

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2020.03.021

欢迎按以下格式引用:吴巧云,李仁治.以工程教育认证理念为导向的土木工程实验教学体系改革探讨[J].高等建筑教育,2020,29(3):159-167.

以工程教育认证理念为导向的 土木工程实验教学体系改革探讨

吴巧云,李仁治

(武汉工程大学 土木工程与建筑学院,湖北 武汉 430073)

摘要:从武汉工程大学土木工程实验教学中心现状出发,以土木工程专业评估(认证)理念为导向,剖析现阶段实验教学体系存在的问题,根据我国现阶段高等教育培养要求和土木工程专业评估(认证)要求,从教学管理体系、实验教学体系、实验教学等方面进行综合论证,提出改革方案,旨在为社会培养新时代复合型创新人才。同时,在现有实验教学体系下,结合土木工程学科发展动态,提出“一实体、三虚仿”的未来虚实结合教学体系的构建方案,从人才培养方案、教学体系改革、土木工程学科发展三方面阐述了该实验教学体系的意义,展示了“一实体、三虚仿”实验教学体系的基本框架,以期为省属高校相关专业实验教学中心的建设提供借鉴与参考。

关键词:土木工程专业评估;实验教学体系;学科发展;校外实习基地;虚拟实验

中图分类号:G642 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2020)03-0159-08

随着中国社会发展进程的加快,对土木工程专业人才的需求日趋增多。土木工程是以工程技术为基础的学科,实验教学环节在整个土木专业教学过程中占有特殊地位,对于学生思维和素质的协调发展起着至关重要的作用。实验室是人才培养、科学研究的基地,是学生动手实践、探索创新的场所^[1]。一个大学实验室的水平反映了一所学校教学与科研的实力与水平,建设世界一流高校、培养一流人才离不开一流的实验室^[2]。为了判断各高校土木工程学科建设情况与实验中心教研水平,按照住房和城乡建设部文件《全国高等学校土木工程专业评估(认证)文件》中“以评促建、以评促改、以评促管、评建结合、重在建设”的原则,评估委员会对参评高校土木工程专业建设实际情况进行了考察,作出了评估。我国于2016年成为《华盛顿协议》18位正式会员之一,这是我国高等教育发展的一个里程碑,不仅为工科学子走向世界打下了基础,更意味着中国高等教育将真正走向国

修回日期:2019-02-13

基金项目:武汉工程大学教学改革研究项目(X2017014);武汉工程大学校长基金项目(2017025);国家自然科学基金项目(51408443)

作者简介:吴巧云(1985—),女,武汉工程大学土木工程与建筑学院副院长,教授,主要从事工程结构抗震与振动控制研究,(E-mail)

wuqiaoyun@wit.edu.cn。

际化^[3-4]。中国加入《华盛顿协议》的成功,意味着我国获得认证专业的工程教育水平已经达到了国际教育水准^[5],因此,工程教育认证在我国建筑工程类人才的培养中起到了极其重要的作用^[6]。

为了更好地满足我国建筑行业的需求,提高学生的综合素养和动手能力,培养学生创新精神是土木工程实验教学的主要目标和发展方向^[7]。近年来,武汉工程大学土木工程与建筑学院本着以学生为本,以通过土木工程专业评估(认证)为导向,以实验室建设为载体,积极开展土木工程实验教学体系建设与改革。实验室在科学研究、技术、人才、设备仪器等方面具有独特的优势,是连接专业基础和应用开发研究的桥梁^[8]。目前,学校本科阶段的土木工程实验课程主要有土力学实验、土木工程材料实验、材料力学实验、土木工程结构实验和相关专业课程设计,等等。所开设的相关专业实验类别与土木工程专业评估(认证)所要求的开设实验数量存在一定差距。为此,根据目前学校土木工程实验教学体系构建中存在的问题,以点带面,提出对策及建设性方案,以期对土木工程实验教学平台构建及实践创新综合型人才培养有所裨益。

一、现阶段实验教学中存在的问题

结合我国现阶段高等教育提出的“宽口径、厚基础、复合型”培养要求^[9],围绕土木工程专业评估(认证)要求,分析武汉工程大学土木工程与建筑学院土木工程实验教学中心现状,主要存在以下问题:

