

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2022.05.009

欢迎按以下格式引用:秦卫红,姚一鸣,张志强,等.基于CDIOF-BIM的土木工程联合毕业设计教学实践与思考[J].高等建筑教育,2022,31(5):63-70.

基于 CDIOF-BIM 的土木工程联合 毕业设计教学实践与思考

秦卫红,姚一鸣,张志强,徐 照,陆金钰

(东南大学 土木工程学院,江苏 南京 211189)

摘要:针对土木工程专业毕业设计各专业单独实施、缺乏多专业配合的普遍现状,提出基于 CDIOF-BIM 的联合毕业设计教学模式。该模式以 CDIOF 为指导思想,以实际工程项目为依托,以 BIM 技术为平台纽带,制定了相应的教学流程和方法。通过对 CDIOF-BIM 教学实践实例进行分析,验证了该教学模式的可行性。从实施的效果来看,该模式得到了师生普遍认可,学生工程设计、信息获取、协同创新等能力也得到了明显提高。

关键词:联合毕业设计;CDIOF-BIM;教学实践;专业协作;协同创新;复合型人才

中图分类号:G642 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2022)05-0063-08

新型建筑业通过信息技术驱动,以工程全寿命期系统化集成设计、精益化生产施工为主要手段,整合工程全产业链、价值链和创新链,实现了工程建设的高效益、高质量、低消耗、低排放。这不仅对从业人员知识体系的数字化、智能化和集成化提出了新要求,也对高校人才培养提出了更高要求:如何在保障基础知识掌握上,培育学生综合应用的能力和掌握信息数字技术的能力。

毕业设计是大学生集成化培养的一个重要环节。随着社会对人才多样化要求的提高,高等教育开始向多样化发展方向推动,多学科交叉人才培养的教学改革已成为研究热点之一^[1]。多学科交叉毕业设计教学模式突破了专业限制,从科学关注的实际问题出发,利用各专业学生的专业技能,以团队合作形式进行毕业设计,是对多学科交叉人才培养模式的延伸和拓展。

土木工程作为一门涉及多学科、多领域的综合性学科,开展土木工程联合毕业设计教学已成为主流发展趋势^[2]。当前已有不少高校开展了联合毕业设计的教学试点,然而都存在以下几个关键

修回日期:2022-07-22

基金项目:江苏省教改项目重点课题“面向新工科的土木类专业混合式‘金课’课程体系建设研究与实践”(2019JSJG081);中国高校“金课”建设推进平台计划重点课题“新工科背景下土木类‘金课’课程群建设探索与实践”(JKJH201904);江苏高校“青蓝工程”中青年学术带头人项目;江苏省教改项目重中之重课题“‘前沿引领、软硬支撑、开放互融’的土木类专业国际化高层次创新人才培养模式探索与实践”(2021JSJG012)

作者简介:秦卫红(1968—),女,东南大学土木工程学院副教授,博士,主要从事新材料结构和预应力结构方向研究,(E-mail) qinweihongseu@163.com。

问题:毕业设计时间有限,无法将多个专业有效融合,更多为几个专业的简单拼凑;不同专业学生之间沟通较少,缺少协作平台,无法形成有效的团队合作^[3]。因此,联合毕业设计需要运用科学合理的指导管理方法,对课题选择、团队组成、实施过程等多方面进行改革。本文以东南大学土木工程专业毕业设计为例,以多学科交叉联合毕业设计为教学模式,进行了相应的教学实践案例探索。

