

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2024.02.015

欢迎按以下格式引用:刘超,高春嵩,阮欣,等.桥梁工程专业贯通式实践教学链条模式探索[J].高等建筑教育,2024,33(2):110-117.

# 桥梁工程专业贯通式实践教学链条模式探索

刘超,高春嵩,阮欣,吴培峰

(同济大学土木工程学院,上海 200092)

**摘要:**实践教学是桥梁工程专业学生从理论学习走向实际生产的桥梁,针对桥梁工程专业传统实践教学存在的连贯性差、效率低、效果差等问题,同济大学土木工程学院桥梁工程课群组在多年实践和研究基础上,构建了针对多门实践课程的贯通式学习链条新模式。该模式以需求驱动、潜能激发、创新导向为核心,形成了从学习认知到技能训练,再到解决复杂工程问题的教学思路。在此教学链条中,学生的课程学习、虚拟平台、生产实践、论文科研层层贯通;思政教学、国情实践、现场实习、专利申请、创新创业等环节环环相扣,从而提高桥梁工程专业实践教学的连贯性,丰富了教学内容,提升了教学效果。

**关键词:**实践教学;贯通式教学;链条式体系;桥梁工程

**中图分类号:**G642.44;TU-4 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2024)02-0110-08

“新工科”建设的积极推进,对人才培养提出了更高的要求,需要建设高水平的人才队伍<sup>[1]</sup>。作为传统工科专业,桥梁工程专业的教学模式也需要适应社会对岗位人才的需求,不断加强对学生理论知识和实践能力的培养,调动学生的学习积极性和创新思维,培养具有创新意识和创新能力的复合型人才。涵盖校外实习、课程设计、学生创新创业等环节的专业实践课程体系在培养学生动手能力、科研能力、适应能力和实践创新能力中扮演着极为重要的角色<sup>[2-4]</sup>。

然而,目前的桥梁工程专业传统实践教学模式已不能满足人才培养的需要。李爱群等<sup>[5]</sup>立足于土木工程全专业的角度,总结土木工程实践教学存在的“认识不足”“体系不完善”“组织不规范”“条件保障不足”4个症结。传统的桥梁工程实践模式大多为学生在指导教师或校外指导人员的带领下,“一窝蜂”行动完成学习或者生产任务<sup>[6]</sup>。在实践中存在松散管理的问题,学生的积极性很难被充分调动,导致对实践活动的重视程度下降。因此,传统的实践教学模式往往使学生“走马观花,浅尝辄止”,难以真正做到学有所获<sup>[7]</sup>。

艾华青等<sup>[8]</sup>提出以“学科基础—工程技术基础—创新实践”为主线的融通式工程实践教学模式,肯定了工程教育的贯通性对于人才培养的作用。孔繁森等<sup>[9]</sup>从顶层设计的角度建立了实践教学体

修回日期:2022-08-24

基金项目:上海高校市级重点课程

作者简介:刘超(1977—),男,同济大学土木工程学院副教授,博士生导师,主要从事土木工程专业相关教学和研究,(E-mail)lctj@tongji.edu.cn。

系的框架模型,为实践教学改革新模式提供了新思路。张希等<sup>[10]</sup>将虚拟仿真实践与建筑设计课程相结合,提高了设计基础课程的教学效果。冒亚龙等<sup>[11]</sup>从“教、学、评、传”角度,提出一种多元化教学模式,丰富了实践教学内容。李津津等<sup>[12]</sup>在前人研究的基础上建立了针对机械专业的“贯通式、项目制、研究型”综合实践教学模式,为传统工科专业的“新工科”建设提供了新思路。管仲国等<sup>[13]</sup>将贯通式思想融入桥梁工程全过程设计环节,为桥梁工程专业实践教学改革提供了宝贵思路。

为应对桥梁工程专业传统实践教学难以满足人才培养要求的问题,同济大学土木工程学院多年来一直进行实践教学改革。以同济大学土木工程学院桥梁工程课群组的教学改革为例,提出桥梁工程专业贯通式实践教学的链条新模式。