(一) 实验课程较少、不够全面

综合全国各高校实验课程开设情况,多数高校将土木工程实践性教学贯穿于理论教学之中,实验课程大多是对理论的验证,远远达不到提高学生综合素质的要求。加之,长期以来实验教学受重视程度不够,导致理论课程开设较多而实验课程较少。例如:相较于通过土木工程专业评估(认证)的高校尚缺乏工程化学实验、流体力学实验,等等。在综合研究型大学中,很多任课教师都肩负着大量的科研任务,教师在课后从事实验教学指导明显精力不够,从而影响学生对实验相关知识的掌握。

(二) 实验内容单一、涉及面窄

实验教学的精髓在于内容的丰富性与全面性。传统土木工程实验仅限于基础性实验,实验项目类别较少,无法培养学生全面的实验动手能力。在实验教学中,各类实验准备工作和实验方案循规蹈矩,实验内容单调。长此以往,学生只会机械操作而缺少思考,不利于培养学生的创新能力。同时,实验教学内容存在交叉和重复,如材料的力学性能实验在土木工程材料和材料力学等课程中重复出现,土的性质和受力特点实验在岩土力学和基础工程课程中反复提及。各门课的实验教学部分都会反复介绍实验仪器的使用及实验方法,既浪费了有限的实验学时又难以激发学生的实验热情和积极性^[10]。

(三) 实验投入不足、资源相对匮乏

实验教学资源一直是各高校实验教学发展的一大痛点,任何实验体系的建设均离不开各项资源的大量投入。由于实验室建设、实验设备的购置、实验材料的更新与损耗都需要大量的土地、空间资源和资金投入,受高校占地面积、空间规划、资金分配等因素影响,使得实验教学发展无法取得质的改变。如:武汉工程大学土木工程实验中心场地面积为 2 626 m²,与各兄弟院校的实验场地面

积还有较大差距,导致实验开展存在局限性。土木工程实验多为室内实验,缺少相关的现场原位实验。由于现场环境较为复杂,实验时间长,危险性较大,费用较高,很多现场原位实验都无法开展,导致学生对实际工程情况掌握不够,与社会对学生的要求存在差距^[11]。

(四) 实验考核不严、过程监督不够

实验考核主要是检查学生对实验相关基本原理及实验流程的熟悉程度,对学生的实验情况进行监督与促进,考核往往具有实践性、真实性、全面性。而现阶段大部分高校在进行实验考核时往往与该实验的理论课程挂钩,并没有单独设置土木工程专业实验考核,即使考核,成绩仅占理论成绩的很少一部分,对学生未起到充分的监督作用。在武汉工程大学的土木工程实验教学过程中,虽然实验考核是必不可少的,但因实验学时有限,考核更倾向于到课率,学生只要全部实验课程未缺席就能够及格,未能充分反映学生的综合实验能力,对学生也未起到充分的约束和激励,缺乏公平性。

土木工程实验教学在土木工程教学中的重要性不容小觑。但由于课程安排、资源分配、师生态度等主客观因素,导致实验教学的发展缓慢,不利于开拓学生思维,培养创新精神,提升综合素养,因此,进行土木工程实验教学体系改革势在必行。

二、土木工程实验教学体系改革方案

实验教学作为知识向生产力转化的纽带,在高等教育教学体系中扮演着重要的角色^[12]。为深化改革学校实验教学体系,不断适应高等教育改革和发展的形势,以土木工程专业评估(认证)理念为导向,积极探索高等院校土木类实验教育教学规律,形成专业特色突出、体系独立完整、管理科学、师资雄厚、学生主体地位突出的新型教学模式。

(一) 完善实验教学管理

实验教学与教师指导密不可分,教师是建设实验教学平台的主要参与者与实施者。优化管理体系是团队乃至学科发展的保障与催化剂^[13]。2017年武汉工程大学土木工程与建筑学院专职实验技术人员5人,远远低于实验教学管理的总体需求。2018年开展土木工程专业评估(认证)以来,土木工程专职实验人员增至10人,并且结合实验中心具体情况,作了相应调整。第一,在增加实验教学人员的基础上,重新规划师资队伍,优化实验队伍结构。学院积极鼓励理论教师参与实验教学,对相关科研项目进行实验室开放共享与科研补助,激发教师积极性。第二,实验室对各教学板块分派责任教授,负责将理论课程与实验内容进行对应,对实验教学计划进行规划,确定实验类别,避免重复同一类型实验,并对实验教学进行监督,定期检查实验开展情况。第三,在此基础上,对学生实验情况定期进行考核,着重考核学生在实验过程中的主动性和创新性,制定科学、完善的考核体系。学院实验教学管理体系建构如图1所示。

