

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2023.06.016

欢迎按以下格式引用:施洲,张莹,杨逸,等.桥梁建造专业课程教学改革探讨[J].高等建筑教育,2023,32(6):128-135.

桥梁建造专业课程教学改革探讨

施洲,张莹,杨逸,赵旭波

(西南交通大学 土木工程学院,四川 成都 610000)

摘要:桥梁施工安全与质量对建造技术的要求越来越高,桥梁建设的高质量发展需要更多一线从事桥梁建造工作的技术人才。桥梁建造作为本科土木工程专业桥梁工程方向的核心课程之一,在教学过程中存在课程内容覆盖面广、知识点分散、教学方式单一、实践环节薄弱等问题,导致教学效果差并影响学生学习专业课程的热情与积极性。结合桥梁建造专业课程建设现状,从课程知识体系优化、施工现场多媒体资源利用、现场施工信息系统与虚拟仿真平台引入等方面开展教学改革探讨,并从桥梁支架施工部分课程内容的课程设计、考核等验证了教学探索效果。结果表明:通过梳理知识点主线、突出教学重点、补充现场新技术内容等能够激发学生的学习兴趣;通过精选现场图片、以工程动画方式讲解知识点和引入施工现场视频等信息资料突出课程内容重点,借助MOOC和虚拟仿真实验平台进行课程学习和实践设计,有效提升了教学效果。就支架施工课程目标达成度情况分析表明,不仅拓宽了学生的知识面和研究视野,教师教学效果也达到了预期目标,且相关教学方法也得到了验证,可为相近课程的教学优化和改进提供参考。

关键词:桥梁建造;课程优化;教学探索;目标达成度

中图分类号:G642;U441-4 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2023)06-0128-08

桥梁建造是桥梁从规划设计蓝图到完成全部现场施工且形成实物的关键环节,也是桥梁全寿命周期内风险最高的环节之一,并直接影响桥梁的长期服役质量。近年来,桥梁在施工过程中事故频发,如天津南环临港铁路因整桥换枕作业时的不规范操作,导致桥梁垮塌而引发的铁路交通较大事故,造成8人死亡、1人重伤和5人轻伤;贵州小尖山大桥^[1]和福建厦门同安湾大桥^[2]在建造过程中也都因支架坍塌造成人员伤亡和经济损失。无独有偶,在国际上,如新加坡衔接樟宜东路和泛岛高速的高架桥部分结构坍塌、美国迈阿密一座在建天桥坍塌等^[3],层出不穷的桥梁施工事故背后,反映了施工技术人员未达到桥梁施工对技术和管理方面的严格要求。

既有桥梁的病害检测工作表明,很多病害及劣化与施工息息相关。随着我国经济的发展,桥梁

修回日期:2023-02-21

基金项目:国家重点研发计划项目(2022YFB3706702);教育部“三全育人”试点单位项目;四川省2018—2020年高等教育人才培养质量和教学改革一般项目(104-106);西南交通大学本科教育教学研究与改革一般项目(201705041)

作者简介:施洲(1979—),男,西南交通大学土木工程学院副教授,博士,主要从事桥梁关键结构及桥梁运营性能评估等研究,(E-mail) zshi1979@swjtu.edu.cn。

建设正在向大跨度、轻质等方向发展,对施工技术的要求越来越高,需要更多一线从事施工、基础理论扎实的技术人才。桥梁建造作为本科土木工程专业课程中一门实践性极强的课程,涵盖桥梁施工中各种施工技术与工艺、施工组织管理等基本知识,传授国内外桥梁施工新技术、新方法和新机具等,以培养学生的专业技能。可以说,课程的教学质量对土木工程专业学生的专业素质培养和工程实践能力提升都产生了重要影响^[4]。然而,桥梁建造课程内容庞杂、知识点分散和理论跨度大,且实践性和综合性较强,目前的课堂教学手段很难解决现存问题,尚难达到预期教学目的,课程教学改革仍需进一步深化研究。

