

多学科交叉视角下的创新人才培养新模式探索与实践

——以中南大学无机非金属材料工程专业为例

宋晓岚, 金胜明, 刘琨, 欧阳静, 卢清华

- (1. 中南大学资源加工与生物工程学院, 湖南长沙, 410083;
2. 中南大学矿物材料及其应用湖南省重点实验室, 湖南长沙, 410083)

[摘要] 开发和利用已有无机非金属材料工程和相关专业的教育资源和办学基础, 开展基于创新人才培养的无机非金属材料工程专业教学体系总体优化改革与实践。通过理顺课程体系, 更新教学内容, 突出办学特色, 以提升学生创新素质和强化实践能力为目标, 实现材料与矿业、生物等的多学科交叉融合, 营造无机非金属材料工程专业创新人才培养的良好环境。通过实施层次递进和模块选择的课程体系, 编写出版相适应的全新系列教材, 建设完善开放式实验实践教学大平台, 形成老中青相结合、高水平、高素质的教学团队, 构建具有多学科交叉特色的面向 21 世纪无机非金属材料工程专业教学新体系和创新人才培养新模式。

[关键词] 中南大学无机材料专业; 多学科交叉; 创新人才; 培养模式

[中图分类号] G642.0 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-893X(2017)02-0052-05

一、引言

传统无机非金属材料主要包括陶瓷、玻璃、水泥、耐火材料和碳素材料等, 是工业和基本建设所必需的基础材料。自 20 世纪 40 年代以来, 在传统无机非金属材料获得迅速发展的同时, 涌现出一系列应用于新技术的高性能先进无机非金属材料, 包括结构陶瓷、功能陶瓷、特种玻璃、人工晶体、半导体材料等, 已广泛应用于化工、冶金、信息、通讯、能源、环境、生物、空间、军事、国防等各个方面, 逐步替代金属材料。与此同时, 随着社会的发展和我国经济总量的急速膨胀, 各行业在资源加工过程中满足量的增长的同时产生大量的固体废弃物, 如选矿尾矿、冶金废渣和城市建筑垃圾, 等等, 这些固体废弃物中有很多可以采用无机非金属材料工程的工艺进行处理从而获得二次资源化利用, 因此社会急需熟知无机非金属材料工程并具备矿物加工工程专业知识的高级专门人才^[1]。

由于无机非金属材料工程专业涵盖多个传统专业方向以及各种新型功能材料和废弃物的资源化等多个专业方向, 与化学、物理、材料科学、矿业工程等学科交叉融合得越来越紧密, 在制定培养方案时, 其教学内容、课程体系、教材建设、师资等方面既要具有多学科和多专业交叉的特点, 又要

具有鲜明的工程特色, 虽然各高校都做了很大的努力, 力图充分发挥自身的特点和优势, 根据各自人才培养目标, 形成了各具特色的培养方案和课程体系^[2-3]。但仍存在较大的不足, 主要表现在: ①专业面拓宽, 课程增多, 造成教学内容重复, 教学效率低, 不适应于交叉科学特色的新型无机非金属材料工程专业人才培养; ②与国外发达国家相比, 在创新素质与实践能力和学科交叉与融合方面尚存在较大的差距; ③专业教材, 尤其是适应交叉学科发展和技术进步的精品教材过少; ④实验与实习教学平台单一, 专业教师的学缘和专业结构单一, 不能满足具有交叉学科特点的新型无机非金属材料工程专业的人才培养。因此, 如何进行适应发展中的无机非金属材料工程专业人才培养的教学体系构建和创新成为现阶段无机非金属材料工程专业教学改革所面临的新任务和新挑战^[4-5]。

中南大学无机非金属材料工程依托于资源加工与生物工程学院, 是国家重点学科矿物加工工程和材料科学与工程拓展形成的新的学科方向, 于 1994 年申办无机非金属材料工程专业, 1995 年获批并于当年开始招收无机非金属材料工程专业本科学生。本项目基于 21 世纪世界范围内的市场竞争和知识经济的发展, 探讨现阶段如何培养无机非

[收稿日期] 2016-12-09; **[修回日期]** 2017-03-05

[基金项目] 2006 年湖南省普通高等教育教学改革研究项目“面向 21 世纪无机非金属材料创新人才培养教学体系整体优化和实践”

