

DOI:10.13766/j.bhsk.1008-2204.2017.0230

基于实践能力培养的工程教育课程改革 ——以昆士兰大学项目中心型课程为例

夏国萍

(北京航空航天大学 高等教育研究院, 北京 100083)

摘要: 为了提升学生工程实践能力,澳大利亚昆士兰大学建立了“项目中心型课程”,基于真实的社会工程问题,要求学生设计解决方案并建构工程模型。从毕业生素质、学习目标、学习活动、评估工作到评估规则 and 标准等方面,教学模型的原则始终贯彻在对工程实践能力包括学生知识运用能力、问题分析能力、解决方案设计能力、项目管理实施能力、沟通合作能力的培养方面,以期培养出适合 21 世纪需要的工科毕业生。文章对项目中心型课程的实施特色进行了评述,以期对中国工科学工程实践能力培养的课程设计提供启迪。

关键词: 工程教育; 工程实践能力; 项目中心型课程; 昆士兰大学; 澳大利亚

中图分类号: G642.3

文献标识码: A

文章编号: 1008-2204(2019)03-0135-08

Reform in Engineering Education Curriculum Based on Practice Ability: Exemplified by the Project Centred Curriculum of University of Queensland

XIA Guoping

(Institute of Higher Education, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to improve engineering practice ability of students, the project centered curriculum is established by the University of Queensland, Australia. Projects are designed to be substantial pieces of original work that simulate real engineering practice using topical tasks and problems sourced from industry and research. The students are asked to design engineering solutions and build the models. With the aim of cultivating the engineering graduates demanded in the 21st century, the aspects of graduate attributes, learning objectives, learning activities, assessment tasks and assessment criteria & standards are used by the principle of pedagogical model to develop the ability to apply knowledge, analyze problems, design solutions, manage projects and communicate effectively. This paper described and discussed the features of the project centered curriculum by the University of Queensland, Australia, so that our country could draw inspiration for the curriculum design of students engineering practice.

Keywords: engineering education; engineering practice ability; project centred curriculum; University of Queensland; Australia

一、引言

《2016 年全球制造业竞争力指数》指出,首席执

行官们一致将“人才”评为全球制造业竞争力最重要的驱动因素。中国拥有 4 200 多万的工程科技人才队伍,尽管中国毕业的理工科人数遥遥领先,但中国大部分理工科毕业生缺乏足够的易于受雇的实用

收稿日期: 2017-08-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71641009)

作者简介: 夏国萍(1985—),女,山东滨州人,博士研究生,研究方向为高等教育管理、工程教育。

培训技能^[1]。根据麦肯锡公司有关统计得出,中国工科毕业生只有10%可以达到跨国公司的用人标准,远低于发达国家80%的比例^[2]。工程教育课程是培养工程人才的主要渠道,工程实践能力是工科毕业生的核心素质。什么样的工程教育课程才能有效提高学生的工程实践能力,是中国工程教育课程体系亟需解决的问题。

纵观当前相关研究,对于培养未来工程师和工程科技人才的工程教育来说,工程实践能力是把科学原理转化为现实发明的必备素质,是工程领域具体要求的体现,是工程知识运用能力和工程动手能力的综合运用,包括知识运用能力、问题分析能力、解决方案设计能力、项目管理实施能力、沟通合作能力。澳大利亚昆士兰大学项目中心型课程(Project Centred Curriculum,PCC)被公认为是工程课程改革的国际基准,被2012年3月发布的英国皇家工程院《实现工程教育的卓越:成功变革的要素》的报告誉为世界上最好的工程教育实践之一,真正地提高了学生的工程实践能力。基于此,文章深入剖析这一课程模式,以期能够为中国工科毕业生工程实践能力培养提供参考。

二、项目中心型课程改革的背景

昆士兰大学成立于1910年,是澳大利亚常春藤联盟的“八大名校”之一,是著名的世界一流大学。其课程改革主要基于以下两方面原因。

第一,外部原因。1996年,澳大利亚工程师学会在《改变文化:工程教育纳入未来》的报告一文中指出,澳大利亚工程教育受到了较大的挑战,目前难以适应团体和全球关注的政治文化敏感性、可持续发展以及环境问题^[3]。此外,澳大利亚毕业生就业委员会每年采用大学生课程体验调查(Course Experience Questionnaire,CEQ)对全国各高校应届本科毕业生进行调查。调查结果呈现出不少有关教学和课程的负面消息。工程教育课程体系不能得到及时更新、所学知识及掌握的能力不能满足工作需求是毕业生普遍反映存在的问题。

