

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2020.01.003

欢迎按以下格式引用:陈朝晖,李正良.“科研-工程-教学”深度融合的建筑力学教学模式创新与实践[J].高等建筑教育,2020,29(1):16-23.

# “科研-工程-教学”深度融合的建筑力学教学模式创新与实践

陈朝晖,李正良

(重庆大学 土木工程学院,重庆 400045)

**摘要:**专业基础课教学如何适应工程学科复合型人才的培养需求,一线教师如何平衡个人发展与教学工作的矛盾、回归高等教育本位,是当前我国高等工程教育面临的难题之一。为此,重庆大学建筑力学教学团队通过把握土木工程背景下建筑力学的工程科学内涵,确立“科研-工程-教学”深度融合的建筑力学教学理念,探索“融工程于力学、以科研促教学”的教学团队建设机制,围绕学生力学思维与综合能力的培养,建设了递进式土木工程学科复合型人才力学综合素质与创新能力培养模式,探索了一条人才培养、教学团队与学科建设协调发展之路,以期对其他工程学科专业基础课程教学模式及教学团队建设有所裨益。

**关键词:**工程教育;以本为本;土木工程;建筑力学;混合式教学

**中图分类号:**G642 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2020)01-0016-08

工程教育对于中国高等教育具有举足轻重的作用。自2010年以来,以实施“卓越工程师计划”为开端,我国正逐步探索出适应国情发展的高等工程教育之路,即主动布局工程科技人才的培养,以适应并引领新型产业和新经济发展为目标,开辟新型工程学科,回归工程实践<sup>[1-3]</sup>。这一回归,是以“整体工程观”为指导的螺旋式上升,是引领时代的工程教育的创新与变革。

近30年来,我国土木工程发展,呈现出学科交叉、深度融合的局面,并由传统的以陆地为主向海洋、太空与地下延伸,要求工程人才具备综合应用、工程创新与开拓引领的复合型能力,以及自然科学、工程科学、工程技术与人文美学的综合素养。建筑力学是对工程实践中力学问题的提炼与研究,是服务于土木工程的专业基础科学,贯穿了土木工程整个学科发展与人才培养的全过程,是培养复合型工程人才和创新型科研人才的基石<sup>[4]</sup>。

与此同时,我国工程学科发展与本科教育之间的矛盾也日益突出。其普遍性源于科学技术分

修回日期:2019-11-08

基金项目:中国高等教育学会高等教育科学研究“十三五”规划课题“土木工程在线开放核心课程群的创新与建设”(16ZG004-21)

作者简介:陈朝晖(1968—),女,重庆大学土木工程学院教授,博士,主要从事土木工程教学、结构非线性分析与结构风险分析研究,(E-mail) zhaohuic@cqu.edu.cn。

类细化与人才的综合性与拓展性之间的矛盾,其特殊性源于我国高校学科发展中,科研的量化评价体系(如论文、项目、经费和成果等)与人才培养、教学质量难以量化之间的矛盾,而后者使得高校教师在如何平衡科研与教学的投入上面临两难而勉力维持,上述矛盾若不及时有效解决,势必为本科教学质量和学科发展埋下深远隐患。我国高等教育相关部门已深切意识到本科教育与学科发展中的这一两难局面,提出“人才培养为本,本科教育是根”“以本为本、四个回归”<sup>[5]</sup>等系列改进与激励举措,但如何协调科研与教学、学科建设与本科教育之间的矛盾,仍然需要一线教师自身突围,在矛盾中寻求平衡之路,建立辩证统一。

面对我国高等工程教育的发展趋势,专业基础课程教学模式如何适应工程学科复合型人才的培养需求,一线教师如何平衡个人发展与教学工作的矛盾、助力“四个回归”,是当前我国高等工程教育面临的关键问题。为此,重庆大学土木工程学院建筑力学教学团队通过挖掘土木工程背景下建筑力学的工程科学内涵,确立“科研-工程-教学”深度融合的建筑力学教学理念,探索“融工程于力学、以科研促教学”的教学团队建设机制,围绕学生力学素养与综合能力的培养,建设了递进式土木工程学科复合型人才力学综合素质与创新能力培养模式,实现了人才培养、教学团队与学科建设的协调发展。

## 一、立足工程科学内涵的“科研-工程-教学”深度融合的教学理念

早在1947年夏,钱学森就曾指出,当今社会,国际竞争日益激烈,自然科学的成果与应用间的距离日益缩小,工程科学(engineering science)已应运而生<sup>[6]</sup>。工程科学是纯科学(即自然科学)与工程技术之间的桥梁,是将基础科学知识应用于工程问题的科学<sup>[7]</sup>。

