

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2022.06.007

欢迎按以下格式引用:黄信,齐麟,陈宇,等.大跨结构课程学生创新能力培养方法探讨与实践[J].高等建筑教育,2022,31(6):51-58.

# 大跨结构课程学生创新能力培养方法探讨与实践

黄信,齐麟,陈宇,闫晓荣

(中国民航大学 交通科学与工程学院,天津 300300)

**摘要:**新工科建设强调学生创新能力的培养,土木工程专业课程具有较强的理论性和实践性,结合大跨结构课程开展新工科理念下的学生创新能力培养实践。课程教学中突出实际工程案例讲解和分析,增强学生对工程结构的学习兴趣,并提高学生解决复杂工程问题的能力;利用线上教学资源开展调研,对课程教学内容进行优化,对学生的课程知识点掌握情况进行评价并开展指导,同时结合线上教学资源进一步拓宽学生的知识面;开展项目式学习和科教融合教学实践,利用项目式学习提高学生的结构设计创新能力,通过科教融合教学引导学生独立发现问题、分析问题并解决问题,培养学生的创新能力和科研能力。通过教学改革提高了大跨结构课程的教学效果,促进了学生创新能力的培养。

**关键词:**新工科建设;大跨结构;创新能力培养;线上教学资源;项目式学习;科教融合教学

中图分类号:G642.0

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2022)06-0051-08

## 一、研究背景

新工科建设强调学生创新能力和实践能力的培养,更加重视学生对知识点的创新应用,培养学生的创新实践能力。同时,工程专业认证对本科教学的创新能力也提出了具体要求。为促进学生创新能力发展,提高专业认证实力,学生工程结构创新能力培养是高校土木工程专业教育研究的重要方向。钟登华等<sup>[1]</sup>阐述了新工科建设的内涵及其特征,并提出要重点把握学与教、实践与创新创业、本土化与国际化3个任务。王岩等<sup>[2]</sup>分析了国外4所著名高校法规类课程的建设情况,从课程基本信息、教学目标、课程内容和教学方法4个方面提出了课程建设的思路 and 方向。杜岩等<sup>[3]</sup>对土木工程专业的人才培养模式进行了探讨。肖桃李等<sup>[4]</sup>分析了土木工程专业学生的就业去向及岗位

修回日期:2021-09-13

基金项目:2021年中国民航大学教育教学改革与研究项目“新工科理念下基于项目式学习的工程结构设计创新能力培养与实践”;教育部产学合作协同育人项目(220506527210600)

作者简介:黄信(1983—),男,中国民航大学交通科学与工程学院副教授,博士,主要从事机场工程结构研究,(E-mail) huangxin1395602@163.com。

分布,对专业人才培养方案进行修订,并对指标点和毕业达成度进行了评价。王达谔等<sup>[5]</sup>从学习者的建构主义认知发展规律出发,分析结构力学课程的内容特点及其在人才培养体系中的地位,逆向设计结构力学课程的混合式教学模式。袁焕鑫等<sup>[6]</sup>介绍了约翰·霍普金斯大学土木工程专业的培养方案和培养目标,对其专业课程设置进行了分析,阐述了工程结构发展演变和结构设计两门专业必修理论课程的教学内容和方法。占玉林等<sup>[7]</sup>以新工科建设为背景,探索国际竞赛为依托的实践教学模式,从目标定位、创新导向、知识拓展、能力培养、素质提升等方面对实践教学改革进行了探索。曹珊珊等<sup>[8]</sup>采用逆向设计方法对土木工程专业课程进行教学设计以提高教学效果。

