

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2020.05.006

欢迎按以下格式引用:刘林,杨娜,张鸿儒.国内外土木工程专业本科课程体系的比较研究[J].高等建筑教育,2020,29(5):40-46.

国内外土木工程专业本科课程体系的比较研究

刘林,杨娜,张鸿儒

(北京交通大学土木建筑工程学院,北京 100044)

摘要:选取美国伊利诺伊大学、英国伦敦帝国理工学院和同济大学三所土木工程专业名校为调研对象,从培养目标、课程设置、总学分要求、课程结构、专业类课程构成、实践环节、核心课程设置等多方面,与北京交通大学土木工程专业课程体系进行对比研究。研究表明,三所高校土木工程专业课程体系各具优势和特点。与三所高校相比,北京交通大学土木工程专业课程体系存在总学分偏多、人文社科通识类课程学分偏多、工程实践学分偏少等问题。应进一步明晰培养目标、适当降低总学分要求、精简课程规模、调整课程结构、加强专业核心课程建设、引入专业类课程实践折算学分、实现本科和研究生课程贯通等,以提升土木工程专业课程体系科学化水平。

关键词:土木工程专业;课程体系;比较研究;核心课程

中图分类号:G642.0;TU **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2020)05-0040-07

教育全球化已成为新形势下高等教育发展的重要特征和必然趋势。2016年,我国成为国际本科工程学位互认协议《华盛顿协议》正式成员,标志着我国高等工程教育向国际化迈出了重要一步。2017年,住房和城乡建设部将土木工程专业评估纳入全国工程教育认证的整体框架,对土木工程专业建设提出了新的更高要求。了解掌握国外土木工程专业高等教育最新动态,研究借鉴国内外土木工程专业名校人才培养先进经验,结合自身实际情况,针对专业课程建设和建设中的关键环节进行调整和优化,是有效推进土木工程专业建设的重要举措。

多年来,国内学者对国外高校土木工程专业培养制度进行了研究探讨。顾祥林等早在2006年就对比研究了多个国家土木工程专业课程体系设置情况^[1];李国强等开展了中法工程师教育培养制度、理论课程和实践环节等方面的对比研究,对我国人才培养制度改革提出了建议^[2];李爱群等在调研部分发达国家土木工程专业实践教学基础上,提出高校土木工程专业实践教学环节的建设

修回日期:2019-12-17

基金项目:北京交通大学2018年教学改革项目“土木工程专业国际化建设中的问题和对策探究”

作者简介:刘林(1970—),男,北京交通大学土木建筑工程学院副教授,博士,主要从事结构工程方向的教学与研究工作,(E-mail)lliu@bjtu.edu.cn。

意见^[3];还有一些学者结合各自高校的情况对土木工程专业课程体系的改革进行了探索^[4-10]。

本文选取美国、英国和国内各一所高校为调研对象,即美国的伊利诺伊大学厄巴纳-香槟分校(以下简称 UIUC,2019 软科土木工程专业排名美国第 3)、英国伦敦帝国理工学院(以下简称 ICL,2019 软科土木工程专业排名英国第 1)和国内同济大学(2019 软科土木工程专业排名中国第 1),这三所学校是国际公认的土木工程专业名校,培养的学生在各自国家土木工程行业有很高的认可度。在对这三所高校最新的土木工程专业本科培养方案进行深入调研的基础上,将北京交通大学土木工程专业本科课程体系进行对比分析。

一、培养目标

美国 UIUC 土木工程专业培养目标:毕业生应该(1)能成功地进入结构工程、交通工程、岩土工程、材料、环境和水资源工程、工程管理或其他相关及新兴行业(如可持续能源)的知名公司和机构,成为土木工程或环境工程领域的职业者;(2)在土木与环境工程及相关领域的主要研究型大学接受研究生教育并从事科学研究;(3)获得执业许可证;(4)成为业界领袖;(5)具备根据职业发展需要进行自主学习的能力;(6)加入专业社团,服务社会,并作出贡献。

