文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-5178 /（中图刊号）：380GL019

融入人工智能的土木工程测量理论和实践教学探究

熊学堂* 蔡旭然 陈搏 翟聪 黄启涛
佛山大学 土木与交通学院
DOI:10.12238/mef.v8i16.16699

[摘 要] 为应对智能建造趋势,针对传统土木工程测量教学中原理抽象、实践受限等问题,系统探索了人工智能技术的深度融合路径。理论教学运用增强现实与虚拟仿真技术,构建水准仪、全站仪的三维交互模型,实现仪器结构与原理的可视化呈现；实践教学基于机器学习算法开发智能仿真系统,为水准测量、导线测量等提供具备智能诊断与自动评估的虚拟训练环境。教学实践表明,该模式有效提升了学生的原理理解与数据处理能力,培养了误差分析与质量控制素养,为行业数字化转型提供了创新人才培养方案。
[关键词] 土木工程测量；人工智能；教学创新；虚实融合
中图分类号：TP18 文献标识码：A

Exploration of the Theory and Practice Education in Civil Engineering Surveying Integrated with Artificial Intelligence

Xuetang Xiong* Xuran Cai Bo Chen Cong Zhai Qitao Huang
School of Civil Engineering and Transportation, Foshan University

[Abstract] In response to the trend of intelligent construction and addressing issues such as abstract principles and limited practical training in traditional civil engineering surveying education, this study systematically explores the deep integration of artificial intelligence technologies. In theoretical teaching, augmented reality and virtual simulation technologies are used to construct interactive 3D models of leveling instruments and total stations, enabling visual representation of instrument structures and principles. In practical teaching, an intelligent surveying simulation system based on machine learning algorithms provides virtual training environments for leveling, traverse surveying, and topographic mapping, equipped with intelligent diagnostics and automated evaluation functions. Teaching practice demonstrates that this model effectively enhances students' understanding of principles and data processing skills, cultivates their engineering literacy in error analysis and quality control, and offers an effective solution for nurturing innovative talent adapted to the digital transformation of the industry.
[Key words] Civil engineering surveying; artificial intelligence; teaching innovation; virtual-physical integration

引言

随着智能建造浪潮的深入推进,土木工程行业正经历着深刻的数字化转型。BIM技术、数字孪生、智慧工地等新兴理念的快速普及,对工程人才培养提出了全新要求:不仅需要掌握传统测量技能,更要具备数据思维、算法应用和智能技术集成的综合能力。然而,现有的“理论讲授+实训实习”教学模式在抽象原理展示和实践训练方面均存在明显局限,难以满足新时代人才培养需求。这一现实矛盾亟需通过教学模式创新来突破。以虚拟仿真、机器学习和无人机航测为代表的人工智能技术,为实现教学变革提供了新的契机。通过将AI技术系统性地融入测量教学全过程,既能突破传统教学的时空限制,又能从根本上优化知识传授与能力培养的方式,为培养适应行业发展的创新型工程人才开辟全新路径。

1 土木工程测量课程理论和实践教学现状

土木工程测量是土木工程专业的核心基础课,兼具理论与实践性,旨在培养学生掌握空间点位确定、地形图测绘与施工放样等核心能力[1]。课程内容涵盖测量基础知识、常规仪器操作、基本测量工作及综合应用[2]。

目前,国内多数高校的土木工程测量教学普遍采用“理论授课+实训实习”的传统模式[3]。在理论教学方面,主要依赖教师课堂讲授,配合PPT、二维图纸和少量视频进行辅助；这种模式虽然能系统地传授知识,但也存在显著弊端：测量仪器内部光

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-5178 /（中图刊号）：380GL019

路、操作流程、误差传播等动态、抽象的概念难以生动展示，导致学生理解困难，容易感到枯燥。在实践教学方面，通常是在课程中安排若干次课间实验，并在学期末或小学期进行集中的测量实习；学生以小组为单位，在校园或指定场地操作真实仪器完成既定任务。这种模式虽然锻炼了学生的动手能力和团队协作精神，但也面临诸多挑战[4]：首先，受限于课时、天气、场地和仪器设备数量与精度，每位学生充分动手操作的机会有限；其次，实践过程高度依赖人工记录、计算和检核，效率低下且易出错；再者，教学评价多以最终成果的精度为准，对于测量过程的规范性、问题诊断的及时性难以做到全面监控与精准指导；最后，传统的实践内容与当前工程现场日益普及的先进技术（如三维激光扫描、无人机摄影测量、测量机器人等）存在脱节[5]。

在此背景下，将人工智能技术融入土木工程测量教学，其重要性与紧迫性不言而喻[6]。人工智能，特别是其子领域如计算机视觉、机器学习、专家系统和自动化控制，为解决上述教学痛点提供了革命性的工具[7]。它不仅是教学内容的现代化补充，更是教学方法和模式的深刻变革。通过引入AI，可以将抽象理论可视化、复杂过程仿真化、数据处理自动化、问题诊断智能化，从而显著提升理论教学的效果与吸引力，突破实践教学的时空与资源限制，培养学生适应未来“智能建造”时代所必需的数字素养与创新能力。因此，探究AI与测量教学的深度融合，是推动土木工程教育高质量发展的必然要求。