第二,内部原因。1996年以前,昆士兰大学的课程体系主要以传统的授课和专题报告为主,虽然课程具有非常好的理论框架和实践设想,但仍不能

满足职场变化和社会环境的要求。昆士兰大学的管理层也认识到全球范围内工程教育领域出现了多种新范式以便适应经济社会发展需求。如CDIO模式、基于项目的学习、基于问题的学习等。而昆士兰大学的工程学课程却仍然只是依靠传统的课程,工程教育方法相对落后,不能够培养出满足未来职场需求的工程师人才。因此,昆士兰大学试图找到一种重新组合工程教育理论和工程实践的新型课程体系。

1996年,新任命的昆士兰大学副校长约翰·海伊(Jon Hay)提出了“为满足专业实践特性需求发展工程学毕业生全方位能力”的愿望,在全校范围内拉开了工程教育课程改革的序幕。课程改革首先在化学工程学院试点进行,从2004年起,澳大利亚许多知名高校开始借鉴项目中心型课程的改革经验,并将其作为课程改革和重建的一部分,取得了显著成效。

三、项目中心型课程的设计原理

昆士兰大学项目中心型课程在原有传统课程和选修课的基础上,以“模拟专业实践的结构化序列培养工程学毕业生专业素质和通用能力”理念为指导,围绕支持和整合所有核心教学活动的“项目”为中心进行设计,着力模拟专业工程实践以期解决真实问题,侧重于培养学生的工程实践能力。昆士兰大学希·汉弗莱斯(Josh Humphries)和莱斯利·乔利(Lesley Jolly)教授根据项目中心型课程改革的预想和架构联合提出了新的教学模型,如图1所示,期望从毕业生所需素质入手能够为课程开发提供统一的框架,有助于自上而下地系统设计课程^[4]。教学模型的主要内容包括:第一,毕业生素质是系统构建课程体系的有效着力点,可以作为整个模型实施的起点,直接影响着人才培养目标的实现和课程学习目标的制订。第二,学习目标是毕业生素质落实到学习和课程中的具体细化,对整个课程实施起导向、调控作用,需要通过以学生为中心的一系列学习活动来实现。第三,学习活动是从学习目标出发结合学科专业特点和学生个性特色制订了一系列课程活动,毕业生的各种技能主要是通过各种学习活动获得的。第四,评估工作是保障学习质量的有效手段,

是课程规划实施不可缺少的环节,对学生各项技能的评估在真实的相关背景中进行测评才更有意义。第五,评估规则 and 标准是评估工作的依据,主要测评毕业生素质和学习目标的达成度^{[3]1-10}。

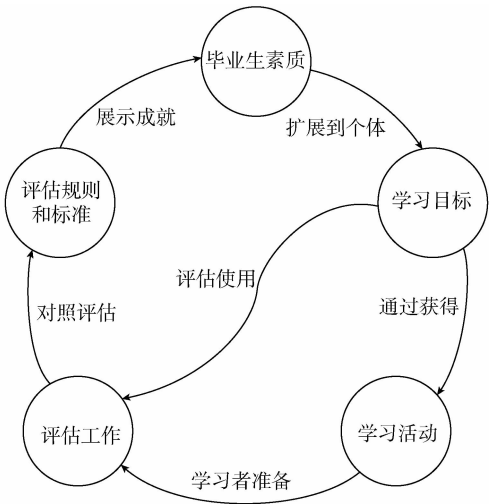


图 1 教学模型

四、项目中心型课程的实施特色

项目中心型课程的项目部分一般由 4~6 名学生组成的团队完成,持续时间为 6~13 周,每个项目都必须制作出解决方案工程模型,在每学期第 13 周进行演示和测试,并提交专业的工程报告。项目中心型课程鼓励学生像一个专业工程师一样进行思考,通过完成项目的工程解决方案、工程模型来提高学生的工程实践能力。

(一)制定满足国际需求的工科毕业生培养目标^[5]

昆士兰大学根据国际上对工程师素质和能力的要求,确定的工科毕业生培养目标为以下三个方面。

1. 工程知识基础。包括:理解适用于工程学科的自然科学、物理科学、工程科学的相应理论基础;对工程学科的数学、数值分析、统计学和计算机信息科学的概念性理解;深入了解工程学科内的专业知识;工程学科知识开发与相关研究的开展;影响工程学科的环境因素知识。