[作者简介] 宋晓岚 (1964-), 女, 湖南长沙人, 博士, 中南大学教授, 主要研究方向: 无机功能材料, 矿物材料

金属材料工程专业高素质创新型人才。其解决的核心问题包括: ①在宽口径、大专业背景下的无机非金属材料工程专业培养方案的制定, 以及交叉学科背景下教学效率的提高; ②材料学科与矿业、生物学科课程交叉与融合的体现, 教学内容的梳理, 相应新教材的编写出版; ③学科交叉背景下无机非金属材料的学生实验与实践环节的软硬件系统的建立与管理, 学科交叉背景下综合实验项目的建立、实施与管理; ④具有交叉学科背景的专业教师团队的建立。通过多年的不断地研究和探索, 本专业优化了课程设置, 更新了教学内容, 编写新的系列教材, 完善了开放式实验实践大平台建设。在教学过程中, 教师们勇于改革和创新, 改革了课堂教学方法和实验实践教学方法, 锤炼了一支具有多学科背景的高水平师资队伍, 构筑了以材料科学、矿物加工、生物工程为基础的多学科交叉融合的教学体系, 建立起了面向 21 世纪无机非金属材料创新人才培养新模式。

二、构建“三融合+五合一”和“三平台+四模块”高效课程体系, 形成层次化、模块化的培养方案

传统的无机非金属材料工程(二级学科)涵盖水泥、玻璃、陶瓷、耐火材料和碳素材料(三级学科)等行业领域, 至上世纪 90 年代, 无机非金属材料工程均是按照以上三级学科进行专业人才培养, 并形成各专业完整的培养方案。进入 21 世纪, 开始了材料类按二级学科(材料物理、材料化学、金属材料工程、无机非金属材料工程、高分子材料与工程等)或一级学科(材料科学与工程)进行专业人才培养的改革, 在此过程中, 不断引入新的课程。这种“大口径、宽专业”背景下, 培养方案的改革, 不能简单地进行“1+1”的课程增加, 必须梳理课程教学内容, 求同存异, 融合多个学科体系, 合并原有各专业方向, 建立高效课程体系^[6-8]。

中南大学无机金属材料工程专业通过到全国著名高校如清华大学、浙江大学、武汉理工大学等进行广泛调研, 及时跟踪和考查这些高校的相关专业在专业建设中的新进展和改革措施, 邀请有关专家对本专业培养方案中存在的问题进行探讨等方式进行新的培养方案的制定。课程体系总体设计思想是: 立足二级, 面向一级, 学科交叉, 市场定向。即改变原培养方案中按三级学科(即水泥、玻璃、陶瓷、耐火材料、碳素材料)进行课程设置的做法, 立足二级学科(即无机非金属材料工程), 面向一级学科(即材料科学与工程), 促进无机非金属材料与矿物加工、生物工程三个学科的交叉融合, 以市场需求为导向, 优化课程设置, 调整课程结构,

构建“层次化、模块化”的适应厚基础宽专业的高效课程体系。

新的课程体系融合材料学科与矿物加工和生物工程学科知识, 引入新的交叉学科课程, 形成了“三融合+五合一”的课程设置, 确定了无机非金属材料工程专业的三级课程体系构架: 一级平台基础公共课、二级平台学科基础和三级平台专业课, 而专业课程分为传统无机非金属材料模块、无机非金属材料发展和前沿模块、学科交叉拓展模块以及微观经济学和材料信息学模块等四个模块, 由此构建了一个创新人才培养的“三平台+四模块”课程体系。

(一)“三融合+五合一”课程设置

“三融合”是无机非金属材料、矿物加工与生物工程三个学科的交叉融合; “五合一”是将原有无机非金属材料专业中的五门课程合成一门课程, 达到优化课程设置的目的。具体体现在: 增加《材料学概论》为学科基础必修课, 《无机材料设计》为学科基础选修课; 将学科基础课《硅酸盐岩相学》改为《结晶学与岩相学》, 《硅酸盐物理化学》改为《无机材料科学基础》; 将原专业课程《陶瓷工艺学》《玻璃工艺学》《水泥工艺学》《耐火材料》和《碳材料》等五门传统专业课(总学时为 160)合并为工艺基础课程《无机材料工艺学》(学时为 80), 以上经优化整合后的课程其相应学时数均将减少; 设置《粉体制备技术》《矿物材料加工学》《生物技术概论》和《生物材料》作为跨专业选修课程, 促进与矿物加工和生物技术的融合和交叉; 加设《新型无机材料》《功能材料》《纳米材料化学》《半导体材料》等作为专业选修课程, 扩展专业课选修空间, 但减少专业课程的选修学分比例, 同时也减少必修课学分比例; 增加基础课程、人文素质与交叉学科课程选修学分比例, 增加集中实践与课外活动和社会实践的必修学分比例。在此基础上, 形成了淡化学科界限, 拓宽专业口径的无机非金属材料工程专业创新人才培养方案, 构建了体现多学科交叉特色的自主选学教学体系。

