

新工科背景下的后基建时代桥梁健康监测课程教学改革与实践

姜言^{1,2} 刘烁宇^{1*} 辛景舟²

1. 西南大学工程技术学院; 2. 重庆交通大学土木学院

摘要: 随着新工科教育的推进和后基建时代的到来, 桥梁工程领域对专业人才的培养提出了新的要求。本文以桥梁健康监测课程为研究对象, 探讨在新工科背景下, 面向后基建时代大量已有桥梁的检测、评估和维护需求, 进行教学改革的必要性和实施策略。通过背景需求分析、教学内容更新、教学方法创新、实践教学加强、跨学科融合和评价机制改革等方面的研究, 提出了一套系统的改革方案, 旨在优化学生的理论知识储备, 提高实践能力和创新思维, 以应对未来大批量桥梁维护工作的挑战。

关键词: 新工科教育; 桥梁健康监测; 教学改革; 后基建时代

引言

“新工科”强调新理念、新结构、新模式、新质量、新体系, 是新时代对高等教育发展的必然要求^[1]。其培养目标从“学科导向”转为“以产业需求为导向”, 从传统的知识型、研究型人才转向重能力的应用型新工科人才。同时, 在我国基础设施建设高速发展30余年后, 国家进入了后基建时代, 产业需求逐步从大批量新建转为了对现有设施的维护运营, 桥梁的检测、评估和维护需求日益增长^[2]。在此背景下, 桥梁健康监测课程的教学改革显得尤为重要。

一、桥梁健康监测课程体系教学改革新需求

(一) 理论知识的拓展

新工科背景下的课程体系和教学内容需要结合行业现状更新, 以反映产业和技术的最新发展^[3,4]。当前, 我国已进入后基建时代, 新建桥梁项目及其设计施工任务逐步减少, 而现存大量桥梁已步入老年阶段, 通过监测、检测以及评估技术保障桥梁安全性及正常使用性能, 成为我国桥梁工程行业未来的核心任务^[5]。然而, 当前本科阶段桥梁健康监测课程主要以讲授监测原理和设备使用为主, 对桥梁病害机理、耐久性评估、大数据分析以及智能预警等理论知识只有简略介绍, 更缺乏对实际工程案例的深入剖析。因此, 结合新工科理念以及桥梁工程行业未来发展方向, 桥梁健康监测课程体系在理论知识方面需要向桥梁运维方向进一

步拓展。

(二) 实践能力与创新思维的培养

新工科教育着重于培养学生的创新设计、建造、运行和服务能力, 通过案例教学、项目式教学等研究性教学方法, 提升学生解决复杂工程问题的能力, 培养学生的实践能力与创新思维^[6]。后基建时代主要以少量高规格大型项目以及大量的老旧桥梁检测评估任务为主, 可供学生在施工现场试错和积累经验的机会将减少, 且更强调智能化和高效率。因此, 学生的实践能力和创新思维是走上工作岗位必不可少的能量。而桥梁健康监测课程作为桥梁工程专业的核心课程, 大部分高校主要以讲授为主, 实验教学内容一般局限于传感器安装与数据读取, 缺少动手设计监测方案的机会。因此, 如何在经费有限的条件下, 借助虚拟仿真技术, 创新课堂教学, 让学生动手实践, 培养创新思维, 是桥梁健康监测课程体系教学改革的重要需求。

(三) 跨学科融合与国际视野扩展

新工科强调跨学科的知识和技能整合, 以适应快速变化的技术和产业需求^[7]。这意味着学生需要掌握不仅仅局限于其专业领域内的知识, 而是要对相关学科有广泛的理解, 能够在不同学科之间建立联系。同时, 随着“一带一路”倡议的推进, 国内桥梁工程技术向外输出已经开始, 将来从事桥梁行业的技术人员部分将在国外工作, 开拓国际视野更有利于增加工作就业

基金项目: 教育部产学研合作协同育人项目(231007716311807, 231007716290010); 重庆市研究生教育教学改革研究项目(YJG233030); 西南大学教育教学改革研究项目(2024JY004)。

