

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2017.03.018

欢迎按以下格式引用:雷能忠,黄蕾,周建辉等.土木工程专业 Capstone 课程教学初探[J].高等建筑教育,2017,26(3):73-77.

土木工程专业 Capstone 课程教学初探

雷能忠,黄蕾,周建辉,钟瑜隆

(武夷学院 土木工程与建筑学院,福建 武夷山 354300)

摘要:Capstone 课程是国际工程教育认证规范要求的重要必修课,目前受到国际工程教育界的广泛重视。文章以武夷学院土木工程专业为例,介绍了大学四年教育中从低年级到高年级完整的 Capstone 课程体系,并结合正在进行的国际工程教育认证,按照国际工程教育认证规范要求,将土木工程专业毕业设计改造为 Capstone 课程,从开课模式、课程成绩评量方法、课程教学效果检视等方面开展 Capstone 课程教学初步探索,为培养土木工程专业国际化应用型人才提供教学参考。

关键词:土木工程专业; Capstone 课程; 课程教学

中图分类号:G642.0;TU **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2017)03-0073-05

Capstone 课程,即整合性实作课程,或顶点课程,是指大学高年级学生在教师指导下,应用所学专业课程知识,解决复杂且整合性工程设计问题的教学过程^[1-4]。这里的复杂且整合性工程设计问题一般具有以下特点:需要大学多门课程知识才可以解决的问题;问题本身是多面向的,或在技术、专业方面存在相互冲突;是一个实际的工程设计问题,没有现成的解决办法;需创新应用专业基本理论和技术实务上最新成果才可以解决的问题;需考虑现实环境多方面的约束,如人力、资金、设备、材料、信息等;问题本身可能对社会及环境有广泛而深远的影响;教学过程能够覆盖多项专业核心能力培养。

Capstone 课程目前已经得到国际工程教育界的广泛重视,在国际工程教育认证的众多版本规范中都明确提出将 Capstone 课程作为本科工程教育的重要必修课^[5-7]。美国 ABET 的前身是 1932 年在纽约创办的工程师专业发展理事会(ECPD),最初由美国土木工程师协会、美国机械工程师协会和美国电气工程师协会等 7 个协会组成,现已发展成为由 30 个专业和技术性协会组成的联盟。ABET 作为一个非官方的中介性、非营利认证机构,其专业认证的权威性得到了美国教育部(USDE)和美国高等教育委员会(CHEA)的双重认可。ABET 目前主要在工程、技术、计算机科学以及应用科学等 4 大学科领域开展专业认证。在 ABET 颁布的最新工程专业认证规范中,要求每个参与认证的工程专业必须向学生提供整合性设计课程的教学实践^[8-10]。国际上其他隶属于 Washington Accord, Seoul Accord, Sydney Accords 3 个著名工程教育认证组织的工程教育认

收稿日期:2016-08-12

基金项目:福建省科技计划重点项目(2014Y0040);南平市重点科技计划项目(N2013X01-1)

作者简介:雷能忠(1969-),男,武夷学院土木工程与建筑学院教授,博士,主要从事土木工程地质教学研究,(E-mail)nzhlei@126.com。

证机构,如中国台湾的 IEET、加拿大的 CEAB、韩国的 ABEEK、澳洲的 EA 等都有此规定要求^[11-12]。工程教育中开设必修 Capstone 课程,已经成为国际工程教育界的发展趋势。

在具体开课模式上,无论是 Stanford、Berkeley、MIT 等国际著名高校,还是 IEET 认证过的中国台湾高校,都规定 Capstone 课程教育中,学生必须分组执行教学计划,而非个人执行计划,专业要制定统一的执行规则,课程内容要对应人才培养方案中多数核心能力。

到目前为止,中国高等教育对顶点课程的关注还很少,学术性的介绍和研究也不多见。据粗略考察,在教育部颁布的文件中,只有 2003 年颁布的《全国普通高等学校体育教育本科专业课程方案》对顶点课程有所提及,并将其定义为“为毕业班开设的综合四年所学知识的课程”。但是关于课程开设的内容、形式、时数则没有详细的规定。

与此相似,在中国土木工程本科教育中, Capstone 课程也难觅踪迹。一些类似的设计课程,如土木工程毕业设计、核心课程的课程设计等,从教学组织模式、课程评量方法,以及课程对实现教育目标和专业核心能力的检视方面来看,这些课程还不能算是真正的 Capstone 课程,很多方面还存在较大差距。