“自然科学的研究对象并不是大自然的整体,而是大自然中各个现象抽象化了的、从它的环境中分离出来的东西。所以自然科学的实质是形式化了的、简单化了的自然界。”<sup>[7]</sup>自然科学家追求如何“把问题简化到这样的程度,从而能找到一个“精确”的解答。与自然科学不同的是,工程科学面向实际的复杂问题,着重于求取实际复杂问题的解答。对于实际工程而言,自然科学可能给出一个过分简化的问题的精确解,而工程科学需要的是实际问题的近似解。因此,虽然自然科学是工程技术的基础,但它不能完全包括工程技术。有科学基础的工程理论既不是自然科学的本身,也不是工程技术本身,它是介乎自然科学与工程技术之间,是两个不同部门的人们生活经验的总和,有组织的总和,是化合物,不是混合物<sup>[8]</sup>。

在各类工程科学中,力学因相对成熟较早,而成为工程科学最早的成员和促进工程技术发展的范式,面向不同的工程应用,业已产生多个分支。今天,工程科学的领域已经有了极大的扩展,将世界带入信息科学、纳米技术、生物科学和人工智能的时代<sup>[9]</sup>。而各门工程学科所面向的对象和涵盖的内容也日益复杂,但其学科体系构成大致包含三个部分:基础科学、分析理论与方法,以及工程设计实施原理与技术<sup>[10]</sup>。以土木工程为例,其基础科学部分通常包括数学、物理、化学等普遍的、基本的自然科学原理,分析理论和方法部分则主要包括建筑力学、建筑材料科学、建筑热工等;工程设计实施原理部分包括各类结构工程(房屋、道路、桥梁、隧道等等)的设计建造监测原理及技术、建筑工程管理的理论与方法等。显然,土木工程并不是各部分以及各项内容的简单叠加或组合,而是相关内容的有机综合。

以结构工程为对象、以经典力学为基础的建筑力学,作为连接基础科学(数学、物理、化学以及

经典力学等)与土木工程设计实施原理与技术的桥梁,对于土木工程学科发展及人才培养,有着举足轻重的作用,担负着培养学生基础理论与技能综合应用、逻辑思维、力学建模、复杂工程问题定量计算与定性分析等力学综合素质的重任,是培养工程实践与研究创新复合型人才的基石。

然而,由于力学教学体系的相对成熟,在面对当代土木工程的迅猛发展及其对人才综合性与创新性日益迫切的需求中,显得有些固守成规、反应迟钝。高等教育中普遍存在的不足体现在:我国建筑力学课程体系涵盖专业多,课程门类划分繁杂,各门课程相对独立,未突出面对工程问题的整体力学思想,没有着重培养学生面对复杂工程问题的力学思维能力;建筑力学教学仍然沿袭依赖手算进行设计的传统,片面强调手算技巧,忽视了现代计算机分析技术和方法在工程中广泛应用现状;建筑力学的教学内容陈旧,与学科发展脱节,新结构体系、新材料和新的结构工程没有得到体现,使学生的综合应用与创新能力不足。此外,土木工程学科中,建筑力学课程体系的纵深性和延展性不够,对土木工程专业高层次人才的培养支撑力度不足。

因此,本着工程科学应“从工程中来,到工程中去”,应从工程个性问题提炼具有普遍性、一般性的科学问题,提供实用有效的解决办法这一工程科学的本质和使命出发,通过对建筑力学的工程科学内涵的挖掘,确立了针对新对象、发现新问题、采用新方法、培养新土木工程人的基本建筑力学教学创新与建设思想,提出了“科研-工程-教学”深度融合的建筑力学教学理念,以及面向土木工程学科的建筑力学教学的根本目标,即:养成学生结合专业学习与工程背景的力学知识的自我体系化素质,培养学生对于力学理论、知识、技能的综合应用与创新实践能力。从认知、应用、综合与创新的能力发展规律出发,建立课程间相互关联的认知体系;加强针对实际工程的力学建模能力以及面向复杂工程问题的综合分析能力的培养;以引导、探究、研讨式教学取代填充式教学,以理论分析、数值计算、与创新试验的综合技能培养弥补单一手算训练之偏狭;以工程和科研的动态追踪弥补固态分析对象的局限,开阔学生的工程视野。