(二) 开展全面实验教学

学校为大力发展实验教学,在原有条件下投入大量资金,拓展实验场地,以加强本科实验教学体系建设。随着土木工程专业评估(认证)工作的不断深入,学校新增了流体力学实验室、工程化学实验室等。在增设之前所缺少的基础实验基础上,扩大了土木工程专业机房面积,采用现代化教学模式进行实验教学,利用多媒体和网络技术,将实验内容呈现于学生眼前,借此加深学生对相关实

验的印象。例如:将现场施工录像、各类工程实例、大型实验操作现场录像、数字化模拟实验动态等通过课堂集体观看,既保证了理论教学的生动性,激发了学生的求知欲,又保障了学生的安全。为了让现代化实验教学不拘泥于形式,借助学院本科生导师制的优势,由导师组织学生观看视频,并根据教师的研究方向,指导学生开展相应的课题研究,加深对相关实验的印象。这样不仅拓宽了学生的视野,同时也锻炼了学生的科研能力。学校2019版土木工程专业实验教学安排如表1所示。

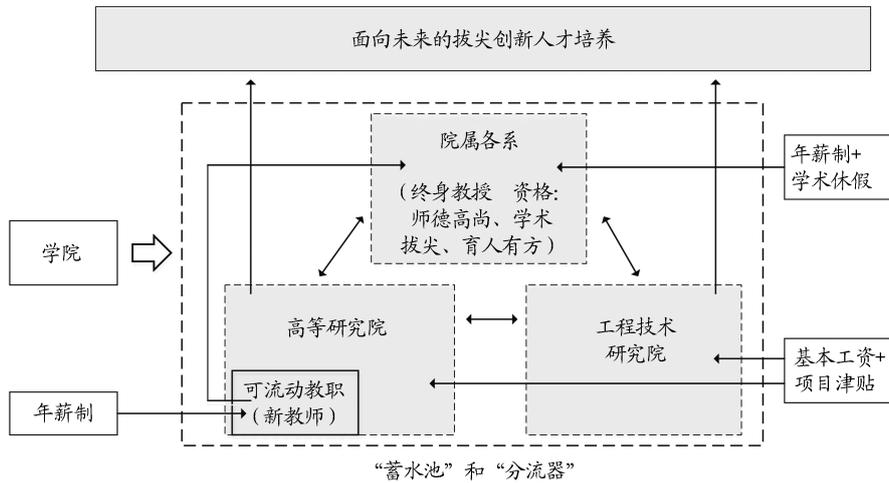


图1 实验教学管理体系构建

表1 武汉工程大学土木工程专业2019版实验教学安排表

实验室名称	操作型实验项目个数	演示型实验项目个数	每组学生人数/人	最低实验学时/h
土力学实验室	6	1	3~5	6
建筑材料实验室	6	1	5~6	12
结构实验室	4	0	4~10	4
力学实验室	5	1	5~6	10
流体力学实验室	5	1	5	4
土木工程测试技术实验室	5	0	4~8	8
岩土测试技术实验室	4	2	8~10	8
道桥实验室	8	0	6	6
工程测量实验室	6	1	6	16
物理实验中心	22	0	1	32
电工实验室	2	0	2	4
土木工程专业机房	13	2	1	32~48
建筑模型实验室	1	0	15	4
给排水实验室	1	0	5	4

(三) 依托校外实习基地拓展实验教学

针对实验投入不足、资源匮乏的现状,积极联系校外大型企业开展合作交流,创建校外实习基地。校外优秀企业不仅可以为学院带来先进经验和技術革新,也可以为学生提供校外实验平台。