项目式学习方法通过开展项目教学设计、教学执行和评估反馈,培养学生的工程实践能力。卢小花<sup>[9]</sup>分析了项目式学习方法的特征,并对其实施过程进行了探讨。李岳等<sup>[10]</sup>对有限元课程中的悬臂梁建模知识点进行了教学设计,指出以问题为导向的教学设计可以锻炼学生综合研究能力。曹永红等<sup>[11]</sup>从问题设计、课堂教学策略等方面进行了PBL教学模式改革。高等学校具有教书育人和科学研究的双重任务,应利用科教融合提高教学质量,明确科教融合的切入点及与之相适应的教学模式。姜义成等<sup>[12]</sup>分析了科教融合的现状及其存在问题,并对高校开展科教融合提出了具体建议。东明等<sup>[13]</sup>通过高校与研究院所之间的合作,探讨了科教融合在组织机构、考核机制及课程教学改革等方面的特点和存在问题。刘莉君等<sup>[14]</sup>分析了目前科教融合教学现状,并分析了卓越人才培养和科教融合的重要意义,探索将科研融入本科课程教学和创新项目的具体路径。罗洪光<sup>[15]</sup>针对钢结构设计原理课程开展了科教融合教学探索,探讨了科教融合的切入点及其课外科研资源的利用。

为民航强国培养行业高端技术人才,应重视学生的工程结构创新能力培养。大跨结构课程是中国民航大学土木工程专业的特色课程,航站楼、飞机维修库等大跨结构属于民航机场工程的典型结构形式。以大跨结构课程为依托,在工程案例分析、线上教学、项目式学习和科教融合教学等方面开展教学实践,为土木工程专业认证和新工科建设提供有力支撑。

## 二、基于新工科理念的创新能力的培养

新工科建设是国家层面上应对新经济挑战、服务国家战略、满足产业发展需求,而对工程教学提出的教育改革。新工科在人才培养方面提出从传统的理论研究型向重能力的应用型方向转变,更加突出人才的创新和实践能力。

大跨结构课程是一门面向本科生介绍大跨结构类型及其特点、大跨结构体系概念设计及施工的土木工程专业课程,是在掌握钢结构基本理论知识下进一步学习工程结构设计的课程。大跨结构在民用机场建设中具有广泛的应用空间,尤其是大型航站楼和飞机维修库,因此,在大跨结构课程中突出工程实践尤为重要。由于大跨结构属于空间结构体系,大跨结构体系复杂,其结构分析和设计难度较大。为促进课程教学效果,在课程教学中结合实际工程进行结构体系分析,同时结合工程案例讲解,提高学生的学习兴趣。

### (一) 课程教学突出案例教学和兴趣引导

由于大跨结构理论性强,为加强学生对结构体系分类的掌握和理解,需要教师在实践教学中不断优化教学方案。大跨结构属于复杂结构受力体系,为提高学生对复杂工程结构理论知识的掌握,在教学中突出兴趣引导,积极丰富教学案例,以实际工程为讲解对象,讲解理论知识,同时突出

结构体系设计的实践性和创新性,在课程教学中以北京大兴机场航站楼、天津滨海国际机场航站楼、飞机维修库等复杂大跨结构建筑为工程实例,讲解大跨工程结构设计应考虑的实际问题,包括建筑方案、工程造价、场地条件等方面,从而确定合理的结构方案,包括大跨结构体系及跨度选择。例如,飞机维修库主要采用网架结构形式,为便于飞机进出机库,应对网架结构的周边支撑情况进行分析,以满足飞机维修库的使用功能要求;对于中小型机场航站楼的屋盖可采用网架结构形式,而对于大型机场航站楼,由于建筑造型及跨度要求,应结合实际情况对网架、网壳或张弦组合结构等多种大跨结构方案进行优选,通过结构受力分析、成本对比、建筑功能实现等确定适用于大跨航站楼的最优方案。在大跨结构课程教学中通过实际工程讲解,突出理论知识的实际应用,让学生成立学习兴趣小组,选择一个典型的大跨建筑进行探讨,授课教师参与指导,让学生主动了解大跨建筑的结构体系、杆件布置及其设计和施工要点,通过掌握大跨建筑结构的设计和施工知识,提升学生的学习兴趣。