## 二、“融工程于力学、以科研促教学”的教学团队建设机制

教学团队是教学之魂,立德树人是育人之本。一支高水平的教学团队是教学质量、教学创新实践与人才培养目标的根本保障,而优质教学团队建设的关键在于观念、机制和措施。

2015年,国务院颁发了《统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案》<sup>[11]</sup>,围绕“中国特色、世界一流”提出了“双一流”建设任务,其中,建设一流师资队伍被置于各项任务之首,并明确了“强化高层次人才的支撑和引领作用,加快培养和引进一批一流科学家、学科领军人物和创新团队,培养造就一支优秀教师队伍”。在人才培养的具体要求中,又着重强调了需着力培养具有国家使命感和社会责任心,富有创新精神和实践能力的各类创新型、应用型、复合型优秀人才<sup>[11]</sup>。

教学决定了高等教育的成败,而优质的教学离不开优质科研的支撑。博耶在《学术水平反思——教授工作的重点领域》<sup>[12]</sup>一书中,将大学学术工作分为发现、综合、应用和分享四类。其中,发现的学术就是通常所说的科学研究,而分享的学术则指教学工作。发现与分享对于学术的发展和传播都起着至关重要的作用,不能互相替代<sup>[13]</sup>。这一观点为正确处理教学和科研的关系提供了认知依据,进而为协调本科教育与科学研究的关系奠定了理论基础。在上述理论和思想指导下,重庆大学建筑力学教学团队立足土木工程专业的发展,以“科研-工程-教学”深度融合的教学理念,确定了“融工程于力学,以科研促教学”的教学团队建设目标。

团队在中青年教师的培养上,采取了一些行之有效的措施。如:给青年教师指定老教师“传、帮、带”,定期开展老教师讲课示范、教学专题研讨、针对青年教师的讲课培训与辅导,团队教师骨干教师参加教育专家名师讲座培训、国内教学会议交流等,引导与鼓励中青年教師开展教学方法创新、设立教学奖励机制等,打造了一支高职称、高学历、高思想政治素质与教学水平的教学团队。其中,高级职称比例约90%、具有海外留学经历及博士学位者超过1/3,45岁以下教师占50%。团队教师学术功底扎实,在坚守一线教学的同时,坚持工程研究与工程实践。团队研究方向涵盖结构工程、防灾减灾、岩土工程、施工建造、鉴定加固、数值分析等土木工程多个领域,有力保障了教学的深度与广度,以及对人才培养的连贯纵深。

教学团队持续发展和提升的根本保障还在于建立规范化、程式化、开放化和动态化的团队管理与建设机制。重庆大学自2007年开始实施本科教学团队建设,针对量大面广的系列基础课程、专业基础课程、专业课程群、优势特色专业、实验教学示范中心等扶持和建设了多个本科教学团队。明确教学团队的目的和职责在于“担负着更新教育思想和教育理念,创新教学模式,推进教学改革和提升教学质量的任务,最终的落脚点在于提升人才培养质量”<sup>[14]</sup>。教学团队在教学改革上应体现开创性和探索性,要成为教学内容、教学方法、教学手段改革的倡导者和实践者<sup>[14]</sup>。制定了“学校—学院—教师”多级动态教学团队建设管理机制,具体措施包括:各学院根据专业建设、优秀系列课程建设、实验教学示范中心建设等教育教学改革的需要,组织本科教学团队的申报;学校组织专家遴选、答辩和评审。立项的教学团队由学院落实组织和建设工作,学校提供经费支持,并组织中期考核、动态跟踪和经费奖惩。教学团队实行“首席教授”负责制,下设“教学骨干”。“首席教授”要求具有较高的学术造诣和创新性学术思想的本学科或专业的专家担任,骨干则要求为教学一线、教学效果优良的教师。这一团队总体建设机制切实保障了教学团队在科研与教学两方面的相互促进与创新。

### 三、面向复合型工程专业人才培养需求的多维度建筑力学课程体系

我国土木工程学科下的建筑力学传统教学模式中,主要包括理论力学、材料力学和结构力学。这一传统教学体系,其特点在于各门课程相互独立,自成体系,着重针对简化理想模型的理论阐述以及手算方法和技巧训练。面对当代工程发展,这一体系与工程缺乏直接关联、教学方式陈旧,学生知识易碎片化,力学与专业、理论与工程、计算与分析不能融会贯通,对学生的综合应用与创新能力培养不足。而欧美院校的力学课程体系及教学一直延续着面向工程实践和工程研究发展需求的思路。如美国加州大学伯克利分校土木与环境工程的本科力学课程包括固体力学导论、结构工程、高阶结构分析、材料力学、结构力学、高等材料力学、工程分析的有限元法等,但其课程设置是将上述力学理论和分析方法充分融入本科专业课程中,侧重培养学生针对工程问题的力学应用与综合分析能力。

