

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2020.01.014

欢迎按以下格式引用:袁焕鑫,杜新喜,郭耀杰.约翰·霍普金斯大学土木工程专业课程设置与教学分析[J].高等建筑教育,2020,29(1):102-109.

约翰·霍普金斯大学土木工程 专业课程设置与教学分析

袁焕鑫,杜新喜,郭耀杰

(武汉大学 土木建筑工程学院,湖北 武汉 430072)

摘要:约翰·霍普金斯大学是美国第一所研究型大学,该校土木工程专业本科教育主要采用精英教育模式。文章介绍了约翰·霍普金斯大学土木工程专业的培养方案和培养目标,对其专业课程设置进行了分析,阐述了工程结构发展演变和结构设计两门专业必修理论课程的教学内容和教学方法。同时与武汉大学土木工程专业培养方案和课程设置进行比较,从精英教育培养模式、研究性学习模式和实践锻炼三个方面对提高专业人才培养质量进行了探讨,对提升中国工程教育的国际影响力和国际认可度提出了相关建议。

关键词:精英教育模式;土木工程专业;专业认证;中外教学比较

中图分类号:G642.0;TU **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2020)01-0102-08

随着中国建筑业市场的蓬勃发展,以及“一带一路”建设的实施^[1],参与中国土木工程项目建设的国际工程企业逐渐增多;同时国内工程企业也大力开拓海外市场,在此背景下,对具备国际竞争力的土木工程专业人才的需求进一步加大。土木工程专业已正式纳入中国工程教育专业认证体系,以及国际工程教育学位互认协议《华盛顿协议》名单,这对土木工程专业人才培养质量提出了更高的要求,即必须达到国际认可质量标准^[2]。武汉大学土木工程专业于2017年5月通过专业认证。学校贯彻“人才培养为本、本科教育是根”的办学理念,在专业建设方面与国际领先水平接轨,不断提高人才培养质量和国际认可度,着力提升工程教育的国际影响力。

根据中国工程教育专业认证协会的相关要求^[3],目前国内高校积极推进相关专业认证、专业建设和教学改革工作,有关教学和研究人員也着力开展教育教学的改革研究。董晓梅^[4]介绍了德国、美国、法国和日本等发达国家具有鲜明特色的工程教育人才培养模式,阐述其对中国创新性工程人才培养的启示。林健^[5]从工程教育教学理念、工程专业人才培养和课程体系等多个方面,探究工程教育认证与工程教育教学改革和发展之间的关系,并提出可供借鉴的具体改革举措。江学良等^[6]

修回日期:2019-07-13

基金项目:武汉大学青年拔尖人才培养出国(境)研修计划(2018)

作者简介:袁焕鑫(1988—),男,武汉大学土木建筑工程学院副教授,博士,主要从事结构工程研究,(E-mail) yuanhx@whu.edu.cn.

结合学校专业认证特色,对土木工程专业人才培养体系以及专业发展进行分析和探索,旨在提高人才培养质量,增强人才的社会适应性。张云莲等^[7]分析了在土木工程国际化专业建设过程中的探索和实践,着重探讨国际化人才培养方案、全英文授课团队建设以及留学生教学质量监控的相关措施。郑夕健等^[8]基于工程教育专业认证要求,围绕钢结构课程开展教学改革研究,提出课程教学设计思路,以及提升人才培养质量的改革举措。徐燕敏和任令涛^[9]梳理了美国麻省理工学院工程专业课程在前学院时期、学院时期和新学院时期三个阶段的演变史,分析了该校处理工程教育复杂关系的方法,其相关经验对中国工程教育改革有借鉴价值。此外,鲁正和杨玉玲^[10-11]对中国和主要西方发达国家的土木工程专业课程设置和教学内容进行了比较,提出了教学改革思路和建议。陈聪等^[12]对专业主干课程混凝土结构在中国和德国高校的教学情况进行了比较,详细分析了两国在混凝土结构计算方法、计算原理等主要知识点上的异同,促进中外合作办学的开展。李林瑾等^[13]对比分析了中美欧 26 所高水平大学土木工程专业培养方案和课程设置情况,从总学时数、课程结构、通识课程以及实践教学四个方面进行了具体阐述,并针对中国工程师培养的薄弱环节给出了建议。