英国 ICL 土木工程专业培养目标:通过四年的学习,学生应在知识与理解层面、智力技能层面、实践技能层面和可转化技能层面具备相应的能力。(1)知识与理解层面:与工程相关的基本数学和物理知识;土木工程的基本概念、原理和理论;与工程和工程师相关的商业和管理技能;详细了解专业领域相关的基本事实、概念、原则和理论、工程师的社会作用和工程约束限制条件、工程师的职业道德与责任、工程师的国际角色和工程解决方案在全球范围内的影响。(2)智力技能层面:分析和解决工程问题;设计一个系统、构件或工艺以满足需求;创造性地解决问题和进行设计开发;提出测试假设;评估设计、工艺和产品并进行改进;整合和评估不同来源的信息和数据;在解决问题和设计系统方面具备全局思维,运用专业判断来平衡风险、成本、收益、安全、可靠性、美学和环境影响;策划、实施和汇报原创性的研究计划。(3)实践技能层面:策划并安全实施一系列实验;使用实验室及工业设备来获取实验数据;分析实验结果并确定其强度和有效性;绘制技术草图和图纸;撰写技术报告;进行技术展示;有效使用科学文献;有效地记笔记;编写计算机程序;使用计算工具和软件包。(4)可转换技能层面:通过书面、口头和图纸等进行有效交流;会使用多种语言;有应用数学技能(代数、几何、建模、分析、量化不确定性);或为多学科团队的成员;将技术和解决方案从土木工程的一方面转换到另一方面;使用信息和通信技术;管理资源和时间;以开放的心态和批判的精神独立学习;在整个职业生涯中,为了持续的职业发展而在更宽广的领域有效地学习。

同济大学土木工程专业本科生培养目标:(1)面向国家未来建设需要,适应未来社会发展需求;(2)德智体全面发展,基础理论扎实、专业知识宽广、实践能力突出、科学与人文素养深厚;(3)掌握土木工程学科的相关原理和基本方法,胜任一般土木工程项目的的设计、施工、运维、管理工作,具备跨界发展能力,可以从事投资与开发、金融与保险、社会服务与管理等工作;(4)具有终身学习能力、创新能力、国际视野和领导能力的社会栋梁和专业精英。

北京交通大学土木工程专业本科生培养目标:(1)能够作为工程师服务于交通基础设施和城市建设等行业,胜任土木工程的设计、施工、咨询和技术管理工作;(2)能够在土木工程及相关领域主要研究型大学继续深造;(3)具有获得土木工程及相关领域执业资质的能力;(4)具有能够引领

行业技术发展的潜质;(5) 具有能够随着行业和职业发展需求终身学习的能力。

四所高校均将培养工程师作为土木工程专业教育主要培养目标,并各具特点。美国 UIUC 注重培养具有宽广专业知识和行业适应能力的业界精英人才,其中宽广的知识面是通过 10 个学科方向的主修和辅修制度来保证的。英国 ICL 培养目标规定得更为具体,强调对学生 4 个层面的能力培养,并对各层面的能力有详细描述,注重学生全方位能力的培养。此外,ICL 本科是四年学制(英国一般大学的本科为三年学制,颁发 B. Eng. 学位),毕业生直接获得 M. Eng. 学位,但也属于本科教育。该培养模式更有助于毕业生取得英国的注册工程师资格。同济大学注重学生德智体美全面发展,强调创新能力、国际视野和领导能力的培养。北京交通大学强调毕业生从事交通土建和城市建设行业的专业技术和管理能力的培养。

