

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2023.01.014

欢迎按以下格式引用:牛玺荣,孙延芳,杨晶,等.美国土木工程专业本科培养方案解读及启示——伊利诺伊大学厄巴纳-香槟分校[J].高等建筑教育,2023,32(1):106-120.

美国土木工程专业本科 培养方案解读及启示 ——伊利诺伊大学厄巴纳-香槟分校

牛玺荣¹,孙延芳²,杨晶¹,骆佐龙¹

(1. 山西大学 电力与建筑学院,山西 太原 030013;2. 太原理工大学 土木工程学院,山西 太原 030024)

摘要:土木工程作为最具代表性的工科传统专业之一,制定合理的土木工程培养方案对培养高素质人才和推进“新工科”建设具有重要现实意义。采用比较分析方法,阐述了美国伊利诺伊大学厄巴纳-香槟分校(UIUC)土木工程本科培养方案的核心内容,特别对课程体系的设置原则和规定做了详细解读。发现:专业理论课程占比达52.3%,特别注重其中工具课程(如工程数学和计算机语言等)的设置;专业核心课程中划分出十个领域的课程体系(包括七个传统领域:施工技术与管理,建筑材料,环境工程,岩土工程,结构工程,交通运输工程,水资源工程与科学;三个跨学科领域:能源—水—环境可持续性,社会风险管理,可持续和韧性基础设施系统),规定在其中同时选择两个不同的领域作为主修领域和辅修领域;开设了写作原理和科技写作课程,强调科技写作能力的培养;倡导教师顾问制度,提倡教师为学生提供全过程全方位的咨询和辅导。UIUC土木工程专业培养方案体现出如下特点:课程划分细致保证了课程讲授的难度和深度、课程体系选课灵活且操作性强、同时选定主修领域与辅修领域兼顾了专业知识的深度和广度、选修预备课程的硬性规定保证了课程体系的有效衔接、新生制定课程安排计划书需校方多级签认避免了学生盲目选课等,对我国土木工程本科专业优化人才培养模式、提高人才培养质量、促进教育教学改革具有借鉴作用。

关键词:土木工程;培养方案;主修领域;辅修领域;UIUC;启示

中图分类号:G649

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2023)01-0106-15

土木工程作为高等教育的传统专业,其培养体系成熟至今已有100余年历史,土木工程专业教育对促进全球工业化建设起到了非常重要的支撑作用。土木工程专业是典型的工科专业,在国家

修回日期:2022-03-22

基金项目:山西省高等学校教学改革创新项目(重点)(J2017001);山西省高等学校教学改革创新项目(J20220051);太原理工大学2020年教学改革创新项目(64)

作者简介:牛玺荣(1976—),男,山西大学电力与建筑学院教授,博士,主要从事新型筑路材料和特殊道路方面的研究,(E-mail) niuxirong@sxu.edu.cn。

大力建设“新工科”的背景下,认真分析和总结国际先进教育模式和理念,特别是欧美国家工科教育的模式^[1-3],对改进工程教育学科建设体制和促进“新工科”发展具有重要的意义^[4-6]。

为了中西汇通、取长补短,笔者借助在美国访问交流的机会,解读了伊利诺伊大学厄巴纳-香槟分校(以下简称 UIUC)土木工程专业培养方案的核心内容^[7-8],并对其教育理念进行总结梳理,希望能为我国土木工程专业教育起到借鉴作用。

一、UIUC 土木专业介绍与定位

(一) 专业简介

UIUC 的土木工程系成立于 1871 年,自 1867 年伊利诺伊大学成立以来,其一直是 UIUC 四大理工学院系之一。1998 年该系改名为土木与环境工程系(以下简称 CEE),目前该系在本科和研究生教育以及专业研究和公共服务方面享誉全球。美国 U. S. News and World Report 在其年度调查中一直将该部门,特别是 CEE 本科项目列为全美顶尖的土木工程项目之一(位列第二或第三)。截至 2018 年秋季,该系约有 50 名教师、725 名本科生和 725 名研究生。该系是众多美国知名机构的挂靠单位,包括机场技术卓越中心(CEAT)、伊利诺伊州交通技术中心(ICT)、国立大学铁路中心、Newmark 结构工程实验室等。该系多名教师在美国和国际工程组织中担任重要职务,并在国际咨询委员会和美国政府委员会任职。该系至今毕业生超 15 000 名,教师和校友主持或参与了包括金门大桥、胡佛大坝、阿拉斯加输油管道、芝加哥威利斯大厦、吉隆坡双子塔、迪拜哈利法塔等在内的世界大型土木工程项目的设计和建造。

(二) 专业定位

土木工程专业是将科学基本原则与数学和计算工具相结合,用以解决与发展 and 维持人类文明生活有关问题的专业(职业)。无论从专业涉及到的执业范围,还是从所需的知识结构,土木工程是众多工程领域中最古老而庞大的领域之一。土木工程一般是某类工程项目,其规模往往很大,通常需要许多不同学科专业人员之间的协同合作。土木工程项目的完成涉及到技术问题的解决,其中信息的不确定性和各种非技术因素往往起着重要作用。土木工程通常包括工业建筑、民用建筑、道路、铁道、桥梁、隧道、水坝、机场和供水系统,还包括摩天大楼、水路、发电厂、风力涡轮机结构、输电线路、水坝、污水处理厂、海水淡化厂等^[7]。土木工程师重点关注防洪、山体滑坡、空气和水污染等技术问题,以及基于抵御地震和其他自然灾害的设施设计^[8]。