笔者受武汉大学“青年拔尖人才培养出国(境)研修计划”资助,于 2018 年 11 月以访问学者身份赴美国约翰·霍普金斯大学(Johns Hopkins University)土木工程系进行访问学习与研究,合作导师为 Ben Schafer 教授。约翰·霍普金斯大学创立于 1876 年,是美国第一所研究型大学,2019 年在美国新闻和世界报导的全球大学排名中居第 12 位^[14]。在访学期间,笔者对该校土木工程专业培养方案与课程教学进行了调研,旁听了数门本科专业课程,并与其任课教师进行了交流。本文首先对约翰·霍普金斯大学的土木工程专业培养方案与课程设置进行介绍,对其本科专业课程教学进行分析和阐述,然后结合武汉大学土木工程专业培养方案和专业课程设置情况作比较分析,最后根据中国教育部“学生中心、产出导向、持续改进”的专业认证理念,结合国内土木工程专业建设情况,探讨在当前形势下工程教育和人才培养的问题。

一、约翰·霍普金斯大学土木工程专业培养方案

(一) 培养目标

约翰·霍普金斯大学土木工程专业 1936 年通过由美国工程与技术认证协会 ABET 工程认证委员会(Engineering Accreditation Commission of ABET)开展的教育质量认证评估。学校人才培养目标:要求获得土木工程学士学位的学生应熟练掌握土木工程学科的数学和物理基础规律,充分了解创新性工程设计,有专业责任感,并具备以下具体能力:运用数学、科学和工程知识的能力;设计和开展工程试验,以及对试验数据进行分析评估的能力;在现实环境及需求下开展设计,能综合全面考虑经济、环境、社会、政治、道德、健康与安全、生产以及可持续发展等各个方面问题的能力;了解、分析和解决具体实际工程问题的能力;团队协作和表达交流的能力;评估工程设计方案对经济、环境和社会所产生影响的能力;具备职业道德素养;适应社会需求,进行终身学习的能力;具有运用技术手段、专业技能和工具开展实际工程实践的能力。

(二) 培养方案

约翰·霍普金斯大学土木工程专业本科毕业一般要求修满 128 学分,包括 34 学分的专业基础必修课程以及 33 学分的专业课程和实践课程,还有 20 学分的基础科学课程、16 学分的数学课程、

18 学分的人文社科课程以及 7 学分的任选课程^[15]。专业基础必修理论课程设置情况见表 1,可以看出该校结构设计课程包含了钢筋混凝土结构、钢结构和木结构等内容,有助于学生融会贯通地掌握专业知识,而主要专业课程均包含实验环节,旨在着力培养和锻炼学生的动手能力。

表 1 约翰·霍普金斯大学土木工程专业基础必修理论课程

| 课程名称 | 学分 | 备注 |
|--|----|---------------------------------------|
| 工程结构发展演变 (Perspectives on the Evolution of Structures) | 3 | 含实践环节 |
| 静力学与材料力学 (Statics & Mechanics of Materials) | 4 | 含实验内容,必须完成实验安全培训 |
| 动力学 (Dynamics) | 4 | 含实验内容,必须完成实验安全培训 |
| 固体力学与结构理论 (Solid Mechanics & Theory of Structures) | 3 | - |
| 土木工程结构试验 (Civil Engineering Undergraduate Research Laboratory) | 1 | 与固体力学与结构理论课程合上 |
| 土木工程编程 (Civil Engineering Programming) | 3 | MATLAB |
| 流体力学 (Introduction to Fluid Mechanics) | 3 | 含实验内容,必须完成实验安全培训 |
| 土力学 (Soil Mechanics) | 4 | 含实验内容,必须完成实验安全培训 |
| 结构设计 I (Structural Design I) | 3 | 基本构件设计 (钢结构、钢筋混凝土结构和木结构) |
| 结构设计 II (Structural Design II) | 3 | 结构设计分析与连接节点设计 (钢结构、钢筋混凝土结构和木结构),含实践环节 |
| 土木工程概率论与数理统计 (Probability & Statistics in Civil Engineering) | 3 | - |