一、土木工程联合毕业设计教学模式探索的意义

(一) 培养土木工程复合型人才的需要

早在2007年英国皇家工程院(RAE)发布的《Educating Engineers for 21st Century》中就曾指出,工程师应当扮演三种不同却又相互关联的角色:具有专业知识的技术专家;能够在复杂环境中跨界工作的复合人才;具有创新精神和领导能力的挑战者^[4]。《住房和城乡建设部等部门关于加快新型建筑工业化发展的若干意见》(建标规[2020]8号)中指出,应加强系统化集成设计,推动全产业链协同,加快信息技术融合发展。重点指出通过数字化设计手段推进建筑、结构、设备管线、装修等多专业一体化集成设计,促进多专业协同,提高建筑整体性。如今,土木工程正朝着超大跨、超高层方向发展,多专业协同要求增强、多学科交融增加。土木工程作为一个系统工程,是由多个处于不同环节、职能的专业协同完成,彼此相互依存,只有各专业的高效有机配合,才能较好地完成具体高尖项目工程。这就要求在对土木工程学生培养过程中,不仅加强专业基础知识的学习,同时还要具备一整套综合能力,包括高效的人际交往、团队意识与协作能力等。

(二) 解决当前毕业设计题目类型单一、学科彼此割裂的有效途径之一

传统的土木类专业毕业设计题目通常由教师给定,一人一题,题目类型相对固定,实际内容大同小异,一些题目甚至沿用多年,侧重于对问题的验证,缺乏创新。不同学科之间由于缺少横向联系,只重视本专业理论知识的学习和训练,忽视相关专业知识的拓展,学生缺乏整体的大工程观,其设计成果合理性脱离实际^[5]。这造成了学生毕业设计缺乏挑战性、创新性和吸引力,直接导致了知识面不够宽、团队合作意识淡薄等问题。为此,借助毕业设计这一途径,通过不同专业联合设计,激发学生的主观能动性,群策群力,以为土木工程毕业设计注入新动力。

(三) 为毕业设计教学提出了新挑战和新契机

当前已有不少高校开展了联合毕业设计的教学试点,然而都存在以下几个关键问题:毕业设计时间有限,无法将多个专业有效融合,最后成为几个专业的简单拼凑;不同专业学生之间沟通较少,缺少协作平台,无法形成有效的团队合作^[3]。因此,联合毕业设计需要运用科学合理的管理方法,对课题选择、团队组成、实施过程等多方面进行改革^[6]。

基于此,本文提出基于CDIOF-BIM的土木工程联合毕业设计教学模式。

二、CDIOF-BIM 教育理念

(一) CDIOF 理论的提出

CDIO是构思(Conceive)、设计(Design)、实施(Implement)和运行(Operate)四个单词首字母大写的缩写。该理论于2001年由美国麻省理工学院与瑞典皇家技术学院、查尔姆斯技术大学和林肯平大学联合提出,旨在构建一套全新的工程教育思想^[7]。其来源于工程系统的全生命周期理论,强调在工程活动“构思—设计—实施—运行”的全生命周期过程中,将教学建立于实际工程情景中,使

学生能够将所学的专业知识应用到工程实践中^[8]。结合土木工程,“构思”包括业主需求、投资计划等;“设计”主要包括工程设计方案、施工方案等;“实施”是指项目的建设和管理过程等;“运行”包括项目的试运营等。

而在上述过程中,信息的反馈非常重要,只有及时进行沟通,才能保证系统的高效运转。为此,提出在 CDIO 实施过程中应实时开展“反馈评价”(Feedback Evaluation),简称“CDIOF”。

(二) BIM 技术

BIM (Building Information Modeling, BIM), 即建筑信息模型,是由查克·伊士曼 (Chuck Eastman) 在 1975 年提出,旨在建立一个基于计算机系统,实现对建筑物智能模拟,保证建筑模型的可视化、一体化、参数化和具有仿真性、可出图性、信息完备性等特性^[9]。BIM 技术的发展,为多专业联合毕业设计提供了平台和有效途径。

住建部正在大力推广建筑信息模型 (BIM) 技术,加快推进 BIM 技术在新型建筑工业化全寿命期的一体化集成应用,试点推进 BIM 报建审批和施工图 BIM 审图模式,推进与城市信息模型 (CIM) 平台的融通联动,提高信息化监管能力和建筑行业全产业链资源配置效率,发挥新型建筑工业化系统集成综合优势。