2. 工程实践运用。包括:在工程实践中有效掌握运用基础知识和专业知识;用所学基本原理发现、表述和分析工程问题;工程方法在复杂工程求解中的应用,系统方法在工程项目管理中的应用;熟练运

用工程技术、工具和资源;在设计过程中综合系统工程的应用;在设计操作单元、工艺流程或是完整系统解决工程中遇到的问题;能够考虑和评价工程对社会、健康、安全、法律、文化等的影响。

3. 通用个人素养。包括:职业道德与爱岗敬业;专业和相关领域有效的口头和书面沟通;创造性、创新性的积极态度;信息的有效获取、使用和管理;自我有序的管理和职业操守;有效的团队协作和领导能力。

(二)实施以工程实践能力培养为重点的学习目标

学习目标是整个课程实施应达到的学生身心及相关能力素质发展的预期结果,是对毕业生培养目标的具体化,即将毕业生素质要求分解对应的课程方面,并在课程教学中有效实施。项目中心型课程学习目标的设计至关重要,决定了人才培养的方向和质量。昆士兰大学根据工科毕业生的培养目标,确定了项目中心型重点培养工科学学生工程知识的获取和运用、工程问题的分析和解决、工程方案的设计和实施、工程项目管理与实施、团队合作与沟通,也就是工程实践能力培养。2017 年工程、建筑与信息技术学院第一学期开设了 4 门项目中心型课程,分别是项目 A——放射性废物自动收集车、项目 B——瓦努阿图东圣社区的供水与水质项目、项目 C——活动桥、项目 D——采矿挖掘机,下面以 2017 年这 4 个项目为例来研究其学习目标的设置。

1. 整合传统课程体系,聚焦知识运用能力

知识运用能力是指掌握足够的基础、专业知识,并能够在工程实践中对之进行灵活运用。该课程体系中的项目设计充分考虑学生的专业特点、学期课程结构,恰当协调项目与传统课程体系的衔接,进而提高学生工程知识获取及有效运用能力。新设计的课程结构如图 2 所示,包括 3 个序列:占总体课程 2/4 的第一个序列专注于传统的课程;占 1/4 的第二个序列专注于团队项目引导型课程,前两个序列均作为必修课;最后 1/4 的第三个序列是专注于广度和深度的选修课程^[6]。例如,项目 B 瓦努阿图东圣社区的供水与水质项目要求实现:①研究目前去除特定污染物所需的处理方法和过程;②设计一个模块化的泉水处理系统,生产符合安全饮用水标准