此外,在修完专业基础课程之后,学生在本科第四年初还需要通过工程基础考试。土木工程专业培养方案专业选修课程细分为结构工程、工程力学、系统工程、环境工程、水资源和岩土工程共 6 个方向,学生需要根据所选择的专业方向选修相关的后续课程。

二、与武汉大学土木工程专业培养方案的比较分析

(一) 培养方案

武汉大学土木工程专业 2012 年入选教育部第二批“卓越工程师教育培养计划”^[16-17],并于 2017 年 5 月通过工程教育专业认证,合格有效期 6 年。专业主要培养目标为:培养学生具有开阔的国际视野、强烈的社会责任感、良好的通识素养,以及数学、自然科学、力学和土木工程领域相关理论、专业知识和专业技能;获得土木类工程师的基本训练,具备相关领域注册工程师从业所需的理论和基本实践经验,能够从事土木工程领域及与力学相关的其他工程领域的项目规划、工程设计、研究开发、施工与管理等工作,并具备终身学习能力;人格健全,能够引领未来社会进步和人类文明发展。

专业培养方案要求修满 169 学分(16 学时/学分),其中:公共基础课程 71 学分(占比 42%),通识教育课程 12 学分,大类平台课程 14.5 学分,专业必修课程 47.5 学分,专业选修课程 24 学分。除了毕业设计(论文)和必修实践课程以外,土木工程专业基础必修理论课程合计 18 门,38.5 学分(表 2)。后续课程细分为建筑工程、桥梁工程、岩土工程和工程管理 4 个方向,学生需要根据所选方向继续修完相关的必修和选修课程。

表2 武汉大学土木工程专业基础必理论课程学分

| 课程名称 | 学分 | 备注 |
|---------------|---------|-------------|
| 土木工程概论 | 1.5 | 实验 0.5 学分 |
| 工程制图 B1 | 3.5 | |
| 理论力学 A1+A2 | 2+2 | |
| 材料力学 A1+A2 | 2+3 | 实验 1.0 学分 |
| 流体力学 A1 | 2.5 | 实验 0.5 学分 |
| 结构力学 A1+A2 | 2.5+2.5 | |
| 工程测量学 | 2 | |
| 土木工程材料 | 2.5 | 实验 0.5 学分 |
| 工程地质 | 2.5 | 实验 0.5 学分 |
| 房屋建筑学 | 3 | |
| 混凝土结构基本原理(双语) | 5 | 实验 0.5 学分 |
| 钢结构原理 | 2.5 | |
| 土力学(双语) | 3 | 实验 0.5 学分 |
| 基础工程(企业课程) | 2.5 | |
| 土木工程施工(企业课程) | 2.5 | 实验 0.5 学分 |
| 建筑结构抗震设计 | 1.5 | |
| 工程经济与企业管理 | 2.5 | |
| 土木工程结构实验 | 1.5 | 另设 1.5 学分实践 |

(二) 比较分析

通过对约翰·霍普金斯大学和武汉大学两所高校土木工程专业培养方案的比较发现,后者要求的学分总数比前者多 41 学分,在专业基础必理论课程上后者则多出 5.5 学分,这与文献[13]对部分美国和中国高校的比较结果是相似的。主要是因为中国高校开设有较多的公共基础课程,如英语、思想政治课程等。此外,中国高校更加注重专业理论教学,所占学分较多;而美国高校往往更加注重学生横向均衡发展,在培养学生主观能动性和实践能力方面提供了更多的时间。

在具体专业理论课程设置上,武汉大学土木工程专业培养方案涵盖范围更广,除了基本的力学课程、结构设计原理课程以外,还有工程测量学、工程地质、基础工程、土木工程施工、建筑结构抗震设计以及工程经济与企业管理等专业主干课程,要求学生对土木工程的设计、施工和管理有全面的认识,不仅要深入掌握专业理论知识,而且要具备一定的经营管理能力。相对而言,约翰·霍普金斯大学在课程设置上更为简单,主要强调力学和结构设计理论的学习,而施工和管理两方面的内容并不作为专业主干课程内容,仅作为本科第四年的专业选修课程内容。

此外,武汉大学土木工程专业培养方案还包括公共基础必修课程 C++ 语言程序设计和专业选修课程 MATLAB 程序设计,对应约翰·霍普金斯大学的土木工程编程课程,说明当前中美高校均十分重视对土木工程专业学生计算机编程能力的培养。