武夷学院土木工程专业 2015 - 2016 学年开始被福建省教育厅批准为首批接受“台湾中华工程教育学会”(IEET)国际工程教育认证的 14 个试点专业之一。武夷学院土木工程专业按照国际工程教育认证规范要求,将土木工程专业毕业设计改造为 Capstone 课程,并从开课模式、课程成绩评量方法、课程教学效果检视等方面开展了 Capstone 课程教学初步探索。2016 年 9 月 12 - 13 日,国家工程教育认证专家进入武夷学院土木工程专业实地访评,通过查阅 Capstone 课程教学档案、现场考核学生等,对 Capstone 课程教学效果给予了充分肯定。本文拟对武夷学院土木工程专业 Capstone 课程教学进行详细介绍,以为推动国内土木工程专业本科教育与国际工程教育接轨,提高国际工程教育认证实效,促进新建本科高校向应用型转型发展和培养国际化应用型高级人才提供教学参考。

一、Capstone 课程体系的建立

Capstone 课程不是一个单一课程,而是一个系统

的课程体系。这是因为,要完成 Capstone 课程任务,通过课程教学取得实效,学生核心能力得到培养,必须与其他先修课程形成一个完整的课程体系。在充分论证基础上,依托产业界专家,对课程进行改造,从人才培养方案中挑选若干实践课程,建立从 Cornerstone(基石)课程到 Capstone 课程的一整套从低年级到高年级递进式整合性实作课程体系(见图 1)。

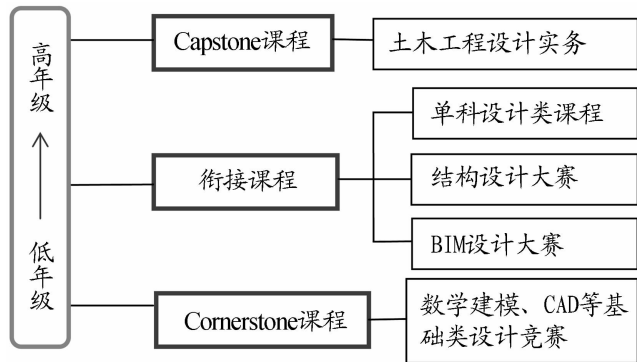


图 1 Capstone 课程体系框架图

Capstone 课程体系的第一层是 Cornerstone 课程,即基石课程,面向大学一二年级学生开设,对土木工程专业学生有数学建模竞赛、CAD 制图、计算机程序设计等基础类设计竞赛,这是学生利用已掌握的少数核心能力解决模拟工程问题的初步体验。

第二层次是衔接课程,针对大学二三年级学生开设。包括土力学与基础工程课程设计、混凝土结构课程设计、施工组织设计课程设计、深基坑与边坡工程课程设计、隧道工程课程设计、钢结构课程设计等单科设计类课程,以及每年一度的省级、国家级大学生结构设计大赛和建筑信息模型(BIM)设计大赛。第二层次的课程为大二和大三学生提供了整合一部分专业核心能力解决教师设计出的工程问题的机会,是 Capstone 课程与 Cornerstone 课程的衔接桥梁。这些课程中的专业课程设计常常是个人完成课程计划,而结构设计大赛、BIM 设计大赛则是小组合作完成,旨在使学生团队合作能力得到初步训练。

第三层次是 Capstone 课程,武夷学院土木工程专业称为土木工程设计实务课程,针对大学四年级学生开设。表 1 是 Capstone 课程纲要。从表 1 可以看出, Capstone 课程教学以解决复杂且整合性工程问题为主要教学过程,涵盖土木工程专业全部核心能力的训练,通过 Capstone 课程教学,使学生专业核心能力得到进一步巩固。