2 人工智能在土木工程测量课堂理论教学的应用

将人工智能技术引入课堂理论教学，能够将原本晦涩难懂的原理转化为直观、交互性强的学习体验，实现从“灌输式”教学向“探究式”教学的转变。

2.1水准测量

水准测量是测定地面点高程的基本方法，其核心理论涉及水准仪的视准轴、水准管轴等几何关系，以及“后视读数-前视读数”的高差计算原理。传统教学对于i角检验与校正、地球曲率与大气折光影响等内容，往往依赖公式推导和静态图示，学生难以建立直观认知。

人工智能的应用可以极大地改善这一状况。首先，可以开发基于增强现实（AR）的交互式教学应用。学生通过平板电脑或AR眼镜观察虚拟的水准仪模型，能够“拆解”其内部结构，直观看到光线传播路径，理解视准轴与水准管轴平行的重要性。当进行i角检验的虚拟操作时，系统可以实时模拟当两轴不平行时，在不同距离尺上读数产生的偏差，并动态计算出i角值，让学生深刻理解其影响规律。其次，可以利用机器学习模型构建一个“智能水准测量仿真系统”。该系统可以模拟各种复杂环境，如仪器下沉、尺垫下沉、温度变化引起的折光波动等。学生在虚拟环境中进行测量，系统不仅能自动记录数据、计算高差和闭合差，还能利用内置的专家知识库，对测量结果进行智能诊断。例如，如果闭合差超限，系统会分析读数序列的规律，提示学生可能存在的误差来源（如“您的后视读数序列存在系统性减小，请检查仪器是否正在下沉”），引导学生主动思考和排查问题。这种基于案例的、带有即时反馈的交互学习，远比被动听讲和机械计算更能深化对水准测量误差理论与控制方法的理解。

2.2全站仪角度、距离和坐标测量

全站仪是现代工程测量的主力仪器，其集成了电子测角、光电测距和微处理器，功能强大但内部原理更为复杂。学生对相位法测距、编码度盘测角，以及坐标正算/反算等原理的理解往往停留在公式层面。

人工智能技术可以为全站仪理论教学搭建一座从原理到应用的桥梁。一方面，可以构建全站仪工作原理的虚拟仿真实验室。利用计算机视觉和三维动画技术，学生可以“进入”一个虚拟的全站仪内部。在讲解相位法测距时，系统可以动态展示调制光波发射、经棱镜反射接收、并与机内参考波进行比相的整个过程，将抽象的相位差转化为可视化的波形图和最终的距离数字。对于编码度盘，可以展示光栅扫描和电子细分的过程，让学生明白角度值是如何被“读取”的。另一方面，可以开发一个集成AI算法的坐标测量教学平台。该平台不仅能够进行常规的坐标计算，更能引入机器学习中的回归分析和异常检测算法。例如，在讲解测量误差时，可以让学生在同一虚拟点上进行多次观测，平台会自动绘制出观测值的分布图，并拟合出概率分布曲线，直观展示偶然误差的特性。更进一步，平台可以故意引入一些粗差，然后让学生选择或设计算法（如基于聚类的方法）来自动识别和剔除这些异常值。在讲解坐标放样时，系统可以模拟现场环境，要求学生根据设计坐标计算放样元素，然后AI会扮演“检验员”的角色，对虚拟的放样点位进行“复测”，并给出精度评估。通过这种方式，学生不仅学会了操作，更理解了数据背后的数学和逻辑，培养了严谨的数据处理思维，这正是未来智能化工地所急需的能力。

3 人工智能在土木工程测量现场实践教学的应用

现场实践是测量教学不可或缺的环节，AI的融入并非要取代真实的动手操作，而是通过智能化辅助与虚拟化拓展，提升实践教学的效率、深度和安全性。

3.1导线控制测量

导线测量是建立工程控制网的关键实践，过程繁琐，涉及选点、观测、记录、计算和成果处理等多个环节，任何一个环节的疏忽都可能导致返工。传统的实习模式中，教师需要奔波于各组之间进行指导，难以全面兼顾。

AI可以作为一个“永不疲倦的智能助教”嵌入到导线测量实践中。首先，在外业观测阶段，可以开发一款智能手机APP，利用其摄像头和内置传感器，结合计算机视觉技术辅助学生进行选点。学生只需用手机扫描周围环境，APP就能利用SLAM（同步定位与地图构建）技术快速生成场景的点云草图，并基于预设的规范（如导线点应通视良好、地基稳定、便于保存等），智能推荐最佳的导线点布设位置。在观测过程中，学生使用全站仪测量，数据可通过蓝牙实时传输到APP中。APP内置的专家系统和数据验证算法会立即对观测数据进行检核，例如，检查观测角是否在合理的范围内、同一测回内观测值的互差是否超限、测站平差是