## 一、桥梁工程专业实践教学现状分析

### (一) 实践教学多处于边缘地位,内涵需进一步深化

传统的桥梁工程专业实践教学课程简单穿插于理论教学之中,开设的实验课程以及工程实习的种类少、课程周期短、课程内容单一且波及面窄,很难达到提高学生综合素质的目的。传统的实践教学地位不高、层次较低,教师不积极,学生不重视,课程体系难以满足“新工科”建设对人才的培养需求。

### (二) 实践教学大多“走马观花”,实效有限

生产实习目前是桥梁工程专业唯一的一门长时间在现场学习的实践课程。传统的教学模式为大规模集中现场参观式实习,学生往往“走马观花”,质量受到很大影响。传统生产实习时间短和桥梁工程项目周期长的矛盾导致学生实习内容不系统、不全面,而且传统的专业实践多局限于“去现场搬砖”的场景,难以激发学生的兴趣与潜力。

### (三) 缺乏科学合理的精细化管理和评价体系

传统实践中,教师大多更重视前期课程安排及成果最终评价,而忽视了过程性管理和评价<sup>[14]</sup>。在实践教学中缺乏过程性指导与管理,学生收获小,参与实践活动的主观性不强,积极性难以调动,更无法充分锻炼学生批判性思考和自主创新的能力。因此,通过多种手段建立科学合理的实践教学管理和评价体系对于加强教师对实践环节的监管与评价十分重要。

### (四) 实践教学课程分离,难以形成合力

在传统的实践教学环节中,各课程均独立设置教学内容,分期进行、不成系统,且部分内容存在不完整、重复、脱节等问题<sup>[15]</sup>。学生完成单个课程设计后,无法将本课程学习的“点”与其他课程相结合,做不到“连点成线,连线成面”,无法系统性、有深度地培养学生的思考和创新的能力,学生很难融会贯通,不能达到举一反三的目的。

## 二、桥梁工程专业贯通式实践教学链条模式构建

### (一) 贯通式实践教学链条模式简介

近年来,为提高学生的创新能力,促进各学科交叉融合,优化人才培养的整体过程,同济大学桥梁工程课群组构建了以“需求驱动、潜能激发、创新导向”为核心的桥梁工程专业贯通式实践教学链条模式。该模式以“更新理念、优化结构、创新模式、保障质量”为关键点推进改革,推动工程教育质量持续提升。模式核心理念如图1所示。

该模式贯穿桥梁工程专业学生的整个培养过程,照顾每名学生的“个性化”发展,贯通实践的各个平台,培养学生综合运用所学的能力和解决复杂问题的能力。“贯通式”是指在培养过程中,将各

门课程紧密关联,开展贯通式学习和研究。学生在课堂上所学的知识可用于导师制项目中,导师制项目的成果又可应用于生产实践中,在实际生产中产生的想法又可运用于毕业设计中,甚至可以作为将来继续深造时的研究内容。

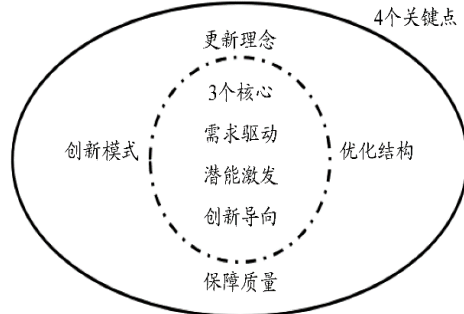


图1 教学模式核心理念图

要实现“贯通式”,就必须建立“教学过程贯通、教学平台贯通、产学研贯通”的“链条式”教学体系。在实践教学的各个环节,将学生的学习认知、技能训练、综合能力培养等环节有机链接、落到实处,将导师制项目、生产实习、各类比赛、公益实践等教学手段作为“齿轮”,使桥梁工程专业学生的各个培养环节环环相扣,紧密连接,形成贯通式生产实践的链条模式。