三、土木工程专业课程教学分析

(一) 课程教学内容

以工程结构发展演变和结构设计 II 两门专业必修课程为例,对约翰·霍普金斯大学土木工程专业课程教学内容进行分析。工程结构发展演变课程主要结合世界建筑和桥梁的发展历史,借助建筑设计、结构设计和结构艺术的概念,对世界近现代知名建筑和桥梁工程案例进行深度剖析,从

效率、经济和优雅三个方面对结构在科学、社会和象征意义上的作用进行评价,培养学生对建筑与结构概念的认知,提升学生对建筑美学的鉴赏能力和专业修养。

结构设计 II 课程是结构设计 I 课程(包括钢结构、钢筋混凝土结构和木结构基本构件设计)的后续延伸课程,着重分析结构所承受的荷载及组合作用,开展结构设计计算分析和连接节点设计,旨在培养学生的结构分析和设计能力。该课程包括钢筋混凝土结构、钢结构和木结构三种结构设计,可以直接对比分析三类结构设计计算方法的异同,结合实际工程项目的结构设计专题任务,培养学生进行结构设计的综合能力。

(二) 课程教学方法

工程结构发展演变和结构设计 II 两门专业必修课程教学,主要以教师讲授为主,同时辅以工程现场实践、学生课堂展示等环节。课堂教学并无指定的统一教材,主要教学内容来自教师自备的讲义,包括纸质讲义和幻灯片文件,以及教师指定的大量参考书籍和相关现行规范等。根据教学大纲的课程主线,任课教师主要讲述基本原理和公式的运用,并不注重公式推导过程。

在课堂教学中教师较重视教具与教学模型的运用。教具和模型的适当引入有助于将抽象的概念和内容具体化,增强学生课程学习的参与性,能有效提高教学效果。在工程结构发展演变课程教学中引入框架结构教学模型(图 1),要求学生分成若干小组分别完成三层有支撑框架和三层无支撑框架结构模型的拼装,对二者的抗侧移性能进行比较测试,组织全班协作挑战框架结构的层数记录。在此过程中使学生对有支撑和无支撑框架结构形式和性能特点有更直观的认识和理解,也能最大限度地激发学生学习兴趣。此外,在课程教学中穿插的薄壳结构模型制作环节,从结构设计构思和设计两方面加深学生对薄壳类结构的认知(图 2),寓教于学,教学效果良好。



图 1 课堂上教学模型的运用



图 2 浇筑制作薄壳模型

(三) 工程现场实践

工程结构发展演变课程和结构设计 II 课程内容与工程实践密不可分,课程教学中均安排了工程现场实践环节。由教师带领学生参观相关工程项目,引导学生通过现场观察发现问题、分析问题,并采用相关专业理论知识对问题进行思考和解答,培养学生对实际工程的分析和动手能力。在工程结构发展演变课程中,安排有两次工程现场实践,第一次是参观建于 1878 年的 George Peabody 图书馆;第二次是参观校园内的 San Martin 人行桥(图 3)。在结构设计 II 课程中,同样有两次与课程教学内容紧密结合的工程现场实践,实践场地分别是建于 1964 年的钢筋混凝土框架结构公寓 Highfield House 以及木结构/钢结构桁架桥。教师组织学生到工程现场进行教学,要求学生对工程的结构类型和性能特点进行分析,并布置相关的课后作业,包括绘制结构受力分析图等,以确保工

程现场实践教学效果。



图3 San Martin 人行桥现场实践

(四) 课程作业及课程考核

工程结构发展演变课程作业一般是随堂作业、课后分析小论文以及案例分析论文。案例分析论文给予学生自由发挥的空间,充分调动学生的主观能动性。在课程考核方面,除了随堂穿插两次课堂测验以外,期末要求学生上交读书报告,并独立进行课堂汇报(Presentation)。由任课教师综合平时作业和最终报告情况给出学生的课程成绩。