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

否合格等。一旦发现可疑数据或操作错误(如忘了置零),APP会立即发出语音或振动警告,提示学生重测,从而将质量问题消灭在现场,避免了事后发现成果不合格而大规模返工的窘境。其次,在内业计算阶段,APP可以自动完成整个导线的近似平差计算,甚至引入简易平差算法。学生可以对比手算结果与AI计算结果,并将重点从繁重的算术中解放出来,转向对精度评定、误差分布,以及如何优化导线网设计的更深层次思考。这种AI增强型的实践,确保了基本功训练的同时,极大地提升了过程管理的质量与效率。

3.2大比例尺地形图的测绘

地形图测绘是综合性最强的测量实践,传统方法(如经纬仪测绘法或全站仪草图法)效率低、信息量有限,且成图质量高度依赖操作员的技能和责任心。

人工智能,特别是无人机(UAV)摄影测量与计算机视觉的结合,为地形图测绘实践教学带来了颠覆性的变革。在教学实践中,可以引入无人机航测作为与传统方法并行的现代化手段。学生小组需要学习规划无人机航线,确保航向重叠度和旁向重叠度,然后进行野外数据采集。获取的航拍影像被导入到专业的摄影测量软件中,软件利用计算机视觉中的SfM(运动恢复结构)和MVS(多视角立体视觉)算法,自动生成高精度的实景三维模型(OSGB/OBJ格式)、密集点云和数字高程模型(DEM)。这一过程本身就是一个生动的AI应用教学案例。在此基础上,教学重点可以转向更高阶的技能：基于AI的语义分割和对象识别。学生可以利用训练好的深度学习模型,或尝试自己标注数据来训练模型,让计算机自动从三维模型或正射影像图中识别并提取地物要素,如建筑物轮廓、道路、树木、水体等。系统可以自动将识别出的地物转换为符合图式规范的矢量线划图。学生随后需要对AI的初步成果进行编辑、修饰和属性赋值。通过对比AI提取结果与实地测量结果,学生不仅能深刻理解数字测图的原理,更能客观评价AI技术的优势与局限性(如在复杂场景下的误识别),学会如何“人机协同”高效完成工作。这种实践不仅教授了测绘技能,更培养了学生运用智能化工具解决复杂工程问题的能力,使其与当前智慧城市、数字孪生等前沿领域的需求直接接轨。

4 结语

人工智能浪潮正席卷各行各业,土木工程领域向智能化、数字化转型升级已是大势所趋。作为培养未来工程师的摇篮,高校的土木工程测量教学必须主动求变,将人工智能技术有机地融入理论与实践的各个环节。本文探讨了AI在水准测量、全站仪教学、导线测量和地形图测绘等具体场景中的应用路径,旨在说明AI并非遥不可及的高深技术,而是能够切实提升教学质量的有效工具。

通过构建虚拟仿真、嵌入智能算法、引入无人机航测等AI增强手段,我们能够将抽象理论具象化,使实践过程智能化,有效破解传统教学中的理解困境、管理难题和与工程实际脱节的问题。这不仅能够激发学生的学习兴趣,强化其理论基础和实操技能,更能培养其数据思维、算法思维和人机协作能力,这些都是未来“智能建造”工程师的核心素养。当然,融合之路仍面临挑战,如教学平台开发、师资培训、课程体系重构等。但毋庸置疑的是,积极推进人工智能与土木工程测量教学的深度融合,是顺应时代发展、培养创新型卓越工程人才的必然选择,对于推动整个土木工程教育的现代化具有深远意义。

[基金资助]

广东大学生科技创新培育专项资金资助项目(pdjh2025bk233)；广东省基础与应用基础研究基金(2024A1515110192)。

[参考文献]

[1]索俊锋.Obe理念下土木工程测量课程思政建设研究[J].高等建筑教育,2023,32(06):154-164.

[2]王海明.数字化测绘技术在工程测量中的应用研究[J].中国高新科技,2023,(11):130-132.

[3]贺园园.线上线下混合式教学模式在“土木工程测量”课程中的实践探究[J].中国新通信,2024,26(01):167-169.

[4]索俊锋.“新工科”视域下《土木工程测量》课程思政教学设计与实践[J].福建建筑,2025,(03):129-134.

[5]万万.发展北斗卫星技术在土木工程中的应用与展望[J].铁道建筑技术,2024,(09):41-44+117.

[6]张震,艾力·库尔班,刘强.基于“ai赋能三度”的《土木工程测量》课程改革探索[J].砖瓦,2025,(09):177-179+183.

[7]张彪,纪翔,张宜伟.Ai驱动的教学模式对土木工程测量课程的影响分析[J].信息与电脑,2025,37(18):206-208.

作者简介：

熊学堂(1991--),男,汉族,湖北鄂州人,博士,讲师,研究方向：道路工程智能检测和维养。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.