doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2022.05.017

欢迎按以下格式引用:陈金华,沈雪莲,李楠,等.综合型创新性人才培养实验课程建设与实践[J].高等建筑教育,2022,31(5):133-141.

综合型创新性人才培养实验课程建设与实践

陈金华,沈雪莲,李　楠,高亚锋,丁　勇,刘　猛

(重庆大学　土木工程学院,重庆　400044)

摘要:重庆大学土木工程学院以国家"双一流""双万计划""卓越计划""新工科建设"等政策战略和改革项目为契机,以培养富有创新精神和卓越实践应用能力的综合型工科人才为建设目标,通过知识体系完善、研学资源融合、跨学科交叉、教学信息化建设和多样化教学方法拓展等手段,持续进行课程建设和完善。重庆大学土木工程学院建筑环境与能源应用工程专业自 2003 年率先建设并实践独立实验课程——专业综合实验,获得学生和学校相关部门的高度好评。课程实验项目在巩固学生对专业知识的理解,锻炼学生实践应用能力、分析总结能力、创新性思维等方面获得了学生的高度认可。专业综合实验课程贯彻"以学生为中心"的教学理念,在人才培养中具有科学的循序性和系统性,教育信息化技术成熟,衔接本科理论教学、工程应用实践、硕博学术研究,使实验实践教学真正成为了学生知识转化、能力锻炼的实操"战场"。

关键词:实验课程建设与实践;人才培养;"双一流"建设

中图分类号:G642.0　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1005-2909(2022)05-0133-09

2010 年国家启动卓越工程师培养计划,并于 2017 年积极推进新工科建设,旨在通过调整学科专业建设思路、拓展工程教育改革内涵,从教育教学理念、学科专业结构、学科专业建设、人才培养模式和多方合作教育等方面丰富和加强"卓越计划"的内涵[1-2]。2018 年 1 月 30 日,教育部首次颁布了《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》[3]。该标准要求高校紧密结合"一流本科、一流专业、一流人才"建设,以学生为中心,以学习成果为导向,不断持续改进,切实落实综合型创新性人才培养[4-5]。

2010 年以来,国家采用多种有力措施,强化人才培养中心地位和本科教学基础地位[6]。而学生

修回日期:2020-12-25

基金项目:重庆市高等教育教学改革研究项目"建筑环境与能源应用工程专业智能化控制教学体系研究"(193013);重庆市高等教育教学改革研究重点项目"建筑环境与能源应用工程专业实验课程慕课化教学改革研究"(212010)

作者简介:陈金华(1973—),男,重庆大学土木工程学院教授,工学博士,主要从事暖通空调与建筑节能研究,(E-mail)c66578899@126.com。

创新意识和实践能力的培养需要通过实践环节的历练,并在实践中得到检验。本科实验教学是本科教学的重要组成,是高校“双一流”建设和创新人才培养工作中的重要内容,其课程建设也愈发受到各高校的重视[7-8]。

新工科建设以继承与创新、交叉与融合、协调与共享为主要途径,培养创新能力强、实践应用能力突出,适应社会经济发展的卓越工科人才[9-10]。新工科建设的内涵包括工程教育新理念、学科专业新结构、人才培养新模式、教育教学新质量和分类发展新体系[11]。采用传统课夹实验形式,以服务理论课程为主,知识点相对零散,系统性相对欠缺,实验深度、能力锻炼强度相对不足,已难以满足卓越工科人才的培养需求。同时,长期以来,学科壁垒、专业藩篱、本研隔断、校企隔阂等问题窄化工科人才知识体系和工程观,制约人才培养效率和市场分配,是阻碍“新工科”内涵建设和“一流学科”建设的现实瓶颈[12-13]。为此,重庆大学建筑环境与能源应用工程专业(简称建环专业)通过不断融合实验教学资源,优化实验教学内容,改进教学手段,提升实验平台质量和信息化水平,建设综合型创新性人才培养实验课程——专业综合实验,使其在落实“新工科”建设,支撑“一流学科”建设,培养新时代卓越工科人才中发挥突出作用。