的水;③制造并演示团队的水处理转换器系统。为了保障项目的顺利实施,就要求学生充分学习传统的《工程化学》《工程数据分析》《过程建模与动力学》等课程^①。

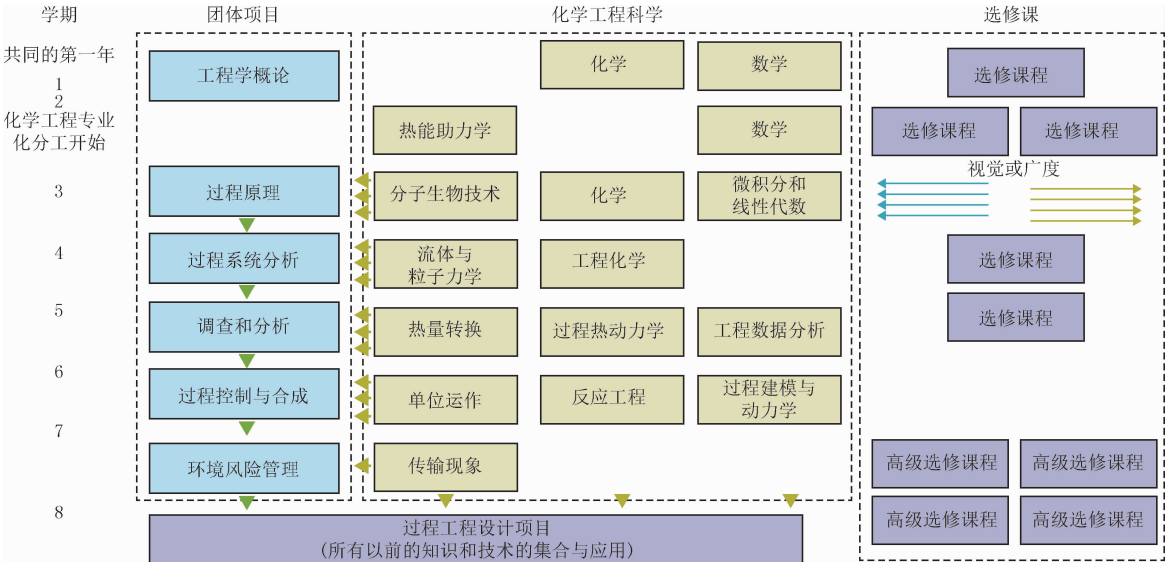


图2 昆士兰大学化学工程学院课程结构图

项目中心型课程中的第一年和第二年项目一般涉及共同性和通用性的问题,对于培养工程师的关键素质和基础能力起到重要的基础作用,第三年和第四年主要帮助学生了解所学领域工程技术核心知识、专业应用及完成毕业设计所需的技术知识等^[7]。因此,昆士兰大学不同学期专业知识的侧重点不同,并且设置与传统课程相匹配的项目课程,鼓励学生将专业理论工程知识应用到项目实践中。

2. 针对复杂真实困境,助力问题分析能力

问题分析能力是指能用所学基本原理,表述、分析和判定复杂的工程问题。项目中心型课程的项目一般由课程协调员根据全球发展中突现的问题进行设计,特殊的案例也可以由教师团队进行参与设计。项目设计来源于影响社会可持续性发展的具体问题或社会面临巨大挑战的真实困境,也就是说每个项目设计都是基于某个待解决的研究问题而设计的,旨在启发学生创造性的开发新模型、新方案、新创意。在实施过程中嵌入了大量原创性工作,鼓励学生能够像专业工程师一样探索性、创新性地解决真实工程问题,通过问题识别、问题分析、问题解决,尝试性、创新性地解决社会存在的困境和难点。例如:项目A——放射性废物自动收集车,是基于2014年日本福岛海啸导致核电站泄漏的社会问题,其目

标是规划和设计一种能够自动寻找收集散落放射性材料的自动收集车。项目A为未来不可预知事件可能会导致放射性物质泄漏做准备,旨在减小放射性物质的无序散落和对周围环境的污染^②。

3. 贯穿专业实践原则,强化方案设计能力

解决方案设计能力旨在培养学生在掌握相关工程学科理论的基础上,能够灵活运行工程决策工具进行论证,从而设计操作单元、工艺流程或完整系统,解决工程实践中遇到的问题,并同时考虑环境、社会等影响因素及可行性分析。所有的项目课程强调真实的专业性实践,突出结果的不确定性、模糊性和复杂性,实施重点在于通过工程角色模拟、工程构思设计、工程实践演练激发学生的专业素养、操作技术、实践能力。项目没有预定或特定的结果,在项目过程中加入了多种认知、探索、实践的要求,在专业实践的前提下为培养学生设计、交流、协作等技能提供了机会,需要考虑到每个项目成员的具体任务及如何把他们的工作整合为一个最终解决方案。学生每学期将在指导教师和工程人员的引导下,至少选择参与1门项目中心型课程,进行解决方案的设计构建,以期未来成为一名专业工程师做好准备。例如:项目C——活动桥,要求根据现实情况按照1:10的比例为布里斯班市奥克斯利小溪绿色走廊

设计一座可移动的活动桥,整个解决方案设计包括桥梁外形设计、负载测试、交通管理策略、交通路口、连接路径等一系列工作,既要考虑活动桥的型体,又需要兼顾桥梁稳定性和负载能力^③。

4. 基于项目过程的参与,侧重项目管理实施能力

项目管理与实施能力是指在有效运用工程和管理学知识的基础上,对项目的整体规划、分步计划及具体环节的进度进行控制管理,以及对相应的技术选择实施。合理的工程项目实施有助于学生理解现代工程实践的原则、规范、界限等,确定项目设计和实施过程中面对的各种约束条件,合理分配和有效利用各种资源、设备、时间。因此,该课程的实施过程中,每个项目都需把解决方案转变成相应的工程模型,按照规范要求进行操作和演示。工程模型的建构和测试主要在昆士兰大学 ABB 学生技术中心 (ABB Student Technology Centre, ABB STC) 完成,例如:项目 D——采矿挖掘机中牵引构件、挖掘铲、挖掘机部件的制作主要是在此中心完成。而在项目中心型课程的具体实施过程中,从项目选择到工程模型演示和提交专业报告,学生都需要全过程参与到项目中,这样有利于学生充分利用学校提供的各种现代工具建构工程模型,使学生不仅会选择、使用相关的工程和信息化技术工具,而且能够掌握不同工具使用的优缺点^④。