为此,通过引入 CDIOF 工程教育理念和 BIM 技术,开展基于 CDIOF-BIM 的联合毕业设计教学模式的探索与实践,尝试以工程项目实现为导向,在解决实际问题、实现项目的过程中培养学生的沟通协作能力、大工程意识。

三、基于 CDIOF-BIM 的联合毕业设计教学模式架构

基于 CDIOF-BIM 的联合毕业设计教学模式架构如图 1 所示。该模式以 CDIOF 为指导思想,以实际工程项目为依托,以 BIM 技术为纽带和平台,设置相应的教学流程和方法。

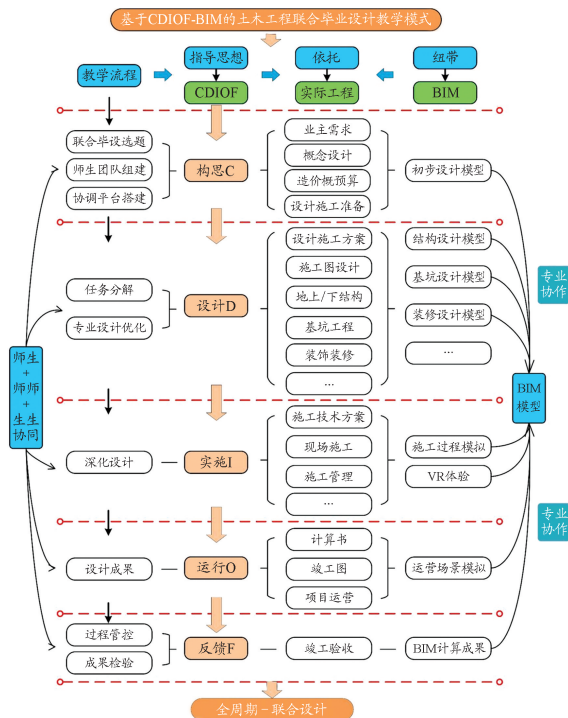


图 1 基于 CDIOF-BIM 的联合毕业设计教学模式架构

(一) 构思 (Conceive)

联合毕业设计构思包括师生团队组建、联合毕业选题、协调平台搭建等内容。

首先,应建立不同专业的教师团队、不同专业的学生团队。根据土木工程毕业设计可能涉及的专业,如上部结构设计、地下防护工程设计、基坑支护、施工组织设计和工程管理等专业,在选择学生比例时根据不同专业毕业生本身毕业设计工作量进行匹配。以一个由两栋框架房屋的设计流程为例,选择两名同学进行上部结构设计、其他专业各一名学生。如上,每个学生的毕业设计工作量比较符合原专业各自的毕业设计工作量,与未进行联合毕业设计的原专业其他学生的工作量也吻合。在指导教师的配备上,每个学生均配备各自专业的一名指导教师,两个上部结构设计的同学可以配备同1名或者不同的指导教师。因为这种模式仅进行了两次尝试,覆盖学生也是部分学生,所以未进行更大的生师比试验。但是可以预见,这种模式如果推广下去,生师比可以扩大至2—5名。

其次,确定毕业设计题目,形成毕业设计任务书。毕业设计应以实际工程为依托,明确设计目标和内容,包括实际工程的业主需求、造价概预算等,形成初步的概念设计。为保证最后设计成果的完备性和系统性,同时考虑各专业不同的教学目标和专业特点,分别制定了各专业设计任务书,明确了各专业设计内容及成果要求,对设计内容、BIM模型、出图标准、计算说明等做了较为详细的规定^[10]。

另外,搭建协同平台,包括:设计软件、标准规范、电脑、师生沟通平台等。为保障多专业的高效协同和工作有序开展,学校应提供必要的软硬件设施,实现在沟通平台上指导学生。

(二) 设计 (Design)