## (二) 结合工程案例强化创新能力培养

大学生创新能力和实践能力的培养,主要是锻炼学生发现问题、分析问题和解决问题的能力。在大跨结构课程教学中引入实际工程问题,让学生查阅相关资料以了解工程案例问题,并分析问题存在的原因,在课堂教学中通过讨论及指导,提出工程问题的解决方案。结合实际工程案例开展教学和讨论,针对天津机场某飞机维修库大跨网架结构进行分析,从满足建筑跨度要求方面,锻炼学生对大跨结构体系的选型能力,从满足飞机维修库使用功能方面,要求学生对维修库的飞机入口进行设计,加强学生对建筑入口设置大型门洞会影响网架支座布置的实际问题进行思考,引导学生独立提出网架支座布置的解决方案。结合建筑功能要求,使学生掌握大跨结构设计的屋面排水、维修设备安装预留接口等实际工程问题。为培养学生从事土木工程专业的责任心,针对福建欣佳酒店倒塌事件布置讨论题目,让学生自主查找相关学习资料和知识,通过图书及网络资料了解讨论题目的概况,并根据自己对实际工程的理解,分析工程项目存在的问题及其解决措施,在课堂教学中指导教师通过对工程概况、设计和施工情况的讲解,引导学生分析工程倒塌原因并开展讨论,要求学生从荷载取值、设计分析、施工质量、使用维护等方面进行梳理,锻炼学生利用理论知识分析和解决工程问题的能力(图1),在工程设计和施工中常怀敬畏之心,做一名有担当的民航土木人。

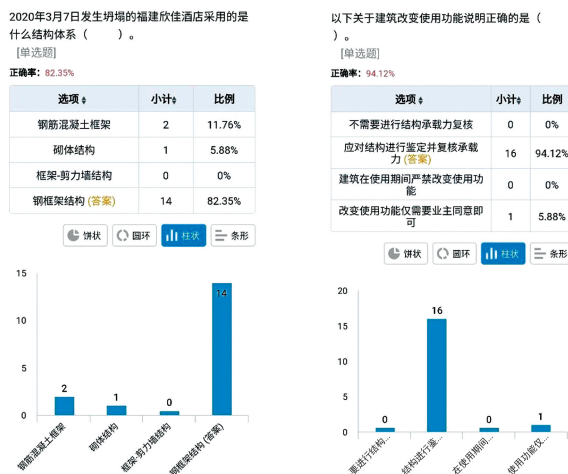


图1 工程案例分析

### 三、利用线上教学资源提高教学效果

信息化技术的快速发展,线上教学资源十分丰富,线上教学是传统线下课堂教学的有力补充。本课程利用雨课堂、钉钉会议等软件开展了线上教学工作,同时利用问卷星等线上程序进行教学内容优化和课程作业分析,对学生学习效果进行监管。

#### (一) 课程教学调查分析

利用线上教学资源,设置了调查问卷,针对课程授课内容和学生兴趣开展调研。其中,授课内容主要为计算理论、工程设计、工程施工以及大跨结构发展等,同时对学生的课前预习和课后复习情况进行了调研。

问卷调查内容包括学生希望课程重点讲解内容、学生课前课后学习习惯、课堂互动方式等,对69份有效问卷的统计分析发现(图2),学生希望课程教学中更多结合实际工程进行讲解,这和以工程案例为讲解手段的教学初衷较为一致,也说明培养具有综合能力的应用型人才是新工科建设的需要,也是学生的自我定位。同时,大部分学生认可课前预习和课后复习的重要性,但部分学生忽视课前预习和课后复习。该问卷调查也为课程的教学管理提供了依据,强调教学方法改革,细化授课内容,同时应加强对学生课前预习和课后复习的指导和监督,从而提升授课班级的整体教学水平。