5. 融入团队协作小组,提高沟通合作能力

沟通合作能力是指能够在学生之间、学生与教师之间、学生与同行或社会大众之间就专业问题进行口头或书面的沟通与交流,从而在团队中不管是担任成员还是领导,都能有效发挥作用,促进工程项目的实施和完成。团体成员协作过程使每个成员明白项目结果的成败依赖于团队每个成员的努力,即项目的完成既需要每个项目成员的工作,又需要宏观地对项目进度、实施过程、模型测试等进行统筹规划,因此,所有的中心型课程项目都是由 4~6 名学生组成的团队完成。比如具体项目实施过程中需要就如何分解一个大问题、如何分配和调度子任务、如何把各个部分集成到统一的解决方案中进行不断地协商,这就需要经常与项目成员、指导教师沟通协调;项目成员之间还需要选拔组长或是协调员,以及进行多次书面

报告、口头汇报等参与活动。

(三) 开展系统专业配套的学习活动

在项目中心型课程从项目选择到演示和提交最终专业报告的整个过程中,其各个阶段的学习活动均与学生不同工程实践能力的培养目标紧密相关且别具一格,主要分为以下过程。

1. 灵活有效的支持系统

昆士兰大学修订了课程规范和支持系统,涉及工程项目、开发实施、课程单元等资质标准和拓宽工程标准等。课程协调员在教学框架内系统地对他们的课程进行设计和规划,包括学习目标、教学活动、教学评价以及如何提供能够证明学生工程实际能力等的电子文档。这个系统已经扩展到整个昆士兰大学,可以展示所有课程的信息,且每个学期都会及时更新,以前的配置文件会自动存档,因此,该系统有能力提供不同学期和层级的各种汇总报告^[8]。课程协调员根据往年课程系统中的文件和报告设计出不同年级、不同专业的项目中心型课程,经教学委员会审批后把相关课程信息及其包括项目背景、项目范围、设计规范、演示要求、制造部件的文件上传到课程系统。学生登录学校选课系统,就可以选择专业范围内个人感兴趣的项目课程。比如昆士兰大学化学工程学院规定项目中心型课程作为必修课之一,每个学生每学期至少选择 1 门。

2. 多元高效的协作活动^⑤

指导教师根据学生选课情况,按照每组 4~6 人自愿组队的原则进行分组。院系配备了专门指导教师,一般一个指导教师指导 4~6 个小组,整个学期中指导教师至少有 3 次正式指导会议,也可能根据不同团体项目的需求增加指导会议的次数。正式指导会议根据项目的需要一般控制在 20 分钟~1 个小时,对遇到的问题进行总结、指导和解答^[9]。项目中心型课程占每学期总课时的 25%,每个项目课程通常包括每周最多 1 小时的主题演讲、2~4 个研讨会。在项目实施过程中,团队成员可以咨询导师和大学技术人员具体信息,但不会直接得到问题答案,他们被鼓励进行尝试性探索。

第一阶段:项目可行性论证。前 4 周,团队成员在学习和查询相关知识基础上,针对项目工程问题的具体规范和要求进行充分的研讨、分析,并可以运

用数学、自然科学和工程科学的基本原理得出实质性的结论。小组成员将根据工程决策选择详细的设计概念并进行分工,根据决策工具对设计进行论证。

第二阶段:解决方案设计。第 5~6 周,团队设计出系统的、专业的、可操作性的解决方案及具体的组成部分或程序,解决方案要考虑到公共安全、文化、社会、环境等因素。指导教师对建构模型进行风险评估,这也是项目实施中的必经环节。只有指导教师已经签署了工程模型风险评估文件之后,模型制作、装配或测试才将被允许。

第三阶段:工程模型制作和演示。第 6~12 周,工程模型制作。学生根据学校提供的材料使用相应工具进行切割、组装、测试,并将详细制作过程写进项目报告中。指导教师将会对工程设计的安全性、可行性、可靠性进行全面测评,找出工程设计中存在的问题和不足。任何被指导教师视为不安全的模型将不允许参加演示日的操作。学生根据指导教师意见,根据设计规范、模型操作、约束条件再进行完善、组装、测试等,最终确定总的设计报告和工程模型,为演示做准备。