(1)该模式创建了从学习认知(创新创业项目、导师制项目)到技能训练(生产实习、各类比赛、“无止桥”公益实践)到解决复杂工程问题的综合能力(全过程设计、毕业设计)的全过程创新实践教学体系,如图2所示。该模式所创建的全过程链条式创新实践教学体系贯通了“卓越工程师”培养体系中的实践环节,从而构建了“产学研”融通一体的窗口和“校企结合”的多方合力育人共享平台。

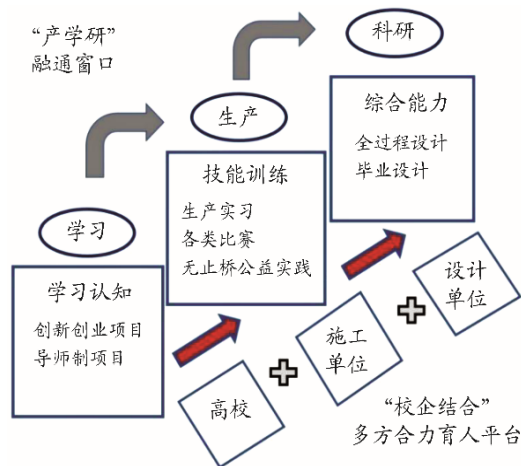


图2 融贯育人平台示意图

(2)探索了实践教学融合思政教育的路径。桥梁工程专业实践教学贯通式链条模式在广度上拓展实践教学的“技能体验”,整合专业精神、职业技能、自主创新等教学目标,推进全面育人;在深度上探索课程思政有机渗透,通过课程教育来激发学生自主创新的动力与能力,培养其反哺社会、报效国家的意识(图3)。

(3)开发桥梁智能建造虚拟仿真教学实验平台,与现场体验、理论学习多场景交互贯通,满足智能建造与学生发展需求。图4为平台中钢板梁组合桥施工认知模块的示意图。

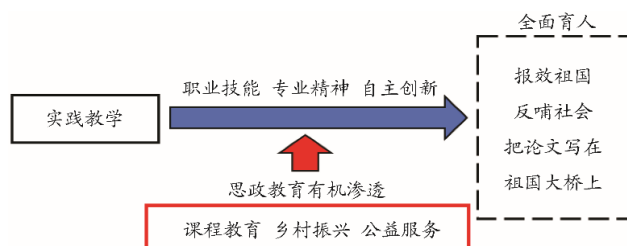


图3 实践教学融合思政教育路径示意图



图4 钢板梁组合桥施工认知模块示意图

## (二) 教学实施流程

### 1. 学习认知——创新创业项目与导师制项目

如图5所示,创新创业项目与本科生导师制项目是实践教学链条的开端。以一年级和二年级的学生团队为主来申请国家级、省市级和校级的“大学生创新创业项目”,由教师指导3~5名学生的小组完成为期1年的创新创业项目研究,主题可以是相关专业类,也可以是生活兴趣类等。学生自三年级开始,可选择参与导师制项目,项目为期1年。同济大学自2014年开始实行本科生导师制,学生根据自身兴趣和专长选择适合自己的导师,实现“进实验室”“进课题组”“进科研项目”,在导师的帮助下开展一定的科研工作<sup>[16]</sup>。每个导师最多指导5名学生完成一定的科研项目或自主创新项目,因材施教,使学生充分了解科研内涵,掌握科研过程,培养科研与创新兴趣,进行科研启蒙。

