反应用户间的影响力关系,又能提升在大数据量背景上的推荐效率。

采用的社区发现算法的主要思想:根据节点的重要性选择核心节点,将核心节点与其邻居节点组织为朋友圈。判断朋友圈的独立性,若存在不满足独立性的朋友圈,根据朋友圈相似度将其合并到最相似的相邻朋友圈,下面对相关定义及算法进行描述。

2.1 核心节点发现与朋友圈识别

定义 1 节点影响力。用 LeaderRank 算法[21-23]计算节点的 lr 值,节点 ν_i 对应的 lr 值表示节点在网络中的影响力,记为 lr_i。

将节点按照 lr 值非升序排列,用 VLR 表示已排序节点结合:

$$VLR=\{\nu_i \mid lr_i \geqslant lr_{i+1}, \nu_i \in V\} \tag{9}$$

其中：V 是网络 G 中节点集合。

定义 2　ν_i 的邻居节点记为 $N(i)=\{\nu_j \mid i \leftrightarrow j\}$，$\nu_i$ 邻域记为 $Nh(i)=N(i)\cup\nu_i$。

定义 3　朋友圈核心节点选择规则。初始时，从 VLR 中选择第一个节点为核心节点，记为 core。用 core 构建朋友圈，并将该朋友圈所有节点从 VLR 中删除；从剩余节点中选择第一个节点为下一个 core，继续构建朋友圈。重复以上过程，直到 VLR 为空。以上每次选择的节点 core 称为朋友圈核心节点。

定义 4　核心节点与邻居节点的相似度记为 $Sec_{core,x}$，定义为：

$$Sec_{core,x}=\frac{|N(x)\cap Nh(core)|}{|N(x)|}\nu_x \in N(core) \tag{10}$$

定义 5　朋友圈由 core 与 N(core)构成。对于 $\nu_x \in N$(core)，若 $Sec_{core,x} \geqslant \alpha$，将 ν_x 加入 core 所在的朋友圈，朋友圈定义为：

$$Fr(core)=\{x \mid x \in N(core) \wedge Sec_{core,x} \geqslant \alpha\} \cup core \tag{11}$$

定义 6　相邻朋友圈。对于 $\forall \nu_y \in N$(core)，若 $\nu_y \notin$ Fr(core)，则 ν_y 所属的朋友圈称为 Fr(core)的相邻朋友圈，记为 NF_k。NF_k 集合记为 NFr(core)。

根据上述思路，得到朋友圈识别算法如下：

Algorithm 1. ConsFr

Input:VLR, $Nh(V)$, α

Output:Fr, Lcore

1. Lcore←ϕ;Fr←ϕ
2. while |VLR|>0 do
3.core← VLR[0]
4.Fr(core) ←core
5.Lcore←Lcore∪core
6.foreach $\nu_x \in N$(core) do
7.if $\nu_x \in$ VLR *AND* $Sec_{core,x} \geqslant \alpha$ then
8. Fr(core)←Fr(core)∪ν_x
9. VLR←VLR−ν_x
10.end
11.end
12.Fr←Fr∪Fr(core)
13.end
14.return Lcore，Fr

ConsFr 算法中，第 3 行将 VLR 中的第一个节点设置为核心节点，第 7~10 行对 core 的邻居节点进行判断，将满足的节点加入 core 所在的朋友圈，并将其从 VLR 中删除。重复上述过程，最终得到朋友圈核心节点集合 Lcore 和对应的朋友圈 Fr。

2.2　层次社区构建

朋友圈是用于构建层次聚类树(hierarchical clustering tree，HCT)的基础单元[25-26]。构建 HCT 需要判断朋友圈的独立性，若一个朋友圈满足独立性条件，则该朋友圈将作为 HCT 的根节点，否则，将该朋友圈链接到相似度最大的 HCT 中。因为候选核心节点按照 lr 值非升序排列，一般情况下，其对应的朋友圈包含的节点数量总体上也呈现出按大到小排列的趋势，且排名靠前的朋友圈满足独立性的概率更大。按照朋友圈形成的顺序构建 HCT，能更快的找到具备独立性的根节点，有利于后续 HCT 的构建。

定义 7　朋友圈独立性。朋友圈包含的节点数量 |Fr(core)| 在其邻域节点数量 |Nh(core)| 中的占比越大，表示该朋友圈独立构成社区的可能性越大。朋友圈独立性定义如式(12):

$$Idp_{core}=|Fr(core)|/|Nh(core)| \tag{12}$$

若 $Idp_{core}>\beta$，表示该朋友圈满足独立性要求，可作为 HCT 的根节点，否则将其链接到最相似的 HCT 或者其他朋友圈。因为朋友圈之间不存在共同节点，需要通过朋友圈之间边的相关性判断朋友圈的相似度。对于满足 $i \leftrightarrow j$ 的节点，若 $\nu_j \in$ Fr(core)并且 $\nu_i \notin$ Fr(core)，将 ν_i 称为朋友圈邻居节点。

定义 8　朋友圈连接强度。朋友圈连接强度定义为：

$$Ek^{core}=\{\nu_i \mid \nu_i \in NF_k \wedge \nu_j \in Fr(core) \wedge i \leftrightarrow j\} \tag{13}$$

朋友圈连接强度统计 Fr(core)邻居节点归属于相邻朋友圈的情况。

定义 9　朋友圈相似度用于衡量 NFr (core) 中与 Fr(core)最相似的朋友圈，定义如式(14)：

$$Thr_{core}=\arg\max_{NF_k \in N\mathrm{Fr(core)}} \left|E_k^{core}\right| \tag{14}$$

Thr_{core} 是与 Fr(core)最相似朋友圈的索引，用 Fr(Thr)表示 Thr_{core} 对应的朋友圈。

定义 10　HCT 构建规则。若 $Idp_{core}>\beta$，其对应的

Fr (core) 作为一棵新的 HCT 的根节点，且其对应的 core 是当前社区的核心节点;否则,计算第三阶结构,得到 Fr(Thr),若 Fr(Thr)已加入某 HCT,将 Fr(core)加入该 HCT,否则,将 Fr(core)与 Fr(Thr)合并。

一棵 HCT 对应一个社区，逐个加入 HCT 中的朋友圈将构成社区的层次结构。

Algorithm 2. ConsHTCs

Input : *L*core, Fr, β, *Nh*(*V*)

Output : HCT*s*,cores

1. i←0; HCT(*i*)←ϕ

2. cores←ϕ ; HCT*s*←ϕ

3. foreach core ∈ *L*core do

4.if $Idp_{core} \geqslant \beta$ then

5.HCT(*i*)← HCT(*i*)∪Fr(core)

6.HCTs←HCT*s* ∪ HCT(*i*)

7.cores←cores∪core

8.*i*←*i* + 1; HCT(*i*) ←ϕ

9.else

10.根据式(17)计算 Thrcore

11.if Fr(Thr) ∈ HCT*s* then

12.*k*← find(HCT*s* ,Thr_{core})

13.HCT(*k*)←HCT(*k*)∪Fr(core)

13.update(HCT*s* ,HCT(*k*))

14.else

15.Fr(Thr_{core})←Fr(Thr_{core})∪Fr(core)

16.end

17.end

18.*L*core← *L*core − core

19.Fr←Fr − Fr(core)

20.end

21.return HCT*s* ,*cores*

算法 2 中,find( )函数用于查找当前朋友圈要加入的目标 HCT,update ( ) 方法将 HCT 的变动更新到 HCTs 中。

3 预测评分与推荐

通过用户社区划分,可以得到目标用户 u_i 的邻居用户集合,取用户隐含信任度最高的前 *K* 个做为用户近邻集合 *s*(*i*)参与运算。通过对用户 u_i 的邻居用户对物品 *z* 的评分进行加权求和,得到最终的预测得分。

$$P_{u_i,z_m}=\overline{r_{u_i}}+\frac{\sum_{u_j\in S(i)} I_{j,m}\,\mathrm{sim}(u_i,u_j)(r_{u_j,z_m}-\overline{r_{u_j}})}{\sum_{u_j\in S(i)}\mathrm{sim}(u_i,u_j)} \tag{15}$$

其中:$I_{j,m}$ 是指示函数，当用户 u_j 对物品 z_m 有评分时，$I_{j,m}$=1,否则,$I_{j,m}$=0。sim(*i*,*j*)表示用户 u_i 与 u_j 之间的相似度,$\overline{r_{u_i}}$和$\overline{r_{u_j}}$分别表示用户 u_i 与 u_j 的所有评分的均值,$r_{u_j,z}$ 表示用户 u_j 对物品 *z* 的实际评分。通过对目标用户预测的评分,将物品按照降序排列,将排列在前面的物品推荐给用户。

Algorithm 3. CST-CF

Input : *T*,*R*

Output :*P*,*TP*(*n*)

1.for ∀ *u* ∈ *U* do

2.for ∀ *ν* ∈ *V* do

3.利用公式(6)计算 $\mathrm{sim}_{u,\nu}^{Rz}$

4.利用公式(7)计算 $\mathrm{sim}_{u,\nu}^{Rp}$

5.利用公式(8)计算 $\mathrm{sim}_{u,\nu}$

6. end

7. end

8.针对用户隐含信任度度构建社交网络并进行社区划分,得到社区集 HCT

9.使用公式(15)计算目标用户对物品的预测评分

10.*return* *TP*(*n*)

4 结果与实验分析

4.1 数据集

为验证算法效果，使用公开的电影评分数据集 FilmTrust 进行验证。该数据集包含 1 508 名用户对 2 071 个电影项目的评分，共计 35 497 条评分数据，评分范围为 0.5~4.5,评分数据密度为 1.044%,以及 1 853 条信任数据，信任值为二值信任，数据密度为 0.069%。

4.2 评价指标

为衡量方法的性能,采用平均绝对误差(MAE),均

方根误差(RMSE)作为评估指标。假设推荐算法预测用户评分集为 PS，用户真实评分集为 TS，N_{rs} 为测试集中推荐列表长度，N 为训练集得到推荐列表长度，则 3 项评价指标的定义表达式为：

$$\mathrm{MAE}=\frac{\sum_{i=1}^{n}\left|\mathrm{PS}_i-\mathrm{TS}_i\right|}{N} \tag{16}$$

$$\mathrm{RMSE}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left|\mathrm{PS}_i-\mathrm{TS}_i\right|^2}{N}} \tag{17}$$

4.3　实验分析

实验选取数据集中的 80%作为训练集，20%作为测试集，采用不同的划分进行 10 重交叉验证，结果取平均值，对模型有效性进行验证，在后文图中用 CST-CF 表示本文算法。

4.3.1　参数对算法影响

由于在信任相似度计算采用的是加权的方法，不同权值对推荐准确度可能会产生较大影响，故通过实验来探索不同 α 对实验结果的影响。实验对 α 值在[0,1]区间，以 0.1 为步长进行实验。

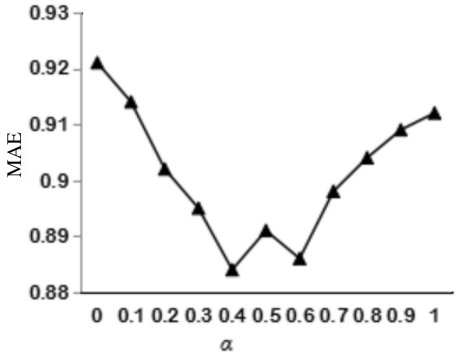


图 1　不同 α 值得实验效果

Fig.1　Different α are worthy of experimental effect

分析图 1 可知，首先，当 α 值向中心部分靠近，即两种相似度进行结合时，MAE 值获得显著下降，说明两种相识度的混合能够有效提升推荐效率，其次，当 α=0.4 时，MAE 取得算法最优值，故本实验将 0.4 作为 α 的默认值。

4.3.2　算法与相关方法对比

为验证本算法性能，在相同条件下，将本文算法与以下 3 种算法进行对比：

1)Social MF[13]。该算法利用直接社交关系，使用好友信息与信任传播机制来对用户特征矩阵进行优化。

2)Trust MF[27]。该算法对评分矩阵和社交矩阵进行同步分解，同时将用户信任关系映射为信任者和被信任者两个特征向量来增强推荐效果。

3)UCEC&CF[24]。该算法对分数矩阵进行修正与动态进化聚类，同时参考用户兴趣度量用户相关性，最后在用户组内进行推荐。

本文算法与 Social MF、Trust MF、UCEC&CF 三种算法在数据集、实验环境相同的条件下的推荐效果对比如图 2 、图 3 所示。

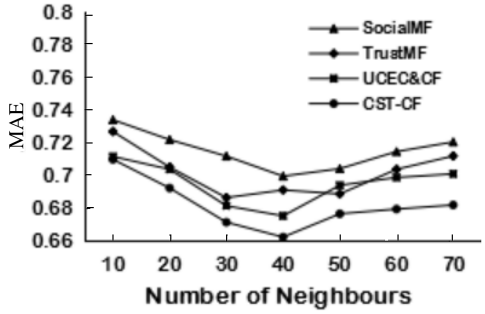


图 2　各算法 MAE 指标比较

Fig.2　Comparison of Mae indices for each algorithm

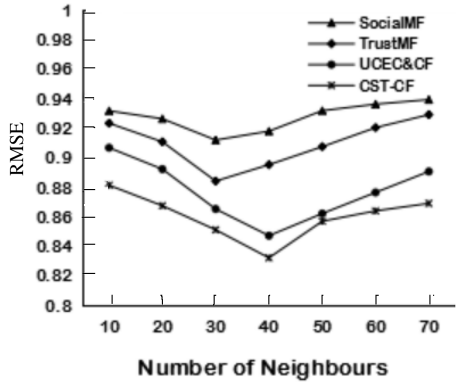


图 3　各算法 RMSE 指标比较

Fig.3　Comparison of RMSE indices of each algorithm

通过对图 2、图 3 的分析可以发现，与其他算法相比较，本文算法在 MAE 和 RMSE 均有明显下降，推荐效果更加，分析原因，Social MF 只考虑直接社交网络信息，后面三种算法同时使用评分信息和社交网络信息对用户间的影响力进行混合计算，因此推荐准确度明显提高，说明评分信息和社交网络信息综合能够更准确刻画用户间的影响；Trust MF 结合个人影响力计算用户间非对称影响力，相比于没有考虑非对称影响力的 Social MF 算法，推荐效果更好，说明综合非对称影响力因素能够取得更好的推荐效果；UCEC&CF 使用动态聚类，推荐效果优于不考虑聚类的 Social MF、

TrustMF, 表明聚类能够更加有效的利用用户的社交关系;本文算法计算用户间非对称社交关系,利用信任信息进行社区划分,更加准确刻画用户间影响力的同时,一定程度缓解用户间社交稀疏的问题,因此整体上获得更好的推荐效果。

5 结语

在传统协同过滤推荐算法的基础上,提出一种融合用户的社区结构与隐含信任度的协同过滤推荐算法。该算法将信任关系分解为信任和被信任两种非对称关系,计算用户隐含信任度,并依此进行用户社区发现,更准确的发现用户间的影响力关系,最后结合用户评分计算目标用户的预测评分并形成推荐。在当前研究中,主要考虑用户的静态社交关系,但随着时间的推移,用户社交关系会不断变化,导致推荐结果准确度下降,未来将考虑在动态场景下的协同过滤推荐算法。

参考文献:

[1] KOOHI H , KIANI K . A new method to find neighbor users the improves the performance of collaborative filtering[J].Expert Syst Appl,2017,83:30–39.

[2] RESNICK P, IACOVOU N, SUCHAK M,et al. Grouplens:An open architecture for collaborative filtering of netnews [C]. Preceeding of the 1994 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work,1994:175–186.

[3] GOLDBERG D , NICHOLS D , OKI B M ,et al . Using collaborative filtering to weave an information tapestry[J]. Communications of the ACM, 1992,35(12): 61–70.

[4] BOBADILLA J , ORTEGA F , HERNANDO A . Recommender systems survey[J]. Knowl Based Syst,2013,46(1):109–132.

[5] GOHARI F S , SHAMS ALIEE F , HAGHIGHI H .A new confidence–based recommendation approach:Combining trust and certainty[J].Information Sciences,2018,422: 21–50.

[6] BILGE A , POLAT H .A comparison of clustering–based privacy–preserving collaborative filtering schemes [J].Applied soft computing,2013,13(5):2478–2489.

[7] SARWA B ,KARYPIS G , KONSTAN J ,et al. Item–based collaborative filtering recommendation algorithms[C].International Conference on World Wide Web,2001:285–295.

[8] JIANG M , CUI P , WANG F , ZHU W ,et al. Scalable recommendation with social contextual information[J]. IEEE Trans,Knowledge and Data Eng,2014,26(11):2789–2802.

[9] WU D , LU J , ZHANG G .A fuzzy tree matching–based personalized e –learning recommender system [J].IEEE Trans Fuzzy Syst,2015,23(6):2412–2426.

[10] HAO M , ZHOU D , CHAO L . Recommender systems with social regularization[C].Proceedings of the Forth International Conference on Web Search and Web Data Mining, WSDM 2011, Hong Kong, China, 2011:9–12.

[11] PURUSHOTHAM S , LIU Y , KUO C . Collaborative topic regression with social matrix factorization for recommendation systems [C]. International Coference on International Conference on Machine Learning, Omnipress, 2012:759 – 766.

[12] HAO M , KING I , LYU M R . Learning to recommend with social trust ensemble [C].Proceedings of the 32nd Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, SIGIR, Boston, MA, USA, 2009:19–23.

[13] JAMALI M , ESTER M . A matrix factorization technique with trust propagation for recommendation in social networks[C].Acm Conference on Recommender Systems, ACM, 2010.

[14] YUAN W ,SHU L ,CHAO H C ,et al. ITARS: Trust–aware recommender system using implicit trust networks [J]. IET Communications,2010,4(14):1.

[15] AZADJALAL M M , MORADI P , ABDOLLAHPOURI A , et al. A trust –aware recommendation method based on pareto dominance and confidence concepts [J]. Knowledge–Based Systems, 2016, 116:130–143.

[16] YA Z ,WANG C ,XIN J H ,et al. Recommendation algorithm based on user comprehensive trust degree and community trust propagation[J]. Computer Engineering, 2018,44 (12):300–306.

[17] BIRTOLO C , RONCA D , AURILIO G . Trust–aware clustering collaborative filtering: Identification of relevant items [C].Artificial Intelligence Applications and Innovations. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012.

[18] SARWAR B M . Sparsity, scalability, and distribution in

recommender systems[D]. Minnesota:University of Minnesota,2001.

[19] KOOHI H , KIANI K . User based collaborative filtering using fuzzy *C*-means[J]. Measurement, 2016:134-139.

[20] AHMADIAN S ,MEGHDADI M . Afsharchi:A social recommendation method based on an adaptive neighbor selection mechanism [J]. Information Processing & Management, 2018,54(4):707 - 725.

[21] WU , JIAN S ,YANG J . Clustering dynamics of complex discrete -time networks and its application in community detection[J]. Chaos, 2014,24 (3): 033104.

[22] SHAO J , HE X , BHM C , et al. Synchronization-inspired partitioning and hierarchical clustering [J]. IEEE Transactions on Knowledge & Data Engineering, 2013, 25 (4):893-905.

[23] HEN J , WANG H , WANG L , et al. A dynamic evolutionary clustering perspective: Community detection in signed networks by reconstructing neighbor sets [J]. Physica A: Statal Mechanics and Its Applications, 2016, 447:482-492.

[24] CHEN J , ZHAO C , ULIJI ,et al . Collaborative filtering recommendation algorithm based on user correlation and evolutionary clustering [J]. Complex & Intelligent Systems, 2020(6):147-156.

[25] RAGHAVAN U N , ALBER R , KUMARA S . Near linear time algorithm to detect community structures in large-scale networks[J]. Physical Review,2007,76(3):96-106.

[26] ZHU X J , GHAHRAMANI Z B . Learning from labeled and unlabeled data with label propagation[J].Technical Report,2002:8.

[27] YANG B ,LEI Y ,LIU J , et al. Social collaborative filtering by trust [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2017,39(8):1633-1637.

Collaborative Filtering Recommendation Algorithm Combining Implicit Yrust and Hierarchical Community Discovery

GUO Lei[1,2], WU Qingshou[1,2]

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

2.Fujian Key Laboratory of Big Data Application and Intellectualization for Tea Industry, Wuyishan, Fujian 354300)

Abstract: Aiming at the problems of data sparsity and low efficiency of recommendation algorithm in the environment of massive data, this paper proposes a collaborative filtering recommendation algorithm that integrates community structure and user implicit trust. The algorithm uses the trust matrix to obtain the asymmetric trust relationship of trustor and trustee, based on which the degree of users' implicit trust is calculated. The users are divided into communities based on the implicit trust degree to determine the influence among users more accurately. Results show that the algorithm then predicts the target user's rating using the ratings of users in the community to generate recommendations. Through verification on FilmTrust data sets, compared with the comparison algorithm, tthe MAE and RSME values are both improved by more than 4%. The experimental results show that the proposed algorithm can achieve better recommendation efficiency.

Key words: collaborative filtering recommendation algorithm; community structure; asymmetric trust; community users

(责任编辑:叶丽娜)

改进 LeNet5-CNN 的车牌识别工程应用优化设计

陈冬英，黄悦，李凌懿，王杰，高泽晖，舒萍

（福建江夏学院 电子信息科学学院，福建 福州 350108）

摘 要:为兼顾车牌识别的精确度与鲁棒性,提高工程应用价值,提出一种基于改进 LeNet5-CNN(卷积神经网络)的车牌识别工程应用优化算法。使用 SE 模块代替传统 LeNet5 模型中第三层及第五层的对应内容,同时将第 2 个全连接层以平均池化层来代替,且增加正则化及归一化处理,保证精度的前提下,减少计算量。在已有工程智能摄像头识别后,增加车牌识别再处理服务器,服务器中架设本算法,通过双重化识别优化工程应用。实验结果表明:设计的精度和收敛时长,明显优于传统方案;横向对比数据显示,本设计精确度更优,高达 98.6%;实际工程应用对比该算法很好的解决第二位字母 A 和 B 无法识别问题,极大提高工程效应。

关键词:车牌识别;改进 LeNet5;卷积神经网络;SE 模块

中图分类号:TP39.9 **文献标识码**:A **文章编号**:1674-2109(2022)12-0033-06

车牌识别系统 (license plate recognition system, LPRS)属于计算机领域中视频图像类识别技术在车辆牌照识别里的一个应用[1-2]。伴随国内人均汽车保有量提高,带来的交通压力越来越重,因此实现车辆的管理自动化将是现在急需解决的一大问题。车牌识别系统作为实现这一过程不可缺少的环节[3]。

卷积神经网络 (convolutional neural network,CNN)是近些年来在计算机视觉邻域引起广泛重视的技术方向之一。最早表示卷积神经网络由 Le Cun 于 1989 年里提出,随后被改进后用于手写字符识别等项目里。当下 CNN 已经成为众多科学领域的研究热点之一[4]。

车牌识别系统里,完成字符分割后,需字符识别处理。传统的字符识别方法包含支持向量机 SVM 分类,BP 神经网络、基于字符的模板匹配等方法,随着近年来人工神经网络的流程,在传统的车牌识别算法中主要有采用基于 BP 的神经网络算法实现，但存在着鲁棒性和精确性不兼容性[5-7]。而 CNN 算法具有以下特点:只需局部连接,各个神经元不需要与前一个层中全部神经元进行连接，只需要与一部分连接即可,所以很大程度的减少参数计算;可实现权值共享,每组所对应的连接权重可以进行共享,不需要每个连接有各自的权重,在很大程度上又进一步减少参数计算;可实现下采样,采用池化(pooling)实现各个层的样本数,让参数数量得到更进一步的减少。

针对图像识别而言,卷积神经网络主要是保留所需要的重要参数,而将不需要的多数不重要参数进行删除,从而获得较为理想的学习效果[8-10]。

为提高车牌识别的精度,降低时延,提高本设计的工程应用,提出一种基于改进 LeNet5-CNN(卷积神经网络)的车牌识别工程应用优化研究。首先,使用 SE 模块代替传统的 LeNet5 模型中的第三层及第五层的对应内容,在保证计算量相同的情况下,增加网络的泛化及识别能力;其次,把第 2 个的全连接层用平均池化层来代替,减少参数计算,增大网络训练,有效预防过拟合;而后,增加正则化归一化处理;最后利用本设计算法,进行摄像头车牌识别双重化处理,实现工程应用优化。结果表明本设计的方案在精度和收敛时长,明显优于传统车牌识别方案;以相同输入数据集进行与近两年典型文献横向对比验证,结果表明本设

收稿日期:2021-09-06

基金项目:福建江夏学院 2021 年大学生创新创业训练计划项目(202113763155);福建江夏学院校级科研人才培育项目(JXZ2021011);福建省教育厅中青年教师教育科研项目(JAT210359)。

作者简介:陈冬英(1989-),女,汉族,讲师,主要从事机器学习、图像处理与电子通信的研究。

计的精确度更优;同时将该算法应用与实际的算法工程验证对比,该算法很好的解决第二位字母 A 和 B 无法识别问题, 提升整体的车牌识别准确率和效率,具有很好的工程实用性。

1　车牌识别系统的总体设计

车牌识别系统包括三部分：一是车牌定位模块;二是字符分割模块;三是字符识别模块[11]。该系统的实现流程图如图 1 所示。

(1)完成车牌定位。首先,使用基于 HAAR 特征的级联分类器进行车牌检测;其次,在粗定位的基础上,通过上下边框,左右边框两次拟合;再次,通过多次自适应二值化图像,进行连通域分析,确定字符位置,使用随机抽样一致化算法拟合上下边界实现精确定位车牌位置;最后使用方向场的矫正算法,对车牌进行调整。

(2)实现字符切割。通过对精定位图片进行灰度化,而后灰度直方图均衡化、自适应二值化图像,再检测字符轮廓,最后根据车牌字符特点进行字符切割。

(3)字符识别。使用卷积神经网络,通过改进的卷积神经 LetNet-5 网络预训练模型继续喂入字符数据做 34 类数字和大写字母训练（我国车牌没有大写字母 I 和大写字母 O),最后将训练的模型保存下来,用于后续进行字符预测。

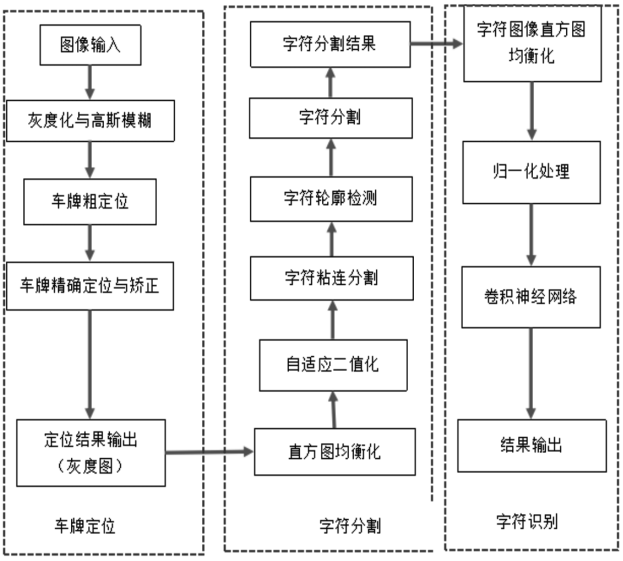


图 1 车牌识别系统流程图

Fig.1　Flow chart of the license plate recognition system

2　基于改进 LeNet5-CNN 工程优化研究

2.1　传统的 LeNet5 网络原理

一个典型的用在手写数字识别中的 LeNet5 网络结构如图 2 所示[12]。对应的卷积神经网络含多个卷积层与池化(pooling)层及全连接层。在进行 N 个卷积层之后,把 pooling 层叠加,重复此步骤 M 次,最后将 K 个的全连接层叠加便可获得卷积神经网络。

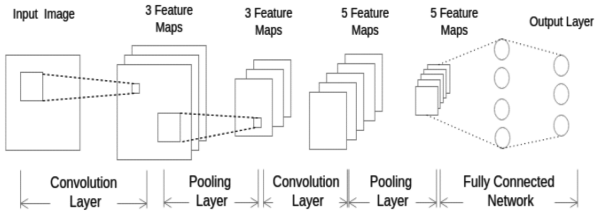


图 2　传统 LeNet5 网络结构

Fig.2　Traditional LeNet5 network structure

图 2 当中所表示的神经网络实现过程如下：

(1)确定输入层宽度和高度,具体指其相应输入图像的宽度和高度,相对其深度值等于 1。

(2)卷积层处理,完成第一个卷积层卷积,获得所需的 3 个特征图(feature map)。其中,该卷积层含有 3 个的卷积核(filter),即 3 套的权重参数。每一个卷积核(filter)都能够实现由原始输入图像卷积获得其对应的特征图,3 个卷积核(filter)能够获得对应的 3 个特征图。针对一个卷积层能够包含 filter 的数量,可自行设定,即卷积层 filter 的数量值为 1 个超参数。表示经过卷积变换后获得的图像特征,3 个 filter 需要对原始图像进行提取出 3 组不一样的特征,因此可以获得 3 个 feature map。

(3)下采样,完成第 1 个卷积层以后,pooling 层对 3 个 feature map 进行下采样, 以此获得 3 个更小的 feature map。而后, 在第 2 个卷积层中有 5 个卷积核 filter。各个卷积核 filter 把之前下采样的 3 个 feature map 卷积一起,以此获得 1 个新的 feature map。以此类推,5 个的卷积核对应可获得 5 个 feature map。再然后,完成第 2 个的 pooling,进而对 5 个 feature map 完成下采样,同理,获得 5 个更小的 feature map。

(4)全连接层实现,第 1 个全连接层里的每个神经元,与前面一层 5 个 feature map 里对应的神经元相

连接。对于第 2 个的全连接层即输出层中每个神经元，就与第 1 个全连接层里每一个神经元进行连接，由此获得整个网络的输出结果。

2.2 改进的 LeNet5 网络原理

为进一步提高精度,对 LeNet5 模型改进,主要包括三个部分。

(1)使用 SE 模块代替传统的 LeNet5 模型中的第三层和第五层的对应内容。使用该模块能够对传统网络的深度和宽度变得更深和更宽。此模块能够实现图像空间的更深层次优化,把所需的重要特征进行更加凸显化处理,在保证计算量相同的情况下,可以增加网络的泛化和识别能力。

(2)把第 2 个的全连接层用平均池化层来代替。该设计使用损失函数 soft max 来实现[12],把很多的标量进行映射处理,使其结果为概率分布。在此过程,减少参数的计算,增大网络训练,并且有效的预防过拟合。

(3)增加正则化归一化处理。因为卷积网络层数越来越多,则过拟合现象越来越重,结果的误差随之越来越大。为此在进行处理的时候,每个层次都要进行归一化处理。可以有效提高网络训练速度。在每层最后,再进行正则处理,降低特征感,提高泛化性,从而增加网络训练速度。

其中,SE 模块如图 3 所示为 SE 模块。该模块由压缩(squeeze)和激励(excitation)组成。其中,W,H 分别指特征图里的宽度和高度,而 C 用来指通道数,$W\times H\times C$ 指此图的一个内存大小。

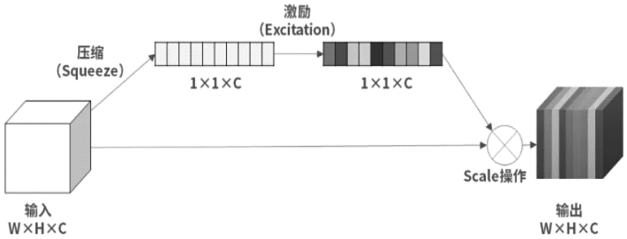


图 3 SE 模块图

Fig.3 SE module diagram

由图可知,具体包括的实现步骤如下:

压缩。该步骤的核心即为全局平均池化处理,通过该步骤,所得图像内存为 $1\times1\times C$。

激励。包括 2 个全连接层。这里的 SE_{Ratio} 用来放置缩放参数,该参数用于计算量的减少,采用的方法是减少通道数。在第 1 层中包含神经元有 $C\times SE_{Ratio}$ 个,输入的个数是 $1\times1\times C$,其中输出的个数为 $1\times1\times C\times SE_{Ratio}$。在第 2 层中包含神经元有 C 个，输入的个数是 $1\times1\times C\times SE_{Ratio}$,其中输出的个数 $1\times1\times C$。

scale 操作。由第二步获得 $1\times1\times C$ 以后,对其结果进行 scale 操作。该操作本质即通道权重进行乘积计算。把原来 $W\times H\times C$,通过 SE 模块实现每个通道权重值与原对应二维矩阵进行乘积。

其中,SE 模块具体的参数如下:

参数量=$2\times C\times C\times SE_{Ratio}$

计算量=$2\times C\times C\times SE_{Ratio}$

具体的实现模块如图 4。

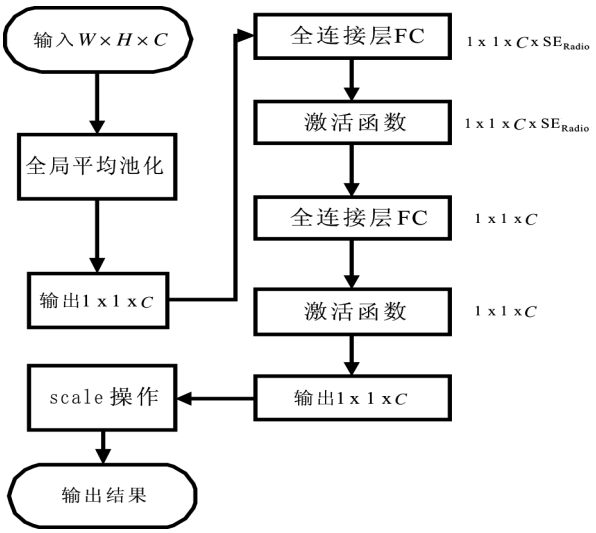


图 4 SE 模块实现流程

Fig.4 SE module implementation process

2.3 改进 LeNet5-CNN 卷积神经网络的训练

根据链式求导获得损失函数对各个权重的偏导数,而后利用梯度下降算法来实现权重得更新。

算法的具体实现分为以下 4 个步骤:

(1)以前向方式计算获得每个神经元对应得输出值。

(2)通过反向进行计算各个神经元存在得误差项即敏感度(sensitivity)。其本质为损失函数的梯度。

(3)完成各个神经元中对应连接权重的梯度值计算。

(4)采用梯度下降方法完成每个权重得更新。

在卷积神经网络中,因为涉及到局部连接和下采样等处理,对第 2 步等误差项都会有一定影响,但是权值共享仅仅对第三步中权重的梯度里计算方法产生影响。

(1)假设一种误差对于基 b 产生的变换率,代表

基的一个灵敏度，它表示在传输方向上所产生的误差。这里$\frac{\partial u}{\partial b}=1$,式子当中的 E 为实际输出与测试输出的误差：

$$\frac{\partial E}{\partial b}=\frac{\partial E}{\partial u}\frac{\partial u}{\partial b}=\delta \tag{1}$$

(2)在后向传输过程中,到第 m 层所要的灵敏度由公式(2)计算而得：

$$\delta^m=(W^{m+1})^{\mathrm{T}}\delta^{m+1}\cdot f(u^m) \tag{2}$$

式中:公式当中的 W 指的是两层之间的距离。

要获得所要的输出层的灵敏度,由公式(3)计算：

$$\delta^m=f(u^m)\cdot(O^n-P^n) \tag{3}$$

式中:O^n 表示实际的输出，而 P^n 则代表的是目标输出。

(3)利用 δ 来完成各个神经元的更新,通过公式(4)和(5)即可获得：

$$\frac{\partial E}{\partial W^m}=x^{m-1}(\delta^m)^{\mathrm{T}} \tag{4}$$

$$\Delta W^m=-\eta\frac{\partial E}{\partial W^m} \tag{5}$$

通过公式(6)可以完成权值的更新：

$$W^m_{\mathrm{new}}=W^m_{\mathrm{old}}-\eta\frac{\partial E}{\partial W^m} \tag{6}$$

利用设计过程中的特征图共享特性,最后可以将第 j 个图像获得的权值进行加权,可完成进一步的更新。

2.4　工程优化应用设计

在实际工程应用中发现存在如下问题：

(1)如果货运车牌中第二个字母是 A 和 B 时,容易识别不出,需要人工干预手动输入。

(2)经过统计截取一个月内货车进库 500 车次作为数据统计,其中存在 13 次无法识别的情况(其中第二个字母无法识别有 6 个),第二字母无法准确识别率为 98.8%,月识别准确率为 97.4%。

针对上述工程应用问题,为优化和解决提升工程实际效果。通过对问题进行分析,发现要提升效果,需要一个更先进的算法识别,提高识别准确率。

在智能摄像头识别基础上,增加一个车牌照片信息再处理服务器,在服务器中架设算法软件,处理智能摄像头无法处理的照片,再将所有数据上传到智能库区数据中心,通过本算法的优点弥补智能识别摄像头的不足，采用双重化识别提高整体识别准确率,其工程架构方案如图 5 进行方案优化。

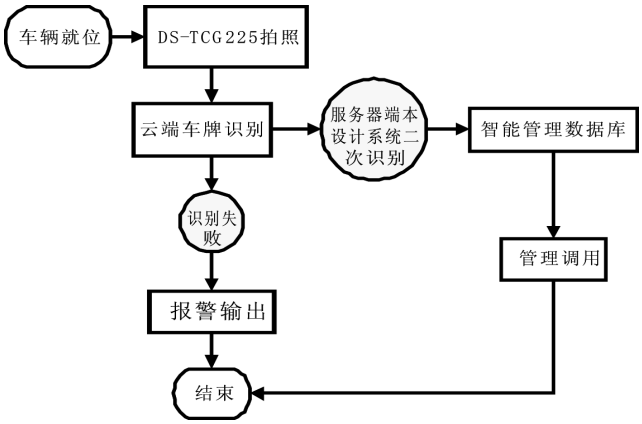


图 5 工程架构方案图

Fig.5 Project architecture scheme diagram

3　仿真结果分析

3.1　传统网络与改进网络仿真结果分析

进行搭建如图 6,图 7 的网络结构进行仿真分析。其中,图 6 表示传统 LeNet5-CNN 结构,图 7 为改进后的 LeNet5-CNN 网络结构。

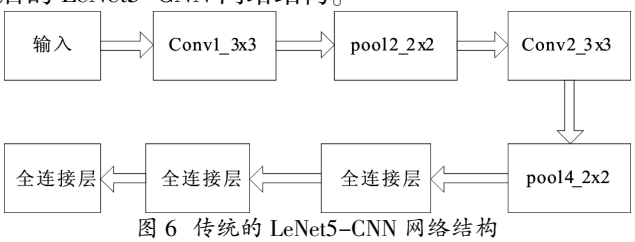


图 6 传统的 LeNet5-CNN 网络结构

Fig.6 Traditional LeNet5-CNN network structure

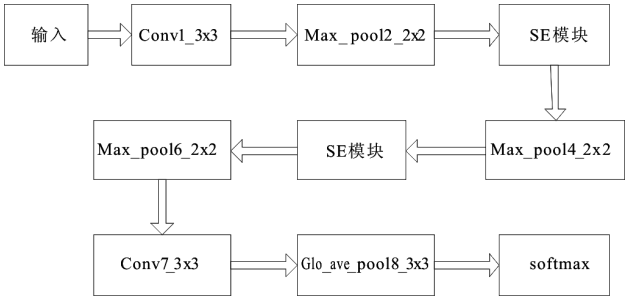


图 7 改进后的 LeNet5-CNN 的网络结构

Fig.7 Improved LeNet5-CNN network structure

根据图 6、图 7 所搭建的网络结构，而后进行仿真。因每次开始训练前,迭代次数影响很大,为此调节迭代次数对于网络的一个收敛是一个至关重要的因素。同时,在仿真时的采集的数据也是通过实验不断调整以期得到好的效果。经过仿真,其结果如图 8 所

示。由图可知进行 900 次的迭代训练,明显改进后的网络精度比传统的网络精度上升更快,因此改进后的卷积神经网络训练性能更好。

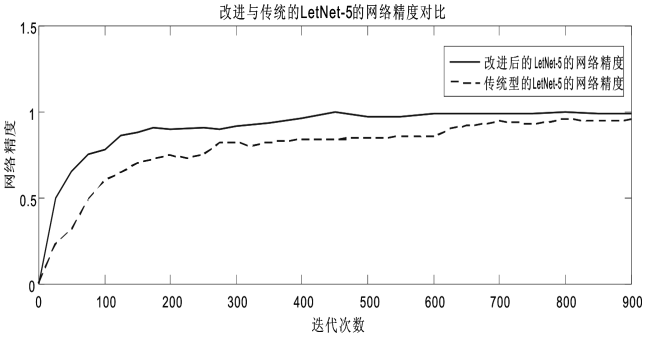


图 8 改进与传统的网络精度对比

Fig.8 Improved and traditional network accuracy comparison

表 1 表示传统与改进的精度与时长对比。由表可以明显看出来,改进后的网络收敛需要的时长比传统的将近缩短近一半,但其精度明显比传统方式来更高。表明本设计的方案,具有更优的性能。

表 1 传统与改进的精度与时长对比

Tab.1 Comparison of accuracy and duration between traditional and improved

对比性能	传统 LeNet-5 网络	改进后的 LeNet-5 网络
识别精度	98.25%	99.88%
时长/s	13 500	7 100

3.2 横向数据对比结果分析

为进一步验证该算法的精确性,进行横向对比。其中肖秀春等,刘智辉车牌识别算法所要解决的问题与本论文算法研发目的相一致,具有可比性[13-14]。前者使用的是基于 SVM 的车牌识别,后者提出基于 MSER 与 SWT 的新型车牌检测方法。参考文献数据结果和本设计实验数据结果对比如表 2 所示。根据所得结果可直观的得到,本设计较两个文献算法对比的结果,在保证鲁棒性的前提下,显著提高精确性,横向的实验证明本设计的优越性。

表 2 其他方法对比结果

Tab.2 Comparison results of other methods

测试集	测试数量	文献[13]准确率/%	文献[14]准确率/%	本文设计准确率/%
1	524	97.6	97.5	98.1
2	635	97.1	96.4	97.9
3	429	98.0	95.6	98.6

3.3 工程应用优化结果分析

由中储粮湖北分公司导出获得实测一个月车牌识别数据。将该车库中统计的一个月内的 500 车次的车牌作为基础图片数据导入到本文的算法软件中。

智能摄像头拍照后自动识别,将人工触发原始照片实时抓拍。通过开发的插件从一体化机,上传到一个车牌信息处理服务器,将智能车牌识别摄像头无法识别的照片在信息处理服务器中架设本文研究的算法程序如图 9 完成二次车牌识别。与工程应用的实际数据统计对比结果如表 3。

(1)在英文识别与车牌第二位字母识别中本算法有效率达 99.25%,原始统计数据中 500 个图片有 6 个无法有效识别实际识别率为 98.80%,本算法可以更优的解决第二位字母无法有效识别的问题。

(2)在中文字识别中本方案可以达到 99.45%。

(3)在总体测试过程中可以达到 98.2%,而实际工程中 500 个有 12 个无法识别准确率为 97.4%,通过对同样的基础数据进行处理对比本算法可以提高 0.8 个百分点。

对结果分析发现该算法很好的解决第二位字母 A 和 B 无法识别的问题,提升整体的车牌识别准确率和效率。

图 9 照片再处理算法识别结果

Fig.9 Recognition result of photo reprocessing algorithm

表 3 工程车数据集测试结果

Tab.3 Test results of engineering vehicle data set

项目	测试数量	实际工程准确率/%	工程优化后准确率/%
中文识别	500	98.80	99.25
英文识别	500	99.25	99.45
总体测试	500	97.40	98.20

4 结束语

为提高传统车牌识别的精确性与鲁棒性的兼容性，降低收敛时长，优化工程应用，提出基于改进LeNet5-CNN(卷积神经网络)的车牌识别算法,将其用于工程优化。通过改进传统的 LeNet5 网络模型,在保证精度的前提下,减少计算量。通过对比,结果表明本设计的算法在精度和收敛时长，明显优于传统方案。同时本设计的横向数据对比结果,表明该算法性能更优。最后在项目工程应用中获得显著效果,原先架构出现的车牌第二位字母无法很好识别问题被解决。

参考文献:

[1] 田象明. 基于视频流的车牌识别系统设计[D]. 西安:西安电子科技大学, 2017.

[2] 王维民. 我国城市智能交通系统的发展[J]. 黑龙江交通科技, 2010,33(7):228-229.

[3] 李白萍, 韩新怡, 吴冬梅. 基于卷积神经网络的实时人群密度估计[J]. 图学学报,2018,39(4):728-735.

