

基于人工智能的高层房屋建筑结构抗震加固方法研究

汤慧敏 徐海燕

南通理工学院 江苏 南通 226002

摘要: 本文深入探讨了人工智能技术在高层房屋建筑结构抗震加固中的应用。通过分析人工智能技术的重要性、抗震加固原理及传统方法,详细介绍人工智能在智能识别评估、加固策略优化及智能反馈监测等方面的应用。通过“绿源高层公寓”项目的案例研究,验证智能抗震加固方案的有效性与经济性。研究表明,人工智能技术在提升高层建筑抗震能力、缩短施工周期及降低成本方面具有显著优势,为建筑行业智能化转型提供了有力支持。

关键词: 高层建筑; 抗震设计; 优化方法

1 人工智能技术在抗震加固领域的应用的的重要意义

人工智能技术在抗震加固领域的应用,其重要意义不容忽视。首先,它能够显著提升结构评估的精确性与效率。传统的结构损伤检测依赖于人工检测与经验判断,存在主观性强、效率低下的弊端。而人工智能技术,尤其是深度学习与图像处理技术的应用,能够自动化地识别和分析建筑结构中的裂缝、变形等损伤迹象,提供更为精准的数据支持,为后续加固方案的制定打下坚实基础。其次,人工智能技术优化了抗震加固策略的制定过程。通过大数据分析 with 强化学习等先进算法,系统能够综合考虑多种因素,如结构特性、地震波特征、经济成本等,快速生成多个加固方案,并进行智能化筛选与优化,最终选出性价比最高、效果最优的加固策略。这不仅能够显著提升加固工程的经济效益,还能更好地保障人民群众的生命财产安全。最后,人工智能技术在抗震加固领域的应用,推动了建筑行业的智能化、数字化转型^[1]。随着技术的不断进步与应用场景的拓展,建筑行业将逐步实现从设计、施工到运维管理的全面智能化,提升整个行业的竞争力与可持续发展能力。因此,积极推动人工智能技术在抗震加固领域的应用与发展,具有重要的战略意义与现实价值。

2 高层房屋建筑结构抗震加固原理

2.1 高层建筑抗震设计基本原则

高层建筑抗震设计的基本原则是确保建筑在遭遇地震时能够保持稳定,减少结构损伤,保障人员安全。首先,设计需遵循“小震不坏、中震可修、大震不倒”的抗震设防目标,即在不同烈度的地震作用下,建筑应分别保持完好、可修复及不倒塌的状态。为实现这一目标,设计中需合理选择结构体系,确保结构具有足够的刚度和承载力,以抵抗地震作用下的变形和破坏。同时,遵循“强柱弱梁、强剪弱弯、强节点弱构件”的设

计理念,通过优化构件间的承载力分配,实现地震能量的有效耗散,保护关键结构和构件免受严重破坏。另外,合理设置抗震缝,防止相邻结构在地震中的相互碰撞和破坏,也是高层建筑抗震设计的重要原则之一。

2.2 传统抗震加固技术

传统的高层建筑抗震加固技术主要包括增加构件、改变结构体系、增强节点连接等方式。增加构件是指通过增设支撑、剪力墙等构件,提高结构的整体刚度和承载力,从而增强结构的抗震性能。这种方法简单易行,但可能会增加建筑自重,对基础要求较高。改变结构体系则是通过改变结构的传力途径或增加新的传力构件,优化结构的受力性能,提高结构的整体稳定性。例如,将框架结构改为框架-剪力墙结构,或增设转换层等。增强节点连接则是通过加强梁柱节点、墙板连接等部位的构造措施,提高结构的整体协同工作能力和抗震承载能力。传统抗震加固技术在实际应用中积累了丰富的经验,但存在施工周期长、成本高等问题,且难以全面考虑结构在地震作用下的复杂受力情况^[2]。随着科技的进步和抗震设计理念的更新,新的抗震加固技术不断涌现,为高层建筑抗震性能的提升提供了更多选择。

3 人工智能技术在高层房屋建筑抗震加固中的应用

3.1 人工智能技术基础

人工智能技术涵盖了多种先进的算法和模型,为高层房屋建筑抗震加固提供了坚实的技术支撑。机器学习算法如神经网络算法,通过构建多层神经网络结构,能够对大量复杂的数据进行学习和分析。在建筑抗震领域,其可以从海量的建筑结构参数、地震历史数据以及以往加固案例中挖掘出隐藏的规律和模式。深度学习算法则进一步深化了数据处理能力,以卷积神经网络为例,它擅长处理图像数据,能够对建筑结构的检测图像进行特征提取,准确识别结构中的裂缝、变形等缺陷。