为此,建筑力学教学团队借鉴国外高校的教学经验,结合自身基础与特点,构建了面向土木建类各专业,以及贯通土木工程本-硕-博全过程的建筑力学课程体系。该体系打通了传统“三大力学”相互隔离、独立建设的隔膜,以强化力学知识的工程背景与内在关联为主旨,形成三大平台、三种类别和三段阶梯“三三三式”多维度建筑力学课程体系<sup>[4]</sup>,如图1所示。

三段 阶梯	博士	高等弹性力学	断裂力学	高等变分原理					
		硕士	任选	建筑美学与结构选型					
	硕士	必选	弹塑性力学	结构动力学	有限单元法				
	本科 三类 类别	任选	建筑中的结构艺术						
		限选	流体力学	弹性力学	杆系结构有限元				
		必选	理论力学	材料力学	结构静力学	结构动力学	弹性稳定	简明结构学	工程力学
三大平台		土木工程专业平台				建材、建管城环等专业平台		建筑学专业平台	

图1 “三三三式”多维度建筑力学课程体系

三大平台分别面向土木工程、建筑学和建材、建管、城环等其他土建类专业。其中,土木工程专业平台是整个体系的重点,强调力学基础课程之间的衔接与递进,并明确向混凝土结构、钢结构、结构抗震、土力学与基础工程等后续专业课程纵深;建筑学专业平台则侧重培养学生对结构基本性能的定性把握以及对结构体系特性的了解,从而培养学生建筑设计中对结构的合理性与创造性的应用能力;面向其他专业平台,主要以融合了“三大力学”的工程力学为主,旨在培养学生受力分析的基本概念和基本技能,从而使学生在工程实践或专业发展上有更为灵活的空间。上述平台课程按照所涉及内容的深度与广度又分为必修、限制选修和任意选修三类。

面向土木工程的建筑力学课程平台,由贯通本—硕—博全过程培养的三段阶梯式系列力学课程构成,课程之间存在三条纵向关联体系,由弹性力学、材料力学、弹塑性力学和高等弹塑性力学构成的面向材料性能的力学分析理论知识体系;由结构静力学、弹性稳定、杆系结构有限元、非线性有限单元和高等变分原理构成的复杂工程问题计算方法的知识体系;结构动力学、结构抗震、结构工程抗风,以及桥梁工程等构成力学向工程问题的延展。此外,建筑中的结构艺术、建筑美学与结构选型等为学生提供了通专融合的开阔视野。

在力学课程体系建设中,还注重发挥团队教师的科研与工程优势,在教学内容中引入最新科研成果和工程发展动态,如装配式结构体系的力学特点、结构健康监测反问题的力学本质,组合结构与大跨桥梁、高耸结构的受力特征等,多方位展示力学理论在土木工程重大需求和科学前沿问题中的应用,激发学生学习兴趣,开阔学生视野。

#### 四、递进式建筑力学综合素质与能力培养模式

建构主义(constructivism)<sup>[15]</sup>的认知发展心理学认为,在初步了解和理解新知识之后,学习者还需要经历知识建构(即新知识与原有知识经验相互作用)及知识运用(即新知识与真实情境相互作用)的过程,才能真正掌握知识。而这样的知识建构及知识运用过程是高度个性化的,因此,教学不是通过教师向学生单向传递知识就可以完成的,知识也不是通过教师传授而得到的,而需学习者在一定的情境即社会文化背景下,借助于其他人(包括教师和学习伙伴)的帮助,利用必要的教学资料,通过意义建构的方式获取。

我国传统教学模式,主要以教师课堂讲解为主,是以教师和课堂为中心的相对封闭模式,这一模式的优势在于可保障教学内容的整体性、连贯性、系统性,具有明确的指导性,但由于主讲教师通