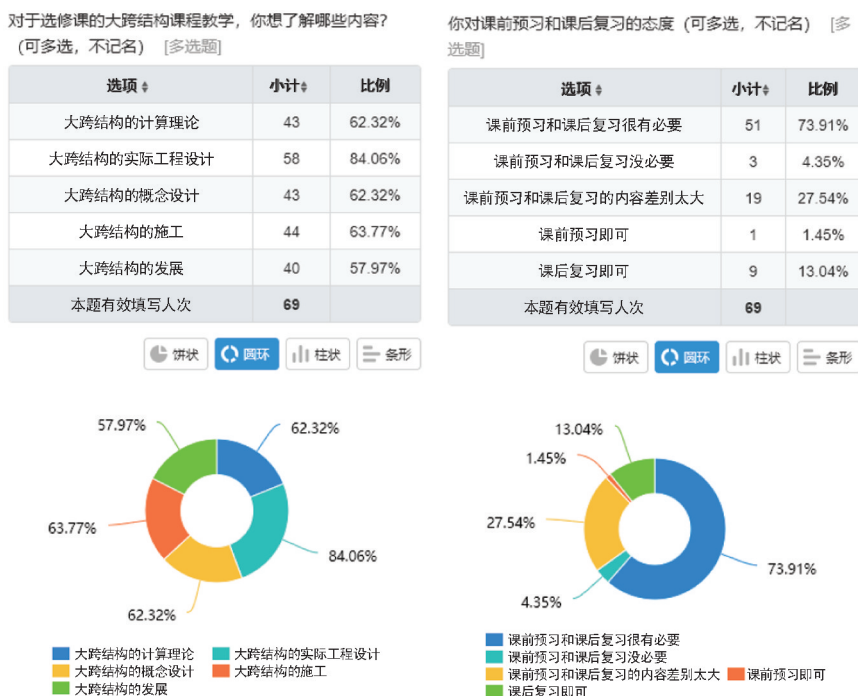


图2 课程教学调查

#### (二) 课程教学效果评价

充分发挥在线资源跟踪、分析、统计的教学优势,加强对学生的课后指导和督促,系统分析学生对课程知识点的掌握情况并开展差异化教学指导。根据课程教学内容,制定每章节对应的课后习题(图3),利用在线教学数据统计的优势,通过对学生答题结果的系统分析,明确学生对课程知识点

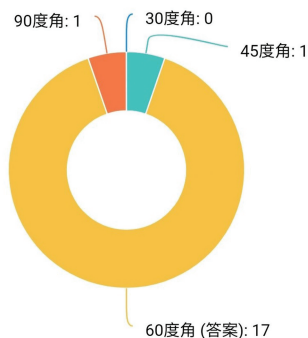
的掌握情况,及时发现学生在学习中的薄弱环节,采取课堂强化讲解、课后辅导等措施提高学生的学习效率;同时,利用在线教学评价信息可以及时掌握学生课后复习情况,从而有针对性地对部分学生进行督导。例如,通过学生对网架结构机动分析题目的答题情况,可以较准确掌握学生对知识点的掌握情况,78%的学生掌握了该项知识点,近 20%的学生并没有理解几何不变体系必要条件的本质,通过课堂提问和课后指导了解部分学生对该知识点的理解误区,并在课程答疑环节进行细化指导。

三向交叉的三个方向的桁架相互交叉成 ( )。 [单选题]

正确率: 89.47%

选项	小计	比例
30度角	0	0%
45度角	1	5.26%
60度角 (答案)	17	89.47%
90度角	1	5.26%

饼状 圆环 柱状 条形



网架结构机动分析中满足几何不变体系的必要条件是 ( ), 其中m为结构杆件总数, n为支座约束链杆数, J为节点数。 [单选题]

正确率: 78.95%

选项	小计	比例
$m \geq 3J - n$ (答案)	15	78.95%
$m \leq 3J - n$	3	15.79%
$m \geq 3J + n$	1	5.26%
$m \leq 3J + n$	0	0%

饼状 圆环 柱状 条形

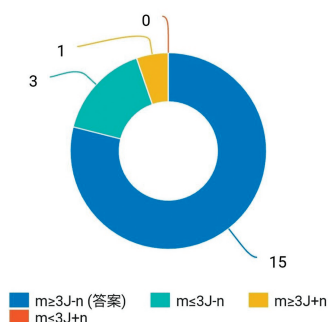


图 3 课后习题及分析

### (三) 线上教学平台资源利用

利用中国大学 MOOC、学堂在线国家精品课程等平台,授课教师可以选择符合课程教学要求的资源让学生作为课后学习资料,如,在学堂在线上选择了西安建筑科技大学的钢结构设计第三章大跨度屋盖结构的视频教学内容,让学生作为课前预习材料进行学习。

