

城市基础设施维护管理国际化教学改革

——人工智能赋能的路径与实践

钟坤^{1, 2} 李圣^{1, 2} 宋波^{1, 2}

1. 北京科技大学; 2. 强震区轨道交通工程抗震研究北京市国际科技合作基地

摘要: 城市基础设施（如桥梁、管网、道路等）的维护管理是土木工程专业教学的核心内容。在新型城镇化加速、智慧运维技术普及及城市安全韧性要求提升的背景下，该领域面临既有设施老旧化、新建设施复杂化、运维要求精细化的多重挑战，而人工智能技术为其提供了预测性维护、智能监测等创新解决方案。本文聚焦该领域国际化教学改革，以北京科技大学“城市基础设施建设的维护管理”教学实践为核心，构建“AI技术应用+跨学科培养”的教改体系。通过重构课程内容、创新实践模式、强化师资素养，融入国际，培养兼具AI工具应用能力与工程问题解决能力的复合型人才，为城市基础设施智慧化维护提供教育支撑。

关键词: 人工智能；国际化；城市基础设施维护管理教育；课程重构；实践创新

一、引言

2025年中共中央城市工作会议明确提出建设宜居、韧性、智慧城市的战略部署，为新时代城市治理现代化指明方向；国家数据局《城市全域数字化转型意见》进一步要求，到2027年构建“空天地一体化”智能监测体系，推动人工智能在城市基础设施维护检测中的规模化应用，实现从“被动响应”到“主动预警”的治理模式变革，这与欧盟《2030数字指南针》中“智能技术赋能基础设施韧性”的目标形成全球呼应。

城市基础设施作为社会运转的“生命线”，其维护管理水平直接关乎民生福祉与城市韧性。当前，我国超60%的桥梁、管网等进入中高龄服役阶段，这一问题在全球具有共性，各国均面临结构老化、荷载激增、灾害风险加剧等挑战，传统人工巡检模式已难满足“精细化、智能化、前瞻化”需求。

与此同时，人工智能技术成为实现可持续基础设施目标的破局关键。新加坡“虚拟新加坡”通过数字孪生模拟灾害影响优化运维，欧盟借助AI解析多源数据实现管网主动预警；我国则在卫星遥感巡检、结构数据诊断等领域突破，AI可快速处理海量应力与环境数据识别微小损伤，数字孪生平台更能模拟工况优化方案，夯实城市“生命线”安全底座，为联合国可持续发展目标中“城市韧性建设”提供实践样本。城市

建议韧性框架如图1所示

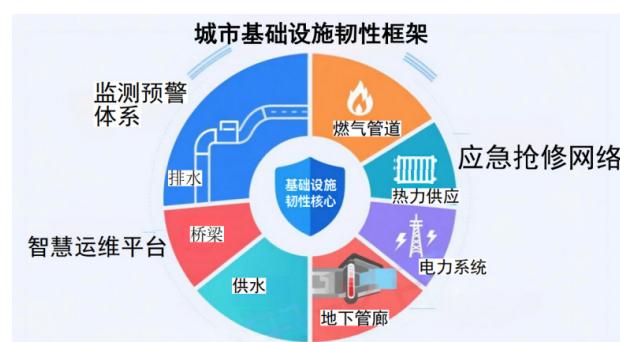


图1 城市基础设施韧性框架

目前国内外的专家、学者对AI应用于土木工程国际化教学的可行性和效果进行了各种研究。Zhe Zhu等^[1]利用人工智能技术构建研究生教育可持续发展模式；Huan Jin等^[2]通过教学实践，验证了AI赋能混凝土结构课程中项目式混合式学习模式的可行性和有效性。Habib Ur Rahiman等^[3]发现AI实施改进了评估方法、提高了教师投入度，感知风险能力。Ros & Balt à Salvador等^[4]实证AI对工程学生创造性思维的影响，提AI工具整合建议。段熹等^[5]将“AI+论著查询”模式应用于土木工程施工教学，可提升学习效率、强化概念理解。聂红鑫等^[6]探索生成式AI在土木工程人机协同课堂教学的应用，发现生成式AI可有效提升教学效率与学生参与度。付珍珍^[7]分析人