UIUC 土木工程专业注重专业实践、继续深造、社会领导、终身学习等能力的培养。通过在 UIUC 学习,土木工程专业毕业生将:(1)成功进入土木工程和环境工程行业,在结构、运输、岩土、材料、环境和水资源工程、建筑管理或其他相关新兴领域(如可持续能源)的知名公司和机构中担任工程师和顾问;(2)在研究型大学中从事土木工程、环境工程及相关领域的研究生教育和研究;(3)考取专业执照;(4)在他们的职业中前进到领导地位;(5)通过专业发展继续学习;(6)参加专业协会和社会服务。

二、UIUC 土木专业培养方案

UIUC 土木工程专业培养方案每年以手册的形式发布在网站上^[9-11],每个学生都能深入了解其具体内容。手册中除了详细介绍课程设置有关内容和规定外,还对所在院系的历史、教职员工、教

学资源、学分制、专业咨询机构(课程审查委员会)、学术资源、学生组织和活动、经济援助等方面做了详细介绍^[7,8,10]。UIUC 土木工程系内开设有 67 门课程,除极少数课程授课时间不固定外,大部分课程每年都按春季和秋季两个学期在固定时间授课。

土木工程专业培养方案包括十个领域,七个传统领域:施工技术和管理、建筑材料、环境工程、岩土工程、结构工程、交通运输工程、水资源工程和科学;三个跨学科领域:能源—水—环境可持续性(energy-water-environment sustainability, EWES)、社会风险管理(societal risk management, SRM)及可持续和韧性基础设施系统(sustainable and resilient infrastructure systems, SRIS)。

(一) 课程

获得土木工程学士学位的课程需要修够 128 个学分(semester hours),分为必修课(required courses)、科学选修课(science elective)、土木工程技术课程(civil engineering technical program)、通识教育选修课(general education electives)和自由选修课(free electives),要求选修的学分分别为 67、3、34、18 和 6。必修课类似于我国的专业理论课,科学选修课类似于专业基础课,土木工程技术课类似于专业核心课,但是,因为 UIUC 的土木工程设置了前述的十个学科领域,所以科学选修课和土木工程技术课在设定的十个领域里成套选择,这明显区别于我国的课程体系。由图 1 显示的不同类型课程的构成比例发现,UIUC 土木工程很注重专业理论课程的教学,其比例大于整个学分的一半,其次是专业核心课,占比最少的是专业基础课。

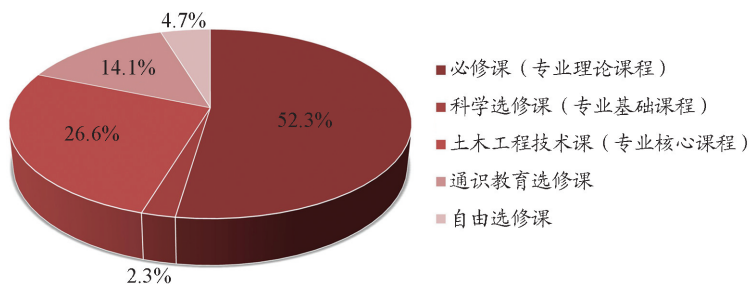


图 1 土木工程专业课程类别组成

UIUC 要求学生在制定课程计划时,要求选定前述十个领域中的两个领域作为重点研究方向,一个为主修领域(primary area of emphasis),一个为辅修领域(secondary area of emphasis),校方对不同学科领域的课程名单分别做了详尽要求。不同领域内课程的名单通过下文所述“科学选修课”和“土木工程技术课程”做了归类。确定了主修领域和辅修领域后,学生应填写课程安排计划书,并于大三前的两周内提交至校方课程评审委员会(Program Review Committee)和分管课程项目的系主任审批。

1. 必修课(专业理论课)(67 学分)

必修课(required courses)需要修够 67 个学分,是土木工程本科课程重要一部分。这些课程为土木工程的研究提供了理论基础。表 1 为 UIUC 必修课程一览表。UIUC 土木工程专业非常注重学生基础理论知识的学习,包括了数学、物理、化学、力学等理论课程在内共计 47 个学分,占必修课程 70%,占整个 128 学分的 37%,超过了总学分要求的三分之一,可见 UIUC 土木工程专业非常重视对学生理论功底培养。此外 UIUC 将科技写作课程列为必修课程,为提高学生的科技写作能力打下了坚实基础,这点区别于我国的培养模式。

表1 必修课程(专业理论课)一览表

课程类别	课程名称	学分	备注
定位与专业发展 (1 学分)	工程讲座(仅限新生)	0	类似于入学培训
	工程讲座(仅限转学学生)	0	
	土木工程概论	1	
	专业实践讲座	0	一般由校外专家做讲座
数学 (16 学分)	数学 I	4	
	简明矩阵论	2	可用线性代数代替
	数学 II	3	
	数学 III	4	
	微分方程导论	3	可用微分系统导论代替
基础科学 (18 学分)	普通化学 I	3	
	普通化学 I 试验	1	
	普通化学 II	3	
	普通化学 II 试验	1	
	大学物理-力学	4	
	大学物理-电磁学	4	
	大学物理-热物理	2	
应用力学 (13 学分)	静力学	3	
	动力学	3	
	简明固体力学	3	
	简明流体力学	4	
书面表达 (7 学分)	写作原理	4	
	科技写作	3	
工程原理和工具 (12 学分)	工程与科学计算	3	
	工程制图	3	
	系统工程和经济学	3	有课程设计
	工程风险和不确定性	3	有课程设计

2. 科学选修课(专业基础课)(3 学分)

每个学生必须选择至少 3 学分的科学选修课。科学选修课保证了学生在所选学科领域内掌握专业知识的深度。科学选修课体现在主修领域课程名单内,辅修领域不对科学选修课作要求。学生可以将未列入名单的课程作为科学选修课,但学生必须将该课程列入学习计划的优点在课程安排计划书(academic program plan)中予以证明,且该课程必须通过项目评审并获得校方批准。