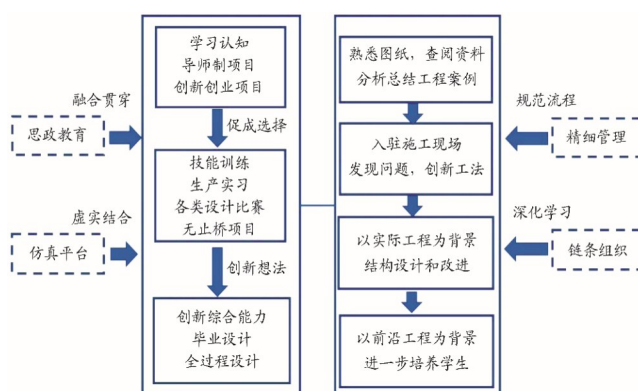


图5 贯通式实践教学链条模式实施流程

项目的开展时间与学生专业课学习时间相重叠,学生不仅可在课堂上储备专业知识,还可在项目中对重大工程案例进行总结,了解桥梁前沿研究,实现学习和科研的贯通。本科生导师鼓励学生撰写学术论文、申请专利和软件著作权等,为培养个性化创新人才奠定基础,力图将实践教学作为激发学生潜能、培养创新型人才的关键环节,并以此提高学生获得感,深化实践教学的内涵。

## 2. 技能训练——生产实习、各类桥梁设计比赛及“无止桥”公益实践

以生产实习、各类桥梁设计比赛、“无止桥”公益实践为主要内容的技能训练是贯通式实践教学模式的第二个重要环节。从2017年起,同济大学土木工程学院将生产实习课程改革嵌入“双一流”建设、卓越工程师教育培养计划、桥梁建造智能化发展等工作中,持续深化课程内涵建设,与贯通式实践教学链条模式深入融合。如图6所示,生产实习要求学生通过深入技术一线,对现场的复杂问题进行研究,尝试提出解决方案,应用于工程实际,引导学生学以致用。

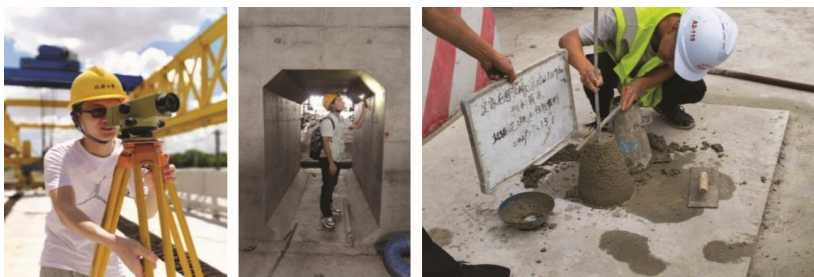


图6 学生在生产实习现场

积极鼓励学生将创新创业项目或导师制项目的成果与实习内容相结合,既提高实践效率,又让学生有目的地参与工程实践活动。鼓励学生参加各类桥梁设计比赛,参与“无止桥”社团活动。同济大学“无止桥”社团活动主要是设计和建造贫困偏远地区的公益便桥,以解决当地居民的出行问题。在世界大学生桥梁大赛、茅以升桥梁大赛等桥梁设计比赛以及“无止桥”社团活动中,学生深入体验桥梁设计过程,在知识体系、能力构成、素质养成和思想教育等方面获得全面成长。

本科生导师制等环节的课题研究可以激发学生对所研究方向的探索兴趣,促成对生产实习场所及实习内容的选择。在桥梁设计比赛或“无止桥”活动中,学生的桥型选择及结构优化方向与导师制项目的研究内容有相通之处,即导师制项目会促成学生对设计桥梁内容的选择。同时,“无止桥”社团活动也可与暑期实践相融合,致力于为国内欠发达地区修建人行便桥(图7)。



图7 “无止桥”社团学生正在修建自行设计的人行便桥

2021年,桥梁课群组指导教师团队开始尝试专业实践和思政教育有机融合、多方协同育人的新路径。除了进行课程思政教育外,还将乡村振兴、同济“无止桥”乡村公益实践、生产实习、创新创业活动有机整合,引领青年学生红色筑梦,通过体验“中国智造”实践,培养自主创新能力。

