

Introduction to the Application of AI Technology in Civil Structural Design

Fan Zhang Linlin Li Dongyang Liu

China Power Construction Guizhou Electric Power Design and Research Institute Co., Ltd., Guiyang, Guizhou, 550008, China

Abstract

With the rapid advancement of artificial intelligence (AI) technology, the scope of civil structural design and safety assessment has been significantly improved. The traditional civil engineering structure design method has limitations in efficiency and accuracy, while the integration of AI technology through machine learning, deep learning, and other approaches can improve the design process and enhance the safety of the structure. This paper discusses the application of AI technology in civil structural design, covering aspects such as structural optimization design, structural health monitoring, and construction management. At the same time, it focuses on analyzing how AI technology can play a role in the safety assessment of civil structures through image processing and data analysis. Through specific examples, it has been demonstrated how AI can achieve real-time monitoring, risk estimation, and long-term safety assessment, providing strong support for the intelligent development of construction engineering.

Keywords

artificial intelligence; civil structural design; safety assessment; structural optimization; health monitoring; risk prediction

浅述土建结构设计中的 AI 技术应用

张凡 李林林 刘东阳

中国电建集团贵州电力设计研究院有限公司, 中国·贵州 贵阳 550008

摘 要

伴随人工智能 (AI) 技术的迅猛进步, 土建结构设计与安全评估范畴获得了明显提升。传统的土建结构设计方式在效率和精准度方面存有局限, 而AI技术的融入借由机器学习、深度学习等途径, 能够完善设计流程增强结构的安全性。论文研讨了AI技术于土建结构设计中的运用, 涵盖结构优化设计、结构健康监测、施工管理等层面。与此同时, 着重解析了AI技术怎样凭借图像处理和数据分析, 在土建结构的安全性评估中施展作用。经由具体事例说明了AI如何达成实时监测、风险预估及长期安全性评估, 给建筑工程的智能化发展给予了有力支撑。

关键词

人工智能; 土建结构设计; 安全性评估; 结构优化; 健康监测; 风险预测

1 引言

伴随人工智能 (AI) 技术的迅猛进步, 其于各个行业里的运用愈发普遍尤其是在土建结构设计这一范畴。土建结构设计身为建筑工程当中的关键环节, 涵盖了繁杂的计算与优化工作传统的方式具有效率和精度方面的缺陷。AI 技术的融入不但给结构设计赋予了全新的理念, 还显著提升了设计流程的智能化水平与精准程度。

2 AI 技术在土建结构设计中的理论基础

2.1 AI 技术概述

人工智能 (AI) 技术作为效仿并延展人类智能的前沿

工具已然渗入至各行各业, 在工程设计领域尤其如此彰显出极大的应用潜能。AI 技术涵盖机器学习、深度学习、自然语言处理等众多分支, 当中机器学习凭借对海量数据的自主学习, 让计算机能够判别模式并进行预测被应用于结构分析、优化设计等工作。深度学习属于机器学习的进一步延展, 它借助多层神经网络针对数据开展多维度的抽象学习, 于图像识别、语音识别等方面获取了显著成效。在土建结构设计里 AI 技术经由自动化的数据分析与模型训练, 能够达成对复杂结构的优化设计, 增进设计的精准度和效率减少人为因素导致的偏差。

2.2 土建结构设计的基本流程

土建结构设计作为建筑工程的关键构成部分, 一般涵盖众多阶段每个阶段都需要严谨的计算以及优化工作。在前期筹备与需求剖析阶段, 设计团队和业主以及使用者展开深

【作者简介】张凡 (1986-), 满族, 中国贵州贵阳人, 硕士, 高级工程师, 从事建筑结构理论及应用研究。

度交流，明确建筑的功能、空间规划、预算还有其他设计方面的要求。初步设计时期则依据需求剖析来确立建筑结构的总体布局与基本形态并展开初步的荷载估量，当进入到详细设计阶段设计师需要依照国家的规范和标准对各个结构单元展开深入解析，实施荷载计算、抗震性能剖析等操作，以此保障结构的安全性、经济性与稳定性。施工图设计阶段的宗旨是把设计方案转变为具体能够操作的图纸对实际施工予以指导，在施工阶段结构工程师要对施工质量展开严格监控，保证设计方案得以正确落实并处理实际施工当中的难题。竣工验收阶段则通过对工程质量展开全方位的检查与评估，确认建筑物符合设计要求达成安全使用的标准。每一个环节的精准把控都和工程质量紧密相关，并且 AI 技术的运用能够在各个环节里给予有力支撑特别是在设计优化、施工管理、健康监测等领域。