一、建设思路

(一) 形成完整的实验知识体系

课程将建筑环境与能源应用工程专业供暖通风与空气调节、冷热源工程、建筑设备自动化、建筑消防设备工程、建筑节能原理与技术等主要专业课程相关知识点进行融合,对照专业评估、人才能力培养要求,系统化设置多个综合性、设计性、创新性实验项目,利用完整的实验课程替代分散的课夹实验项目,增强本科实验教学知识点的完整性和系统性。

(二) 建设培养学生创新精神、综合能力的实验内容

研学融合、学科交叉是促使实验教学更具前瞻性和创新性,激发学生创新意识和研究欲望,提高学生学术素质,拓宽学生学习视野的有效手段[14-15]。专业综合实验课程依托学科建设和各类重点实验室建设,将科研成果转化到本科实验教学中,构建了具有科学前沿、技术先进的本科实验平台,使学生在实验过程中能够接触更新的学术研究成果,采用更科学的测试手段操作更先进的仪器设备。同时,与企业合作,突破学科壁垒建设跨专业、跨学科的实验系统及平台,鼓励学生敢于突破学科专业限制,利用学科协同进行研究探索。

(三) 构建立体化的教学资源,开拓多样化的教学方法

我国从 2008 年开始进行教学信息化建设,并确立了 2020 年建成基本完善的教育信息化体系的战略目标[16-17]。专业综合实验课程通过开发虚拟仿真实验项目,突破建环专业实体实验系统体积庞大、设备台套数少、实验受气候条件制约、可能存在安全隐患等客观限制条件,采用“虚实结合、虚实互补”方式,大大丰富了实验教学资源,提高了实验自由度。此外,通过多媒体资源、电子资源构建立体化教学资源,并借助信息化技术支撑多样化教学方法和高效的课程管理体制。

(四) 明确课程体系及定位

实验课程建设的核心不在于技术堆砌、方法创新或实验内容的拼凑,而在于内部各要素的相互联系与配合,以及外部各课程的定位与支撑。

结合教学大纲及培养计划,以培养“专业知识扎实、实践能力突出的综合型创新性人才”为目

标,分巩固基础、自主学习及提升、学以致用三个层次,构建了“一个目标,三个层次”的课程体系(图1),并明确课程在“基于工程创新人才培养的‘二三四’实践教学体系”中的定位和功用(图2),建立与其他各实践课程、环节的联系,从而使教学目标更明确,教学深度分层次,人才能力培养更加循序渐进,帮助学生在实践过程中形成更完整的知识体系,获得更全面的能力培养。