表 1 土木工程专业整合性专题实作课程(Capstone)纲要

课程名称	土木工程设计实务			授课教师	全体专业课教师、 外聘业界专家
学分/授 课学时数	6 学分/12 周	必/选修	必修	开课年级	大四上、下学期
先修课程	1. 大一、大二、大三已修的专业基础课、专业课,素质拓展设计类竞赛 2. 设计类课程:土力学与基础工程课程设计、房屋建筑学课程设计、施工组织设计课程 设计、混凝土结构课程设计、钢结构课程设计、地下建筑结构课程设计、深基坑与 边坡工程课程设计,BIM 设计竞赛、结构设计竞赛 3. 实习课程:认识实习、生产实习、工程测量实习、工程地质实习				
教科书	任课教师根据课题内容自行选用				
教学形式	分组进行,每组学生人数为 3 人。安排校内指导教师 1 名,并配备校外业界专家 1 名				
单元主题	Capstone 课题一般应该包括以下单元主题: 1. 现场勘查 2. 勘探与取样 3. 建筑设计 4. 结构设计与计算 5. 施工图设计 6. 施工组织设计 7. 工程概预算 8. 工程环境影响与伦理分析				
对应之学生核心能力	1. 应用数学、科学及工程知识的能力 2. 设计与执行实验,以及分析与解释数据的能力 3. 执行土木工程实务所需技术、技巧及使用现代工具的能力 4. 土木工程结构计算、分析与荷载设计能力 5. 工程项目管理(含经费概预算)、有效沟通、领域整合与团队合作的能力 6. 发掘、分析、应用土木工程领域研究成果及应对复杂且综合性工程问题的能力 7. 了解国际国内形势,熟悉土木工程技术对环境、社会及全球的影响,并培养持续学习的习惯与能力 8. 具备人文社会科学素养和社会责任感,理解及应用专业伦理,尊重多元发展的观点				
评量方式:	<input type="checkbox"/> 小考 <input type="checkbox"/> 期中考 <input type="checkbox"/> 期末考 <input type="checkbox"/> 作业 <input checked="" type="checkbox"/> 书面报告 <input checked="" type="checkbox"/> 答辩 <input checked="" type="checkbox"/> 实作成品 <input type="checkbox"/> 口试 <input type="checkbox"/> 其他,请说明:_____				

二、Capstone 课程教学初探

(一) 按照国际工程教育认证规范要求,改造“毕业设计”为 Capstone 课程

在中国高等教育设置 Capstone 课程有两条可能的路径:一是在课程设置中直接增加 Capstone 课程,强化学生的知识整合和阶段过渡。但是这要增加总学分,增加学生负担。二是对本科教育中传统的毕业论文(设计)、核心专业课程的课程设计等进行改造,达到 Capstone 课程标准。

武夷学院土木工程专业课程规划中包括整合工程设计能力的专题实作课程,即 Capstone 课程,是通过原有毕业设计课程的改造实现的。该课程为必修课程,6 个学分,分别在大学四年级的第一学期和第二学期开设,其中第一学期 5 学分,第二学期 1 学分,合计 6 学分。因大四第二学期中途安排毕业实习,所以 Capstone 课程是结合毕业实习一起进行的。

按照国际工程教育认证规范要求,对原有毕业设计课程进行系统改造,以达到 Capstone 课程标准,具体做法是:

第一,土木工程专业的毕业设计采取分组进行,

每组学生一般为 3 人,最多不超过 4 人,学生根据学习兴趣自由组队。每组完成一个工程设计实务课题,课题类型围绕专业方向设置,一般有房屋建筑工程设计、岩土工程设计、道路桥梁工程设计等。设计过程中强调组内学生的团结协作,提倡跨小组的合作。工程设计题目主要来自于生产实践。

第二,为涵盖大部分土木工程专业人才培养方案中的专业核心能力训练,扩展 Capstone 课程内容, Capstone 课程主要内容有:制定工作计划、深入实际调查研究和收集资料、中外文献阅读、现场勘查、勘探与取样、建筑设计、结构设计与计算、施工图设计、施工组织设计、工程概预算、工程环境影响与伦理分析等。

第三,改造课程成绩评量机制。为避免出现不同指导教师对课程成绩评定的偏差,规定 Capstone 课程的成绩由三个部分组成,分别是指导教师评量成绩(占总分的 50%)、两位评阅教师对 Capstone 课程报告书的评阅成绩(取平均分,占总分的 20%)和 Capstone 课程汇报答辩成绩(由答辩小组依据汇报答辩情况评定,占总分的 30%)。

第四,为每一个课题小组安排一名业界专家,参与课题指导和成绩评定。业界专家参与 Capstone 课程教学的优点是:一是为课题直接来源于工程实践提供便捷途径,业界专家承担的工程项目就是最好的 Capstone 课题;二是为学生与产业界零距离接触提供机会,学生可以通过实习直接参与业界专家的工程项目;三是提高了 Capstone 课程成绩评定结果与业界标准的一致性程度。