2.3 AI 技术在工程领域的应用理论

AI 技术于工程领域的应用理论牵涉到多个层面，主要涵盖数据驱动规划、智能化施工管控、结构健康监测以及结构安全性评定等。数据驱动规划属于 AI 技术在工程里的核心运用之一，凭借大量历史数据的发掘与剖析 AI 能够探寻到设计当中的潜在规律和优化趋向。举例来讲在土建结构设计里，机器学习能够依照过往项目的设计参数、材料选取、荷载状况等，对新项目的设计方案加以优化进而提升设计的效率与质量。另外，AI 还能够借助智能算法针对设计中的不确定性进行建模与优化，辅助设计人员做出更为精确的决策。智能化施工管控利用物联网、大数据和 AI 技术的相互结合，能够达成施工流程的实时监控，及时察觉并矫正潜在的施工问题大幅度提高了施工的精确性和效率。结构健康监测是通过传感器收集建筑结构的数据 AI 对这些数据展开分析，能够实时评估结构的健康状态并预估可能出现的故障或者损伤。依靠深度学习算法 AI 能够辨别出结构里的细微裂缝或者变化，及时发出警示防止事故出现。结构安全性评定则是 AI 技术在土建结构设计中的另一项重要应用，通过对不同荷载条件下结构的响应进行预测，结合健康监测数据 AI 能够动态评定建筑物的安全性，及时发现并处置结构性隐患保证建筑的长期稳固性与安全性。

3 AI 技术在土建结构设计中的实践应用

3.1 结构优化设计中的 AI 应用

在土建结构设计领域结构优化属于提高设计效率、削减成本以及保障安全性的核心环节。AI 技术尤其是机器学习与深度学习算法，依靠自身出色的数据处理水平，能够有力地支撑结构优化设计化解传统方式存在的局限性。借助机器学习算法能够从过往的项目里汲取不同结构形态、材料选用以及设计参数给结构性能带来的作用。

AI 还能够凭借智能优化算法针对设计方案予以进一步的优化，增强结构的安全性与稳定性。在实际运用时设计师

通常需要针对多个设计方案展开评估和对比，这一流程颇为耗时并且容易出现偏差。AI 技术的介入，能够自动创设并评估各类不同的设计方案。举例来说在某高层住宅楼的结构设计里，AI 借助智能算法自动创设出了多个柱网布局以及结构形式的设计方案，设计师依据 AI 给出的优化提议挑拣出了最为适宜的方案。除开传统的优化手段 AI 还借助深度学习算法实施结构健康监测和预估，更进一步提高结构的长期稳定性。譬如 AI 能够剖析建筑结构在长期使用过程中的应力、位移等数据，预估结构的老化和损伤状况。在某市中心的商业大厦项目当中，设计团队融合 AI 的深度学习模型，利用安装于建筑之上的传感器收集到的数据展开长期的结构监测。

AI 技术在土建结构设计中的应用概述见表 1。

表 1 AI 技术在土建结构设计中的应用概述

应用领域	AI 技术应用	实际案例	效果与优势
结构优化设计	使用机器学习算法从历史项目数据中提取优化设计参数，包括材料、结构形式和设计参数对结构性能的影响。	某大型商业建筑项目中，AI 分析过往相似项目的结构设计数据，优化设计方案，提高抗震性能。	AI 能够辨别最适合的结构形式和材料选择，提高抗震性能，确保结构安全，降低成本。
智能优化算法	通过智能优化算法自动生成并评估多个设计方案，优化设计，提高结构安全性与稳定性。	在某高层住宅楼的结构设计中，AI 自动生成多个柱网布局和结构形式的方案，设计师根据 AI 的优化建议选择最适宜的方案。	节省设计时间，提高设计效率，优化结构布局，提升结构抗震与抗风能力。
结构健康监测	AI 结合深度学习算法，对建筑结构的长期使用数据进行健康评估，监测应力、位移等参数，预测结构老化和损伤情况。	某市中心商业大厦项目中，设计团队利用 AI 的深度学习模型，结合传感器收集的数据，进行长期结构监测，预测潜在的损伤与安全隐患。	实时监测结构健康，预警潜在问题，延长建筑使用寿命，避免重大结构故障。
预警与维护建议	通过 AI 对监测数据进行实时分析，及时发出结构安全预警并提供维护与加固建议。	AI 基于实时数据发出商业大厦的结构安全预警，提供裂缝修复与加固建议，减少事故风险。	提高结构安全性，防止意外发生，提供科学依据支持后续维护决策。

3.2 AI 在结构健康监测中的作用

AI 技术于结构健康监测里的关键作用展现在数据采集、故障判别以及预测剖析这三个层面。

首先，AI 可以凭借多样的智能装置（像是传感器、监控体系）随时采集结构的应力、应变、位移等重要数据。比方说针对大型桥梁和高层建筑的监测工作，安置于不同部位的传感器不停歇地采集结构的动态数据，接着通过无线传送的形式把这些数据传递至云端平台。此类数据包含了结构的各类状态信息，AI 系统依照这些数据展开实时处置和解析给予高效的监测及反馈。