针对专业课程课堂教学中存在内容枯燥、效果差等问题,很多教师针对教学方法、教学内容、虚拟仿真技术等展开了深入研究。教学方法方面,吴金荣^[5]采用多媒体教学与传统教学相结合、换位教学等方法来调动学生积极性;黄海东等^[6]采用逆序“3W”教学法改变传统桥梁施工课程教学模式,提升了课堂内容的真实性及趣味性;邹云峰等^[7]对案例教学法在桥梁施工课程中的运用展开讨论,显著增强了学生对课程内容的关注度,以及对专业知识的接受度。教学内容方面,2010年国家启动了“卓越工程师教育培养计划”,要求注重对复合型人才的培养,如朱劲松^[8]结合“卓越工程师教育培养计划”的三层次培养标准,对桥梁施工课程教学内容进行了调整和优化,强化了学生对课程内容的理解与掌握;朱大宇等^[9]提出加大实践教学内容,整合共享课程资源,为将卓越工程师培养计划落到实处提供参考。在现代信息技术蓬勃发展的背景下,虚拟仿真等新技术在工程领域推广迅速。唐咸远等^[10]基于互联网+、BIM技术、GNSS等新技术发展,开展相关新技术教学,促进了产学研结合;王浩等^[11]对道路桥梁工程施工课程推进虚拟仿真实验教学改革进行研究,将课程内容转换为虚拟现场,提升了教学效果。

既有相关工程施工的教学改革研究工作已经取得良好进展,在其基础上,针对桥梁建造课程教学建设现状,以提高学生的实践能力和工程应用能力为指向,分析传统课堂教学模式存在的具体问题,借助多媒体、虚拟仿真实验等工程实践平台,讨论教学方法与内容,改进教学理论与实践,并以桥梁支架施工课程教学内容为例进行验证。

一、课程教学面临的问题

(一) 课程内容覆盖面广、知识点分散

桥梁建造课程涉及的学科体系如图1所示。从课程所需学科理论基础来看,桥梁建造涉及结构力学、材料力学、岩土力学等学科;从专业学科发展角度来看,桥梁建造涉及桥梁工程、基础工程等学科。在各类桥梁建造工艺中,桥梁建造还涉及相邻学科如工程地质、施工机械等课程。可见,桥梁建造是一门多学科交叉融合、理论跨度大、综合性强的课程,具有内容涉及面广、知识点分散等特征。对于基础薄弱的学生而言,存在专业基础知识补缺或整合的困难,易降低其学习的兴趣与积极性。

工程施工的实践性,需要桥梁建造进行结构检测和试验,这要求学生具有较好的动手能力。一方面,学生欠缺试验等实践性强的内容锻炼,易失去学习动力;另一方面,在课程教学中,教师难以在课堂上全面、系统地展示工程实践细节,导致教学效果不高。此外,桥梁建造还涉及设计规范、施工规范及指南等要求,其背后的理论及工程经验等难以被详细指出,降低了学生对知识点的接受及理解能力。结合桥梁工程实践,桥梁的跨径、桥型、细部构造等因所处桥址环境、建造要求不同而存在差异,且随着施工技术的发展,不同桥型、不同构件的施工方法日趋多样化,涉及的施工方法和知识点越来越多,且较为分散,都加大了课程教学的难点。

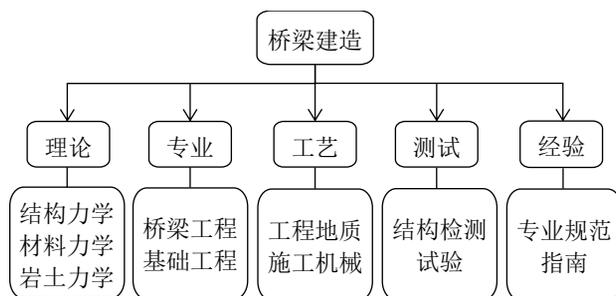


图1 桥梁建造课程学科体系

(二) 课程教学方式设置不合理

桥梁建造课程是一门理论与工艺实践紧密结合的课程,但限于现实条件,大部分高校教学仍以教室内理论介绍为主,现场实践教学极少。桥梁建造课程内容中涉及施工工艺的周期普遍较长,长达数月甚至数年,导致学生实习时只能了解到某些时刻的工况,很难知悉施工全过程。如在教学桥梁悬臂施工法时,由于悬臂施工工期长约1-2年,在校企学习实践时都无法实现施工全过程认识,学生只能通过教师课堂上的图片、动画、视频等课程资料,结合自身三维想象力对课程进行理解,常处于被动接受知识的状态,总体学习效果并不好。此外,悬臂等施工方法的各工序间环环相扣、紧密连接,各工序间又有可替代方案,教学内容错综复杂,仅靠教师单向对学生灌输知识,则容易出现对施工环节理解的偏差、漏听和错听等问题,难以较好地理解相关知识,增加了学习难度。