[4] 王永胜, 马增强, 宋子彬, 等. 基于图像畸变校正的车轮踏面区域提取 [J]. 图学学报,2018,39(3):432-439.

[5] YONG W ,CHEN Y T ,WANG M N .A new vehicle license plate correction method based on sobel operator and priori knowledge[C]//Proceedings of 2016 6th International Conference on Machinery,Materials,Environment,Biotechnology and Computer. Paris:Atlantis Press,2016:1065-1073.

[6] 王艳, 谢广苏, 沈晓宇. 一种基于 MSER 和 SWT 的新型车牌检测识别方法研究[J]. 计量学报, 2019,40(1):82-90.

[7] YAO Z J , YI W G . License plate detection based on multi-stage information fusion [J].Information Fusion, 2014, 7(18): 78-85.

[8] LECUN Y, BOTTOU L, BENGIO Y, et al. Gradient-based learning applied to document recognition [J]. Proceedings of the IEEE, 1998,86(11):2278-2324.

[9] 张秀玲,魏其珺,周凯旋, 等.基于改进 LeNet-5 网络的车牌字符识别[J].沈阳大学学报(自然科学版),2020(4):312-317.

[10] YUAN Y , ZOU W , ZHAO Y , et al. A robust and efficient approach to license plate detection[J]. IEEE Transactions on Image Processing,2017,26(3):1102-1114.

[11] 陈冬英，曾淦雄. 基于 CNN 的车牌识别精定位算法研究[J]. 福建江夏学院学报.2020,10(6):101-107.

[12] REN S , HE K , GIRSHICK R , et al.Faster R-CNN:Towards real-time object detection with region proposal networks[J].IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence,2017,39(6):1137-1149.

[13] 肖秀春,吴伟鹏.基于深度学习的车牌字符识别的设计与实现[J]. 电子技术与软件工程,2018(16):65-66.

[14] 刘智辉. 基于改进卷积神经网络的车牌识别算法研究与实现[D]. 杭州:浙江理工大学, 2018.

Research on Optimal Engineering Application of License Plate Recognition Based on Improved LeNet5 Convolutional Neural Network

CHEN Dongying, HUANG Yue, LI Lingyi, WANG Jie, GAO Zehui, SHU Ping

(School of Electronic Information Science, Fujian Jiangxia University, Fuzhou, Fujian 350108)

Abstract: In order to take into account the accuracy and robustness of license plate recognition and improve the value of engineering applications, this paper proposes an improved LeNet5 convolutional neural network based on the optimization of the license plate recognition engineering application.We use the SE module to replace the corresponding content of the third and fifth layers in the traditional LeNet5 model. At the same time, the second fully connected layer is replaced with an average pooling layer, and regularization and normalization are added.Under the premise of ensuring accuracy, this solution reduces the amount of calculation.After the existing engineering smart camera is recognized, this design adds a license plate recognition reprocessing server, and the algorithm described in this article is set up in the server, using dual recognition to optimize engineering applications.Experimental results show that the accuracy and convergence time of this design are significantly better than traditional solutions;The horizontal comparison data shows that the accuracy of this design is better, up to 98.6%;The actual engineering application comparison shows that the algorithm can solve the problem that the second letter A and B cannot be recognized, and greatly improve the engineering effect.

Key words: license plate recognition; improved LeNet5; convolutional neural network(CNN); SE module

(责任编辑:聂传朋)

汽轮机转子工艺优化设计

钟国坚[1]，陈木凤[2]

(1.闽西职业技术学院 信息与制造学院，福建 龙岩 364021; 2.龙岩学院 物理与机电工程学院，福建 龙岩 364000)

摘　要：以某汽轮机厂转子加工为例，对转子的加工要点进行重新设计，主要从汽轮机转子叶片槽、外圆断续切削改进及深孔加工三个方面加以设计研究，对刀具选择、工装和冷却方式进行试验分析，对形位公差、切削液切屑参数重新设定，提高转子在加工装配中的精度和效率。

关键词：汽轮机转子；加工工艺；叶片槽加工；断屑排屑；深孔加工

中图分类号：TH162　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1674-2109(2022)12-0039-05

汽轮机转子外形结构复杂，材料性能及加工精度要求较高，其材料主要以中碳高强度合金钢为主，强度和韧性较高，而导热性能较差[1]。转子加工过程中切槽时切削区域温度较高及车削外圆余留套料孔时会造成刀具的断续切削，降低寿命。大的切削量会产生较大残余应力，进而影响转子的尺寸精度和使用寿命。考虑到其工艺过程的复杂性、加工设备的特殊性、刀具和工艺的创新性，从转子的结构特点出发，对转子的加工要点进行详细的实验分析，并详细论述叶片槽、外圆和嵌套孔的加工方法。

1　转子结构特点

汽轮机转子是一个大而复杂的轴类零件，外圆上分布着许多复杂而不规则的叶片槽，转子的气门调节端中心分布着壳体盲孔，详见图 1。

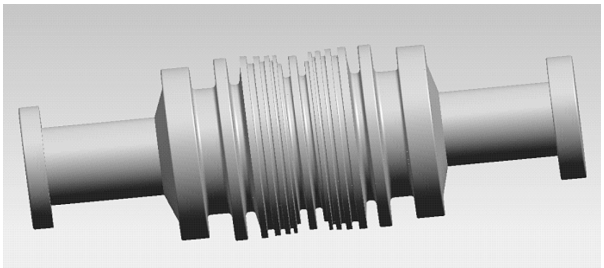


图 1　转子结构示意图

Fig.1　Schematic diagram of rotor structure

2　转子加工要点

首先叶片槽深而窄，加工量大，散热效果差，要求使用性能较好的加工刀具；其次，为满足转子性能的测定要求，在外协加工前在外圆套取 10 根径向试棒，使转子外圆上留下了 Φ25 mm×150 mm 深的套料孔，由于径向孔所在位置最终在割深槽是需要加工，在车径向孔部位时造成断续切削，易造成刀片损坏[2]。

2.1　叶片槽加工

2.1.1　刀具的改进

汽轮机转子材料大多为高强度合金钢，韧性大，切削性能较差。传统加工过程中一般采用材质为 45 调质钢的机夹重磨式刀具，如图 2，此刀具制作麻烦，费时费力，并且无法保证加工精度和切削效率[3]。由于

收稿日期：2021-11-17

基金项目：国家自然科学基金青年项目(11902135)；福建省中青年教师教育科研项目(JAT210910)。

作者简介：钟国坚(1982-)，男，汉族，副教授，主要从事机械设计制造及自动化的研究。

传统刀杆为机夹重磨式,加工时有振动,长时间伸出进入深刀片槽切削时进给量较少,在转子加工时采取改进刀杆、优化刀片选择的措施。

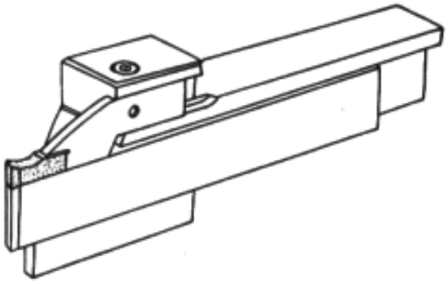


图 2　机夹重磨式

Fig.2　Machine clamp heavy grinding

根据原来使用的机夹重磨式刀具在使用过程中出现的不足,这里选用材质为高强度硬质合金专用切槽刀,如图 3。通过在转子粗加工过程的模拟试切削,并对刀座的夹紧螺母做出一定的改进,得到较理想的切削效果。

图 3　高强度硬质割刀杆

Fig.3　High strength hard cutter bar

刀片作为切削过程中重要一环,合理的选择割刀片能有效的改善切削条件,提高切削效率,为此,主要从刀具主要的几何参数着手进行优化试验。在刀具前角方面,重点从控制切屑形状和方便排屑进行试验,选择断屑较好的刀片;为增强切削刃和减少切削时的振动,重点选取刀具后角相对较小的刀片进行试验;另外考虑到刀具的强度和刚性,在刀片的偏角和副偏角也提出一些要求。通过反复的试验,选取进口耐热涂层硬质合金刀片,有效提高刀片使用寿命。

改进后的刀片速度 100 m/min ,进给 0.2~0.3 mm,相比于传统的刀具,即使进给量一定,进口刀加工速度为国产的(100×19)/(40×30)=1.58 倍,而且进口刀片节约大量的磨刀和换刀时间,切槽效率大大提高。

2.1.2　断屑排屑的改进

叶片槽之间比较狭窄,而且切槽的切削量大,散热较差,如果选择连续断屑,不仅消耗大量机床功率,而且加快刀具的磨损,从而缩短刀具寿命,因此在切槽时,选择挤裂切削。

挤裂切削容易形成薄而长的卷曲状切屑,会阻碍刀具加工、损伤已加工表面[4]。经过长期试验,采取机床反转,刀杆反装的方法,使切屑在重力的作用下容易断屑,以便铁屑顺利排出叶片槽。这样不仅能加快刀尖热量的散发,防止不必要的刀片磨损,提高刀片的使用寿命,而且反切削也有效解决排屑的问题[5]。

2.1.3　冷却方式的对比选用

干切削切槽会产生大量的热量,进而降低刀具的使用寿命,传统浇注式冷却不仅成本高,而且冷却液的使用会对环境造成一定的污染。通过试验多种方法,最终选择当前较为先进的绿色切削技术——低温冷风复合喷雾冷却润滑切削。这种绿色切削技术不仅与传统冷却液冷却对比极大降低切削液用量,而且与干切削对比明显改善冷却润滑条件,延长刀具寿命,提高加工效率[6]。

2.2　外圆断续切削改进

转子外圆分布的十处径向套料孔,直接进行车削,在车刀经过套料孔所在位置时产生断续切削,切削过程中对车刀产生冲击,易造成刀片损坏。针对这情况,为提高车削的稳定性,减少刀片的损耗,对套料孔所在的位置进行一些必要的改进。首先,待各径向套料孔套出芯棒后,把¢25 mm 余留孔按¢60 mm×150 mm 粗、精镗对,并精铣对套料孔根部确保孔底平整,孔加工结束后,测量工件中间外圆各径向套料孔实际尺寸,在孔口处做好标记;然后,以¢70 mm×160 mm 的普通圆钢下料,按各套料孔径的实际尺寸配车各芯棒,长度 148,保证直径过盈量 0.02~0.03 mm,做好配对标记;最后,按冷装要求,芯棒冷冻后,按对应标记,将各套料孔闷住、敲紧,芯棒外端面低于工件外圆表面。通过对径向孔的处理,很好的改善车刀的切削环境,提高刀片寿命,达到减少刀片损耗的目地。

2.3　深孔加工

汽轮机转子大多有 Φ120 mm/Φ60 mm 的深孔(如图 4),即要求从转子调阀端中心 Φ120 mm 范围内套

割出 Φ60 mm 以上试棒;深孔部分完成套料后,对孔的公差要求、形位公差要求都比较高,根部为 R65 球状,光洁度要求 Ra1.6。套料孔径和芯棒尺寸要求、孔的直线度要求、芯棒的割取、孔底光洁度要求,都给该零件深孔部分的加工提出了很高的要求,自然也提高转子加工的难度,特别是对刀具、切削过程中的排削也提出了很高的要求。根据深孔加工经验分析,从以下方面来优化。

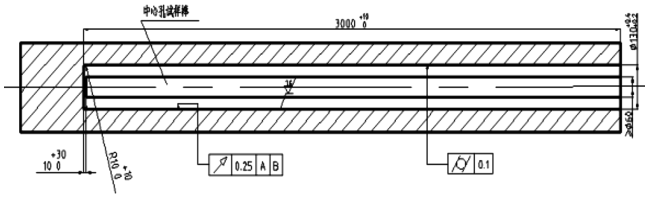


图 4 中心孔加工技术要求

Fig.4 Technical requirements for center hole processing

2.3.1 刀具选择

在普通的深孔加工(包括通孔和盲孔)中,对孔的光洁度及形位公差要求不高,在实际加工时考虑到加工成本,往往会选取国产加工刀具。而针对此零件的特殊加工要求,在技术准备过程中提出了两套刀具方案进行论证。一是深孔套料、割断刀具由自行设计专用刀具;二是通过采购进口刀具。通过对以往自行设计的刀具加工深孔的质量情况分析,认为自制刀具难以达到要求;经过与山特维克刀具公司、伊斯卡(ISCAR)公司等进口刀具商的工程师联系后,结合以往的业绩,认为深孔的套料、精加工工序选用进口刀具。综合考虑在套芯棒及最终的深孔光刀选择瑞典山特维克公司的刀具,芯棒的割断工具进行自行设计。

套料时采用强度高,刚性好山特维克 GC235。此刀片可用于外、中、内刀座,且排屑方便,进而提高机床的稳定性,同时,提高工件内孔的直线度及表面光洁度,大大降低后续的精加工的难度[3]。

在割断工具上,由于割断空间狭小,割刀必须在 a_p<30 mm 的空间内实现割断加工,割刀制造困难较大,各刀具厂家暂时没有此规格工具。根据套料及割断的加工经验结合转子的材料特点(机械性能、化学成分),并进行进一步的优化各切削参数及刀具结构,初步设计并制造高速钢割断工具(如图 5)。

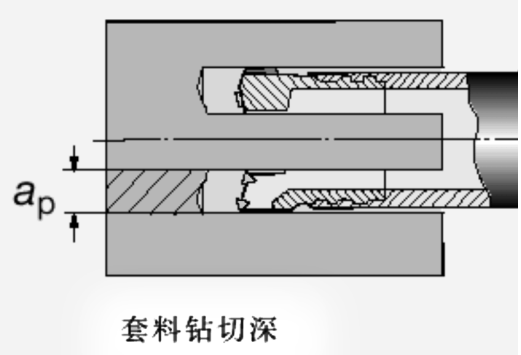


图 5 割刀工作空间示意图

Fig.5 Schematic diagram of cutter working space

在加工内孔根部 R65 球面时,保证孔底球面光洁度是非常关键的。保证光洁度,一是要控制好切削时的振动,二是要靠加工刀具来保证。为减小切削过程中的振动,我们对刀头处的支撑进行改进,前端的支撑采用的是硬木材料,在使用前,对硬木支撑进行精修;在刀具粗切削时,设计专用的圆弧扁及裹纱布磨头进行加工,使光洁度达 Ra1.6 的图纸要求。

2.3.2 形位公差的保证

根据深孔机床的切削加工原理,在套料加工时,保证被切削零件与钻杆相对旋转是获取高直线度的主要手段。通过试验件的试切削,基本掌握此类材质的转子深孔加工过程中的切削参数,因此,套料时能有效的保证钻头和工件的相对旋转,如图 6 所示。

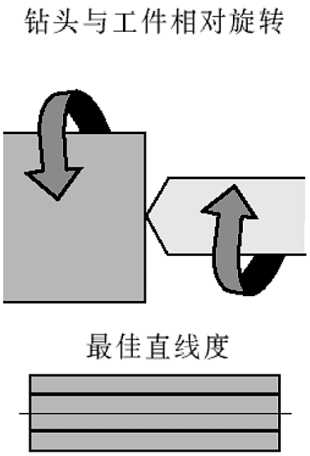


图 6 加工示意图

Fig.6 Schematic diagram of machining

设计要求 0.25 的跳动量和 0.1 的圆柱度是深孔加工部分的又一难点,根据以往经验分析,切削振动是影响跳动量和圆柱度的主要因素。为减小刀具振动,首先通过试验件试切削的方法对刀杆的刚性进行

分析,选择刚性好的刀杆用于转子深孔加工,避免因刀杆刚性差,强度低,造成切削时易产生振动、波纹、锥度,进而影响深孔的跳动量和圆柱度;在深孔的加工过程中,一般看切屑、听切削声、摸工件温度来判断切削过程是否正常, 因此在切削过程中加强实时的跟踪,来弥补不足;选择合理的油压来保证排屑的顺利,避免排屑不及时造成已加工孔径的破坏[7-8]。

2.3.3　芯棒的割断

芯棒的割断作为取棒的最后一个环节,只要将试棒割下即可。通过在试制件上的割断试验得知:为方便割断芯棒,采用工件静止,钻杆旋转的加工方式进行,同时在刀杆向孔底运动前,把割刀调整到规定位置,刀杆向孔底运动的过程中要使进给要平稳,防止割刀对以加工表面产生破坏[3]。

2.3.4　导向套

导向套在钻孔中起导向作用,导向套磨损程度和放置位置的准确性关系到孔的直线度。刀具装夹时,导向套应靠近工件表面,与机床主轴中心对称度应小于 0.02 mm,如图 7。

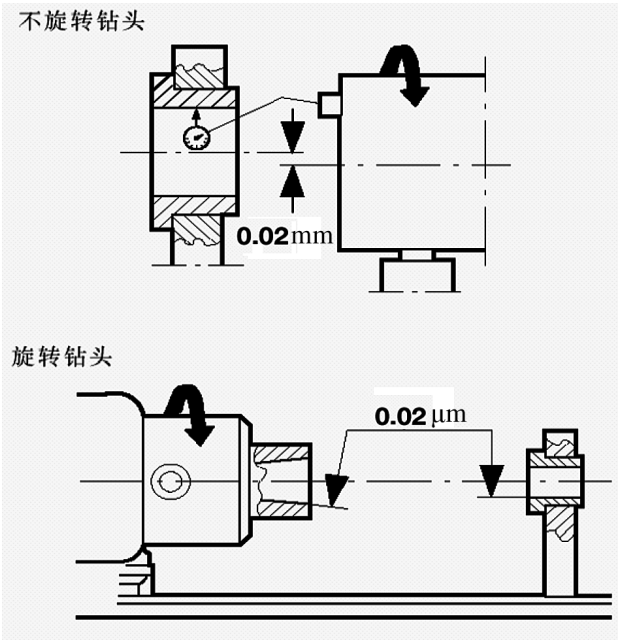


图 7　导向套及位置示意图

Fig. 7　Guide sleeve and position diagram

2.3.5　切削液选择

乳化液具有适用性广,清洁表面的效果,因此选用乳化液作为切削液。本项目采用单管钻系统,如:图 8,它是冷却液通过油泵打压,在工件孔径与刀杆的间隙供给,刀具在切削过程中形成的铁屑通过钻管内孔排出。通过油泵的不断打压,在切削液所经的通道内形成一定的压力, 给切削液带来较高的流动速度,使切屑可以无障碍通过钻管。同时冷却液不仅带走切屑,也带走刀具在切削过程中产生大部分热量。同时,考虑到乳化液的清洁效果, 一般切削液温度控制在 30~40 ℃左右较为合适。

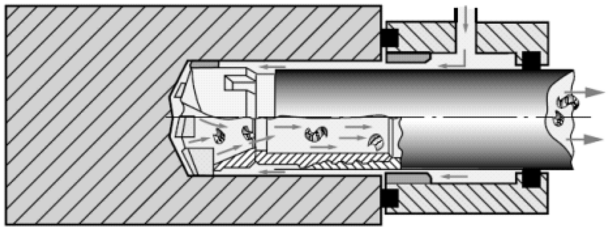


图 8　单管钻深孔加工系统

Fig.8　Single pipe drilling deep hole machining system

2.3.6　排屑与切削参数

在钻削加工中,要做到切削高效又能顺利排屑是深孔加工中追求的理想目标。加工中通过降低切削速度和提高进给量来降低切屑长度,达到排屑方便和保护刀片的目的 [3,9]。通过多次试验, 确定套料转速为 110 r/min ,刀具的进给量为 1.8 mm/min ;割断时的转速为 30 r/min ,刀具进给量为 0.4 mm/min ,这样比较有利获取长短适中的铁屑。

3　结束语

通过实验研究,对汽轮机转子的材料和加工工艺特点有了更深入的了解。首先研究转子的结构特点,然后分析转子的加工要点。对叶片槽、外圆断续切削和深孔加工过程中的刀具、工装和冷却方式进行了试验分析,通过研究设计获得新技术,提高转子的加工质量和效率。

参考文献:

[1]　雷文.汽轮机转子制造技术[J].金属加工(冷加工),2011(12):35-37.

[2]　来逢亮.汽轮机转子加工工艺分析[J].机械工程师,2014(12):269-270.

[3]　上海重型机器厂有限公司. 百万千瓦超超临界汽轮机组低压转子的制造方法:CN201010180133.3[P].2011-11-23.

[4] 方媛州.用普通车床车削精密、异形球形轴工件[J].职业,2015(6):149-151.

[5] 厦门狮涛服装机械有限公司.一种自动磨刀器:CN201220421128.1[P].2013-02-13.

[6] 陈交.2 500 kW 汽轮机转子加工关键工艺研究[D].上海:上海交通大学,2015.

[7] 张宝金.HXN5 型凸轮轴深孔加工刀具应用研究[D].上海:上海交通大学,2010.

[8] 胡永清,刘晶,王元兵.带封头的机械贯穿件深孔加工方案选择[J].科技创新导报,2016,13(10):63-65.

[9] 周光富.地铁不落轮镟床 LM 型踏面镟修工艺的改进[J].山东工业技术,2016(3):19.

Process Optimization Design of Steam Turbine Rotor

ZHONG Guojian[1], CHEN Mufeng[2]

(1.School of Information and Manufacturing, Minxi Vocational and Technical College, Longyan, Fujian 364021;

2. School of Physics and Electromechanical Engineering Longyan University, Longyan, Fujian 364000)

Abstract: Taking the rotor processing of a steam turbine factory as an example, the author redesigns the main points of the rotor processing, mainly from three aspects of the turbine rotor blade groove, the improvement of the outer circle discontinuous cutting and the deep hole processing, the tool selection, tooling and cooling mode are tested and analyzed, and the shape tolerance and chip parameters of cutting fluid are reset to improve the accuracy and efficiency of the rotor in machining and assembly.

Key words: steam turbine rotor; machining technology; blade groove machining; chip breaking and chip removal; deep hole machining

(责任编辑:叶丽娜)

武夷山地区短时冻期边坡浅层温湿度变化的数值模拟

袁文豪[1]，王荣[2]，林伟[3]

（1.福建船政交通职业学院 土木工程学院， 福建 福州 350007；2.武夷学院 土木工程与建筑学院，福建 南平 354300；3.福州大学 土木工程学院，福建 福州 350116）

摘 要：以武夷山地区短时冻融气候为例，采用有限差分原理编制冻土水热耦合程序，模拟武夷山地区短时冻融气候条件下边坡浅层温湿度场变化规律。结果表明：边坡浅层温度状况随气温的变化基本呈周期性的变化规律，且存在边坡浅层温度滞后气温的现象。同时，边坡浅层(0~15 cm)最低温度约-5.1 ℃，而最高温度可达 13.5 ℃左右；表层土体冻结时间在夜间 21:00 到次日凌晨 5:00 之间。开始冻结时冻土段的温度梯度大于未冻土段，冻结段和未冻土段土层内温度差异逐渐缩小，温度梯度变小。无论是总含水率，还是未冻水含量，地表浅层的含水率变化幅度都最大，而 10 cm 以下的含水率曲线平缓，武夷山地区冻结层厚度约为 10 cm。

关键词：短时冻融；边坡；温度；湿度；数值模拟；武夷山地区

中图分类号：TV551 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-2109(2022)12-0044-06

福建省位于我国东南沿海，境内短时冻土（土体冻结时间在几小时至几天）主要分布在闽西北，面积约 2 万 km^2。福建短时冻土区既有土坡广泛在每年降雨量很少的冬季出现浅层失稳现象，但破坏原因存在困惑。现场调查表明，短时冻区所引发的土坡浅层短时反复冻融是影响该区域内土质边坡冬季失稳的重要原因。因此，研究短时冻区气候下的土坡浅层温湿变化具有重要意义。与此同时，国内外学者针对多年与季节冻土工程的水热力耦合进行大量研究，取得许多重要的成果[1-3]。然而上述研究对短时冻区土质边坡水热变化研究还较少。事实上，南方短时冻土与多年、季节冻土相比，其冻结深度、冻结及热融过程均不尽相同[4-5]。基于此，依据武夷山地区冬季典型短时冻融气候，采用有限差分原理编制冻土水热耦合程序，模拟武夷山地区典型短时冻融气候条件下边坡浅层温湿度场变化规律。通过研究，可以掌握武夷山地区典型气候下温度场和水分场的变化规律，为下一步边坡力学场的分析提供重要依据，从而为武夷山地区典型气候条件下边坡工程的设计、施工提供借鉴指导。

收稿日期：2021-12-06

基金资助：福建省自然科学基金项目(2020J01403)。

作者简介：袁文豪(1979-)，男，汉族，高级工程师，主要从事建设工程管理专业的教学研究。

通信作者：王荣(1980-)，女，汉族，高级工程师，主要从事工程管理法的教学研究。

1 冻土水热耦合模型与求解

1.1 水热耦合方程与程序编制

冻融条件下，水热耦合运移问题必须联立求解土壤水分运动和热流两个基本方程[2]，其中水分运动方程主要基于质量守恒定律和非饱和达西定律而来，对于水热耦合问题，水分运动方程中多了一项 “含冰率”；温度方程基于能量守恒定律和 Fourier 热传导理论而来。只考虑土壤中的水热场，忽略应力场和溶质场，且短时冻土地区气态水和温度梯度的影响较小，基于 Harlan 模型可得非饱和冻融条件下土壤水热一维耦合模型为：

$$\frac{\partial\theta}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial z}\left[D(\theta)\frac{\partial\theta}{\partial z}\right]-\frac{\partial K(\theta)}{\partial z}-\frac{\rho_{\mathrm{I}}}{\rho_{\omega}}\frac{\partial\theta_{\mathrm{I}}}{\partial t} \tag{1}$$

$$C_{\nu}\frac{\partial T}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial z}\left[K_{\mathrm{h}}\frac{\partial T}{\partial z}\right]+L_{\mathrm{I}}\rho_{\mathrm{I}}\frac{\partial\theta_{\mathrm{I}}}{\partial t} \tag{2}$$

式中:θ、θ_l分别为含水率和含冰率;$D(\theta)$、$K(\theta)$分别为非饱和土水分扩散率和导水系数;T、t 分别为温度及时间;C_v 为土壤体积比热容;K_h 为热导率;L_l 为冰的融解潜热,一般近似取 335 J/g;ρ_ω、ρ_l分别为水和冰的密度,两者依次取值 1 g/cm^3 和 0.917 g/cm^3。

基于交替隐式差分(ADI)方法对式(1)、式(2)进行求解,采用 MATLAB 语言编制程序。

1.2 参数取值

方程(1)中的导水系数 $K(\theta)$通过 VG 模型求解,即通过已知的饱和导水率求得土体非饱和导水率[6],方程如下:

$$K(\theta)=K_sS_e^{0.5}\left[1-(1-S_e^{1/m})^m\right]^2 \tag{3}$$

$$S_e=\frac{\theta-\theta_r}{\theta_s-\theta_r} \tag{4}$$

$$m=1-\frac{1}{n} \tag{5}$$

式中:K_s 为饱和导水率;S_e 为有效饱和度;θ_r和 θ_s 分别为残余含水率和饱和含水率,n 为土水特征曲线参数。

选取武夷山地区典型土质,按《公路工程试验规程》试验采用变水头试验测得残积土饱和导水率,土水特征曲线参数通过定量滤纸法并利用 Matlab 中的 Isqcurvefit 函数拟合得出,具体参数如表 1 所示。

表 1 水分运动方程参数取值

Tab.1 The parameters of the water movement equation are taken

℃

日期	θ_r	θ_s	n	K_s /(cm/h)
最低温度	0.101 0	0.386 1	1.744 5	0.204

非饱和土水分扩散率由以下经验公式给出[5,7]:

$$\begin{cases} D(\theta)=1.36\times10^{-5}\times10^{19.5\theta}, \theta<0.1 \\ D(\theta)=3.84\times10^{-4}\times10^{5\theta},\ \theta\geqslant0.1 \end{cases} \tag{6}$$

方程(2)中土壤体积比热容 C_v 按冻融土各成分质量加权平均求得,主要考虑组成成分为土骨架、水和冰,各类土骨架比热容参考值参考文献[8],根据室内试验测得的残积土土骨架类型可得土骨架比热容,然后根据水和冰已知的比热容可得土壤体积比热容 C_v=1 196 J/(cm^3·℃)。

热导率 K_h 参考文献[9]中的公式,并根据室内土工试验测得的干密度求得,其值为 5 568 J/(cm·℃·s),未冻含水率与负温关系按下列经验公式给出:

$$\begin{cases} \theta=0.56T+0.40, & -0.5℃\leqslant T\leqslant0℃ \\ \theta=0.14\times10^{0.136T}, & T<-0.5℃ \end{cases} \tag{7}$$

1.3 边界与初始条件

初始条件:温度 $T(t=0,z)$=5℃,总含水率 $\omega(t=0,z)$=0.20,未冻含水率 $\omega_l(t=0,z)$=0.20,含冰率 $\omega_I(t=0,z)$=0。

边界条件:模型顶端温度属于第一类边界条件(Dirichlet 边界条件)$T(t,z=0)=Ta$,底端温度属于第二类边界条件(Newmann 边界条件)$\frac{\partial T}{\partial n}(t,z=2)=0$ 。总含水率 ω、未冻水含量 ω_l、未冻水含量在模型两端均视为第二类边界条件$\frac{\partial\omega}{\partial n}=0$、$\frac{\partial\omega_l}{\partial n}=0$、$\frac{\partial\omega_I}{\partial n}=0$。

选取武夷山地区 2009 年 1 月 10 日至 2009 年 1 月 16 日共 7 d 的短时冻融气象数据(如表 2 所示),计算模型假定深度为 2 m,且地下水埋深大,毛细水无法为冻结区补给水量。坐标系取地表为原点,向下为正。

表 2 2009 年 1 月 10 日—2009 年 1 月 16 日 武夷山地区气温资料

Tab.2 Temperature data for the Wuyishan region from January 10,2009 to January 16,2009

℃

日期	1 月 10 日	1 月 11 日	1 月 12 日	1 月 13 日	1 月 14 日	1 月 15 日	1 月 16 日
平均温度	4.2	3.0	4.6	3.7	3.0	4.0	5.3
最高温度	9.7	11.0	11.1	10.2	11.5	11.5	13.8
最低温度	−1.3	−5.5	−3.9	−2.8	−5.9	−3.8	−3.2

1.4 模型验证

为验证上述计算模型的准确性,选取武夷山地区境内省道 303 线 K 364+900 处边坡作为本次试验的监测点,该地区具有典型的南方短时冻土的气候特点。监测该地区土壤层内固定位置温度和体积含水率的变化规律,并与数值模拟结果对比。监测仪器采用 PC-3 型移动式自动气象站,该仪器可监测环境的温湿度。监测时间为 2008 年 12 月 27 日,测点 1 和测点 2 深度分别为 12 和 27 cm。2 个测点的温度和体积含水率监测值和模拟值分别如图 1 和如图 2 所示。

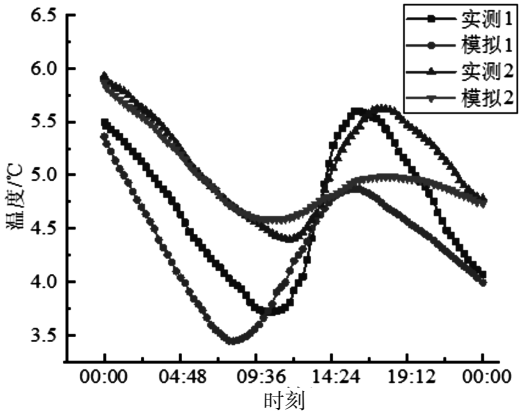


图 1　监测点温度对比

Fig.1　Temperature contrast of monitoring point

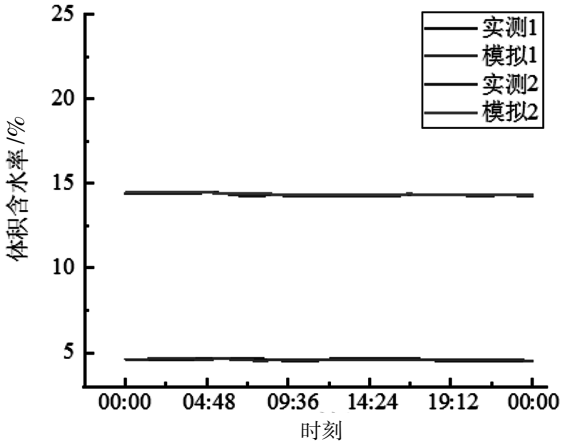


图2　监测点体积含水率对比

Fig.2　Comparison of volumetric moisture content at monitoring points

由图 1 所示,2 个监测点温度的检测值和模拟值变化趋势相同,虽然存在一定误差,但是误差总体上均小于 1 ℃,产生误差的可能原因有如下:一是数值计算有限差分节点温度在 0 ℃至冻结温度范围,未考虑土壤参数的变化;二是 MATLAB 有限差分计算采用方块几何模型计算,而实际情况则为边坡模型,边界条件按坡度做出折算后再代入模型,两者存在一定偏差;三是由于操作误差,现场监测点的埋设尺寸存在一定偏差。由图 2 所示,2 个监测点体积含水率的实测值与模拟值基本相同, 其日变化范围大致在 0.001~0.002,主要原因是受到蒸发的影响。综上,虽然数值计算结果与实测值存在一定偏差,但该偏差在可控范围之内,因此,可采用本数值模型计算短时冻土边坡温湿度。

2　短时冻土边坡水热耦合模拟结果与分析

2.1　边坡温度变化

基于 2009 年 1 月 10 日至 2009 年 1 月 16 日共 7 d 的短时冻融气候条件,通过数值模拟得到 7 d 的边坡温度总变化如图 3 所示。由图可见,边坡浅层温度状况随气温的变化基本呈周期性的变化规律, 且存在边坡浅层温度滞后气温的现象。同时,边坡浅层(0~15 cm)最低温度在每天均达到零下,最大值约-5.1 ℃;而最高温度可达 13.5 ℃左右。

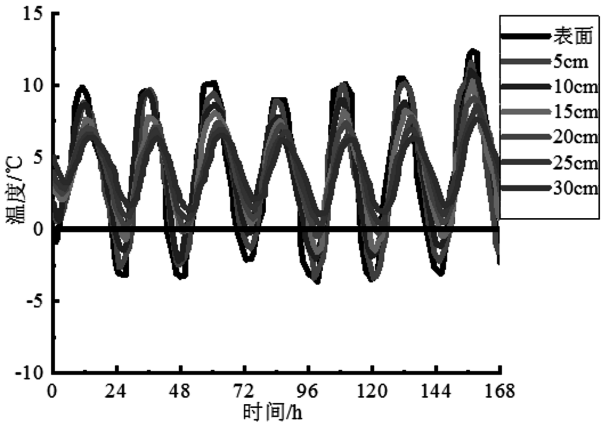
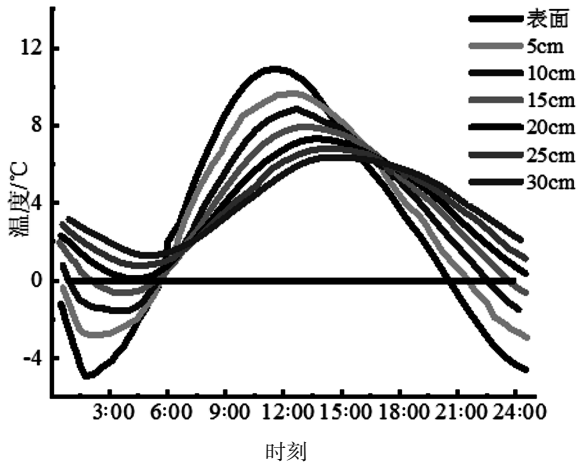


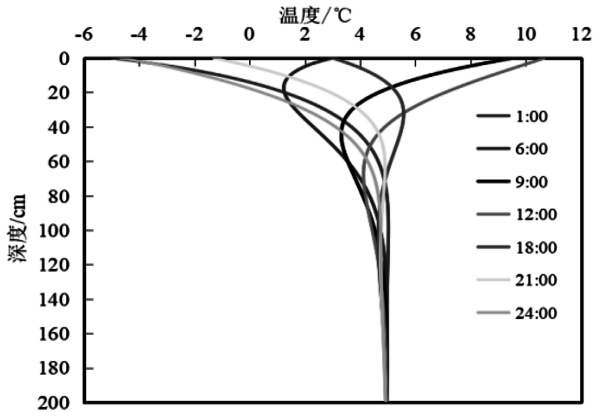
图 3　2009 年 1 月 10 日—2009 年 1 月 16 日不同深度边坡温度变化

Fig.3　Slope temperature changes at different depths from January 10,2009 to January 16,2009

以 2009 年 1 月 11 日为例,边坡不同深度和不同时刻处温度计算结果如图 4 所示。



(a)随时间变化



(b)随深度变化

图 4 2009 年 1 月 11 日边坡浅层温度变化

Fig.4 Temperature variation in shallow layer of slope in January 10,2009

从图 4 中可以看出:

(1)表层土体从夜间 21:00 到次日凌晨 5:00 之间,土体温度低于 0 ℃。地表温度刚开始下降时,地表浅层降温迅速,5 cm 处 2 h 之内温度大约降低 3 ℃,但由于低温天气持续时间有限,而气温对土体的影响存在一定滞后性,故影响深度十分有限。

(2)未冻土段斜率明显大于冻土段,说明未冻土段的温度梯度小于冻土段。随着持续冻结,未冻土段和冻结段的斜率都在提高,说明随着时间的增加,冻土层和未冻土层温度梯度逐渐减小,温差变小。原因在于在冻结之初由于地层表面为负温,而土层内部为正温,存在较大的温差,所以冻土层的温度梯度较大;然而随着时间的增加,地层间的温差渐渐减小,温度梯度变小。

(3)从 0 点至次日 0 点,表面土体温度约 8 h 处于 0 ℃以下,最低温度达-5 ℃,5 cm 处土体约 7 h 的时间处于 0 ℃以下,但最低温度只有-3 ℃,而 10 cm 处土体约有 5 h 的时间处于 0 ℃以下,最低温度高于-2 ℃,15 cm 处土体位于 0 ℃以下时间小于 3 h,20 cm 深度处土体温度高于 0 ℃。鉴于土体冻结温度通常低于 0 ℃,因此,判断冻土影响深度为 10 cm 左右。

2.2 边坡水分变化

图 5~图 10 为在 7 d 的冻融过程中,土体在不同时刻不同深度总含水率、未冻含水率和含冰率的变化曲线图。

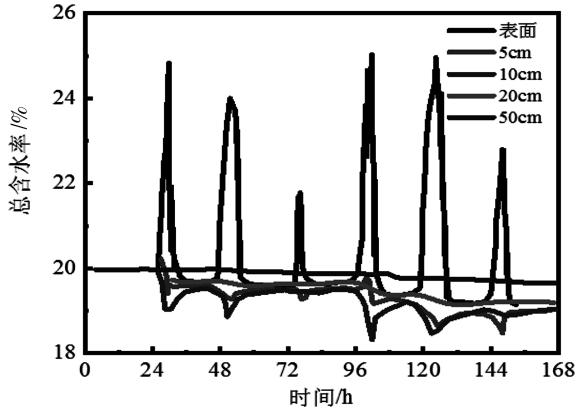
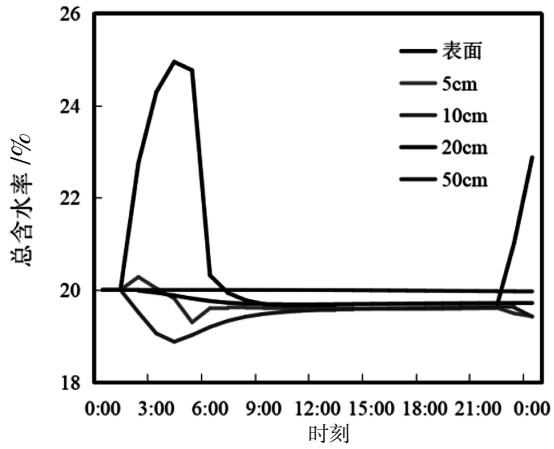
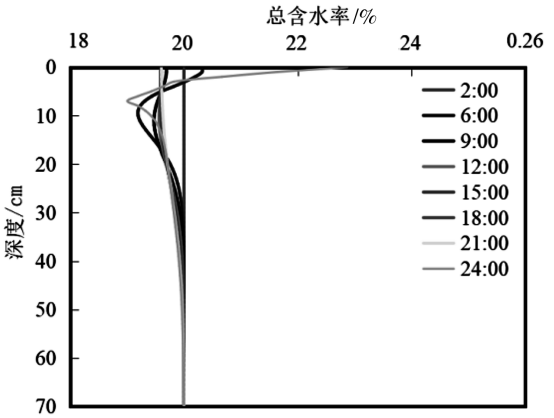


图 5 2009 年 1 月 10 日—2009 年 1 月 16 日不同深度边坡总含水率变化

Fig.5 The change of total moisture content of slope in different depth from October 10,2009 to January 16,2009



(a)不同深度



(b)不同时刻

图 6 2009 年 1 月 11 日边坡水分变化

Fig.6 Moisture change of slope in January 11,2009

从图 5 和图 6 可见,经过一定的冻结时间后,上部土层的总体积含水率增大,中间层位土体总体积含水率略有减少,而下部土体总体积含水率基本不变。如经过约 3 h 的冻结,地表的含水率由初始的 20%提

升到 25%,地层在 0~5 cm 厚度范围内含水量提高明显,5 至 20 cm 深度范围内总含水量降低，而在 20 cm深地层以后总含水量基本没有变化。这是因为随着冰冻,地层内毛细水持续不断向冻结层移动,而冰冻层内毛细水或间隙水则移向地表，导致地表含水量显著提高，而冰冻层以下土层的间隙水或毛细水移出后,没有及时补给,造成含水率降低。

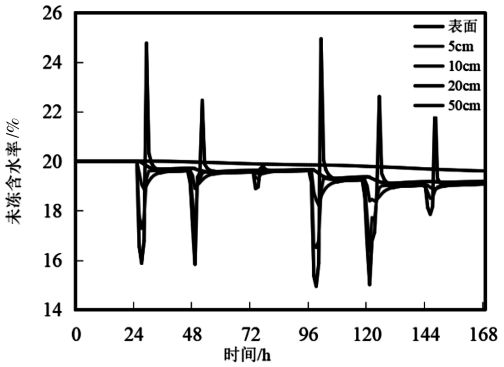
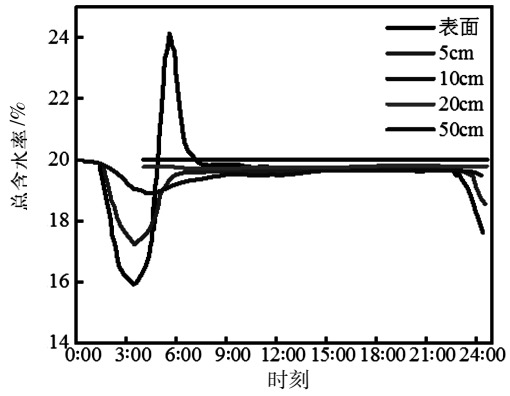
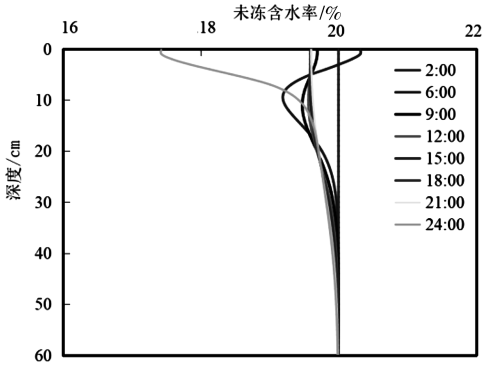


图 7　2009 年 1 月 10 日—2009 年 1 月 16 日边坡未冻含水率变化

Fig.7　The change of unfrozen moisture content of slope from October 10,2009 to January 16,2009



(a)不同深度



(b)不同时刻

图 8　2009 年 1 月 11 日不同深度不同时刻边坡未冻含水率变化

Fig.8　Change of unfrozen moisture content of slope at different depth and time in January 11,2009

从图 7 和图 8 可见，随着冰冻的持续，地表以下 15~20 cm 深范围内的未冻地层含水率逐渐降低,其含水率由未冻前的 20%降低至 16%左右，土层孔隙则由冰填充。但随着冻结土体的融化,土体未冻含水率大幅度上升，这是因为表土总含水率在冻结过程中不断上升,此时冻结的土全部融化,从而导致未冻含水率大大上升，如地表处未冻含水率由冻结时的 16%大幅度上升至后来的 25%,基本趋于饱和状态。随后由于重力势的作用,水分向下迁移,未冻含水率恢复至正常水平。

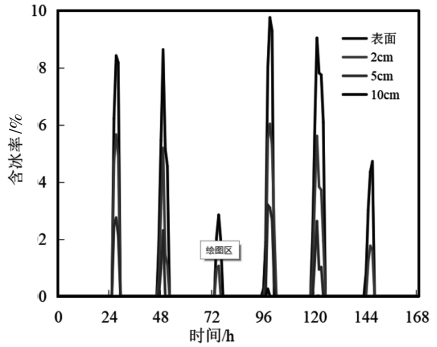
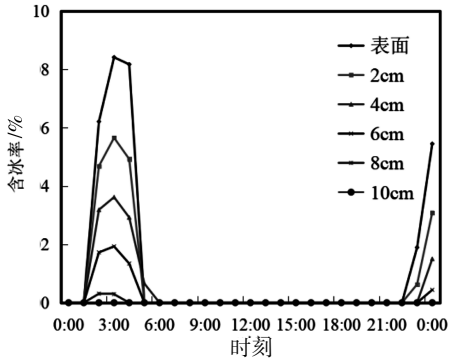
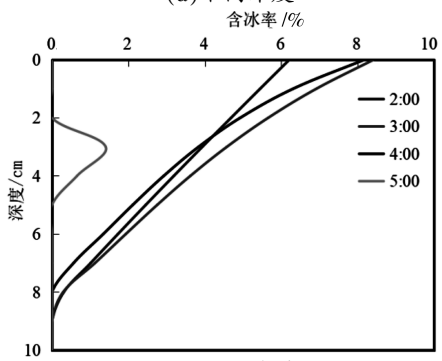


图 9　2009 年 1 月 10 日—2009 年 1 月 16 日不同深度边坡含冰率变化

Fig.9　The change of ice content in slopes with different depths from October 10,2009 to January 16,2009



(a)不同深度



(b)不同时刻

图 10　2009 年 1 月 11 日不同深度不同时刻边坡含冰率变化

Fig.10 Changes of ice content in slope at different depth and time in January 11,2009

从图 9 和图 10 中可见，土体含冰率主要出现在浅层土体约 10 cm 深度范围内,即武夷山地区土体冻结深度约为 10 cm,其中,表土含冰率最高可达 8%,随着深度增加,含冰率显著减小。

综上可以得知：无论是未冻层含水量，还是总含水率,地表浅层的间隙水或毛细水含量变化都最显著,而距地表 10 cm 深度以下地层总含水率和未冻水含量基本未发生较大变化。这说明冻结层水分迁移现象最明显,水分聚集最严重,武夷山地区冻结层厚度约为 10 cm。

3 结论

运用冻融状态下的温湿耦合模型,以武夷山地区的气候条件为背景,对该地区边坡浅层温度和湿度变化进行研究,得出福建省北部典型短时冻土区边坡温度场和湿度场变化规律,结论如下：

(1) 边坡浅层温度状况随气温的变化基本呈周期性的变化规律,且存在边坡浅层温度滞后气温的现象。同时,边坡浅层(0~15 cm)最低温度在每天均达到零下,最大值约-5.1 ℃;而最高温度可达 13.5 ℃左右,表层土体冻结时间在夜间 21:00 到次日凌晨 5:00 之间。

(2)冰冻之初,未冻土层的温度梯度小于冻土层,而随着冰冻的持续,冻土层和未冻土层内温度梯度降低,温差逐渐变小。

(3)不论是总含水率,还是未冻水含量,地表浅层的含水率变化幅度都最大,而 10 cm 以下的含水率曲线平缓,总含水率和未冻水含量轻微下降或不变。说明水分迁移现象最明显且水分聚集最严重的部位在于冻结层本身,武夷山地区冻结层厚度约为 10 cm。

参考文献：

[1] HARLAN R L .Analysis of coupled heat-fluid transport in partially frozen soil[J]. Water Resoure Reserch, 1973, 9(5):1314-1323.