通过培养目标对比研究,提出优化专业培养目标的具体意见:一是在人才培养的层次上应更加注重全方位。既注重本科毕业后直接参加工作的学生专业技术应用及管理能力的培养,也应注重继续研究生学习、适合科学研究和科技创新的人才培养,为科技强国培养专业人才。二是在学生能力培养要求上应更加具体,在这方面英国 ICL 的经验特别值得借鉴。对学生各层面能力培养目标予以细化,有利于教师和学生更加明晰教学和学习任务,并采取更为具体有效的举措。三是在人才素质教育上更加注重以德为先、服务社会,加强对学生思想政治的引领,强调适应国家建设需要,服务社会发展需求。

二、课程设置

土木工程专业本科课程设置通常以培养土木工程师为主要基础目标,即以培养工程应用型人才为主。目前,国内外多数高校的做法基本一致,即在学习前期构筑一个大土木的专业教育平台,学习后期设置一个或若干个课程群,每个课程群由若干门专业课组成。一些院校课程群和专业方向是一一对应的,也有的院校一个课程群包含多个专业方向。

表 1 土木工程专业课程群设置对比

学校	课程群
美国 UIUC	设 10 个课程群(或专业方向): 结构工程、岩土工程、交通工程、工程施工与管理、建筑材料工程、环境工程、水资源工程与科学、能源-水-环境可持续性、社会风险管理、可持续性和韧性基础设施系统
英国 ICL	设 1 个课程群,但有 6 个专业方向: 结构工程、岩土工程、交通工程、系统工程、环境与水资源工程、流体力学
同济大学	设 7 个课程群: 建筑工程、地下建筑、岩土工程、桥梁工程、道路工程、轨道交通工程、工程防灾与风险评估
北京交通大学	设 4 个课程群: 建筑工程、桥梁工程、隧道与地下工程、岩土工程

表 1 比较了四所高校土木工程专业课程群设置情况。其中,UIUC、同济大学和北京交通大学本科课程群基本按专业方向划分,国内高校一般由院系一级教学单位负责,以便于教学管理。UIUC 土木工程专业分 10 个专业方向,要求学生既要选择一个主修方向,也要选择一个辅修方向,旨在为学生提供宽口径专业教育。ICL 土木工程专业分 6 个专业方向,其中,以结构、岩土和环境方向为主,以流体力学、系统工程和交通方向为辅,但本科培养方案没有明显的课程群划分,可视为只有一个课程群。同济大学土木工程专业分 7 个课程群,各学科方向发展相对均衡,都具有很高的水准;另外还有地质工程、港口航道与海岸工程两个与土木工程专业平行的本科专业。北京交通大学土

木工程专业分4个课程群;另外还有铁道工程和环境工程两个与土木工程专业平行的本科专业。课程群的设置可根据专业培养目标、各院校具体情况并兼顾社会需求等因素综合考虑,未必一定按专业方向进行划分。

三、总学分要求和课程结构

表2列出了四所高校土木工程专业本科总学分要求和课程结构概况。

UIUC的学分和周学时数相对应,比如1门课程如果是3个学分,则该课程的周学时是3个学时,其课程基本构成与国内课程相似,所不同的是没有专门的实习和毕业设计。

ICL采用的是欧洲学分制(ECTS),1 ECTS对应25小时学习学时数,包括8小时的课内学习和17小时学生自学。以结构力学课程为例,该课程5 ECTS,其中课内学习(课堂讲授+辅导)40小时,学生自学85小时,合计125小时。从课程结构来看,比较单一,除数学类课程外,其他基本上都是专业类课程。如果按国内的标准,1学分对应16学时的课堂授课,则1 ECTS相当于0.5个国内学分。