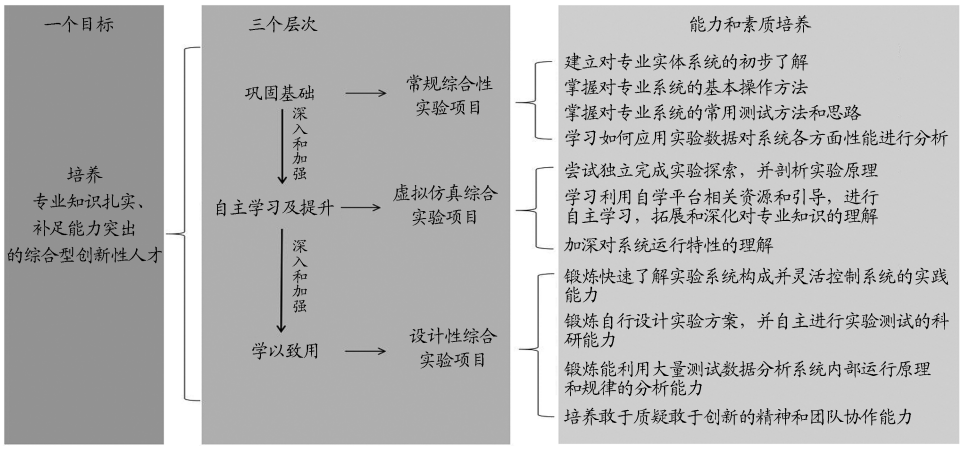

图1　综合型创新性人才培养课程体系

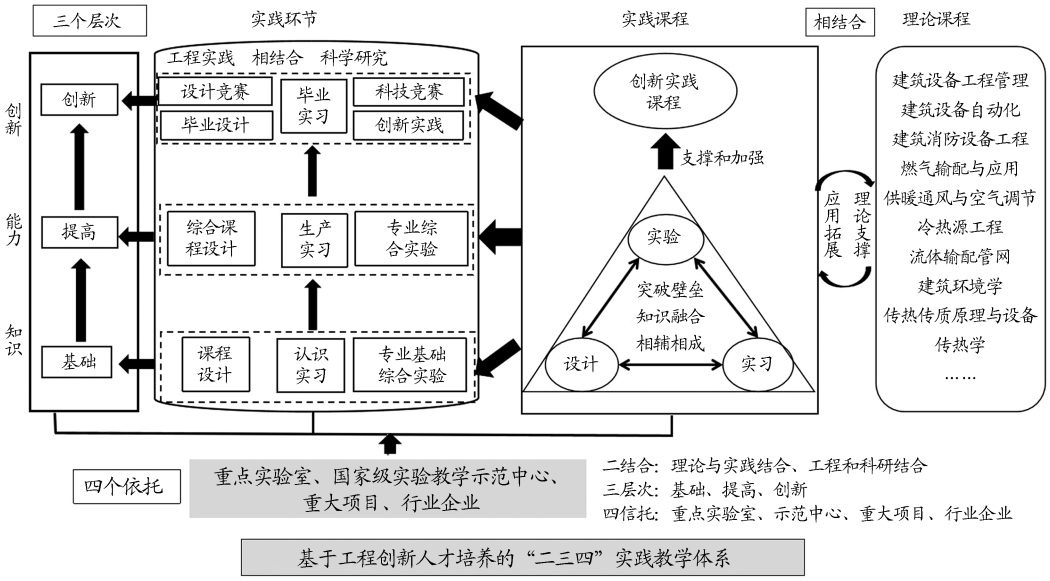

图2　专业实践教学体系

二、教学体系的实施及课程建设

(一)建设教学内容

以“一个目标,三个层次”的综合型创新性人才培养课程体系为引导,整合课程教学资源,通过研学融合、校企合作等手段不断优化、更新实验平台,积极建设虚拟仿真实验项目,丰富线上教学资源。2020年,专业综合实验课程共36个学时,依据巩固基础、自主学习与提升、学以致用3个培养层次,分别设置常规综合性实验、虚拟仿真综合实验、设计性综合实验3类实验项目,其比重各占1/3。

此外,尊重学生兴趣及个性化发展,将36个学时的实验分为必做实验和选做实验,学生完成24

个学时的必做实验后,在另外 32 个学时的选做实验中选择 12 个学时的项目进行学习。综合型创新性人才培养实验课程实验项目设置详见表 1。

表 1 专业综合实验课程实验项目

序号	实验项目	项目学时	项目性质
1	冷水机组系统性能综合实验	4	选做
2	风机盘管性能综合实验	4	选做
3	防排烟系统性能综合实验	4	选做
4	地源热泵机组性能综合实验	4	选做
5	围护结构热工性能综合实验	4	选做
6	太阳能复合系统性能综合实验	4	选做
7	散热器性能综合实验	4	选做
8	建筑设备自动化综合实验	4	选做
9	空调冷热源系统综合虚拟仿真实验	4	必做
10	热水供暖系统综合虚拟仿真实验	4	必做
11	空调末端系统综合虚拟仿真实验	4	必做
12	供暖系统设计性综合实验	12	必做