很多企业因为社会需求和公司发展的需要,购置了大量新型实验设备,以备在出现紧急情况时可及时通过试验进行可行性分析。例如:学校与中铁大桥局集团有限公司、中建三局集团有限公司等大型国有及民营企业开展了密切合作,建立了良好的发展关系。因此,学院可借助此平台,拓展实验范围,为学生了解学科在工程实际应用中的发展提供机会,完成在校内无法完成的大型实验,帮助学生更好地理解理论知识。与此同时,学校也为企业输送了大量技术人才和科研力量。通过与合作企业的合作,为青年教师提供更多实践的机会,提高了教师将理论与实践相结合的能力,从根本上解决了学校教学与社会需求脱节的问题^[14]。图2为学院实践创新体系四大板块建设内容。

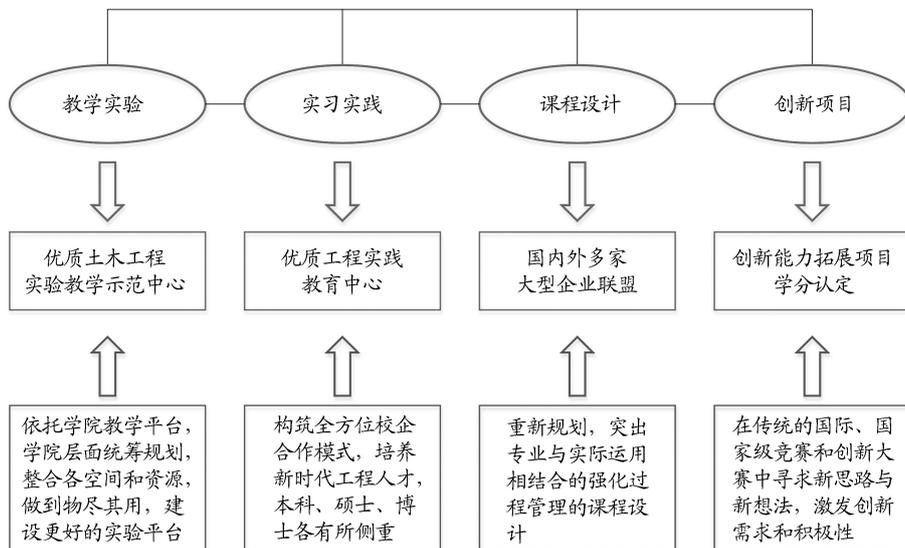


图2 实践创新体系四大板块

(四) 强化实验监督考核

在完成土木工程专业评估(认证)过程中,将实验教学改革与实验课程的考核监督紧密结合,进行教学对培养目标的达成度分析。根据各实验教学计划对学生需掌握的知识点的要求、重要程度,进行发散式教学,整合重要知识点形成教学考核框架,实现“金字塔”递进式实验教学考核模式,根据学生的平时表现、作业完成情况、实验基础知识点、实验创新性分析、实验改进方案,对学生的实验成果及实验创新性进行考核,形成最终考核结果。同时,对学生的实验报告进行规范化要求,强化实验操作规范养成和实验成果的归档处理。在实验期末考核中,形成灵活的系统性评分标准,不再拘泥于“标准答案”,对学生的合理创新点和实验成果给予鼓励,开拓学生的创新精神与批判性思维,为学生日后的深层次学习打下坚实基础。在考核后,针对学生的考核情况进行总结,分析教学指标的达成度,并拟定实验教学改进方案。

三、未来导向

土木工程专业是社会发展必不可少的优势学科,它与人们的生活息息相关,但随着人民生活水平的普遍提高,现代土木工程发展愈发呈现出“空间体量巨大、结构类型复杂、施工周期长、管理复杂化”的变化趋势^[15]。伴随着这种变化,现阶段的实验教学体系将逐渐无法满足新时代对“土木人”的培养需求。因此,为解决土木工程传统教学与学生工程化培养之间的矛盾,促进教学体系深化改革,改变传统意义上的实验室教学模式,发展、完善虚拟化实验教学平台是大势所趋。为此,学

校建立了虚拟仿真 BIM 中心,提出“一实体、三虚仿”实验教学体系,旨在依托基础实验教学平台,逐步发展并完善虚拟实验教学平台,保障学生实验需求,夯实学生实验基础,做到无论大小实验都能在学校完成,为学生日后科研学习或进入工作岗位打下坚实的基础。