[2] 郑秀清,樊盛贵,邢述彦.水分在季节性非饱和冻融土中的运动[M].北京:地质出版社,2002.

[3] 何敏,李宁,刘乃飞. 饱和冻土水热力耦合模型解析及验证[J]. 岩土工程学报,2012,34(10):1058-1065.

[4] 宋存牛. 冻融过程中土体水热力耦合作用理论和模型研究进展[J]. 冰川冻土,2010,32(5):982-987.

[5] 阙云,陈晓鹏.短时气温冻融周期内土坡浅层的水热状况分析[J].地下空间与工程学报,2017,13(6):1630-1638.

[6] 阙云.短时冻区残积土力学性质损伤效应的试验研究[J].公路,2016,61(7):1-7.

[7] 程学磊,李顺群,孙世娟,等. 围压和负温对冻土强度和微结构的影响研究[J]. 广西大学学报(自然科学版),2014,39(1):95-104.

[8] 徐敦祖, 王家澄, 张立新. 冻土物理学[M]. 北京:科学出版社, 2010.

[9] 毛雪松, 马骉. 基于水热耦合效应的冻土路基稳定性研究[M]. 北京:人民交通出版社, 2011.

Numerical Simulation of Variation of Temperature and Humidity in Shallow Layer of Short-term Frozen Slope in Wuyishan Area

YUAN Wenhao[1], WANG Rong[2], LIN Wei[3]

(1. School of Civil Engineering, Fujian Chuanzheng Communications College, Fuzhou, Fujian 350007;
2. School of Civil Engineering and Architecture, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300;
3. School of Civil Engineering, Fuzhou University, Fuzhou, Fujian 350116)

Abstract: Taking the short-term freezing-thawing climate in Wuyishan Area as an example, the finite difference method is used to develop the coupled program of frozen soil water and heat. The results show that the temperature in the shallow layer of the slope changes periodically with the air temperature, and there is a phenomenon of temperature lag in the shallow layer of the slope. At the same time, the minimum temperature of the shallow layer (0~15 cm) of the slope is about -5.1 ℃, while the maximum temperature is about 13.5 ℃, and the freezing time of the topsoil is between 21:00 at night and 5:00 the next morning. The temperature gradient of frozen soil section is larger than that of unfrozen soil section at the beginning of freezing. Both the total water content and the unfrozen water content have the largest variation in surface water content, while the water content curve below 10 cm is smooth and the frozen layer thickness in Wuyishan Area is about 10 cm.

Key words: short-term freezing and thawing; slope; temperature; humidity; numerical simulation; Wuyishan Area

(责任编辑:叶丽娜)

“双碳”目标下废弃石粉对水泥混凝土的性能影响及应用

祝可为，肖冰

（福建船政交通职业学院 土木工程学院，福建 福州 350007）

摘 要：以某在建公路项目为例，研究废弃石粉对水泥路面混凝土工作性、力学性能、耐磨性能、耐久性能的影响，以及对人行通道普通混凝土的质量影响，探究废弃石粉在混凝土工程中的应用机制及对碳减排的影响。试验得出：掺入适量石粉有利于提高混凝土工作性、耐磨性能、抗收缩能力、抗氯离子渗透性能，但抗折强度、碳化性能降低；对于人行通道的普通混凝土，使用 10%花岗岩石粉+15%矿渣粉复掺，混凝土质量可满足规范要求。

关键词：废弃石粉；水泥路面；混凝土；“双碳”目标

中图分类号：U414 **文献标识码**：A **文章编号**：1674-2109(2022)12-0050-06

2020 年，我国在第七十五届联合国大会上郑重宣布，CO_2 排放力争 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和(简称双碳目标)[1]。据有关资料显示：2018 年全国建筑全过程碳排放总量为 4.93×10^{10} t CO_2，占全国能源碳排放总量的 51.2%，其中水泥生产排放 1.11×10^{10} t CO_2，占建筑全过程碳排放总量的 22.5%[2]。以石灰石为原料高温煅烧而成的水泥，烧制过程除会产生大量的 CO_2，会大量排出氮氧化物、硫氧化物及粉尘烟尘。我国建筑行业碳排放总量大，水泥作为建筑主材在生产与运行阶段碳排放量占比较大，是碳减排的突破方向。因此，寻找其他材料来部分替代水泥，减少水泥熟料用量，研究出性能良好、耐久长寿、低碳环保、经济节约的水泥路面材料对于降碳减排，提高施工质量有着重要意义。另一方面，我国石料资源丰富，在石材的开采和加工过程中会产生大量的花岗岩、大理石及其他石粉，这些固体废弃物的随意排放，对环境造成严重的污染。因此，如何将废弃石粉“变废为宝”也成为亟待解决的难题。

近年来，国内外针对石粉的技术性能开展多项试验研究认为石粉在混凝土中具有一定的填料效应。岩石粉与水泥相比，比表面积大，颗粒粒径小，岩石粉填充在水泥浆基体和界面过渡区的空隙中，使水泥结构和界面结构更为致密，减小孔隙率和孔径直径，改善孔结构，从而提高混凝土密实度等相关性能[3]。基于此，以某在建公路项目为例，对混凝土中掺入废弃石粉进行试验，研究石粉取代水泥对混凝土的工作性、力学性能、耐磨性能、耐久性能等影响[4]，分析其实际应用到工程项目的可行性，预测经济社会效益，为绿色建筑材料寻找一条新的出路。

1 试验准备及方案

1.1 试验原材料

（1）水泥，P·O 42.5 普通硅酸盐水泥，以 CaO、SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3 为原料，按适当比例磨成细粉烧至部

收稿日期：2022-02-25

基金项目：2020 年度福建省交通运输科技项目“公铁两用钢桁梁纠偏建模及协调设计应用研究”(202029)；2020 年度福建省交通运输科技项目“基于新型异型体系的旧桥改造设计方法研究”(202031)；2020 年度福建省交通运输科技项目“异质交通流环境下高速公路互通立交与隧道衔接段交通流演化机理及应用研究”(202032)。

作者简介：祝可为(1978-)，女，汉族，高级工程师、副教授，主要从事桥梁建设教学与研究。

分熔融所得以硅酸钙为主要矿物成分的水硬性胶凝物质。其中硅酸钙矿物≥66%,氧化钙和氧化硅质量比≥2.0。

(2)矿渣粉,S95 级矿渣粉,其活性钙、硅、铝等无机物的含量> 30%,比表面积≥400,活性指数达到 95(S95 级)以上。

(3)石粉,福建泉州南安的石材石粉,主要为大理石粉和花岗岩石粉,其化学成分质量分数见表 1。

表 1 石材石粉主要化学成分

Tab.1 The main chemical components of stone powder

%

种类	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	烧矢量
大理石粉	0.52	0.37	0.75	53.24	1.75	41.99
花岗岩石粉	71.45	14.23	1.76	3.30	0.31	0.81

(4)砂,级配范围为Ⅱ区、细度模数 2.84 的河砂,含泥量为 0.1%。

(5)石,级配范围为 5~31.5 mm 的碎石,含泥量为 0.9%。

(6)减水剂,聚羧酸系的大华、科之杰、亿方的减水剂, 萘系高效减水剂 MCN-3, 以及脂肪族减水剂 HSB(液体),减水率 20%。

(7)水,自来水。

1.2 试验方法

(1)混凝土的坍落度等工作性能试验可按照 GB/T 50080—2016《普通混凝土拌和物性能试验方法标准》进行。

(2)混凝土力学性能试验依据 GB/T 50081—2019《混凝土物理力学性能试验方法标准》进行。

(3) 混凝土耐磨性能试验参照 JTG 3420—2020《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》进行。

(4)混凝土耐久性能试验根据 GB/T 50082—2019《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》进行。

1.3 试验方案设计

试验根据《混凝土配合比设计手册》设计混凝土配合比,研究大理石石粉、花岗岩石粉单掺以及分别与矿渣粉复掺时,对水泥混凝土性能的影响。其中基准组为纯水泥空白组(试验 1 组),单掺矿渣粉为试验 2 组。为更好地研究废弃石粉的掺入量对新拌混凝土工作性、力学性能等影响,采用大理石粉(试验编号 3~4)、花岗岩石粉(试验编号 7~8)分别取代 10%、20%的水泥。鉴于废弃石粉活性较低,采用 JTC/T F30—2014《公路水泥混凝土路面施工技术细则》的设计方法,对试验 3~4 组、7~8 组中的石粉分别采取系数为 1.3 倍的超量取代,即试验 5~6 组、9~10 组。如表 2。

表 2 混凝土配合比设计

Tab.2 Concrete design

试验编号	混凝土原材料用量/kg·m^{-3}						抗折剂/kg
	水泥	矿渣粉(取代水泥)	石粉(取代水泥)	水	砂	石	
1	330	0	0	150	655	1 289	4.9
2	264	66(20%)	0	150	655	1 289	4.9
3	264	33(10%)	33(10%)	150	655	1 289	4.9
4	264	0	66(20%)	150	655	1 289	4.9
5	264	33(10%)	43(13%)	150	655	1 289	4.9
6	264	0	86(26%)	150	655	1 289	4.9
7	264	33(10%)	33(10%)	150	655	1 289	4.9
8	264	0	66(20%)	150	655	1 289	4.9
9	264	33(10%)	43(13%)	150	655	1 289	4.9
10	264	0	86(26%)	150	655	1 289	4.9

注:括号内数据为取代水泥比例

2 试验结果及分析

2.1 对水泥混凝土工作性的影响

在用水量、抗折剂、砂石和粉体质量相同的情况下,各类混凝土工作性却大相径庭。掺入废弃石粉后,拌合的混凝土坍落度初始值增大,坍落度保持性能也得到提高。基准组总体和易性较差,出现离析、泌水、分层现象;试验 2 组单掺矿渣粉后,混凝土和易性部分改善,但仍有轻微离析泌水现象;单掺石粉时,混凝土和易性较好,无离析泌水现象,总体粘聚性不及试验 2 组;矿渣粉和石粉二者复掺时,混凝土流动性、粘聚性及保水性最佳。原因是:分布在水泥颗粒间的石粉颗粒表面光滑,能够起到与粉煤灰类似的“滚珠”效应,稀释水泥颗粒使其更加分散,从而增大颗粒间距,增加混凝土流动性。同时,表面光滑的石粉分散于水泥颗粒之间能够置换出填充于颗粒间的水分,增加颗粒之间的间隔水层, 打开混凝土水化过程中形成的“絮凝结构”[5],从而提高混凝土的工作性。结果见表 3。

表 3　试验结果

Tab.3　Test result

试验编号	坍落度/mm	抗折强度/MPa		氯离子渗透/$10^{-14}m^2 \cdot s^{-1}$	现象描述
		7 d	28 d		
1	60	5.8	7.1	324	整体的包裹性较差,混凝土有离析泌水现象
2	90	5.1	7.4	241	混凝土包裹性一般,有轻微离析泌水现象
3	110	5.2	6.5	252	和易性较好，无离析泌水现象
4	85	4.6	5.5	389	和易性较好，无离析泌水现象，粘聚性较差,稍粘
5	120	5.5	7.0	245	和易性好，无离析泌水现象
6	100	5.0	6.0	371	和易性较好，无离析泌水现象，粘聚性较差,更粘
7	100	5.0	6.8	278	和易性较好，无离析泌水现象
8	100	4.4	5.7	387	和易性较好，无离析泌水现象，粘聚性较差,稍粘
9	130	5.1	7.2	231	和易性好，无离析泌水现象
10	105	4.6	6.1	350	和易性较好，无离析泌水现象，粘聚性较差,更粘

2.2　对水泥混凝土力学性能的影响

对比大理石粉试验 3~6 组和花岗岩石粉试验 7~10 组的抗折强度,在大理石粉和花岗岩石粉取代量分别为 10%、20%时, 7 d 的强度分别为基准组空白样的 89.7%、79.3%、86.2%、75.9%;28 d 的强度分别为 91.5%、77.5%、95.8%、80.3%。因此, 随着废弃石粉取代量增加,无论是 7 d 还是 28 d 的混凝土抗折强度都呈减小的趋势,28 d 下降的幅度要大于 7 d。石粉单掺 20%时混凝土的抗折强度最为削弱,但采取超掺方式可以缓解强度大幅度下降的趋势。从表 3 可以看出,在 7 d 时掺入大理石粉比掺入花岗岩石粉的混凝土强度高,而 28 d 时恰恰相反。

原因是在早龄期时,岩石粉掺量适当,石粉中的 $CaCO_3$ 能够吸附水泥水化过程产生的 Ca^{2+}离子,使 $CaCO_3$ 周围的 $Ca(OH)_2$ 优先成核,避免 $Ca(OH)_2$ 局部生长成为大晶体, 细小的石灰石粉颗粒充当 C-S-H 的成核基体,可降低成核位垒,加快水化反应速度,从而改善水泥水化产物的分布, 加速水泥的早期水化进程[5]。但随着水化反应的不断进行,$CaCO_3$ 能和水泥中的 C_3A 和 C_4AF 发生反应, 生成 $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCO_3 \cdot 11H_2O$ 或 $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 0.5CaCO_3 \cdot 11H_2O$ 的碳铝酸盐复合物,该复合物结构稳定性较差,导致混凝土硬化的后期强度降低。

2.3　对水泥混凝土耐磨性能的影响

由图 1 中可以看出,当石粉掺入量为 10%、13%、20%时,混凝土磨耗量逐渐增大,耐磨性逐渐减小,试验 3 组和 7 组取 10%矿渣粉+10%石粉时, 混凝土磨耗性能最好。石粉掺入量增加并不会直接提高混凝土耐磨性能,掺入适量的石粉才有利于提高混凝土耐磨性能。掺入花岗岩石粉比大理石粉的耐磨性更高。

造成以上试验现象的原因：石粉本身表面致密、磨耗性能高于同龄期下普通混凝土。将其掺入混凝土后,可有效填充混凝土中的空隙,改善混凝土浆体孔结构。但当石灰石粉掺入量较大时,会导致混凝土级配变化,混凝土表面构造细化使得耐磨性劣化。花岗岩石粉具有更高的硬度,表面更粗糙、多棱角,颗粒之间机械啮合力强,掺入花岗岩石粉的混凝土界面黏结力大,因而具有更优的耐磨性。

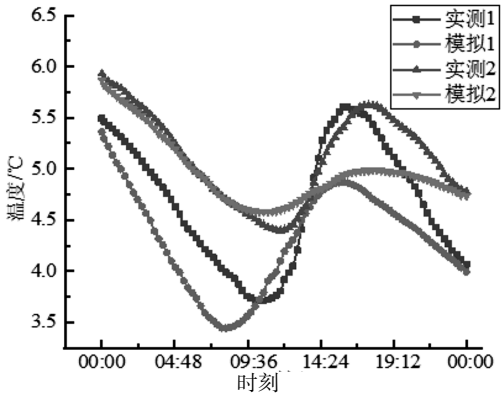


图 1　石粉对混凝土耐磨性的影响

Fig.1 Influence of stone powder on abrasion resistance of concrete

2.4　对水泥混凝土耐久性能的影响

2.4.1　干燥收缩性能分析

混凝土干燥收缩指混凝土干燥时的体积改变,由于混凝土中水分在新生成的水泥石骨架中的分布变化、移动及蒸发所引起[6]。通过对混凝土标准养护 3、7、14、28、60、90、120、180 d 后的干燥收缩性能进行研究,由图 3 可知:掺石粉试件在不同龄期下的抗收缩能力均比未掺石粉强。混凝土的干缩性在 90 d 前增长较快,后期增长较平缓。石粉增量取代对混凝土干缩的抑制作用效果不明显。

出现以上现象的原因是：当石粉掺量≤20%时,石粉颗粒结构密实具有很好填充效应,可以较好的细化及分化混凝土内部的原充水空间,为混凝土中凝胶材料的水化提供有效的内养护,从而阻隔混凝土内部水分向表面扩散的通道，降低混凝土内部的水分消耗,因此未表现出明显收缩现象,具有良好的体积稳定性。花岗岩石粉含有对混凝土性能不利的黏土成分,导致抗收缩性能低于掺大理石粉的混凝土。由于早期干缩速率较快,因此需加强早期水养以免施工时出现混凝土早期裂缝。

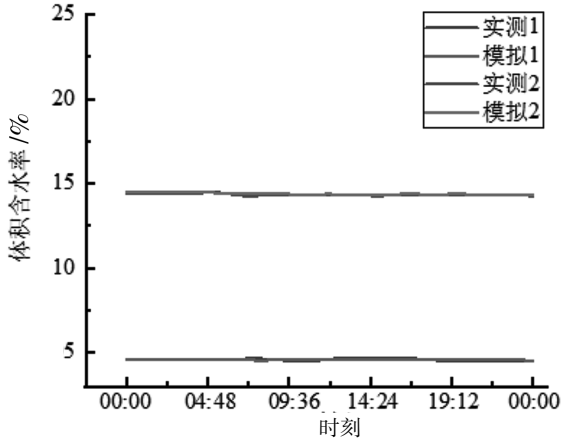


图 3 石粉对混凝土干缩性的影响

Fig.3 Influence of stone powder on drying shrinkage of concrete

2.4.2 抗氯离子渗透性能分析

试验是在不同掺量因素作用下，研究标养 84 d 混凝土的抗氯离子渗透性能。由图 4 可知,单掺 20%石粉比掺入 10%石粉+10%矿渣粉的混凝土氯离子扩散系数大,即混凝土的抗氯离子渗透性能随着石粉掺量的增加而降低[7]。即便超量 1.3 倍掺入石粉,混凝土抗氯离子渗透性能与原先相比并无太大差别。当采用矿渣粉+废弃石粉二者复掺时，与单掺矿渣粉的混凝土试件相比,抗氯离子渗透性能基本相同,但远好于基准组。试验中大理石粉和花岗岩石粉的抗氯离子渗透性能相差无几。

原因是:混凝土孔隙结构的致密程度决定抗氯离子渗透性能的优劣,结构越密实,抗渗性能越好。在石粉掺量≤10%时，石粉颗粒能很好的填充混凝土内部,增加混凝土结构的致密性,抗氯离子的渗透性优于基准组纯水泥试件。但随着石粉掺量增加,石粉参与水泥水化的数量有限,水化产物减少且与石粉颗粒的包裹性差,导致混凝土胶凝材料基体之间的粘结力减小,抗氯离子渗透性降低。

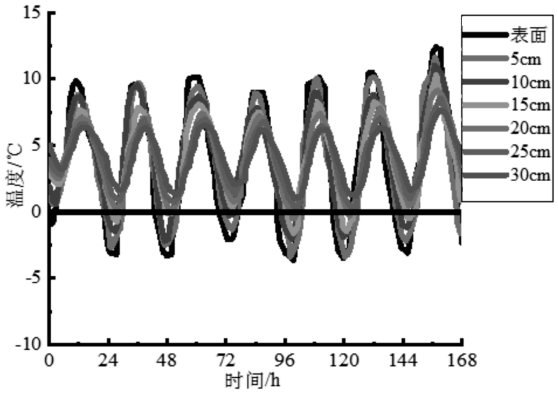


图 4 石粉对混凝土抗氯离子渗透性能的影响

Fig.4 Influence of stone powder on chloride ion penetration resistance of concrete

2.4.3 抗碳化性能分析

混凝土的碳化是空气中 CO_2 气体通过硬化混凝土细孔渗透到混凝土内,与其碱性物质 $Ca(OH)_2$ 发生化学反应后生成碳酸盐 $CaCO_3$ 和水,使混凝土碱性降低、钢筋开始生锈的过程。本试验综合考虑影响碳化的各种因素,着重研究掺废弃石粉对混凝土碳化性能的影响。试验过程为:试验试件制作、试件在碳化箱中碳化、碳化完成后喷洒酚酞试剂、研究碳化颜色及抗碳化性能影响。

试验结果如下：对于石粉掺量在 10%以内时,混凝土的碳化深度与基准组差别不大,但随着石粉的掺量增加,混凝土的碳化深度逐渐增加。在复掺总量为 20%时,复掺组的碳化深度要小于单掺 20%时的混凝土碳化深度。试验结果说明:石粉等量取代水泥后,混凝土碱含量降低，当混凝土的整个 pH 值减小时混凝土的抗碳化性能随之降低。根据 GB 50164—2011《混凝土质量控制标准》的规定,0.1 nm≤快速碳化深度≤10 mm 时混凝土的碳化性能良好,故无论采取单掺还是复掺形式,石粉取代水泥量不应超过 10%。

从两种石粉抗碳化性能比较分析,掺大理石石粉混凝土的抗碳化性能要略优于掺花岗岩石粉,因为大理石石粉中的 Ca^{2+}能促进体系 $Ca(OH)_2$ 的生成,故混凝土的碱性相比花岗岩石粉混凝土的高,抗碳化能力更高。

2.5 对普通混凝土的影响

除了将废弃石粉运用于水泥路面混凝土,试验还对依托工程所属分部工程人行通道的箱体、底板、侧

墙等部位进行废弃石粉混凝土的浇筑。混凝土采用 C30 的标号,根据室内力学性能和耐久性能的研究结论,取 10%花岗岩石粉+15%矿渣粉复掺,减水剂采用聚羧酸性高性能减水剂,在试验室内进行配合比验证之后,各项性能满足要求。在实际运用过程中,选取两个尺寸相近、混凝土设计强度都为 C30 的盖板涵通道,一个用花岗岩石粉混凝土进行浇筑,一个用该项目的粉煤灰与矿渣粉复掺配合比进行浇筑,以实体工程的直观数据进行混凝土性能对比,具体开盘配合比见表 4,C30 配合比数据见表 5。

表 4　开盘配合比数据

Tab.4　Opening mix ratio

组别	设计强度	配合比						
		水泥/g	水/g	砂/g	碎石/g	石粉/g	外加剂/g	矿粉/g
石粉组	C30	263	175	732	1 098	35	3.50	52
普通组	C30	263	175	732	1 098	35(粉煤灰)	3.50	52

表 5　C30 配合比数据

Tab.5　C30 mix ratio data　MPa

组别	7 d 抗压强度	28 d 抗压强度	28 d 回弹强度
石粉组	27.7	32.0	30.6
普通组	28.3	34.5	31.9

从混凝土最终的表观质量和强度看，石粉+矿渣粉复掺的混凝土质量与普通粉煤灰+矿渣粉复掺的混凝土质量没有太大区别,满足规范技术指标。

3　经济社会效益分析

3.1　经济分析

废弃的大理石石粉和花岗岩石粉单价比粉煤灰、矿渣粉单价低,参照福建地区胶材平均价格,对本工程中运用的水泥路面混凝土和 C30 混凝土进行废弃石粉混凝土经济性分析,结果如表 6 和 7 所示。

表 6　水泥路面混凝土成本对比

Tab.6　Cost comparison of cement pavement concrete

组别	设计强度	配合比								
		水泥/g	水/g	砂/g	碎石/g	石粉/g	矿渣粉/g	抗折剂/g	28 d 抗折强度/MPa	每方成本/元
1	f5.0	264	150	655	1 289	35	33	3.50	6.8	193
2	f5.0	264	150	655	1 289	—	66	3.90	7.4	210
3	f5.0	330	150	655	1 289	—	—	3.90	7.1	215

表 7　普通混凝土成本对比

Tab.7　Cost comparison of ordinary concrete

组别	设计强度	配合比								
		水泥/g	水/g	砂/g	碎石/g	石粉/g	矿渣粉/g	抗折剂/g	28 d 抗折强度/MPa	每方成本/元
1	f5.0	264	150	655	1 289	35	33	3.50	6.8	193
2	f5.0	264	150	655	1 289	—	66	3.90	7.4	210
3	f5.0	330	150	655	1 289	—	—	3.90	7.1	215

从上表可知:每立方米掺入石粉的水泥路面混凝土、普通混凝土较基准组可节约费用 22 元,降低成本 10%。同时将废弃石粉运用到混凝土中,省去原先处理废弃石粉的费用。加之近年来粉煤灰供不应求,品质参差不齐,对地理位置偏僻、交通不便的项目而言,加上运费的粉煤灰到场价格与水泥相差无几,以福建山区为例，每吨粉煤灰与石粉的到场价格相差近 300 元。因此使用石粉作为掺合料,经济优势更为显著。

3.2　社会效益分析

目前我国水泥生产普遍面临着碳排放总量大、自然资源消耗快、用能技术效率低等问题,每生产 1 t 水泥消耗标准煤约 200 kg,耗电约 88 kW·h,碳排放量约 634 kg 左右。同时石材加工行业的蓬勃兴起,带来废弃石粉的大量增加，如全国花岗岩石粉的年产量已超

500万t,且每年以15%的比例递增。废弃石粉再生利用率低、堆积占用土地、易污染环境。掺入石粉的水泥混凝土每立方米可消化石粉0.4 m^3,可减少对土地资源的占用,缓解交通运输压力,降低碳排放量,对推进节能减排,发展循环经济,推进双碳目标具有重要社会意义。

4 结语

(1)在混凝土中掺入石粉,可以提高混凝土坍落度,改善混凝土和易性离析泌水情况,使用矿渣粉和石粉复掺时混凝土工作性能更优。

(2)随着石粉取代量增加,混凝土抗折强度降低,对混凝土产生不利影响。石粉单掺20%时混凝土的抗折强度最小,但采取超掺、复掺可以减缓下降。

(3)当石粉掺入量≤20%,对混凝土耐磨性能表现为正效应。相比掺入大理石粉,掺入花岗岩石粉的混凝土具有更好的耐磨性。

(4)掺入石粉的混凝土抗收缩能力、抗氯离子渗透性能增强,当石粉掺量≤10%时,混凝土的碳化性能良好,具有良好的耐久性[8]。

(5)对于人行通道的箱体、底板、侧墙等部位的普通混凝土,使用10%花岗岩石粉+15%矿渣粉复掺的混凝土质量与普通粉煤灰+矿渣粉复掺的混凝土质量无太大差异,可满足规范技术指标[9]。

综上所述,在水泥路面混凝土中,掺入废弃石粉,对开辟水泥混凝土细集料来源的新方法。既可以因地制宜、就地取材,节省建设成本;又可以消化工业废料,降低碳排放,减少环境污染。从技术上,可以通过等效替代,获得与基准混凝土相同甚至更优的性能,通过单掺或复掺等方法研制出平价、高性的混凝土材料。因此,推广石粉水泥混凝土的应用,对推动土木建筑行业绿色转型,实现“碳达峰、碳中和”目标具有十分重要的意义[10]。

参考文献:

[1] 张建云,周天涛,金君良.实现中国“双碳”目标水利行业可以做什么[J].水利水运工程学报,2021(1):1-13.

[2] 肖绪文,刘星.关于绿色建造与碳达峰、碳中和的思考[J].施工技术,2021(13):1-5.

[3] 程薇玮.石灰石粉掺和料的生产与工程应用[D].重庆:重庆大学,2016.

[4] 肖瑜.采石场废弃石屑在水泥基材料中的利用研究[D].兰州:兰州交通大学,2014.

[5] 张金团.大理石粉对水泥基材料物理力学性能影响研究[D].南宁:广西大学,2019.

[6] 李洪泉,杨成永,匡星,等.干缩和徐变对格栅钢架初期支护安全性的影响[D].济南:山东建筑大学,2010.

[7] 祝战奎.锂渣复合渣高强高性能自密实混凝土研究[D].重庆:重庆大学,2007.

[8] 黄斌,龚明子,袁忠标.废弃石粉对普通混凝土耐久性能的影响[J].福州大学学报(自然科学版),2018(5):705-711.

[9] 黄斌,龚明子,袁忠标.石材石粉对路面混凝土性能的影响[J].公路,2018(5):252-255.

[10] 肖绪文.绿色建造发展现状及发展战略[J].施工技术,2018,47(6):1-4,40.

Influence and Research of Waste Stone Powder on the Performance Cement Concrete under the Goal of "Carbon Peak and Carbon Neutrality"

ZHU Kewei, XIAO Bing

(School of Civil Engineering, Fujian Chuanzheng Communications College, Fuzhou, Fujian 350007)

Abstract: To take a highway project under construction for an example, research focuses on the effects of waste powder on performance, mechanical properties, abrasion resistance, durability and quality influence, and waste stone powder on the performance concrete about impact on carbon emissions. The research shows that the effects of waste powder on performance, abrasion resistance, shrinkage, chloride ion penetration resistance performance are better, the effects of waste powder on strength, carbonation are worse, concrete quality can meet the standard requirements by using complex mix of waste powder with slag. Therefore, we hope to promote the use of the new green building materials.

Key words: waste stone powder; cement pavement; concrete; Carbon Peak and Carbon Neutrality

(责任编辑:叶丽娜)

复合胶凝体系道路快速修补材料早期强度试验

张会芝[1]，黄启林[2]，刘纪峰[1*]，郑春林[3]，叶德泰[4]

（1.三明学院 建筑工程学院，福建 三明 365004；2. 三明市公路事业发展中心，福建 三明 365000；
3.海峡建工集团有限公司，福建 福州 350000；4. 海颐建工集团有限公司，福建 三明 366100）

摘 要：为研究不同缓凝剂和水玻璃模数作用下，矿粉取代率、缓凝剂掺量和水胶比对复合胶凝体系道路快速修补材料早期强度的影响，取矿粉对水泥熟料的质量取代率分别为 0、20%、40%和 60%，氯化钡或硝酸锌两种缓凝剂的掺量分别为 1%、1.5%、2%和 2.5%，2.8 和 3.0 两种模数的水玻璃掺量为 30%，水胶比分别为 0.30、0.33、0.36 和 0.39，测试各组配合比 4 h 抗折强度，结果表明：(1)试样 4 h 抗折强度在 1.17~2.33 MPa，利用碱激发复合胶凝体系制备道路快速修复新型材料具有可行性，但需要优化配合比以进一步提升其早期强度；(2)选用氯化钡为缓凝剂和 2.8 模数的水玻璃模时，较优配合比为矿粉取代率 20%，缓凝剂掺量 1%或 2%，水胶比为 0.39 或 0.36；(3)选用硝酸锌为缓凝剂和 3.0 模数的水玻璃模时，较优配合比为矿粉取代率 0 或 20%，缓凝剂掺量 1%，水胶比为 0.30。

关键词：道路快速修补材料；复合胶凝体系；早期强度；4 h 抗折强度

中图分类号：TU502+6 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-2109(2022)12-0056-05

地震、灾害、战争等灾后交通的快速修复是及时挽回人民生命财产和保障国家社会经济活动正常运转的必要条件，传统道路修复材料多基于普通硅酸盐水泥，其材料性能有限，尤其是早期力学性能较弱，虽然在其中加入早强剂、速凝剂等，可在一定程度上改善其早期强度，但其凝结硬化仍然较慢，在几小时内难以形成令人满意的强度，且因加入外加剂，导致其易开裂、粘结性差，难以满足抢修抢建工程的需求[1-2]。为此，国内外相继开发快硬硫铝酸盐水泥、快硬磷酸镁水泥、超快硬灌浆料、调凝水泥等系列快凝快硬道路修补材料[3-4]，在一定程度上缓解现实需求，但该类产品存在生产过程能耗较大、造价昂贵、不易存储、施工技术要求高等不足，用于道路抢修抢建工程，具有一定的局限性。

绿色胶凝材料代替水泥类胶凝材料是解决环境和资源问题的有效途径，地聚合物(geopolymer，又称地质聚合物，地聚物)是富含硅铝成分的粉末与激发剂混合并反应后形成的凝结硬化材料，具有快硬早强、优良的耐化学侵蚀性、耐高温性和固结重金属的性能等[5-8]，是一种高性能环保型材料。矿渣、粉煤灰、金属尾矿等富含硅铝成分的固体废弃物均可作为原材料，其制备工艺简单，可在部分环境替代水泥制备地聚物混凝土，其应用可显著减少碳排放[9-10]。研究表明，缓凝剂种类和掺量、激发剂模数、水胶比等是影响碱激发矿渣性能的主要因素，但上述因素对于矿渣和水泥熟料复合胶凝体系性能的影响规律，相关文献报道较少，因此，有必要进行深入研究。

以氯化钡或硝酸锌作为缓凝剂，以 42.5 水泥熟料和磨细矿渣作为胶凝材料，以氢氧化钠和水玻璃作为激发剂，探讨缓凝剂种类和掺量、磨细矿渣对水泥熟料替代率及水胶比对生成物 4 h 抗折强度的影响规

收稿日期：2022-04-12

基金项目：复合胶凝体系地聚合物道路快速修补材料研发(201915)；铅锌尾矿单组分地聚物水泥制备关键技术研发(2020Y0091)；基于固体废弃物的新型建筑材料研发(2018S2002)。

作者简介：张会芝(1981-)，女，汉族，教授，博士，主要从事新型建筑材料的研究。

通讯作者：刘纪峰(1979-)，男，汉族，教授，博士，主要从事城市地下工程，固废资源化利用的研究。

律,为复合胶凝体系道路快速修补材料的研发提供初步参考。

1 试验原材料

试验用水泥熟料为福建金牛水泥有限公司生产的42.5普通硅酸盐水泥熟料,矿渣为福建省钢源粉体材料公司生产的S95级粒化高炉矿渣粉,水泥熟料和磨细矿渣的化学组成质量分数如表1所示,二者的比表面积分别为350和430 m^2/kg,砂为袋装标准砂,质量为每袋1 350 g。

试验所用氯化钡和硝酸锌均为西陇科学股份有限公司生产,分别为分析纯二水氯化钡($BaCl_2 \cdot 2H_2O$)和六水合硝酸锌($Zn(NO_3) \cdot 6H_2O$),水玻璃为三明市永维化工厂生产的桶装水玻璃,模数分别为2.8和3.0两种,拌和用水为自来水。

表1 42.5水泥熟料和磨细矿渣主要成分

Tab.1 Main components of cement and ground slag

%

名 称	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Na_2O	MgO	SO_3	Fe_2O_3	Loss
水泥熟料	20.55	5.69	62.50	0.53	2.61	2.93	3.27	1.08
磨细矿渣	32.35	15.0	36.13	5.53	6.68	1.36	0.45	0.60

2 试验设计和测试

设计表2和表3所示的三因素四水平正交试验表,因素1为矿粉取代率,水平分别为胶凝材料总质量的0、20%、40%和60%,因素2为缓凝剂掺量,选氯

表2 第1组配合比及4 h抗折强度

Tab.2 Mix proportion and 4 h bending strength of group one

序号	42.5水泥/g	矿粉/g	$BaCl_2$/g	用水量/g	氢氧化钠8%	水玻璃30%	4 h抗折强度1 /MPa
1	450	0	4.50	135.0	36	135	1.87
2	450	0	6.75	148.5	36	135	1.60
3	450	0	9.00	162.0	36	135	1.70
4	450	0	11.25	175.5	36	135	1.77
5	360	90	4.50	148.5	36	135	1.63
6	360	90	6.75	135.0	36	135	1.80
7	360	90	9.00	175.5	36	135	2.03
8	360	90	11.25	162.0	36	135	1.93
9	270	180	4.50	162.0	36	135	1.63
10	270	180	6.75	175.5	36	135	1.53
11	270	180	9.00	135.0	36	135	1.63
12	270	180	11.25	148.5	36	135	1.50
13	180	270	4.50	175.5	36	135	1.40
14	180	270	6.75	162.0	36	135	1.27
15	180	270	9.00	148.5	36	135	1.17
16	180	270	11.25	135.0	36	135	1.17

表3 第2组配合比及4 h抗折强度

Tab.3 Mix proportion and 4 h bending strength of group two

序号	42.5水泥/g	矿粉/g	$Zn(NO_3)_2$/g	用水量/g	氢氧化钠8%	水玻璃30%	4 h抗折强度2 /MPa
1	450	0	4.50	135.0	36	135	2.33
2	450	0	6.75	148.5	36	135	2.07
3	450	0	9.00	162.0	36	135	1.63
4	450	0	11.25	175.5	36	135	1.50
5	360	90	4.50	148.5	36	135	1.97
6	360	90	6.75	135.0	36	135	2.00
7	360	90	9.00	175.5	36	135	1.87
8	360	90	11.25	162.0	36	135	1.57
9	270	180	4.50	162.0	36	135	1.63
10	270	180	6.75	175.5	36	135	1.50
11	270	180	9.00	135.0	36	135	1.87
12	270	180	11.25	148.5	36	135	1.70
13	180	270	4.50	175.5	36	135	1.80
14	180	270	6.75	162.0	36	135	1.53
15	180	270	9.00	148.5	36	135	1.53
16	180	270	11.25	135.0	36	135	1.57

化钡和硝酸锌两种缓凝剂,水平分别为胶凝材料质量的 1%、1.5%、2%和 2.5%,因素 3 为水胶比,水平分别取 0.30、0.33、0.36 和 0.39。表 2 所用的水玻璃模数为 2.8,表 3 所用的水玻璃模数为 3.0。试样制作、养护和测试参照 GB/T 17671—2021《水泥胶砂强度检验方法》进行。试验过程中测试各组试样的初、终凝时间,均满足初凝时间不小于 10 min,终凝时间不大于 30 min 的既定要求。

胶砂试样养护 1 h 后拆模,自然养护 4 h,进行抗折强度测试,所用仪器为 TENSON 的 YAW-300C 微机控制抗折抗压试验机,加荷速率 50 N/s,最大试验力 10 kN。试样及抗折强度试验、破坏试样分别见图 1、图 2。

图 1　养护好的试样

Fig.1 Curing sample

Fig.2　4 h Bending strength test

图 2　4 h 抗折强度测试

抗折试验完成后,对破碎后的试块取样,采用 JSM-IT500 扫描电子显微镜对其微细观结构进行研究,以进一步了解其早期强度形成机制。

3　试验结果分析

表 2 和表 3 的三因素四水平正交试验极差分析见表 4,由表 4 可知:(1) 选用氯化钡为缓凝剂和 2.8 模数的水玻璃模时,各因素对 4 h 抗折强度的影响程度依次为矿粉取代率>缓凝剂掺量>水胶比;(2) 选用硝酸锌为缓凝剂和 3.0 模数的水玻璃模时,各因素对 4 h 抗折强度的影响程度依次为水胶比>缓凝剂掺量>矿粉取代率。

各因素对 4 h 抗折强度的影响规律如图 3 至图 5 所示,由图 3 至图 5 及表 2 和表 3 的 4 h 抗折强度测试结果可知:(1)硝酸锌为缓凝剂和 3.0 模数水玻璃模的各组配合比,4 h 抗折强度整体上高于氯化钡为缓凝剂和 2.8 模数的水玻璃的各组配合比的,考虑到该配合比下矿粉取代率对 4 h 抗折强度的影响程度较小,从工业固废资源化利用以减少碳排放的角度考虑,可以优先选用;(2)选用氯化钡为缓凝剂和 2.8 模数的水玻璃模时,4 h 抗折强度随矿粉取代率增加而先增加后降低,最大值在 20%矿粉取代率处;随缓凝剂掺量的增加而波动,较大值在 1%和 2%缓凝剂掺量处;随水胶比的增大而先降低后增加;(3)选用硝酸锌为缓凝剂和 3.0 模数的水玻璃模时,4 h 抗折强度随矿粉取代率和缓凝剂掺量的增加而降低;随水胶比的增大而先降低再轻微升高。

表 4 正交试验极差分析

Tab.4　Range analysis of orthogonal test

编号	第 1 组影响程度			第 2 组影响程度		
	矿粉取代率/%	缓凝剂掺量/%	水胶比	矿粉取代率/%	缓凝剂掺量/%	水胶比
K_1	6.70	6.20	5.13	7.53	7.73	7.77
K_2	7.39	6.53	6.07	7.34	7.10	7.27
K_3	6.29	6.37	6.10	6.57	6.90	6.36
K_4	5.01	4.66	6.46	6.56	6.34	6.67
极差	2.38	1.87	1.33	0.97	1.39	1.41

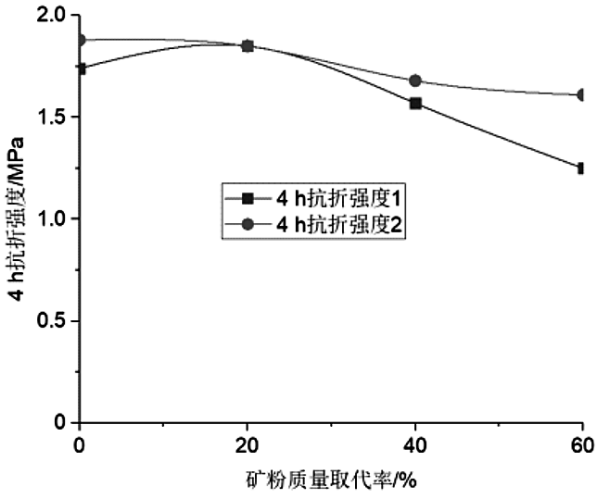


图 3 矿粉质量取代率对 4 h 抗折强度的影响

Fig.3 Effect of replacement rate of mineral powder on 4 h flexural strength

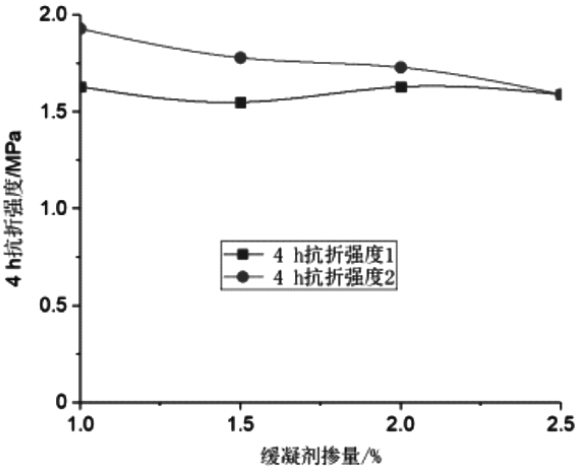


图 4 缓凝剂掺量对 4 h 抗折强度的影响

Fig.4 Effect of replacement rate of Retarder content on 4 h flexural strength

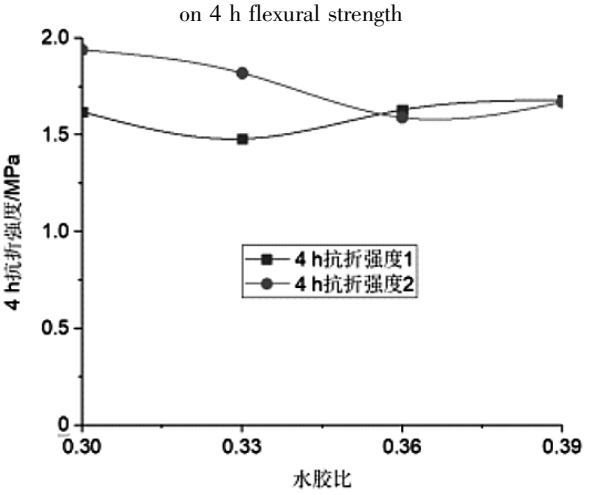


图 5 水胶比对 4 h 抗折强度的影响

Fig.5 Effect of replacement rate of water binder ratio on 4 h flexural strength

不同配合比的 4 h 试验的微细观结构相似，图 6 为表 2 中配合比第 7 组的 4 h 试样放大 5 000 倍的 SEM 图像,由图 6 可知,试样在 4 h 时已经形成微细结构非常致密的聚合体,这也是其具有较高抗折强度的原因,此时,水化反应尚未充分完成,试样内部未出现微孔洞、微裂隙等会导致其宏观力学性能劣化的不利结构,后续要特别注意加强养护,防止试样内部出现微孔洞、微裂隙,影响其后期强度增长。

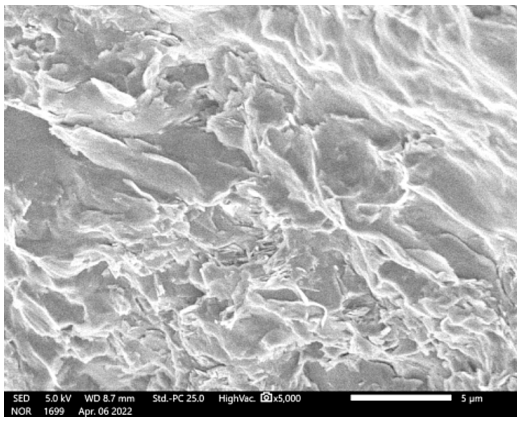


图 6 表 2 中第 7 组配合比试样放大 5 000 倍的 SEM 图像

Fig.6 SEM image of mix proportion samples enlarged by 5 000 times of the 7 th group in table 2

4 结论与建议

“碳达峰、碳中和”是我国绿色发展的必由之路。国务院发布的《2030 年前碳达峰行动方案》(国发〔2021〕23 号)明确指出推动建材行业碳达峰:“鼓励建材企业使用粉煤灰、工业废渣、尾矿渣等作为原料或水泥混合材。加快推进绿色建材产品认证和应用推广,加强新型胶凝材料、低碳混凝土、木竹建材等低碳建材产品研发应用”。为此,结合工程实际需要,初步探讨研发碱激发复合胶凝体系道路快速修复新型胶凝材料的可行性,通过试验研究,可得出如下结论:

(1) 试验各组配合比均具有一定的 4 h 抗折强度,说明利用碱激发复合胶凝体系制备道路快速修复新型材料具有可行性，但试验配合比需要进一步优化，以满足 4 h 抗折强度 4.5 MPa 以上的工程设计目标要求;

(2)选用氯化钡为缓凝剂和 2.8 模数的水玻璃时,较优配合比为：矿粉取代率 20%，缓凝剂掺量 1%或

2%,水胶比为 0.39 或 0.36;

(3)选用硝酸锌为缓凝剂和 3.0 模数的水玻璃模时,较优配合比为矿粉取代率 0 或 20%,缓凝剂掺量 1%,水胶比为 0.30。

应该指出,碱激发胶凝材料具有早强特性,试验的各组配合比,复合胶凝材料的 4 h 抗折强度比 42.5 水泥熟料的 4 h 抗折强度并没有明显增加,主要原因可能是各组配合比偏重基于地聚物的设计,对调节其中主要成分水泥熟料的性能所需的减水剂、早强剂、速凝剂等外加剂未予以重视,导致复合胶凝材料的 4 h 抗折强度未能达到预期。下一步,可采用快硬高强水泥熟料、减水剂、早强剂、速凝剂和超细矿渣粉、激发剂、缓凝剂进行整体设计,充分调动水泥熟料和矿渣粉二者的早期强度,以获得 4 h 抗折强度超过 4.5 MPa 的新型道路快速修复胶凝材料;并采用正交试验设计或总功效系数法,进一步分析各因素对复合胶凝体系道路快速修复材料性能的影响规律。

参考文献:

[1] 许金余,高原,罗鑫.地聚合物基修补材料的性能与应用[M].西安:西北工业大学出版社,2017:1-10.