结构设计 II 课程是侧重设计的专业课,教师布置的平时作业分为两类:结合具体知识点的计算作业和基于实际工程的设计专题作业(Project)。设计专题作业一般会选取现有的桁架桥梁工程实例,要求学生阅读原设计图纸,进行现场踏勘,结合课程所学的结构设计计算分析方法,对结构进行优化设计分析,最终提交完整的计算分析报告和设计图纸。同时该课程设置有期末考试。任课教师根据期末考试和平时作业情况综合给出课程最终成绩。尽管结构设计 II 课程的授课内容侧重基本原理,但设计专题任务要求学生查阅大量的课外资料、设计规范和设计手册,有助于锻炼学生熟练运用结构设计理论的能力。

四、启示与建议

(一) 精英教育培养模式

从培养方案和专业课程教学来看,约翰·霍普金斯大学土木工程专业注重在宽厚的通识教育的基础上培育学生的专业素养,强调提升学生的创新能力、自主学习能力、工程实践能力、合作沟通能力和语言表达能力。由于该专业本科生人数不多,每个学生都有安排专门的学术指导教师。指导教师则根据学生的具体情况,提供个性化的培养方案和一对一的学术指导,引导学生进行研究性学习,培养学生深厚的学术素养。这种精英教育培养模式具有高水平、高规格、高标准的特点,对精英人才提供的是个性化和差异化的高质量教育,这与当前我国的高等教育大众化并不对立^[18],可以作为大众化教育的一种分流教育,以实现精英人才的高质量培养。

当前我国有土木工程专业的高校在入选“卓越工程师教育培养计划”后,往往会优选部分学生设置卓越班。卓越班教育可适当借鉴上述精英教育模式,从改革培养方案着手,配置专门的学术导师,结合学生自身的特点,制定个性化的培养方案,着力培养创新实践能力强、适应社会经济发展需要的高水平专业人才。

(二) 研究性学习模式

约翰·霍普金斯大学土木工程专业培养方案对课程学分要求不多,为学生系统的学术训练提供了

充足的时间。我国高校专业课程教学一般有指定教材,约翰·霍普金斯大学土木工程专业课程教学并无统一指定教材,任课教师要求学生大量阅读相关的参考书籍和文献资料。工程结构发展演变课程教师专门邀请图书馆学科馆员开展文献检索培训,有针对性地为学生讲解纸质文献和网络数据库文献资源的检索方法。同时指定学术指导教师对学生进行学术规范化训练,要求各专业课程论文和报告均需符合专业学术手册的规范要求。一般要求学生在本科高年级阶段进入导师的课题组,直接参与导师的科研课题项目,开展专门的科研训练,使学生养成研究性学习的习惯。

当前我国高校专业课程理论教学往往缺乏对国外现行设计规范体系的介绍。在工程教育认证以及工程专业人才国际化背景下,应适当引导学生对美国和欧洲等国家和地区现行设计规范和工程建设法规的自主学习,拓展学生的国际视野,使学生了解和掌握国际规则,具备参与国际工程项目和国际工程竞争的能力。

(三) 实践锻炼

约翰·霍普金斯大学本科教育十分重视专业理论知识与工程实践的结合,在专业课程教学中穿插大量的实践环节,将实践完全融入各门专业课程教学中,以着力提高学生的专业实践能力。如邀请在工程实践领域具有较高知名度的技术专家担任兼职教授,每个学期开设1~2门课程。技术专家结合自身所擅长的具体工程领域给学生讲解专业问题,使学生知晓实际工程的运用需求,也了解当前工程实践的前沿发展。

武汉大学土木工程专业培养方案的集中实践(含实验、实习、课程设计)课程有24.5学分,而课程间实验或上机共计21学分,二者占总学分的26.9%,其目的在于充分保证实践环节的教学时间。此外还设置了结合工程实践的企业课程,包括土木工程施工、智慧城市和土木工程、绿色建筑理论与实践等,聘请具有较高学术声誉的企业专家担任兼职教师,以此将专业理论与工程实际有机结合,切实提高学生的实践能力、创新能力和综合素质,着力培养创新应用型专业人才。