第 13 周,工程模型演示。在演示日当天,每个团队先到登记处登记,在登记处模型的名称、质量、体积将会被检查,然后被分配到相应装配站。团队可以在正式测试两个小时之前访问装配站,从而使用全部或部分时间来建立他们的模型,但模型必须在预定时间内完成组装并进行测试。根据次序和安排,各团队依次对工程模型进行一系列演示和操作。在演示过程中,团队最多被允许干预 3 次。导师将根据评估标准评估工程模型的完备性、规范性、稳定性等。

(四)推行多元有效的考核评估^[9]

工程评估是课程实施工作中非常重要的环节,是对教学过程、教学效果是否在预期之内的判定和衡量,可以进一步明确学习目标和学习活动的设计。

1. 障碍评估

所有项目中心型课程前期都设置了“障碍评估”(Hurdle Assessment),采用了通过在线测试技术衡量相关内容学习的形式,旨在测试项目参与情况。如果学生已经充分参与团队项目,那么这些测验很容易通过,并获得项目成绩;如果团体中有的学生没有为团体项目做出相应贡献,则这样的学生被记为

不及格,如 2005 年 CHEE2002 课程就有 2 个学生不及格。这个“障碍评估”能够使技术能力不足的学生无法通过项目课程,并保障项目中其他成员不受其消极因素影响,从而推进项目保质保量的完成。

2. 成员评估

项目中心型课程采用“成员评估因子”(Peer Assessment Factor,PAF)进行考核和打分,得分与学生参与项目的程度紧密相关,得分包括不同成员参与项目的个人计分和最终集成到统一解决方案中的团队计分。项目结束时,每个参与的学生都会提交一个依据所有成员的项目参与度得出的评分表格,满分为百分制。项目成员的得分为所有个人得分的总和除以 100 与项目人员数的乘积(个人所有得分/(100×成员人数))。CHEE2002 课程 A~E 小组的得分情况如表 1 所示。A 组学生 A5 和 D 组学生 D2 都在项目 2 的最后得分为 0.8。学生 A5 前期参加团队项目没有表现出社会惰化的情况,但是最后 2 周却退出了团队,可能是由于个人问题或与团队成员的冲突导致的。学生 D2 是英语作为第二语言的学生,项目 2 是一项研究和写作项目,团队成员认为 D2 的语言能力达不到所要求的标准,因此,没有让 D2 大量参与,D2 得到低分是由于英语撰写能力在项目 2 中不能承担相等的责任配比。

表 1 PAF 得分举例

项目	成员	PAF				
		会议1	会议2	会议3	项目1	项目2
A	A1	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9
	A2	1.0	0.8	0.9	1.0	1.1
	A3	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2
	A4	1.0	1.2	1.3	1.2	1.2
	A5	1.1	1.2	0.9	0.9	1.8
	A6	0.0	0.7	0.9	0.9	0.9
B	B1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1
	B2	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0
	B3	1.0	0.7	0.9	1.0	0.9
	B4	1.0	1.1	1.0	1.0	1.1
	B5	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9
C	C1	0.9	1.3	1.1	1.0	1.0
	C2	1.1	1.2	1.1	1.1	1.2
	C3	1.0	1.2	1.1	1.1	1.2
	C4	1.0	0.9	0.9	0.9	1.0
	C5	1.1	0.8	0.9	0.9	0.9
	C6	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9
D	D1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0
	D2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.8
	D3	1.3	1.0	1.0	1.0	1.1
	D4	0.9	1.1	1.0	1.0	1.0
	D5	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0
	D6	0.8	0.9	1.0	0.9	1.1
E	E1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9
	E2	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
	E3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1
	E4	1.1	1.0	1.0	0.9	1.0
	E5	1.1	1.1	1.0	1.1	1.1
	E6	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9

注:A6学生直到第4周才参加项目活动,所有刚开始没有成绩。

3. 指导教师评估

项目结束时,团队需要进行 30 分钟的汇报并提

交专业工程设计报告。指导教师根据成员评估、工程模型演示、最终专业报告给出每个项目成员的课程分数。对于团队成员出色完成的项目,指导教师将会根据相应情况进行加分,加分设计取决于以下标准:生产最大化(材料重量优化周期);最大化设计效率;设计规范、降低成本;创新设计;稳定性和控制设计易行性。