同时结合大跨结构课程特点,提高学生的学习效率和理解能力,并拓宽学生的专业综合能力。利用线上专业教学资源进一步丰富课程的教学内容,如,由中国建筑科学研究院建研科技教育创新中心发起的建筑云联盟平台通过行业直播、在线讲座等方式,整合建筑领域专家和技术资源,打造专业权威的技术学习与交流平台。利用线上教学资源拓宽学生的知识面,如,针对北京大兴国际机场航站楼进行结构设计讲解,使学生从大跨结构的设计、施工、运维管理等多维度掌握大跨结构知识。

### (四) 线上教学资源的选择

线上教学方式及线上教学资源有效提高了课程教学效果,丰富了教学资源,拓宽了学生的知识

面,但由于线上教学资源较多,质量参差不齐。为确保线上教学的效果和质量,授课教师有必要结合课程培养目标对线上教学资源进行甄别,选择和课程结合度较高的资源提供给学生学习,为学生选择合适的线上教学资源提供依据和评判标准,同时对线上教学资源的质量严格把关。

#### 四、项目式学习及科教融合教学实践

土木工程专业是传统工科类专业,具有较强的理论性和实践性,为提高创新能力和实践能力培养效果,在课程教学过程中采用了项目式学习方式开展部分知识点的教学工作(图4),从而提高学生的创新能力。

##### (一)项目式学习

人才培养目标要求学生能运用基础和专业知识解决复杂工程问题。传统教学模式侧重于基本理论知识的教学,新工科建设则更加注重学生分析和解决具体问题能力的培养,应强化学生的创新能力培养,而项目式学习以项目为依托,结合课程知识点,培养学生的工程实践能力。

由于大跨结构课程涉及的前期课程包括建筑材料、结构力学、钢结构设计等,学生对大跨结构的掌握需要综合多门课程的知识点,采用传统的教学指导方法难以达到预期效果。在课程教学过程中针对网架结构的概念设计知识点,采用项目式学习方法开展学生创新能力培养和指导。根据项目式学习的总体思路,结合网架结构的概念设计内容和要求,开展项目教学和指导设计、项目执行管控和项目实施效果评估反馈。项目教学和指导设计要突出问题导向,在理解网架结构概念设计知识点的前提下,提升学生创新能力,加强学生对专业知识的综合运用能力,强化学生的自主学习意识;项目执行管控中要明确学生阶段性的成果要求,监控学生的项目执行状态,及时发现问题并给予指导;项目实施效果评估反馈要对学生的过程性学习与最终成果进行测评,并利用测评结果全方位评估,从而提高学生的综合创新能力。

大跨结构课程中的网架结构初步设计项目式学习内容如图5所示,首先,在课堂上讲解网架初步设计的内容和要点,包括初步设计深度、网架高度确定依据、杆件尺寸确定标准及工程造价控制方法;然后,制定网架结构项目初步设计任务书,给出网架建筑需要满足的跨度要求,网架使用环境情况及当前市场上钢材等材料的价格,并提出初步设计的任务指标,即根据建筑跨度要求确定网架高度、网架杆件尺寸、网架支座布置及其形式,初步确定网架结构的造价及项目式学习的进度要求。项目式学习需要学生在课后独立完成,指导教师为学生提供相关设计资料,并指导学生查找相关资料,在学生独立完成网架初步设计过程中,关注学生的任务完成进度和完成质量。学生提交项目式学习成果材料,指导教师结合初步设计要求、时间进度及创新能力等方面对成果材料进行评价,分析学生对不同知识点的掌握情况和对知识的灵活运用能力。通过网架初步设计项目式学习,发现学生在支座选型及结构造价管控方面缺少系统性训练,其原因主要是课程理论教学偏重计算分析和结构体系概念讲解,而对于需要结合工程实际做出具体分析的知识内容缺少讲解或在教学中被忽视。通过项目式学习可以加强学生的自主学习能力,为完成初步设计的造价成本分析,需要查找相关成本控制标准,并通过项目成本分析对初步设计方案进行优化分析,项目式学习让学生真正体会到项目设计的复杂性,提高了学生在项目设计中的综合能力。