确定设计任务之后,通过对各个专业的设计任务进行分解,分别制定了设计任务书,明确各专业分工,开始进行专业设计和协同设计。

该阶段主要进行工程项目方案设计和施工方案设计,具体包括结构设计、基坑设计、装饰装修设计等,形成初步的施工图。其中,各专业的计算模型能够在BIM平台上进行衔接,这要求师生对建模软件有较高的熟练程度。

另外,在设计过程中,各专业需综合运用平时所学基础理论知识,对项目的定位、类型及设计内容进行理性分析,并给出合理的设计方案和设计策略。同时,各专业要保持密切沟通,既要满足项目的合理需求,又要保证技术的合理性和与专业间的协调性,充分体现理论结合实践的教学目标设定。

(三) 实施 (Implement)

对于实际工程,“实施”是指项目的建设和管理过程,包括施工及管理、成本控制等。而在毕业设计阶段,需根据工程项目的施工过程模拟,检查是否存在碰撞、设计不合理等问题,进而进行深化设计,优化设计方案。

(四) 运行 (Operation)

在实际工程中,“运行”主要是指项目主体结构实施完成后,进行的调试和预运营过程。而在毕业设计过程中,可以对运营场景进行模拟,检验设计成果。

(五) 反馈 (Feedback)

“反馈”包括毕业设计过程中教师对学生毕业设计的指导、监督,学生之间信息的沟通,以及毕业设计成果的检验。及时沟通反馈是促进毕业设计有序高效开展的保障。

四、基于 CDIOF-BIM 的联合毕业设计教学实践实例分析

基于 CDIOF-BIM 理念开展土木工程联合毕业设计教学实践,涉及的专业有结构工程、地下工程、岩土工程、工程管理等。

(一) 教学实践实例构思

1. 毕设选题

毕业设计课题选择需适合多专业的联合设计,且难度宜适中。如选择“滨州市渤海先进技术研究院设计”实际工程为课题,设计内容包括结构设计、岩土设计、施工设计、项目管理等,要求学生能够根据给定的资料进行项目全过程设计。

2. 成果要求

为使最后成果完备、系统,考虑到各专业不同的教学目标和专业特点,分别制定了各专业设计任务书,明确了各专业设计内容及成果要求,对设计内容、BIM 模型、计算说明等做了规定。譬如,结构专业学生完成 2 栋办公楼设计;地下工程专业学生完成办公楼人防地下室设计;岩土专业学生完成办公楼基坑支护设计;工程管理专业学生完成办公楼施工组织设计和 BIM 技术在土建工程设计中的应用。

3. 组织形式

建立结合校内外指导教师专业特点的联合指导小组。根据毕业设计任务要求和设计专业需求,组建学生联合设计小组。

(二) 设计→实施→运行

在确定了设计任务之后,对各个专业进行分解,分别制定设计任务书,明确各专业分工。

按照教学大纲要求,毕业设计时间为 18 周。为了确保在规定时间内完成所有任务,考虑到设计过程内容繁多、环节复杂,各专业制定了严格的研究计划。计划的总体要求为:各专业学生不仅要尽早完成自己专业的任务,同时根据团队总体部署,与其他专业做好沟通,有序推进,协同完成。如图 2 所示,是某工程管理学生制定的研究方案和技术路线。



图 2 研究方案和技术路线

在实施中,根据给定的建筑方案,结构专业学生快速进行上下部结构的方案设计和结构计算;岩土专业学生进行地下设计;工程管理专业学生进行施工设计、项目管理、装饰装修等,这些设计实时通过 BIM 平台进行交互使各专业之间有序衔接。

另外,在实践中,通过师生研讨,总结出了一套适合于多专业联合毕业设计的 BIM 软件全过程使用技术路线:方案设计(SketchUp)→建筑建模(Revit)→结构分析(PKPM)→可视化展示(Lumion)→计量计价(广联达/斯维尔 BIM5DforRevit)→施工模拟(Fuzor)→运维管理(ArchiBUS)。各 BIM 软件的功能和之间的信息流如图 3 所示。