这些算法的实现依赖于强大的计算能力，包括高性能计算机和云计算平台。数据的收集、整理和标注也是关键环节，准确无误的数据才能训练出可靠的模型。例如，在数据收集阶段，通过在建筑结构关键部位安装传感器，可以实时获取结构的应力、应变、振动等数据，同时结合建筑设计图纸、材料性能参数等静态数据，构建起全面的数据集，为后续的智能分析奠定基础。

3.2 智能识别与评估

在高层房屋建筑抗震加固中，智能识别与评估发挥着关键作用。利用先进的传感器技术，如光纤传感器、应变片等，能够实时监测建筑结构在日常使用以及受到微小震动时的反应数据。通过机器学习算法对这些数据进行分析，可以智能识别建筑结构的薄弱部位。例如，支持向量算法可以在高维数据空间中找到一个最优分类超平面，将结构正常状态数据和异常状态数据区分开来，从而精准定位潜在的风险区域。同时，基于深度学习的图像识别技术可以对建筑外观进行检测，快速发现墙体裂缝、混凝土剥落等表面缺陷。在评估方面，人工智能模型结合地震模拟数据，能够对建筑结构在不同地震强度下的响应进行预测评估。通过模拟地震波对建筑结构模型的作用，分析结构的动力特性、变形能力等指标，进而确定建筑结构的抗震性能等级。还可以根据评估结果对建筑结构的剩余使用寿命进行估算，为是否需要抗震加固以及加固的紧急程度提供科学依据。

3.3 智能加固策略优化

人工智能为高层房屋建筑抗震加固策略的优化提供了创新途径。首先，基于数据驱动的优化算法能够在众多加固方案中快速筛选出最优解。例如，遗传算法模拟生物进化过程，通过选择、交叉和变异等操作，在加固材料选择、加固部位确定以及施工工艺规划等方面进行全局搜索。在满足提高抗震性能要求的前提下，尽可能降低加固成本、缩短施工周期。利用人工智能还可以对不同加固方案进行模拟分析。通过建立建筑结构的数值模型，输入不同的加固参数，预测加固后的结构在地震作用下的力学性能变化。比如，在加固框架结构时，分析不同的梁柱加固方式对整体结构刚度和耗能能力的影响。同时，人工智能能够根据建筑结构的实际特点和所处环境条件，个性化定制加固策略^[1]。对于位于地震高发区且地质条件复杂的高层建筑，采用更加强化的基础加固和结构整体性增强措施；而对于普通地区的建筑，则在保证安全性的前提下，优化资源配置，实现加固效果与经济效益的平衡。

3.4 智能反馈与监测

在抗震加固施工过程及后续使用阶段，智能反馈与监测系统至关重要。施工过程中，传感器实时采集加固材料的性能数据、施工工艺参数以及结构实时变化数据，并传输至人工智能分析系统。系统根据预设的标准和模型，对施工质量进行实时评估，一旦发现问题，立即反馈调整建议。例如，如果检测到加固材料的粘结强度不足，系统会提示调整材料配比或施工工艺。在建筑使用阶段，持续的智能监测能够及时发现结构性能的变化。通过对结构振动频率、位移等数据的长期监测，利用时间序列分析等算法，预测结构可能出现的问题。并且，当发生小型地震或其他震动事件后，智能系统能够快速评估结构的受损情况，为后续的维修加固提供决策依据。同时，智能反馈与监测系统还可以与城市地震预警系统相连接，提前获取地震信息，为建筑内人员疏散和采取应急措施争取时间，全方位保障高层房屋建筑在地震作用下的安全性能。

4 实例分析

4.1 案例选取与介绍

本次实例分析聚焦于“绿源高层公寓”项目，该项目位于国内某地震活跃区域，总建筑高度为180米，共50层，采用钢筋混凝土框架-剪力墙结构体系，设计之初遵循了当时最新的抗震设计规范。项目自建成以来，一直是该地区的标志性建筑之一，居住着大量居民。然而，随着近年来地震活动的频发和建筑老化问题的日益凸显，项目的抗震性能逐渐成为关注的焦点。结构特点方面，“绿源高层公寓”采用了大量的钢筋混凝土剪力墙作为主要的抗侧力构件，同时设置了多个核心筒以增强结构的整体稳定性。但部分老旧楼层的梁柱节点开始出现细微裂缝，且部分剪力墙在模拟地震作用下的分析结果中显示出较大的应力集中现象，提示着潜在的抗震性能不足。