五、结语

土木工程专业认证给专业建设带来了新的机遇和挑战。土木工程专业教育要与国际领先水平接轨,提升国际认可度和影响力,培养达到国际认可质量标准的专业人才,必须推进专业教学改革。在对美国约翰·霍普金斯大学与武汉大学土木工程专业培养方案的比较分析中发现,约翰·霍普金斯大学的培养方案学分要求较少,为培养学生主观能动性和实践能力提供了必要的时间;武汉大学的培养方案涵盖范围更广,要求学生对土木工程的设计、施工和管理有全面的认识。约翰·霍普金斯大学在专业课程教学内容与教学方法上采用精英教育培养模式,在重视培养学生研究性学习习惯,以及提高学生专业实践能力等方面所采取的具体措施,值得我国工程教育参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 周谷平, 阙阅. “一带一路”倡议的人才支撑与教育路径[J]. 教育研究, 2015, 36(10): 4-9.
- [2] 李国强, 熊海贝. 土木工程专业教育评估国际互认的探索与实践[J]. 高等建筑教育, 2013, 22(1): 5-12.
- [3] 中国工程教育专业认证协会. 工程教育认证标准[Z]. 2017.
- [4] 董晓梅. 国外高等工程教育创新型人才培养模式及启示[J]. 创新与创业教育, 2010(6): 14-28.
- [5] 林健. 工程教育认证与工程教育改革发展[J]. 高等工程教育研究, 2015, 2: 10-19.
- [6] 江学良, 胡习兵, 陈伯望, 等. 专业认证背景下土木工程专业人才培养体系探索与实践[J]. 高等建筑教育, 2015,

24(1): 29-35.

- [7] 张云莲, 黄竹也, 张晶. 土木工程国际化专业建设的探索与实践[J]. 高等建筑教育, 2016, 25(4): 10-12.
- [8] 郑夕健, 谢正义, 侯祥林. 基于国际工程认证要求的钢结构课程教学设计研究[J]. 高等建筑教育, 2018, 27(3): 51-55.
- [9] 徐燕敏, 任令涛. 麻省理工学院工程专业课程演变及其启示[J]. 高等工程教育研究, 2019(2): 105-111.
- [10] 鲁正, 杨玉玲. 中外土木工程防灾专业高等混凝土课程比较研究[J]. 高等建筑教育, 2017, 26(1): 61-64.
- [11] 鲁正, 杨正玲. 中外土木工程专业结构抗震与减震课程比较研究[J]. 高等建筑教育, 2017, 26(4): 41-44.
- [12] 陈聪, Frank Kemper, 徐理勤, 等. 中德混凝土结构课程对比研究[J]. 高等建筑教育, 2018, 27(5): 78-85.
- [13] 李林瑾, 周云, 张军凯. 中国、美国和欧洲高校土木工程教学课程设置对比分析[J]. 高等教育, 2018, 27(2): 41-47.
- [14] U. S. News and World Report. Best Global Universities Rankings [EB/OL]. <https://www.usnews.com/education/best-global-universities/rankings?int=a27a09>.
- [15] Johns Hopkins University. Civil Engineering Undergraduate Programs [Z]. 2018.
- [16] 傅旭东, 徐礼华, 杜新喜, 等. 土木工程卓越工程师培养方案探索与实践[J]. 高等建筑教育, 2014, 23(3): 17-21.
- [17] 袁焕鑫, 杜新喜, 郭耀杰. 结合卓越工程师计划的钢结构课程设计教学探索[J]. 高等建筑教育, 2016, 25(4): 65-68.
- [18] 郑文. 大众化背景下精英教育的人才培养模式解读[J]. 中国高等教育, 2008(24): 28-30.

The civil engineering program and analysis of teaching courses at Johns Hopkins University

YUAN Huanxin, DU Xinxi, GUO Yaojie

(School of Civil Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, P. R. China)

Abstract: The Johns Hopkins University is regarded as the America's first research university, and the elite education system for undergraduates is adopted in the Department of Civil Engineering. The introduction to the civil engineering training program and its objectives at Johns Hopkins University is presented, which is further compared with the program at Wuhan University. The teaching contents and methods of two professional compulsory theoretical courses—evolution of engineering structures and structural design of Johns Hopkins University are described afterwards. Detailed discussions are provided by referring to the elite education system, the combined study and research mode and the professional practice, which can enable the quality enhancement of talent training. Further suggestions and thoughts are also presented to improve the international influence and recognition of engineering education in China.

Key words: elite education system; civil engineering; professional accreditation; comparison of teaching at home and abroad

(责任编辑 王 宣)