[2] 白二雷,任韦波,许金余.聚合物水泥复合道面填缝材料制备设计及应用[M].西安:西北工业大学出版社,2018:2-8.

[3] 孙佳龙,黄煜镔,范英儒,等.磷酸镁水泥用作道路的快速修补材料研究[J].功能材料,2018,49(1):1040-1043.

[4] 叶青,王燕芳,石帅锋,等.早强型水泥基道路快速修补材料性能研究[J].公路,2017,62(8):275-280.

[5] 张会芝,刘纪峰,连跃宗.造纸废液和尾矿微粉地聚物性能的影响因素分析[J].三明学院学报,2019,36(6):85-93.

[6] 张会芝,刘纪峰,杨悦,等. 福建 CN111574082A:一种单组分地聚物水泥制备方法[P].2020-08-25.

[7] TERO L , ZAHRA A , JUHOY , et al. One-part alkali-activated materials: A review [J]. Cement and Concrete Research,2018,103:21-34.

[8] CHEN W ,PENG R , STRAUB C ,et al. Promoting the performance of one-part alkali-activated slag using fine lead-zinc mine tailings [J]. Construction and Building Materials, 2020,236:11745- 11753.

[9] 刘清,唐卫兵,招国栋.碱浸铅锌渣地聚物的制备及其力学性能研究[J].硅酸盐通报,2018,37(8):2650-2655.

[10] WEI B , ZHANG Y , BAO S . Preparation of geopolymers from vanadium tailings by mechanical activation [J]. Construction and Building Materials, 2017, 145:236-242.

Testing on Early Strength of Composite Cementitious System for Rapid Road Repair

ZHANG Huizhi[1], HUANG Qilin[2], LIU Jifeng[1*], ZHENG Chunlin[3], YE Detai[4]

(1.School of Architecture and Civil Engineering, Sanming University, Samming, Fujian 365004;
2.Sanming Highway Development Center , Samming, Fujian 365004;
3.Haixia Construction Engineering Group Co. , Ltd. , Fuzhou, Fujian 350000;
4. Haiyi Construction Engineering Group Co., Ltd., Sanming, Fujian 366100)

Abstract: In order to study the influence of mineral powder substitution rate, retarder dosage and water binder ratio on the early strength of composite cementitious system road rapid repair materials under the action of different retarders and water glass modulus, the replacement rate of mineral powder on the quality of cement clinker is 0%, 20%, 40% and 60% respectively, the dosage of barium chloride or zinc nitrate retarders is 1%, 1.5%, 2% and 2.5% respectively, and the dosage of water glass with 2.8 and 3.0 modulus is 30%, the water binder ratio was 0.30, 0.33, 0.36 and 0.39 respectively. The 4 h flexural strength of each mix proportion was tested. The results showed that: (1) the 4 h flexural strength of the sample was 1.17 to 2.33 MPa. It was feasible to prepare new materials for rapid road repair using alkali activated composite cementitious system, but the mix proportion needed to be optimized to further improve its early strength; (2) When barium chloride is selected as the retarder and 2.8 modulus water glass is used. The optimal mix ratio is the replacement rate of mineral powder is 20%, the amount of retarder is 1% or 2%, and the water binder ratio is 0.39 or 0.36; (3) When zinc nitrate is selected as the retarder and 3.0 modulus water glass is used. The optimal mix ratio is the replacement rate of mineral powder is 0% or 20%, the amount of retarder is 1%, and the water binder ratio is 0.30.

Key words: road rapid repair materials; composite cementitious system; early strength; 4 hour flexural strength

(责任编辑:叶丽娜)

VAR 模型的山西省金融发展与对外贸的关系

丘甜[1,2]，缪志春[1,2]，史磊金[2]

(1.武夷学院 区域绿色经济发展研究中心，福建 武夷山 354300；2.武夷学院 商学院，福建 武夷山 354300)

摘 要：通过收集山西省金融与外贸相关数据，构建向量自回归模型(VAR)研究两者内在互动关系，山西省金融发展是对外贸易水平的格兰杰原因，金融发展能够有效推进外贸的发展，脉冲响应结果显示金融发展对外贸水平的累积效应为正。对此，提出优化金融基建及发展环境，改善中小企业融资环境，加快金融创新并完善技术服务的对策建议。

关键词：对外贸易；金融发展；协整检验；VAR 模型；山西省

中图分类号：F127 **文献标识码**：A **文章编号**：1674-2109(2022)12-0061-06

随着人类命运共同体不断深入构建和全球经济一体化的进程持续推进，金融与对外贸易的发展已逐渐成为当代经济持续向前的动力引擎。国际贸易与金融发展一同构建全球内部大循环大市场的形成，它们相互依存、相互交融、相互刺激。作为促进对外贸易发展的关键因素，金融的均衡发展对促进国民经济建设与发展、提高人民的生活水平有着重要意义[1]。根据 2021 年山西省统计年鉴，2020 年山西省进出口贸易总额为人民币 1 508.5 亿元，相比去年同期上涨 4.29%，占 GDP 比例约为 8.6%，对外贸易对山西省的经济发展具有重要意义。与此同时，随着经济的增长，山西省内金融业也发展势头良好。在金融规模方面，截止 2020 年末，山西省存贷款余额总计人民币 72 447 亿元，同比 2019 年增幅约 10.4%。如果用存贷款总额占 GDP 的比重衡量金融发展水平，山西省金融发展水平从 2000 年的 275.31%上升到 2020 年的 406.19%。金融系统不仅能够为企业提供融资，同时也具有风险管理、风险分散等功能，随着金融的发展，企业通过借助金融服务相应的风险管理与分散工具，推动经济增长，也能够有效降低企业外贸开展中的风险，进而促进区域的外贸发展。金融市场发展水平越高，人均资本量越高，从而导致产业资本的积累和产品资本量的增加，最终导致国家和地区的比较优势和出口贸易结构的提高。基于以上分析，探讨山西省金融发展与对外贸易之间的关联性，以期为山西省外贸可持续发展和金融体系改革提供一定的理论参考。

1 文献综述

学术界有诸多学者进行金融发展和对外贸易之间关系研究。马亚明等指出在金融发展水平较高时，对外贸易开放度在汇率制度弹性与长期经济增长之间存在显著为正的中介效应[2]；王义源指出金融规模、金融结构和金融效率对出口贸易结构的均具有显著的正向效应[3]；曾璐璐基于中国 29 个省份的面板数据，检验金融发展水平在对外贸易促进经济增长过程中发挥的作用，以及影响对外贸易的不同融资渠道间的相互关系，指出银行信贷和外商直接投资作为中国金融市场的主要融资渠道，对经济增长和对外贸易具有明显互动关系[4]；毛其淋等通过研究发现地区金融发展不仅显著促进企业进口规模的扩大，而且有利于提高企业的进口概率，增加企业的进口种类，并在更大程度上促进中间品与资本品的进口[5]；李春霄等指出金

收稿日期：2021-10-05

基金项目：国家大学生创新创业训练项目(201910397003)；福建省中青年教师教育科研项目(JAS19375)。

作者简介：丘甜(1988-)，女，汉族，硕士，讲师，主要从事经济计量研究。

融发展对国际贸易发展有积极影响作用，金融效率和金融结构对国际贸易发展有不同程度的支持作用,但金融规模却对国际贸易发展水平具有抑制作用[6];文献[7-10]从贸易融资、风险管理、资本积累等机制研究金融发展对外贸发展的影响机理,指出金融发展水平会通过产业资本的积累增强外贸过程中的比较优势及优化外贸结构,金融系统不仅能够为外贸企业提供融资金融服务,同时也具有风险管理、风险分散等功能,能够有效缓解区域内各种外贸公司的资金困难,是帮助各类外贸公司进步、促进地区外贸提升的重要基础。

综上所述,学者多集中于探讨传统金融效率提高对对外贸易的影响及国家等层面的关系研究,而忽视区域金融发展与对外贸易的关系。现有研究中,大多数学者使用金融总量指标表示金融发展,没有考虑金融发展结构指标和金融发展效率指标,所以导致在衡量金融发展水平方面不是十分准确,也不够全面。考虑到金融发展与对外贸易的关系是复杂的,不同的发展阶段,不同的省份发展状况,不同的经济水平,金融发展与对外贸易的关系也可能会发生变化。所以,在当前经济新常态的背景下,有必要对二者的关系进行更加深入细致的研究，这对于调整金融发展的思路,扩大对外贸易具有重要意义。以国家中部崛起战略的重要省份之一的山西省为例,引入对外贸易水平和金融发展水平指标，构建 VAR 模型，研究两者内在联系,实现其在对外经贸合作中协同稳定发展。

2　指标选取与模型设定

2.2　指标选取

金融发展水平指标采用金融相关比率进行衡量。金融相关比率 FIR 衡量的是金融资产规模即：

$$\mathrm{FIR}=\frac{\mathrm{DE+LO}}{\mathrm{GDP}} \tag{1}$$

式中:FIR 为金融相关比率,DE 为金融机构存款总额,LO 为金融机构贷款总额,GDP 为国内生产总值。

对外贸易规模指标采用进出口总额进行衡量。为消除异方差的影响，对数据进行取自然对数处理,用 SC 表示,即：

$$\mathrm{SC}=\ln(\mathrm{IN+OUT}) \tag{2}$$

式中:SC 表示山西省外贸发展规模;IN 表示山西省进口总额;OUT 表示山西省出口总额。选取样本区间为 2000 年至 2020 年的金融与外贸相关年度数据，数据来源于山西省统计年鉴。

2.2　模型设定

向量自回归模型(vector autoregressive model,VAR)是针对变量无法确定外生变量时,一种新的多方程模型的分析方法,可以用于分析和预测相互联系的多变量时间序列系统,分析随机干扰项所探讨的经济系统的动态冲击，解释各种经济冲击对经济变量的影响。VAR 模型常被用于研究变量之间的动态关系。采用向量自回归(VAR)模型来研究金融发展与对外贸易之间的作用与动态关系。VAR(p) 模型的一般数学表达式为：

$$\boldsymbol{y}_t=C+\boldsymbol{\Phi}_1\boldsymbol{y}_{t-1}+\boldsymbol{\Phi}_2\boldsymbol{y}_{t-2}+\cdots+\boldsymbol{\Phi}_p\boldsymbol{y}_{t-p}+\varepsilon_t,t=1,2,\cdots,T \tag{3}$$

其中:$\boldsymbol{y}_t$ 是 k 维内生变量列向量;p 是滞后阶数;T 是样本个数。$k\times k$ 维矩阵 $\boldsymbol{\Phi}_1,\boldsymbol{\Phi}_2,\cdots,\boldsymbol{\Phi}_p$ 是待估计的系数矩阵。C 为常数项,ε_t 是 k 维扰动列向量,它们相互之间可以同期相关,但不与自己的滞后值相关且不与等式右边的变量相关。$\boldsymbol{y}_t=[\mathrm{FIR}_t,\mathrm{SC}_t]^{\mathrm{T}}$,建立滞后期为 p 的 VAR 模型为：

$$\begin{bmatrix}\mathrm{FIR}_t\\ \mathrm{SC}_t\end{bmatrix}=C+\sum_{m=1}^{p}\boldsymbol{\Phi}\begin{bmatrix}\mathrm{FIR}_{t-m}\\ \mathrm{SC}_{t-m}\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}\varepsilon_{1t}\\ \varepsilon_{2t}\end{bmatrix} \tag{4}$$

3　实证分析

3.1　数据平稳性检验

VAR 模型适用的前提是要求数据平稳。因此,在建立 VAR 模型之前，需要考虑被观察的时间序列是否平稳。将采用 ADF 的检验方法检验 FIR、SC 的平稳性。ADF 检验结果显示,FIR、SC 原序列对应的 P 值分别为 0.893 9、0.021 3,在 1%的显著性水平下,不拒绝存在单位根的原假设,说明均为非平稳序列,需要进行差分处理。考虑到只有同阶平稳才能避免伪回归问题,对原序列 FIR、SC 进行一阶差分后得到平稳序列,说明 FIR 与 SC 是一阶单整序列。

表 1 ADF 单位根检验

Tab.1 ADF unit root testing

变量	ADF 值	*P* 值	平稳性
FIR	-0.381 859	0.893 9	不平稳
SC	-3.501 597	0.021 3	不平稳
dFIR	-4.825 415	0.001 6	平稳
dSC	-4.428 695	0.003 1	平稳

注:d 代表一阶差分序列。

3.2 最佳滞后期的确定

滞后期的选择是 VAR 模型建立的前提，使用相关准则对滞后阶数进行选择。基于可能性比率(LR)、最终预测误差(FPE)、Schwarz 准则(SC)、Akaike 信息准则(AIC)和 Hannan-Quinn 信息准则(HQ)等衡量标准，按照少数服从多数原则,选择最优滞后阶数。

根据表 2 结果可知,当滞后阶数为 4 时，FPE、AIC、SC、HQ 的值同时达到最小。因此,选择最优滞后阶数为 4 阶。

表 2 VAR 最优滞后阶数

Tab.2 VAR optimal lag order

Lag	Log *L*	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-12.512 54	—	0.023 746	1.935 005	2.029 412	1.934 000
1	11.119 15	37.810 700	0.001 751	-0.682 553	-0.399 333	-0.685 570
2	13.525 87	3.208 965	0.002 259	-0.470 116	0.001 917	-0.475 144
3	22.673 60	9.757 574*	0.001 261	-1.156 480	-0.495 633	-1.163 519
4	28.512 50	4.671 124	0.001 225*	-1.401 667*	-0.552 007*	-1.410 718*
5	31.319 64	1.497 142	0.002 225	-1.242 619	-0.204 146	-1.253 681

注:* 表示被该准则选择的最优滞后阶数;LR 为检验统计量;FPE 为最终预测误差;AIC 为 Akaike 信息准则;SC 为 Schwarz 信息准则;HQ 为 Hannan-Quinn 信息准则。

3.3 模型稳定性检验

模型稳定性的判定是决定 VAR 模型是否合理运用的关键环节。通过 AR 检验来确定模型的稳定性，如果所有特征根均小于 1,则模型是稳定的。检验结果如图 1 所示。结果显示模型中所有特征根均落在单位圆内,表明所建立的山西省金融发展与对外贸易指标之间的 VAR 模型是稳定的。

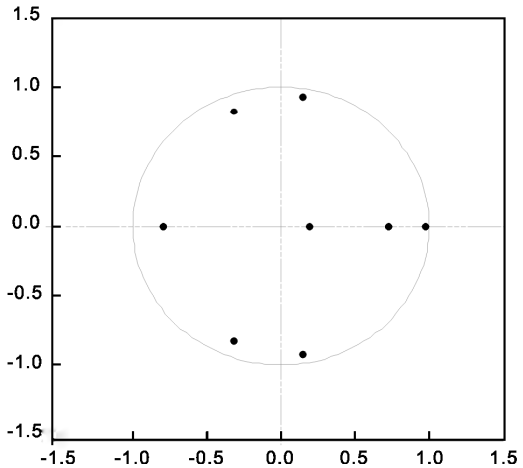


图1 AR 根图

Fig.1 AR root graph

3.4 协整检验

根据单位根检验结果可知，模型中 FIR 与 SC 均为 I(1)序列。为进一步验证变量之间是否存在长期的均衡关系，采用 Johansen 协整方法进行协整检验,检验结果如表 3 所示。结果显示,在 5%的显著性水平下拒绝第一个原假设,FIR 与 SC 之间至少存在一个协整方程,具有协整关系,即认为两组时间序列存在长期稳定的均衡关系。

表 3 协整检验

Tab.3 Cointegration test

原假设:协整个数	特征值	迹统计量值	0.05 临界值	*P* 值
None *	0.680 713	29.993 72	15.494 71	0.000 2
At most 1	0.321 352	4.653 32	1.463 475	0.072 1
At most 2	0.156 278	2.354 17	0.942 436	0.102 4

注:* 表示在 5%的显著水平下拒绝原假设。

3.5 格兰杰因果检验

协整检验表明模型中 FIR 与 SC 存在长期均衡关系,但是否具有因果关系还需要进一步分析。VAR 模

型的 Granger 因果检验可用来分析变量之间的相互影响关系,检验结果如表 4 所示。从检验结果看,金融发展(FIR)是对外贸易(SC)的单向格兰杰原因,金融发展水平的变化会使对外贸易的变化产生影响。

表 4　金融发展对外贸发展的影响

Tab.4　The influence of financial development on the development of foreign trade

原假设	统计量	*P*值	结论
FIR 不是 SC 的格兰杰原因	8.144 530	0.046 4*	拒绝
SC 不是 FIR 的格兰杰原因	8.144 530	0.256 0	接受

注:* 表示在 5%显著性水平下拒绝原假设。

3.6　脉冲响应分析

脉冲响应是描述随机干扰项对内生变量的影响轨迹,当模型受到冲击时,通过系统传导对其他变量产生影响。在确定变量之间的因果关系之后,使用脉冲响应函数来检验随机冲击对内生变量当前值和未来值的影响, 分析金融发展对外贸发展的影响作用。脉冲响应结果如图 2 所示。根据图 2 可知,在给予金融发展(FIR)变量一个正向冲击后,第一期外贸发展(SC)变量无明显响应, 在第二期与第三期有明显的正向效应,在第四期与第五期有明显的负向效应,随后不断波动为正值,说明金融发展从后期效果来看,对外贸发展的负向作用逐渐减弱,并具有一定的正向作用。

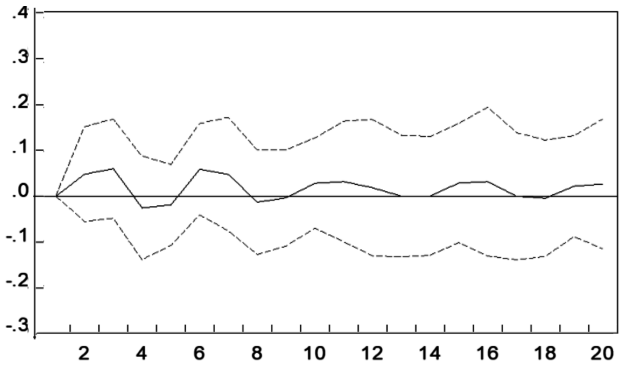


图 2　脉冲响应结果

Fig.2　Impulse response result

进一步对脉冲影响的累积效应进行分析,结果如图 3 所示。可以看出,金融发展对外贸发展的脉冲影响累积效应总体为正向,即给予金融发展一个正向冲击后,外贸发展会受到相应的正向作用。

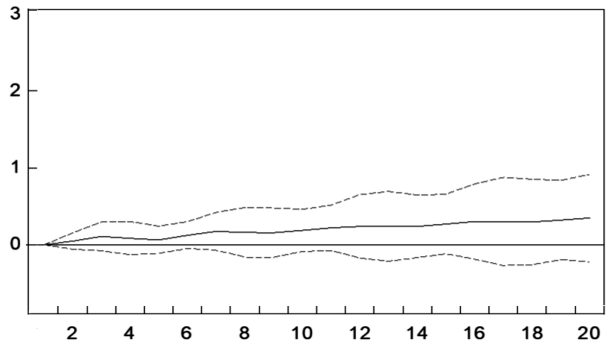


图 3　脉冲响应累积效应

Fig.3　Cumulative effect of impulse response

4　结论与建议

4.1　结论

从实证的角度出发, 运用 VAR 模型对山西省金融发展与对外贸易之间的关系进行分析, 用收集 2000—2020 年的各指标年度数据, 对所建立的 VAR 模型进行单位根、协整、格兰杰因果等检验,利用脉冲响应分析外贸规模对金融发展规模的冲击响应,各种实证方法在结论上呈现出较好的一致性。

第一,单位根平稳性检验表明各指标均为一阶单整时间序列。模型的最佳滞后阶数为 4 阶。通过模型的稳定性检验得出, 所有特征根均落在单位圆内,说明模型是稳定的,可用于山西省金融发展指标与对外贸易指标的关联分析。

第二,协整检验表明山西省金融发展与对外贸易存在长期稳定的均衡关系,山西省金融发展与对外贸易的发展趋势具有同步性。在一定程度上,山西省金融市场体系对拉动经济增长、优化资源配置、促进对外贸易发展发挥重要作用。

第三,经过格兰杰因果检验表明金融发展是对外贸易发展的单向格兰杰原因,说明山西省金融发展变化将引起对外贸易发展的变化。通过脉冲响应函数分析,就山西省整体而言,金融发展水平的变动对外贸发展短期显现正向和负向冲击交替,但长期来看产生一定的正向响应,金融发展水平对外贸发展水平具有拉动作用。

4.2　建议

为进一步推进山西省金融与外贸协同发展,实现

区域经济良好、平稳提升,现提出以下几个方面的对策建议:

一是优化山西省金融基建及发展环境。优化山西省金融业服务环境,完善金融发展的基础设施,是发挥好金融发展促进对外贸易的重中之重。要想继续完善和发展金融发展的体系结构,促进顶层金融结构进一步发展,应该着手实施针对山西省特殊环境的存款保险制度,同时要加快推行全国乃至全球范围内的金融机构评测和破产制度,让山西省金融服务及产品变得新颖有创新点。扶持山西省内企业的发展减免其贷款负担,就是要加快各种金融机构的上层建设,降低相关企业的成本投入。逐步形成一套专门针对山西省企业金融需求,体现金融资本促进企业发展的制度。因此,金融机构中制度的完善与外贸企业减负相结合,将形成有利于对外贸易企业发展和实体经济振兴的良好金融范围氛围。

二是改善山西省中小企业融资环境。在促进外贸发展的融资时,要明确改善与提升我国山西省中小企业的金融市场环境。为适应与服务好山西省中小企业的实际发展需要,要积极主动地推动不同类型的金融机构和各种金融主体以山西省中小企业金融需求服务为重点关切,在中小企业金融服务的过程中,找准自身的定位与发展方向。积极推广本省内各大国有银行的信贷部门,要求在一定程度上使从事对外经济活动的中小微企业的信贷标准降低,使信贷审批流程简化,提高国有银行的工作效率。在省内设立的地方商业银行要不断地、充分地发挥区域优势,拓展对中小微企业的金融服务产品和方式,加强对省内从事对外贸易的中小微企业的融资。除却在相关政策实施制定上下功夫,还可以以中小企业金融服务的发展需求为出发点,联系企业的基本经济活动,不断推出中小企业的金融的业务创新,增加其被信贷机构特别是小额的心甘情愿提供担保的机会,增值服务也持续增多,同时从各方面让小额信贷机构进入各类企业,为企业去提供能够真正满足自身需要,解决企业实际困难的金融服务,为不同企业提供不同的资金支持。

三是加快山西省金融创新并完善服务技术。金融部门与山西省政府机构应积极调研,从实际需求出发,开发创新实用的金融衍生品,为外贸企业规避外汇等风险提供更多的金融工具。因此,山西省政府应持续推进金融市场和金融体制的深化改革,为金融服务的创新提供多种帮助,包括法律保障、营商空间和政策支持等。推进外贸金融创新应符合外贸企业的实际需要。金融业服务创新的驱动力一定要来自于企业的现实需求,力求统筹规划银行、证券、保险等金融组织间,多种经济活动相结合的创新,不断使金融业的资源配置功能得到彻底的发挥。尤其是要加快山西省保险行业的发展与创新,让更多的保险的作用在外贸企业中不断被发现。与此同时,推进支付结算体系建设与完善,改善支付结算环境与支付结算安全的维护,有效地提高权益资本效率。推进支票、商业汇票和票据用于电子商务,扩大山西省区域性汇兑局的范围。加强对支付关键环节和第三方关系的管理和监督,积极管理非金融机构支付业务的规范发展。

参考文献:

[1] 胡赛.发挥金融促进效应 实现对外贸易增长:评国际结算与贸易融资案例分析[J].山西财经大学学报,2020,42(11):129-130.

[2] 马亚明,胡春阳.金融发展、汇改最优次序与长期经济增长:基于 118 个经济体的面板模型的分析[J].国际金融研究,2020(2):46-55.

[3] 王义源.金融发展对我国出口贸易结构化的影响[D].北京:对外经济贸易大学,2017.

[4] 曾璐璐.金融发展、对外贸易与地区经济增长:基于省际面板数据的实证分析[J].云南财经大学学报,2015,31(1):55-65.

[5] 毛其淋,陈乐远.地区金融发展如何影响了中国企业进口[J].国际贸易问题,2021(6):48-62.

[6] 李春霄,刘亚倩.西北地区金融发展对国际贸易的影响:以陕西省为例[J].商业经济研究,2021(9):165-169.

[7] 张宽,黄凌云.金融发展如何影响区域创新质量:来自中国对外贸易的解释[J].国际金融研究,2019(9):32-42.

[8] 刘钻石,张娟.金融发展、出口替代与贸易失衡[J].财贸研究,2017,28(8):33-43.

[9] 武力超.行业结构优化的测度及影响因素分析[J].统计研究,2019,36(5):54-68.

[10] 徐世龙,杨霞.甘肃省金融发展与对外贸易的关系研究[J].北方经贸,2019(1):43-44.

Relationship Between Financial Development and Foreign Trade of Shanxi Province Based on VAR Model

QIU Tian[1,2], MIAO Zhichun[1,2], SHI Leijin[2]

(1.Regional Green Economic Development Research Center, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300;
2.School of Business, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

Abstract: By collecting the relevant data of finance and foreign trade in Shanxi Province, we build a VAR model to study the internal interaction between them. Financial development in Shanxi Province is the Granger cause of the level of foreign trade. Financial development can effectively promote the development of foreign trade. Impulse response results show that the cumulative effect of financial development on the level of foreign trade is positive. In this regard, the paper puts forward countermeasures and suggestions to optimize the financial infrastructure and development environment, improve the financing environment of small and medium-sized enterprises, accelerate financial innovation and improve technical services.

Key words: foreign trade; financial development; cointegration test; VAR model; Shanxi Province

(责任编辑:聂传朋)

中国文化产业全要素生产率时空分异及收敛性

钟韵珊[1]，王东方[2]，杨琬婷[2]

（1.武夷学院 马克思主义学院 闽北红色文化研究中心，福建 武夷山 354300；2.武夷学院 商学院，福建 武夷山 354300）

摘 要：运用 SBM-DEA 和 Malmquist-Luenberger 模型测度 2012—2018 年中国文化产业全要素生产率(CTFP)，刻画 CTFP 时空演化特征，探究 CTFP 收敛性特征及影响因素。研究发现：(1)CTFP 呈 M 型变化态势，技术进步指数下降是 CTFP 整体呈波动下降态势的主要原因；(2)全国、东、中和西部地区 CTFP、技术效率和技术进步未出现 σ 收敛特征，地区间差异呈扩大化态势；(3)CTFP 不存在绝对收敛特征，但 CTFP、技术效率和技术进步均存在条件收敛特征，教育水平和城镇化水平能够缩小区域间 CTFP 差异。分区域来看，东、中和西部地区 CTFP、技术效率和技术进步均存在条件收敛特征。

关键词：文化产业；全要素生产率；时空分异；σ 收敛

中图分类号：G124 **文献标识码**：A **文章编号**：1674-2109(2022)12-0067-07

文化实力是一个国家或地区综合竞争力的重要组成部分，文化产业的高质量发展通过推动经济发展方式转变推动国家或区域经济的转型升级，提升区域经济发展质量。近年来的发展，我国逐步形成以文化内容为纽带、与关联产业关联度日益提升的庞大产业集群，为经济转型发展提供新动能。2012—2018 年文化及相关产业(以下简称为文化产业)增加值由 18 071 亿元增加到 41 171 亿元，占 GDP 比重由 3.48%提高到 4.48%。我国文化产业在快速发展的同时，尚未走出“高投入、低收益”的困境[1]。文化产业发展仍然呈现显著的要素驱动特征，技术创新等要素引领文化产业高质量发展的作用尚未充分显现。

全要素生产率(total factor productivity, TFP)和要素投入是产业发展的内在动因[2]，是导致区域产业、经济发展差距的关键因素[3]。高质量发展是“十四五”时期中国文化产业发展的根本要求和战略定位[4]，加快推进文化产业供给侧结构性改革，推动文化产业发展由要素投入驱动向创新驱动转变，实现发展动力变革，效率变革，提高全要素生产率，实现“集约式发展”，是实现中国文化产业高质量发展的关键。针对中国区域间文化产业发展差异，TFP 在不同区域文化产业异质性演化的过程中发挥的作用是否一致；如果文化产业全要素生产率 (total factor productivity of cultural industry, CTFP)存在差异，随着时间的推移，TFP 间的差异是呈扩大还是缩小态势？在刻画 CTFP 时空演化特征的基础上，探究 CTFP 的收敛性及其成因，以期为政府政策制定、企业战略决策提供参考。

1 文献综述

作为区域经济发展新动能的文化产业，中国文化产业效率问题受到广大学者的关注，大量文献研究文化产业效率，主要研究内容包括以下两个方面：一是文化产业效率的测度和效率演化特征，二是文化产业效率演化机制的研究。文化产业效率测度方面，王家庭等[5]、马萱等[6]、蒋萍等[7]、袁海等[8]、马跃如等[9]、王惠等[10]、雷宏振等[11]分别采用 DEA、超效率 DEA、三阶段

收稿日期：2021-12-10

基金项目：国家社会科学基金项目(19XJL004)；福建省教育厅中青年教师教育科研项目(JAS180527)。

作者简介：钟韵珊(1986-)，女，汉族，主要从事发展社会学、文化产业管理的研究。

DEA 等方法测度我国省级文化产业效率,研究发现我国文化产业效率整体处在较低水平且存在显著的区域差异。赵阳等[12]、王从春[13]等采用随机前沿模型测度我国省域文化产业效率并分析其影响因素,研究结论同采用 DEA 测度方法研究结果一致。我国经济发展进入新常态阶段以来,很多研究开始关注文化产业高质量发展,开展 CTFP 相关研究,王家庭等[1]、韩东林等[14]研究发现,我国文化制造业绿色 TFP 处在较低水平且呈现显著的区域差异。郭兰平测度江西省 11 个地级市CTFP 并分析其动态演化, 研究发现样本城市CTFP 在研究期间改善不明显且呈现显著的城市间差异[15]。文化产业效率演化机制研究方面,赵阳等[12]、王从春等[13]研究发现区域经济发展水平、科技发展水平、政府财政支持对区域文化产业效率的提升有显著的促进作用[12-13]。

已有文献主要采用 DEA 和 SFA 方法测度文化产业效率并分析效率演化的内在动因,但对于 TFP 在文化产业发展中所起的作用及 TFP 演化趋势未做深入的研究, 而深度揭示我国 CTFP 演化特征及其敛散性特征,探究敛散性演化机制,对于政府制定推动文化产业高质量发展政策措施、企业制定发展战略具有重要的理论和现实意义。鉴于此,采用 SBM-DEA 模型和 Malmquist 模型测度 2012—2018 年我国 30 个省(市、区)CTFP,刻画 CTFP 时空演化特征,探究 CTFP 区域收敛性特征并分析其内在机理。

2　模型选取及变量说明

2.1　模型选择

2.1.1　SBM-DEA 模型

SBM-DEA 模型是非径向、非角度基于松弛变量的效率评价模型,改模型在测度效率时允许投入或产出变量非同比例缩减或放大,能够更为准确的测度决策单元效率。

2.1.2　Malmquist-Luenberger 指数模型

为测算不同时期 CTFP 的变化情况,借鉴 Fare 等研究方法[16],在 SBM-DEA 模型的基础上构造从 t 时期到 t+1 时期的 Malmquist-Luenberger 模型, 模型说明见相关文献;借鉴 Song 等[17]、程惠芳等研究方法[18],将 ML 指数转化为 TFP。

2.1.4　收敛模型

(1)σ 收敛

σ 收敛是不同地区间相关指标的离差随时间推移而趋于减小的过程[19]。

(2)β 收敛

β 收敛是在新古典经济学经济趋同理论基础上由 Barro 和 Sala-I-Martin 提出的[20]。β 收敛是 σ 收敛的必要条件,β 收敛包括绝对 β 收敛和条件 β 收敛。绝对 β 收敛通过构建横截面回归方程检验研究对象经过一段时间的发展,是否可以消除发展差距,达到某一稳态水平。条件 β 收敛认为不同区域的发展呈现一定的路径依赖特征, 最终不同区域收敛于各自的稳态水平,但发展水平先进和落后地区间的差异有可能长期存在。根据估计的β 值,可以测算 CTFP 收敛速度和达到稳态水平所需的时间(收敛的半生命周期)。

2.2　变量说明

2.2.1　投入变量

在测度 CTFP 时,借鉴王家庭等、王文姬等研究,投入变量从选择劳动、资本和产业规模三个指标[1,17],分别用文化及相关产业年末从业人员数、文化及相关产业资本存量和文化产业法人单位数来衡量。其中,借鉴单豪杰的方法,采用永续盘存法测算文化产业资本存量[21],其中,折旧率取值 6%。初始资本存量根据公式 $K_{i,2012}=I_{i,2012}/(\delta_{it}+g_i)$ 计算,g_i 为 i 省市 2012—2018 年文化产业固定资产投资额平均增长率。

2.2.2　产出变量

采用文化产业营业收入作为反映区域文化产业产出水平的指标,文化产业营业收入包括规模以上文化服务业企业、限额以上文化批发和零售企业,分地区限额以上文化批发和零售企业收入总和。

2.2.3　控制变量

为进一步探究 CTFP 收敛的内在动因, 进一步考察宏观经济环境和产业发展情况等因素对 CTFP 收敛性的影响,其中,宏观经济发展层面影响因素包括区域经济发展水平、对外开放水平、城镇化水平和人力资本水平,产业发展层面的影响因素包括文化产业创新能力和文化产业消费水平,控制变量定义及描述性统计见表 1。

表 1 变量定义及描述性统计

Tab.1 Variable definitions and descriptive statistics

类别	变量名称	变量解释	样本均值	标准差	最大值	最小值
宏观经济环境	经济发展水平(Eoc)	各省(市、区)GDP 对数值	9.705	0.846	11.275	7.510
	对外开放水平(Open)	外商直接投资占 GDP 比重	0.020	0.015	0.08	0.0004
	城镇化水平(Urb)	城镇常住人口占总常住人口比重	0.577	0.119	0.896	0.378
	教育水平(Hum)	借鉴王健和梁红艳测算方法测度教育水平	2.234	0.062	2.402	2.100
产业发展情况	文化产业创新能力(Inn)	文化产业专利授权量占总专利授权量的比例	0.026	0.018	0.116	0.002
	文化产业消费水平(Con)	城镇居民文化娱乐消费支出占城镇居民人均消费支出的比例	6.948	0.365	8.101	6.255

2.2.4 数据来源

主要来源于 2013—2019 年《中国统计年鉴》《中国文化文物统计年鉴》《中国文化及相关产业统计年鉴》《中国文化产业统计年鉴》，以及各个省市的地方统计年鉴、统计公报等。本文选取中国 30 个省(市、区)为研究样本。

3 实证分析

3.1 中国 CTFP 时空差异分析

测度我国 30 个省(市、区)文化产业 2012—2018 年的 CTFP 并分解为技术效率和技术进步,CTFP 及分项指标平均值见图 1。研究期间,我国 CTFP 整体呈 M 型变化态势，由 2013 年的 0.916 下降到 2018 年的 0.886,降幅为 3.28%,其中,技术效率呈波动上升趋势,增幅为 1.76%,技术进步变化趋势同 CTFP 一致,研究期内呈 M 型波动下降态势,降幅为 8.45%,以上结果表明,研究期内,中国 CTFP 下降主要受技术进步的影响,技术效率带来的“增长效应”难以弥补技术进步水平的下降对 CTFP 的负向效应。出现这种结果的可能原因是,研究期间,我国文化产业固定资产投资保持年均 20%以上的增长幅度,但产业发展存在管理水平不高、技术应用能力和水平不足等问题,产业发展依然呈现粗放式发展特征,最终导致全要素生产率呈现波动下降的态势。

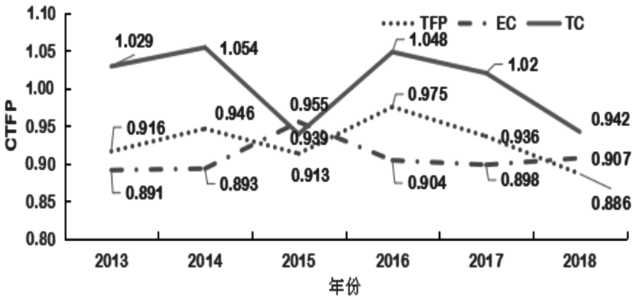


图 1 2013—2018 中国 CTFP 及其分项指标平均值

Fig.1 Average values of CTFP and its sub-indicators from 2013 to 2018 in China

3.2 收敛性分析

前文研究结论表明，中国 CTFP 存在显著的区域差异性，这种差异随时间推移呈现收敛还是扩散特征，通过收敛性分析检验中国 CTFP 收敛特征及其影响因素。

3.2.1 σ 收敛

根据前文提到的方法测算 CTFP、技术效率和技术进步指数 σ 值，结果见图 2 分别为全要素生产率、技术效率和技术进步指数 σ 值),结果显示,我国、东部地区、中部地区和西部地区 CTFP、技术效率和技术进步指数 σ 值均呈现不同程度的增加,但区域间未出现 σ 收敛特征，地区间差异呈扩大化态势。2015 年后,东部地区全要素生产率、技术效率和技术进步指数 σ 值及增长幅度均远超中西部地区,东部地区各省(市、区)间 CTFP 呈分散态势且区域间差距快速扩大。