## 3. 拓展创新综合能力——全过程设计、毕业设计

在熟悉科研过程、提高创新能力、理论结合实践后,学生开始基于实际工程背景开展科研实战。大四上学期,在桥梁工程全过程设计课程中,以实际工程为背景,强调知识体系的连贯性,加强对学生学习方法、自学能力、动手能力、创新能力的培养。大四下学期,在毕业设计的选题阶段,很多学生将其参与过的导师制项目或者在生产实习中尚未完成的课题或想法作为自己的研究内容。毕业设计要求学生针对复杂桥梁结构体系开展创新设计,以国内正在建造的复杂或大型桥梁为工程背

景,配备校外设计经验丰富的指导教师,校企合作,锻炼学生解决复杂工程问题的能力,或者结合桥梁整体设计中的某一具体问题开展研究,提出创新性构造设计或采用创新性手段解决复杂工程问题。

#### 4. 学习方式变革——虚拟仿真教学实验平台

学生在虚拟仿真教学实验平台中可以充分体验多个实际工程的建造过程,了解各种施工工艺,有效提高实习效果。以“钢板梁组合桥施工”认知模块为例,在桥梁工程的实际教学中,学生可通过此认知模块认识钢箱梁的隔板、底板、腹板、横向加劲肋、纵向加劲肋和过焊孔等结构,了解常见的钢板组合梁桥施工设备和常见施工方法。通过3D动态实时交互操作,辅助讲解栓钉焊接、桥面板施工、负弯矩区控制措施等学生难以理解的重难点。

虚拟仿真教学实验平台根据不同阶段、不同课程的具体要求分为多个递进式模块,包括背景学习、构造认知、桥梁上下部智能虚拟建造学习、在线考核等多个环节,为学生提供24小时在线、随叫随到的网上“指导教师”,拓宽学生实践的深度与广度。

虚拟仿真教学实验平台贯通了整个实践教学链条,根据生产实践需求设计,提供多个实际工程的施工工艺与建造过程,涵盖全部理论知识,贯穿学生“课前预习、课上学习、课后复习、实地实践、质量考核”各个阶段,学生既可以通过其学习理论知识、拓宽视野,也可以将自己的工程创新实践整理归纳上传至平台,真正实现平台贯通,各实践环节有机结合。

### (三) 主要实施方法

#### 1. 贯通教学内容,因需而动

桥梁工程课群组将实践教学改革嵌入同济大学“双一流”建设、卓越工程师教育培养计划、桥梁建造智能化发展等工作中,供需匹配,优化实践教学。生产实习课程作为前期专业学习和后期科研实战的过渡环节,其主题紧密结合科技发展,“工业化建造”“复杂桥梁智能建造”“畅想未来的桥梁建造技术”“基于人工智能的桥梁建造技术畅想”等内容持续迭代,与前沿技术实践接轨。桥梁工程课题组的核心团队为青年教师,形成了以副教授和教授为主的教师团队,并组建了由专业教师、思政辅导员、现场工程师、杰出校友、专利申请指导师等构成的“导师团”,协同育人贯通学生培养的各个环节,学生在各个教学阶段都有相应的专业人员指导。

#### 2. 贯通学习过程,优化学习体验

贯通学习过程各个环节,以学生发展为中心组织教学,通过团队合作活动、成果汇报与展示、交流分享会等形式提高学生的参与感。贯通实践教学手段,将“互联网+”、VR、新媒体新技术运用到课程中,激发学习兴趣。贯通评价系统,设置即时性评价、可视化评分、过程性评价体系,提高学生获得感。贯通教学平台,探索线下、线上融合的学习方式,“以学定教,先学后教”,优化学习体验,使学生自发学习、自主拓展。

#### 3. 精细化管理,规范组织流程

建立精细化质量监控体系,提高实践教学质量。贯通创新创业项目、导师制项目、“无止桥”公益实践和各类比赛的参与流程,实行导师全过程管理。实践教学环环相扣,无缝衔接。结合新媒体对学生生产实践全过程进行管控,对出勤、每日线上讨论、定期发表推文、实习展览完成度及小组答辩情况等全过程链条式精细化的考核评价。针对学生的全过程设计和毕业设计,采用贯通式管理体系,结合设计研究主题,制订贯通式的指导方案,采用分阶段汇报和考核模式,以提高学生整个设计过程的贯通性,明确师生权责,强化过程管控。