(五) 采取科学合理的评估准则

科学合理、行之有效的课程评估规则和标准是规范课程管理、促进教学目标实现、提高课程质量、强化人才培养质量的重要保证。其原则是兼顾导向性、科学性和实践性,全面综合考虑项目目标、过程和意义,从而在此基础上建立评估规则和标准的观测点,并通过评估工作全面衡量教学效果和学习成效。昆士兰大学项目中心型评估规则和标准的观测点具体包括:(1)学生对基础工程知识掌握和运用的程度;(2)学生对基本工程问题判定和分析的能力;(3)解决方案的设计和优化的专业水准;(4)工程模型操作和功能实现的效果;(5)团队沟通和合作的效率。

五、对中国基于工程实践能力培养的课程设计启示

纵观昆士兰大学项目中心型课程从毕业生目标到评估准则的整个过程,始终贯穿了对学生知识运用能力、学生问题分析能力、解决方案设计能力、项目管理实施能力、沟通合作能力的培养。通过实施项目必修课进而强化校内工程技术实践、模拟专业技术实践,有针对性地提升学生通过工程实践、工程建模解决社会真实问题的能力,从而保障学生有足够的工程实践时间和实践机会。分析昆士兰大学项目中心型课程,对改进中国工程教育中基于工科学生工程实践能力培养的课程设计具有以下启示。

(一) 构建基于工程实践的新型课程体系

王孙禹和刘继青指出,中国工程教育课程体系脱离工程实践的具体要求,其面向实践的工程训练不足。工科学生工程实践能力培养主要有三个渠道,分别是校内工程技术实践、参与科研项目以及校外实习^[10]。对于本科生来说,受知识储备和工程能

力的限制,参与大量专业科研项目的可能性较小,而校外实习由于时间的限制,往往真正工程实践的参与程度也有待加强,最有效和便于操作的方式就是通过课程实施强化校内工程技术实践的针对性和有效性。工程教育课程是培养工程人才的主要载体,要全面提升工科毕业生的实践能力就必须落实到课程体系中来,突出“基于毕业生素质产出”导向,打破工科人才培养的“最后一公里软肋”。为了提高工科毕业生的工程实践能力,高校应该着力以下几方面工作:第一,工程教育课程应该重点培养学生工程实践能力,以培养能够面向未来、面向创新、面向实践的“工程师”为目标;第二,开设相应数量的项目课程,合理协调传统课程、项目课程之间的关系,构建合理的知识结构和课程体系,使传统课程、工程项目与工程实践相得益彰,便于学生灵活掌握工程学科的系统知识和关键内容,促使学生能够将数学、科学、工程基础知识及特定专业的工程知识应用于实际的工程流程、系统和方法等。

(二) 凝炼便于实践强化的可行性真实问题

崔军在对中国工科人才培养的研究中明确指出,目前中国大学对工程专业中“能力”要求,还停留在传统的外语、计算机等工具性和技术性能力层面上,对 21 世纪工程世纪所需的解决复杂工程问题的能力重视不够^[11]。工程实践从真实的问题出发,通过运用学科或是专业领域的分析工具,定义与分析项目工程问题,识别、构想和解决工程困境,不仅有助于学生充分利用工程科学原理对复杂问题进行深入分析和研究,深刻理解和认识未来专业工程师的责任和挑战,而且可以使工程解决方案落到实处,从而有助于工程解决方案的实际应用和可持续性推广。因此,从真实工程问题来设计项目类课程是当前亟待解决的问题。

(三) 模拟解决方案设计的专业实践路径

《中国工程教育质量报告(2014)》通过对用人单位的调查发现,用人单位对中国毕业生开发和设计解决方案评价较低^[12]。工程解决方案设计主要培养学生对复杂问题的调研能力,采用工程方法解决复杂工程以及在工程项目设计中采用系统方法开发和设计完整系统解决方案的能力,包括问题解决的过程、能力平衡的原则、工程模型的建构等。在设计过程中,不仅需要运用大量定量科学和工程工具

对方案进行分析和解释,还要具体考虑到社会环境背景下所产生的影响及可持续性发展等要素。解决方案的设计能力是工程实践能力中的关键能力和核心素养,是今后中国工程人才培养的重点。