由于涉及十个领域的科学选修课,课程门数较多,且部分领域与我国土木工程研究领域相差较大,笔者在此列举出了与我国土木工程密切相关的岩土工程、结构工程和交通运输工程三个主修领域的科学选修课,见表 2。由表发现,UIUC 重视地学相关课程的学习,特别是普通地质学,在这三个

领域内均将其列为科学选修课(专业基础课),而且也重视电工学,将电气与电子电路均列入了结构工程领域和交通运输工程领域的选课名单,这都明显区别于我国的相关规定和现状^[12]。

表2 主修领域科学选修课

主修领域	课程类别	课程名称
岩土工程	必修	普通地质学
	建议选修	地质材料与环境,环境地质,地貌学,构造地质学,沉积学和地层学,水文地质学
结构工程	必修	无
	建议选修	数值方法 I,电气与电子电路,普通地质学,自然灾害,热力学
交通运输工程	必修	无
	建议选修	数值方法 I,电工与电子电路,普通地质学,热力学,机械系统动力学,材料热力学,控制系统,应用统计方法

3. 土木工程技术课程(专业核心课)(34 学分)

土木工程技术课程包含两类,一类是核心课程(core courses),另一类是高级技术课程(advanced technical elective courses),主修领域和辅修领域都有高级技术课程,辅修领域的高级技术课程难度小于主修领域。核心课程为所有高级技术课程奠定基础。UIUC 让学生通过核心课程的学习对土木工程学科背景有更广泛的了解,并使每个学生通过选定的主修和辅修领域的高级技术课程,让学生制定的本科阶段的学习计划重点更加突出。让学生学习高级技术课程,重在强调让学生对土木工程设计基本原则和土木工程系统运营特点的理解和掌握。

核心课程和辅修领域课程保证了土木工程学科的广度,主修领域课程则保证了学生专业学习的深度。不能使用某一高级技术课程来同时满足主修领域和辅修领域课程选修的要求,必须保证 12 个学分的主修领域课程和 6 学分的辅修领域的课程。核心课程和技术选修课的学期时数之和至少为 34 个。UIUC 校方通过设定主修领域和辅修领域学分数,保证了学生对专业知识学习的广度和深度,这点值得我国借鉴。

(1) 土木工程核心课不少于 15 学分(五门课程),从表 3 中选择。核心课程不能替代高级技术课程,但是如果高级技术课程满足选修要求则不受此限制。

表3 核心课名单

课程类别	课程名称	学分	包含课程设计学分数
土木工程核心课 (15 学分)	材料性能	4	1.0
	交通运输工程概论	3	1.0
	建筑工程概论	3	1.5
	环境工程概论	3	0.5
	能源和全球环境	3	1.3
	水资源工程	3	1.0
	结构工程原理	3	0.5
	岩土工程概论	3	1.0

(2) 选择高级技术课程必须同时满足主修领域和辅修领域的要求。从前述十个领域确定一个

主修领域,并从确定的主修领域中选修高级技课程。UIUC 认为,主修领域课程的选修考虑了两方面的需要,一方面是让学生获得系统的专业教育,毕业获得学士学位后能在某一领域富有成效地工作,另一方面是为学生在该领域继续深造(考取研究生)做好准备。辅修领域课程的选择是对主修领域课程的补充,可有效拓宽专业知识面。辅修领域课程与主修领域课程类似,也从前述十个领域中选择,但其列出的课程名单范围较大,更具灵活性。UIUC 规定辅修领域与主修领域不能是同一领域,也不建议只在 EWES、SRM 和 SRIS 的跨学科领域中同时选择辅主修领域和辅修领域。

可以选修前述十个领域外的领域作为辅修领域,但必须获得校方审查批准。UIUC 认为选修领域外的课程作为辅修课程,有以下几种可能:其一,学生想选修领域以外与土木工程有关的课程,可以将其设定为辅修领域选修课;其二,学生可能想选修一些诸如数学和计算机方面的课程,教师可以帮助学生选修这些课程,一方面可以满足辅修领域技术课程的需要,另一方面也可促进和加强科学选修课的学习;其三,学生可能计划在完成土木工程学士学位后获得法律、商业管理或医学的专业学位。在满足辅修领域课程需要的基础上,通过仔细论证,可以选择与这些专业学位有关的课程作为辅修领域课程,也可作为某些专业课程入学所需的专业预科课程。

学生应对所选新的辅修领域课程向校方课程审查委员会提供充分理由,委员会将审查所选课程是否同时符合下述三个基本标准:其一,申请的课程既不违背也不能弱化与土木工程学士学位相关的既定教育目标;其二,课程必须连贯一致,有明确的教育目标;其三,提出的课程必须明确有利于学生的职业目标。学生需要在校方提供的固定格式的课程安排计划书(academic program plan)中填写所选新课程的理由,并应获得大学本科课程相关负责人和主管的批准。

UIUC 除了上述有关主修领域课程和辅修领域课程的规定外,还对课程设计和专业实验作了规定。UIUC 认为“工程设计”概念是土木工程研究的核心。不同的人对“设计”一词的理解有所差异,土木工程设计指的是在建造某种设施或过程中使用基本工程原理来解决工程问题或满足社会需求的过程,设计的核心思想是创造和综合。土木工程课程目录中几乎每门课程都是通过工程设计将其基本思想和实践相结合的,所以 UIUC 土木工程系每门课程都有一些与之相关的设计内容。

一些土木工程课程内容具备作为一项独立的综合设计项目的条件。基于学生已经获取的知识和技能,通过综合设计项目为以后设计工作提供经验。当然,设计经验需要考虑工程标准和实体工程的限制,有时还要考虑经济、社会、政治等因素对工程设计的影响。