毕业设计最终成果呈现主要包括论文和 BIM 模型。各专业形成的对应论文如下:结构专业:《滨州市渤海先进技术研究室——A2 办公楼结构设计》《滨州市渤海先进技术研究院——采购项目办公

A-4 结构设计》;地下工程专业:《滨海市渤海先进技术研究院——办公楼人防地下室结构设计》;岩土专业:《滨州市渤海先进技术研究院——A区办公楼项目基坑支护设计》;工程管理专业:《滨州市渤海先进技术研究院——办公楼施工组织设计》《基于BIM技术的土建工程多学科一体化毕业设计》。形成的部分BIM模型如图4所示。

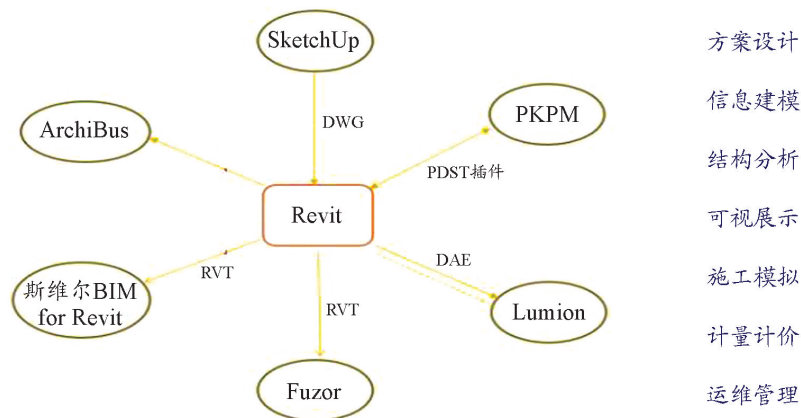


图3 各BIM软件的功能和之间的信息流

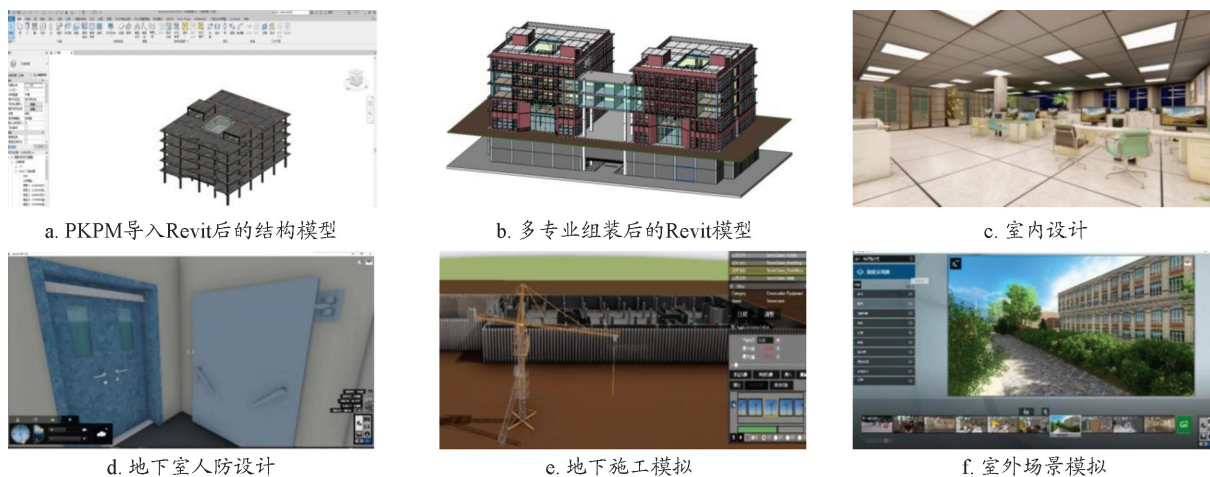


图4 部分BIM模型效果图

五、基于CDIOF-BIM的联合毕业设计教学效果与思考

(一) 教学效果

1. 基于问卷调查的教学效果评价

笔者对参与联合毕业设计的学生开展了“联合毕业设计”调查,内容包括“联合毕业设计结果的满意程度”“联合毕业设计能力锻炼”等。

调查结果显示,在“联合毕业设计结果的满意程度”调查中,调查结果为“满意,基本符合作品水平”的比例为100%,充分反映了联合毕业设计效果较好,得到了学生的认可。

另外,对“联合毕业设计能力锻炼”的调查结果如图5所示。可以看出,所有学生的团队协作能力得到锻炼(占比为100%);大多数学生的知识信息获取能力(占比为83%)、实践及动手能力(占比为67%)得到了锻炼;还有50%的学生认为创新能力得到了锻炼。这说明通过联合毕业设计的教学过程,使学生各方面的能力得到全面提升。

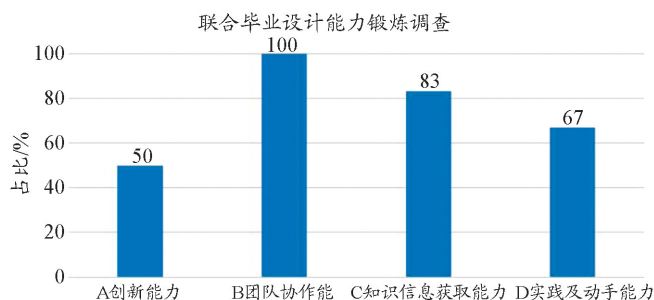


图5 “联合毕业设计能力锻炼”的调查结果

2. CDIOF-BIM 毕业设计培养模式实用性强、适应性好