(二)创新 Capstone 课程开课模式

国内土木工程专业毕业设计教学形式基本上是教师出题,每个学生在教学计划规定的时间内完成设计,一人一题。这种开课模式存在的主要问题:一是假题很多,大部分的设计题目都是教师虚构的,如某某宾馆设计、某某中学教学楼设计,每年的题目基本一样。二是学生做也是假做,虽然按照一些行业规范进行设计,但是无论是房屋建筑工程、岩土工程还是道路桥梁工程的设计,都仅仅涉及结构设计或施工组织设计等很少的一部分内容,与实际工程设计要求相差甚远,解决的问题不能算是整合性复杂的工程设计问题,课题涵盖核心能力少,学生不能得到系统的土木工程设计训练。三是一人一题,不能通过毕业设计教学过程为学生提供团队协作能力训练,不符合国际工程教育认证规范要求,而且要在有限时间内完成一个完整的工程项目设计,显然是不切实际的,只是对毕业设计的一再简化,教学效果不理想。

以业界专家正在承担的实际工程项目作为 Capstone 课题,这种真题训练是提高毕业设计效果、锻

炼学生专业核心能力的最好途径。真题还需要真做,以一个实际的边坡防护工程设计为例,课题任务应当包括现场勘查、勘探与取样、现场测试、室内测试、防护工程结构设计、施工图设计、施工组织设计、工程概预算、工程环境影响评价与工程伦理分析等。虽然任务较多,因为是小组合作完成,学生个人的负担会减轻很多。

课题指导应分阶段进行,在不同阶段,针对课题任务的重点不同,有针对性地开展设计指导。注重引入业界专家担任课题指导教师,围绕工程设计中的一些关键实务技术,开设专题讲座,提供体验产业界的机会,向学生传授业界流行的设计理念与方法,使课题设计成果更加符合业界标准,而不至于“院校味”太浓厚,脱离实际。

(三)探索 Capstone 课程教学成效检视办法

准确评估 Capstone 课程教学效果是十分重要的,有助于课程教学效果的持续改善。依照课题分组、分阶段进行的 Capstone 课程教学,与一般基础课、专业课的教学模式存在明显不同, Capstone 课程教学效果评价也不能仅仅依靠课程成绩来完成。问卷调查方法是一个很好的补充。

Capstone 课程教学目的之一是培养学生专业核心能力。为检视学生专业核心能力的培养效果,设置学生专业核心能力问卷调查表(见表2),针对每一项专业核心能力对学生进行调研,按照非常满意、满意、一般、不满意、非常不满意5个等级打分。通过该表的统计分析,得到学生核心能力的达成度,检视 Capstone 课程教学效果。

表2 Capstone 课程教学中学生核心能力达成度问卷调查表

学生姓名:

问卷项目	学生核心能力达成的满意度				
	5 非常满意	4 满意	3 一般	2 不满意	1 非常不满意
核心能力 1					
核心能力 2					
核心能力 N					

表3 Capstone 课程学生团队协作问卷调查表

课题指导教师:

学生:

问卷项目	满意度				
	5 非常满意	4 满意	3 一般	2 不满意	1 非常不满意
该同学在课题小组成员中的分工合理性					
该同学在课题小组中的沟通能力					
该同学在课题小组中的合作精神					

团队协作能力是 Capstone 课程教学效果的重要

保障,也是国际工程教育认证专家十分重视的观察

点。Capstone 课程教学的沟通主要有课题组学生之间的沟通、学生与指导教师之间的沟通、学生现场调研过程中与业界之间的沟通等。沟通能力在很大程度上影响到 Capstone 课程的执行效果,必须十分重视学生沟通能力的培养。可以设计 Capstone 课程执行中学生团队协作问卷调查表(见表 3)。该表由课题指导教师完成,针对每一位学生在课题执行中的团队协作表现,按照非常满意、满意、一般、不满意、非常不满意 5 个等级打分。通过该表的统计分析,可以得到学生在 Capstone 课程教学过程中团队合作能力情况。