(四) 强化项目管理实施的实践角色体验

工程知识的掌握和运用仅靠传统课程、讲座和观察是很难实现的,只有让学生切实参与到工程项目的全过程,真正负责和完成具体项目的分工和设计,学生才能获得真切的工程角色体验,从而系统地理解工程项目的实施与差别,这对他们未来成为一名专业工程师将会大有裨益。系统地工程技术训练和专业工程实践对于提高学生的实际动手能力和操作能力是非常重要的,也是发达国家高等工程教育发展的着力点。鉴于此,在中国工科学生工程实践能力培养中,应加大校内工程技术训练,让学生参与工程项目全过程,强化学生系统性思维和工程实践全过程经验,服务工科人才培养内涵式发展。

(五) 适应团队合作组织的工程实践要求

国际大型公司在招聘专业工程师的时候不仅需要考察专业的工程知识和技能,对于沟通合作能力也提出了更多的要求。如波音公司入职工程师的10项标准包括:专业理论、设计制造过程知识和技能、系统思维、职场语境、沟通交流、职业道德、批判性思维、灵活适应性、终身学习、团队合作^[13],并进一步对未来工作中所需要的沟通素质、职业道德、团队合作等提出了明确要求。沟通是合作的基础,能够在工程活动中与同伴、同行和社会公众进行有效沟通,包括理解他们的工作内容、清晰地表述自己的理解、撰写专业的报告等,均是一名优秀工程师应当具备的基础能力。随着经济社会的发展,未来工程师面对的问题将会更为复杂,这就更需要在多样性、多学科背景的团队中进行有效合作,从而充分发挥作用。

注释:

- ① 参见:昆士兰大学2017年 ENGG1100 工程设计项目 B 的课程文件。
- ② 参见:昆士兰大学2017年 ENGG1100 工程设计项目 A 的课程文件。
- ③ 参见:昆士兰大学2017年 ENGG1100 工程设计项目 C 的课程文件。

- ④ 参见:昆士兰大学2017年 ENGG1100 工程设计项目 D 的课程文件。
- ⑤ 参见:昆士兰大学2017年 ENGG1100 工程设计项目 ABCD 的课程文件。

参考文献:

- [1] 德勤和美国竞争力委员会. 2016 全球制造业竞争力指数[EB/OL]. [2017-05-16]. <https://www2.deloitte.com/cn/zh/pages/manufacturing/articles/2016-global-manufacturing-competitive-ness-index.html>.
- [2] 查建中. 面向职场情境的工程教育改革研究——兼谈人力资源市场供给侧结构性改革[J]. 高等工程教育, 2017(2): 57—71.
- [3] CROSTHWAITE C, CAMERON I, LANT P, et al. Balancing curriculum processes and content in a project centred curriculum: In pursuit of graduate attributes[J]. ICHEM E, PART D, trans. Education for Chemical Engineers, 2006(10): 1—10.
- [4] HUMPHRIES J, JOLLY L. Developing an online course profile builder to promote pedagogical change[J]. Journal of Systemics Cybernetics & Informatics, 2004, 2(1): 64—69.
- [5] ENGG1100-Sem 1 2017-St Lucia-Internal[EB/OL]. [2017-05-14]. http://www.courses.uq.edu.au/student_section_loader.php?section=1&profileId=84234.
- [6] Dr R G. Achieving excellence in engineering education: The Ingredients of successful change[J]. The Royal Academy of Engineering, 2012(3): 1—76.
- [7] BEANLAND D, HADGRAFT R. Developing the whole curriculum[M]. Engineering Education: Transformation And Innovation, 2013: 167.
- [8] ROBIN K. Addressing the supply and quality of engineering graduates for the new century[R]. Sydney: Australian Council of Engineering Deans with support from Australian Learning and Teaching Council, 2008: 7.
- [9] KAVANAGH L, CROSTHWAITE C. Triple-objective team mentoring: Achieving learning objectives with chemical engineering students[J]. Institution of Chemical Engineers, 2007(2): 1—14.
- [10] 王孙禺, 刘继青. 中国工程教育国家现代化进程中的发展史[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2013: 394—398.
- [11] 崔军. 回归工程实践: 我国高等工程教育课程改革研究[D]. 南京: 南京大学, 2011.
- [12] 教育部高等教育教学评估中心. 中国工程教育质量报告(2014年度)[M]. 北京: 教育科学出版社, 2016: 9.
- [13] ZHA J Z. Context of engineering education towards future job market[C]//Beijing: 2017 International Forum on Engineering Education, 2017: 5—22.