桥梁建造课程设有不同工序结构和施工方法的教学内容,基于当前遵循厚基础、宽口径的教学理念,拓宽了课程知识面,压缩了各知识点讲授的课时^[12]。然而,当前教学方式相对简单和枯燥,尽管强化了学生机械式记忆,但难以激发学生的主观能动性和学习兴趣。此外,相比施工现场技术与机具的不断发展,教材内容更新相对较慢,前沿施工技术教学也仅限于部分课件,不利于学生课前预习和课后复习。总之,当前教学方法实践上还存在多方面受限,使学生难以将理论与实践相结合,存在对专业知识一知半解的情况,无法满足毕业后桥梁建造工程对施工技术人才的需要。

(三) 课程实践环节的局限

课程实践环节,一般会安排学生前往工地进行实习,现场了解桥梁施工过程。由于桥梁项目工期普遍较长,现场实习时间相对较短,导致无法跟进每个施工阶段,更不能覆盖不同桥型和施工工艺,即课程与实践无法同步。如在安排现场实习时,工地正在进行下部基础施工的基坑开挖,学生仅能接触到该阶段的部分项工程施工,无法全面了解把握整个项目的施工过程和各道工序。另外,实习学生人数众多,难以精细化管理,加上工地现场的高危险性,致使实习时间过短、频次低,学生无法真正融入工程实践,对桥梁施工工艺缺乏直观认识。在此条件下,学生现场实习对工程认识具有偶然性,碎片化的知识不利于学生形成整体学习框架;课程实践环节严重薄弱、效果低,难以形成从理论到实践、再从实践到理论的全过程教学模式。

二、课程教学探讨

基于桥梁建造课程教学现状,从课程体系优化、知识点分类归纳、多媒体资源应用、施工现场信息及虚拟仿真平台使用等方面进行课程教学改进讨论。

(一) 课程体系优化及知识点分类归纳

基于桥梁建造课程内容覆盖面广、知识点分散的特点,对知识结构体系进行优化处理,将课程内容分为绪论、施工设备与基本作业、基础施工、墩台塔施工、支架施工、悬臂施工、大件转移施工、BIM信息化施工、施工控制等部分,各部分选取最为代表性的工艺流程作为主体内容进行教学。以

悬臂施工为例,理顺其每道工序间的主要关系,准确选择各工序所用到的材料、机具、施工方法及施工组织,对繁杂内容进行简化和取舍,指出实际悬臂施工中的运作原理、所需的共性设备(如挂篮)和基础工艺流程(如挂篮前移、浇筑混凝土、张拉预应力),以及悬臂施工的内力变化情况等重点教学内容。对悬臂施工等工艺的发展历程、挂篮种类等内容进行简化教学,组合相似或相近的施工方法等内容,减少学生学习难度。此外,补充如组合式异步施工挂篮等悬臂施工的新技术、新工艺、新材料等知识点,帮助学生开拓知识面、激发学习兴趣和培养创新意识。

(二) 多媒体资源课件设备的应用

鉴于实习等工程实践的局限性和教材内容准确表述的困难,充分利用新技术设备在课堂上展示尤为必要。如图 2-3 所示,在课件 PPT 中加入典型的施工机械设备、操作过程和施工结构实物等现场图片,以精简的施工动画及实际施工视频给学生最直观的感受和感性认知。目前来看,对实际工程案例等多媒体资源的应用是解决课程教学呆板、枯燥等问题的主要手段。