目前专业综合实验课程设有空调冷热源系统、热水供暖系统、空调末端系统共 3 个综合虚拟仿真实验项目(图 3),其中空调冷热源系统综合虚拟仿真实验项目 2019 年被认证为重庆市示范性虚拟仿真实验项目。此外,为解决《防排烟系统综合实验》实体系统陈旧、知识点未能跟进行业新规范等问题,2020 年初,建环实验中心与重庆华勤新锐科技有限公司合作,建设建筑消防系统虚拟仿真实验系统,并于 2021 年下半年投入本科实验教学。该系统不仅解决了防排烟实体系统存在的弊端,而且采用分期建设、持续扩展的建设思路,旨在将分散在建筑环境与能源应用工程、城市地下空间、给水排水、建筑电气、建筑学等专业的消防系统知识点融合成一个完整的有机整体,突破学科、专业壁垒,提高学生的专业视野及学习深度。

此外,对“国际科技合作与交流专项项目”小型暖通空调系统科研平台进行了本科教学改造,开设了“供暖系统设计性综合实验”项目。实验平台由 1 个机房 4 个末端房间组成,学生可利用科研平台的多种供暖末端系统、自动监测系统和相关仪器设备,自主设计实验方案并开展实验探索。

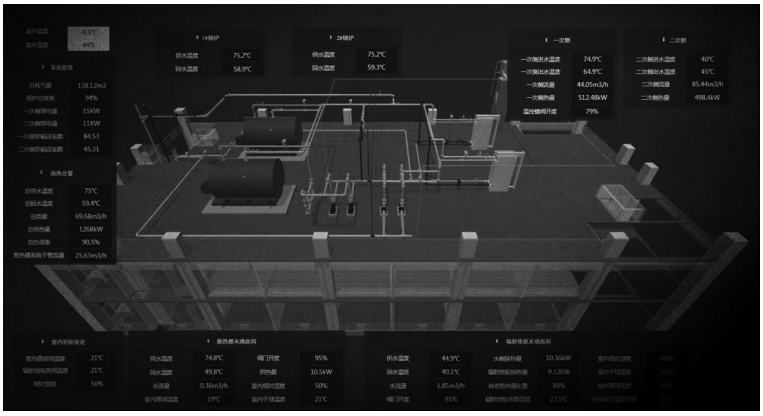

图 3 虚拟仿真实验系统

图 4　供暖系统设计性综合实验系统机房

(二)实践教学模式及方法

基于“一个目标,三个层次”的综合型创新性人才培养课程体系,课程坚持“学生为主,教师为辅”的教学模式,以前沿丰富的教学资源和信息化技术为支撑,将半开放式教学、研讨式教学等多元化的科学教学方法应用于课程教学中。

虚拟仿真实验项目采用集体课讲解和课下“泛在化”学习相结合的开放式教学方式。集体课主要对实验过程、要求及疑难点问题统一指导,以提高学生的学习效率。实验的探索实践则采用课下自主学习、线上答疑的形式,学生可随时随地通过网络访问学习虚拟仿真实验系统,完成实验。每个虚拟仿真实验系统依次设置了课前自学、系统探索等板块,支撑开放式教学和学生自主学习,其主要功能、教学意义如表 2。

表 2　虚拟仿实验项目各实验板块功能及意义

实验板块	主要功能	教学意义
课前自学	下载和共享自学资源 提供相关学习网站	自学:提供一个平台引导、支持学生自主学习和分享
系统探索	系统 3D 模型探索 详细知识解说	基础:掌握系统形式及相关设备构件
实景演示	实际案例 24h 运行演示 24h 监测数据分析	应用:了解工程案例实际运行情况
虚拟实验	变工况实验测试 事故工况实验测试	探索:进一步通过虚拟仿真实验测试分析系统运行特性及工作原理
实验考核	基础知识选择题 实验分析报告	考核:坚固基础知识、锻炼数据处理、实验现象分析等能力
意见反馈	线上问卷调查	改进:通过学生提供的意见建议,及时更新改善实验教学
答疑室	线上答疑和讨论	指导:提供一个教师和学生的交流平台,加强实验指导和互动