学生选择的技术课程必须符合以下两个有关工程设计方面的规定:其一,每个学生至少参加一个与多领域团队综合设计项目的课程。此点类似于我国的毕业设计,但其综合性弱于我国的毕业设计。需要进行综合设计的课程包括混凝土材料、道路几何设计、施工组织、环境工程实验、城市水文水力学、结构体系设计、实用土力学、可持续设计技术等,其中混凝土材料为 4 学分,其他为 3 学分。其二,课程设计的累计学分不能小于 16 分。包含有课程设计的课程约有 70 门,限于篇幅,笔者在此不再赘述。

UIUC 认为专业实验是工程教育的重要组成部分,理论教学不能代替实验操作,其无法提高学生的动手能力。除部分必修课(required courses)安排有实验内容外,每个学生必须完成一门有实验内容的核心课或高级技术课程。这门课程必须在课程安排计划书上注明。开设实验的课程包含材料行为、混凝土材料、沥青材料 I、环境工程试验、水资源现场监测、实用土力学等 6 门,其中沥青材料 I 和环境工程试验为 3 学分,其他为 4 个学分。除理论课以外,开设实验的课程与我国土木工程

专业基本一致,我国一般在土木工程材料(或建筑材料)和土力学开设有实验课,只是 UIUC 课程设置较细,实验课程门数较多。

(3)按领域开设课程的例子。UIUC 提供了十个领域的课程组合,且对每个领域进行了专业定位,涉及领域较多,笔者在此仅列举交通运输工程领域课程体系,对前述的课程组成情况做进一步说明。每个领域课程名单包含了前述科学选修课和土木工程技术课程,其中土木工程技术课程又包括土木工程核心课和高级技术课。

交通运输工程领域定位:交通工程师设计、建造、管理和维护火车、汽车、飞机、船舶等交通工具所使用的铁路、公路、港口、机场等运输系统中的基础设施,参与控制交通和发展更好的运输系统。交通工程师需要了解车辆动力学特性对基础设施造成的影响,还应关注多式联运体系的发展和运行,以满足社会发展的需要。

UIUC 土木工程专业交通运输工程领域的必修高级技术课程分为设施(facilities)、系统(systems)和铁路(railroad)三个分支领域(见表4),UIUC 土木工程系规定,如果此领域为主修领域,则要求从三个领域中各选择一门课程作为高级技术课程,如果有偏离,需要校方审核批准;如果该领域为辅修领域,则必须从三个领域中选择两门课程作为高级技术课程,且这两门课程必须属于不同的领域。由此看出,UIUC 对学生所选领域内的课程安排非常细致和严格,保证了学生在土木工程专业所学知识的深度和广度,深度体现在分领域培养学生,广度体现在所选领域课程兼顾了不同分支领域课程之间的平衡。

表4 交通运输工程领域课程体系

课程类型	主修交通运输工程领域课程	辅修交通运输工程领域课程
必修	无	无
科学选修课	建议选修 数值方法,电工与电子电路,普通地质学,热力学,机械系统动力学,材料热力学,控制系统,应用统计方法	无
土木工程核心课程	必修 材料行为,交通运输工程概论	交通运输工程概论
	建议选修 施工工程项目管理,环境工程概论,水利资源工程,结构工程原理,岩土工程概论	无
高级技术课程	必修 分支领域 I-设施: 沥青材料,路面设计 I,机场设计,分支领域 II-系统: 机场设计,道路几何设计,交通能力分析,公共交通系统, 分支领域 III-铁路: 铁道工程,轨道工程,铁路信号与控制,铁道设计与施工,高速铁路工程	分支领域 I-设施: 沥青材料 I,路面设计 I,机场设计 分支领域 II-系统: 机场设计,道路几何设计,交通能力分析,公共交通系统 分支领域 III-铁路: 铁道工程,轨道工程,铁路信号与控制,铁道设计与施工,高速铁路工程
	建议选修 沥青材料 I,路面设计 I,机场设计,铁道工程,轨道工程,铁道信号与控制,铁道设计与施工,高速铁路工程,道路几何设计,交通能力分析,城市交通规划,公共交通系统,专题讲座	无

UIUC 十分重视课程之间的逻辑结构(prerequisites),类似于我国专业培养方案中的拓扑图,

UIUC 对不同类型课程之间的逻辑结构作了规定,强调选修课程之间的先决条件。交通运输工程领域高级技术课程逻辑结构如图 2。

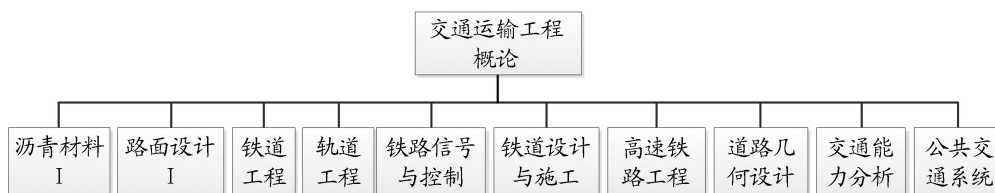


图 2 交通运输工程领域高级技术课程逻辑结构

4. 通识教育选修课(18 学分)

UIUC 土木工程专业设在该校的工程学院,学院规定所有专业需要完成至少 18 个学分的通识教育选修课。此类课程在土木工程专业中的作用是,通过学习不同于科学技术课程的理念来完善对未来工程师的教育。UIUC 认为,通过对通识课程的学习,学生可以在全球和社会背景下理解和解决工程问题,以及在其他相关时代问题等方面得到最广泛的教育。

通识教育选修课必须包括 6 个学分的社会和行为科学及 6 个学分的人文和艺术课程,这些课程从学校通识教育名单中选择。其中社会和行为科学必须选择微观经济原理或宏观经济原理。通识教育选修课的剩余 6 学分可从学院提供的列表中选择,也可从学通识用教育名单中选择。学生还必须通过学习一门西方文化课和非西方文化课来完成学校对文化学习的要求。从 2018 级开始,校方将美国少数民族文化课增列为必修文化课。