基金项目: 国家科技部外国专家项目（H20250273）、北京科技大学研究生教育教学改革项目（2025JGC001）、鼎新北科学院国际化平台建设项目、北京科技大学来华留学发展项目（LHFZ02）。

作者简介: 钟坤（2001—），男，北京科技大学未来城市学院，土木工程在读硕士，研究方向为城市基础设施（桥梁、港湾、电力设施等）的抗震及减灾。

人工智能与土木工程专业交叉应用的可行性,提出推动AI与土木工程专业深度融合。周仁战等^[8]通过构建融合AI技术的知识体系,形成多维度联动培养模式,提升学生工程实践与创新能力。邢国起等^[9]指出AI可解决传统教学痛点,未来将推动土木教学模式智能化转型。梁伟^[10]探讨AI在土木工程专业教育的应用,借助VR技术,提升教与学的互动性及教学效率。宋波^[11]对土木工程人才培养机制的突破性创新,为同类领域的国际化人才培养提供了重要参考。Zhongliang Zou^[12]等通过人工智能与砌体结构检测应用,发现人工智能可提高砌体结构损伤检测效率。

人工智能教育的滞后性使现有课程体系侧重传统维护技术,缺乏AI与基础设施交叉融合的内容,导致人才能力与产业需求脱节。对此北京科技大学防灾减灾梯队在土木工程学科中通过“国际前沿引入+跨学科融合”实现内容动态更新。依托与日本神户大学、横滨国立大学等长期合作,将地震工程AI监测、生命线工程智能诊断等国际前沿技术转化为教学内容,宋波教授主持的《生命线工程防灾》示范课程,系统融入机器学习裂缝识别算法、LSTM结构退化预测等前沿内容和教学案例,形成“算法原理—工程适配—误差分析”的逻辑链条,进一步实现人工智能与城市基建维护教育的深度融合。

二、人工智能时代土木工程课程教学体系结合现状

新时期土木工程从大规模基建向精细化维护转型,维护领域人才需求激增,而教育体系与产业实践的脱节成为技术落地的关键瓶颈:传统土木课程中智能技术碎片化,缺乏“AI+维护”系统融合;实践教学局限于传统病害识别,难覆盖机器学习、物联网传感等前沿工具实操;师资AI素养与跨学科能力不足,导致学生难理解算法工程适配逻辑、难将技术嵌入真实维护场景,如图2所示。这种“人才供给与激增的智能运维需求”错配,既无法支撑土木维护转型,更制约城市基础设施智能运维潜力释放。

问题溯源—矛盾表现



图2 当前教育体系的矛盾

本文立足土木工程与人工智能的交叉融合,以

“课程重构—实践创新—师资升级—国际协同”为核心框架,系统阐述如何通过教育改革破解人才培养痛点,培养既掌握结构工程专业知识,又具备智能监测、算法应用、数据驱动决策能力的新时代维护管理人才,为提升城市基础设施的安全韧性与运维效能提供智力支撑与实践范式。复合人才培养核心框架如图3所示。

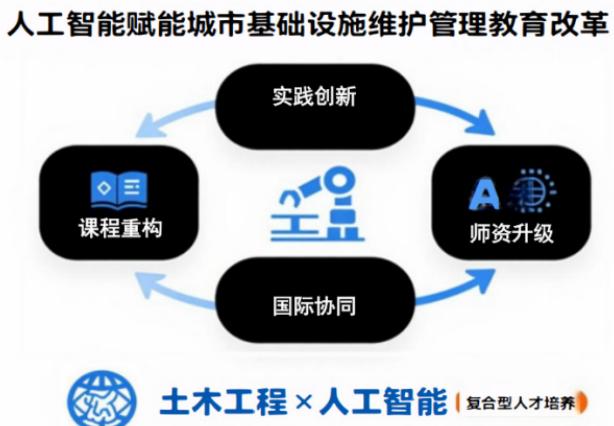


图3 复合人才培养核心框架

三、人工智能时代城市基础设施维护管理教学的理论基础

人工智能与城市基础设施维护管理教育的深度融合,本质上是技术革命、教育规律与工程需求的协同演化过程。这一融合过程需建立在坚实的理论支撑之上,既要回应人工智能技术的迭代特性,又要遵循教育教学的内在逻辑,更要对接城市基础设施维护的实践要求。