(一)“一实体、三虚仿”实验教学体系构建的意义

1. 构建面向未来的人才属性

实验教学是人才培养的重要内容,也是主要抓手。基于思维培养和知识本质把握自我学习的能力以及基于创新素养和多文化融合的发现问题的能力,以“提高实践能力和创新精神”为核心展开实验教学,将共性基础与个性培养结合构建多维度人才培养体系。共性基础包括横纵结合:纵向上构建本科—硕士—博士一体化培养方案;横向上对学生采用多方面结合的培养方案,将课堂教学、实验教学、创新实践、交流合作紧密结合,力争培养世界一流学生。个性化培养则将院内导师制与院企导师制结合,因材施教,培养业界实践与科学研究精英。

2. 促进教学体系深化改革

改变传统意义上的实验室教学模式,更好地将虚实结合,深化发展虚拟仿真技术,采用递进式教学体系,在基础实验教学的基础上应用虚拟仿真技术,构建逼真的操作环境和实验对象,全面延伸实验教学的广度和深度,提升教学质量和水平,使学生在开放、自主、交互的环境中开展高效、安全且经济的实验,达到更好的教学效果^[16]。

3. 创建新型土木工程学科

以科学发展观为基调,顺应时代潮流,构建新型工科发展目标。从单一构件安全到工程系统性能的全面把控,从空间、时间、尺度、深度等多方面深化土木工程学科内涵,并结合各类学科特点,改变传统工科定性思维,驱动人才培养模式的根本转变,使土木工程学科向实现教学手段多元化、学科发展多样化的目标迈进,图3为新时代下新工科要求。

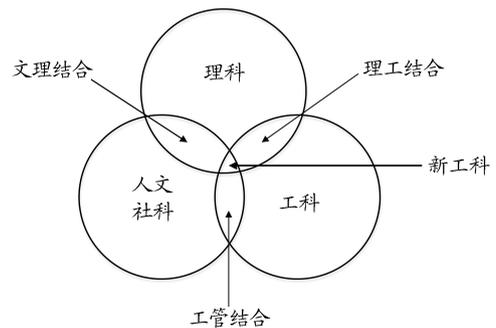


图3 “新工科”要求

(二)“一实体、三虚仿”实验教学体系的具体内容

“一实体”是指以基本实验教学平台为基础,旨在为后期发展更高层次平台建设作铺垫。“三虚仿”是指在基本教学平台基础上可建设虚拟现实类、虚实结合类、性态仿真类虚拟仿真实验教学体系。

1. 实体基础类

此类实验主要面向基础理论验证类实体实验。从学生对基础知识的掌握入手,注重基础实验内容与理论同步,以验证性实验为主,小综合性实验为辅,既加深了学生对理论知识的理解,又培养了学生的实验基础技能。此类实验为学生最先接触的工程类实验课程,学院应将此类实验教学平台作为基础实验教学平台,保证学生能够更好地消化吸收基础专业知识。

2. 虚拟现实类

此类实验主要面向专业基础为主的虚拟现实类实验。从学生的认识过程入手,紧密结合建筑企业的工程实际,构建画面逼真、过程流畅、社会共享的优质仿真资源。此类实验将项目工程抽象

化,与工程实践紧密结合,避免了以往实习过程中“一个构架拼装要看一周,一个基坑施工要看一年”的尴尬,使学生能够提前全面熟悉施工流程。

3. 虚实结合类

此类实验主要面向专业应用的虚实结合类实验。教师从学生学习的难点和要点出发,在模拟实验项目的基础上进行参数化实验,全面提升已有资源的内涵质量。此类实验可以不受空间和时间的限制,在以往的单一参数试验基础上进行多参数、多维度实验,从而保证实验的精确性、系统性和全面性,使学生对各类实验有更深入的理解和认识。

4. 性态仿真类

此类实验主要面向研究创新的结构性态仿真类实验。依托国家重点学科专业优势,紧密结合重大工程建设成果和国际联合科研合作成效,不断将优质科研资源和成果转化为虚拟仿真实验教学资源,充实实验教学内容。此类实验将建筑结构实验与虚拟实验相结合,教学实验与科研实验并进,帮助学生更好地掌握科研实验方法和方式。