除了以上有关通识教育的一般规定外,还对经济学课程和写作课程做了专门说明和规定。对于土木工程专业,微观经济学或宏观经济学必须包括在人文和社会科学的 18 学分内。课程委员会推荐微观经济学而不是宏观经济学,因为微观经济学的原理与土木工程许多可能的职业发展特别相关。开设写作课程目的主要是提高学生对重要学科中关键问题的理解和对科技写作技巧的掌握,包括写作原理、科技写作、伦理与工程等约 10 门课程可供选修。

5. 自由选修课(6 个学分)

UIUC 工程学院每个学生最多 6 个学分的自由选修课,为满足上述四类课程学分要求但未修够 128 学分的学生提供弥补学分的机会。学校特别规定补习课程、体育课和基础军事训练课不能作为自由选修课学分,并且规定,选修上述四类课程多出来的学分都可以算作自由选修学分。例如,完成了 4 个学分的科学选修课,则多出来的 1 个学分可以算作自由选修课学分。

6. 典型的八学期课程安排

表 5 为 UIUC 土木工程专业典型的八个学期课程安排的例子(共计 128 学分)。表中没有列出科学选修课和土木工程技术课程的具体名称,确定主修领域和辅修领域后即可确定其具体课程名称。可为我国高校优化土木工程培养方案提供借鉴和参考。

表5 典型的八学期课程安排

学年	学期	课程名称	学分	备注
第一学年 (32 学分)	第一学期 (15 学分)	土木工程概论	1	
		普通化学 I	2	
		普通化学 I 试验	1	
		工程讲座	0	类似于入学培训
		数学 I	4	
	第二学期 (17 学分)	通识教育选修课	3	
		工程制图	3	
		普通化学 II	3	
		普通化学 II 试验	1	
		工程与科学计算	3	
第二学年 (33 学分)	第一学期 (16 学分)	数学 II	3	
		大学物理-力学	4	
		写作原理	4	
		系统工程与经济学	3	
		数学 III	4	
	第二学期 (17 学分)	大学物理-电磁学	4	
		统计学	3	
		简明矩阵论	2	
		工程风险与不确定性	3	
		大学物理-热物理	2	
第三学年 (32 学分)	第一学期 (16 学分)	动力学	3	
		简明固体力学	3	
		通识教育选修课	3	
		自由选修课	3	
	第二学期 (16 学分)	偏微分方程	3	
		简明流体力学	4	
		土木工程核心课程	6	某一学科领域
		科学选修课	3	某一学科领域
第四学年 (31 学分)	第一学期 (15 学分)	科技写作	3	
		土木工程核心课程	7	某一学科领域
		高级选修课	3	某一学科领域
		通识教育选修课	3	
	第二学期 (16 学分)	专业实践	0	
		土木工程核心课程	3	某一学科领域
		高级选修课	6	某一学科领域
		通识教育选修课	6	
自由选修课	3			
	通识教育选修课	3		
高级选修课	10	某一学科领域		

(二) 其他规定

UIUC 土木工程系除提出了非常详尽的有关选课方面的规定外,还提出了其他有关人才培养方面的规定,其中课程逻辑关系(Prerequisite structure of the courses)、大学生科研(Undergraduate Research)、教师顾问(The Faculty Advisor)等几方面内容对我国土工工程本科专业教育具有较大的借鉴作用。

1. 课程逻辑关系

工程教育是建立专业基础知识的过程,专业课程之间的逻辑结构极其重要,只有合适的课程结构才能起到循序渐进的学习效果。规定明晰的课程结构,可以正确指导学生选课的顺序,在开始某门课程学习时让其知道应事先掌握所需的预备知识是什么。学生学习新课程的成功与否很大程度上取决于预备课程的掌握。为了让学生快速了解课程之间的逻辑结构,UIUC 专门为学生提供了课程流程图,图 3 所示。

图 3 中列出的课程是按最早可能开始选修的时间(学期)安排的,当然也可以适当推后。因为学习时间有限,且不同课程之间存在交织关系,UIUC 校方建议学生尽早选修各学期开设的课程,以免影响后续课程学习。由图 3 可看出,多数土木工程核心课(属于前述土木工程技术课程)都有四个学期(或四门)的预备课程。核心课之后各门课程的逻辑结构在各选修专业领域内不同,校方也给出了各领域内课程的逻辑结构图,如前“交通运输工程领域”所述。

2. 大学生科研

UIUC 大学生科研类似于我国的大学生科研训练项目。UIUC 认为大学生科研可以给学生更多的发展机会,为学生以后走向工作岗位从事研究工作奠定基础,学生可以从中获得与众不同的荣誉感,而且通过科研给本科生与教师和研究生之间加强联系提供了机会,大学阶段参与科学研究也对学生申请研究生有帮助。

UIUC 提倡教师鼓励本科生就感兴趣的领域与教师拟定科研计划,尽早参与科学研究。学校鼓励学生联系教师积极撰写项目建议书(1~2 页即可),学院在每学期开始后两周内通过网站宣布获批建议书。获批项目学生和教师每学期将分别获得 1 500 美元和 500 美元的研究经费,明显高于我国大多数学校的资助力度,如近年山西大学工科大学生科研训练项目资助经费为每年 2 000 元人民币,用此额度开展有关土木工程专业方面科研训练,经费偏少,影响科研训练效果。