(一) 技术驱动的教育变革理论:从技术迭代到学习范式转型

AI作为引领科技革命的通用技术,依熊彼特“技术—经济范式”倒逼教育变革:其“数据—算法—算力”三要素已重塑城市基建维护模式(如桥梁裂缝AI检测、管网LSTM预测维护等),但高校相关课程仍聚焦传统运维,对AI实操等能力培养不足,故不少院校联合AI运维企业开发模块化课程,以缩短人才培养与产业需求差距。

(二) 全生命周期系统理论:从碎片化知识到整体性能力建构

根据联合国“可持续城市”目标更要求,基础设施维护应兼顾即时修复与长期环境效益。城市基建“规划—建设—运维—更新”的全生命周期特性(图4),要求维护管理教育突破学科壁垒、构建系统思维培养体系。系统工程理论指出复杂系统需要要素协同,传统土木工程专业分割结构力学、传感器数据采集等知

识, 难培养跨域整合能力; 因此需要推动课程从“单一技术传授”扩展为“技术—经济—环境”综合决策培养。

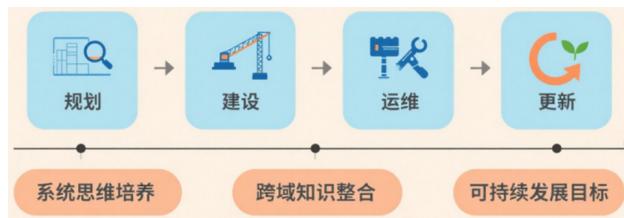


图4 课程教育体系

(三) 人机协同的认知增强理论: 从工具使用到能力互补

人工智能在维护管理教育中的定位并非简单替代技术人员, 而是基于“增强智能”理论构建人机协同体系。该理论强调AI的工具属性, 认为技术应放大而非替代人类的认知优势, 这一观点对避免教育中的“技术决定论”误区具有重要意义。在基础设施维护领域, AI擅长处理海量检测数据(如隧道3D扫描点云的快速建模), 专业技术人员则在复杂决策(如结合规范判断支座脱空的处置优先级)上具有不可替代性, 教育需培养学生这种“人机协同”的元能力。

四、人工智能时代城市基础设施维护管理教育国际化的改革路径

北京科技大学防灾减灾梯队依托“大安全”学科战略、国家级科研平台(国家材料服役安全科学中心、城市地下空间工程北京市重点实验室)及国际协同优势, 聚焦“地震、地质灾害、极端天气下的基础设施智能维护”核心方向, 在课程体系重构与教学方法创新中形成“科研反哺教学、国际协同赋能、虚实实践融合”的特色路径, 针对性解决AI与基建维护教育融合的核心痛点。

(一) 课程体系改革路径(图5)

围绕“桥梁抗震、隧道抗灾、管网防灾”三大梯队重点研究方向, 以梯队牵头的“强震区轨道交通工程抗震”科研项目为依托, 重点讲解城市基础设施灾害与防灾技术; 城市基础设施建设规划与施工; 城市基础设施的安全诊断技术; 智能安全诊断及无损检测技术等关键技术, 强化“数据思维+防灾意识”双重培养。

由梯队学术带头人牵头, 联合中国港湾工程有限责任公司、日本神户大学地震工程专家组成“课程委员会”, 每季度根据科研进展和行业标准更新, 修订课程内容, 确保教学与防灾领域技术前沿同步。