(二)“三平台+四模块”课程体系

(1) 一级平台课程: 为公共基础课, 按工科大学生培养要求由学校统一设置, 分为 ① 必修课, 有《毛泽东思想概论》《思想道德修养》《马克思主义哲学原理》《法律基础》《马克思主义政治经济学》《邓小平理论概论》《形势政策》《体育》《基础英语》《计算机文化基础》《C 语言程序设计基础》《大学数学》《大学物理》《无机化学》等课程。② 选修课, 包括人文社会科学、经济管理、艺术体育类课程。一级平台公共基础课是为工科大学生掌握

所需自然科学知识和培养人文素质而设置。

(2) 二级平台课程: 为学科基础课, 包括按未来工程师培养要求设置的《工程制图》《电工技术》《电子技术》; 面向材料一级学科要求设置的《物理化学》《材料力学》《材料学概论》; 反映无机材料二级学科要求设置的《结晶学与岩相学》《无机材料科学基础》《无机材料热工技术》《无机材料研究方法》《无机材料测试技术》《无机材料工艺学》《无机材料设计》《无机材料物理性能》和《硅酸盐工厂设计与 CAD 技术》等课程。学生学习了二级平台课程后, 具备了作为无机材料工作者的基本理论和知识, 打好了坚实学科基础, 方可继续深入学习无机非金属材料的专业课程, 进一步拓宽和丰富专业知识内涵。

(3) 三级平台课程: 为专业课, 全部为选修课, 分为四个模块, 其中传统无机非金属材料模块的课程设置包括二级平台课程中的《无机材料工艺学》; 学科交叉模块的课程设置包括《矿物材料加工学》《粉体制备技术》《生物技术概论》《生物材料学》《宝石检验与加工技术》《资源加工前沿技术》《计算机在无机材料中应用》; 无机材料学科发展和前沿模块的课程设置有《功能材料》《纳米材料》《新型无机材料》《特种陶瓷》《新型碳材料》和《半导体材料》; 微观经济学和材料信息模块的课程设置包括《无机材料技术经济》《文献检索与网络技术》等课程。三级平台专业课程是按照中南大学无机非金属材料工程专业的特色和无机材料学科发展设置。中南大学无机非金属材料工程专业的建设主要依托矿物加工工程这个全国重点学科, 充分借助矿物加工学科的人才优势和实践经验, 经过多年建设形成了矿物材料加工学、粉体制备技术、计算机在无机材料中的应用这些特色的课程, 如《矿物材料加工学》课程, 主要包含从矿物直接制备材料产品、矿物材料的改性和二次资源制备材料等内容。

学科基础和专业课程的改造是专业课程体系建设的重点和难点。无机非金属材料工程专业的学科基础和专业课程拓宽成二级学科课程后, 很多课程的内容都要重组, 如《无机材料科学基础》, 其地位相当于原《硅酸盐物理化学》; 《无机材料工艺学》, 其地位相当于原《陶瓷工艺学》《玻璃工艺学》《水泥工艺学》《耐火材料》和《新型碳材料》; 《硅酸盐工厂设计与 CAD 技术》, 其地位相当与原《水泥厂设计与 CAD 技术》。针对按无机材料学科发展和交叉设置的专业课程, 在课堂教学的同时, 根据本专业教师的科研方向, 向学生开设系列讲座, 让学生了解各类无机材料的前沿动态。这种方式还有

利于学生选择毕业环节课题和指导教师。此外, 在学科基础课中还要求学生必修一门跨一级学科课程, 即《生物技术概论》, 该课程由生物专业为本专业学生开设, 目的是让学生了解作为当代高科技支柱产业之一的生物学科的基本知识和发展动态, 为其成为复合型人才奠定基础。