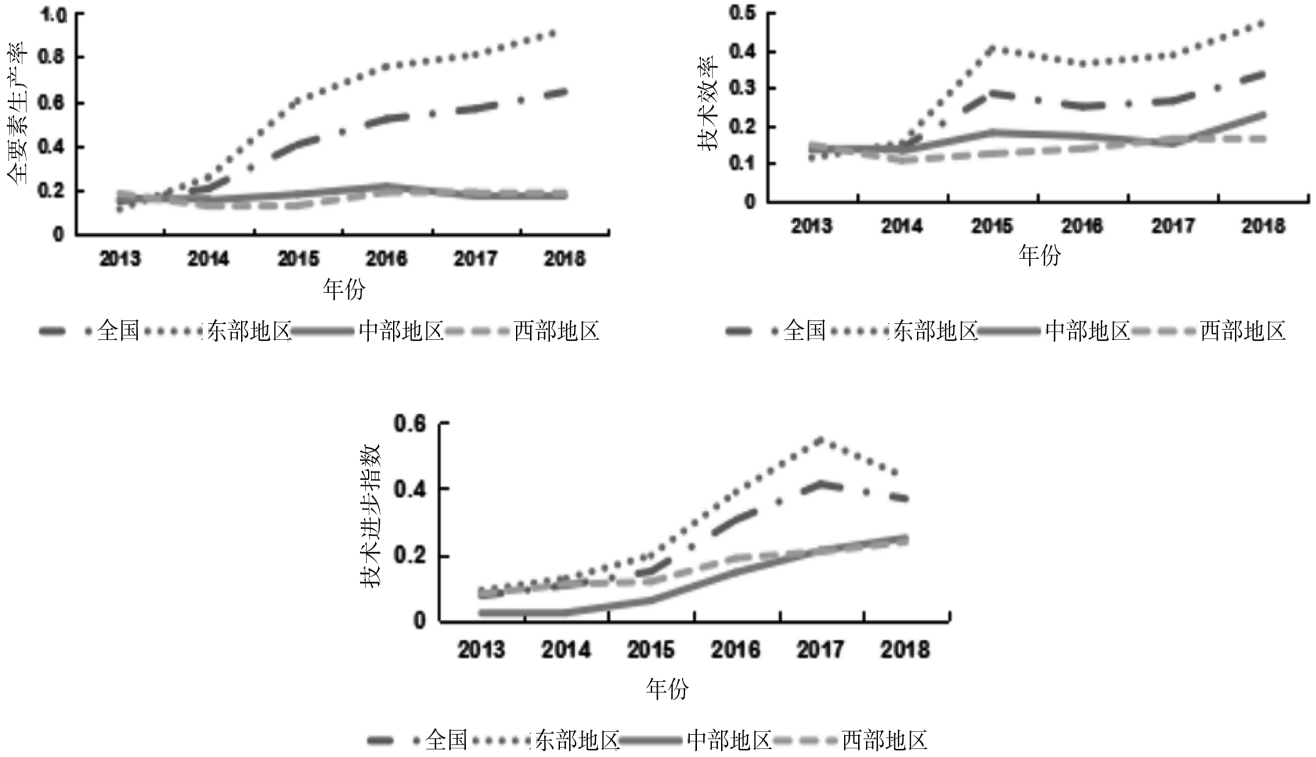


图 2　2013—2018 年分区域 CTFP σ 收敛分析

Fig. 2　Regional CTFP σ convergence analysis from 2013 to 2018

3.2.2　绝对 β 收敛

表 2 结果显示,中国 CTFP、技术效率和技术进步指数绝对收敛检验的回归系数均为正，说明中国 CTFP 不存在绝对收敛特征,随着时间的推移,不同区域 CTFP 不会收敛到同一个水平。

表 2　中国 CTFP 及其分解项的绝对收敛分析

Tab.2　The absolute convergence analysis of CTFP and its decomposition term in China

分解项	CTFP	EC	TC
分	0.887* (1.95)	0.223 (0.586)	1.999** (2.72)
R^2	0.09	0.013	0.173
F	3.81*	0.3	7.4**

3.2.3　条件 β 收敛

采用时间和个体双固定效应模型对条件收敛进行回归分析检验中国 CTFP 是否存在条件收敛，结果见表 3 和表 4。表 3 结果显示,条件收敛回归系数均为负且通过 1%的显著性检验，说明中国 CTFP 及分项指标均呈现条件收敛特征，收敛速度分别为 10.384%、20.43%和 6.65%,收敛的半生命周期分别为 6.675 年、3.392 年和 10.418 年，技术效率收敛速度远快于全要素生产率和技术进步指数。从影响因素来看,教育水平对 CTFP、技术进步指数差异的回归系数为负,说明教育水平的提升有利于缩小各地区 CTFP、技术进步的差异,教育水平的提升带动居民消费的增加,推动文化产业的发展。同时,教育水平的提高给文化产业带来更高质量的就业人员,增强文化产业发展的内生动力,教育水平提升对文化产业的推动作用在落后地区更为显著，进而推动 CTFP 和技术水平更快的提升，缩小区域间全要素生产率及技术进步的差异。城镇化水平对 CTFP、技术效率有显著负向影响,说明城镇化有利于缩小区域间 CTFP、技术效率的差异。东部沿海地区城镇化水平较高,城镇化水平提升较慢,而随着中西部地区城镇化进程快速推进,大量人口转移到城市,带来大量文化产业的需求,进而提升中西部地区 CTFP、技术效率的快速提升,缩小区域间全要素生产率、技术效率差异。市场开放水平对

CTFP 差异的影响显著为正，说明市场开放水平扩大区域间全要素生产率的差异,可能的原因是市场开放水平越高的区域越容易吸收更多的外商直接投资,为文化产业带来更多的资金、技术,进一步提升这些区域 CTFP。

表 3 中国 CTFP 及其分解项的条件收敛分析

Tab.3 Conditional convergence analysis of CTFP and its decomposition term in China

分解项	CTFP	EC	TC
β	−0.405*** (−6.44)	−0.64*** (−6.78)	−0.283*** (−4.2)
Edu	−0.626* (−1.98)	0.012 (0.04)	−0.506* (−1.73)
Inn	0.036 (0.04)	−0.828 (−0.99)	0.609 (0.77)
Eoc	0.165 (0.62)	0.412 (1.63)	−0.213 (−0.9)
Urb	−5.06*** (−3.49)	−4.126*** (−3.05)	−1.172 (−0.92)
Open	0.603* (1.69)	2.142 (1.44)	0.522 (0.37)
Con	0.149 (1.17)	0.053 (0.43)	0.116 (1)
F	8.62***	7.44***	3.67***
θ	10.384%	20.43%	6.65%
τ	6.675	3.392	10.418

东、中、西三个区域 CTFP、技术效率和技术进步条件收敛结果显示:条件收敛回归系数均为负且通过 1% 的显著性检验,说明东、中、和西部地区 CTFP、技术效率和技术进步指数均存在条件收敛,从收敛速度看,中西部地区全要素生产率收敛速度快于东部地区,东、中和西部地区条件收敛的半生命周期分别为 6.741、2.393 和 2.529 a,技术效率收敛速度远高于全要素生产率和技术进步。控制变量对不同区域 CTFP 差异的影响具有异质性特征,详见表 4。

4 结论及政策建议

测度 2012—2018 年我国 CTFP 及其分解项时空演化,探究 CTFP 及其分解项收敛性特征及影响因素。研究发现:(1)我国 CTFP 呈 M 型变化态势,技术进步指数下降是全要素生产率整体呈波动下降态势的主要原因;(2)全国、东部、中部和西部地区 CTFP、技术效率和技术进步指数 σ 值均呈现不同程度的增加,区域间未出现 σ 收敛特征，地区间差异呈扩大化态势;(3) 中国 CTFP 不存在绝对收敛特征，但全要素生产率、技术效率和技术进步存在条件收敛特征,教育水平和城镇化水平能够缩小区域间全要素生产率差异。东、中和西部地区 CTFP、技术效率和技术进步均存在

表 4 分区域 CTFP 及其分解项的条件 β 收敛分析

Tab.4 Conditional convergence analysis of subarea CTFP and its decomposition term

	东部地区			中部地区			西部地区		
分解项	CTFP	EC	TC	CTFP	EC	TC	CTFP	EC	TC
β	−0.402*** (−4.33)	−8.422*** (−5.84)	−0.456*** (−3.67)	−0.565*** (−2.85)	−0.692*** (−2.87)	−0.335* (−1.82)	−0.546*** (−3.06)	−0.605*** (−4.28)	−0.291* (−1.72)
Edu	0.18 (0.29)	0.094 (0.15)	−0.319 (−0.45)	−0.979 (−1.05)	0.063 (0.1)	−0.966 (−1.59)	−0.801** (−2.01)	−0.331 (−0.98)	−0.371 (−1.27)
Inn	−6.388** (−2.25)	−7.746** (−2.66)	−0.684 (−0.21)	0.885 (0.18)	−6.274* (−1.81)	5.969* (1.84)	1.462* (1.7)	0.41 (0.59)	0.493 (0.77)
Eoc	0.155 (0.4)	0.648* (1.74)	−0.278 (−0.63)	−1.112 (−1.2)	1.197* (1.91)	−1.099 (−1.57)	−0.0231 (−0.32)	0.358 (0.6)	−0.279 (−0.52)
Urb	−5.205*** (−2.85)	−4.079** (−2.27)	−1.815 (−0.86)	−3.549 (−0.73)	−15.369*** (−3.74)	4.365 (1.12)	−5.224 (−1.34)	−3.429 (−1.05)	−0.506 (−0.17)
Open	4.714** (2.48)	2.355 (1.25)	2.798 (1.27)	17.615 (1.11)	−14.987 (−1.46)	15.937 (1.41)	−14.878* (−1.8)	1.635 (0.3)	−5.563 (−0.94)
Con	0.32 (1.34)	−0.267 (−1.12)	0.531* (1.94)	0.403 (1.61)	0.677*** (3.36)	−0.065 (−0.38)	0.128 (0.59)	0.219 (1.2)	−0.086 (−0.53)
F	5.17***	6.32***	2.76**	2.83**	4.96***	2.38**	3.81***	4.1***	1.75*
θ	10.28%	18.49%	8.12%	28.96%	96.57%	8.16%	27.41%	18.58%	6.88%
τ	6.741	3.747	8.539	2.393	0.718	8.495	2.529	3.731	10.078

条件收敛特征，但控制变量对不同区域 CTFP 差异的影响具有异质性特征。

为进一步降低文化产业区域发展不平衡性，推动区域间文化产业高质量协调发展，提出以下建议：一是充分发掘中西部地区特色文化产业资源，改善文化产业发展基础设施硬环境和政策软环境，吸引人才、技术和资本等要素在中西部地区的集聚，挖掘中西部地区文化产业高质量发展内生动力，在此基础上，加强中西部地区与东部地区的文化产业的交流与合作，推进区域间文化产业协同发展。二是针对中西部地区文化产业技术效率下降和技术进步不足现状，深入开展供给侧结构性改革，重点围绕要素投入结构优化，转变文化产业发展方式，优化固定资产投资结构，强化技术引进和应用、管理和运营水平提升，强化科技创新对产业发展的引导作用，实现中西部地区文化产业发展动力变革、效率变革，通过技术效率和技术进步的双重作用提升中西部地区 CTFP，持续缩小中西部地区同东部地区 CTFP 差距。三是发挥教育水平、城镇化水平等因素缩小区域间 CTFP 差距的作用，重点推动中西部地区教育水平提升，以专业人才有效供给引领文化产业要素投入结构优化，满足中西部地区城镇化进程快速推进带来的文化产业服务需求，强化中西部地区追赶效应，推动文化产业区域协调发展。

参考文献：

[1] 王家庭,梁栋.中国文化制造业绿色全要素生产率测度及其影响因素研究[J].西安交通大学学报(社会科学版),2020,40(5):53-65.

[2] 高帆. 我国区域农业全要素生产率的演变趋势与影响因素[J].数量经济技术经济研究,2015(5):3-19,53.

[3] 李静,孟令杰,吴福象.中国地区发展差异的再检验:要素累积抑或 TFP[J].世界经济,2015(1):12-22.

[4] 范建华,秦会朵."十四五"我国文化产业高质量发展的战略定位与路径选择[J].云南师范大学学报(哲学社会科学版),2021,53(3):1-13.

[5] 王家庭,张容.基于三阶段 DEA 模型的中国 31 省市文化产业效率研究[J].中国软科学,2009(9):75-82.

[6] 马萱,郑世林.中国区域文化产业效率研究综述与展望[J].经济学动态,2010(3):83-86.

[7] 蒋萍,王勇.全口径中国文化产业投入产出效率研究:基于三阶段 DEA 模型和超效率 DEA 模型的分析[J].数量经济技术经济研究,2011,12(28):69-81.

[8] 袁海,吴振荣.中国省域文化产业效率测算及影响因素实证分析[J].软科学,2012,3(26):72-77.

[9] 马跃如,白勇,程伟波.基于 SFA 的我国文化产业效率及影响因素分析[J].统计与决策,2012(8):97-101.

[10] 王惠,王树乔,李小聪.基于空间异质性的农村文化产业技术效率收敛性[J].经济地理,2015,35(8):172-177.

[11] 雷宏振,李芸.文化产业发展效率时空差异及影响因素分析[J].当代经济管理,2020,42(6):50-56.

[12] 赵阳,魏建.我国区域文化产业技术效率研究:基于随机前沿分析模型的视角[J].财经问题研究,2015(1):30-36.

[13] 王从春,陈敬良.基于 SFA 的区域文化事业投入效率政策影响因素研究[J].工业工程与管理,2017,4(22):156-161,169.

[14] 韩东林,刘兵兵.中国文化制造业绿色全要素生产率区域差异比较分析[J].东北农业大学学报(社会科学版),2018(3):1-8.

[15] 郭兰平.文化产业全要素生产率动态演化:以江西省为例[J].企业经济,2018(2):156-161.

[16] FARE R ,GROSSKOPF S , NORRIS M , et al. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries[J].American Economic Review, 1994(84):66-83.

[17] SONG M , DU J , TAN K H . Impact of fiscal decentralization on green total factor productivity[J].International Journal of Production Economics, 2018,205(11):359-367.

[18] 程惠芳,陆嘉俊.知识资本对工业企业全要素生产率影响的实证分析[J].经济研究, 2014,49(5): 174-187.

[19] 潘文卿.中国区域经济差异与收敛[J].中国社会科学,2010(1):72-84,222-223.

[20] BARRO R J S , BLANCHARD O J . Convergence across states and regions[J].Brookings Papers on Economic Activity,1991,22(1):107-182.

[21] 单豪杰.中国资本存量 k 的再估算:1952—2006 年[J].数量经济技术经济研究,2008,25(10):17-31.

Spatio-Temporal Differentiation and Convergence of Total Factor Productivity of China's Cultural Industry

ZHONG Yunshan[1], WANG Dongfang[2], YANG Wanting[2]

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

2. School of Business, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

Abstract: Using SBM-DEA and Malmquist-Luenberger models, this paper measured the total factor productivity of China´s cultural industry (CTFP) from 2012 to 2018. Based on this, this article characterized the temporal and spatial evolution of the TFP of the cultural industry, and explored the convergence characteristics and influencing factors. We got the following findings: (1)The CTFP has shown an M-shaped change, and the decline in the technical progress is the main reason for the overall fluctuation and decline of TFP. (2)The CTFP, technical efficiency, and technical progress in the whole country, eastern, central and western regions have not shown the characteristics of σ convergence, and the regional differences are expanding.(3)The CTFP does not have absolute convergence characteristics, but CTFP, technical efficiency and technical progress have conditional convergence characteristics. The level of education and urbanization can reduce the difference in CTFP between regions. From a regional perspective, the CTFP, technical efficiency and technical progress in the eastern, central and western regions all have the characteristics of conditional convergence.

Key words: cultural industry; total factor productivity; σ convergence; convergence

(责任编辑:叶丽娜)

体育学博士科研潜力评价
——基于 112 位体育学博士 H 指数与 G 指数的分析

张华玉，魏德样

（福建师范大学 体育学院，福建 福州 350117）

摘 要：以中国知网全文数据库作为数据源，通过 H 指数和 G 指数评价我国体育学博士的科研潜力，采用文献资料法、数理统计法和逻辑分析法，对 2015 年我国培养的 112 位体育学博士学位获得者的毕业院校类型、性别、专业方向和在读年限进行差异性分析。结果显示：2015 年毕业的体育学博士中将近 40%的博士 H 指数、G 指数为 0；(2)各体育学博士的 H 指数和 G 指数在不同院校类型中的均值存在显著性差异，且综合类院校的均值远远大于体育类院校和师范类院校，而在性别、专业方向和在读年限上的 H、G 指数均值都不存在显著性差异。研究可见各体育学博士 H 指数和 G 指数整体偏低，科研水平参差不齐，各体育学博士之间的科研潜力区分度较差，可比性较弱。

关键词：体育学；博士培养；科研评价；H 指数；G 指数

中图分类号：G80-32 **文献标识码**：A **文献编号**：1674-2109(2022)12-0074-06

在研究生教育体系中，博士研究生教育是高等教育体系的最高学历和最高层次[1]。而体育学博士与其他学科培养高学历层次人才不同，它对我国实现教育强国和体育强国战略有着双重影响。“十四五”规划明确提出要深化教育改革，建设高素质专业化教师队伍，建设体育强国。体育学博士是体育学科研领军人物的储备力量，科研潜力不仅体现其科研能力的可塑性，而且关乎国家体育科研事业的发展。因此，对当前体育学博士研究生的科研潜力进行评价至关重要。目前采用定量评价指标对学者科研成果进行评价已成为主流，其中 H 指数和 G 指数备受青睐，常用于评价博士生导师队伍科研素养[2]、高校的科研绩效[3]、学术期刊的影响力[4]等。除此之外，H 指数和 G 指数也作为中国知网学者学术影响力的排名依据。可见，相比于其他 H 指数的衍生指数、发文量、被引频数和篇均被引量等传统评价指标，H 指数和 G 指数具有更高的评价权威性和广泛的适用性。荷兰学者 Anthony 建议引文计量测度应该采用较长的时间跨度，一般要长于 5 年[5]。基于此，选择 H 和 G 指数作为体育学博士科研潜力评价的指标，以引文时间跨度大于 5 年的 2015 年毕业的 112 位体育学博士作为调查对象。试图通过 H 指数和 G 指数来评价体育学博士的科研潜力，并对各体育学博士基本信息进行差异性分析。以期反映当前体育学博士的科研水平，为体育学博士培养单位修订研究生培养方案和建设体育强国提供一定的参考价值。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

112 位体育学博士毕业生的基本信息包括毕业院校、性别、专业方向、在读年限，以及各博士的 H 指数和 G 指数。

1.2 研究方法

1.2.1 数据来源

研究数据于 2021 年 2 月 25 日至 3 月 30 日通过以下途径采集。

(1)112 位体育学博士生教育背景和基本信息等

收稿日期：2021-07-03

作者简介：张华玉(1996-)，女，汉族，在读研究生，主要从事体育教学研究。

通讯作者：魏德样(1973-)，男，汉族，博士，教授，博士生导师，主要从事体育产业、体育统计研究。

数据信息是通过中国知网的《中国博士学位论文全文数据库》查阅博士学位论文,以及查询各博士学位授权单位的官方网站获得。

(2)各博士生的 H 指数和 G 指数是通过中国知网“大数据研究平台”的学者库中查询获得。首先,使用高级检索功能,设定学位年度为 2015 年,学位单位初设定为经国务院学位委员会评审的体育学博士学位授予单位[6]。将文献分类目录选定在社会科学Ⅱ辑、学科分类为体育,以此来确定 2015 年体育学博士毕业生的名单。其次,对博士姓名进行逐一搜索,对重复文献的信息和学者单位变更进行合并。最后,通过学者库确定各博士的 H 指数和 G 指数。

经查找及筛选最终确定体育学博士学位授予单位符合本研究的只有北京体育大学、上海体育学院、武汉体育学院、华东师范大学、福建师范大学、东北师范大学、南京师范大学、曲阜师范大学、河北师范大学、山西大学、苏州大学、山东大学这 12 所院校。初步统计人数为 120 人,经筛选剔除信息不全的样本,比如性别、在读年限等基本信息查阅不到的情况。最终纳入分析的体育学博士人数为 112 人,将以上信息进行分类整理,作为本研究的数据来源。

1.2.2 H 指数和 G 指数的计算

2005 年美国学者赫希提出 H 指数的定义是:如果一个科学家的 N_p 论文中的 h 篇都至少被引用了 h 次,并且其他(N_p-h)论文的引用次数都不超过 h 次,那么这个科学家的指数就是 h[7]。例如:一学者共发表 50 篇论文,其中的 30 篇论文每篇都至少被引用≥30 篇,并且余下的 20 篇论文的引用次数都小于 30 次,则这位学者的 H 指数为 30。

G 指数是 H 指数的衍生指数,主要是为弥补 H 指数不能很好反映高被引论文的缺陷而提出的[8]。G 指数的定义是:论文按被引次数排序后相对排前的累积被引次数至少 g^2 次的最大论文序次 g,亦即第 $(g+1)$ 序次论文对应的累积引文次数将小于 $(g+1)^2$。例如:将某学者的被引次数按由大到小的顺序排列后,位次 6 的被引次数是比 62 小的数,假设为 35,这样$(5+1)^2>35$,可以计算出该学者的 G 指数是 5。因此,从定义可以看出 $g\geqslant h$,而按被引量排序靠前的文章的被引次数越大,G 指数越大。

2 结果与分析

2.1 体育学博士基本信息特征分析

对各体育学博士毕业生个体相关因素进行整理分类,作 112 位体育学博士毕业生基本信息分布概况见表 1。在毕业院校类型中,体育类院校的博士毕业生占据 76.7%,是师范类院校和综合类院校总和的 3 倍。在性别的分布上男性和女性数量差异大,男性约为女性数量的 3 倍。在专业方向上体育教育训练学始终是占据主要位置,民族传统体育学的毕业博士生数量较少,运动人体科学与体育人文社会学的数量相当。就各毕业博士生培养方案规定的就读年限而言,国内各体育学博士的培养方案大部分将学制规定为 3 a,最大年限不超过 7 a。在读年限的分布中,112 位博士大部分是 3 a 毕业,占据 68.7%,只有少量就读 5 年才毕业的学生,占 4.5%,这表明各培养单位达到预设的学制要求,且完成较为出色。

究其原因,体育类院校是培养体育学博士的主力,承担着国内绝大部分体育学高水平科研人才的培养任务。纵观体育专业高等教育阶段学生性别比例,

表 1 112 位体育学博士毕业生基本信息分布概况表

Tab.1 Summary table of basic information distribution of 112 physical doctor education graduates

因素	院校类型			性别		专业方向				在读年限		
	体育	师范	综合	男	女	人文	体教	民传	运科	3.0 a	4.0 a	5.0 a
人数	86	18	8	81	31	24	51	9	28	77	30	5
比例/%	76.7	16.0	7.3	72.3	27.7	21.4	45.5	8.0	25.0	68.7	26.8	4.5

注:1.表 1 中院校类型简称:体育、师范、综合分别指体育类院校、师范类院校、综合类院校;2.专业方向简称:人文、体教、民传、运科分别指体育人文社会学、体育教育训练学、民族传统体育学、运动人体科学。

男性在数量常多于女性。但随着体育强国战略的提出和体育学科建设进程的推进,女性在体育领域的地位举足轻重[9]。陈庆伟等经过近 10 a 的追踪调查发现,目前体育学博士生导师的性别比例更加均衡[10]。体育教育训练学肩负着为国家培养高层次体育教育、运动训练人才的重任,与我国教育事业和体育事业的发展关系密切。随着体育事业的发展和社会的进步,以及体育教学与训练实践的不断深入,国家和社会对体育教育训练学学科专业人才的需求量越来越大。

2.2　体育学博士 H 指数和 G 指数分析

2.2.1　体育学博士 H 指数和 G 指数总体特征分析

通过对全部样本的 H 指数和 G 指数作分析,能够从整体上把握体育学博士两个指数的分布,反映各博士科研能力的整体状况。对各博士的 H 指数和 G 指数进行整理，作出体育学博士 H 指数和 G 指数总体分布表。从表 2 中可以看出,从体育学博士个人相关信息的四个层面出发，每个层面 H 和 G 指数小于平均值的概率都大于 40%，且总体上 H 和 G 指数的

表 2 体育学博士 H 指数和 G 指数总体分布表

Tab. 2　The overall distribution table of the H index and G index of the physical education doctors

类型		人数/人	H/G 指数小于平均值		H 指数			G 指数		
			人数/人	百分比/%	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
院校类型	体育	86	47	54.7	20	0	3.79	34	0	6.23
	师范	18	11	61.1	10	0	3.39	24	0	6.11
	综合	8	4	50.0	11	4	8.00	18	5	12.50
性别	男	81	44	54.3	20	0	4.40	34	0	7.35
	女	31	20	64.5	10	0	3.06	16	0	4.87
专业方向	人文	24	13	54.2	13	0	3.75	19	0	6.00
	体教	51	29	56.9	20	0	4.22	34	0	7.37
	民传	9	4	44.4	12	0	6.78	15	0	10.33
	运科	28	19	67.9	12	0	3.94	16	0	4.75
在读年限/a	3.0	77	47	61.0	20	0	4.18	34	0	7.06
	4.0	30	12	40.0	11	0	3.77	19	0	5.77
	5.0	5	3	60.0	11	0	3.20	18	0	5.80

最大值和最小值之间相差较大,最小值除综合类院校毕业生不等于 0 外,其他层面均为 0。通过进一步对各体育学博士的 H 指数和 G 指数的频数进行统计（图 1)发现 H 和 G 等于 0 的博士有 44 人,占 39.29%。而 H 指数大于 10 以上的博士仅仅只有 9 人,仅占 8.0%。

由此可知,2015 年毕业的体育学博士中将近 40%的博士 H、G 指数为 0,表示他们毕业后没有从事与体育学科相关的科研工作,这与我国要培养“具有独立从事科学研究工作的能力,在科学或专门技术上做出创造性成果的高级专门人才”的目标相偏离。此外，体育学博士毕业后的人均 H 指数值相对偏低,这反映体育学研究者的科研水平参差不齐，在毕业 5 a 后的科研成果不够突出。

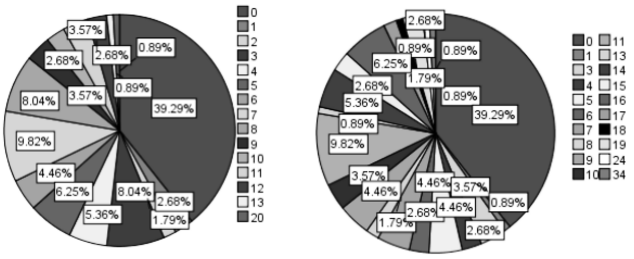


图 1　体育学博士 H(左)、G(右)指数频数分布图

Fig.1　H (left) and G (right) index frequency distribution diagram of physical education doctors

2.2.2　体育学博士 H 指数和 G 指数在不同院校类型中的差异分析

从上表 2 可知,三种院校类型中体育类院校和师范类院校的 H 指数、G 指数的均值较接近，而综合类

院校的均值远远大于其他两种类型的院校。为确定各组之间的均值差异是否具有统计学上的差异,将体育学博士培养单位院校类型按照体育类院校、师范类院校、综合类院校的分组方式进行单因素方差分析,从表 3 可知, 这三种院校类型之间存在着显著性差异,对此进行多重比较,对方差进行齐性检验,满足方差齐性,选择 LSD 方法进行假设检验。从表 4 可知,体育类院校和综合类院校之间存在显著性差异(P=0.006<0.05);师范类院校和综合类院校之间也存在着显著性差异(P=0.009<0.05);而体育类院校和师范类院校之间不存在显著性差异(P=0.705>0.05)。

表 3 2015 年毕业体育学博士 H 指数和 G 指数在不同院校类型中的方差分析

Tab.3 Variance analysis of H-index and G-index for graduated physical education doctors in different types of colleges and universities in 2015

类型		平方和	自由度	均方	F	显著性
H 指数	组间	138.409	2	69.205	4.162	0.018
	组内	1 812.510	109	16.629	—	—
	总计	1 950.920	111			
G 指数	组间	293.981	2	146.990	3.146	0.047
	组内	5 093.127	109	46.726	—	—
	总计	5 387.107	111			

表 4 2015 年毕业体育学博士毕业院校 H 指数和 G 指数方差分析多重比较

Tab. 4 Multiple comparisons of H-index and G-index variance analysis graduated physical education doctoral colleges in 2015

指数	因变量		平均值差值	标准误差	显著性	95% 置信区间	
						下限	上限
H 指数	体育类	师范类	0.402	1.057	0.705	-1.69	2.50
		综合类	-4.209*	1.507	0.006	-7.20	-1.22
	师范类	体育类	-0.402	1.057	0.705	-2.50	1.69
		综合类	-4.611*	1.733	0.009	-8.05	-1.18
	综合类	体育类	4.209*	1.507	0.006	1.22	7.20
		师范类	4.611*	1.733	0.009	1.18	8.05
G 指数	体育类	师范类	0.121	1.772	0.945	-3.39	3.63
		综合类	-6.267*	2.527	0.015	-11.28	-1.26
	师范类	体育类	-0.121	1.772	0.945	-3.63	3.39
		综合	-6.389*	2.905	0.030	-12.15	-.63
	综合类	体育类	6.267*	2.527	0.015	1.26	11.28
		师范类	6.389*	2.905	0.030	0.63	12.15

注:* 平均值差值的显著性水平为 0.05。

随着中国体育学研究生学位点的发展,体育学博士点的规划经历体育院校——师范院校——综合性大学的发展过程[11],体育类院校一般具有完整的学位授权学科, 在人才培养和科学研究中具有很大的优势,从招生人数和专业设置的多样化中也可以反映出来。我国师范院校的体育院系建立较早,经过几十年的发展,已建立较齐全的学科体系。而设置体育学博士点的综合性大学一般都是“985”和“211”类大学,综合性大学利用学科专业宽、广的优势,开设大量的跨学科的课程,扩大博士研究生的知识视野。不仅可以最大化地发挥多学科优势,而且方便结合体育学发展交叉学科的研究, 联合承担国家的重大科研项目,提升竞争力和研究水平。因此,数据呈现出体育学博士 H 指数和 G 指数在不同院校类型之间存在着显著性差异,且综合类院校的均值远远大于体育类院校和师范类院校。

2.2.3 体育学博士 H 指数和 G 指数在性别上的差异分析

表 5 展示 2015 年毕业体育学博士 H 指数和 G 指数在性别上差异比较的结果。由于数据不符合正态分布且偏态较为严重,因此确定以非参数检验中的秩和检验对性别差异进行分析。虽然并未达到统计学上的要求,但是根据前人的研究,不同性别的学者在其学术科研成果上存在着显著性差异。许多学者探讨女

性学者在学术水平上不及男性的内在原因,闫静对女性体育科研人员的科研产出现状与影响因素进行深入探讨,验证了各年龄、职称层次女性研究者的科研产出量均显著低于男性,女性的学术兴趣、能力潜质和学术目标等是影响其科研产出的主要因素[12]。崔林蔚对科研人员科研产出及影响力性别分层进行探究,总结出包括智力原因、个人选择和社会选择三个方面的原因,使得女性学者在科研水平上低于男性[13]。

反观在 2015 年毕业体育学博士 H 指数和 G 指数在性别上不存在显著性差异的原因可能是:本研究所选择的调查对象的毕业时间是 2015 年, 到检索时间为止,虽然这些毕业的博士生已有至少 5 年的 H 指数和 G 指数的积累,但是相比于前人对学术成果影响力差异分析的研究时间跨度较短。因此,在学者学术成果的性别差异性分析上不能得到与前人研究一致的结果。

表 5　2015 年毕业体育学博士 H 指数和 G 指数性别差异秩和检验

Tab. 5 The rank sum test of the gender difference between the H-index and the G-index of the graduated physical education doctors in 2015

指数类别	性别	*M*	差值中位数 (95%CI)	Wilcoxon 两样本秩和检验	
				z	*p*
H 指数	男	4.0(0,8.0)	0(0~3.0)	1.310	0.190
	女	2.0(0,7.0)			
G 指数	男	7.0(0,13.0)	0(0~5.0)	1.454	0.146
	女	3.0(0,10.5)			

2.2.4　体育学博士 H 指数和 G 指数在不同专业上的差异分析

对 2015 年体育学博士培养单位的四个二级学科即体育人文社会学、体育教育训练学、民族传统体育学和运动人体科学进行单因素方差分析。根据表 6 中所示,四个二级学科之间不存在显著性差异。表明虽然我国体育学博士培养单位有分设四个二级学科,但各二级学科间的博士研究生科研潜力区分度较低,可比性较弱。

究其原因,在体育强国战略提出之前,体育学博士的培养目标设置和培养方案改革处于稳定状态。对四个二级学科的培养方案较为相似,即要求体育学博士在规定刊物发布一定数量的期刊论文、出席参加一定数量的科研会议、学术汇报和完成其学科规定字数学位论文的撰写。此外,体育博士生的培养曾在很长一段时间采用“单一导师制”,博士研究生的科研成果很大程度上取决于导师的培养模式,指导方式仅限于学生和导师的单线互动,单一的培养模式限制了博士研究生的创作潜力的激发,不利于博士生学术成果的创新。导致各博士毕业时的学术成果,如期刊发表数量少、被引量区分度不高。吴欣表示我国体育学导师制改革的主要走向是由往常的单一制向导师组制、导师指导委员会制转变[14],这有助于激发各博士的创新思维、增强学术交流的机会,从而提高培养质量。

表 6　2015 年毕业体育学博士毕业专业方向 H 指数和 G 指数方差分析

Tab.6 Variance analysis of H-index and G-index in the professional direction of the graduated physical education doctoral degree in 2015

指数	组别	平方和	自由度	均方	*F*	显著性
H 指数	组间	99.272	3	33.091	1.930	0.129
	组内	1 851.647	108	17.145	—	—
	总计	1 950.920	111			
G 指数	组间	259.936	3	86.645	1.825	0.147
	组内	5 127.172	108	47.474	—	—
	总计	5 387.107	111			

2.2.5　体育学博士 H 指数和 G 指数的在读年限差异分析

对 112 位体育学博士毕业生的在校就读年限进行单因素方差分析, 由于 3.5 a 和 4.5 a 的个案数在 3 个以内,因此按照四舍五入的原则,将 3.5 a 纳入 4 a, 4.5 a 纳入 5 a。单因素分析因此包括 3 个时间段,3、4 和 5 a。按照 7 表中所示,各就读年限之间不存在显著性差异。虽然表 7 中的数据不具备统计学上的意义,但是从表 1 可以看出,在就读年限的分布中,博士大部分是 3 a 毕业,占据 68.7%。也有少量就读 5 a 才毕业的学生,占 4.5%。

进一步分析,体育类院校的博士生以在读年限 3 a 为主导,占 80%。师范类和综合类的体育学博士生在

读年限跨越 3、4 和 5 a 三个时间段，分别占 34.6%、50.0%和 15.4%。由此可见,体育类院校在体育学博士培养目标的完成度上超过师范类院校和综合类院校。究其原因可能有:一是体育类院校以体育学博士的培养作为核心目标,而师范类院校和综合类院校一般设置多个专业博士点,在培养体育学博士上的“精力”不如体育类院校集中。二是部分在师范类院校和综合类就读的博士由于身兼数职,在本科任课或者从事一定的社会工作,这也可能影响其毕业的时间。

表 7 2015 年毕业体育学博士在读年限 H 指数和 G 指数方差分析

Tab. 7 Variance analysis of H-index and G-index for the number of years of physical education graduated doctors in 2015

指数	组别	平方和	自由度	均方	*F*	显著性
H 指数	组间	7.298	2	3.649	0.205	0.815
	组内	1943.621	109	17.831	—	—
	总计	1950.920	111			
G 指数	组间	40.265	2	20.133	0.410	0.664
	组内	5346.842	109	49.054	—	—
	总计	5387.107	111			

3 结论

（1）从体育学博士 H 指数和 G 指数总体特征来看,112 位体育学博士毕业生中将近 40%的博士在获得学位后,不再从事与体育相关的科学研究工作。且体育学博士毕业后的人均 H 指数值相对偏低,表明体育学研究者的科研水平参差不齐。

(2)从毕业院校、性别、专业方向和在读年限这四个方面对 112 位体育学博士的个体相关因素进行差异分析发现：各体育学博士 H、G 指数的均值在毕业院校类型存在着显著性差异,具体差异在于体育类院校和综合类院校之间以及师范类院校和综合类院校之间。而 112 位体育学博士毕业生 H 指数和 G 指数在性别、专业方向、在读年限上的均值都不存在显著性差异。表明各体育学博士之间的科研潜力区分度较差,可比性较弱。

参考文献:

[1] 李荣,方千华.美国春田学院体育教育哲学博士的培养[J].体育科学研究,2020,24(2):1-10.

[2] 陈庆伟.我国体育学博士生导师的现状[J].首都体育学院学报,2013,25(6):516-521,550.

[3] 曹志鹏.H 指数评估我国高校科研能力的效度研究[J].社会科学管理与评论,2012(3):18-23,111.

[4] 张凤彪,桑云鹏.H 指数在体育类学术期刊影响力综合评价中的应用[J].中国学校体育(高等教育),2016,3(2):13-18.

[5] ANTHONY F J ,VAN R .Assessment of social science:The use of advanced bibliometric methods as a necessary complement of peer review[J].Research Evaluation, 1998, 7 (1) : 2-6.

[6] 陈庆伟. 我国体育学博士生导师科研绩效及个体相关因素评析[J].首都体育学院报,2014,26(2):130-136.

[7] HIRSC J E . An index to quantify an individual's scientific research output [J]. In Proceedings of the National Academy of Sciences, 2005, 102(46):16569-16572.

[8] EGGHE L . Theory and practise of the g-index [J]. Scientometrics, 2006, 69(1):131-152.

[9] 张焱超,吕尤.身体与社会:性别视角下的体育社会学研究进展[J].体育与科学,2021,42(2):58-63.

[10] 陈庆伟,姜波.关于我国体育学博导队伍发展状况的追踪研究[J].高教学刊,2021,4(9):1-5.

[11] 李燕领,王家宏,陶玉流.1979—2009 年中国体育学研究生学位点的发展[J].体育学刊,2010,17(10):59-63.

[12] 闫静,王焕.女性体育科研人员的科研产出现状与影响因素:以 2000—2015 年《体育科学》载文作者为例[J].上海体育学院学报,2017,41(5):42-48.

[13] 崔林蔚.科研人员科研产出及影响力性别分层的研究进展[J].科学学研究,2021,39(7):1239-1247.

[14] 吴欣,杨剑.我国体育学博士生教育改革的现状及未来趋势[J].体育学刊,2021,28(1):103-107.

(下转第 85 页)

1992—2021 年我国风景园林学科学术论文统计分析

邱　雯

（福建林业职业技术学院，福建　南平　350000）

摘　要：对《中国学术期刊网络出版总库》1992—2021 年我国风景园林学科 1 146 篇学术论文进行统计分析。结果表明：我国风景园林学科学术论文数量呈周期性增长，年均发表论文 38.2 篇，平均周期为 5 a；基金论文产出呈周期性波浪式增长，共有 6 个高峰；风景园林学科论文每年被引频次和被引率均呈逐步增长趋势；《中国园林》(19.98%)和《风景园林》(15.27%)是风景园林学科论文的主要来源期刊；高被引论文主要来源于北京林业大学、同济大学、清华大学、东南大学等机构。

关键词：风景园林学科；学术论文；核心作者；基金论文；被引率

中图分类号：TU986；G353.1　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1674-2109(2022)12-0080-06

风景园林学是一门融合城市规划学、地理学、生态学、社会学和艺术学等多门学科知识及能力的多学科交叉产生的综合性学科[1-2]。风景园林学作为承载人类文明尤其是生态文明的重要学科，在资源环境保护和人居环境建设中发挥独特而不可替代的作用。为全面了解我国风景园林学科学术论文的发表情况，采用文献计量学的理论与方法 [3-4]，通过定性和定量分析 1992—2021 年我国风景园林学科学术论文的基本情况，分析其内在规律和发展趋势，为推动我国风景园林学科建设提供参考。

1　实验及方法

以中国学术期刊网络出版总库为数据源，以“风景园林学科”为主题，以时间段为 1992—2021 年进行高级检索。共检索出 1 146 篇学术论文，用 NoteExpress 和 Excel 软件对数据统计分析[5]。

收稿日期：2022-08-30

基金项目：福建省教育厅中青年教师教育科研项目(JAT210769)。

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

2　结果与分析

2.1　论文年度分布统计

学术论文是科学研究成果或创新的见解和知识的科学记录，是衡量研究群体学术水平和科研能力的标志[6]。由图 1 可知，我国风景园林学科发文量从 1992 年至 2021 年基本上呈逐步增长趋势，年均发表学术论文 38.2 篇。其中发文量最高 2018 年为 101 篇，最少为 1993 年 0 篇。呈现 5 个波峰，每 2 个高峰间隔时间为 1~5 a，平均周期约 6 a。

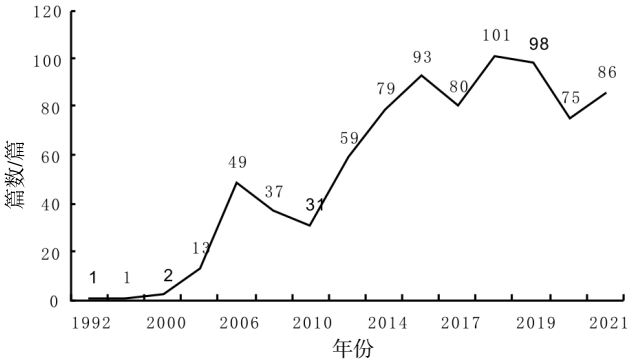


图 1　1992—2021 年风景园林学科发表学术论文的时间分布

Fig.1　Time distribution of published academic papers on subject of landscape architecture from 1992 to 2021

2.2 论文作者分析

作者的发文量是提升学科影响力和竞争力的重要因素[7]。由表 2 可知,1992—2021 年间风景园林学科以第一作者发表论文超过 10 篇的作者有 5 位,按发文量依次为刘滨谊 29 篇、林广思 17 篇、金云峰 12 篇、杨锐 11 篇、王绍增 11 篇。其中同济大学的作者刘滨谊不仅以第一作者发文量最多,而且独著论文也是远远高于其他作者。这些作者都是推动风景园林学科发展的骨干力量。

表 1 作者发表论文统计

Tab.1 Statistics of authors of published papers

篇

序号	作者姓名	作者单位	第一作者	独著论文
1	刘滨谊	同济大学	29	23
2	林广思	华南理工大学	17	11
3	金云峰	同济大学	12	0
4	杨 锐	清华大学	11	9
5	王绍增	华南农业大学	11	10
6	杜春兰	重庆大学	7	4
7	李 雄	北京林业大学	6	4
8	李瑞冬	同济大学	5	2
9	王向荣	北京林业大学	4	4
10	王云才	同济大学	2	2

2.3 论文基金分析

一个学科的科研水平及学科社会关注度的一个重要标志就是基金论文[8]。由表 2 可知,1992 年至 2000 年间我国风景园林学科发表的论文均未受各级、各类基金资助,2001—2010 年间我国风景园林学科发表各类基金论文也只有 4 篇,但在 2011—2021 年间我国风景园林学科发表各类基金论文 141 篇,其中国家基金资助论文高达 90 篇,占比 63.83%,省级基金 47 篇,占比 33.33%。从不同类别基金论文的数量和时间分布情况可以发现,各类资金的资助大大促进风景园林学科的发展。特别是 2019 年以后,各类基金论文明显增多,国家基金资助的比例显著增加。但是,我国风景园林学科从未受到国际资助。因此,必须加强风景园林学科的科研人员同国际间同行的合作与交流,一方面有利于发表高质量的学术论文,另一方面有利于提高我国风景园林学科在国际上的地位和影响力[9]。

表 2 基金论文的类别、数量及时间分布

Tab.2 Category, quantity and time distribution of fund papers

年份	国际资助	国家基金	省级基金	市级基金	合计	论文篇数	基金论文比例/%
1992	0	0	0	0	0	1	0
1993	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	1	0
1995	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	2	0
1997	0	0	0	0	0	2	0
1998	0	0	0	0	0	4	0
1999	0	0	0	0	0	4	0
2000	0	0	0	0	0	2	0
2001	0	0	1	0	1	5	20
2002	0	0	0	0	0	10	0
2003	0	0	0	0	0	6	0
2004	0	0	0	0	0	13	0
2005	0	0	0	0	0	25	0
2006	0	2	1	0	3	49	6.12
2007	0	0	0	0	0	33	0
2008	0	0	0	0	0	37	0
2009	0	0	0	0	0	36	0
2010	0	0	0	0	0	31	0
2011	0	2	0	0	2	71	2.82
2012	0	2	0	0	2	59	3.39
2013	0	2	0	0	2	70	2.86
2014	0	4	6	0	10	79	12.66
2015	0	6	0	0	6	93	6.45
2016	0	9	1	0	10	71	14.08
2017	0	8	0	0	8	80	10.00
2018	0	9	1	0	10	101	9.90
2019	0	15	19	1	35	98	35.71
2020	0	16	10	3	29	75	38.67
2021	0	17	10	0	27	86	31.40

基金论文比是指当年基金论文篇数占当年载文总篇数的百分比[10]。结果表明:2010 年以前,基本上不存在基金论文,2011—2018 年间,基金论文比例维持在 3%~14%左右,呈良性发展态势;而 2019 年以后,基金论文比例呈爆发式发展,达到 30%以上。

2.4 来源机构分析

北京林业大学、同济大学、清华大学等机构为主要来源机构。论文数在 30 篇以上的机构有 7 个,所载论文总数为 366 篇,占论文总数的 31.9%。其中北京林业大学是发表风景园林学科论文最多的机构,共发表论文 116 篇(占 10.12%),远高于其他机构(表 3)。

论文数前 10 名的机构发表风景园林学科论文 1 146 篇,占总数的 39.96%。

表 3　论文的前 10 来源机构分析

Tab.3　Analysis on top 10 source journals of papers

序号	来源机构	论文数/篇
1	北京林业大学	116
2	同济大学	81
3	清华大学	37
4	中国风景园林学会	37
5	南京林业大学	34
6	华南农业大学	31
7	华南理工大学	30
8	东南大学	26
9	华中科技大学	25
10	西安建筑科技大学	18