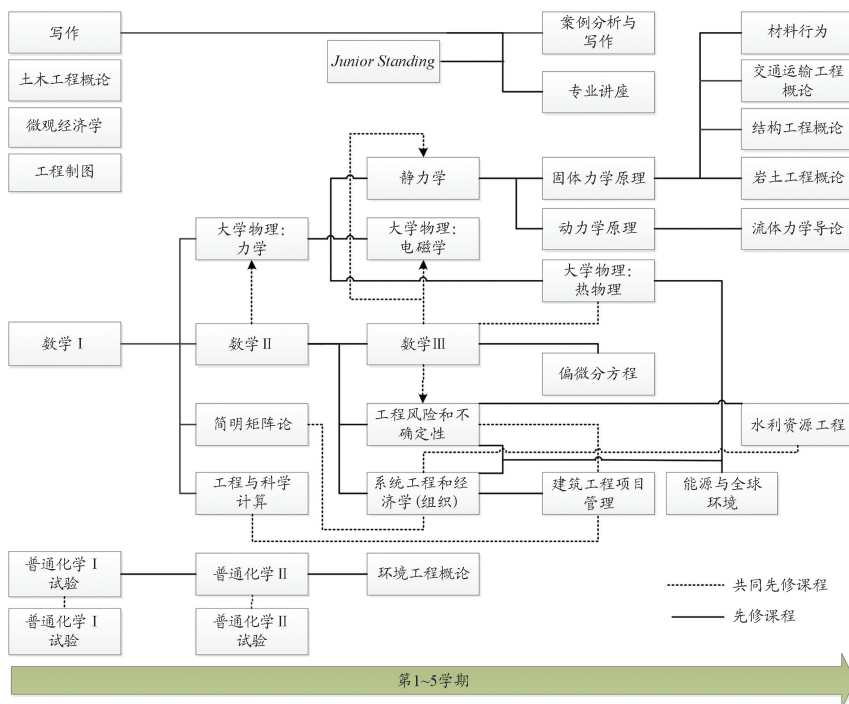


图 3 必修课和土木工程核心课逻辑结构图

此外规定,建议书只能由学院教师代表其学生提交,且每名教师每年指导学生不能超过2名。学生在本科期间最多可申请两项科研项目。学校规定学生从事科研工作的时间为:秋季和春季学期为12周,每周10小时;暑期为6周,每周20小时。每小时按12.50美元给学生发薪酬。每个学生平均一学期可获得1500美元的薪酬。

UIUC鼓励学生在完成校方资助项目后继续参与教师科研项目研究。学校的大学生科研项目主要面向未参与过科研的学生,所以已经参与教师科研项目的大学生将不允许再申请学校的大学生科研项目。

3. 教师顾问

UIUC的教师顾问类似于我国近期提倡的本科教育导师制度,这一制度在美国已经非常成熟。UIUC规定每位教师都是本科生的导师。导师可以为学生申请研究生写推荐信,可以帮助学生就业,还可以帮助学生改进学习习惯和生活技能。学生除了可以就有关课程选修方面的问题从专业指导人员(The Academic Advisor)获得咨询和指导外,导师也是帮助学生制定课程计划和就业的重要资源。UIUC认为,虽然导师不能为学生做决定,但可以从导师那里获得有用的信息来帮助学生做出决定。UIUC鼓励学生主动与导师保持联系,并与导师建立良好的工作关系,以帮助学生专业领域(求学道路)取得更大成功。

三、启示与建议

(一) 我国专业培养方案制定现状

根据教育部2021年度普通高等学校本科专业备案和审批结果的通知^[13],土木类专业包括土木工程,建筑环境与能源应用工程,给排水科学与工程,建筑电气与智能化,城市地下空间工程,道路桥梁与渡河工程,铁道工程(2014),智能建造(2017),土木、水利与海洋工程(2018),土木、水利与交通工程(2019),城市水系统工程(2020),智能建造与智慧交通(2021)等12个本科专业,其中后8个专业属于特设专业。自中南大学于1992年获批增设城市地下空间工程特设专业并于1993年首次在全国招生^[14],各高校根据办学优势和特色,申请了后续不同的土木类特设专业。

我国相关院校制定土木工程培养方案的主要依据为全国高等学校土木工程学科专业指导委员会2011年10月编制的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》和教育部2018年1月30日发布的《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》。以上两个标准文件均对专业知识体系和核心课程体系作了较详尽的规定,为制定具有我国国情的专业人才培养方案起到了不可替代的指导作用。上述标准和规范对土木工程专业知识体系构成作了建议,知识体系包括通识类知识、学科基础知识和专业知识共三类;其中通识类知识包括工具类知识、人文社会科学类知识、数学和自然科学类知识三类,学科基础知识即专业基础知识,主要由力学原理与方法、专业技术相关基础、工程项目经济与管理、结构基本原理与方法、施工原理与方法等构成,专业知识主要指建筑工程、道路工程、桥梁工程、地下工程、铁道工程、港口工程、海洋设施工程等专业领域的专门知识。此外,也对主要实践性教学环节作了规定,实践环节由实验、实习、设计、社会实践及创新训练等组成。

随着“新工科”教育理念的深入贯彻和工程教育认证工作的逐步推进,笔者认为出现了一些有悖于专业建设和人才培养初衷的问题。

(1)全国开设土木工程专业的院校有500多所,各校办学层次和水平差异显著,诸多院校未充

分考虑学校总体办学定位,专业办学理念和定位不合理、不明晰,导致所制订的专业人才培养方案不具有针对性和适用性。研究型大学制定的人才培养方案过于“前卫”,不接地气;应用型院校过分追求“普适性”,制定的专业理论知识体系不扎实,体现不出应用型院校“地方特色”的优势,以上两种情况均导致了人才培养严重脱离办学初衷,不能满足经济社会发展对人才的需求。

(2)盲目追求大类招生,部分综合性高校,特别是文科或理科为特色的院校,没有深刻领会工科办学理念和规律,教务管理部门工作人员未充分征求和采纳专业所在院系教学人员的建议,随意拼凑课程模块,大量缩减课时数,导致课程体系设置“不伦不类”。