三、建设基于多学科交叉的创新人才培养系列化教材体系和精品教材

根据新修订的培养方案和“三融合+五合一”及“三平台+四模块”课程体系, 进行教学内容的整合和新教学大纲的编制, 制定教材及教学参考书建设规划, 共分三个系列, 分别为无机材料系列、矿物材料系列和实验教学系列。采取“编写、试用、评审、交流、修改、出版”的编写模式分阶段有步骤实施教材建设。

按照规划目前已出版形成三个系列的教材体系, 主编或参编教材 15 部。①无机非金属材料系列, 包括《无机材料科学基础》(宋晓岚主编, 化学工业出版社 2006 年出版, “十一五”国家级规划教材, 湖南省优秀教材)、《无机材料工艺学》(宋晓岚主编, 冶金工业出版社 2007 年出版, 中国有色金属学会中国有色金属优秀教材)、《无机材料工厂工艺设计概论》(宋晓岚主编, 冶金工业出版社 2010 年出版, 中国冶金教育学会冶金优秀教材)、《材料科学基础》(宋晓岚等主编, 武汉理工大学出版社 2004 年出版, 教育部百门精品课程教材)、《新型无机材料》(杨华明、宋晓岚、金胜明主编, 化学工业出版社 2004 年出版)、《硅酸盐工业生产过程检测技术》(宋晓岚参编, 武汉理工大学出版社 2006 年出版)、《无机功能材料》(杨华明主编, 化学工业出版社 2007 年出版)、《无机材料热工基础》(肖奇主编, 冶金工业出版社 2009 年出版)、《半导体材料与器件》(肖奇主编, 化学工业出版社 2013 年出版)。②矿物材料系列, 包括:《资源加工学》(邱冠周、胡岳华主编, 宋晓岚、杨华明等参编, 科学出版社 2005 年出版, “十一五”国家级规划教材)、《矿物资源加工技术与设备》(胡岳华、冯其明主编, 宋晓岚等参编, 科学出版社 2006 年出版, “十二五”国家级规划教材, 教育部普通高等教育精品教材)、《矿物材料加工学》(邱冠周主编, 中南大学出版社 2003 年出版)、《材料机械化学》(杨华明主编, 科学出版社 2010 年出版)、《粉体工程》(韩跃新主编, 宋晓岚等参编, 中南大学出版社 2012 年出版)。③无机材料实验系列, 包括《无机材料专业实验》(宋晓岚、金胜明、卢清华主编, 冶金工业出版社 2013 年出版, 中国有色金属学会中国有色金属优秀教材)。以上出版的相应配套教

材中,《无机材料科学基础》《无机材料工艺学》《无机材料工厂设计概论》《矿物资源加工技术与设备》《无机材料专业实验》等教材已在武汉理工大学、长沙理工大学、河南理工大学、中大设计院有限公司等教学和科研设计单位作为教材和参考资料使用,效果优良。

同时,项目研究也促进了《无机材料科学基础》课程的建设,并取得了很好的教学效果,形成了鲜明的课程优势。其研究成果和教学经验已对全国无机非金属材料工程及相关专业的教学产生强烈的影响。《无机材料科学基础》课程先后评为中南大学精品课程、湖南省精品课程和国家精品课程,并立项国家资源共享精品课程建设,2016年获得国家资源共享精品课程称号。

四、建立功能完备的开放式学科交叉实验实践教学大平台,实行“组合化”和“开放化”的实验教学与管理体制

利用“211”和“985”专项经费和自筹经费1000万元,建设和改造了无机非金属材料类实验功能区,包含矿物原料粉碎分离、表面改性及复合材料、无机材料合成与成型、多功能烧结、显微结构分析、精密仪器检测、材料性能检测等7个实验功能区和矿物材料中试基地,同时有机结合矿物加工类实验功能区、钢铁冶金类实验功能区和生物工程类功能区构成多学科实验大平台,其先后被评为湖南省实验教学示范中心和国家级实验研究示范中心。现有各种仪器3380台套,设备总值达2600多万元,每年为无机非金属材料专业8个班、240余名学生,开出实验项目总数91项,实验开出率100%。此外学生还可设计预约个性实验,为学生创新思维训练提供条件。本专业还建立了中南大学—湘福建材产学研教学基地,为无机非金属材料工程专业学生的创新成果提供中试及产业化大舞台,全面提升本科学生的创新能力。