根据毕业设计目的,多专业联合毕业设计,既可以是全专业的,也可以是部分专业的联合教学。

多专业联合教学,可以借助于视频会议、微信、BIM 工作集等技术实现跨地域、跨时空的沟通与交流及联合毕业答辩与指导。特别是 2020 年以来新冠疫情暴发期间,师生可以线上实时沟通交流。

3. BIM 模型管理便于联合毕业设计教学效果反馈

三维化、BIM 信息化的特性让联合毕业设计更加直观、清晰,有利于信息传递和反馈。各专业之间的沟通和资料共享更加便捷、高效和精准。教师指导和学生理解也更加明晰和具体,达到事半功倍的教学效果。

(二) 思考与展望

结合多专业联合毕业设计实践探索,提出几点思考。

1. 多专业联合毕业设计的选题宜多方考虑

毕业设计课题的选定不应只考虑本专业的要求,而应考虑设计过程中易于多专业的沟通协调的课题内容。同时,毕业设计课题的内容应根据师生团队的专业特点进行选定。

2. 科学的团队组建,高效的团队管理

受毕业设计时间限制,多专业之间的时间衔接是实施过程中面对的最大难题。因此,团队组建、沟通、管理尤为重要。团队组建过程中,专业数量不宜过多,如本案例中,专业选择有结构工程、地下工程、岩土工程、工程管理等,并没有将电气、暖通、给排水、园林等专业全部纳入。另外,设计过程中,教师应加强引导监督,学生需加强自我学习管理和各专业之间的有效沟通和协作。

3. 有效的协同平台保证

该教学模式需要占用较多的教学资源,涉及大量的设计软件、人员和硬件设施,尤其是 BIM 软件等,对学校的软硬件设施提出了更高要求。

4. 对辅导教师工程实践能力提出了新要求

传统重理论、轻实践的教学模式使得教师更关注于课堂教学,而开展基于实际项目的跨专业联合毕业设计,要求教师拥有丰富的工程实践经验,了解一般土木工程项目的的设计过程,并对不同复杂程度项目中的技术选用有着较强的把握能力。这就要求高校转变教学培养观念,提高教师工程实践能力。