其次，AI 能够借助机器学习和深度学习算法针对收集而来的数据展开高效剖析，进而判别结构损伤并实施预警。在具体的运用里 AI 能够学习过往监测数据，从当中提炼出正常状态下结构的特性构建健康模型，并且通过和实时数据

加以对比判别出潜在的损伤和异样。拿某大型桥梁来讲,经由安装了数十个传感器并联合机器学习算法 AI 系统能够精准判别出桥梁钢筋产生锈蚀、混凝土开裂等潜在问题,及时发出警报以此提前施行修复手段,防止了因结构损伤而导致的故事。

最后, AI 技术的图像处理与自动诊断功能,给结构健康监测给予了关键支撑。计算机视觉技术运用图像采集装置(如高清摄像头、无人机等)进行实时监测,并通过深度学习对图像展开自动剖析判别出结构表面的裂缝、变形等缺陷。

3.3 AI 在施工过程中的智能化管理

传统的施工人员管理大多仰仗人工监督,监管方式较为单一极易产生疏漏,并且在忙碌的施工场景里很难达成高效与精准的管理效果。伴随智慧工地系统的投入使用,施工人员的管理步入了智能化的新阶段。举例来讲,在某个建筑工程项目中,智慧工地系统可以自动对每位工人的进出时刻、工作范畴等信息予以记录,该系统借由对比任务进展和人员活动状况,能够迅速察觉施工人员的违规举动或者工作进度迟缓的问题。

AI 技术于施工安全管理里的运用促使现场的安全管控愈发高效与精准,施工现场属于一个繁杂且存在潜在危险的环境,特别是高空作业、机械操作等环节稍有疏忽或许会引发安全事故。AI 系统借助智能监控设备像是摄像头、传感器等等,实时对工地的安全情形加以监测,自动判别工人有无佩戴安全帽、是否存有违章操作等安全隐患。例如,在某一处工地上 AI 系统凭借图像识别技术,可以自动发觉未佩戴安全帽的工人马上发出警报并告知现场监管人员。除去对人员行为的监控 AI 还能够凭借大数据剖析,针对施工现场的环境展开全方位监测并做出智能回应。举例而言当系统探测到施工现场的灰尘浓度超出标准时,智能系统会自行启动防尘设施,调节环境防止空气污染给工人健康造成影响。再比方说在施工现场中, AI 系统能够实时监控建筑材料的使用状况和施工进度,碰到施工材料短缺或者工期延误的情况,系统能够即刻发出警报提醒有关人员尽快处理。

3.4 AI 技术在土建结构安全性评估中的应用

伴随建筑技术的不断进步传统的人工检查与评估手段

逐步显现出效率低下、精度欠佳的缺陷。AI 技术的融入给土建结构的安全性评估带来了崭新的处理办法, AI 技术于土建结构安全性评估里的运用,重点呈现在图像处理、数据分析以及风险预测等范畴。在图像处理领域, AI 可以凭借采集建筑工地的灰度图像针对结构表面展开高精准度的剖析。

具体来讲 AI 技术有能力辨别出建筑结构里或许存在的各类安全隐患,像裂缝、腐蚀、沉降之类的问题。举例而言在某个建筑项目当中,借助安装智能监测设备并实时采集灰度图像, AI 系统能够自行分析并且检测出混凝土表面细微的裂纹。依据这些裂纹的位置信息 AI 系统会自动生成一份风险评估报告,指明该区域的潜在风险同时为后续的维修工作给予详尽的建议。另外 AI 技术还能够凭借对历史数据的深度钻研学习,预判土建结构的长期安全性。AI 系统通过对众多过往项目的结构数据加以训练,能够预估不同使用年限、不同工作状况下的结构状况。比如在一些桥梁或者高层建筑的安全性评估里, AI 技术能够剖析结构在不同环境条件下的表现,推测可能产生的故障种类和发生的时间为保障决策供应科学的根据。联合结构健康监测数据 AI 技术能够达成对结构状态的动态评估,及时察觉安全隐患并进行警示进而有效预防突发性风险。

4 结语

总的来说,人工智能技术于土建结构设计以及安全性评估方面的运用,显著提高了设计的效率、完善了结构的安全性并且在施工管理领域发挥着关键作用。借助机器学习、深度学习这类前沿技术, AI 可以自动辨别结构内的潜在危险,展开实时的监测与预估给建筑项目的长久安全和可持续发展给予了科学的支撑。

参考文献

- [1] 王珏,赵雨,朱虹,等.浅述AI技术在教育领域的应用现状及未来发展趋势[J].信息系统工程,2020(1):2.
- [2] 陈颖,王慧明,张爱民,等.生态模拟技术在绿色建筑设计中的应用探析[J].建筑技术,2014,45(4):3.
- [3] 彭卫兵,任爱珠,徐峰.桥梁结构设计中的知识复用技术[J].清华大学学报:自然科学版,2007,47(9):5.