除了线下课堂的改进,线上资源也应充分利用。MOOC 是目前最具有影响力的在线开放课程平台^[13],具有控制视频播放速度、随时暂停和回放等视频功能,可以满足学生查漏补缺及个体差异化的学习需求。借助 MOOC 平台丰富的教学资源,学生随时随地可以利用课余时间进行课程预习和复习。



图 2 现场图片

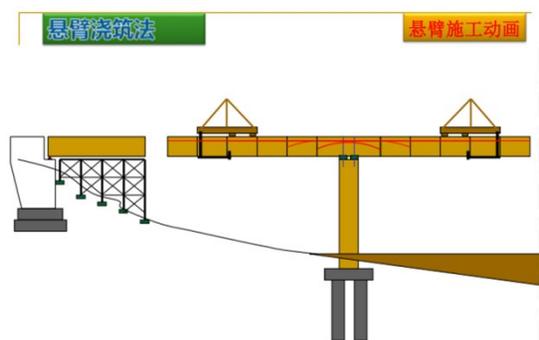


图 3 工程动画

(三) 施工信息系统与虚拟仿真平台的引入

虽然深入施工现场教学能够事半功倍,但是由于多种现实因素的约束,无法实现全课程现场教学。随着信息技术的发展,施工现场信息化平台如实时监控系、BIM 信息系统等得到越来越广泛应用,当前施工现场的视频、图片、关键工序等记录资料,以及相关新材料、新技术、新工艺等现场应

练习结束后系统会根据学生的操作给出评分,方便学生找出问题并及时改正,进而加深学生的理解,锻炼学生的实际工程技术应用能力。



图6 支架垮塌事故

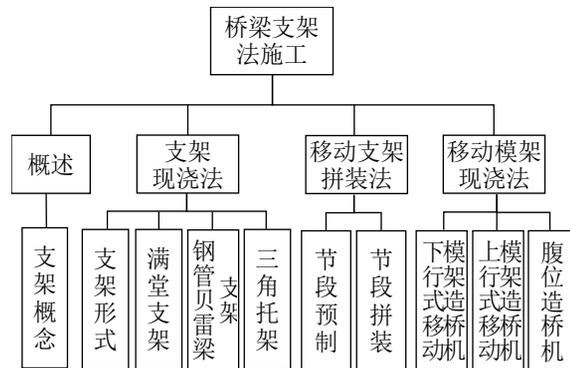
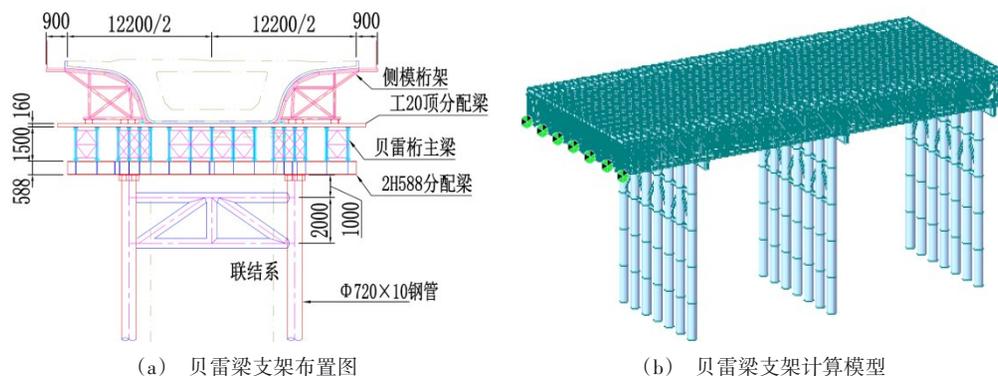


图7 桥梁支架法知识点

课程设计。课程设计能够系统锻炼学生对支架施工的理解、分析计算能力及创新性,培养学生解决实际问题的能力。在该部分课程结束后,可布置简支梁支架设计的课程任务,以多跨简支梁案例为对象,根据支架特点让学生进行支架结构设计、支架计算分析、预算成本等,并论证不同施工方案的优缺点及其合理性,最后完成相应的图纸绘制(图8)。