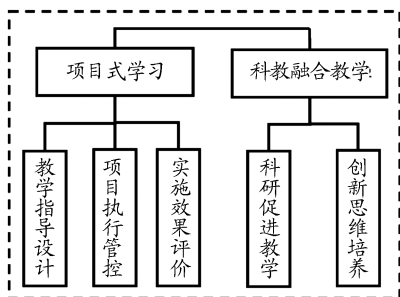


图4 课程教学引入项目式学习和科教融合方法

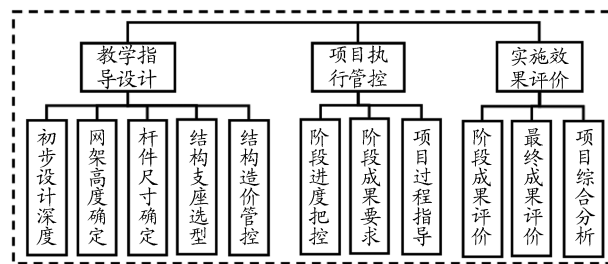


图5 网架初步设计项目式学习的教学设计

## (二) 科教融合教学实践

科教融合是近年来中国高校教学发展的一个重要理念,其本质是将科研与教学相结合,通过融入教师的科研成果以丰富教学内容。大学教师在从事教学任务的同时,结合自身的研究兴趣开展科学研究工作,如果能将教师科研工作的部分成果应用到教学中,将极大促进课程教学效果,同时为培养学生的学习兴趣提供动力。

在大跨结构课程教学中坚持科教融合理念,通过教学组织、考核机制的建设,培养具有创新实践能力、科研能力的高端人才。结合教师长期从事大跨结构抗震性能研究的经验,在大跨结构课程讲授中,选择大跨结构多维多点抗震分析、网壳结构稳定性分析两个知识点进行教学改革。向学生讲解大跨结构多维多点抗震及网壳稳定性分析的研究现状、研究方法及其目前存在的问题,指导学生掌握科技文献检索方法,引导学生通过阅读学术文献,了解并掌握大跨结构抗震具体分析方法,明确结构稳定分析的目的和方法,对学习能力强学生开展结构分析软件的教学指导。同时,结合授课教师科研成果中的大跨结构实际工程案例,有针对性地设置大跨结构抗震和网壳稳定性知识点,以小组为单位指导学生开展专题讨论,从问题提出、问题分析、问题处理和总结等方面,引导学生发挥创造力,提高学生的学习和科研能力。通过科教融合,体现差异化教学,根据不同学生的接受情况开展教学和指导,该项教学的基本出发点是拓宽学生知识面并提高学生兴趣,对部分有兴趣的学生可以进一步加强科研能力的培养,如文献阅读、计算软件使用、科技论文撰写等。

## 五、结语

新工科建设突出对学生创新能力的培养,结合大跨结构课程开展学生创新能力培养实践,在大跨结构课程教学中重视实际工程案例讲解和分析,以提高学生对复杂工程问题的分析和处理能力。利用线上教学资源优化课程教学内容,通过问卷调查评价课程教学质量,同时引导学生主动选择线上教学资源,拓宽学生的知识面,但应重视对线上教学资源的甄别。在课程教学中开展项目式学习和科教融合教学实践,提高了学生学习的主动性,提升了学生的创新能力和综合素质。2020年期末考试成绩90分以上的学生占比由2019年的22%增加至35%,同时,获天津市大学生结构设计竞赛二等奖6项,说明大跨结构课程教学改革有效提升了学生课程成绩和创新能力。

### 参考文献:

- [1] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(3):1-6.
- [2] 王岩,王娜,师燕君,等. 新工科背景下土木工程专业建设法规类课程建设实践与探索[J]. 高等建筑教育, 2020, 29(1):60-67.