六、结语

基于 CDIOF-BIM 的土木工程联合毕业设计教学实践表明:

(1) 建立以 CDIOF 为指导思想、以实际工程为依托、以 BIM 技术为纽带的教学模式,通过各专业的紧密协作,毕业设计成果丰硕,学生满意度接近 100%;

(2) 总结出适合于多专业联合毕业设计的 BIM 软件全过程使用技术路线:方案设计(SketchUp)→

建筑建模 (Revit) → 结构分析 (PKPM) → 可视化展示 (Lumion) → 计量计价 (广联达斯维尔 BIM5DforRevit) → 施工模拟 (Fuzor) → 运维管理 (ArchiBUS);

(3) 该模式有效锻炼了学生的团队协作能力、知识信息获取能力、实践及动手能力和创新能力,拓宽了指导教师的知识面,增强了指导教师工程实战经验;

(4) 该模式对毕业设计也提出了新要求:合理的师生团队组合、多专业的合作协同、高效的组织管理、有效的协同平台等。

参考文献:

- [1] 李鸣铎,汪金花,甘泽,等. 联合毕业设计评价方法探讨[J]. 华北理工大学学报(社会科学版), 2020,20(5):108-111.
- [2] 闫文赏,曹业启,张馨圆,等. 普通本科院校土建类“多专业团队式”毕业设计模式的探索与实践[J]. 教育教学论坛, 2018(32): 171-172.
- [3] 张玉龙. 基于 BIM-CDIO 的土建类高校跨专业联合毕业设计模式研究[D]. 河北建筑工程学院,2019.
- [4] King J E. Education engineers for the 21st century [C]. International Engineering Education - the INAE - CAETS - IITM Conference. 2015.
- [5] 张耀军,徐宗美,周翠玲,等. 土建类专业联合毕业设计教学改革与探索[J]. 中外建筑, 2019(11):76-78.
- [6] 吴浪,谢月. 基于 BIM-CDIO 的土建类高校跨专业联合毕业设计模式研究[J]. 安徽建筑, 2022, 29(3):111,185.
- [7] Crawley E F, Malmqvist J, ? stlund S, et al. The CDIO Approach[M]. Rethinking Engineering Education,2014.
- [8] Fan Y, Zhang X, Xie X. Design and Development of a Course in Professionalism and Ethics for CDIO Curriculum in China[J]. Science & Engineering Ethics, 2015, 21(5): 1381-1389.
- [9] 史海欧,袁泉,张耘琳,等. 基于 BIM 交互与数据驱动的多专业正向协同设计技术[J]. 西南交通大学学报,2021,56(1): 176-181.
- [10] 刘方成,何杰,郑辉,等. 基于 BIM 应用的土木工程小组协同毕业设计实践[J]. 当代教育理论与实践,2019,11(1):80-84.

Teaching practice and reflection on joint graduation design of civil engineering based on CDIOF-BIM

QIN Weihong, YAO Yiming, ZHANG Zhiqiang, XU Zhao, LU Jinyu

(School of Civil Engineering, Southeast University, Nanjing 211189, P. R. China)

Abstract: In view of the current situation that the graduation design of civil engineering is mostly implemented by students of each major alone and lacks multi-disciplinary cooperation, a joint graduation design teaching mode based on CDIOF-BIM is proposed. This model takes CDIOF as the guiding ideology, relies on actual engineering projects, takes BIM technology as the platform, and formulates corresponding teaching processes and practice methods. Through the analysis of CDIOF-BIM teaching practice examples, the feasibility of this teaching mode is verified. From the effect of implementation, this model has been recognized by teachers and students, and students' abilities in engineering design, information acquisition, and collaborative innovation have been improved.

Key words: joint graduation design; CDIOF-BIM; teaching practice; professional collaboration; collaborative innovation; compound talent

(责任编辑 崔守奎)