4.2 智能抗震加固方案设计

针对“绿源高层公寓”的抗震性能现状，利用人工智能技术进行深入的智能识别与评估。通过无人机搭载的高清相机和激光雷达技术，获得建筑物的高精度三维模型，并利用深度学习算法对图像数据进行分析，识别出了所有裂缝和变形区域的具体位置和严重程度。同时，结合历史地震数据、地质勘探结果以及建筑材料的老化测试报告，构建详尽的结构性能数据库。基于上述信息，设计智能抗震加固方案。方案主要包括以下几个方面：一是针对裂缝密集区域，采用碳纤维布进行加固，以增强其抗裂性能；二是在关键楼层增设预应力支撑，以提高结构的整体刚度和抗震能力；三是对部分应

力集中的剪力墙进行局部加厚或增设暗柱，以分散应力；四是优化梁柱节点的构造设计，采用新型高延性钢材和抗震节点连接技术，以提高节点的承载力和耗能能力。经过初步估算，加固方案的总成本约为项目总价值的3%，远低于重建成本，且施工周期预计为6个月，对居民生活影响较小。同时，利用数值模拟技术对加固后的结构进行了地震反应分析，结果表明加固后的建筑在模拟的强震作用下，各项性能指标均达到了规范要求的水平，预期效果显著。

4.3 加固效果测试与验证

为了验证加固方案的实际效果，我们采用了实验与数值模拟相结合的方法进行测试。在实验方面，选取了加固前后的代表性楼层进行振动台试验，通过模拟地震波的作用，观测并记录结构的振动响应和损伤情况。结果表明，加固后的楼层在振动过程中的加速度峰值显著降低，裂缝扩展得到有效控制，且整体结构稳定性显著提高。同时，还利用先进的数值模拟软件对整栋公寓进行全尺寸的地震反应分析，通过对比加固前后的结构响应数据，进一步验证加固方案的有效性。分析结果显示，加固后的建筑在地震作用下的层间位移角和剪力分配更加合理，关键部位的应力集中现象得到有效缓解，整体抗震性能显著提升。在测试结果的具体分析中，发现碳纤维布的加固效果显著，裂缝区域的抗裂能力明显提升，未出现新的裂缝或裂缝扩大现象。增设的预应力支撑有效分散了地震力，使得关键楼层的位移得到了有效控制，保证结构的整体稳定性。另外，新型高延性钢材和抗震节点连接技术的应用，显著提高梁柱节点的承载能力和延性，增强了结构在地震中的耗能能力，有效防止了节点的破坏。通过对比加固前后的经济成本和施工周期，发现虽然初期投入一定的加固成本，但相比于

重新建设或在未来地震中可能遭受的巨大损失而言，这一投入是非常值得的。同时，6个月的施工周期也相对较短，对居民的日常生活影响较小，通过合理的施工管理和时间安排，可以进一步减少对居民生活的干扰。

然而，在测试过程中也发现了一些需要改进的地方。例如，部分传感器在安装过程中存在位置偏差，导致部分数据存在误差；部分加固材料在施工过程中的质量控制不够严格，需要加强现场管理和质量检查。针对这些问题，提出相应的改进措施和优化建议，包括优化传感器的安装位置和校准方法、加强施工人员的培训和管理、严格控制材料的质量等，以确保在未来的加固项目中能够取得更好的效果。“绿源高层公寓”项目的智能抗震加固方案设计合理、施工有效，通过实验和数值模拟的验证，取得了显著的加固效果。

结束语

综上所述，人工智能技术在高层房屋建筑结构抗震加固中展现出了巨大的潜力和应用价值。它不仅提高了抗震加固的精确性和效率，还推动了建筑行业的智能化发展。随着技术的不断进步，相信未来将有更多创新的人工智能技术应用于抗震加固领域，为人民群众的生命财产安全提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1]黄文勇.基于人工智能的高层房屋建筑结构抗震加固方法研究[J].中国建筑装饰装修,2024(14):69-71.DOI:10.3969/j.issn.1672-2167.2024.14.006.
- [2]马吉福.建筑主结构外部装饰抗震加固方法研究[J].华南地震,2019,39(04):130-135.
- [3]何文福,周莉蓓.联合减震抗震技术在既有剪力墙结构加固中的应用研究[J].工程抗震与加固改造,2018,40(03):135-144.