(3)为体现“高素质复合型人才”培养目标和“新工科”理念,在课程设置方面,一味追求开设能反映学科前沿、交叉学科或新兴学科等发展的课程,忽略了学科的自身特征和应有的知识结构。此外受限于师资力量、跨学科(学院)交叉管理、学校政策导向及制度等因素,部分课程并不能在教学过程中很好地体现教学内容的先进性,无法实现课程开设的真正目的,导致此类课程在人才培养方案中形同虚设。

(4)部分高校在推进土木工程专业工程教育认证工作过程中,为评价毕业要求达成情况,刻意编制不合理的课程目标达成评价方法,导致教学模式“程式化”痕迹明显,严重背离工程教育认证初衷,造成 OBE 教学理念严重扭曲。

(5)实践教学模式和环节单一,不注重企业在人才培养中的重要作用,校企联合办学流于形式,仅签订合作协议,很难将各种实习、实训、实践教学基地建设和实践环节教学落到“实”处。

(6)1998 年教育部在对本科专业目录调整过程中将相关专业合并为具有“大土木”性质的土木工程专业,但后续部分院校根据各自办学特色和优势,申请了侧重于不同培养方向或领域的特设专业,偏离了“大土木”的专业内涵和培养理念,大有回归“大土木”之前培养模式之嫌疑。

(二) UIUC 培养方案的启示

UIUC 土木工程专业课程的安排和设计特别强调基本知识(fundamental knowledge)、通用技能(transferable skills)和终身学习(lifelong learning)在人才培养中的重要作用。UIUC 的这几点培养目标类似于我国“卓越工程师教育培养计划”中的核心理念^[15]。

(1)课程划分细致,每门课程由所设课程领域的专门教师授课,保证了课程讲授的难度和深度。例如,必修课(专业理论课)中的物理、物理、化学、力学等课程,按知识单元分成了不同的课程,并且学分达 47 个(752 学时)。

(2)制定的课程体系和选课原则,具体而不失选择性,宽泛而不失盲目性,为学生选课提供了可操作性很强的方法、步骤和原则。

(3)UIUC 土木工程专业看似十分宽泛的“大土木”,但实际上,在制定培养方案过程中充分兼顾了深度与广度的统一。UIUC 根据每个学生的兴趣和爱好,且考虑学生就业和深造的需要,将课程体系划分为十个领域;学生需要同时选定一个主修领域和一个辅修领域,来制定具有个性化的培养方案。课程体系中除像我国一样设定了不同层次课程所修的学分和比例外,还进一步规定了领域内课程的学分组成,有效引导学生学习课程,保证了学生培养过程中合理的知识结构。

(4)重视不同课程对应预备课程的教学,严格要求学生在选修某门课程时必须先选修对应的预备课程。

(5)强调写作课程,开设有“写作原理”“科技写作”“工程与伦理”等课程,为走向工作岗位正

确、规范地表达科技成果和发表科技成果(比如撰写论文)打下了坚实的基础,笔者认为这也是美国科技成果(例如专利和论文)领先于世界的主要原因之一。

(6) UIUC 为了保证学生在某领域选课的合理性,需要学生填写一份课程安排计划书,此计划书主要体现主修领域和辅修领域涉及到的专业基础课、专业核心课和高级技术课,其他课程不体现在计划书里,计划书上需要标明主修领域和辅修领域的名称。计划书上需要学生、指导教师、课程评审委员会和分管培养方案制定工作的系领导四方签字确认,有效避免了学生盲目选课,保证了计划书的严谨性和合理性。

(7) UIUC 培养方案中没有提出像我国的毕业设计的概念和要求,但已在课程设计环节提出了严格的要求,特别是综合设计课程,需要至少完成一门综合设计课程,而且综合设计课程是需要多人协作才能完成的一项独立设计。

(三) 建议

我国现行高等教育体制应结合我国国情制定,完全照搬欧美高等教育模式不切实际,为了更大幅度地优化我国土木工程本科人才培养模式、提高人才培养质量,结合 UIUC 培养方案,汲其长避其所短,提出如下几点建议。

(1) 不盲目追求“厚基础、宽口径、大土木”的专业设置原则。现今好多高校本科教务管理部门,不认真调研,不征求一线院系的实际情况,甚至不懂各专业的特点,没有准确领会“通识教育”的深刻含义,盲目追求“通识教育”,盲目压缩课时,课程体系设置混乱,学生“知其然不知其所以然”,让学生无法胜任不同学科对应的工作岗位,也不利于在某一领域继续深造。

(2) 加大和重视理论课教学,特别是能起到“工具”作用的课程,例如工程数学和计算机编程,扭转当下土木工程专业或“数理方程”“矩阵论”“计算机语言”等工具课程教学的局面。

(3) 为了具有针对性地培养学生,建议各高校根据本校土木工程专业背景和条件,尝试分多领域为学生制定个性化的培养方案。

(4) 召集具有责任心的教师和企业技术人员,成立类似于 UIUC 课程评审委员会的本科教育课程委员会(或培养方案制定委员会),真正从校内培养、进修深造、就业创业等几方面为学生选课提供有力的帮助和咨询,正确引导学生选课。

(5) 建议通过制度将科技写作课程纳入教学计划,加强科技成果写作课程教学,积极引导学生重视科技成果表达和写作,掌握科技成果的写作规则、方法和技巧,为适应工作岗位和继续深造奠定基础。

(6) 编制类似于 UIUC 的大学生课程手册,在入校时,人手一册,让每位学生充分了解所学专业在课程设置和培养目标方面的具体内容和核心精神。在分模块或分方向培养之前,结合手册召开说明会,真正起到指导和咨询的作用。