作者简介: 姜言(1988—), 男, 博士研究生, 副教授, 研究方向为工程结构防灾减灾, E-mail: xnjtjiangyan@163.com;
辛景舟(1989—), 男, 博士研究生, 教授, 研究方向为桥梁健康监测, 1049753252@qq.com;

通讯作者: 刘烁宇(1988—), 男, 博士研究生, 讲师, 研究方向为工程结构防灾减灾, E-mail: 715562965@qq.com。

机会。而作为桥梁工程的核心课程,桥梁健康监测课程体系还较为封闭,在理论体系和课堂讲授中缺少与其他关联学科的解释和自学方法介绍,例如大数据分析、人工智能以及物联网技术等^[8]。同时,当前桥梁健康监测课程教学缺少对国外相关行业以及国情的跨学科学习,不利于学生国际视野的扩展。因此,跨学科融合与扩展国际视野是桥梁健康监测课程体系改革需要关注的重点之一。

二、桥梁健康监测课程体系教学改革目标

(一) 教学内容更新

1. 在总学时基本保持不变的条件下,调整现有教学内容的重难点分布,引入桥梁结构健康监测的新技术、新方法,如基于物联网的远程监测、大数据分析在桥梁评估中的应用等,提高学生对桥梁运维的认识,为进一步深入学习桥梁运维技术打好理论基础。

2. 结合实际工程案例,增加对传感设备布设、数据采集与传输、状态预警与评估等方面的讲解,通过模拟实训和虚拟仿真手段增强学生对系统性监测流程的理解,并适当介绍人工智能、数字孪生等前沿技术在桥梁运维中的发展动态,引导学生把握行业技术趋势,提升综合应用能力与实践创新能力。

(二) 教学方法创新

1. 在理论讲授和实验演示的基础上,丰富教学方法,如采用案例教学、翻转课堂、项目式学习等,提高学生对专业课的兴趣和对后基建时代桥梁工程行业的信心,提升学生的学习效率和专注度,让学生有更强的参与感。

2. 积极引入虚拟仿真、分组研讨、角色扮演等互动式教学手段,鼓励学生围绕实际工程问题开展协作探究与方案设计,并通过过程性考核与形成性评价相结合的方式全面评估学生的知识掌握程度与综合能力水平。

3. 同时邀请行业专家参与线上或线下教学,分享工程实践经验与技术前沿动态,推动校企协同育人,有效锻炼学生的工程思维、创新意识和解决复杂问题的能力。

(三) 实践教学强化

1. 通过加强实践教学,如建立校外实践教学基地、引入虚拟仿真实验、开展项目式学习等,提高学生的动手能力和实践能力,培养学生的团队协作能力和工程实践能力和创新思维。

2. 依托校企合作平台组织学生参与桥梁检测、监测数据解读与病害分析等实战项目,并利用BIM、数字孪生等数字化工具构建虚拟实训环境模拟典型运维

场景,使学生在解决实际问题的过程中深化理论认知、掌握现代技术工具的应用方法。

3. 完善以能力为导向的实践考核评价体系,强化过程管理与成果反馈,全面提升学生的工程素养、职业适应力与技术创新能力,实现人才培养与行业需求的紧密对接。

(四) 跨学科融合

1. 通过跨学科融合,打破桥梁健康监测课程与新技术新方法之间的理论壁垒,建立不同学科之间的桥梁,为未来处理实际复杂问题储备充足的技术理论方法,同时通过对国外相关行业以及国情的跨学科学习,开阔学生的国际视野和就业机会。

2. 在跨学科融合的教学模式下,桥梁健康监测课程将不再局限于传统的结构力学、材料科学等单一学科知识,而是与信息技术、人工智能、大数据分析等前沿科技紧密结合。学生将学习如何利用传感器网络实时采集桥梁结构数据,通过云计算平台进行高效处理与分析,运用机器学习算法预测桥梁的健康状态及潜在风险,从而实现桥梁健康监测的智能化与精准化。

3. 通过设置跨学科的综合实践项目,引导学生运用多学科知识解决桥梁健康监测中的实际问题,激发他们的探索精神和创造力。这种以问题为导向的学习方式,将有助于学生形成独立思考、勇于创新的良好思维习惯。