(a) 贝雷梁支架布置图

(b) 贝雷梁支架计算模型

图8 课设成果

(二) 教学效果分析

本次课程教学实施于2021—2022学年,授课对象为土木工程专业学生,共计38人。为检验桥梁支架施工课程中相关内容的教学效果,通过线上线下的课堂表现和考试,以及课程设计对教学目标达成度情况^[15]进行分析,共设置以下6个课程目标(表1)。各课程目标的评价值为:

$$c_i = \frac{B_{1i} \times P_{1i} + B_{2i} \times P_{2i} + D_i \times K_i}{\alpha_i} \quad (1)$$

式中, $i=1-6$ 。其中, B_{1i} 为平时成绩的评价依据; B_{2i} 为课程设计的评价依据; D_i 为考试的评价依据; α_i 为成绩比例; P_{1i} 为平时成绩的平均成绩; P_{2i} 为课程设计的平均成绩; K_i 为课程设计的平均成绩。各课程目标的达成度见表1。

由表1可见,课程目标最高达成度为0.896,最低达成度为0.864。课程目标总体达成度 $C = \sum c_i \times \alpha_i$, $C = 0.05c_1 + 0.10c_2 + 0.15c_3 + 0.20c_4 + 0.25c_5 + 0.25c_6 = 0.879$,总体达成情况较好。课程目标1-6达成度均大于预期的0.80,各目标达成度差距不大,达成情况较均衡。其中,课程目标5的达成度为0.864,为最低值,应进一步加强课程目标5的教学,即加强不同支架施工方法的对比分析。

表1 课程目标及成绩比例表

序号	课程目标	评价依据%				平均成绩			达成度 (C)
		考察(B)		考试 (D)	成绩 比例 (α)%	考察(P)		考试 (K)	
		平时 成绩	课程 设计			平时 成绩	课程 设计		
1	了解支架施工的概念及发展历程和现状,明白支架施工的重要性	2	1	2	5	92	83	90	0.894
2	了解扣件式钢管脚手架、碗扣式钢管脚手架等支架形式的工艺及质量要求,区识别各种支架类型	3	2	5	10	90	86	86	0.872
3	掌握各支架形式的优缺点及在工程中的应用比较	3	4	8	15	77	89	93	0.887
4	熟悉桥梁支架法施工的三种方法,掌握设计计算要点和施工技术要点,掌握支架坍塌的常见问题	2	8	10	20	89	93	87	0.896
5	熟悉几种支架施工方法的优缺点,能够对比优劣在不同工程背景中选择合适的方法	5	10	10	25	86	92	81	0.864
6	能综合运用材料、设计计算、支架施工方法和规范等完成桥梁支架施工设计,并对难点问题进行分析	5	10	10	25	85	90	86	0.874
总计		20	35	45	100				

通过桥梁支架施工课程内容分析发现,在突破传统课堂教学后,学生学习效果得到显著提升,并拓宽了知识面和研究视野。通过利用虚拟仿真实验、完善课程内容和改进教学方式,加深了学生对工程实践的感性认识,使学生对桥梁施工的印象不再停留于表层,提高了学生学习的主动性和积极性,教学效果也可达到预期目标。另外,相关教学方法也得到初步验证,可为相近课程教学的优化和改进提供参考。

四、结语

桥梁建造因其课程的特殊性,存在课程多学科交叉、内容覆盖面广、知识点分散等特点;在教学中受现实条件约束,存在课程教学方法单一、课时少、内容滞后、实践环节薄弱等现实困难。针对教学现状,梳理课程典型知识,突出实际施工项目中的工程原理与共性设备、基础工艺流程、受力变化等内容,并将其作为教学重点,拓宽学生认知范围。针对桥梁支架施工课程内容,精准把握相关知识点,利用多媒体资源,通过展示现场图片和视频、施工动画及实际工程案例对学生进行知识点讲解;通过MOOC平台要求学生进行课程章节的预习和复习,以及师生交流互动,并借助虚拟仿真实验平台,将抽象内容进行三维可视化,有效提升了教学效果和学生解决实际工程问题的能力。支架施工课程教学目标达成情况表明:学生显著提升了学习效果,拓宽了知识面和学术视野,提高了学生学习的主动性和积极性;教学效果基本达到预期目标,相关教学方法也得到初步验证,可为相近课程教学优化和改进提供参考。

参考文献:

- [1] 郑元勋,郭慧吉,谢宁. 基于统计分析的桥梁坍塌事故原因剖析及预防措施研究[J]. 中外公路,2017,37(6): 125-133.
- [2] 蔡唐涛,贾彦武. 桥梁倒塌事故问题分析[J]. 筑路机械与施工机械化,2018,35(5)180-184.
- [3] 王枫,吴华勇,赵荣欣. 国内外近三年桥梁坍塌事故原因与经验教训[J]. 城市道桥与防洪,2020(7):73-76.