“一实体,三虚仿”实验教学体系的构建模式由浅入深、循序渐进,从基础实体教学实验开始,到全面综合培养学生的宏观实验意识,始终坚持面向土木工程行业培养具有创新精神、应用能力的人才。因此,该项目不但着眼于教学模式创新,而且对土木类专业人才培养具有重要的意义。“一实体、三虚仿”实验教学体系的总构架如图4所示。

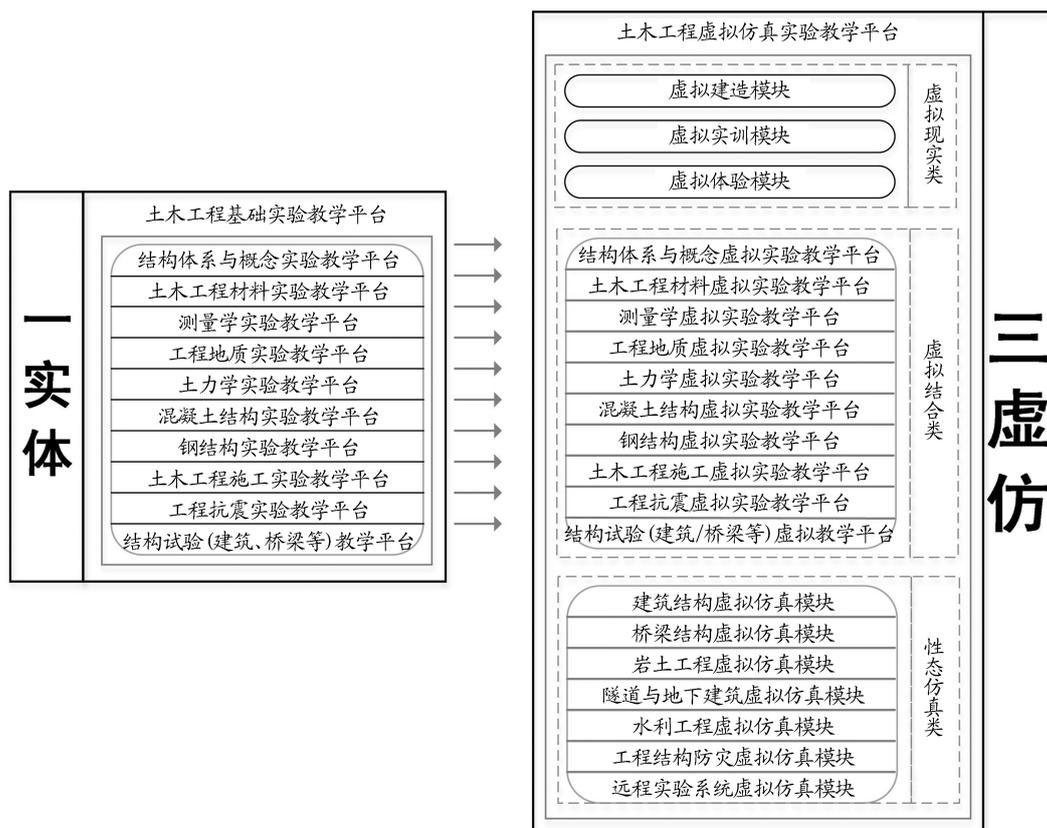


图4 武汉工程大学土木工程专业“一实体、三虚仿”实验教学体系总构架

在发展新型教学模式的实践过程中,要把握知识学习、能力训练、创新精神并重原则,夯实理论基础,强化运用能力培养,在以往的基础上,寻求跨越式发展,为学生提供面向未来的成长环境,构

建前瞻性、操作性、示范性实验项目建设构筑面,以此激发学生兴趣,培养学生的学习能力、动手能力和创新能力,确保学生更好地理解专业知识。

四、结语

武汉工程大学土木工程实验教学中心本着不断发展完善实验教学师资结构、不断深化实验教学体系改革、不断促进土木工程学科建设的决心,努力创建以“基础教学”为基础,以土木工程专业评估(认证)理念为导向,着力发展实验室功能,强化教学过程管理,建设和应用网络实验教学体系,为社会培养创新复合型人才。