(五) 评价机制优化

1. 设立实验操作、项目设计、案例分析等实践环节,让学生在真实或模拟的工作场景中应用所学知识,解决实际问题。通过观察学生在实践中的表现,评估其动手能力、问题解决能力和团队协作能力。

2. 要求学生完成与桥梁健康监测相关的研究项目或课程设计,并提交详细的报告。随后,组织专家进行答辩评审,重点考查学生对项目背景的理解、研究方法的科学性、数据分析的准确性以及结论的合理性,以此评价学生的研究能力和学术素养。

3. 鼓励学生之间进行相互评价,通过小组讨论、同伴反馈等形式,促进学生之间的交流与学习,同时培养学生的批判性思维和客观评价能力。此外,引导学生进行自我反思,撰写学习日志或总结报告,反思学习过程中的得与失,促进自我成长。

4. 在评价体系中增设创新项目或创意设计环节,鼓励学生提出新颖的观点、方法或解决方案,评估其创新思维和创造力。同时,通过行业前沿讲座、研讨会等形式,引导学生关注桥梁健康监测领域的最新动态和技术趋势,考察其对行业未来需求关键技术与基

基础理论课程之间关系的认识程度。

5. 将上述各项评价结果综合起来,形成对学生全面、客观的评价报告。同时,建立及时有效的反馈机制,将评价结果及时反馈给学生,帮助他们明确自身优势与不足,制定个性化的学习计划和 development 路径。

三、桥梁健康监测课程教学改革措施

(一) 优化教学内容

1. 减少桥梁监测原理和设备使用的课时安排,增加桥梁病害机理、耐久性评估、大数据分析以及智能预警等涉及桥梁运维微观工作机理的课时。

2. 将基于物联网的远程监测、大数据分析在桥梁评估中的应用、人工智能在桥梁损伤识别中的研究等新技术新方法引入到桥梁健康监测课程体系中,并解释传统理论知识与引入新技术的结合点。

3. 引入桥梁工程行业最新科研成果和规范,如最新的桥梁健康监测系统标准、智能评估算法等,及时更新教学内容,鼓励学生关注行业动态,了解技术发展和应用趋势。

(二) 创新教学方法

1. 结合实际桥梁检测评估案例,如某大型桥梁的涡激共振事件监测与评估,进行案例教学,引导学生分析案例中的关键问题,培养他们的分析问题和解决问题的能力。

2. 将传统课堂讲授的内容通过视频、PPT 等形式提前发布给学生,课堂上主要进行讨论、交流和答疑,如针对某桥梁健康监测系统的异常数据问题,组织学生进行小组讨论,提出解决方案,提高学生的参与度和学习效果。

3. 借助多媒体、虚拟现实等现代教学手段,模拟桥梁健康监测施工现场环境,如通过 VR 技术让学生身临其境地体验桥梁监测设备的安装与调试过程,提高学生的学习兴趣 and 参与度。

(三) 加强实践教学

1. 联系桥梁检测、评估和维护企业,建立校外实践教学基地,为学生提供实习实训机会,让学生可以参与真实的桥梁检测评估项目,了解行业规范和技术要求。

2. 将虚拟仿真技术引入到实验课堂中,如开发桥梁健康监测虚拟仿真实验平台,让学生通过模拟操作,了解监测系统的搭建与数据采集过程,同时增设与桥梁运维相关的实验,如桥梁结构损伤识别虚拟实验、大数据分析在桥梁评估中的虚拟应用等。

3. 结合桥梁维护中的实际问题,如某老旧桥梁的加固前健康评估项目,开展项目式教学,让学生参与

监测方案制定、数据采集与分析、评估报告撰写等全过程,培养他们的工程实践能力和创新思维。

(四) 跨学科融合

1. 介绍非本专业学科:在课堂讲授中介绍桥梁健康监测所涉及的非本专业学科,如大数据分析、人工智能、物联网技术等,并鼓励学生选择相应的选修课,拓宽知识面。

2. 在课堂理论讲解中增加实际复杂问题案例,如某跨海大桥的健康监测与智能评估项目,通过案例分析解释桥梁健康监测基础理论与非本专业新技术之间的结合点和综合应用方法,培养学生的跨学科思维。