2.5　来源期刊分析

由表 4 可知,《中国园林》《风景园林》等期刊为主要来源期刊，这两个刊物所载论文总数为 404 篇,占论文总数的 35.25%。论文数前 20 名的期刊共发表 657 篇论文,占论文总数的 57.33%,而《中国园林》是发表风景园林学科论文最多的期刊，共发表论文 229 篇(占 19.98%),远高于其他期刊(表 4)。

表 4　论文数前 20 名来源期刊分析

Tab.4　Analysis on top 20 source journals of papers

序号	期刊名称	论文数/篇	比例/%
1	中国园林	229	19.98
2	风景园林	175	15.27
3	广东园林	37	3.23
4	园林	33	2.88
5	中国林业教育	22	1.92
6	北京林业大学	21	1.83
7	现代园艺	17	1.48
8	农业科技与信息	14	1.22
9	建筑与文化	13	1.13
10	高等农业教育	10	0.87
11	山东建筑大学学报	10	0.87
12	城市建筑	10	0.87
13	华中科技大学	10	0.87
14	高等建筑教育	10	0.87
15	华中建筑	9	0.79
16	中国建筑教育	9	0.79
17	西部人居环境学刊	8	0.70
18	花卉	7	0.61
19	时代建筑	7	0.61
20	南方建筑	6	0.52

2.6　论文被引用频次分析

被引次数是指该篇论文发表后,截止目前被其他论文在参考文献中引用的次数。论文被引频次是衡量研究成果对该领域学术影响力的重要指标之一[11]。风景园林学科 1992—2021 年间发表的 1 134 篇论文，共被引 7 644 次。被引频次最高为 763(2013 年)、最低为 0 篇（1996 年），被引率最高为 100%(1992 年、2000 年、2001 年)、最低为 0(1994 年)(图 2)。

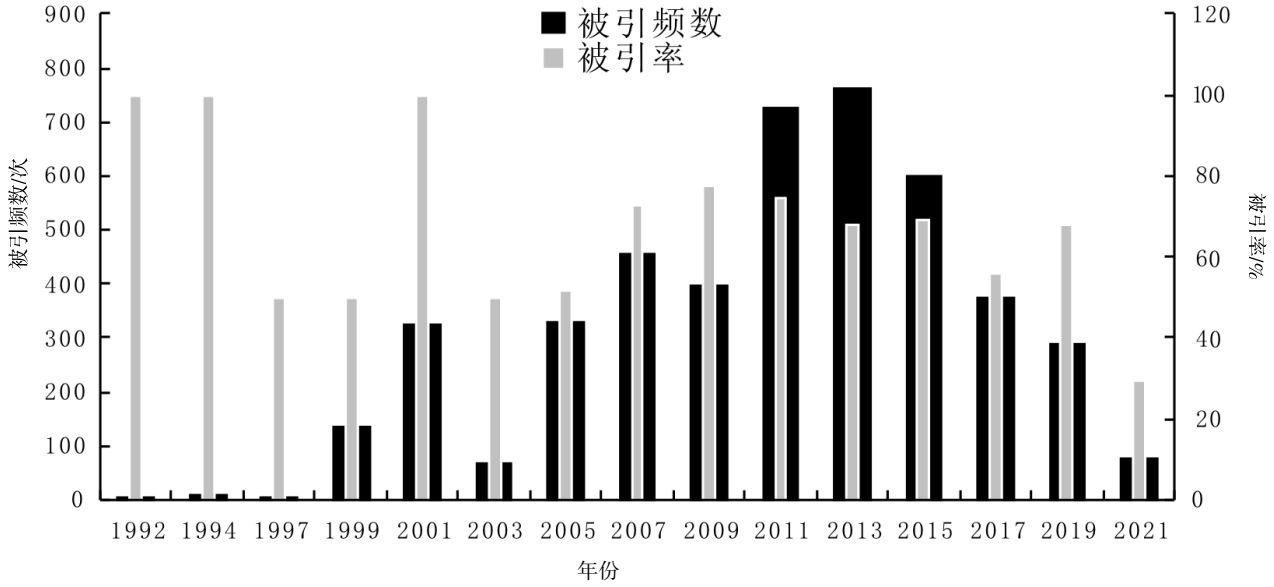


图 2　1992—2021 年风景园林学科论文每年被引次数及被引率

Fig.2　Citation frequency and cited rate of papers on landscape architecture from 1992 to 2021

2.7 高频被引用论文分析

高被引论文一般都是学术价值极高、专业影响力极大的文章[12]。由表 5 可知,被引次数大于 10 次的论文共有 183 篇。其中论文被引次数最多的为 297 次,年均被引次数也高达 19.8 次。被引次数排在前 20 的论文多来源于《中国园林》《北京林业大学》等刊物。在风景园林学科,发表高频被引用论文较多的机构是北京林业大学、同济大学、清华大学,说明这些机构在风景园林学科研究领域处于主导、领先地位(表 6)。

表 5 前 20 名高频被引用论文分析

Tab.5 Analysis on top 20 high-cited papers

论文题目	论文第一作者	来源期刊	发表时间	被引次数/次	年均被引次数/次
乡村景观在风景园林规划与设计中的意义	张晋石	北京林业大学	2006	297	19.80
风景园林(LANDSCAPE ARCHITECTURE)从造园术、造园艺术、风景造园——到风景园林、地球表层规划	孙筱祥	中国园林	2002	178	9.37
中国风景园林规划设计学科专业的重大转变与对策	刘滨谊	中国园林	2001	170	8.50
景观空间视觉吸引要素及其机制研究	刘滨谊	中国园林	2013	139	17.38
风景园林三元论	刘滨谊	中国园林	2013	139	17.38
寻踪—生态主义思想在西方近现代风景园林中的产生、发展与实践	于冰沁	北京林业大学	2012	113	12.56
中国风景园林学科的回顾与展望	李嘉乐	中国园林	1999	112	5.09
增设风景园林学为一级学科论证报告	《中国园林》编辑部	中国园林	2011	95	9.50
近十年中国城市绿地系统研究进展	刘滨谊	中国园林	2005	97	6.06
风景园林学科专业哲学——风景园林师的五大专业观与专业素质培养	刘滨谊	中国园林	2008	84	6.46
景观都市主义思想内涵探讨	胡一可	中国园林	2009	80	6.67
我国高等农林院校园林专业的现状与教育教学改革初探	丁绍刚	中国园林	2001	79	3.95
风景园林设计语言的地域性分析	肖辉	北京林业大学	2008	79	6.08
乡村景观价值评价要素及可持续发展方法研究	王南希	风景园林	2015	73	12.17
中国风景园林教育 30 年回顾与展望	李雄	中国园林	2015	72	12.00
五本书和一片园圃	王向荣	中国园林	2011	72	7.20
回顾与展望——中国 LA 学科教育研讨(1)	林广思	中国园林	2005	69	4.31
风景园林学的机遇与挑战	杨锐	中国园林	2011	66	6.60
还土地和景观以完整的意义:再论“景观设计学”之于“风景园林”	俞孔坚	中国园林	2004	63	3.71
传统文化景观空间的图式语言研究进展与展望	王云才	同济大学学报(社会科学版)	2013	62	7.75

表 6 高被引论文主要机构分布

Tab.6 Agency distribution of the high-cited papers

来源机构	高被引论文篇数/篇	占高被引论文比例/%
北京林业大学	51	27.87
同济大学	32	17.49
清华大学	15	8.20
东南大学	9	4.92
中国风景园林学会	6	3.28
重庆大学	6	3.28
华南农业大学	6	3.28
华南理工大学	5	2.73
南京林业大学	5	2.73
山东建筑大学	4	2.19
西安建筑科技大学	4	2.19
合计	143	78.14

3 结论与讨论

(1)我国风景园林学科发表论文数量随时间呈周期性的波浪式增长。风景园林学科近 30 年共发表学术论文 1 146 篇,年均 38.2 篇,呈现 6 个波峰,6 个高峰依次 2006 年、2008 年、2011 年、2015 年、2018 年和 2021 年。平均一个周期大致是 5 年。通过对风景园林学科学术论文发文量的分析,揭示我国风景园林学科近 30 a 的发展趋势和特点。

(2)1992—2021 年,风景园林学科基金论文产出

总体上呈增长趋势,2019 年达到顶峰为 35 篇。该学科基金论文主要分布在 2014—2021 年，这与风景园林学科的发展密切相关。但基金论文比例仍然偏低,因此,加大对风景园林学科的科研立项是提升学科建设和科研水平的有限途径[13]。

(3)1992—2021 年,风景园林学科论文被引频次总体上呈先增后减的抛物线趋势。从 1992 年的 6 次到 2013 年最高的 763 次，再到 2021 年的 77 次。同时,论文被引率维持在 50%~100%之间,变化较大。这说明我国风景园林学科虽然部分论文质量很高,但是平均水平还比较一般,应激发广大科研人员的科研干劲,加强学术研讨和交流,发表高质量论文。

(4)从来源机构来讲,发表高被引论文最多的机构是北京林业大学共 51 篇，占高被引论文总数的 27.87%;同济大学次之,发表高被引论文 32 篇,占比 17.49%。因此,北京林业大学、同济大学、清华大学在风景园林学科研究领域是绝对的龙头和标杆研究机构。同时也可以看出,高校目前仍然是我国风景园林学科研究最活跃的机构。

(5)通过对高被引论文的统计分析,可以得出,高被引论文论文主要发表于《中国园林》《风景园林》《北京林业大学学报》等期刊,其期刊的影响因子分别为:2.527、2.611、2.686,影响因子相对较高。

(6)参考祝浩翔等[14]的研究成果,我国风景园林学科研究词频前 10 关键词分别是：园林植物、规划设计、公园、景观设计、建筑、风景园林学、绿色基础设施、文化景观、花园、风景名胜区。由此可以看出乡村景观、国家公园、城市公园、城市设计、文化景观和生态类的研究是当前风景园林学科的研究热点[14]。同时也可以预测生态环境修复、生态智慧探索、跨学科融合等问题的研究将成为持续关注的焦点[15]。

(7)分析 1992—2021 年风景园林学科学术论文的其内在规律，为我国风景园林学科建设提供参考。尽管《中国学术期刊全文数据库》具有很高的权威性,但还不能完全囊括风景园林的科研成果,其统计分析工作有待进一步完成[16]。

参考文献：

[1] 林广思,罗越.中国风景园林学科和专业设置现状与分析[J].风景园林,2021,28(10):72-83.

[2] 李炜民,张同升.中国风景园林学科发展演变相关问题探讨[J].城市规划,2022,46(3):74-80.

[3] 吴旻,郑金兴,钱永平.地质工程学科近 30 年学术论文的统计分析[J].武夷学院学报,2015,34(3):93-99.

[4] 巢林,洪滔,吴承祯,等.森林经理学科近 30 年学术论文的统计分析[J].林业调查规划,2013:38(4):14-20.

[5] 杨迎春. 我国新闻传播学科的发展动向和格局审视：基于 2015—2019 年国家社科基金项目的统计分析[J].出版广角,2020(12):33-35.

[6] 张天明,徐宝祥,江俞蓉,等.我国图书情报学科内领域本体的论文统计分析[J].情报科学,2013,31(8):90-93,97.

[7] 王善高,李佳睿,周应恒,等.《农业现代化研究》的文献计量分析:基于 2000—2018 年载文的研究[J].农业现代化研究,2020,41(1):163-178.

[8] 史书侠,李海亮,杨华.2005—2010 年《情报科学》刊出论文作者分析[J].情报科学,2012,30 (2):277-281.

[9] 贾文吉,王宝济,师丽娟.2016 年农业工程学科学术论文统计分析[J].中国农业文摘-农业工程,2017,29(2):6-8.

[10] 王韵,刘华英.国内档案学学科核心期刊作者群统计分析[J].资源信息与工程,2021,36(1):148-153,160.

[11] 李莹,周奕臻,马红春,等.《河南农业大学学报》2011—2020 年载文及作者群分析[J].河南农业大学学报,2022,56(3):511-522.

[12] 吴先福,李冬梅,郭蕴丽,等.基于 Web of Science 的江西农业大学重点学科论文统计分析[J].农业图书情报学刊,2014,26(9):63-66.

[13] 屈李纯.《西北农林科技大学学报 (自然科学版)》2010—2019 年载文及作者群分析[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2021,49(9):155-164.

[14] 祝浩翔,蒲旸,蔡卓霖.基于 CiteSpace 和 Vosviewer 可视化途径的我国近 10 年风景园林研究热点分析[J].西南师范大学学报(自然科学版),2020,45(11):120-128.

[15] 杨寒迪,李圆圆,张建林.重庆西山坪农业公园节约型景观规划设计调查研究[J].西南大学学报(自然科学版),2018,40(11):175-184.

[16] 祁卓麟,杜香莉,王力宏.基于 CNKI 的林业学科发文统计分析与评价研究:以西北农林科技大学为例[J].陕西林业科技,2015(5):81-84.

Statistical Analysis of Academic Papers on Landscape Architecture in China from 1992 to 2021

QIU Wen
(Fujian Forestry Vocational Technical College, Nanping, Fujian 350000)

Abstract: Based on the principle and method of literature metrology, a statistical analysis of academic papers on landscape architecture from 1992 to 2022 was made.The results show that: the amount of academic papers on landscape architecture in China exhibits a periodic growth, with an annual publishing average at 38.2 papers and an average period of 5 years; the amount of academic papers supported by foundation in China exhibits a periodic wave growth, and there are 6 peaks; the citation frequency and cited rate of landscape architecture papers present a trend of rising; the main source of landscape architecture papers is *Chinese Landscape Architecture* (19.98%) and *Landscape Architecture* (15.27%); the most cited papers mainly come from Beijing Forestry University, Tongji University, Tsinghua University, Southeast University, and other agencies.

Key words: landscape architecture; academic paper; main author; fund paper; cited rate

(责任编辑:叶丽娜)

(上接第 79 页)

Evaluation of Scientific Research Potential of Doctors of Physical Education

——Based on the Analysis of the H index and G index of 112 PhDs in Physical Education

ZHANG Huayu, WEI Deyang
(School of Sports Science, Fujian Normal University, Fuzhou, Fujian 350117)

Abstract: Using the CNKI full-text database as the data source, the H-index and G-index are used to evaluate the scientific research potential of PhD students in physical education, using literature method, mathematical statistics and logical analysis method, the difference analysis of the type, gender, professional direction and number of years of study of the 112 PhD degree holders cultivated in my country in 2015 was carried out. The results show that: (1) Nearly 2/5 of the PhDs in physical education graduated in 2015 have a H index and G index of 0. (2) There are significant differences in the mean values of the H index and G index of each PhD in physical education in different types of colleges, and the mean value of comprehensive colleges is much larger than that of sports colleges and normal colleges. However, there are no significant differences in the mean values of the H index and G indexes in terms of gender, professional direction, and years of study. Conclusion: The H index and G index of the physical education doctors are generally low, and the scientific research level is uneven; the scientific research potential of the physical education doctors is poorly distinguished and the comparability is weak.

Key words: physical education; doctoral training; scientific research evaluation; H index; G index

(责任编辑:白 琳)

超星平台的混合式教学设计与实施
——以“Web 应用系统开发”课程为例

刘　靖

（武夷学院　数学与计算机学院，福建　武夷山　354300）

摘　要：传统的“Web 应用系统开发”教学模式具有单一性，存在空间和时间的限制。构建基于超星平台的混合教学模式，有机结合线上教学和传统线下教学，引导学生自主学习。采用“学习通”APP 实施视频教学，让学生掌握概念、原理、关键代码等基础知识，组织学生线上讨论。教师“线下”讲授重点难点、典型案例等教学方式，能充分调动学生的学习积极性，全面实现课程的过程化考核。

关键词：混合式教学；超星平台；“Web 应用系统开发”；教学设计

中图分类号：G640　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1674-2109(2022)12-0086-04

受新型冠状病毒疫情影响，教育部于 2021 年 2 月 10 日发布提醒函要求做好高校寒假期间疫情防控工作[1]，高校应科学研判、制定 2021 年春季学情开学方案，做好线上教学各项准备。目前，我国高校已逐步从传统的教学模式，向多元化发展，出现慕课、混合式教学、翻转课堂等多种教学模式。混合式教学，是传统教学与网络化教学优势互补的教学模式[2]，能获得更好的教学效果。和传统教学模式一样，教师依然作为教育过程中的组织者、领导者，但学生能更多的参与到教学环节中，因此教师的主导作用和学生主动性得以相辅相成。笔者针对实践类课程的特性，以“Web 应用系统开发”为例，探索一种有效的混合式教学模式。

“Web 应用系统开发”是一门实践性、应用性较强的课程。教师通过讲授和项目实践，使学生熟练掌握 Web 开发基础知识并具备一定的项目开发能力。超星是基于微服务架构打造的课程学习，知识传播与管理分享平台，面向手机、平板电脑等移动终端。它包含海量的图书、期刊、文献、图片、音频、视频等资源，集阅读、科研、学习、交流、管理等应用为一体，操作界面简洁，操作方式简便[3]。教师采用超星平台教学，使得教学活动不再局限于教室和机房。笔者在超星平台上创建课程内容，分发课程资源包，进行讨论答疑，建设习题库等。学生在超星平台预习课程内容，观看教学视频，完成实验；在线下环节，教师梳理知识脉络和解惑，从而实现线上教学和线下教学的融合。

1　开展混合式教学的现状分析

2017 年 1 月，国务院发布《国家教育事业发展“十三五”规划》[4]，明确指出全力推动信息技术与教育教学深度融合，鼓励教师采用信息技术创新教学模式，利用翻转课堂、混合式教学等方式用好优质数字资源。各大互联网企业和科技公司提供多种在线教学平台（如超星学习通，腾讯雨课堂等）和多种即时通讯工具（如腾讯会议，钉钉等），从而满足高校开展线上教学的技术需求和服务需求。

虽然线上教学模式突破教学时空的限制，但教学过程的高效实施和监督面临挑战，如师生缺失教与学的“临场感”[5]。教师无法实时的获得学生的反馈，与学生进行直观的互动，影响教学效果。因此，采用混合式

收稿日期：2021-07-17

作者简介：刘靖（1981-），女，汉族，讲师，主要从事数据挖掘、数据融合分析的研究。

教学,在传统教学的基础上,借助 MOOC、SPOC、微课、翻转课堂等教学活动展开,融合线上教学模式和线下教学模式的优点[6]。

2 超星平台的优势

经过对多个线上教学平台的测试比较,选用超星学习通作为线上教学平台,原因如下:

(1)打破教学时空的限制。教师在超星平台构建课程空间,发布教学视频,提供学习资料,组织教学活动。学生可以通过超星平台或“学习通”App 进行课程学习。平台还提供其他高校的开放课程,供学生自由选择、学习。由于教师掌握丰富的教学资源,就可以制定多套的学习方案。每个学生根据自身的学习情况和能力,选择对应的学习方案。

(2)高效的师生互动。超星平台提供签到、投票、抢答、讨论、统计、通知等功能。教师可以通过统计功能,了解学生观看教学视频的情况,参与讨论的次数,章节学习次数,并及时发布学情预警,督促学生学习。通过签到功能,了解学生的考勤情况。教学中,教师可以发起讨论,及时了解学生学习动态,从而更新教学进度和教学内容,同时也促进学生发挥主动性。

3 混合教学模式应用于“Web 应用系统开发”课程的探索

3.1 教学内容和教学模式

“Web 应用系统开发”属于实验教学必修课,2.5 个学分(共 60 学时),面向计算机科学与技术专业软件方向的大三学生。学生已经具备 Java、数据库技术等知识,以及能够用基本的软件工程思维进行项目开发、管理。此外,学生需要学习网站前台的美工设计、动画基础知识和 Javascript 脚本语言。

虽然国内有不少在线教育资源,但很多企业和教育机构存在师资良莠不齐, 教学内容不规范的现象。而部分高校还没有构建在线教学资源,如果盲目引入外部教学资源,会出现教学内容不够合理,教学学时、学分和培养方案有出入等情况。因此,根据培养方案和教学大纲要求,录制授课视频。

本课程选用的教材是耿祥义主编,清华大学出版社出版的《JSP 实用教程(第 4 版)》。教材分为 7 个章节,每个章节都包含多个知识点。笔者通过超星平台 PC 端建立课程空间,编辑课程目录结构如图 1 所示。学生通过“学习通”App 或超星平台 PC 端进行学习。

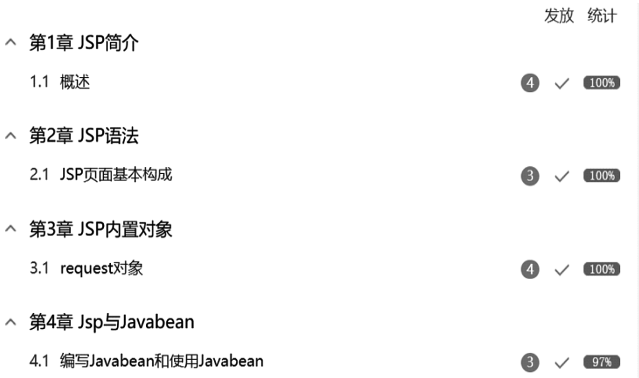


图 1 课程目录结构(PC 端)

Fig.1 Course directory structure (PC terminal)

图 1 为课程的前四章目录结构图,“发放”表示发布的教师自制教学视频个数,每个自制教学视频作为一个“任务点”。平台将汇总学生的学习情况,并在“统计”中显示如图 2 所示。图 2 是分章节统计学生学习进度图。

图 2 学习进度

Fig.2 Learning progress

笔者将课程材料,实验指导材料,教辅材料上传至“资料”模块如图 3 所示。

图 3 “资料”模块

Fig.3 “Materials” modular

3.2　线上教学环节实施

(1)教师准备好电子课件,案例源代码,调试完毕的运行环境等教学资源,完成授课视频的录制。为使学生易于定位相应的知识点，宜按照任务点录制视频。为了保证学生学习时的专注度,单个视频长度不宜超过 20 min。

(2)教师在超星平台 PC 端上,建立教学空间,按照预先建立的课程目录,依次上传教学视频,并完成“资源”模块的构建。

(3)按照课程表,及时通知学生登录“学习通”App,完成签到任务,并进行课程学习。

(4)针对每个章节的重点,难点,教师布置在线测试,超星平台能完成数据分析工作,实时收集学生的学情。教师能充分应用平台的“讨论组”功能,引出相关的知识点讨论。通过组织讨论,鼓励学生多思考,主动提出问题,形成良好的教学互动和学生间的互学互鉴。

(5)教师提供相关的软件安装包,如 JDK, Tomcat、Eclipse、MySql、网页设计软件 Dreamweaver 和 PhotoShop,供学生配置运行环境。实验项目包含验证性实验、设计性实验和综合性实验。验证性实验贯穿整个教学阶段，目的是让学生掌握各章节的基础知识。在学期中段,引入设计性实验,让学生对已有的案例进行修改,达到知识的内化。再将实验项目拓展到小型的综合性实验,这些都是为期末的综合大作业做准备。线上教学环节的组织如图 4 所示。

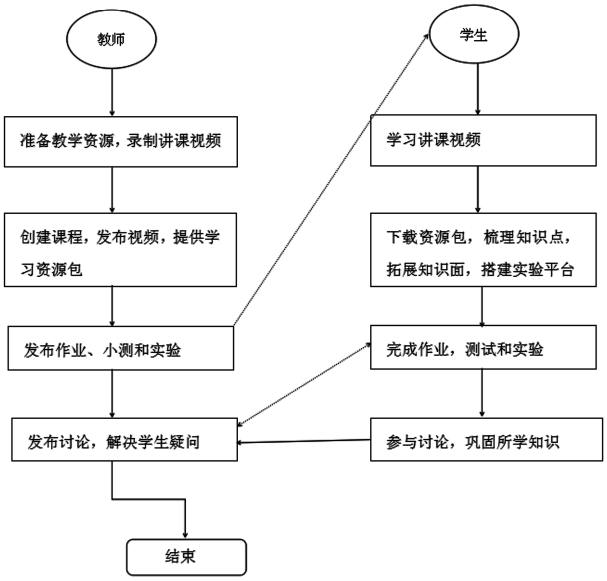


图 4　线上教学环节的组织

Fig.4　Organization of online teaching

3.3　线下教学环节实施

多样化的师生互动，是构建有效课堂的必要元素。师生互动的程度、效果也直接影响本次课的教学成效。教师可以组织分组讨论合作、组间演示等多种课堂活动。学生完成课前预习,线上教学视频学习后,教师收集学生学习数据,开展小组讨论。通过讨论和演示,学生对知识点的重新梳理,巩固,强化学习成效。

传统的线下讲授模式依然是重要的教学方式。课堂上,教师完成内容讲授,答疑,指导等工作。讲授内容包括课程的理论知识的重点、难点,实践部分较难的代码。课堂中组织学生汇报学习成果、交流学习体会。教师进行提问、指导、答疑和归纳总结。教师需作为教学的组织者,融会贯通各知识点,分析经典项目案例,夯实学生的课程理论知识基础,培养学生的实践操作能力,并培养学生具有一定的自学能力和团队协作精神。

3.4　课程考核方式

根据混合式教学的教学实施过程,为体现课程的多方位考核,改进原先的考核方式。原先的考核方式是“期末综合成绩=40%×平时成绩+60%×综合项目大作业”变更为“期末综合成绩=30%×线上学习+10%×线下课成绩+20%×实验成绩+40%×综合项目大作业”。新的考核方案注重学生的学习全过程和参与度。

线上学习成绩由三个分项成绩组成,分别是学生的考勤成绩、线上测试成绩和授课视频的学习进度成绩。超星平台已经全程记录学生的学情,根据教师设定的各环节权重,给出成绩。教师可以在“统计”表中,看到每个学生的各环节的分值和全班的成绩分布情况,实现了课程的过程化考核。

在期末考核中,学生以 3~4 人为一组,分组完成综合项目大作业。教师将给出一组选题和综合项目的具体要求。小组成员在完成综合项目的过程中,不仅锻炼编程能力和团队协作能力,也能将软件工程思想应用到实际开发中。小组将提交项目作品和综合性实践报告,并进行答辩。答辩包含项目演示、教师提问环节。项目完成度、综合性实践报告和答辩成绩将构成该生该课程的期末综合成绩。学生在完成综合项目大作业的过程中,巩固知识,提高项目开发能力和团队协作能力。

4 结语

混合式教学逐渐成为高校的常态化教学模式之一,且易于实现课程的过程化考核。在线上教学阶段,教师完成理论知识的讲授,提供多种师生互动方式,如提问、讨论、翻转课堂等。而学生能够多次观看教学视频,构建课程知识点的体系结构。平台能记录下学生的学习过程,进行量化评分。教师能够不断完善教学内容和教学手段,提升“Web 应用系统开发”课程的教学水平。

参考文献:

[1] 教育部.坚持不懈做好高校寒假期间疫情防控工作[EB/OL].(2021-02-10)[2021-12-4].http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/gzdt_gzdt/s5987/202102/t20210210_513228.html.

[2] 张其亮,王爱春.基于“翻转课堂”的新型混合式教学模式研究[J].现代教育技术,2014(4):27-32.

[3] 张馨,吴海霞,乌仁其木格. “翻转课堂”模式在高职院校煤化工教学工厂实践教学中的应用探究[J].内蒙古石油化工,2017(增刊 1):99-100.

[4] 国务院.国家教育事业发展“十三五”规划[EB/OL].(2017-01-10)[2021-12-4]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xxgk/moe_1777/moe_1778/201701/t20170119_295319.html.

[5] 李慧丽,蒋国珍.在线教学的教学临场感评估:以“远程教育研究方法”在线课程为个案[J].中国远程教育,2009(12):44-47,79-80.

[6] 李祁,李琪,刘瑜.海军航空工程学院:混合式教学激发课堂活力[J].中国教育网络,2015(4):76-77.

Mixed Teaching Design and Implementation Based on Chaoxing Platform

——Taking the Course of “Web Application System Development” for Example

LIU Jing

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

Abstract: As the traditional teaching mode of web application system development is unitary with limited space and time, it is essential to construct a blended teaching mode based on Chaoxing platform to organically combine online teaching and traditional offline teaching and guide students to study independently. By using “Xuexitong” app to implement video teaching can students not only master basic knowledge such as concepts, principles and key codes, but also discuss online. Teaching key and difficult points as well as typical cases offline can fully mobilize students’ learning enthusiasm and comprehensively realize the process assessment of the course.

Key words: mixed teaching design; Chaoxing platform; web application system development; teaching design

(责任编辑:叶丽娜)

工科类院校毕业设计实践教育的实施
——以“给排水科学与工程”专业为例

薛同站[1,2]，朱曙光[1,2]，黄健[1]，李卫华[1]，王坤[1]，杨厚云[1]

（1.安徽建筑大学 环境与能源工程学院，安徽 合肥 230091；2.水污染控制和废水资源化实验教学中心，安徽 合肥 230091）

摘　要：为提高学生解决复杂工程问题和工程实践能力，响应专业评估和工程教育认证要求，以“给排水科学与工程”专业毕业设计为例，探讨工科类院校毕业设计实践环节实施过程及质量控制方法。通过对毕业设计实施过程不同阶段实施内容、目标、实施效果的解析，明确学生在毕业设计中各阶段的任务及考核方法，提出指导教师在毕业设计中的关键作用和考核要求，建立毕业设计质量评价体系，此项研究对工科类院校毕业设计教学任务实施和学生工程能力的提升具有借鉴意义。

关键词：毕业设计；工程认证；工程实践；“给排水科学与工程”；质量评价

中图分类号：G642　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1674-2109(2022)12-0090-06

为加快建设高水平本科教育，全面提高人才培养能力，教育部已实施“六卓越一拔尖”2.0 计划。国家卓越工程师教育培养计划旨在培养学生工程实践能力、团结协作能力和综合素质，新工科教育要求面向全体学生，培养学生对产品和系统的创新设计、建造、运行和服务能力，提升学生解决复杂工程问题的能力，关注学习成效，建设质量评价体系，持续提升工程人才培养水平。在卓越工程师教育培养计划和新工科教育新形势下教学环节提高学生工程实践能力是当前乃至以后需要持续关注的问题。为培养响应社会需求具有较强工程实践能力的学生，本着落实“学生中心、产出导向、持续改进”的先进理念，在专业培养计划中设置毕业设计实践环节是提高学生创新设计动手能力的关键。毕业设计(论文)是本科教学培养学生运用专业基本知识解决工农业生产实际问题的重要环节，也是影响本科教学质量的重要因素[1]。如何开展毕业设计及提高学生毕业设计成果质量是多数高校持续研究的重要内容，把工科类毕业设计实践作为研究对象，以“给排水科学与工程”专业毕业设计为例，对工科类毕业设计实施过程及毕业设计实践教育质量的提升进行分析研究。

1　专业教育培养实践体系的建立

工科类院校专业的设置主要培养能从事规划、设计、施工、管理、教育和研究开发方面工作的高级工程技术人才。为达成培养目标在培养计划制定时注重从基础理论到实践课程整个教育体系的自然过渡和完整性建设，毕业设计是高等学校人才培养的综合性实践教学环节[2]，毕业设计环节的设置，体现以学生工程实践能力、创新能力与初步的科学研究能力的培养为核心，以工程实践与科研训练为主线，培养方案突出应用类课程、科研训练、企业实践等教育内容，使学生逐步、系统地增长工程实践能力与创新能力。建立包括毕业设计选题、过程考核和成果质量评价的毕业设计标准体系，能为“卓越工程师计划”实施提供有力保

收稿日期：2021-11-24

基金项目：安徽省教育厅高等学校质量工程项目(2020jyxm2053)；安徽建筑大学一流教材建设项目(2020yljc08)。

作者简介：薛同站(1972-)，男，汉族，副教授，硕士生导师，主要从事高等教育研究。

障,有利于提高学生的综合实践能力和工程意识[3]。在培养计划中应设计多门实践类课程设计,包括毕业设计在内的实践类课程宜占总学分的 30%左右,培养学生在工程设计中综合考虑技术、经济、安全、环境、法律等因素影响,提高创新意识,在培养体系上贯彻卓越工程师教育和工程认证教育理念,充分体现新工科教育背景下学生综合素养提升的重要性。

2 毕业设计的实施

毕业设计周期相对较长,整个实施过程相对较为复杂,为提高培育质量,促进产学研教的融合,高校宜在设计选题、中期检查和毕业答辩环节邀请企业或行业专家参与毕业设计(论文)的指导和考核。设计选题应结合培养目标和社会人才需求设置毕业设计题目,毕业设计中期检查和毕业答辩涉及到学生毕业设计过程成果的检验,邀请部分行业专家对设计成果进行检查和评审,增强了毕业设计的实战性,可切实提高学生工程实践能力。毕业设计实施各环节及分步考核目标可参见图 1 执行。

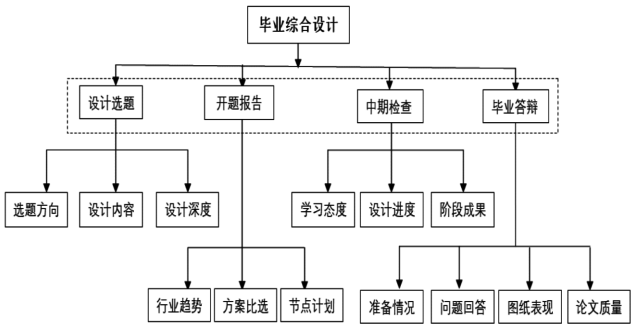


图 1 毕业设计实施环节及分步考核目标

Fig.1 Graduation design implementation links and step-by-step assessment objectives

2.1 毕业设计实施环节及质量控制

2.1.1 选题及毕业设计任务

毕业设计是本科教学实践较为重要的环节,是综合考察学生近 4 年来学习效果的主要途径,在源头选题阶段必须控制好毕业设计题目的质量[4]。毕业设计(论文)选题要结合专业及行业实际问题,培养学生的工程意识、协作精神以及综合应用所学知识解决实际问题的能力。在确定学生毕业设计题目时,系、教研室全体教师宜共同会商,结合专业培养计划,从选题设计规模、设计内容、设计难度、设计深度和完成情况等方面对选题进行综合考量。

结合给排水科学与工程专业毕业设计实践,说明毕业设计选题及设计任务的确定内容及方法。根据专业培养计划中确定的给排水系统优化和水处理工程设计两个培养方向设定设计题目[5],并考虑实际工作中的专业方向,按照专业内容把毕业设计课题方向优化为给水工程设计、排水工程设计、建筑给排水设计和毕业论文 4 个方向,毕业设计选题方向及内容见表 1。

表 1 毕业设计选题方向及内容

Tab.1 Direction and content of graduation project

毕业设计选题方向	设计(论文)内容
给水工程设计	取水工程、净水厂设计、供水管网(泵站)、给水工程设计论文
排水工程设计	排水管网(泵站)、污水厂设计、排水工程设计论文
建筑给排水工程设计	建筑给水系统、排水系统、热水系统、消防系统、雨水系统、建筑给排水工程设计论文
试验研究	利用给排水科学理论、试验方法进行基础理论应用和技术研究(试验目标、试验技术路线、试验方法、实验结果及分析)

给水工程和排水工程设计题目应包含给水、排水管网优化和水处理厂站设计在内的取、净、供、用、排和处理环节设计内容,建筑给排水工程设计题目需涵盖热水系统等建筑给排水各系统在内所有设计内容,建筑高度要能考查到给水系统分区、减压设置要求,倡导学生运用节水节能的设计理念。对学有余力的学生可以设定少量在难度或者复杂程度具有区分度的选题,并在后续的评价体系中给予适当奖励(倾斜),有助于整体设计质量的逐步提高。

设计题目数量严格按照一生一题满足学生选题要求,根据题目内容教师编制设计任务书和作业指导书,在任务书中明确选题设计条件、内容、应完成的工作、毕业设计进程要求和主要参考文献、资料,在选题和任务书布置环节要让学生明白做什么、怎么做以及应达到的标准。选题和任务书环节一般安排在第七学期的期末,采用学生和教师双选的形式,双选对学生学习的动力和教师的教学能力提升都有促进作用,也有利于毕业设计质量的提高。

2.1.2　开题报告

开题报告是在进行毕业设计之前制定的整个毕业设计执行方案,初步确定毕设各方面的具体内容和步骤, 对整个毕设工作的顺利开展起着关键指导作用。开题报告一般包括论文题目、毕业论文选题的目的与意义、国内外研究现状、研究内容方法、设计方案比选、进度安排及审批意见等内容。开题报告中选题目的与意义,主要综合利用文献资料信息论述选题研究价值及国内外的研究现况、趋势。研究内容需围绕选题和设计任务书要求书写,开题报告中重点内容应是设计方案的比选,从技术可行性和经济合理性两方面侧重进行设计任务的多方案比较,找出更为优化的设计方案。例如建筑给排水设计方案比较,要对建筑给排水所涉及的各个系统进行多方案比较,必要时配备各系统原理插图和表格数据进行具体说明。开题报告在时间及顺序上要合理安排, 每个阶段的起止时间、相应的研究内容及成果要明确说明,同时整个研究进程要有连续性,合理的安排对按时保质完成设计任务具有重要保障作用。

开题报告的编制宜安排在第八学期期初,一般占用 2~3 周左右的时间,开题报告完成后教学单位需组织答辩,重点考查学生编制开题报告的能力和运用专业知识对设计方案进行多方案综合比较的能力。在毕业设计开题阶段,学生不能按照规定时间节点提交开题报告,开题报告中对课题相关专业发展趋势叙述不清,或者提交的开题报告内容单薄,开题报告中拟定的设计方案不合理或者不够详细等情况则判定开题报告质量不合格。相反,开题报告中对学科的发展叙述清楚,能够独立提出可行的设计方案,文本比较详实,则认为开题报告质量较好。学生通过编写开题报告能够深入了解设计任务和选题所涉及学科的前沿发展状况,通过设计方案的比选基本能够熟悉设计内容,能够进一步理清设计思路,对于后期具体设计及实验研究工作能够做到心中有数。

2.1.3　中期检查

为进行毕业设计质量的总体把控,需加强过程控制,过程与质量并重是工科院校本科毕业设计(论文)指导思路[6]。中期检查是强化毕业设计质量及进度控制的重要方法,是强化过程考核的重要手段,从学校管理角度也是对指导老师的检查和督促。由于进行毕业设计的学生面临考研复试和就业的双重压力,学生往往不能全身心投入到毕业设计任务中,毕业设计质量得不到有效保证。毕业设计中期检查重点放在设计进度和质量两个方面,完成任务情况须与毕业设计时间安排相吻合,应适当为后期的图纸及论文修改留有余地。对于个别学生中期检查达不到毕业设计任务书进度要求,文本方案和图纸表现存在原理性或者系统性错误的情况则判定为中期检查不合格。通过学生阶段成果的检查和答辩,能够协助学生对照设计任务书和开题报告找到存在的差距, 例如有的学生原理、规范不熟悉,有的设计计算有弱项,针对每位学生的情况应提出具体的中期检查意见,同时把检查情况反馈给学生的指导老师和学院, 这样能够使学生认清差距,更明确下一阶段的任务,在后续有限的时间内有计划的完成设计任务。

2.1.4 毕业答辩

毕业设计(论文)答辩是一种有准备、有组织、有评定比较正规的审查毕业设计成果的重要形式,是对学生整个毕业设计环节的综合检验。答辩工作包含学生答辩资格的审核、答辩委员会组建、学生答辩分组、正式答辩和答辩修改意见的整改检查等内容。为了实现校企共育人才,提高学生毕业设计的质量[7],答辩委员会一般由本学校和同行业外单位的专家组成。答辩包括学生对毕业设计的介绍、老师对设计成果的现场查验、答辩委员的提问、给出答辩意见等环节。答辩重点考查学生对专业基本原理、设计规范掌握情况,考查学生工程计算、图纸表现和论文编写的综合能力。对于毕业设计论证能力不足, 文本撰写质量较差,图文表现存在多处错误, 答辩时对设计原理不清楚、设计内容不熟悉的学生则判定答辩不合格,经学生认真修改后方可申请二次答辩。对于论文文本和图纸上存在的个别错误给出修改意见,在检查修改合格后方允许正式提交论文成果资料装袋归档。

2.2　存在问题及解决办法

毕业设计阶段每位学生情况不同,平时表现和设计成果存在差异,究其原因主要存在以下问题:

2.2.1　投入不足

毕业设计前期阶段,多数学生尚存在考研复试和

寻求工作的压力,对毕业设计投入的时间和精力明显不足。教师在下达设计任务时,应明确时间节点及阶段目标,建立毕业设计周例会制度,妥善解决考研复习和设计任务的矛盾, 对于没有考研任务的学生,在平时设计辅导和检查时加强监督和引导,消除学生就业焦虑心理,把精力集中到毕业设计上来。

2.2.2 专业素质不齐

通过三年多来在校学习,毕业设计开始时学生的专业知识和素质不尽相同,部分学生距离设计任务要求存在差距。设计任务的完成主要靠学生自身努力,但是大部分学生还是离不开指导教师的辅导,教师可以通过推荐参考书籍、设计规范和工程设计实例解析,让学生逐渐补齐专业知识短板。

2.2.3 工程能力缺乏

由于学生缺乏实操性锻炼,虽然掌握了一些专业知识,部分学生在接到毕业设计任务后仍然不知道如何入手,不了解运用专业理论解决生产实际问题的方法和步骤。毕业设计指引是解决部分应用能力较弱学生的有效手段,其能够使学生明确毕业设计思路及分阶段目标,毕业设计组会制度可有效保障学生和老师之间的充分沟通和交流,使学生在不断解决毕业设计不同问题的同时工程能力得到显著提升,逐渐具备运用专业知识解决生产、工程实际问题的能力。

3 毕业设计质量评价体系

毕业要求达成度评价是专业评估和工程教育认证持续改进的重要考核内容[8],通过毕业设计质量评价支撑体系的设计, 建立起毕业设计实践课程达成度评价方法,毕业设计质量评价支撑体系及指标详见图2, 工科类院校可根据学校的具体情况在评价指标上设置不同的权重。

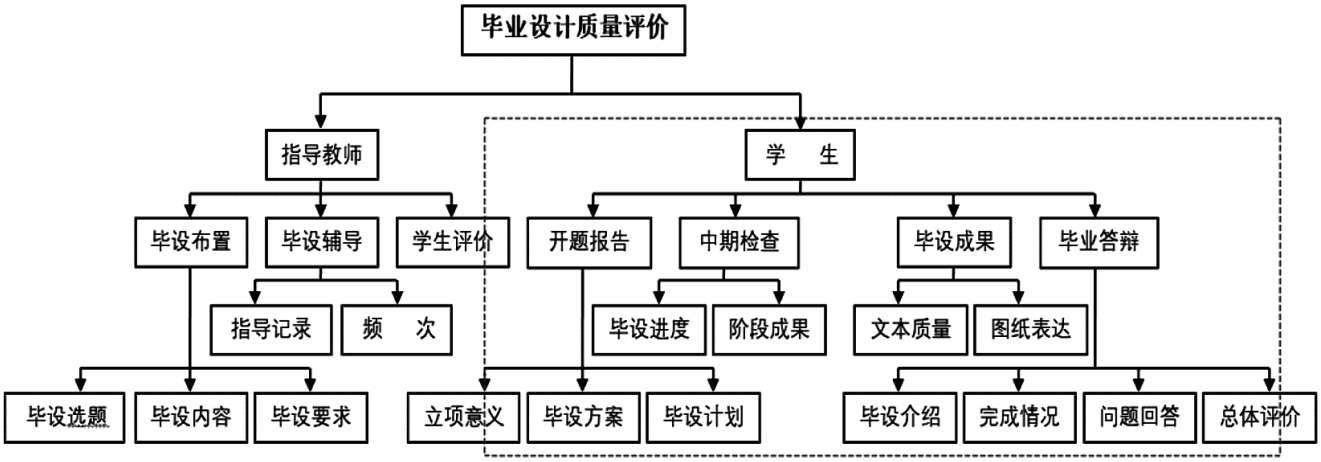


图 2 毕业设计质量评价支撑体系

Fig.2 The supporting system of graduation project quality evaluation

3.1 学习态度及学习习惯

学生的学习态度和习惯不仅关系在校期间学习成绩的好坏,也关系到学生走向工作岗位取得单位认可甚至决定学生自身人生高度的重要因素,学校和教师在毕业设计阶段仍然应持之以恒的加强教育和培养。在毕业设计各个环节学生学习态度和学习习惯都是成绩评定的重要方面,可从出勤情况、设计进度、阶段任务完成情况、主动解决毕业设计过程中问题等进行评定。

3.2 解决工程实际问题能力

教与学是学生获得知识和提高能力的重要途径,卓越工程师培养计划和工程教育认证均把学生解决工程实际问题能力作为重要培养目标和考查重点,学生解决工程实际问题的能力必须作为评价学生毕业设计质量评价体系中的重要一环。由于学生个人能力和专业知识掌握程度不同,学生毕业设计成果表现将会不近相同,对学生解决工程实际问题宜从以下几个方面进行考查,能否运用文献资料分析理解各类信息

掌握本专业发展趋势,能否独立地提出切实可行的设计方案,能否正确分析并解决设计过程中遇到的各种问题。 在学生毕业设计各阶段的成绩评定时都需把解决工程实际问题的能力考查作为成绩评定的组成部分。

3.3　成果表现

毕业设计是对学生综合素质和工程实践能力培养效果的全面检验[9]。设计论文和图纸是学生毕业设计的最终成果,设计成果是毕业设计质量考核的重要考查依据。设计论文应概念清楚,应用合理,文本结构严谨,逻辑性强,论证严密,文字通顺,用语符合技术规范;图表应清楚,图纸表现无原则性表达错误,图内文字工整,图纸数量达到任务书要求。学生答辩是对设计成果的总结和理解的深化,是设计过程精力付出的集中展现, 学生在毕业设计答辩时应基本概念清楚、基本理论扎实、广泛,能正确综合运用所学知识和技能介绍、分析过程中遇到的问题。通过设计论文、图纸和答辩展现能够全面反映学生在毕业设计期间的表现。

3.4　成绩组成

学生毕业设计成绩应综合开题报告、毕业实习、中期检查、毕业设计成果和毕业答辩等多方面表现进行总体评价,成绩各组成的占比不同院校可根据实际情况确定, 毕业答辩成绩一般占总成绩的 40%左右,成绩的评定应有指导教师、评阅教师和答辩委员共同完成。

3.5　指导教师考核

毕业设计是学生在校最后阶段对大学知识的运用和升华, 毕业设计完成质量主要在于学生本身,但是指导教师对学生毕业设计质量的提高起到较为重要的作用。指导老师在整个毕业设计期间承担着指导、帮助、核查等职责,毕业设计期间教师的专业指导、督促和检查能够促进学生较好完成毕业设计任务。指导教师对学生疏于管理,不熟悉专业标准和规范,不能及时发现并帮助学生解决毕业设计存在的问题,都将影响毕业设计质量目标的达成,同时也影响着高等教育学生工程能力的培养质量,在毕业设计质量评价和教育质量专业评估中需作为其中的考查内容。

4　结论

毕业设计是工科类院校专业教育培养课程体系重要组成部分, 毕业设计是高等教育人才培养综合性实践教学环节,通过毕业设计 2 个主体、4 个环节、7 个方面和 16 个考查节点质量评价体系的建立和目标达成,保障了学生毕业设计阶段的教育质量, 增强了学生工程意识,提高了学生综合实践能力,有助于工科类院校毕业设计实践类课程顺利实施, 能够有效贯彻卓越工程师教育计划、专业评估和工程教育认证理念。

学以致用是教育的目的和方向,毕业设计正是锻炼和提升学生运用所学专业知识解决工程实际问题的综合性训练方式,通过从选题到设计(实验)方案的比选,从参考文献的阅读、整理到编写完整的毕业设计论文, 从设计原理图到各细部大样图的设计绘制,对学生问题分析、理论研究、设计针对复杂工程问题的解决方案和处理问题综合能力等方面都起到锻炼和提升的作用。学生普遍认为通过毕业设计从根本上把本科阶段所学知识进行高度应用升华,提升了毕业走向社会的自信心。

探求更为优化的实施方式,提高学生综合能力以及如何考查毕业设计阶段学生综合能力提高程度将是以后研究的方向。

参考文献:

[1] 薛彩霞.本科毕业设计(论文)存在问题及质量控制措施[J].高教论坛, 2011(11):56-58.