常面对中、大规模班级的学生,教学活动往往集中在基础方面知识点与技能上,而在教学的个性化设计、激发学生研究与创新能力方面较为欠缺。

以慕课为代表依托“互联网”的各类在线开放课程,以其资源的开放性、知识的碎片性和分散性,以及抽象概念的可视化、资源的多样性等为学习者提供了灵活、自主、优质的免费学习机会。然而,慕课的分散性和自主性也可能造成学习者的盲目性、缺乏体系与连贯性,尤其对于自我规范能力、课程早期知识储备、自主能力不足的学生,慕课对于推进其深入学习的效果有限<sup>[16]</sup>。

为此,建筑力学的教学应从学生认知发展规律出发,着眼于“学”,“以人为本”、以“学”为中心,围绕学科发展与人才培养,着重培养学生的自主意识与创新能力。为此,建筑力学教学团队创新并在实践中不断完善,形成了递进式建筑力学综合素质与能力培养模式,如图3所示。该教学模式以课程间相互关联的认知体系取代课程间割裂的碎片式知识点;结合建筑力学系列MOOC,根据布卢姆认知领域分类,采用线上线下结合的引导、研讨和探究的混合式教学<sup>[17-18]</sup>,如图4所示,取代单纯由教师主导的填充式教学;以土木工程大背景下各专业特点的相互融合,来弥补专业背景过于单一的局限;加强学生针对实际工程的力学建模与综合分析能力的培养,强化学生自我构筑知识体系与认知工程中的力学问题的能力。



图3 递进式大土木类力学综合素质与能力培养模式

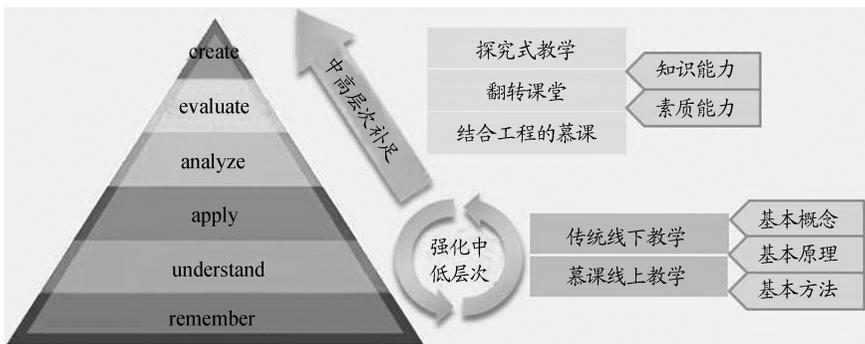


图4 建筑力学线上线下结合的混合式教学方法

本科阶段建筑力学的分析对象大都为平面杆系结构计算简图,与实际工程存在较大差距。为培养学生对力学知识的工程综合应用与创新实践能力,明确建筑力学教学既需重视基础训练,又需注重实际工程,应在二者之间形成有机联结。设置了面向高年级本科生的杆系结构有限元课程与创新试验,将结构理论分析、数值建模计算,模型实验充分融合,培养学生力学理论与电算分析的结合及结构创新实验能力,突破了长期以来建筑力学教学中只见简图不见结构,而后续专业课程中力学弱化的弊端,有效提升了学生的力学综合素养,培养了学生在分析与实验中发现问题、独立思考、解决问题的能力。

## 五、结语

重庆大学土木工程学院建筑力学教学团队,通过挖掘建筑力学的工程科学内涵,把握土木工程发展的人才需求,探索学生力学素养与能力的养成规律,所确立的“科研-工程-教学”深度融合的土木工程学科建筑力学教学理念、团队建设机制和递进式力学综合素质与能力培养模式收效显著。

这一教学模式培养了学生“于工程中把握力学、从力学中认识工程、以力学促进科研”的自主学习、探究与创新素质,学生力学知识的自我体系化和综合化程度显著提高,有力地支撑了后续专业课教学与高层次研究生培养,满足了复合型工程专业人才培养需求。在全国大学生结构设计大赛、全国周培源大学生力学竞赛以及全国纸板建造竞赛、建筑学部联合毕业设计等全国竞赛中屡创佳绩,体现了建筑力学对工程人才培养的有效性。

“融工程于力学,以科研促教学”的教学团队建设,促进了教师的教学能力、科研水平的综合提升。团队教师近年来先后主持和参与国家重大专项、自然科学基金项目、重大工程项目等,在结构抗风、输电线塔关键问题研究、结构可靠性分析理论及方法、结构非线性分析等领域的研究成果得到国内外学界赞誉。团队教师的教学水平持续提升。多名青年教师获力学类系列课程讲课比赛一等奖。先后培养了数名重庆市教学名师、宝钢优秀教师、重庆大学教学名师和优秀教师、优秀青年教师等,教学成果丰硕。