#### 4. 对实践课程进行链条式结构化组织,深化学习

以相互衔接的链条式培养模式,提高实践类课程和活动的结构性。课程结构以创新创业项目

及思政课程为先修环节,以大三暑期社会实践、施工现场、“无止桥”项目等集中学习为中心环节,以虚拟平台、专利申报、全过程设计、毕业设计等为后续环节。通过四大模块深化实践学习:创新创业项目和导师制项目跟进,暑期社会实践与生产实习融合,现场学习与虚拟平台交互,自主创新成果孵化与展示。

#### (四) 贯通式实践教学链条模式的特点

##### 1. 多元主体协同、产学研贯通、一体化育人

桥梁工程专业贯通式实践教学链条模式秉持“需求驱动、潜能激发、创新导向”理念,形成了学生实习充实、教师积极教导、实习单位踊跃的多方共赢新局面,成为贯通专业理论学习、社会公益实践、职业体验与生涯规划、创新创业活动、本科毕业设计、研究生论文等“卓越工程师培养”体系的中枢环节、产学研融通一体的窗口、多方合力育人的共享平台。

##### 2. 多场景互动、平台贯通、精细化管理

链条式实践教学模式实行线上线下混合式管理,实现多场景互动、混合式教学、精细化管理。在实践中引入新技术、新方法,通过虚拟仿真教学平台等新模式最大限度保证学生实践活动的广度与深度。综合运用讲授、任务驱动、直观演示、分组讨论、动手练习、自主学习与探究等方法,提高教学效率,丰富学生实践内容。

##### 3. 以学生发展为中心,贯通培养过程,以评价促发展

在贯通式培养的各个环节中,学生以任务为目标、以问题为导向,成为学习的主体,积极主动学习。任务设计既丰富了学习内容,也让学生巩固和拓展了所学知识,培养了新的思维模式。通过在线评价系统,即时性评价可激发学习动力,过程性评价立足教学质量,公开评价保证结果客观公正公平,因此,实践教学质量得到了质的飞跃。

##### 4. 融通课程思政教育与自主创新实践

通过偏远地区桥梁建设的现场体验与国情调研,激发学生投身国家“新基建”的使命感和责任感,培养学生的“高阶性”能力。将学生的专业认知、动手实践与自主创新能力有机融合,培养学生解决复杂问题的综合能力。根据“创新性”要求,贯通创新创业大赛、生产实习、公益服务等环节,引领青年学生红色筑梦,参与“中国智造”实践,培养自主创新能力。

#### (五) 贯通式实践教学链条模式的成果

学生通过参加导师制实践课题和大学生创新创业项目,取得了如论文、专利等丰硕的成果。桥梁工程系配备经验丰富的教师指导学生参与各项大学生竞赛活动,如世界大学生桥梁设计大赛、全国大学生钢结构设计创新竞赛、“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛、“茅以升公益小桥工程”创新设计大赛等,取得了优异的成绩。

2017—2021年,桥梁课群组338名学生全部参加了现场生产实习,分别进入桥梁制造、预制、建造、管养、检测等现场,实现了对桥梁全产业链的覆盖。校企合作共同建设了实习基地67个,其中,42个为服务“一带一路”建设的重点工程。学生取得了丰富的实践成果,如微信公众号推文、展览海报、专利等。5年间申请发明专利41项,目前已授权发明专利15项。

### 三、结语

同济大学土木工程学院桥梁工程课群组根据国家创新驱动发展战略需求、“新基建”趋势、行业发展与技术变革新形势,将分散的专业实践课程与相关教学活动进行有机整合,专业教学、创新创业、国情实践、施工现场、虚拟平台、毕业设计环环相扣,贯通整个实践教学培养过程。

在“新工科”建设浪潮中,将实践教学作为激发学生潜能、培养创新型人才的关键环节,深化实践教学的内涵,提高学生获得感。贯通式实践教学链条模式助推实践教学改革,构建卓越工程师培养的实践教学体系,使实践教学成为产学研融通一体的窗口和多方合力育人的共享平台。