- [3] 杜岩, 谢谟文, 刘彩平, 等. 土木工程专业本科生培养模式探讨与实践[J]. 高等理科教育, 2018(3): 66-70.
- [4] 肖桃李, 曾磊, 杜国锋, 等. 土木工程专业毕业要求达成度评价体系的探索与实践[J]. 高等建筑教育, 2019, 28(5): 67-73.
- [5] 王达淦, 陈朝晖. 面向工程教育认证的结构力学课程混合式教学设计[J]. 高等建筑教育, 2020, 29(1): 110-118.
- [6] 袁煥鑫, 杜新喜, 郭耀杰. 约翰·霍普金斯大学土木工程专业课程设置与教学分析[J]. 高等建筑教育, 2020, 29(1): 102-109.
- [7] 占玉林, 富海鹰, 马中国, 等. 以国际竞赛为依托的土木工程本科生实践能力提升培养机制探析[J]. 高等建筑教育, 2019, 28(5): 8-15.
- [8] 曹珊珊, 李淑, 邵运达. 土建类开放教育课程的项目式逆向教学设计——以国家开放大学“建筑施工技术课程”为例[J]. 高等工程教育研究, 2020(1): 93-99.
- [9] 卢小花. 项目式学习的特征与实施路径[J]. 教育理论与实践, 2020, 40(8): 59-61.
- [10] 李岳, 蔡靖, 宗一鸣, 等. PBL模式在工程有限元课程教学改革中的应用[J]. 高等建筑教育, 2017, 26(2): 144-147.
- [11] 曹永红, 张乃元. 学生视角下高校土木工程专业PBL教学模式改革思考[J]. 高等建筑教育, 2020, 29(1): 86-90.
- [12] 姜义成, 张云, 李鸿志, 等. 科教融合理念下的人才培养模式研究[J]. 教育教学论坛, 2020(15): 297-298.
- [13] 东明, 尚妍, 贺纓, 等. 科教融合下新型人才培养模式建设[J]. 高等工程教育研究, 2019(S1): 251-252, 261.
- [14] 刘莉君, 刘友金. 卓越人才培养目标下科研资源向本科教学资源转化的路径探析[J]. 当代教育理论与实践, 2019, 11(6): 19-22.
- [15] 罗洪光. 科教融合的教学探究——以钢结构设计原理课程为例[J]. 高等建筑教育, 2019, 28(5): 86-90.

## Discussion and practice of cultivating students' innovative ability in long-span structure course

HUANG Xin, QI Lin, CHEN Yu, YAN Xiaorong

(School of Transportation Science and Engineering, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, P. R. China)

**Abstract:** The emerging engineering education construction emphasizes the cultivation of students' innovation ability. The course of civil engineering has strong theoretical and practical nature. This paper carries out the cultivation practice of students' innovation ability under the concept of emerging engineering education combining with the long-span structure course. In the course teaching, we should emphasize the explanation and analysis of practical engineering cases, enhance students' interest in learning engineering structure, and improve students' ability to solve complex engineering problems; we should use online teaching resources to carry out research, optimize the course content, evaluate and guide students' mastery of course knowledge points, and combine online teaching resources further broaden the knowledge of students; and project-based learning and science and education integration teaching are carried out, and project-based learning is used to provide students with structural design ability; science and education integration teaching is used to guide students to find, analyze and solve problems independently, and cultivate students' innovation ability and scientific research ability. Through the reform of the above teaching methods, we can improve the teaching effect of the long-span structure course and promote the cultivation of students' innovation ability.

**Key words:** emerging engineering education construction; long-span structure; innovation ability training; online teaching resources; project-based learning; science and education integration teaching

(责任编辑 周沫)