从工程科学的内涵与规律出发,对工程学科中专业基础课程教学的改革与创新进行了有益的探索与创新,“融工程于力学,以科研促教学”的建筑力学教学模式与教学团队建设机制与经验对相关课程体系的建设具有推广和借鉴意义。

### 参考文献:

- [1]周绪红. 中国工程教育人才培养模式改革创新现状与展望——在2015国际工程教育论坛上的专题报告[J]. 高等工程教育研究, 2016(1): 1-4.
- [2]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.
- [3]李正良, 廖瑞金, 董凌燕. 新工科专业建设:内涵、路径与培养模式[J]. 高等工程教育研究, 2018(2): 20-24, 51.
- [4]陈朝晖, 李正良, 刘德华, 等. 建筑力学教学模式与课程体系创新研究与实践[J]. 中国建设教育, 2017(5): 154-157, 128.
- [5]教育部. 坚持以本为本,推进四个回归,加快建设高水平本科教育[EB/OL]. (2018-12-28). <http://mini.eastday.com/a/180621204247795.html>.
- [6]Hsue-ShenTsien. Engineering and engineering sciences[J]. Journal of the Chinese Institution of Engineers, 1948(6): 1-14.
- [7]钱学森. 工程和工程科学[J]. 谈庆明,译. 盛宏至,校. 力学进展, 2009, 39(6): 643-649.
- [8]钱学森. 论技术科学[J]. 科学通报, 1957, 2(3): 97-104.
- [9]郑哲敏. 学习钱学森先生技术科学思想的体会——纪念钱学森先生百年诞辰[J]. 力学学报, 2011, 43(6): 973-977.
- [10]陈立新. 基础科学与工程技术之间的桥梁——钱学森的技术科学思想[J]. 科技管理研究, 2012, 32(22): 255-258.
- [11]国务院. 国务院关于印发统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案的通知[EB/OL]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-11/05/content\\_10269.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-11/05/content_10269.htm).
- [12]欧内斯特·博耶,等. 学术水平反思——教授工作的重点领域[M]. 丁枫,岑浩,译. 北京:教育科学出版社, 2002: 78.
- [13]Ernest L. Boyer. Scholarship Reconsidered: Priorities of the Professorate[M]. San Francisco: Jossey-Bass, 1990.
- [14]重庆大学教务处. 重庆大学本科教学团队建设实施意见(试行)(重大校[2007]246号)[Z]. 2007.

- [15] Jonassen D, Davidson M, Collins M, et al. Constructivism and computer-mediated communication in distance education [J]. *American Journal of Distance Education*, 1995, 9(2): 7-26.
- [16] 陈朝晖, 王达途, 陈名弟, 等. 基于知识建构与交互学习的混合式教学模式研究与实践[J]. *中国大学教学*, 2018 (8): 33-37.
- [17] Chen ZH, Wang DQ. MOOC - Based Hybrid Teaching Experience for Structural Mechanics [C]. IV International Conference on Structural Engineering Education Without Borders, Spain, 2018.
- [18] 李艳霞, 司继伟. 论布卢姆认知领域教育目标分类的修订及其教育含义[J]. *文教资料*, 2007(36): 95-96.

## Innovation and practice of architectural mechanics teaching mode with the integration of research, engineering and teaching

CHEN Zhaohui, LI Zhengliang

(*School of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China*)

**Abstract:** The satisfaction of the teaching of basic profession courses to the training needs of comprehensive engineering ability, and the balance between the professional developments of the teachers with their teaching affairs, are the difficult problems for the higher engineering education in China. By excavating the engineering science connotation of the engineering mechanics in the discipline of civil engineering, the teaching group of architectural mechanics in Chongqing University has proposed the basic teaching idea, the “combination of research, engineering and teaching”, and has set up the teaching group construction mechanism, the “integration of engineering with mechanics, while promoting the teaching ability by research works”. In order to improve the students’ ability of mechanical thinking and practical application, the progressive teaching mode of comprehensive analysis and innovative ability of mechanics has been constructed. It is hoped that these experiences will be beneficial to the teaching of basic courses and the construction of teaching groups in the engineering disciplines.

**Key words:** engineering education; rooting on the undergraduate education; civil engineering; architectural mechanics; hybrid teaching method

(责任编辑 梁远华)