三、结语

与土木工程专业以往的毕业设计相比较, Capstone 课程在开课形式上要求学生按照小组进行,分组教学,为学生提供团队协作能力训练的机会。强调业界专家参与教学实践,确保课程教学与产业界零距离接触。课程内容要涵盖绝大部分土木工程专业核心能力的训练,不能简化课题任务。

Capstone 课程作为大学四年的总体课程,在工程教育中具有重要地位。如何使课程体系、课程教学模式、课程评量方法、课程教学效果评估等更加符合国际工程教育认证的一般规范要求,国内应用型本科高校土木工程专业还面临许多问题需要深入探索。

要积极开展 Capstone 课程体系的教育学理论研究,利用高等教育基本原理与高等教育历史分析方法,论证 Capstone 课程体系在土木工程专业人才培养中的必要性和重要意义,建立 Capstone 课程体系教育理论,指导 Capstone 课程体系的创新教育实践。

根据服务地方产业发展需要,在不断调整人才培养方案的基础上,建立符合人才培养质量要求,贯

穿整个大学四年教育的 Capstone 课程体系。配套开展 Capstone 课程教学模式改革,改进课程评价机制,提高课程教学效果。

业界专家的积极参与教学实践是 Capstone 课程教学的关键,没有业界专家的参与, Capstone 课程不可能很好地实现与产业界零距离的接触。要确保课题任务来自于产业实践,课题解决办法符合业界规范,课程教学效果的评估与国际工程教育要求保持一致。

参考文献:

- [1] 张佩华, William P. Weiss, Lowell T. Midla. 美国高校总整课程(Capstone Courses)概况及启示[J]. 中国农业教育, 2014(5): 21-24.
- [2] 叶信治, 杨旭辉. 顶点课程: 高职学生从学校到职场的桥梁[J]. 中国高教研究, 2009(11): 76-77.
- [3] 熊华军, 刘兴华. 美国大学工程顶点课程的设计及启示[J]. 清华大学教育研究, 2012, 33(4): 89-96.
- [4] 刘小强, 蒋喜锋. 质量战略下的课程改革——20 世纪 80 年代以来美国本科教育顶点课程的改革发展[J]. 清华大学教育研究, 2010, 31(2): 69-76.
- [5] 高新柱, 韩映雄. 美国高等教育认证制度分析——兼议我国高等教育认证制度的走向[J]. 大学研究与评价, 2009(2): 73-79.
- [6] 李涛, 刘灵芝. 我国高等工程教育专业认证的现状分析及对策研究[J]. 大学教育, 2012, 1(6): 21-22.
- [7] 都昌满. 对我国工程教育专业认证试点工作若干问题的思考[J]. 高等工程教育研究, 2011(2): 26-31.
- [8] 何倩, 美国 ABET 工程类与技术类专业认证标准比较分析[J]. 职业技术教育, 2016, 37(1): 74-79.
- [9] ABET. Definition of Engineering/Engineering Technology [EB/OL]. [2015-05-12]. <http://www.wmich.edu/engineer/ceee/miller/082903/Lecture%20Notes.pdf>.
- [10] ABET. 2015-2016 Criteria for Accrediting Engineering Technology Programs [EB/OL]. [2015-05-12]. <http://www.abet.org/wp-content/uploads/2015/05/T001-15-16-ETAC-Criteria-05-04-15.pdf>
- [11] 陈国铁, 王健. 台湾地区 IEET 工程教育专业认证的现状及其启示[J]. 中国建设教育, 2014(1): 50-54.
- [12] 李汉邦, 韩晓燕, 等. 台湾高等工程教育专业认证的现状及其启示[J]. 国家教育行政学院学报, 2009(6): 57-60.

A preliminary study of capstone course teaching of civil engineering specialty

LEI Nengzhong, HUANG Lei, ZHOU Jianhui, ZHONG Yulong

(Department of Civil Engineering and Architecture, Wuyi University, Wuyishan 354300, P. R. China)

Abstract: Capstone course is an important required course to the certification requirements of international engineering education, which attracts extensive attention in international engineering education. This paper took civil engineering specialty of Wuyi University as an example, and introduced the complete capstone course system during four-year college education. Graduation project was reformed to capstone course according to the certification requirements of international engineering education. Innovative education and practice of capstone course includes teaching mode, performance evaluation method and inspection of teaching effect, which provides references for fostering internationalized application-oriented professionals in civil engineering specialty.

Keywords: civil engineering specialty; capstone course; course teaching

(编辑 王 宣)