四、结语

在有关部门提倡大量压缩专业数量的背景下^[16],申请开设新专业并非易事。怎样在“大土木”专业设置前提下,建立合理的课程体系和制定“个性化”的培养方案,培养出知识面“广而不泛”的高质量毕业生,成为一种挑战。为实现工程教育国际互认和工程师资格国际互认,我国大力倡导和推行工程教育专业认证。对于全体高教工作者而言,制定符合工程教育认证的土木工程人才培养模

式,可以说是使命光荣、任重道远^[17]。

参考文献:

- [1] 易贝贝. 回应到引领:美国工程教育与产业结构关系研究[J]. 高等建筑教育,2020,29(4):57-64.
- [2] 潘海生,彭乾刚. 工程教育学科建设:美国的经验与启示[J]. 高等工程教育研究,2019(3):180-186.
- [3] 杜娟,王在成,路平,等. 工程教育认证背景下土木工程专业人才培养体系构建[J]. 高等建筑教育,2021,30(5):26-32.
- [4] 马坤,郭炳晖,郑志明. 基于“新工科”建设的人才培养挑战与机遇[J]. 连理工大学学报(社会科学版),2019,40(5):109-113.
- [5] 张雪,齐永正,曾文杰,等. 面向新工科人才培养的土建类专业实践教学体系探索[J]. 高等建筑教育,2021,30(1):124-129.
- [6] 王璐瑶,陈劲,曲冠楠. 构建面向“一带一路”的新工科人才培养生态系统[J]. 高校教育管理,2019,13(3):61-69.
- [7] Department of Civil and Environmental Engineering (CEE). Civil and environmental engineering undergraduate handbook (2019—2020) [M]. University of Illinois at Urbana-Champaign,2019.
- [8] Department of Civil and Environmental Engineering (CEE). Civil and environmental engineering undergraduate handbook (2018—2019) [M]. University of Illinois at Urbana-Champaign,2018.
- [9] University of Illinois at Urbana-Champaign. Undergraduate majors & concentrations [EB/OL]. (2019-08-10) [2020-09-11]. <http://catalog.illinois.edu/undergraduate/>.
- [10] University of Illinois at Urbana-Champaign. Civil engineering, BS [EB/OL]. (2019-08-10) [2020-09-11]. <http://catalog.illinois.edu/undergraduate/engineering/civil-engineering-bs/#degreerequirementstext>.
- [11] University of Illinois at Urbana-Champaign. Illinois course explorer [EB/OL]. (2019-08-10) [2020-09-11]. <https://courses.illinois.edu/>.
- [12] 高等学校土木工程学科专业指导委员会. 高等学校土木工程本科指导性专业规范 [M]. 北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [13] 中华人民共和国教育部. 教育部关于公布2021年度普通高等学校本科专业备案和审批结果的通知 [EB/OL]. (2022-02-22) [2022-03-01]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/moe_1034/s4930/202202/t20220224_602135.html.
- [14] 唐礼忠. 城市地下空间工程新专业的设置与建设 [J]. 理工高教研究,2002(5):88-90.
- [15] 杨印生,王瑞,张强. 构建面向卓越工程师培养的供给侧体系 [J]. 中国高等教育,2018(8):35-37.
- [16] 山西省人民政府. 省政府召开全省高等教育本科专业优化调整工作启动会议 [EB/OL]. (2018-01-02) [2020-09-11]. http://www.shanxi.gov.cn/yw/zwlb/bmkx/201801/t20180102_381371.shtml.
- [17] 叶树江,侯宇新. 以专业认证为抓手建设高质量工程教育人才培养体系 [J]. 中国高等教育,2018(S2):21-22.

Interpretation and enlightenment on training scheme of civil engineering undergraduate in UIUC

NIU Xirong¹, SUN Yanfang², YANG Jing¹, LUO Zuolong¹

- (1. School of Electric Power and Civil Engineering, Shanxi University, Taiyuan 030013, P. R. China;
2. College of Civil Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, P. R. China)

Abstract: Civil engineering is one of the most representative traditional engineering specializations. It is of great practical significance to formulate a reasonable curriculum program for civil engineering undergraduate in order to train high-quality talents and promote the construction of emerging engineering education. By means

of comparative analysis, this paper expounds the core contents of the undergraduate training program of civil engineering in the University of Illinois at Urbana Champaign (UIUC), especially the principles and provisions of the curriculum system. It is found that the proportion of professional theory courses is 52.3%, with special emphasis on the setting of tool courses (such as engineering mathematics and computer language). The core curriculum of the major is divided into ten fields (including seven traditional fields: construction technology and management, building materials, environmental engineering, geotechnical engineering, structural engineering, transportation engineering, water resources engineering and science; three interdisciplinary fields: energy-water-environment sustainability, social risk management, sustainable and resilient infrastructure systems). It is stipulated that two different fields shall be selected as major fields and minor fields at the same time. The course of writing principles and scientific and technological writing has been set up, emphasizing the cultivation of scientific and technological writing ability. The teacher consultant system is advocated, and teachers are encouraged to provide all-round consultation and guidance for students in the whole process. The training program of UIUC civil engineering reflects the following characteristics: the careful division of courses ensures the difficulty and depth of course teaching, the flexible and operational course selection of the curriculum system, the selection of major and minor fields gives consideration to the depth and breadth of professional knowledge, and the hard provisions of the preparatory courses ensure the effective connection of the curriculum system, the freshman's formulation of the curriculum arrangement plan needs for multi-level endorsement by the university to prevent students from blindly selecting courses. It has a reference role in optimizing the talent training mode, improving the talent training quality, and promoting the education and teaching reform of civil engineering undergraduate major in China.

Key words: civil engineering; curriculum program; primary area of emphasis; secondary area of emphasis; UIUC; enlightenment

(责任编辑 袁虹)