3. 介绍“一带一路”沿线国家的桥梁工程国情以及相应的行业规范,鼓励学生学习相应的政策法规以及外语选修课,如学习国际桥梁监测标准、英文技术报告撰写等,扩展学生的国际视野和就业机会。

(五) 完善评价体系

1. 建立多元化评价体系,采用课堂表现、实验报告、课程设计、项目实践、专家指导、企业评价等多种方式,全面评价学生的学习成果和综合能力,如邀请桥梁检测企业的工程师参与学生的课程设计评价,从实际应用角度提出改进建议。

2. 关注学生在学习过程中的表现和进步,如通过课堂讨论参与度、实验操作规范性、项目进展情况等方面进行过程评价,及时给予反馈和指导,激发学生的学习兴趣 and 积极性,促进他们的全面发展。

四、教学改革的评估

(一) 学生反馈收集

通过问卷调查、座谈会等方式收集学生对教学改革的反馈意见,了解他们的学习体验和学习成果。分析学生对教学内容、教学方法、实践教学等方面的满意度和建议,如学生对案例教学的满意度、对虚拟仿真实验的兴趣度等,为教学改革的进一步优化提供依据。

(二) 学业成绩对比

对比教学改革前后的学生学业成绩,包括考试成绩、实验报告成绩、课程设计成绩等。分析学业成绩的变化趋势,如学生是否在引入新技术新方法后对桥梁健康监测的理解更加深入,在项目式学习中是否能够更好地应用所学知识解决实际问题,评估教学改革对学生学习成果的影响。

(三) 毕业生就业情况跟踪

跟踪毕业生的就业情况,了解他们在桥梁工程行业的就业竞争力和职业发展情况。通过用人单位的反馈和毕业生的自我评价,如毕业生在实际工作中是否

能够快速适应桥梁健康监测岗位的要求,是否具备解决复杂工程问题的能力等,评估教学改革对学生就业竞争力的提升作用。

(四) 专家评估

邀请行业专家和教学专家对教学改革进行评估,了解他们对教学内容、教学方法、实践教学等方面的意见。根据专家的评估结果,如专家对引入新技术新方法的认可度、对项目式学习的实施效果评价等,对教学改革进行进一步的优化和完善。

五、结论与展望

在新工科背景下,面向桥梁运维需求的桥梁健康监测课程教学改革具有重要意义。通过优化课程体系、强化实践教学、改革教学方法和建立多元化评价体系等措施,可以培养学生的工程实践能力、创新思维和跨学科综合能力,为我国后基建时代的发展提供有力的人才支撑。然而,教学改革是一个持续的过程,需要不断探索和实践。未来将继续深化教学改革实践,探索更多有效的教学方法和手段,如进一步开发虚拟仿真实验资源、加强与企业的深度合作、引入国际先进教学理念等,以适应行业发展的变化和挑战,为我国桥梁工程行业培养更多高素质的创新型人才。

参考文献:

- [1] 艾心荧,刘俊峰,田管凤,等.新工科背景下土木工程专业建筑工业化课程群建设研究与实践[J].高教学刊,2022,8(16):80-83.
- [2] 任振华,曾宪桃.“新工科”背景下应用型大学土木工程专业人才培养的改革与探索[J].西部素质教育,2017,3(17):1-3.
- [3] 汤永净,管林波,吴竞,等.新工科背景下应用型高校课程改革探讨—以混凝土结构基本原理课程为例[J].高等建筑教育,2022,31(4):24-30.
- [4] 周建河.浅谈房屋结构安全性检测鉴定与加固技术[J].中国住宅设施,2024(9):67-69.
- [5] 章晗灵.基于超高性能混凝土的桥梁加固技术研究[J].工程建设与设计,2024(17):216-219.
- [6] 王承鑫,徐龙军,张天伟.“新工科”背景下实验教学改革的探讨[J].高等建筑教育,2019,28(2):101-105.
- [7] 操礼林,陆春华,崔钊玮,等.新工科背景下混凝土结构课程群育教融合探索与实践[J].科教文汇,2023(3):95-98.
- [8] 黄家聪,赖月漂.新工科视域下多维度递进式“桥梁工程”课程改革与实践探索[J].科技风,2025(3):45-47.