[2] 庞宏. 提高本科毕业设计质量的思考与实践[J].高教学刊, 2019(2):194-196.

[3] 王坤, 张勇, 刘绍根,等. “卓越工程师计划”下给排水科学与工程专业毕业设计质量标准建设研究[J].教育教学论坛, 2020(4):133-135.

[4] 彭秀英.立题和过程管理是提高毕业设计质量的保证[J].中国大学教学, 2012(3):75-76.

[5] 冯萃敏, 张雅君, 王文海, 等. 给水排水工程专业人才培养方案与特色[J].中国建设教育, 2011(Z6):21-23.

[6] 王烨,李亚宁.工科院校本科毕业设计(论文) 指导改革与实效性分析[J].兰州交通大学学报,2018(5):137-140.

[7] 史望聪,何鹏,宋薇. 产教融合现代学徒制合作下的毕业设计改革研究[J].陕西教育(高教), 2019(12):66-67.

[8] 蒋伟,谢群,杨涛春.OBE 理念下土木工程专业“毕业设计”课程的达成度评价方法研究 [J]. 中国建设教育, 2019(4):185-188.

[9] 王永广,王一鸣. 给排水专业“污水处理工程”方向毕业设计的指导[J].知识经济, 2020(12):103-105.

Implementation of Graduation Design Practice Education in Engineering Colleges

——Taking the Major of “Water Supply and Drainage Science and Engineering” as an Example

XUE Tongzhan[1,2], ZHU Shuguang[1,2], HUANG Jian[1],

LI Weihua[1], WANG Kun[1],YANG Houyun[1]

(1.School of Environmental and Energy Engineering, Anhui Jianzhu University, Hefei, Anhui 230091;

2.Experimental Teaching Center of Water Pollution Control and Wastewater Resource Reuse, Hefei, Anhui 230091)

Abstract: In order to improve ability of students to solve complex engineering problems and engineering practice, and to respond the requirements of professional evaluation and engineering education certification , this paper discusses the implementation process and quality control method of graduation design practice in engineering colleges, taking the graduation design of “water supply and drainage science and engineering” as an example. Through the analysis of the implementation contents, objectives and effects of different stages of graduation design implementation process, the tasks and assessment methods of students in each stage of graduation design are clarified, the key role and assessment requirements of instructors are put forward, and the quality evaluation system of graduation design is established. This research can be used as a reference for the implementation of graduation design teaching tasks in engineering colleges and the improvement of students´ engineering ability.

Key words: graduation design; engineering certification;engineering practice; implementation effect; quality evaluation

(责任编辑:聂传朋)

“家具行业创新创业”课程思政的实施策略

牛敏，刘学莘，赵鹤*，胡秀磊

（福建农林大学 材料工程学院，福建 福州 350002）

摘 要：为全面落实高校立德树人的根本任务，在课堂教学中守好一段渠，使思想教育课与家具专业课同向同行形成协同效应，“家具行业创新创业”课程将创新创业教育融入思政教育之中，通过精炼教学目标、对标设计教学内容、深挖课程思政元素、采用信息化、多样化的教学形式和采取过程性评价等多种策略共同确保“育人”的有效性。不仅让学生掌握相关专业知识，将知识应用于实际操作过程解决实际问题，而且还通过在各教学活动中深挖思政元素来引导学生具备创新、创业意识和正确的人生观、价值观和世界观。

关键词：家具行业；创新创业；立德树人；思政元素

中图分类号：G647.38；G641 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-2109(2022)12-0096-05

我国家具行业在完成“十二五”发展规划后，虽在加快转型和稳定发展等方面取得进展，但与世界发达国家相比，仍存在大而不强、自主创新意识差、创新能力不足等突出问题。因此《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》和《中国制造 2025》这两份文件仍强调要继续推动中国由“家具大国”向“家具强国”迈进[1]。创新是引领发展的第一动力，是建设现代化经济体系的战略支撑[2]。只有在材料、技术、制造和管理等方面持续不断创新，保持创新意识和创新能力，才能将家具行业持续稳步向“强”发展。而创新驱动离不开创新创业人才的培养[3]。近年来，全国各大高校遵循国家发展战略，结合自身学科优势与特点，积极建设本学科的创新创业类课程，内容上不仅涵盖专业知识与技能，还教授“双创”思维，培养“双创”能力。“家具行业创新创业” 就是在这一时代背景下建设而成的、面向校内学生而开设的公共选修课，致力于为家具行业储备、输送更多新力量，推进家具行业由大变强。

根据“十三五”期间家具行业发展的战略措施[1]，课程培养的人仅仅具有“双创”思维和“双创”能力仍是不够的，还需要具有家国情怀、社会责任感等行业所需要的其他优秀品格。也就是说，家具行业所需人才不仅具有扎实的专业知识，具备解决实际问题的能力，还要有强烈的创新意识和正确的人生观、价值观、世界观，是一个有能力、有创意、有品格、有体魄的全面发展的人才。而这样的人才需要我们在教学过程中春风化雨般地去感召去引导。将思政元素有机融入在专业知识中是实现既教书又育人的教育效果的重要实践[4]。我们需要将思政元素作为“暗线”无痕加入课程设计之中，让其随知识点融入到课堂教学各活动中，实现“知识传授”和“价值引领”的有机统一，落实高校“立德树人”的根本任务。

1 课程思政的必要性与可行性

大学生是社会发展的新生力量，也是影响社会稳定的重要人员。大学生虽步入成人阶段，但思想意识还不成熟，“三观”还处于摇摆阶段，在面对各种不良诱惑时，可能因不具备明确的是非分辨能力而误入歧途。因此，在大学基础课程和专业课程中对他们进行

收稿日期：2021-05-08

基金项目：国家级精品在线开放课程建设项目(699180040)；福建农林大学“课程思政”教育教学改革研究项目(SZ1119036)；福建农林大学本科教育教学改革研究一般项目(111ZJ1978)。

作者简介：牛敏(1982-)，女，汉族，博士，讲师，主要从事家具设计与工程的研究。

通信作者：赵鹤(1985-)，女，汉族，博士，讲师，主要从事家具设计与工程的研究。

思想政治教育,以巩固、定型他们的思想意识形态是非常有必要的。2016 年 12 月,中国中央国务院《关于加强和改进新形势下高校思想政治工作的意见》(中发【2016】31)强调:高校要坚持全员、全过程、全方位育人(“三全育人”),把思想价值引领贯穿教育教学全过程和各环节, 要强化思想理论教育和价值引领,因此这种将创新创业教育和思政教育与专业教学相融合,实现同向同行、协同育人的教育理念也是响应时代号召的。

高校思政课程属于公共基础课程,是对学生思想道德的显性教育;课程思政是贯穿在每一门专业课程当中的、与显性教育具有同等目的的隐性教育,以润物无声的形式附着在课程的诸多知识点这根主线上,然后随着课堂活动逐渐释放出来,从而根植在学生心中,对学生形成稳固、长期的心理影响。课堂活动不仅仅是教师对知识点的讲授过程,还包括师生关于某一主题所展开的讨论过程,以及小组成员为完成某一项目或某一任务而进行的课内协作过程。实际上,课程思政无处不在,关键在于教师为达成课程的情感目标而做出怎样的引导。情感目标可以是对学生社会主义核心价值观的培养; 可以是辩证唯物主义的引导;也可以是爱国爱家、爱自己、爱他人、爱学习等以“爱”字为主题的情感的培养;还可以是爱岗敬业、工匠精神、创新精神等职业素养的培养。总之,任何一个学科、任何一门课程都有众多的思政元素可挖掘。“家具行业创新创业”更是可以围绕“创新创业”、家具行业“职业道德”“环保意识”等主题展开思政教育,以保证为家具行业输送更多有用、可用的人才。

2 课程思政的实施策略

2.1 精准提炼教学目标

紧紧围绕“以学生学习效果为中心、产出为导向”的教育理念,充分结合“十三五”发展规划,重点考虑学生进入家具企业后可能用到的专业知识、面临的实际问题和应该具备的专业素养, 课程团队从知识、能力和情感三方面精炼教学目标,不仅让学生能够在家具行业胜任,而且还培养学生的专业素养,为行业塑造可用之才。

具体地说,知识目标是让学生了解家具行业发展趋势,理解创业思维与创新思维,掌握家具新材料、新技术、新标准、家具加工流程以及创新创业方法,帮助学生先储备知识以适应家具行业未来发展趋势。能力目标是培养学生运用所掌握的知识解决复杂问题的能力,如解决家具材料与结构的关系,为家具企业谋求持续发展的能力,以及优化生产工艺提高产品竞争力的能力等,帮助学生掌握家具制造、经营管理等各种技能。情感目标也称为思政目标,主要培养学生的创业创新意识、创业过程应有的利他之心、精益求精匠心独运的匠心精神、行业可持续发展必备的环保意识,以及家具行业职业道德和社会责任感。这三个维度的教学目标同时也遵循本校人才培养方案和专业培养目标:为家具行业培养创新创业能力强,具有社会责任感的拔尖创新、创业人才。

2.2 精心设计教学内容

为达成以上教学目标, 教学团队精心设计线上、线下和课外拓展三部分教学内容,如图 1。

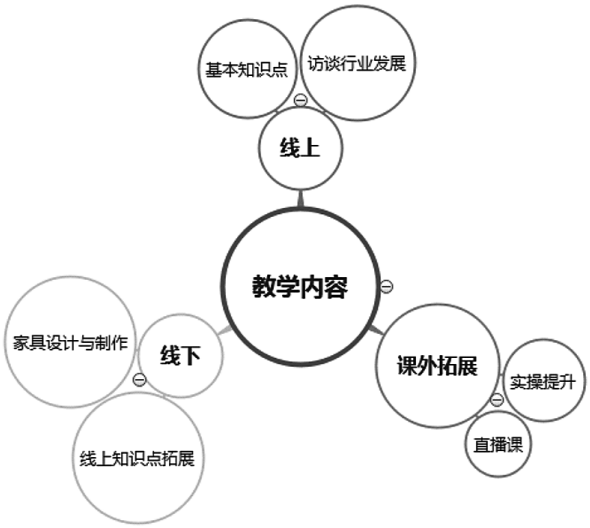


图 1 精准对标的三部分教学内容

Fig.1 Three parts of teaching content that accurately correspond to the teaching goals

线上内容一部分是采用多位教师对家具行业所需掌握的基本知识点进行分章节集中讲授, 另一部分邀请家具企业相关负责人以访谈的形式对行业发展现状及发展趋势进行分析。线上教学以视频和单元测试的形式让学生自行学习,不受学时和地点的限制。线上教学在授课形式上,从讲授到访谈体现创新;在教学人员的安排上, 从家具专业教师到管理专业教师再到企业相关人员,体现多学科交叉融合性;在教学内容上,从知识点到市场分析再到行业发展趋势体现系统性;在教学目标的设定上,从低阶到高阶体现“高阶性”。

线下内容一方面对线上知识点进一步补充和展开,加深学生对线上内容的理解,同时补充学科前知识和行业最新热点,强调课程的“创新性”;另一方面训练学生对家具进行设计和制作,考察学生对知识点的应用能力,同时体现课程的“挑战度”,让学生跳一跳、够一够才能完成任务。采用线上、线下相结合的混合式教学模式,可有效解决传统教学中存在的学时不足和学习效果差的问题,同时也迎合金课建设“两性一度”的要求。

课外拓展主要是对学有余力的学生而设计,是满足“因性施教”的需求。学生可参加木作培训、木作竞赛等木工训练营,也可参加文献检索、木工研讨会、中外家具史等相关线下直播课,让非专业学生对家具行业发展和木材科学与工程专业课程有更深入地了解。

2.3　挖掘思政元素

课程思政的实施不是孤立进行的,是紧紧围绕授课内容和教学形式而引发的。以上符合“两性一度”金课建设要求的教学内容,也是完全服务于思政目标而设计的。每部分知识点的讲授过程和学生能力训练过程都有思政元素的融入,且都围绕“培养学生的创新创业意识,提高学生的专业素养”这条主线而展开,最终为中国的家具行业培养有创新创业能力的可用之才。各知识点上的思政元素的具体融入如图 2 所示。

线上内容在讲到“企业是做大还是做强”这个章节时,融入的思政元素主要是诚信、社会责任和家庭责任,让学生明白企业不一定要上市,有诚信做到小而精反而更有生命力,同时还能兼顾家庭,正面影响社会;在讲到“传统家具现代化与品牌化”时,融入的思政元素是文化自信和创新意识,让学生谨记并深切体会:民族特色的家具更有人情味,民族的才是世界的;在讲到“行业现行标准法规”时,思政元素是实事求是,让学生明白:产品的质量管理要用数据说话,一切都要尊重客观事实,而非弄虚作假;在讲到“新材料与新技术”章节时,旨在表达家具材料应朝着绿色化方向发展才能持续发展下去,希望同学们具有环保意识和社会责任感;当访谈九牧厨卫开发部经理陈开焱

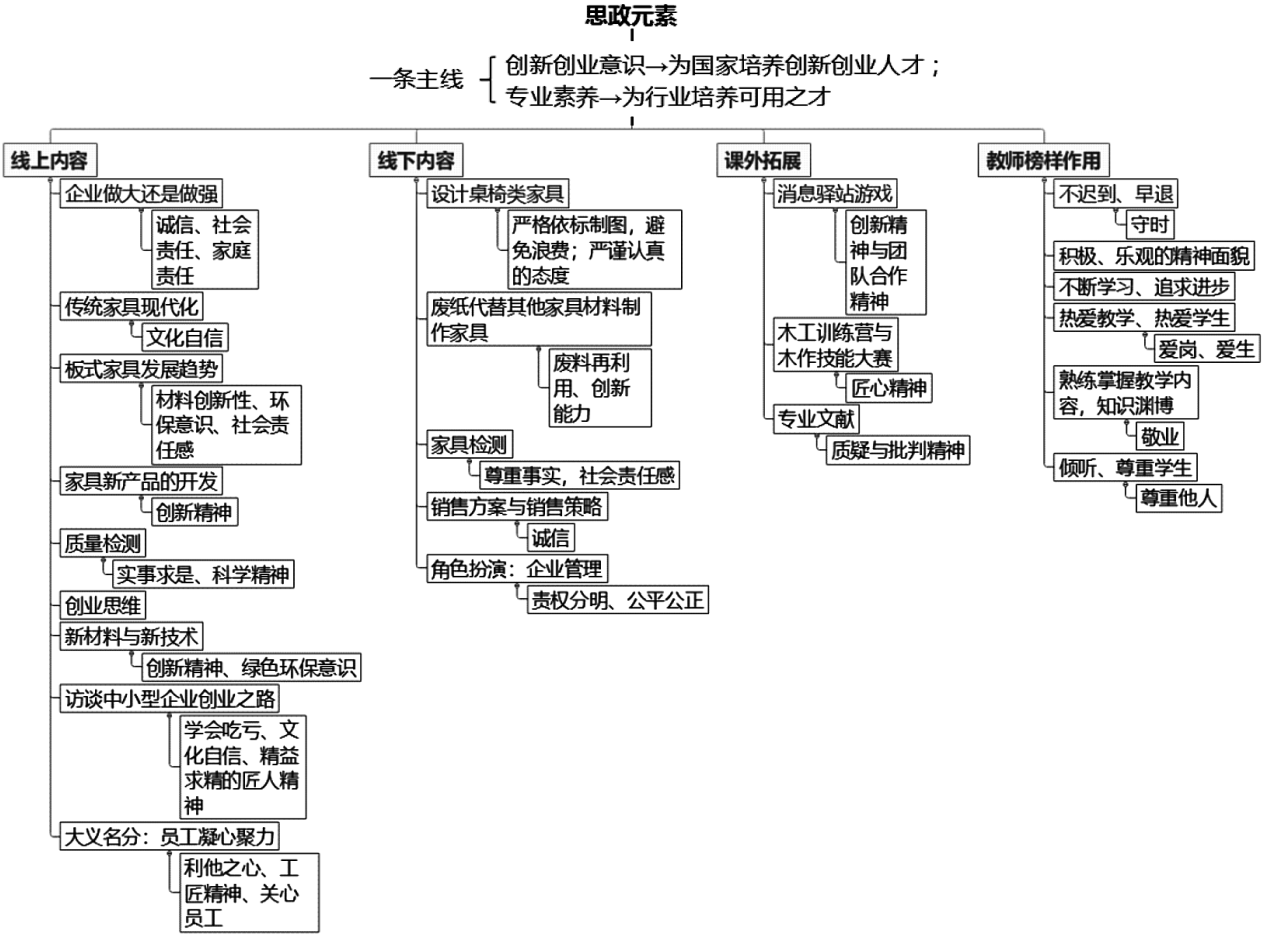


图 2　融入在教学活动中的思政元素

Fig.2　Ideological and political elements integrated into teaching activities

时,希望学生掌握产品创新四个思路和技术创新三个来源, 以培养学生的产品创新思维和技术创新思维。当引入中小型企业的创业者的案例时,旨在向学生传达创业要有利他之心和关心员工的情怀,培养学生的宽大胸怀和匠人之心。

线下在讲到“家具设计”这个主题时,主要让学生明确:设计应以人为本、应严格按照国家标准制图,培养学生以人为本的理念和严谨认真的做事态度;在讲到“家具制作”时,让学生以小组合作的形式去收集生活废弃物来制作一件纸家具,实际是为培养学生的环保意识、创新精神和团队协作精神;在讲到“家具环保性能与阻燃性能检测”时,通过家具引起的事故案例,让学生明白: 检测过程有责任心才能降低事故发生、保证人民的生命和财产安全,再次培养学生的社会责任心;在讲到“销售方案与销售策略”时,通过引入“双十一” 促销活动引起学生对销售渠道进行思考与归纳, 让学生讨论哪些因素在销售过程是至关重要的,从而培养学生“诚信”的社会主义核心价值观。在讲到“企业管理”时,通过角色扮演的形式让学生担任企业各部门领导,并讨论领导的职责,培养学生责权分明和为人民服务的意识。

课外开展形式多样的活动,或以游戏的形式让学生反思:只有不断创新、相信队友有效合作,最终才能立于不败之地;或以实操的形式让学生先拥有“一看就会、一做就废”的亲身体验,然后重新审视传统家具的精妙,切实感受“工匠”的魅力,以期培养学生的工匠精神;或以直播课的形式开展文献检索活动,让学生学会查阅文献的同时还要对文献具有质疑与批判精神,也就是对信息具有独立思考后的辨别能力。另外,教师在教学活动中不迟到、早退,保持积极、乐观的精神面貌,不抱怨不吐槽,不断学习、追求进步,热爱教学,关爱学生,熟练掌握教学内容、知识渊博,多倾听学生的意见及想法,将守时、爱岗、敬业、尊重他人的师德师风以身作则给学生树立榜样,春风化雨般地传递到学生。

2.4 采用信息化、多样化教学形式

本课程采用信息化教学工具“学习通”来开展线上教学,将内容设定为闯关式学习模式,学生学完第一章才能学习第二章,思政元素随着知识点的逐渐开放缓慢地进入学生的心里,是自然接受的过程。实际上,在这门课的每一章节都有思政元素,但不是每一章节我们都要强调,有时是借他人之口来让学生明白一个道理,有时是学生在体验过程中得到醒悟。不管思政元素是什么形式被引入,但都是围绕一条主线而展开。这条主线则是围绕创业意识、创新精神和匠心精神而引出正确的人生观、价值观和世界观。

随着课程内容和教学形式的多样化,课程思政的开展形式也是多元化的。知识点本身是思政元素,体现在线上内容和线下内容的讲授和点评环节;线下安排动手实践内容,让学生设计家具、制作家具、检测家具、管理企业等,在学生实际操作过程融入思政元素,通过学生的内驱力使各元素内化于心;安排一次次的课堂任务,通过学生的讨论、争执、成功与失败以及成绩高低,让他们去感受、去思考,进而重新认识自我,建立正确的价值观;学生在学习、讨论之后,分享环节以思维导图、辩论、汇报等形式展开,让学生在不同形式中找到自信,充分展示自我,同时让学生感受到教师公平、公正地对待每一位学生;游戏参与中融入思政元素,以润物细无声的形式让学生主动吸收。另外,教师的模范作用和课上的音容笑貌都是一种无声胜有声的思政形式。

2.5 采取过程性评价

过程性评价是落实以学生学习效果为中心的教学理念,将阶段性(分步骤)考核与终结性考核(期末考试)相结合,实现对学生学习效果的全面评价。阶段性考核过程设置丰富多样的题型,对不同学习风格的学生进行综合考察,重视学生个性化发展。图 3 是与教学目标相对应的过程性评价的具体内容。

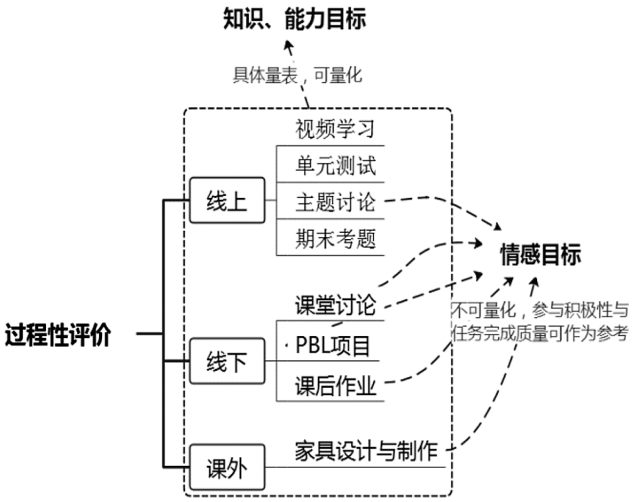


图 3 与教学目标相对应的过程性评价内容

Fig. 3 Procedural evaluation for three-dimensional targets

线上主要考察学生知识点的掌握情况,评价内容包括:视频学习、单元测试、主题讨论和期末考题。线下主要考察学生课堂参与教学情况, 评价内容包括:课堂讨论、PBL 项目和课后作业。课外主要考察学生的实操能力, 通过家具设计与制作相关任务来评价。这些评价内容一方面可通过具体的评价量表考察知识目标和能力目标的达成效果;另一方面可通过观察学生在任务中的参与度和任务的完成质量对情感目标的达成度进行非量化评估。评价方式多样,有自评、组内互评、组间互评以及师评。为保证结果的公正性,师评一般不小于 50%,自评不大于 10%。通过自评与互评,让学生关注自我的成长与收获,感受老师的尊重与放权,学会客观公正对待他人成果。

3 结语

“家具行业创新创业”采用线上线下混合式教学模式,线上主要讲授家具材料、发展趋势、制作新技术、检测新标准、创业创新方法以及家具企业经营之道。邀请多学科专业教师对家具行业和创新创业方法进行集中讲授, 改变单一教师从始至终的教学风格,发挥各专业老师的专业优势, 同时走进国内知名企业,面对面与企业高管人员访谈,以个人经历谈创新创业,让学生对创新创业方法、理念都更加信服。且每章节知识点都潜藏着多个思政元素,采用闯关式开放模式将思政元素逐步引流到学生心里。

线下主要是对线上内容进行拓展,一方面深入讨论以加深学生对线上内容的理解,补充行业最新进展和行业热点,让学生意识到:没有创新就没有发展,就没有今天美好的、人性化、智能化的生活。另一方面集中讲授家具设计原则和制作流程, 让学生在试错、纠错的过程中从“知道”到“做到”,训练学生的动手能力。通过小组辩论、讨论等形式,让学生具有集体荣誉感。通过案例分析和纸家具制作,让学生看到:因偷工减料、检测不严而引起的悲剧,以及成千上万废纸箱、废旧家具的抛弃所带来的资源浪费和环境污染,从而引起学生共鸣和反思。对学有余力、爱好木作、对家具行业充满热情的同学还设计了课外拓展课程,因性施教给他们创造更多的训练机会,让大国工匠精神真正被他们所领悟。

参考文献:

[1] 中国家具协会.中国家具行业“十三五”发展规划[J].家具与室内装饰,2016,23(5):4-5.

[2] 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[M]. 北京:人民出版社,2017.

[3] 丁伟.课程思政视角下的创新创业教育课程建设[J].东华大学学报,2018,18(4):242-246.

[4] 顾美霞,欧阳倩兰.课程思政视角下的高校创新创业课程建设[J].学校党建与思想教育,2020,36(24):71-72.

Implementation Strategies of Ideological and Political Education in Furniture Industry Innovation and Entrepreneurship

NIU Min, LIU Xueshen, ZHAO He*, HU Xiulei

(College of Material Engineering, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002)

Abstract: In order to fully implement the fundamental task of cultivating people in colleges and universities, and to keep a good section in the classroom teaching, ideological course and furniture course form a synergistic effect, various strategies such as teaching objectives, designing teaching content against benchmarks, digging into curriculum ideological and political elements, developing informatization, diversified teaching methods, and adopting procedural evaluation are employed to ensure the effectiveness of "education". It not only allows students to master relevant professional knowledge and apply knowledge to practical operations to solve practical problems, but also guides students to have innovation, entrepreneurial awareness and a correct outlook on life, values and world outlook by digging deep into ideological and political elements in various teaching activities.

Key words: furniture industry; innovation and entrepreneurship; cultivating people; ideological and political elements

(责任编辑:叶丽娜)

闽台合作办学人才培养教学质量提升探析

黎恒杆，雷能忠，赵艳

（武夷学院 土木工程与建筑学院，福建 武夷山 354300）

摘 要：在实践基础上分析闽台合作办学现状，指出目前闽台合作办学教学管理、人才培养方案制定、授课过程、教学检查等方面存在的不足；从海峡学院和专业学院联合管理的专业指导委员会职能、教学督导队伍、海峡学院和专业学院统一管理及海峡学院班级班主任工作等方面提出工作对策。

关键词：闽台合作；教学质量；人才培养；学分学程

中图分类号：G712 **文献标识码**：A **文章编号**：1674-2109(2022)12-0101-04

1 研究背景

福建省和台湾省一衣带水，隔海相望，福建省在与台湾省经济、文化交流中有明显的地理优势。自 2009 年闽台高校联合培养人才项目实施以来 [1-2]，福建省各高校纷纷成立“海峡学院”，有力促进海峡两岸的教育文化交流。众多学者对闽台合作办学的人才培养模式、教学质量保障体系、应用型转型、学分学程制[3]等进行了研究。王艳双对闽台高校联合培养人才项目的相关研究进行回顾，在反思闽台高校联合培养人才项目研究现状的基础上，对闽台高校联合培养的研究方法、研究内容等方面进行展望[4]。刘蕾通过教学条件建设、教学管理体系建设、学生素质教育和实践教育体系建设四方面的闽台高校教学质量保障体系比较，提出从加大教学投入、强化教学管理、深化教学改革三方面完善高校教学质量保障体系的措施[5]。陈乘铨提出在借鉴台湾高校应用型教育经验的基础上，注重教学质量持续改善，提升教师教学能力、转变教育理念与方法、合理设置课程，培养学生核心能力、多元化教师职称评定，提高人才培养质量[6]。邢怡分析闽台高校联合办学的发展现状和不足入手，探讨提升闽台合作办学质量的有效途径，提出从闽台合作办学法规建设、学科专业规划和政策引导、台籍师资的引进等方面提升办学质量[7]。曾倩琳以福州大学、福建师范大学、闽江学院、福建工程学院、福建江夏学院等 5 所闽台合作办学院校为例，通过构建闽台合作办学学生培养质量的评价指标体系，利用层次分析法（analytic hierarchy process，AHP）得出闽台合作办学学生培养指标的重要性排序，为闽台合作办学在学生培养方向提供关键的评价依据和考量标准[8]。

这些研究成果极大的丰富闽台合作办学的内容，为海峡两岸教育文化交流增添新的思路。无论是何种模式其本质是联合培养人才，办学的质量保障是闽台合作办学的核心，也是闽台合作办学得以可持续性发展的基础。在实践中每所高校因其办学定位、辐射区域、对接台湾高校不同，在质量保障体系上均有所区别[5]。从事多年闽台合作办学教学管理，在结合工作经验的基础上对闽台合作办学人才培养质量保障体系进行研究分析。

收稿日期：2021-10-13

基金项目：福建省海峡两岸职业教育水平评价专项研究课题（HJBS19-4）；武夷学院一流本科建设专业（SJZY2019007）；福建省本科高校教育教学改革研究项目（FBJG20200116）。

作者简介：黎恒杆（1980-），男，汉族，硕士，副教授，主要从事建筑材料研究。

2　闽台合作办学质量保障体系现状

2.1　质量保障体系的机构

设立校、院两级教学质量保障、监控体系。学校、学院均设有教学指导委员会，负责学科建设指导、专业设置、审议专业人才培养目标和计划，师资队伍建设和培训等。学校成立督导室，从各学院选择教学经验丰富的教师组成教学督导队伍，这支队伍对全校的授课过程、课程考核、评教、教学检查进行监督和指导。成立学生信息员队伍，从每个班级选出一名同学，归校督导室领导，主要任务是收集学生学习和教师授课信息。各学院亦成立督导组，人员构成方式和任务基本和学校的一致；由教学管理办公室领导的学委会主要收集教师教学信息。

2.2　闽台合作办学专业质量保障执行过程

由专业学院制定专业人才培养方案，并向学校教务处、海峡学院提交，教务处形式审核后交由学校教学指导委员会审定通过，如存在问题则退回专业学院继续修订；在方案执行中由专业学院提出开课计划，选派相应课程专业教师订教材，报由海峡学院进行排课；上课管理和教学检查由海峡学院和专业学院共同承担，进行巡课、学生评教、同行评教，由专业学院进行资料归档并负责检查、撰写教学检查计划和总结，督促相关教师进行整改。

2.3　存在的问题

从制度的保障上来看，闽台专业和非闽台专业并无差异，但是由于学生在海峡学院(归海峡管理)，教师在其他专业学院(海峡学院并无专业教师)使得在实践中制度的落实有较大的差距，主要表现在：

(1)教学的组织管理上处于管理边缘状态；在实践中，与海峡学院的有关工作，部分老师会不自觉的降低重视程度，如培养方案的修订、教学资料的归档、学生竞赛的指导等。在教学管理上，存在“厚此薄彼”现象，先优先考虑本院的教学工作。

(2)人才培养方案未经充分调研和论证；一方面人才培养目标定位不明确，从高考分数来看，闽台专业生源高考分数比非闽台专业生源低 40 分左右，然而在制定人才培养方案中并无体现生源的区别。另一方面在台湾开设的课程并无论证其在大陆的适用性，部分在校内开设的课程也存在因师设课问题。第三，闽台专业人才培养方案缺少专家论证过程，在学分学时分配上存在各学期学时学分不均衡问题。

(3)授课过程缺乏有效监控；对专业开设学院而言，课程开出来以后，授课质量、学生学习质量关注不足，学院领导巡课、学院督导听课次数偏少，学院“学委会”则没有海峡班级参与，故也无法通过此途径了解学生和老师课堂情况；而虽然校督导会对海峡班级进行听课，但是由于听课频次小及反馈途径(反馈给海峡学院或者专业学院)混乱，降低督导的效能。

(4)教学检查重视度不足；期初教学检查和其中教学检查是整个教学质量保障体系及其重要的环节，但是专业学院对海峡专业的教学检查重视度明显不足，体现在教学资料归档困难、教学检查及整改滞后。

(5)海峡学院与专业学院缺乏统一口径；海峡学院负责学生管理，专业学院负责课程开设和师资选派，在实践中海峡学院面对不同专业学院缺乏统一管理口径，对专业学院的教学质量话语权较弱。如开课计划，基本是按照专业学院所报开课计划开课，然而与培养方案是否一致，师资情况如何则缺少审定；又如教学检查、教学资料归档，不但存在因专业学院不同而管理方法不同，而且效果的监管也缺乏相应因应机制。

3　提升闽台合作办学教学质量的对策

3.1　建立教务处–海峡学院–专业学院三方定期交流工作机制

建立校级层面的三方工作交流机制，能够及时有效解决教学过程中遇到的问题，形成海峡学院–专业学院双方共管，互为补充的良好局面。如可设立期初、期中、期末三个基本交流时间节点，在期初重点交流学生学业预警、教师教学准备；在期中重点交流学生评教和反馈、毕设安排；在期末重点交流学习成效达成。通过定期工作交流机制促进专业学院、相关教师重视闽台合作办学，自然形成“无差别”的教学对待。在工作交流机制中应扩大闽台师资座谈的范围和方式，探索闽台师资共同授课下模式的创新，注意收集

学生的反馈意见,邀以确保在 3+1 和 4+0 模式中时时掌握学生学习效果和促进闽台师资间的交流。

3.2 人才培养方案的修订

人才培养方案是办学质量、效果的根本性文件,课程设置、学分学时分配和课程开设顺序是否合理科学均关系到人才培养目标的实现。在实践中某些专业知识模块未开设或者学期课时量不均衡等屡有发生,海峡学院和专业学院的同一专业课程设置深度、范围相差过大等,如何制定适合闽台专业的人才培养方案是闽台合作办学的重中之重。

首先要发挥专业指导委员会的作用,相应的专业指导委员会成员应由闽台两地教师、业界代表、学界代表和一名教学管理人员组成。既然是闽台合作办学,两地的教师共同参与人才培养方案的制定是必然和必须的,有效的吸收业界和学界的专家意见是培养方案质量提升的重要途径,而教学管理人员参与培养方案的制定有利于专业模块学分学时比例符合学校的要求,也有利于今后人才培养方案的落实,可以避免传统上教学管理人员只知道按方案执行而不知道方案是如何制定的尴尬。其次在人才培养方案的制定中应避免专业指导委员会职能流于形式,如很少或几乎不开专业指导委会会议、对专家提出的意见建议重视不足,甚至只是为了方案制定过程材料而进行的动作、方案制定匆忙,“因师设课、开课”比例大。第三,人才培养方案实施过程中应严格按照所规定课程开设学期、学分学时、实践比例开出,海峡学院和专业学院教学管理人员、督导应认真审核开课计划和选派授课师资情况。第四,在人才培养方案中引入“学分学程制”,学分学程是一种非学历学程,只授予完成学业的学生以规定学分,这些课程更加重视跨院系、专业领域,更加符合产业技术需要。通过学分学程的设立可以增加学生选修的方向, 缩小理论和实践的距离,使学生拥有更好的就业途径。

3.3 海峡学院设立本院的教学督导队伍

教学督导对教学质量的保障和提升的作用是毋庸置疑的,各专业学院督导对闽台办学专业的监督指导力度有限,而海峡学院却缺少教学督导队伍,这是亟需解决的问题。虽然海峡学院缺少专业的师资,但这并不妨碍成立学院的督导,无论从政策支持还是实际操作运行,并无障碍。参考学校督导的设立机制,海峡学院可以自行遴选相应师资组成督导队伍,制定教学督导的职责和定量每学期任务量。由于闽台合作办学涉及到在台授课或台湾教师到校授课,督导队伍中应该有台湾专家加入, 无论是 3+1 模式还是 4+0 模式,均应把学生评教、同行评教和督导反馈的结果纳入与台湾院校合作效果的考量指标。

3.4 海峡学院统与专业学院的教学管理

统一教学管理制度和运行机制是保障办学质量的可持续方法,从人才培养方案制定、学期开课计划、教材选用及师资配备、授课过程管理、课程考核、教学资料归档到教学检查,面对不同的专业学院应统一管理,方法一致。督促各专业学院按时按质按量完成有关教学资料的审核、归档;不定期的召开教学质量交流会,及时了解教学状态,对反馈的教学质量问题应能形成闭环的管理法。

3.5 设立海峡学院与专业学院联合教研室

教研室在教学活动中扮演关键的角色,特别在保障教学质量方面。闽台联合办学过程中既有台湾省的高校教师,又有本校教师参与,但是在教师管理中却分属不同部门管理, 如台师由海峡学院直接排课,本校教师由专业学院排课,不管是同一课程还是不同课程,台师和本校教师相互之间的交流、衔接都存在授课内容、进度、教学理念等不一致的地方,这也导致学生学习过程中感觉无所适从、混乱。通过设立海峡学院与专业学院联合教研室,为台师和本校教师提供一个交流研讨的平台。双方可以在教学大纲、考核大纲、教案、教学进度、教学内容等方面在授课前进行充分交流探讨,从而给出一致的课程教学方案,大大的有利于提升教学质量。此外,通过教研室的活动双方教师也可以互相借鉴、互相学习,有利于提升教师教学水平。

3.6 班主任工作

海峡班级班主任是专业学院派出经常性直接和海峡同学接触的老师,应对其工作内容明确。海峡班主任工作应重点放在学生学习管理上,专业上能经常给予学生进行专业思想教育、专业前沿分析、专业学习地图解读等;收集听取学生对专业授课、学习的意见建议,及时替学生解答专业问题,向两院反馈学生

学习情况;班主任工作的抓手具体还可以从鼓励促进学生考研、带领学生参加大创、学生学科竞赛,重点帮扶被学业预警的学生。

4　小结

人才培养质量是关乎闽台合作办学长效发展的基石,影响教学质量的因素较多,只有在多方努力重视,建立联动机制才能确保可持续发展。

参考文献:

[1] 黄丽华,张智.闽台高校联合培养人才赴台学习风险防控措施[J].吉林工程技术师范学院学报,2016(6):49-51.

[2] 吴宗斌.闽台高校联合培养人才的实践与思考[J].黎明职业大学学报,2012(2):63-64.

[3] 田蕴祥,金晶.台湾地区高校跨领域学程运行机制[J].高教发展与评估,2018,34(2):80-87.

[4] 王艳双. 福建省近八年来闽台高校联合培养人才项目研究述评[J].海峡教育研究,2018(4):58-61.

[5] 刘蕾,傅凌海,王学彬,等.关于闽台高校教学质量保障体系的比较研究[J].吉林工程技术师范学院学报,2017,33(6):40-42.

[6] 陈乘铨. 基于闽台交流背景下普通高校应用型转变的探讨[J].工业设计,2017(10):118-119.

[7] 邢怡.闽台高校联合办学质量提升研究[J].课程教育研究,2019(4):8-9.

[8] 曾倩琳.学生培养质量评价体系的模型建构与实证分析:以闽台合作办学的五所高校为例[J].福建江夏学院学报,2018,8(6):110-115.

On the Improvement of Talent Training and Teaching Quality in Fujian & Taiwan Cooperative School Running

LI Henggan, LEI Nengzhong, ZHAO Yan

(School of Architecture and Civil Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

Abstract: On the basis of practice, this paper analyzes the current situation of Fujian & Taiwan cooperation in running schools, and points out the deficiencies in teaching management, talent training scheme formulation, teaching process and teaching inspection. This paper puts forward some countermeasures from the aspects of the function of the professional steering committee based on the joint management of the Strait college and the professional college, the teaching supervision team, the unified management of the Strait college and the professional college, and the work of the class head teacher of the Strait college.