国内两所学校的总学分要求虽然有差异,但课程结构基本相似。

表2 四所学校总学分要求和课程结构对比

学校	总学分要求
美国 UIUC	总学分:128 学分 (1 美国学分 \approx 1 国内学分) 必修课 67 学分;科学选修课 3 学分;土木工程专业课 34 学分;通识教育课 18 学分;任选课 6 学分
英国 ICL	总学分:244 ECTS \approx 122 学分 (1 ECTS \approx 0.5 国内学分) 核心课 202 ECTS(专业相关的课程 174 ECTS,数学类 28 ECTS);选修课 42 ECTS
同济大学	总学分:160 学分 通识课程 39 学分(必修课 31 学分,选修课 8 学分);大类基础课 31 学分;专业课 88 学分(专业基础课 46.5 学分,专业必修课 8 学分,专业选修课 3 学分,实践环节 30.5 学分);个性课程 2 学分
北京交通大学	总学分:171 学分 通识与公共基础类 77 学分(必修课 47 学分,选修课 30 学分);专业类 94 学分(必修课 76 学分,选修课 18 学分)

对比发现,国内外高校学分要求的区别主要体现在以下几个方面:一是国内高校的总学分要求明显多于国外两所高校,且国内学分设置主要与教师课堂授课学时挂钩,这样国内高校教师授课总学时数约为国外的1.3倍以上;二是国内外一个学分对应的学生课后独立自学的时长有很大的差异,如英国ICL,其ECTS学分制中的4 ECTS对应100小时,教师授课只有32小时,而课后学习时长达68小时,而国内32学时的课程,学生课后学习时间远远达不到68小时。另外,笔者向正在UIUC留学的北京交通大学土木工程专业学生了解到,同一门课程,UIUC学生课后独立自学和完成作业所需的时间通常要比国内课程多很多。

综上所述,国内学生课堂学习时间大大多于国外高校,而学生课下自学和作业的时间明显少于国外学生,留给学生培养自学能力、独立思考能力和创新能力的空间相对较少。因此,国内高校可结合课程设置实际,将总学分适当下调。以北京交通大学土木工程专业为例,在符合工程教育认证标准对各类课程占比要求的前提下,可将通识与公共基础类课程由77学分调整为66学分,专业类课程(含实践环节)由94学分调整为89学分,即总学分合计削减16学分,调整后的总学分为155学分,以留给学生更多独立学习和思考的时间。

按工程教育认证要求中的课程类别划分,对四所学校课程结构中各大类课程的学分占比情况

进行统计(表3)。由表3可见,UIUC、同济大学和北京交通大学的课程设置均满足工程教育认证对各大类课程比例的要求;ICL课程设置中专业类课程和实践环节占比较高,这与ICL土木工程专业采用的是英国工程联合委员会监管机构(the Joint Board of Moderators, JBM)专业认证体系,以及其没有通识课程和物理、化学课程有关。

表3 各大类课程学分占比对比

课程类别	UIUC	ICL	同济大学	北京交大	工程教育认证要求
人文社会科学类通识教育课程	0.150	0	0.244	0.263	≥0.15
数学和自然科学类	0.289	0.115	0.194	0.164	≥0.15
工程基础类课程、专业基础类课程与专业类课程	0.461	0.557	0.360	0.368	≥0.3
工程实践与毕业设计(论文)	0.200	0.328	0.202	0.205	≥0.2

四、专业课(含实践环节)构成及学分占比

专业课(含实践环节)的学分占比可反映高校对学生专业技能训练投入的程度。表4为四所学校专业课构成和学分占比情况。

由表4可见,ICL专业课(含实践环节)占比最高,原因是ICL的课程性质比较单一,只有专业类课和数学类课;UIUC专业课(含实践环节)占比较低,原因是UIUC实践环节都含在课程里;国内两所学校专业课占比相近,专业课和实践环节学分通常是分开来计算的。

UIUC大多数专业课都含有设计内容和设计大作业,这些课程都有相应的设计折算学分,毕业要求所修课程的设计折算学分累计不少于16学分,即表3中UIUC的工程实践学分计入了这部分学分。有鉴于此,建议国内高校可考虑将含有实习、实验和设计的专业课程按一定比例折算实践学分,这种与课程紧密结合的实践环节对学生具有更大的锻炼价值,这样既可以提升相关专业课程的建设质量,又可以提高实践环节的培养质量,同时还有利于满足工程教育认证对“工程实践与毕业设计(论文)”项的占比要求。