实验教学改革按课程开设实验的传统方式,融合专业基础课实验和专业课实验为整体,专门设置《无机材料专业实验》课程,同时增加多个大型综合性实验环节选修,学生在发展自己兴趣的基础上进行设计预约实验。建立稳定的实习基地,强化实习过程,使学生全流程了解矿物加工与无机非金属材料的关系,提高学科融合的能力。

在实验硬件建设过程中按单元特性建设功能模块,“组合化”是实验教学过程中将个知识点的实验按材料四大要素之间的关系和规律进行组合,以“三性”实验(综合性、研究性、设计性)引导学生的实验教学方案;“开放化”是指实验教学管理,在实验教学过程中,实验室采取全开放的管理

制度,学生可以根据自己的兴趣爱好在完成必选实验的基础上可以根据自己的兴趣进行实验设计和预约,然后根据安排进入实验流程。

实习教学是指将传统的水泥、玻璃、陶瓷类实习基地和交叉行业的“功能材料类”实习基地以及“矿物材料类”实习基地进行组合,学生在校学习期间,都必须在三类实习基地进行实习,并完成相应的实习报告和考核。通过强化实验实践教学环节,整体提升了学生实践能力和创新思维能力。

五、优化学缘结构,强化教学团队,建立具有多学科背景的高水平教师队伍

学科的发展离不开师资,学生的专业发展在于教师的引导,宽专业建设思想是将细分专业模糊化,传统的师资结构和学缘结构不利于新型无机非金属材料工程专业的学科发展以及学生的培养,为适应本世纪人才和知识竞争的大环境,在学科建设的过程中适当引进矿物加工工程、冶金工程等专业的师资,实现学科互补、知识互补。

本专业采用引进与培养相结合,“送出去”与“请进来”相结合,培养师资队伍,根据交叉学科的特点和行业的要求,对相关背景的教师进行培养与引进,每年保持一定比例的教师在国际知名学府深造与交流,聘请具有国际视野的知名大师来学校讲学交流,形成一支特色鲜明的师资队伍。团队教师一直工作在教学和科研第一线,教学经验丰富,思想活跃,教学研究与改革能力强,教学质量与效果优秀,既有宽厚坚实的基础理论,又有系统深入的专门知识;既有理论又有实践,具有合理的知识结构,是一支具有创新精神、学术锐气和改革活力的教师群体。

目前专业已形成了以中国工程院院士邱冠周教授为学科带头人和众多青年学术骨干为主的高水平师资队伍,并建立了老中青相结合、高素质的无机非金属材料工程创新人才培养教学团队,教师所属专业涵盖了材料、矿业和冶金工程,教师团队获得各类国家级、省部级人才计划和荣誉称号16人次。其中中国工程院院士1人、国家有突出贡献中青年科技专家1人、“长江学者奖励计划”特聘教授1人,国家杰出青年科学基金获得者2人、教育部新世纪优秀人才2人、教育部高等学校骨干教师1人、中国硅酸盐学会青年科技奖1人,湖南省骨干青年教师2人,湖南省“121”人才工程2人。

六、培养具有多学科背景的复合型创新人才,学生能力素质显著增强

本专业一直将跨学科与创新理念贯穿于人才培养的整个过程,不断优化无机非金属材料工程专业创新人才培养的教学体系。中南大学无机非金属

材料工程专业至今已连续招收 22 届共计 40 个班 1 200 余名本科生,已有 18 届学生共计 32 个班 960 余名学生顺利毕业,走向社会各个工作岗位,为我国无机非金属材料的发展作出了应有的贡献。无机非金属材料专业创新人才培养教学体系的建立改善了学生知识结构,培养了大批基础扎实、素质优良、适应性强、创新进取的学生,学生创新能力显著提高。毕业生 1 次就业率均在 96% 以上,用人单位对毕业生的整体评价良好,优良率达 100%, 本科生考取研究生比例 40% 以上,并取得优异成绩,获得普遍好评,充分显示了借助重点学科并结合学科交叉培养创新人才的优势。自 2005 年以来,无机非金属材料工程专业本科学子获得 102 项国家级、省级和校级创新创业教育计划项目资助,同时也参与国家自然科学基金项目、国家“863”项目、国家科技支撑项目等国家级课题研究。学生在参与这些项目的过程中,充分展示了创新潜力,公开发表科研论文 137 篇,被 SCI/EI/ISTP 收录 72 篇,论文发表期刊涉及了材料科学、化学、矿物加工等领域的国际知名期刊,学生参与的授权发明专利 25 项,学生科技作品在参加“挑战杯”等各类学科竞赛中也获得了优异的成绩。