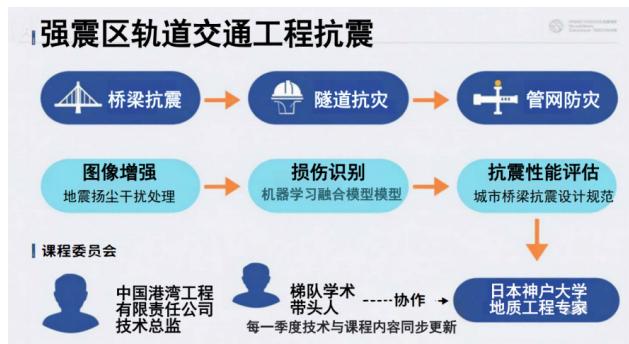


图5 课程体系改革路径

(二) 教学方法创新路径

依托北京科技大学轨道交通抗震北京市国际合作基地, 联合巴基斯坦NED工程技术大学、印度尼西亚万隆理工学院、韩国国家灾害安全研究院、日本神户大学等“一带一路”沿线及东亚核心伙伴, 共建“土木工程防灾国际协作中心”时(图6), 深度融入人工智能技术, 构建“AI+国际项目+跨文化协作”的教育新模式, 既强化学生AI技术的工程化与国际化应用能力, 又通过跨国协作破解不同地域基础设施防灾维护的AI适配难题, 为培养具备全球视野的智能防灾人才提供支撑。



图6 土木工程防灾国际协作中心

五、人工智能时代城市基础设施维护管理教育国际化的实践

(一) 构建全球防灾专家智能协作网络

基于知识图谱融合技术, 将日本神户大学、韩国国家灾害安全研究院及国内市政集团专家的研究方向(如桥梁抗震AI、隧道灾变数字孪生)、项目经验(如中巴桥梁AI检测、印尼雨季预警)、授课风格等信息结构化。学生输入学习需求或技能短板后, 系统自动匹配并提供近期线上案例视频供学习。该网络突破“线下为主、国内局限”的传统教学, 构建“线上线下融合、国内国际联动”的AI防灾教育新模式, 契合“韧性智慧城市”与“一带一路”的复合型人才需求(图7)。



图7 线上平台

（二）打造个性化防灾教育资源库

对所有教学资源按防灾场景（地震、暴雨、台风）、AI技术（机器学习识别、LSTM预测、数字孪生）、知识层次（基础、核心、实战）和国际适配性（中国规范、巴基斯坦规范、印尼标准）四大维度自动标签化。AI生成“防灾AI课程资源图谱”，直观展示某一知识点对应的所有资源。将梯队的“专家资源、实验资源、国际项目资源”转化为可共享的线上资产，服务本校学生的同时，为“一带一路”沿线院校（如巴基斯坦NED、印尼万隆理工）提供优质AI防灾教育资源。

（三）突破跨文化实践与交流壁垒

结合梯队“一带一路”国际合作项目。组织2025年国际城市基础设施防灾减灾研讨会，是为了搭建全球专家与学者交流最新研究成果、实践经验及创新技术的高端平台，通过AI技术将“实践教学与文化交流”融入课堂，锻炼学生跨文化协作能力（图8）。

（四）实现中外研究生协同育人与科研双赢

北京科技大学防灾减灾梯队依托“大安全”学科优势与国际协作资源，在“一带一路”沿线及东亚多国研究生教育科研中，深度融入AI技术，构建“AI+跨文化协作+科研共创”培养模式。通过AI破解语言壁垒、数据适配、能力互补、文化差异四大协作痛点，推动中外研究生在防灾科研中高效协同，实现“中国

学生拓国际视野、国际学生提科研能力”的双赢，为“一带一路”防灾人才联合培养提供可复制的“AI+教育”范式。

六、人工智能时代城市基础设施维护管理教育国际化的实践效果

实现基础技能到创新能力的递进提升。梯队借AI构建“基础理论—生产实践—科研创新”融合教学体系，融入AI驱动的国际工程项目实践、灾害模拟实验，让学生在运用AI解决城市基建维护难题中锤炼能力。依托该体系，本科生深造就业质量、研究生教育质量显著提升，多人获北科大优秀毕业生、学术之星等荣誉，充分体现AI对学生专业能力与创新素养的赋能作用。梯队用AI搭建线上教学平台，整合百余位国际防灾专家资源（覆盖地震工程、智能监测等领域），录制40余次、300余学时讲座与实践视频，含桥梁裂缝AI检测、管网泄漏LSTM模型搭建等核心模块。平台支持回放、倍速调节、重点标注，适配个性化学习，累计惠及国内20余所高校1500人次（涉土木工程、防灾减灾专业）。平台资源满足教学与回溯学习需求，90%以上学生反馈其显著提升实践能力，成果获一致好评。