另外,国外高校实施本科和研究生课程贯通,UIUC允许学生把本科阶段多修的两门研究生课程(每门课4学分)带到研究生阶段,让优秀学生尽早进入研究生阶段的学习。这一点也值得国内高校借鉴,让保研的学生在第四学年可选修部分研究生课程,以便研究生期间学生能将更多时间投入科学研究中。

表4 专业课(含实践环节)构成及合计学分的对比

	美国 UIUC	英国 ICL	同济大学	北京交通大学
专业课的构成	1. 专业相关的必修课(25);2. 专业课(34)	1. 专业相关的核心课(174);2. 选修课(42)	1. 专业基础(46.5); 2. 专业必修(8);3. 专业选修(3);4. 个性课程(2);5. 实习(10.5); 6. 全过程课程设计(7);7. 毕业设计(13)	1. 专业核心(35);2. 专业技术相关基础(18.5); 3. 专业选修(14);4. 综合专题研究和设计课(4); 5. 专业实习(7.5);6. 毕业设计(15)
实践环节说明	含在课程中,没有独立的实习、课程设计和毕业设计	1. 实习含在课程中;2. 分组设计和毕业设计都是核心课	实验类的实践环节与课程挂钩,不单独算学分	另包含素质类实践(2);物理实验(2)
合计学分	59	216(ECTS)	90	98
学分占比	46.1%	88.5%	56.2%	57.3%

注:括号内为学分数

五、核心课程设置

表5列出了四校的核心课程。由表5可见,不同高校对核心课程的界定各有不同。

UIUC土木工程专业核心课的清单,由每个专业方向(小众专业方向除外)一门专业基础课构成,基本涵盖了各学科方向最重要的专业基础课程。换言之,UIUC的专业核心课是与专业方向直接挂钩的,体现出该校人才培养的专业广度。

ICL土木工程专业将选修课以外的所有其他课程界定为核心课程,核心课程大致可分为数学类课程和专业相关课程,核心课程总学分占比约为83%。

国内两所高校对核心课程的定义也不相同。同济大学土木工程专业的核心课程较为宽泛,既包含一些大类基础课,也包含一些专业课。北京交通大学土木工程专业是将一些重要的专业基础课定义为专业核心课,目前一共包括11门课程,如表5所示。

表5 四校核心课程的对比

学校	核心课程
美国 UIUC	学分要求:至少15学分,以下课程中修5门课,且各课程群有其选课要求,分主修-必修、主修-推荐和辅修-必修。材料性能(4)、交通工程(3)、工程施工(3)、环境工程(3)、能源与全球环境(3)、水资源工程(3)、结构工程(3)、岩土工程(3)
英国 ICL	总学分:202 ECTS 除选修课外,均为核心课程
同济大学	高等数学、线性代数、概率论与数理统计、普通物理、画法几何与工程制图、工程力学、结构力学、流体力学、弹性力学、土力学、测量学、工程地质、土木工程材料、荷载与结构设计原则、混凝土结构基本原理、钢结构基本原理、基础工程设计原理、土木工程施工基本原理、工程造价,以及其他相关的主要专业课程
北京交通大学	专业核心课程,总学分:35 土木工程材料(3)、工程力学(A) I (5.5)、工程力学(A) II (2.5)、结构力学 I (4)、结构力学 II (2)、土力学(3)、弹性力学及有限元(3)、混凝土结构设计原理(4)、钢结构设计原理(3)、基础工程(2)、土木工程施工与概预算原理(3)