“供暖系统设计性综合实验”项目重点关注对学生创新、合作、探索、研究等“学以致用”层次能力的培养,结合项目教学特点及培养目标,融合开放式实验、研讨式教学多种教学方式,翻转实验教学课堂,借助热水供暖系统虚拟仿真实验项目教学资源、教师制作的自学电子文档、“微课”视频等多媒体资源在课下进行知识传授,课堂则以培养学生应用、创新等高阶能力和思维为主。

实验分为实验指导、学生方案设计、方案批阅及优化、自主式实验探索和课堂研讨 5 个环节,教

师提前规划各时间节点及教学内容如表 3,以确保实验有序进行。实验采用分小组形式(每组不超 3 人)进行,每个小组的实验课题均不相同,方案制定、实践探索、数据分析等均由学生自主完成,教师仅提供指导和建议,以及提供所需实验条件和设施。

表 3 设计性综合实验安排

时间节点	内容	备注
第一次课	集体课	介绍实验目的、流程、要求,实验系统及仪器,实验注意事项等
第一次课后三天内	提交方案书	小组成员讨论制定实验方案,以小组为单位提交方案书
提交方案书两天后	领取批阅的方案书	教师批改后发给学生,学生根据教师意见优化实验方案
领取方案书两天后	实验系统连续开放两天(每天早上 8:30—晚上 10:00),各实验小组根据各自的实验课题在相应时段到相应实验房间进行实验	学生依据最终实验方案进行自主实验,如遇无法解决的困难或疑问,可联系教师进行指导
最后一次课	研讨课	各组对测试数据进行分析,在研讨课上分享实验成果,以及实验过程中的收获、疑问等,并以 PPT 或 Word 等形式进行展示

实验分析报告分为必做分析题和选做分析题,在给学生足够自由的学习空间的同时,适当引导,确保实验深度满足要求。

专业综合实验课程依托多个虚拟仿真实验项目和实体实验项目资源,在项目规划和教学过程中,充分考虑虚拟仿真实验与实体实验各自的优缺点,注重将虚拟仿真实验与实体实验相结合,建立项目之间的联系(表 4),扬长避短、互为补充。在项目排课及教案编写中,均充分考虑如何发挥项目间相辅相成的功用,提高教学质量及人才培养成效。

表 4 虚拟仿真实验与实体实验的教学联系

序号	项目间联系	思路
1	空调冷热源系统综合虚拟仿真实验结合冷水机组性能综合实验	实体实验巩固基础、教导正确的测试方法,虚拟仿真实验扩充实体实验并加深学习深度
2	空调末端系统综合虚拟仿真实验结合风机盘管性能综合实验	
3	热水供暖系统综合虚拟仿真实验结合供暖系统设计性综合实验	虚拟仿真实验巩固和加深学生对专业知识的理解,提高学生能力,辅助支撑学生更好地适应实体设计性综合实验的难度

(三)加强教学管理及监督

综合型创新性人才培养课程体系的良好实施,课程教学质量的保障需要辅以有力的教学管理及监督。建环专业在充分利用学院、学校层面的教学管理及监督系统外,注重从实验中心层面充分利用线上交流平台,加深教师与学生的互动,提高对学生实验的辅助力度,尤其在设计性、探索性实验项目上均设置有独立的线上交流答疑平台,部分项目甚至按教学班独立设置,以实现针对性辅导。同时,利用课程群及时公告、通知实验教学安排及变动,提高教学管理力度和效率。此外,利用信息化技术开拓更加便捷、细致、多方位的教学评价手段,增加学生对课程内容及教师上课质量的反馈途径。除学校教学系统针对课程的线上评分外,课程内部还增加了针对各实验项目的独立线上问卷调查,以更好地把握学生对各实验项目教学效果及教师教学质量等方面的意见反馈,加强实