- [4] 李钧,沈义. 道路桥梁工程施工课程教学创新——评《道路工程施工》[J]. 工业建筑,2020,50(7):209-209.
- [5] 吴金荣. 桥梁施工课程教学改革研究[J]. 高等建筑教育,2008,17(2):80-81,85.
- [6] 黄海东,巫祖烈. 桥梁施工及组织管理课程教学方法探讨[J]. 高等建筑教育,2010,19(3):67-70.
- [7] 邹云峰,何旭辉,蔡陈之. 案例教学法在桥梁施工课程中的运用[J]. 科教导刊,2022(8):107-109.
- [8] 朱劲松. 面向卓越工程师培养的桥梁施工课程教学改革与实践[J]. 高等建筑教育,2012,21(3):71-75.
- [9] 朱大宇,徐伟,韩兵康. 立足卓越工程师实践能力培养的土木工程施工课程建设[J]. 教育教学论坛,2019(15):74-75.
- [10] 唐咸远,廖玲. 新工科背景下高新技术在桥梁施工课程教学改革中的应用[J]. 教育现代化,2019,6(27):148-151.
- [11] 王浩,王莉莉,危胜. 道路桥梁工程施工课程虚拟仿真实验教学资源建设研究[J]. 林区教学,2018(5):23-25.
- [12] 胡晓依,徐伟,席永慧. 基于卓越工程师培养目标的土木工程施工课程教学探讨[J]. 高等建筑教育,2018,27(2):52-56.
- [13] 张策,徐晓飞,初佃辉,等. 高校工程教育改革趋向及思考——统筹MOOC教学与新工科建设[J]. 中国高校科技,2020(11):64-68.
- [14] 张亚南,文福安. 基于虚拟仿真实验系统的自主学习研究[J]. 中国教育信息化,2018(6):93-96.
- [15] 解芳,朱磊,林红旗,等. 专业认证驱动下《机械原理》课程目标达成度评价策略及应用[J]. 价值工程,2018,37(18):293-295.

Discussion on teaching improvement of bridge construction undergraduate course

SHI Zhou, ZHANG Ying, YANG Yi, ZHAO Xupo

(School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610000, P. R. China)

Abstract: The requirements of bridge construction safety and quality on construction technology are getting higher and higher, and the development of bridge construction needs more technical talents engaged in bridge construction. Bridge construction is one of the core courses in the bridge engineering direction for undergraduate civil engineering. However, in the teaching process, it is faced with such problems as wide coverage of course content, scattered knowledge points, single teaching methods and weak practices, which can easily lead to poor teaching effect and depressing students' enthusiasm in learning professional courses. In view of the corresponding problems, the teaching improvements are discussed on the optimization of the curriculum knowledge system, the utilization of the construction site multimedia resources, and the introduction of the site construction information system and the virtual simulation platform. The corresponding teaching exploration effect is verified based on the curriculum design and examination of the bridge support construction part of the course. The results show that students' interest can be stimulated by combing the main knowledge points, highlighting the teaching key points and supplementing the new technology on site. Through on-site pictures selecting, knowledge points explaining by engineering animation, and construction site videos and other information materials introducing, the key points of the course content are strengthened. Course learning and practice design through MOOC and virtual simulation experiment platform effectively improve the teaching effect. The analysis of the course objectives achievement degree of the bridge support construction course indicates that the students have expanded their knowledge and vision, the teaching effect has reached the expected goal, and the relevant teaching methods have been verified, which provides a reference for the optimization and improvement of similar courses.

Key words: bridge construction; curriculum optimization; teaching exploration; degree of goal attainment

(责任编辑 崔守奎)