注:括号内为学分数

借鉴国外土木工程专业名校同名或相似课程的教学资源和教学方法,北京交通大学近来加强了土木工程专业核心课程建设,如更加强化课程项目等研究性教学环节的作用,促使学生增加课下独立探究的学习时间,以提升学生的综合能力。同时,借鉴同济大学部分核心课程实行全英文教学的做法,北京交通大学将专业核心课优先建设为全英文课程,并规定学生在校期间至少选学一门或两门全英文课程,以适应土木工程专业全球化发展需要。

六、结语

工程教育认证背景下优化和调整土木工程专业课程体系是目前国内高校土木工程专业建设的重要任务。开展国内外高校课程体系对比分析有助于发现现有课程体系中不合理及不足之处,其中,总学分偏多、人文社科通识类课程学分偏多、工程实践学分偏少、研究生课程不对本科生开放等问题在国内高校具有普遍性。在完善培养目标的基础上调整课程设置,适当削减通识类课程,在提升研究性教学质量的基础上引入课程实践折算学分,以有效弥补现有工程实践环节的不足。另外,借鉴国外大学的课程设置和人才培养模式,实现本科和研究生课程贯通,让保研的学生在本科第四学年可选修部分研究生课程,有助于加快研究型人才的培养。

参考文献:

- [1] 顾祥林, 林峰. 中美英德加五国土木工程专业课程体系的比较研究[J]. 高等建筑教育, 2006, 15(1): 50-53.
- [2] 李国强, 许炎彬. 法国与中国工程师教育之比较[J]. 高等建筑教育, 2016, 25(4): 28-31.
- [3] 李爱群, 孙利民, 徐礼华, 等. 中国土木工程专业实践教学现状分析与思考[J]. 高等建筑教育, 2016, 25(4): 111-116.
- [4] 伍云天, 李英民, 杨溥, 等. 中美结构类课程教学比较研究[J]. 高等建筑教育, 2012, 21(2): 33-36.
- [5] 李林瑾, 周云, 曾雅丽思, 等. 中国、美国和欧洲高校土木工程教学课程设置对比分析[J]. 高等建筑教育, 2018, 27(2): 41-47.
- [6] 肖桃李, 杜国锋, 赵航, 等. 基于工程教育认证的土木工程专业课程体系的改革与实践[J]. 高教学刊, 2018(20): 19-22.
- [7] 刘照球, 荀勇, 尹红宇. 中英应用型院校土木工程专业培养模式比较[J]. 高等建筑教育, 2014, 23(1): 30-34.
- [8] 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.
- [9] 江辉, 梁青槐, 王斌, 等. 土木工程(城市轨道交通工程)专业创新型人才培养的几点思考[J]. 大学教育, 2017(11): 21-23.
- [10] 杨忠平, 夏洪流, 王志军, 等. “大土木”背景下重庆大学土木工程专业课程体系构建[J]. 科技文汇, 2019, 45(3): 64-67.

A comparative study of undergraduate curriculum system of civil engineering at home and abroad

LIU Lin, YANG Na, ZHANG Hongru

(School of Civil Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, P. R. China)

Abstract: Three famous universities of civil engineering, namely University of Illinois, Imperial College London and Tongji University, are selected as the survey objects and the curriculum system of civil engineering in Beijing Jiaotong University is compared. Comparative analysis includes educational objectives, course framework, total credit requirements, course structure, composition of major courses, engineering practice, core course setting and so on. The research indicates that the curriculum system construction of civil engineering in the three universities has its own advantages and characteristics, which is worth learning. Compared with the three universities, there are some deficiencies in the curriculum system of civil engineering in Beijing Jiaotong University such as more total credits, higher credits for general courses on humanities and social sciences, and less engineering practice credits. Further clarifying the educational objectives, properly lowering the total credit requirements, briefing the course scale, adjusting the course structure, strengthening the quality of core major courses, introducing practice-converted credits of major courses, and achieving the integration of undergraduate and graduate courses will effectively improve the scientific level of the civil engineering curriculum system.

Key words: civil engineering; curriculum system; comparative study; core courses

(责任编辑 王 宣)