#### 参考文献:

- [1] 曾勇. 后疫情时代我国新工科教育发展的机遇、挑战及应对[J]. 高等工程教育研究, 2020(6): 1-5.
- [2] 赵燕, 陆国栋, 张光新, 等. 我国高校工科专业实习状况与影响因素分析及其对策[J]. 高等工程教育研究, 2020(3): 98-103, 108.
- [3] 郑庆华. 高校创新创业生态体系的构建与实践探索[J]. 高等工程教育研究, 2020(4): 163-167.
- [4] 段桂江, 徐世新. 基于专业课程设计平台提升学生团队协作能力[J]. 高等工程教育研究, 2012(1): 132-137.
- [5] 李爱群, 孙利民, 徐礼华, 等. 中国土木工程专业实践教学现状分析与思考[J]. 高等建筑教育, 2016, 25(4): 111-116.
- [6] 刘超, 许博强. 生产实习教学精细化管理和评价模式的探索[J]. 高等建筑教育, 2020, 29(2): 158-163.
- [7] 宋协清, 余群舟, 杜婷. 基于任课教师现场指导的持续性施工生产实习模式研究[J]. 教育教学论坛, 2018(49): 22-24.
- [8] 董华青, 周震, 艾宁, 等. 融通式工程实践教学体系建设[J]. 高等工程教育研究, 2013(3): 168-171.
- [9] 孔繁森, 王瑞. 实践教学体系的框架模型研究[J]. 高等工程教育研究, 2017(5): 135-139.
- [10] 张希, 洪苗. 虚拟仿真实验辅助建筑设计基础课程改革与实践——以南方四角攒尖亭建造虚拟仿真实验为例[J]. 高等建筑教育, 2022, 31(2): 190-197.
- [11] 冒亚龙, 陆慧芳. “教、学、评、传”理念下改造类设计课程教学模式探索[J]. 高等建筑教育, 2022, 31(3): 119-127.
- [12] 李津津, 叶佩青. 新工科背景下贯通式项目制研究型综合实践教学模式探讨[J]. 中国大学教学, 2020(10): 58-61.
- [13] 管仲国, 张超峰, 阮欣. 贯通式全过程课程设计教学与质量管理体系[J]. 教育教学论坛, 2020(13): 1-3.
- [14] 李旦, 赵希文, 吴菊花. 以过程为导向的大学生创新性实验计划评价体系研究[J]. 高等工程教育研究, 2010(1): 102-105.
- [15] 陶平, 侯宇. 工程知识的建构及其教学研究[J]. 高等工程教育研究, 2016(6): 122-125, 143.
- [16] 鲁正, 上官玉奇. 基于本科生导师制的新工科人才培养探究——以同济大学土木工程学院为例[J]. 高等建筑教育, 2018, 27(2): 1-4.

## Exploration on through practice teaching chain model of bridge engineering

LIU Chao, GAO Chunsong, RUAN Xin, WU Peifeng

(School of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, P. R. China)

**Abstract:** Practical teaching is a bridge for students of bridge engineering from theoretical study to practical production. Aiming at the problems of poor coherence, low efficiency and poor effect in traditional practical teaching of bridge engineering, the bridge engineering course group of School of Civil Engineering of Tongji University explores and constructs a new model of through-learning chain for multiple practical courses on the basis of years of practice and research. The model takes demand drive, potential stimulation and innovation orientation as the core, forming a teaching idea from learning and cognition to skill training and then to solving complex engineering problems. In this teaching chain, students' course learning, virtual platform, production practice, paper research are layer through layer. Ideological and political teaching, national conditions practice, construction site, patent application, innovation and entrepreneurship are linked together, so as to improve the consistency of practical teaching of bridge engineering specialty, enrich the teaching content and improve the teaching effect.

**Key words:** practice teaching; through teaching; chain system; bridge engineering

(责任编辑 周沫)