七、学科水平大幅提升,专业建设跨越式发展

中南大学无机非金属材料工程专业为湖南省重点专业和湖南省特色专业,其教学单位为资源加工与生物工程学院无机材料教研室,是湖南省优秀教研室。本专业从 1995 年的 1 个本科专业发展到现在已拥有 1 个学士学位点(无机非金属材料工程)、2 个硕士学位点和 2 个博士学位点(材料学和矿物材料工程)、2 个学科博士后流动站(材料科学与工程和矿物加工工程)、1 个工程硕士学位点(材料工程)。据“中国大学评价”课题组组长武书连主编的《中国大学评价》所公布的历年专业排名,2004 年中南大学无机非金属材料工程专业在全国 57 个同类专业中排名第 5,评价为 A 级;2008 年在全国 76 个同类专业中排名第 3 位,评价为 A++ 级;2014 年无机非金属材料工程在全国 91 个同类专业中排名跃居第 2 位,评价为 A++ 级。以上充分证明依托本项目研究与实践,中南大学无机非金属材料工程专业得到跨越式发展。

八、结语

中南大学无机非金属材料工程专业根据无机非金属材料工程专业创新人才应具备的知识、能力和素质要求,以国家重点学科为依托,以材料科学、矿物加工、生物冶金组成的学科群为基础,为学生提供了多学科交叉和宽专业知识的学习条件和实践平台,构筑了体现多学科交叉特色的无机非金属材料工程专业教学新体系和创新人才培养新模式。

(1) 形成了层次化与模块化相结合的课程设置,在公共基础课和专业基础课的平台依托学院多学科共存的优势,拓展交叉学科方向,开设内在联系紧密又各具特色的跨专业课程,实现了多学科间的互通融合,拓宽了学生的知识面,强化了学生的创新思维,同时也推动了本专业的跨越式发展。

(2) 坚持“资源—材料一体化”理念,遵循“大背景、宽视野、强创新”的人才培养观,通过培养方案和课程体系的整体优化、教学内容的整合更新,强化课程建设与配套教材建设,形成了先进的国家精品课程和精品教材体系。

(3) 秉承“资源共享,资金高效”的原则,打造开放式多学科实验平台。打破陈旧的实验室建设与管理观念,破除学科壁垒,提高投入资金效率,有效提高仪器设备的先进性和利用率,建立了开放式实验功能区、中试基地和校外实习基地群,并通过各种实验实践教学环节,结合科研项目和科技成果设计新型综合性实验,形成“学习—探索—创新”的递进式实践教学方法,建立了主动学习和激发探索的实验实践教学大平台。

(4) 学科交叉,师资共享,有力地促进了教师在教学科研中的视野拓展和积极创新。打破原有专业教学师资封闭式的教学管理模式,学生实行跨专业、跨系选课,充分利用优势资源,形成了多学科缘结构、多学科专业教师组成的老中青结合、结构合理、学历高、素质高、水平高、能力强的多学科无机非金属材料工程专业教学团队,充分保障了宽口径复合型创新人才的培养。

参考文献:

- [1] 赵晓旭,汤卉.中国高等学校无机非金属材料专业本科教学现状调查与研究分析[C]//黑龙江省高等教育学会 2003 年学术年会论文集:高教改革研究与实践(上册).黑龙江:黑龙江高等教育出版社,2004:156-160
- [2] 刘宏波.近十年无机非金属材料工程专业的教学改革[J].广州化工,2016,44(8):201-202
- [3] 吴修胜,曹菊芳.无机非金属材料工程专业改革浅谈[J].科技信息,2009(17):399
- [4] 胡永刚,聂长明,吴红枚,等.21 世纪无机非金属材料专业面临的挑战与机遇[J].广东化工,2014,41(14):245-246
- [5] 张伟,徐世君,崔玉理.高校无机非金属材料专业课程设置亟待改革[J].混凝土世界,2014(4):32-34
- [6] 马鹏举,王亮,胡殿明.构建多学科交叉的现代工程训练平台[J].高等工程教育研究,2009(5):127-129
- [7] 谢和平.综合性大学的学科交叉融合与新跨越[J].中国大学教学,2004(9):4-6
- [8] 黄兆信.大学本科大类培养模式之构建[J].教育评论,2005(5):11-13

[编辑:何彩章]