验教学教师的自我监督,促进课程的持续改进。

(四)建设师资队伍

为切实实施“基于工程创新人才培养的‘二三四’实践教学体系”,建环专业坚持“引进来”和“走出去”相结合,打造了一支以高学历中青年教师、实验室专职教师为主体,校内外知名专家、离退休教师、研究生助教、业界精英等为辅助的“一体多元”的“能站讲台、能开实验、能做科研、能带实践”的高水平实践教学团队。在综合型创新性实验课程建设和教学中,坚持以高水平实践教学团队为有力支撑,由经验丰富的教师带头,统筹课程教学体系,制定课程教学大纲及培养计划,指导年轻教师参与实验资源建设,设置实验室专职教师承担实验教学专职工作。

三、课程的教学实践

专业综合实验课程每年服务约 120 名大四本科学生,在持续建设和实践中,课程逐渐展现出全新的面貌。实验教学资源逐渐呈现立体化,实验平台及配套的设备仪器也更具前沿性和科学性。教学模式由“教师为中心”转变为“学生为中心”,同时衍生了半开放式教学、研讨式教学、互动式教学等多元化教学方式(图 5—图 8)。

图 5　研讨式教学

图 6　互动式教学

图 7　学生自主实践

图 8　虚拟实验的泛在化学习

2019 年,专业综合实验课程在教学系统上的学生评价为 97.63 分,部门评价为 98 分,在各课程评分中名列前茅。

针对设计性综合实验有 95%的学生认为设计性实验更能增加其学习的兴趣,80%的学生认为参与度很高,86%的学生认为该设计性实验更能提高其实践应用能力、分析总结能力和创新思维等综合能力。

针对虚拟仿真实验项目有 95%以上的学生认为实验有助于增强对专业知识的认识和了解,有

73%以上的学生认为自主学习和思考能力得到了锻炼。

此外,该课程在促进一流专业建设,支撑国家级实验教学示范中心建设及全国高校建筑环境与能源应用工程专业评估工作中均起到了重要作用。

四、课程建设和实践的创新点

综合型创新性人才培养课程构建了“一个目标,三个层次”的综合型创新性人才培养课程体系,并明确课程在“基于工程创新人才培养的‘二三四’实践教学体系”中的定位和功用,使本科实验教学从相对浅显的实践应用转变为衔接本科理论教学、工程实践、科学研究的重要桥梁,大大提高了实践教学的地位,使实验真正成为学生知识转化、能力锻炼的实操“战场”。实验项目的设置与规划实现了共性与个性培养、基本能力与创新能力培养、虚仿与实体的结合,提出了工业 4.0 时代与我国的制造业发展新形势下的工科人才培养新内涵,创建了工科专业创新人才培养的资源建设与实施新途径。通过校企共建、研学融合等多元化的实践平台建设与虚实结合、翻转课堂等教学手段改革,有力地保障了实验教学资源和水平始终处于我国工程实践的技术前沿。

五、结语

目前,专业综合实验课程已将“以学生为中心”的教学理念落实到实处,在人才培养和一流专业建设中发挥着重要作用,获得了学生、部门和同行的高度认可,推广应用效果好,为学校和其他高校同类专业实验课程建设与改革提供了借鉴。但课程仍需持续紧跟国家教育政策,坚持服务国家战略需求,迎接新机遇新挑战,对课程不断优化提升,以支撑一流专业建设,培养适应新时代需求的卓越工科人才。下一阶段,课程将对实验项目群进行精品打造,并建设线上线下混合实验教学项目,出版课程针对性实验教材,以进一步提高课程品质和示范性。

参考文献:

[1]林健. 谈实施“卓越工程师培养计划”引发的若干变革[J]. 中国高等教育,2010(17):30-32.