新时代的发展已将土木工程专业赋予了新的使命,土木工程专业已从原来的单一性专业发展成为与信息科技结合的高新技术专业。基于科学、系统的学科内涵,各高校都在不断创新以提高信息技术在学科中的应用。武汉工程大学土木工程实验教学中心所提出的“一实体、三虚仿”实验教学体系改革方案,遵从了高素质创新人才的成长规律,将人性化教学作为导向,打破传统界限进行课程整合,取得了显著成效,催生了一批新教法、新课题和新成果,为同类高校土木工程实验教学体系改革提供了思路和参考。

参考文献:

- [1] 杨树国,梁国华,黄乐. 发挥实验资源优势提高人才培养质量[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(10): 179-182.
- [2] 齐建国,张文桂. 建设一流实验室的思考[J]. 实验室研究与探索, 2006, 25(6): 706-709.
- [3] 季静,潘建荣,张海燕. 以工程教育认证为引领的土木工程专业建设与持续改进[J]. 高等工程教育研究, 2018(Z): 18-20.
- [4] 余寿文. 工程教育评估与认证及其思考[J]. 高等工程教育研究, 2015(3): 1-6, 24.
- [5] 王丽荣,张王乐元,刘振平,等. 基于工程教育专业认证标准的“创新实践”课程达成度评价研究与实践[J]. 高等工程教育研究, 2018(Z): 346-348.
- [6] 余建英,陈春来. 基于工程教育专业认证的“建筑工程经济学”课程建设[J]. 高等工程教育研究, 2018(Z): 37-39.
- [7] 杨风,刘军,高金贺,等. 土木工程专业实验教学改革与实践研究[J]. 高等建筑教育, 2014, 23(5): 110-114.
- [8] 齐建国,张文桂. 建设一流实验室的思考[J]. 实验室研究与探索, 2006, 25(6): 706-709.
- [9] 国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020年)[M]. 北京:人民出版社, 2010.
- [10] 陈奕柏,杨东全,韩建刚,等. 地方高校土木工程专业实验教学内容体系改革实践[J]. 高等建筑教育, 2013, 22(1): 138-140.
- [11] 黄晋. 土木工程专业实验教学存在的问题与对策探讨[J]. 科教文汇(上旬刊), 2015(1): 80-81.
- [12] 匡翠萍,宋竑霖,刘曙光,等. 卓越港航人才培养与专业实验教学改革[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(2): 196-199, 209.
- [13] 伊廷华,张杰,李宏男. 科研团队内部文化建设探讨[J]. 高等建筑教育, 2012, 21(5): 41-45.
- [14] 周林聪,邱建慧. 土木工程专业实践教学存在问题及对策研究[J]. 高等建筑教育, 2014, 23(4): 130-132.
- [15] 王卫国. 虚拟仿真实验教学中心建设思考与建议[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(12): 5-8.
- [16] 徐明,熊宏齐,吴刚,等. 土木工程虚拟仿真实验教学中心建设[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(2): 139-142, 216.

Discussion on the reform of civil engineering experimental teaching system guided by the concept of engineering education certification

WU Qiaoyun, LI Renzhi

(*School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430073, P. R. China*)

Abstract: From the current situation of Civil Engineering Experimental Teaching Center of Wuhan Institute of Technology, taking the idea of civil engineering professional assessment (certification) as the guideline, analyzing the problems that exist in the experimental system at present, according to the requirements of the current situation of higher education training in China and civil engineering professional assessment (certification), the experimental teaching system is comprehensively demonstrated from various aspects such as the teaching management system and the experimental system. Then the solutions of referred problems are proposed which aim at developing comprehensive and innovative talents for the society. At the same time, under the existing experimental teaching system, combined with the development of civil engineering disciplines, the construction plan of the “one subject, three virtual imitations” future virtual and real combining teaching system is proposed. From personal training program, teaching system reform, and development of civil engineering, this paper elaborates on the far-reaching significance of the experimental teaching system, shows the basic framework of the “one subject, three virtual imitations” experimental system and provides several references and suggestions for others to construct experimental teaching center.

Key words: civil engineering professional assessment; experimental teaching system; discipline development; off-campus practice base; virtual experiment

(责任编辑 梁远华)