Key words: Fujian & Taiwan cooperation in running schools; teaching quality; personnel training; credit hour and curriculum

(责任编辑:聂传朋)

疫情常态化时期生命教育与中学体育课程的有效融合

郑思樵，黄循棱

（闽江学院 公共体育教学部，福建 福州 350108）

摘 要：新型冠状病毒肺炎疫情既是重要的生命教育资源，也是反观中学体育课程中生命教育得失的一面镜子。研究认为：当前中学体育课程中的目标与内容设计缺乏生命安全意识的培养，课程模式剥离“以个体生命为本”的教育观念以及课程评价忽视学生生命健康成长等现实问题。生命教育与中学体育之间具有教育的同质性和教育内容的一致性，疫情常态化时期下生命教育与中学体育课程的有效融合策略包括：突出以生命教育为主的课程目标；设置感知生命存在的课程内容；以学生生命成长的自然规律为出发点展开教学以及课程评价体系体现生命安全教育。

关键词：生命教育；中学体育课程；生命安全；课程评价体系

中图分类号：G807.3 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-2109(2022)12-0105-05

2020 年初，一场突如其来的新型冠状病毒肺炎疫情（以下简称新冠肺炎疫情）在中国爆发，并逐渐席卷全球。截至 2021 年 3 月 29 日，全球累计确诊病例超过 1 274 万例，死亡病例超过 279.5 万例[1]，新冠肺炎疫情仍在肆意蔓延，给人类的生命安全和世界发展带来严峻的考验。这次疫情是新中国成立以来发生的规模最大的一次重大突发公共卫生事件，具有感染范围广、传播速度快、防控难度大等特点。新冠肺炎疫情爆发后，国家主席习近平同志第一时间提出：“要把人民群众的生命安全和身体健康放在第一位，并强调要科学、精准打赢新冠肺炎疫情防控阻击战”[2]。充分彰显党对人民群众的身体健康和生命安全的高度重视。在党中央的正确领导下，中国人民历经困难险阻并付出巨大的牺牲，终于打赢这场疫情防控攻坚战。虽然国内新增的确诊病例和疑似病例越来越少，但是聚集性疫情时有发生，境外输入的确诊病例仍然存在威胁，防范疫情反弹任务依然繁重。至此，新冠肺炎疫情防控已经进入常态化阶段。

作为一次重大的突发公共卫生事件，新冠肺炎疫情在严重威胁人类生命安全的同时，也让人们更加意识到生命的重要性。然而，与现实严峻产生巨大矛盾的是，当今社会，青少年对生命的重视程度令人担忧。自杀自残、打架斗殴、暴力伤害等漠视生命的现象频频发生。如何引导青少年尊重生命、敬畏生命和珍爱生命，树立正确的生命观已经成为紧迫且不可回避的问题。生命是教育之本，是教育存在的根本依据[3]，教育的本质是生命教育[4]。面对新冠肺炎疫情和当前青少年频繁发生漠视生命的现象，生命教育再一次进入人们的视野。学校体育既是教育的组成部分，也是学生生命教育的重要组织形式。中学校园是青少年学习与活动的主要场所，中学体育应该充分挖掘新冠肺炎疫情背后所隐藏的生命教育资源，重视发挥学科的生命教育价值，通过体育教育的组织形式对学生进行生命教育。鉴于此，从生命教育的视角审视当前中学体育课程，阐述疫情常态化时期下生命教育与中学体育课程之间的契合点，并提出疫情常态化时期生命教育

收稿日期：2021-01-21

作者简介：郑思樵（1994-），男，汉，助教，主要从事体育教育研究。

通讯作者：黄循棱（1993-），男，汉，助教，主要从事体育教育研究。

与中学体育课程融合的有效策略,以期将新冠肺炎疫情危机转化成生命教育的契机。

1　生命教育的简述

生命教育是指对个体的整个生命历程进行完整的生命意识培养与熏陶,引导个体珍爱生命和敬畏生命的实践活动[5]。追本溯源,20 世纪 60 年代末,美国学者杰·唐纳·华特士首次提出生命教育并开始推行,提出的背景是针对青少年在成长过程中的自杀、吸毒和性危机等问题[6]。20 世纪 70 年代末,澳大利亚成立第一个正式的国际性生命教育机构,并首次以官方机构的形式运用生命教育这一概念。20 世纪 90 年代,我国台湾地区开始对生命教育的理论与实践进行探索,并组织成立“生命教育推动委员会”,生命教育的理论与实践得以快速推进[7]。21 世纪初,生命教育开始作为一种正式的教育理念传入我国大陆。许世平[8]、王北生[9]、冯建军[10]等纷纷对生命教育的概念进行阐释。在教育领域,辽宁省、上海市、湖南省等地区陆续颁布中小学生命教育相关的指导性文件,各地区也相继编写一些生命教育的教材,旨在应对中小学学生非正常死亡(如车祸、溺水、自然灾害等)等安全事故。2008 年汶川大地震和同年《开学第一课》播出之后是生命教育研究的热潮,可见生命教育的产生背景是对危机的一种后发式应对[11]。不同国家和地区由于文化传统、价值取向、社会缺失和需求等不同,对生命教育的理解也因此不尽相同,本文倾向于钱巨波先生对生命教育理解的 3 种内涵:1) 教育要遵循学生生命成长的自然规律;2) 教育要关注学生生命的整体性和主体性;3)教育要培养学生珍惜生命、热爱生命的健全品格[12]。

2　从生命教育的视角审视中学体育课程的主要问题

学校体育既是教育的组成部分,也是学生生命教育的重要形式。在面对自然灾害(火灾、台风、疫情等)和意外时,体魄强健、运动技能强的个体更容易获得生存,有安全意识、避灾知识、自救技能的个体或群体更容易保全生命,学校体育在保障学生生命安全方面发挥巨大功能[13]。中学体育是学校体育的阶段性部分,这一阶段的学生,一方面由于学业上的压力,个别受挫抗压能力较弱的学生会选择轻生、自残等践踏生命的现象;另一方面,青春期的叛逆心理使个别学生难以管教,出现反其道而行之的现象,校园欺凌、暴力伤害等藐视生命的现象也因此层出不穷。体育教育的功能决定了中学体育课程必须承担起为学生的生命安全及身体健康保驾护航的职责。遗憾的是,现实中的中学体育课程忽视对学生生命安全意识的教育与培养,主要体现在以下几个方面。

2.1　课程目标与内容的设计缺乏生命安全意识的培养

《义务教育体育与健康课程标准(2011 年版)》(以下简称《课程标准》)提出增强安全意识和防范能力、掌握基本保健知识的课程目标。愿景虽好,但现实总是不尽人意。在应试教育与以追求升学为目的的教育体制中,“功利性”“形式化”的思想与做法致使部分体育教师在进行教学设计时,只是将《国家学生体质健康标准》和中考体育的各项指标作为课程目标,这不仅割裂学校体育的三维目标 (身体、心理和社会适应),也打乱学生生命成长的自然规律。对于课程内容的选择,《课程标准》对水平四阶段提出要比较全面的掌握安全运动、常见运动损伤和溺水的紧急处理方法、掌握一些疾病的预防知识和方法等生命教育内容。然而与现实形成巨大反差的是,中学体育课程内容并没有按照《课程标准》的要求进行设计,运动技术学习只重视中考体育考试项目的技术学习,从而导致许多学生喜欢体育而不喜欢上体育课,学校体育过于追求升学率,体育教师过于追求学科知识的系统性与完整性,程序化、模式化的教学设计往往忽视学生生命的主体性和完整性,也忽视了对学生生命安全意识的培养。

2.2　教学模式剥离“以个体生命为本”的教育观念

中学体育是学生体验生命情感的重要途径。对以往的中学体育课程与教学进行分析,不难发现学生的个性、情感和生命活力是“挣扎”、不自由的,主要表现在以教师主导型的“一言堂”教学,忽视了学生主体性地位。教师的安排等于“命令”,把学生当成无生命的“加工产品”重复生产。学生严肃有余而活泼不足,体育课堂缺乏生命活力,这种课程模式的体育教学与以

人的生命本质为本的教育理念背道而驰。虽然我国体育与健康课程改革已有十余年之久，取得瞩目的成就。课程改革后各具特色的教学模式(探究学习、合作学习等）取代传统固有的教学模式（大一统或放羊式)。但是这仅限于课程改革较为前沿的学校,大多数学校依然沿用“跟我学、跟我做、跟我练”,各项活动与练习必须整齐划一的传统教学模式[14]。传统的教学模式不仅剥离“以人为本”的教育观念,而且阻碍学生生命个体的主体性与完整性的发展。

2.3 课程评价忽视学生生命健康成长

课程评价服务于课程目标。长期以来,中学体育课程评价关注的重点是体育课程所能带来的现实和眼前利益,即是为考核和达标服务的。主要是以《国家学生体质健康标准》和中考体育的各项指标作为衡量学生的体育学习情况,而不是让学生树立正确的生命观和健康观,因而中学体育课程缺失生命教育。“一刀切”的课程评价标准泯灭学生体育学习的热情和“异化”学生自然生命成长。另外,中学体育课程评价重结果而轻过程,主要体现在:学生的体育学习成绩是以冰冷的量化数据呈现,忽视学生体育学习过程中所形成的谈吐举止、行为态度和意志品质等非数据所能够体现的质性评价,以及对“促进学生生命成长”的评价不够重视、对学生个性发展、情感与社会适应的评价不足和对学生间的个体差异缺乏关注等[15]。所有的这些都是生命教育缺失的体现。

3 生命教育与疫情常态化时期中学体育课程之间的契合点

生命的守护,争分夺秒。抗击新冠肺炎疫情期间,不仅让人感受到生命存在的意义,也让人体会到生命的脆弱。新冠肺炎疫情是一手典型的生命教育资源,如何将这一手生命教育资源渗透到中学体育课程之中,我们应该探寻两者之间的契合点。

3.1 教育的同质性

教育是有目的、有计划地培养人的社会活动,教育应以育人为根本目的,使学生成为一个真正意义上生命完整的人,这也是教育的本质与初衷[16]。体育是教育的下位概念,其核心是“以人为本”的教育,是以培养和发展“完整的人”,提升生命质量为目的教育。从某种意义上来说,以“健康第一”为指导思想,通过有目的、有计划、有组织的教育活动,培养学生身心健康,提升学生生命质量的体育教育,其生命教育的价值是其他学科所无法比拟的。生命教育是教育的出发点与归宿。生命教育是以生命为内容,通过教育的组织形式,倡导学生认识生命、尊重生命和敬畏生命的一种提升生命质量的教育活动。因此,教育的同质性主要体现在,两者都是有计划、有目的地培养人,以促进个体发展、社会进步的社会活动。教育与生命二者互为需要，个体的生命需要教育而变得更加精彩,教育需要生命来体现价值。疫情常态化时期的生命教育能使学生直观地感受生命的有限和独特,让学生认识到任何藐视生命的行为与观点都是错误的。

3.2 教育目的的一致性

学校体育是学校教育的重要组成部分,其教育的根本目的在于育人,且承担学生生命意识、情感和行为的培养重任。生命教育的根本目的是对生命意识的培养和生命意识的教育,可见体育教育和生命教育在教育目的上是一致的。疫情常态化时期的生命教育可以让学生更加真实的触摸到生命。体育运动实践是学生通过自身的感官(视觉、触觉、平衡觉等)去感知动作的变化,体验完成各项技术动作后,自身的各种生理变化,切实的触摸生命的存在。在追求强健体魄和肌肉增长的过程中，真切的感受生命活力的存在,促进学生懂得欣赏、挖掘和塑造运动之美,激发学生热爱体育运动,热爱生命。体育教育和生命教育二者相互关联,通过掌握各种生存技能,保护自身生命安全,从而提高学生对生命的认识,进而热爱生命、珍惜生命[17]。

4 疫情常态化时期中学体育课程与生命教育的有效融合策略

新冠肺炎疫情期间,国家教育部发出“停课不停学”的通知,倡导在线教学,指导学生居家学习和身体锻炼。如今疫情已进入常态化时期,中学体育相关部门有必要进行反思,如何平衡体育教育与疫情防控的相关工作。另外,中学体育相关部门需要将此次疫情转化为生命教育的资源,并将其融入疫情常态化时期

的体育课程中。疫情常态化时期中学体育课程与生命教育的有效融合策略主要有以下几方面。

4.1　突出以生命教育为主的课程目标

若想将生命教育有效融入中学体育课程,就应该将其纳入中学体育课程目标中,转变教育理念,从思想观念上重视生命教育工作。《课程标准》中与生命教育相关的课程目标对教学目标的制定具有重要的指导作用。体育教师在制定课程目标时,要按照学生的年龄划分,将生命教育逐步渗透到中学体育的各个阶段,使之形成完整的生命教育体系。将中学体育课程目标贴近实际生活,融入生命教育理念,让学生在接受体育教育的同时,掌握一些运动中的安全意识与防范、突发状况的应急处理办法以及各种危害身体健康的不良行为等生命教育知识。如在进行前滚翻教学时,可设置“掌握前滚翻在几种突发情况下的运用”的教学目标;在进行游泳教学时,可设置“掌握心肺复苏的技术与运用”的教学目标等。

4.2　设置感知生命存在的课程内容

体育教学内容的设计与实施应从学生的角度出发,尊重学生生命的主体性与完整性,让学生在学习过程中感知生命的存在。如设计以发展耐力素质为主的教学内容时,要让学生体验“极点”“第二次呼吸”等身体系列生理变化,感受疲劳的产生与消除,切实感知生命的存在;在选择攀爬、游泳、武术等体育技术内容时, 要引导学生认识体育技能亦是生存技能的观念。在教学内容的选择上,要注重学生对生命意识、情感和行为的理解。另外,教学内容应该生活化,教学内容的安排既要有助于教学目标的完成,更要贴近学生的实际生活。中学生的认知能力和自我保护能力相对较弱,教学内容生活化,有助于增强学生的各种能力,实现生命发展的完整性。

4.3　以学生生命成长的自然规律为出发点展开教学

传统的教学模式限制学生个性的发展,不利于充分发挥学生在学习中的主体性地位。体育课程模式的运用,教学方法的选择应遵循培养学生生命主体性与完整性的理念。如在进行前滚翻教学时,教师可采用合作学习的教学模式,让学生在练习过程中相互进行保护与帮助,体验帮助与被帮助感受,掌握安全运动与防范,体现学生学习的主体性;选择分组形式的趣味游戏教学,可以让学生在课堂中感受快乐,体会同学之间相互合作、帮助的重要性,从而加深学生对社会生命价值的理解。体育课程不仅要完成学校体育的目标,更要促进学生情感、态度、人生观和价值观的确立,这也是生命完整性的体现。

4.4　课程评价体系体现生命安全教育

课程评价的目的是在于鼓励学生更好的发展。在以国家学生体质健康标准和中考体育分数为主的传统体育教学评价,在一定程度上降低学生学习的积极性和忽视学生生命健康成长。对于那些身体素质较差而在学习中表现得较为努力的学生,重结果而轻过程的课程评价会让其产生失败感,因而失去体育学习的兴趣,缺失生命的主体性和整体性。课程评价体系体现出生命安全教育可以通过评价方式上改变来实现,将传统单一的评价方式向教师评、家长评、学生互评等方式转变。另外,在评价内容上,需要将生命教育知识纳入其中,以促进学生对生命的认知,培养珍爱生命、热爱生命的健全品格。

5　结语

新冠肺炎疫情作为一次重大的突发公共卫生事件,给人类的生存和发展带来了巨大的危机。然而作为生命教育的重要资源,新冠肺炎疫情也反映出中学体育生命教育的缺失。在疫情常态化时期下,重视生命教育理念应该成为中学体育工作者新的教育理念和思想。中学体育教育需要立足于学科价值,充分利用此次疫情带来的重要生命教育资源,对中学体育课程与生命教育的融合深入反思,以期将这场重大的疫情危机转换成生命教育的契机。

参考文献:

[1]　梅斯.2021 年 3 月 31 日全球新冠肺炎(COVID-19)疫情简报, 确诊超 1 亿 2876 万, 中国接种超 1.1 亿剂次疫苗[EB/OL]. (2021-03-31) [20201-04-05]. https://www.medsci.cn/article/ show_ article. doid=d84c2092642e.

[2]　中国共产党新闻网.特殊时间召开的重要会议,看中央如何部署下一步疫情防控等工作[EB/OL]. (2020-01-25)[20201-04-06]. http://cpc.people.com.cn/n1/2020/0125/c164113-3156

2464.html.
[3] 陆云峰.面对疫情,请上好生命教育课[N].江苏教育报,2020-02-12(003).
[4] 顾明远.教育的本质是生命教育[J].课程·教材·教法,2013(9):85.
[5] 刘济良.生命教育论[M].北京:中国社会科学出版社,2004:8-9.
[6] 张卫民,王兵.从生命教育视角审视和建构幼儿园教育[J].学前教育研究,2019(4):57-65.
[7] 徐敏雄. 台湾生命教育的发展历程:Mannheim 知识社会学的分析[M].台北:台湾学富文化事业有限公司,2001:19.
[8] 许世平.生命教育及层次分析[J].中国教育学刊,2002(4):5-8.
[9] 王北生.论教育的生命意识及生命教育的四重构建[J].教育研究,2004(5):37-38
[10] 冯建军.中小学生命教育课程及其设计[J].北京教育,2007(7):23-25.
[11] 邹太龙.公共危机事件下的生命教育:反思与重构[J].思想政治课教学,2020(3):8-12.
[12] 钱巨波.生命教育论纲[J].江苏教育研究,1999,16(4):19-21.
[13] 董鹏,程传银,赵富学.新型冠状病毒肺炎疫情下学校体育的价值、使命与担当[J].体育学研究,2020,2(34):59-64.
[14] 李斌,程卫波.学校体育生命教育的现实消解及其价值主张[J].中国教育学刊,2017(2):67-72.
[15] 舒宗礼,王华倬.我国高校体育教学中生命教育缺失现象透视及其回归[J].西安体育学院学报,2015,4(32):502-507.
[16] 张艳红,许海元.教育本真与生命教育[J].教育学术月刊,2009(1):33-35.
[17] 张善斌,朱佳滨.生命教育渗透学校体育的内涵与途径研究[J].体育文化导刊,2017(11):125-129.

Efficient Integration of Life Education and Physical Education Curriculum in Middle School During the Period of Epidemic Normalization

ZHENG Siqiao, HUANG Xunling

(Department of Public Physical Education, Minjiang University, Fuzhou, Fujian 350108)

Abstract: COVID-19 epidemic situation is not only an important life education resource, but also a mirror for reviewing the gains and losses of life education in middle school physical education curriculum. The research shows that: the current middle school physical education curriculum objectives and content design lack the cultivation of life safety consciousness; The curriculum model has stripped away the educational concept of "taking individual life as the foundation" and the curriculum evaluation has neglected the practical problems of students´ healthy growth.Life education and middle school physical education have educational homogeneity and consistency of educational content.The effective integration strategies of life education and middle school physical education curriculum under the normal epidemic period include: highlighting the curriculum goal of life education; setting up the content of the course of perceiving the existence of life; taking the natural law of students´ life growth as the starting point, the teaching and course evaluation system reflect life safety education.

Key words: life education; Middle school physical education curriculum; life safety; course evaluation system

(责任编辑:魏 琛)

JOURNAL OF WUYI UNIVERSITY

No.12 Vol.41, Dec., 2022

Species Diversity and Stability of *Lithocarpus harlandii* Community in Mangdang Mountain in Fujian Province ····· HUANG Ziliang(1)
Preparation and Photocatalytic Activity of $BiVO_4$ /RGO Composite Photocatalyst ····· SONG Weijun, XIE Yu, HU Jiapeng, RAO Ruiye, WU Fangfang, ZHOU Rongrong, MIAO Wenhui(7)
Determination of Four Tetracyclines in Chicken by Ionic Liquid Liquid-Liquid Micro extraction Combined With High-Performance Liquid Chromatography ····· LIN Zhiluan, ZHANG Chuanghai, MA Chunhua, ZHANG Jin, ZHAN Baozhen(14)
The Construction and Implementation of Plant Information Platform of Wuyi University ····· LI Yanyan, KANG Xunjie, NIE Chuanpeng, SHI Lingshan(19)
Collaborative Filtering Recommendation Algorithm Combining Implicit Yrust and Hierarchical Community Discovery ····· GUO Lei, WU Qingshou(26)
Research on Optimal Engineering Application of License Plate Recognition Based on Improved LeNet5 Convolutional Neural Network ····· CHEN Dongying, HUANG Yue, LI Lingyi, WANG Jie, GAO Zehui, SHU Ping(33)
Process Optimization Design of Steam Turbine Rotor ····· ZHONG Guojian, CHEN Mufeng(39)
Numerical Simulation of Variation of Temperature and Humidity in Shallow Layer of Short-term Frozen Slope in Wuyishan Area ····· YUAN Wenhao, WANG Rong, LIN Wei(44)
Influence and Research of Waste Stone Powder on the Performance Cement Concrete under the Goal of "Carbon Peak and Carbon Neutrality" ····· ZHU Kewei, XIAO Bing(50)
Testing on Early Strength of Composite Cementitious System for Rapid Road Repair ····· ZHANG Huizhi, HUANG Qilin, LIU Jifeng, ZHENG Chunlin, YE Detai(56)
Relationship Between Financial Development and Foreign Trade of Shanxi Province Based on VAR Model ····· QIU Tian, MIAO Zhichun, SHI Leijin(61)
Spatio-Temporal Differentiation and Convergence of Total Factor Productivity of China's Cultural Industry ····· ZHONG Yunshan, WANG Dongfang, YANG Wanting(67)
Evaluation of Scientific Research Potential of Doctors of Physical Education
——Based on the Analysis of the H index and G index of 112 PhDs in Physical Education ····· ZHANG Huayu, WEI Deyang(74)
Statistical Analysis of Academic Papers on Landscape Architecture in China from 1992 to 2021 ····· QIU Wen(80)
Mixed Teaching Design and Implementation Based on Chaoxing Platform
——Taking the Course of "Web Application System Development" for Example ····· LIU Jing(86)
Implementation of Graduation Design Practice Education in Engineering Colleges
——Taking the Major of "Water Supply and Drainage Science and Engineering" as an Example ····· XUE Tongzhan, ZHU Shuguang, HUANG Jian, LI Weihua, WANG Kun,YANG Houyun(90)
Implementation Strategies of Ideological and Political Education in Furniture Industry Innovation and Entrepreneurship ····· NIU Min, LIU Xueshen, ZHAO He*, HU Xiulei(96)
On the Improvement of Talent Training and Teaching Quality in Fujian & Taiwan Cooperative School Running ····· LI Henggan, LEI Nengzhong, ZHAO Yan(101)
Efficient Integration of Life Education and Physical Education Curriculum in Middle School During the Period of Epidemic Normalization ····· ZHENG Siqiao, HUANG Xunling(105)

第 41 卷 总目次

第 1 期

朱熹雕像为漳州古城地标刍议 …… 张静容（1）
时代变迁中浦城“剪花人”的文化自觉与文化实践 …… 田　丹（6）
人类命运共同体构想对新型全球化的塑造
——基于《共产党宣言》世界历史理论视野 …… 陈晓泽，周亚楠（12）
讲好新时代生态文明建设的中国故事 …… 张林琳（17）
新中国成立初期党员纪律教育实践的探索 …… 代天喜（22）
产教融合背景下地方院校基层党支部的创建与创新实践 …… 王　巍，黄　婷，龚新怀（27）
新时代高校年轻干部培养选拔“六步工作法”探析 …… 项志军（30）
关于“好干部标准”的理论阐释和实践观照
——基于心理学的视域 …… 茅飞珠（36）
新冠肺炎疫情背景下高校信访原因与对策探析 …… 谢璐曦（42）
公共人力资源管理视角下南平市科技特派员激励机制研究 …… 吴世娟（48）
新时代科技特派员与农户利益共同体机制分析 …… 郭晨军（54）
长汀红色文化旅游资源评价及应用研究 …… 黄莉，袁莹，周芷秀，曾婕，邹诚，李霄鹤（63）
兴趣变现理论下的抖音平台服装营销模式探究 …… 郑丽莉，蒋妍奕（71）
在乡村文化振兴中发展县域文化
——以福建省永泰县武术文化发展为例 …… 周　君（78）
20 个无患子种源经济性状差异分析与种源区划分 …… 李宝银，周杨，周俊新，薛婷，常云妮（83）
福建地域背景下青绿山水画课程教学改革策略探讨 …… 陈　领（90）
“大学生心理健康教育服务平台”建设的思考与实践 …… 张新峰（95）
教育信息化时代高校外语教师身份认同变迁研究 …… 张云清（99）
创新驱动视角下高教区构建路径研究
——基于筑波发展经验 …… 王校羽，唐钰滢，郑艳飞（105）

第 2 期

新时代“以人民为中心”文艺理论的价值意蕴 …… 胡卓群（1）
从《共产党宣言》看中国共产党的百年初心与使命 …… 张　薇，曹文宏（6）
恩格斯妇女解放思想及其现实启示
——基于解读《家庭、私有制和国家的起源》 …… 吕静茹（12）
中国共产党生态文明建设的三重逻辑 …… 陈　虹，马　瑞（18）
新中国成立后中国制度优势的话语建构及作用 …… 楚钰莹（22）
明代闽籍文人诗歌的武夷抒写 …… 张　博（30）
论朱熹荒政实践及其社会治理思想 …… 赵楠楠（37）
不同类型品牌危机下自黑式回应对消费者重购意愿的影响 …… 赖素贞，方志宇，尤　晨（41）
环保投资对重污染上市公司经营绩效影响研究 …… 沈巧珺，戴永务，郑　义（48）

海西城市群物流产业集聚空间演变 …… 陈秀玲，王东方（54）
抗疫期间全国高速公路免费通行政策执行分析与启示
——基于政策执行过程模型的视角 …… 林永泽，王欢欢（60）
构建共建共治共享基层社区治理新格局的基本路径
——以福州市基层社区治理为例 …… 李秀锦（67）
东南亚华裔留学生中华文化认同对策探析 …… 林琦芳（73）
地方高校科技成果转化的难点与出路 …… 黄文丽（79）
新时代高职院校“双师型”教师队伍建设困境与对策 …… 陈　莉（84）
地方公安院校应用型本科建设探讨 …… 刘　凯（89）
高等师范院校古代汉语课程“金课”建设的思考与实践 …… 黄　薇（94）
基于“课程思政”视野的“中国茶文学”教学改革研究 …… 叶国盛，陈　思，董　萱，侯大为（100）
海峡两岸中小学教师信息技术融入教学素养的调查与分析 …… 丁瑾靓，卢鸿浩（104）

第 3 期

商品山茶油中总多酚组分测定及抗氧化活性分析 …… 范俐，徐晓斌，许祯毅，陈珊珊（1）
秋季茶树修剪鲜叶中多酚类物质的提取工艺 …… 李少华，韩锦斌，陈荣冰，王飞权，冯花，郎岩（6）
不同生境因子对多花山竹子生长的影响 …… 李肇锋，余荣卓，邱群，黄华明，周俊新（11）
武夷山国家公园不同土地利用类型土壤粒径分布与分形特征
…… 苏丽鳗，赵玉佳，叶宏萌，甘娟，张康亮，苏垣钊，袁旭音（16）
城市公园植物景观的美景度评价 …… 王雪娟，连洪燕，肖晴（22）
福州市绿地系统与水环境统筹规划评价指标体系 …… 黄榆清，谢祥财（27）
复杂背景茶树病害图像识别 …… 余文森（33）
智慧校园可视化平台系统设计 …… 颜杰森（41）
Shapley 值组合预测模型下的石狮市快递业务量预测分析 …… 王凤英（47）
有限差分法的一维热传导方程应用 …… 陈金雄，张敏，沈丹梅，杨玲玲，罗翔文（53）
Matlab GUI 的牛顿环实验数据处理系统设计 …… 周志玉（58）
水泥稳定再生骨料混合料的疲劳寿命分析 …… 陈三姗，陈峰，赖锦华（61）
轻钢装配结构的 BIM 建模应用 …… 林珍伟，奚灵智，欧建良，肖勇杰（67）
管理潜力转化中介效应对众创空间运营绩效的影响
——基于结构方程模型 …… 余忠，叶遄，王昊（73）
体育非物质文化遗产活态传承影响因素
——基于五祖拳的扎根理论分析 …… 唐小花，林剑，卢蕙娟（81）
CDIO 背景下高分子材料与工程专业综合性实验设计 …… 赵瑨云，刘瑞来，赵升云，胡家朋（87）
生态监测与评价课程思政教学改革与创新 …… 叶宏萌，胡家朋，李灵，杨自涛，华伟平，罗斌，袁旭音（92）
林窗干扰生态学的虚拟仿真实验教学体系 …… 何中声，谢子扬，刘金福，徐道炜，郑世群（96）
观赏园艺专业技能训练教学改革
——以武夷学院为例 …… 尹传华，石秋梅，李长洲（100）
以提质增效为目标的实验室管理机制 …… 郑小青，李永进（105）

第 4 期

试论柳永词的文体史价值 …… 陈力士（1）
解析宋代“道南”理学家的武夷山水观 …… 逄礼文（8）

马克思对黑格尔“市民社会”理论的批判及最终走向 …… 张 飞，何正玲（13）
论列宁建党思想及其意义
——基于《共产主义运动中的“左派”幼稚病》…… 杨俊丽（19）
清末潮州白话《旧约创世纪全书》与《潮声十五音》韵母比较 …… 郑剑茹（26）
韩愈《师说》的文创思考 …… 李雪香（31）
白居易佛禅诗的成因与风格体现 …… 刘国伟（36）
论电影《长津湖》宏大历史叙事下的记忆与责任书写 …… 廖小婵（42）
隈研吾“负建筑”思想及其作品浅析 …… 陈恒毅，刘梦婷，郑 慧，林进益，李辛怡（47）
旅游民宿改造设计
——以闽西南江客家土楼为例 …… 倪 蕾（53）
新时代高校讲好中国故事的思考 …… 徐春妹（57）
思想政治教育政策文本量化分析 …… 单 翠，周 琴，高文超（62）
闽北苏区农民思想政治教育的实践探索 …… 代 荣，叶琪瑛（67）
农业文化融入高校思想政治教育路径
——以武夷学院为例 …… 叶 蓓（72）
韩国学前教师核心素养概念的递进式研究路径 …… 黄 超（78）
移动学习支持下本科高校学前教育专业学生培养模式探究 …… 陈 琳，王 巍（83）
“理实一体化”教学模式在《幼儿游戏与指导》课程中的实践探索
——基于“院园合作”视角 …… 叶惠玲（88）
新冠疫情常态化防控下高职学生线上学习状况调查
——基于 1282 名高职学生调查数据 …… 张 旭，刘彦春，李玉爽，张艳琼（94）
服务福建区域经济发展视角下的高校创新创业教育课程改革思考 …… 张 丹（101）
地方应用型本科院校茶艺学课程思政建设研究 …… 王 丽，侯大为，张 渤（106）

第 5 期

元初闽北学者刻书特色初探 …… 李尾咕（1）
理解和落实《中国共产党统一战线工作条例》
——以朱熹“理一分殊”方法为视角 …… 王志阳，曾文娟（6）
论马克思共同体思想的内容、价值与当代表现 …… 陈 琪（13）
习近平对马克思主义实践观的深化和发展 …… 陈琳，马静，杨曼（19）
近年来中国旅游扶贫政策效应评析 …… 赵建昌，王琳（25）
乡村振兴视阈下三明红色文化资源开发探究 …… 王家颖，代荣（32）
公司内部治理对农业上市公司债务资本成本影响分析 …… 王钦祥，彭华，王东方（38）
文学文体学视角下《摩登家庭》中的幽默言语翻译研究 …… 黄静雯（47）
死是永生之门
——电影《大鱼海棠》和《寻梦环游记》的死亡主题书写 …… 沈松钦，刘可文（52）
多维视域下中华格律诗词复兴路径探析
——基于历史、现实、传习、吟诵视角 …… 彭 飞（57）
城市特色文化墙现状分析与对策研究 …… 李建建（63）
基于文本挖掘的影评数据情感分析
——以《我和我的祖国》为例 …… 旷开金，廖海琳，裴文庆（68）
闽西客家文化的新媒体传播策略探析 …… 罗芳萍（75）
新时代高校劳动教育课程体系构建：理论审视、价值分析与实现路径 …… 谢建山（79）

公安院校法律课“课程思政”实施路径探究
——以《刑法》课程为例 …… 杨莉艳，陆迎松（83）
新时代完善福建省宣传制度的路径探析 …… 李荣秀，李海文（88）
扩招背景下高职院校边缘学生群体转变教育的研究 …… 柳燕妮（94）
项目式教学模式的构建与实施
——以省级金课“工程财务管理”为例 …… 周　琴（100）
素描在美育中的类别与教学改革的思考 …… 蔡小龙（106）

第 6 期

茵芋花粉生活力测定及其贮藏方法优化 …… 阮淑明（1）
四种黏附连接功能群在睾丸中的作用回顾 …… 沈建云，李永倩，李娇娇，聂海涛，陈德宇（6）
Stancu 型 q-Bernstein-Durrmeyer 算子的统计逼近性质 …… 任美英（13）
具有垂直传染的随机 SIR 传染病模型的定性分析 …… 叶丽霞，兰德新，陈芳媛（17）
公路建设对路域植被变化的影响
——以连江县 X136 路段为例 …… 赵君，刘爽，赵朝辉，王爱军，李键，胡喜生（21）
市政道路维护工程施工管理绩效评价指标 …… 连梦仪，刘小魏（27）
硅粉对无机植筋高性能混凝土材料强度影响试验 …… 卜力平，张超（32）
中国离婚率影响因素的 STATA 分析 …… 黄曦（39）
中国援助对南太平洋岛国经济的影响
——基于协整检验、VEC 模型及脉冲响应函数的分析 …… 石巧玲，薛发彪，陈钦，庄佩芬（45）
团体 HIIT 对大学生的身心健康、生活质量的影响 …… 陈庆顺，梅继伟，刘晓云，苏莲娜（53）
蚁群算法下的开放式高校实验室预约系统优化 …… 李舒明（58）
双三螺旋理论与高校贫困生人才培养体系 …… 赵雅（65）
应用型高校在产学研一体化视角下的创新与聚力 …… 张璐颖，袁宗胜（70）
涉农高校工科专业学生创新创业能力培育 …… 任琪（76）
应用型高校电子信息工程专业改革探索 …… 阮承治，范有机，叶希梅，邵海龙，陈丽华，杨信锟，徐涛（80）
应用型高校机械制造基础课程教学创新与实践 …… 林权，刘其南，陈丽军（85）
仿真技术辅助于嵌入式系统在线教学的探讨 …… 陈彦明，周芃（90）
采矿工程实践教学改革探索 …… 刘谦，林世豪，张文武，仲涛（94）
虚拟仿真技术的区域分析与区域地理课程教学模式改革
…… 林勇明，李键，巫丽芸，游巍斌，何东进，陈灿，吴承祯（98）
化工安全与环保课程教学实践探讨 …… 孙兴燊，杨自涛，吴方棣，谢文菊，范荣玉（105）

第 7 期

武夷山摩崖石刻文字勘误七则 …… 陈　平（1）
福建书院推进台湾青年中华传统文化认同的机制化探索 …… 邹　莹，祁少华（7）
认知口译学的理论体系构建与范式转向
——康志峰《认知口译学》述评 …… 魏　琛，陆晓妹（12）
从语境差角度解构李碧华《青蛇》…… 李昕泓（20）
世俗朝圣与功利主义
——解读翁达杰《英国病人》的民族主义 …… 高家鹏（26）

走向自由自觉的人本质
——从《1844 年经济学哲学手稿》出发 …… 单啸洋，范 举（32）
推进“以人民为中心”的数字化社会治理 …… 侯传娜（37）
顺昌县特色森林康养产业规划方案及实践 …… 黄榆清，谢祥财（43）
理论逻辑与现实遵循：把“九个必须”贯彻到高校思政课教学中 …… 陈 文（48）
基于 SIVA 理论视角高校思想政治教育实效性提升路径探析 …… 傅琦霞，刘淑兰（55）
长江支队精神与时代价值 …… 江越盛（62）
生态学视角下幼儿教师实践素养的生成路径 …… 林 娜（67）
学前教育师范生健康领域教学知识现状调查及提升策略 …… 林 珊（76）
总体国家安全观视域下高校网络意识形态工作的挑战及对策 …… 倪 颖，廖志诚（83）
福建省应用型本科物流管理专业建设特色发展与定位分析 …… 张建嫱，谢凌旭，黄尹奇（89）
基于“外向型”大历史观的中国古典园林史教学改革探讨 …… 岳文杰，林雅莉，庄子莹，叶露莹（95）
思维导图在医学英语词汇教学中的运用 …… 郑书耘，林迳苍，曾旭墩（100）
《武夷学院学报》发文情况及研究热点分析 …… 叶丽娜（105）

第 8 期

浅析朱熹“为己之学”的课程思想 …… 陈 云（1）
我国华南地区“壮侗–南岛语”人群的蛇崇拜辨析 …… 苏巧莹，范志泉（6）
马克思对形上信仰的批判与超越
——基于《德意志意识形态》文本解读 …… 任 平（13）
恩格斯关于东方社会主义发展道路理论及其当代启示 …… 赵靓慧彦（19）
革命老区红色旅游创新评价体系探究 …… 赵 云，徐仁立，罗丽榕（25）
基于游客感知的新泉镇美食旅游 IPA 分析 …… 刘晓刚，蓝 琼，吴锦芳（34）
论中华优秀传统文化与文化软实力的交互影响 …… 刘延雪（40）
一九五〇年代闽南渔业的恢复与发展
——以《厦门日报》为中心的考察 …… 黄艺娜（45）
武夷山红色旅游文创产品设计与开发 …… 魏永青（50）
仿生设计在景观造型中的应用创新
——以蘑菇造型为例 …… 林丽芳（55）
一“素”千彩：儒道“素”之哲学内涵与异域阐释 …… 齐梦湲（60）
论《一头宠猿的遐思》的非自然叙述 …… 贾 倩（65）
新时代高校网络思政教育的五个着力点 …… 吴小云（69）
论新媒体视域下高校思想政治教育面临的机遇与挑战及其应对之策 …… 刘逸兰（75）
福建红色文化融入在闽高校课程思政建设的路径 …… 庄梅兰，李丽娟（80）
伟大建党精神融入高校思政课的时代价值与实践路径 …… 刘惠燕，张劲松（86）
百年党史融入高校思政课教学的实践路径 …… 韩 伟，李运昌（91）
基于产出导向法促成环节的大学英语课程思政教学设计 …… 刘杰秀，程 韬（95）
基于核心素养培养的艺术高职院校大学英语教学探析 …… 徐可意（101）
“一带一路”视角下艺术类大学英语教学的不足与改革 …… 周云霞（107）

第 9 期

武夷山洋庄茶区水仙茶树丛枝菌根真菌多样性调查 …… 李国平，盛丹尼（1）

发酵型猕猴桃茶果酒工艺 …… 廖傅平（8）
色氨酸合成酶基因工程菌转化液提取工艺 …… 穆斓慈，徐礼生，罗紫韩，方容（12）
改性木屑生物炭对阿莫西林的吸附条件分析 …… 周琰，胡仕林，史娟娟，李任超，胡家朋（17）
福建富屯溪流域土壤侵蚀量的时空变化及成因 …… 林昕，荆思佳，陈鸿志，叶宏萌（23）
黄河流域“两山”建设耦合协调测度及其时空差异 …… 潘祖鉴，赵慧芳，江曼瑶，林玉蕊，张瑞琛（32）
森林生态经济与科技高质量发展指标体系构建与评价 …… 刘秋金，杨思鉴，张瑞琛，余向群（40）
热焖钢渣的火山灰活性及其对水泥强度的影响 …… 庄赞鹏，田尔布（47）
改进粒子群优化算法下的视频目标跟踪方法 …… 赖万钦（53）
热通道隔离的数据中心机房气流组织分析 …… 李琳，邱琳祯，邱玉英（57）
乡村全面振兴视域下稻虾产业融合发展问题及对策分析 …… 吴珍，钟俊丽，许辉，徐晓波，滕瀚（62）
明星微博营销对网络消费者彩妆购买行为影响的实证分析 …… 马莉婷，庞民垚（67）
“食品微生物检验”课程思政教学改革 …… 赵泰霞，范俐，张静（74）
“食品标准与法规”课程模块化、项目化、案例化转型实践 …… 傅新征，吴玉琼，魏雪琴（78）
装配部件训练法的立体构成教学改革 …… 陈静文（82）
“双万计划”背景下校企基合作协同育人模式的构建和效果 …… 李键，许健松，洪滔（87）
新时代体育精神与高校体育课程思政建设 …… 赵少杰，刘志勇（94）
新财会智能估值复合人才培养实践
——“1+*X*”试点背景下能力成熟度视角分析 …… 詹荣花，黄爱玲，肖龙（100）

第 10 期

传统与现代建盏的审美文化探析 …… 李修贤，汪晓东（1）
当代视域下的闽北民间舞蹈创新发展 …… 姚明君，潘舒娴（7）
第三次分配推动共同富裕的实现路径 …… 张　娴（12）
习近平关于美好生活重要论述的生态向度 …… 任　静（17）
国际森林康养研究综述及启示 …… 李泓沄，万　泉，徐　洪，王兰兰（23）
森林康养背景下三明市体育旅游的成效、困境与优化路径 …… 张凌阁，马荣超（31）
企业内员工沉默与组织承诺的关系 …… 林思荻（36）
官方媒体话语中新冠疫情报道的篇际互文策略 …… 杨　欣（41）
清高宗禁毁钱谦益著述续考 …… 翁　晖（46）
“霸朝”的史诗：《北史演义》叙事中心的选择 …… 江恺杰（51）
伪本如何进入经典——《四部丛刊》影印缪氏抄本《慎子》始末 …… 李　艳（58）
用西洋乐器讲燕赵故事
——钢琴版《燕赵故事》的演奏分析 …… 张雅婷（65）
浅议工业产品互动参与式设计及应用的新途径 …… 陈建伟，黎江能（70）
高校文科类课程翻转课堂适用性的实证研究 …… 陈翠微（74）
混合式对分课堂教学法在高校思政课教学中的应用
——以《中国近现代史纲要》为例 …… 赵海荣（80）
大学生金融素养现状调查及路径探究 …… 张　佳（85）
大学生垃圾分类行为影响因素及路径分析 …… 利亚欣，陈　萍（93）
高校基层党组织创建标杆院系的实践和成效
——以福建船政交通职业学院安全与环境学院党总支为例 …… 郑雪琴（100）
关于高校保卫处改为安全处职能转变的思考 …… 潘志光（106）

第 11 期

非遗地方小剧种语言特色研究
——以邵武三角戏为例 …… 谢建娘（1）
武夷山市历史文化名村名镇宗祠孝文化的旅游活化 …… 赵红莉（7）
朱子文化遗产保护视角下的旅游工艺品设计研究 …… 黄鲁坤，祁少华（13）
青年马克思主义者培养工程高质量发展模式的探索与实践 …… 陈婧蓉（18）
习近平法治思想融入大学生思政工作的逻辑理路、价值意蕴与实践路径 …… 林衍盛（23）
农村自然资源资产管理的困境与机制创新
——以武夷山市“五夫文化生态银行”为例 …… 孙雪琳（28）
直播电商模式下水果产品消费者重购意愿研究 …… 黄娅碰（35）
论区块链赋能诚信社会风气 …… 段善君（42）
基于云服务的健康管理与居家养老一体化研究 …… 周阳杰，郑玉清（46）
为入境游客构建武夷茶文化英语解说动态体系 …… 虞淑贞，陈　帅（51）
从千叟宴看传统敬老文化及现代启示 …… 张子俊（56）
论老子“自然无为”蕴含的教育思想 …… 董立刚（62）
“六度”育人观：高校课程思政建设路径探究 …… 李　霞（67）
新时代闽西红色文化融入高校育人工作机制研究 …… 刘　慰（72）
商务英语专业学生学习动机、学习效能感与外语成绩关系的调查研究 …… 陈紫娟（78）
提升美术教师教学领导力，构建“自觉、自信”的学习氛围
——高校版画教学实践探索 …… 王恒战，周　爽（84）
“一带一路”背景下高校教师跨文化交际能力培养的思考 …… 曾婷婷，王松良（90）
茶廉文化融入大学生廉洁文化教育的探讨 …… 陈细英（94）
数字农业经济视角下的农林特色乡村文创人才培养模式探索 …… 卓　婧（99）
疫情防控常态化下高校心理危机干预工作的现状与对策 …… 王　燕（104）

第 12 期

福建茫荡山东南石栎群落物种多样性及稳定性 …… 黄梓良（1）
$BiVO_4$/RGO 复合光催化剂的制备与光催化活性分析
…… 宋卫军，谢妤，胡家朋，饶瑞晔，吴芳芳，周融融，苗雯慧（7）
离子液体液-液微萃取鸡肉四环素 HPLC 法的检测 …… 林志銮，张传海，马春华，张静，詹宝珍（14）
武夷学院植物信息平台的建设与实现 …… 李焰焰，康勋杰，聂传朋，史凌珊（19）
融合隐式信任与层次社区发现的协同过滤推荐算法 …… 郭磊，吴清寿（26）
改进 LeNet5-CNN 的车牌识别工程应用优化设计 …… 陈冬英，黄悦，李凌懿，王杰，高泽晖，舒萍（33）
汽轮机转子工艺优化设计 …… 钟国坚，陈木凤（39）
武夷山地区短时冻期边坡浅层温湿度变化的数值模拟 …… 袁文豪，王荣，林伟（44）
“双碳”目标下废弃石粉对水泥混凝土的性能影响及应用 …… 祝可为，肖冰（50）
复合胶凝体系道路快速修补材料早期强度试验 …… 张会芝，黄启林，刘纪峰，郑春林，叶德泰（56）
VAR 模型的山西省金融发展与对外贸的关系 …… 丘甜，缪志春，史磊金（61）
中国文化产业全要素生产率时空分异及收敛性 …… 钟韵珊，王东方，杨琬婷（67）
体育学博士科研潜力评价
——基于 112 位体育学博士 H 指数与 G 指数的分析 …… 张华玉，魏德样（74）

1992—2021 年我国风景园林学科学术论文统计分析 …… 邱　雯（80）
超星平台的混合式教学设计与实施
——以“Web 应用系统开发”课程为例 …… 刘　靖（86）
工科类院校毕业设计实践教育的实施
——以“给排水科学与工程”专业为例 …… 薛同站，朱曙光，黄健，李卫华，王坤，杨厚云（90）
“家具行业创新创业”课程思政的实施策略 …… 牛敏，刘学莘，赵鹤，胡秀磊（96）
闽台合作办学人才培养教学质量提升探析 …… 黎恒杆，雷能忠，赵艳（101）
疫情常态化时期生命教育与中学体育课程的有效融合 …… 郑思樵，黄循棱（105）