[2]林健. 新工科建设:强势打造“卓越计划”升级版[J]. 高等工程教育研究,2017(3): 7-14.

[3]教育部高等学校教学指导委员会著. 普通高等学校本科专业类教学质量国家标准[M]. 北京:高等教育出版社,2018.

[4]姜艳红,崔承毅,秦晓梅,等. 国内外虚实结合实践教学理念及方法研究综述[J]. 工业和信息化教育,2019(10):1-6,12.

[5]刘沈如,王伟,张其林,等. 基于全过程课程设计虚实结合教学模式探讨[J]. 高等建筑教育,2019,28(4):99-102.

[6]张大良. 因时而动返本开新 建设发展新工科:在工科优势高校新工科建设研讨会上的讲话[J]. 中国大学教学,2017(4): 4-9.

[7]林年冬. 整体优化本科实验课程体系的探讨[J]. 实验技术与管理,2011,28(7):144-146,150.

[8]方芳,钟秉林. 在建设一流学科的进程中着力加强创新人才的培养[J]. 江苏高教,2017(1):14-17.

[9]钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究,2017(3): 1-6.

[10]林健. 面向未来的中国新工科建设[J]. 清华大学教育研究,2017, 38(2):26-35.

[11]李聪波,林利红,汤宝平,等. 新工科建设背景下机械制造技术基础课程建设探索[J]. 高等建筑教育,2020,29(2):23-23.

[12]陆国栋,李拓宇. 新工科建设与发展的路径思考[J]. 高等工程教育研究,2017(3): 20-26.

[13]孔纲强,刘汉龙,沈扬,等. 基于科研资源的路基工程课程设计实践教学探索[J]. 高等建筑教育,2020,29(3):145-151.

[14]王运武,黄荣怀,杨萍,等. 改革开放 40 年中国特色教育技术学的回顾与前瞻[J]. 现代远程教育研究,2019,31(3):

18-27.
[15]姜晓萍.一流大学拔尖创新人才培养的两个维度[J].中国高等教育,2018(1):41-42.
[16]教育部办公厅.关于开展2015年国家级虚拟仿真实验教学中心建设工作的通知[EB/OL].[2015-6-25].http://www.moe.edu.cn/.
[17]国务院.关于印发统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案的通知[EB/OL].[2015-11-5].http://www.gov.cn/.

Construction and practice of experimental course for comprehensive innovative talent training

CHEN Jinhua, SHEN Xuelian, LI Nan, GAO Yafeng, DING Yong, LIU Meng
(*School of Civil Engineering*, *Chongqing University*, *Chongqing 400044*, *P. R. China*)

Abstract: The School of Civil Engineering of Chongqing University takes double first-class construction, double ten thousand plan, excellent plan, emerging engineering construction and other policy strategies and reform projects as opportunities and aims at cultivating comprehensive engineering talents with innovative spirit and excellent practical and application ability. It continues to build and improve its curriculum by means of knowledge system improvement, integration of scientific research and teaching resources, interdisciplinary teaching, educational informationization construction and diversified teaching methods expansion. Since 2003, building environment and energy application engineering speciality has taken the lead in building and practicing the independent experimental "professional comprehensive experiment course". The experimental projects of the course are highly recognized by students in consolidating their understanding of professional knowledge, exercising their practical application ability, analyzing and summarizing ability as well as innovative thinking and other aspects. The course carries out the teaching philosophy of "student-centered" and has a distinct sequential and systematic character in talent cultivation. It has mature information technology and integrates undergraduate theoretical teaching, engineering application practice and master and doctoral academic research. It makes experimental practice teaching a real "battlefield" for students' knowledge transformation and ability training.

Key words: construction and practice of experimental course; talent cultivation; double first-class construction

(责任编辑　梁远华)