助力“一带一路”人才培养。梯队依托AI赋能的“一带一路”沿线国家土木工程防灾国际协作中心，开展中外研究生协同教学，承担柬埔寨、孟加拉国、朝鲜等国研究生的教育科研工作。中外研究生借AI协作工具共研城市基建维护课题，中国学生拓展国际视野与跨文化能力，国际学生提升科研能力，实现互利共赢；近三年累计培养10余名海外留学生参与本科毕业设计与研究生科研，推动AI赋能的基建维护管理教育模式向“一带一路”沿线国家延伸。

教育教学成果获权威认可：梯队将AI与城市基建维护管理国际化教育深度融合，形成特色育人模式。相关成果“‘一带一路’背景下土木工程创新人才多渠道培养模式的探索与实践”获第三十届北京科技大



图8 外国专家线上讲座

学教育教学成果奖特等奖；团队负责人获2024年北京科技大学第1届研究生教育教学成果奖一等奖、2022年北京科技大学第30届教育教学成果特等奖、2021年第四届北京科技大学教学名师奖，充分证明教育实践国际化的科学性与有效性。

七、结语

本文聚焦人工智能时代城市基础设施维护管理的国际化教学改革，针对传统土木工程教育中“AI+基建维护”内容碎片化、实践覆盖前沿技术不足、师资跨学科能力欠缺等痛点，结合北京科技大学防灾减灾梯队实践，以技术驱动的教育变革等三大理论为支撑，通过重构课程、组建国际课程委员会、搭建全球专家协作网络等路径推进改革。实践成效显著，提升了学生能力，辐射“一带一路”育人，获校级教学成果特等奖。未来继续突破数据壁垒、师资短板等挑战，构建国家级城市基础设施维护教育大模型，推进贯通式AI通识教育，为智慧城市输送复合型人才。

参考文献：

- [1] Zhu Z ,Zhang L .Artificial Intelligence Empowers Postgraduate Education Ecologically Sustainable Development Model Construction[J]. Sustainability,2023,15(7).
- [2] H. Jin, Y. He and X. Zhang, “Teaching Design and Practice of Project-Based Blended Learning Mode in Concrete Structure Courses Empowered by Artificial Intelligence,” 2025 International Symposium on Educational Technology (ISET), Bangkok, Thailand, 2025, 88–91.
- [3] Rahiman U H ,Kodikal R .Revolutionizing education: Artificial intelligence empowered learning in higher education[J]. Cogent Education,2024,11(1).
- [4] Salvador BR ,Madafri EI ,Vives BE , et al. Empowering Engineering Students Through Artificial Intelligence (AI): Blended Human - AI Creative Ideation Processes With ChatGPT[J]. Computer Applications in Engineering Education,2025,33(1):e22817.
- [5] 段熹, 李讯, 卢岱岳. “AI+论著查询”模式在土木工程施工教学中的应用探索 [J]. 高等建筑教育, 2025,34(4):28–36.
- [6] 聂红鑫, 周文君, 王光云, 等. 生成式AI技术下的土木工程人机协同课堂教学模式研究 [J]. 信息与电脑, 2025,37(13):233–235.
- [7] 付珍珍. 土木工程专业与人工智能技术交叉应用的可行性分析与实践探索 [J]. 科技与创新, 2025(10):75–78.
- [8] 周仁战, 张尧, 陈玲玲. 人工智能时代地方应用型高校卓越土木工程师人才培养 [J]. 蚌埠学院学报, 2025,14(3):93–97+121.
- [9] 邢国起, 朱海霞, 刘晓丽, 等. 人工智能在土木工程专业教学过程中的应用初探 [J]. 潍坊学院学报, 2025,25(2):87–93.
- [10] 梁伟. 人工智能技术在土木工程专业教育中的应用探讨 [C]. 北京大学出版社, 北京大学出版社 2023 年教育数字化转型与智能教育发展研讨会论文集. 南昌理工学院建筑工程学院:北京未名智慧教育科技有限公司, 2023:102–104.
- [11] 宋波, 徐怀兵, 张英, 等. 信息化时代土木工程国际化教学模式的探索 [J]. 中国科技经济新闻数据库教育, 2023(7):36–39.
- [12] Zou Z, Yang S, Wang M, et al. A damage assessment method for masonry structures based on multi scale channel shuffle dilated convolution and ReZero-Transformer[J]. Journal of Building Engineering, 2025, 103: 112002.