

建筑施工中抗震加固技术的应用与现场实施研究

杨伟家

440923*****3774

摘要：地震灾害对建筑结构安全的威胁具有突发性与毁灭性，而既有建筑因建设年代久远、设计标准偏低或后期使用功能改变，普遍存在抗震性能不足的问题。建筑施工中的抗震加固技术是提升既有建筑抗御地震灾害能力的关键手段，其应用效果直接关系到人民生命财产安全与社会经济稳定。本文围绕建筑施工中抗震加固技术的应用与现场实施展开系统研究，首先分析了抗震加固的必要性，在此基础上，从传统加固技术与新型加固技术两个维度，详细阐述了常用抗震加固技术的原理、适用范围及技术特点，随后，结合建筑施工的现场环境与技术要求，从施工准备、工艺流程控制、质量检测与验收三个层面，探讨了抗震加固技术的现场实施要点，最后，从技术适应性提升、全过程质量控制及长效性能维护等角度，提出了优化抗震加固技术应用效果的策略。

关键词：建筑施工；抗震加固；既有建筑；加固技术；现场实施；抗震性能

DOI：10.69979/3029-2727.25.12.091

引言

既有建筑在长期使用过程中，因材料老化、结构损伤及功能变更，进一步降低了其抗震能力。抗震加固技术是通过改善既有建筑的结构体系、增强关键构件承载力或耗能能力，从而提升整体抗震性能的专业技术手段。与新建建筑的抗震设计不同，抗震加固需在保证建筑正常使用功能的前提下，针对既有结构的现状特点，选择技术可行、经济合理的加固方案。随着我国城镇化进程的推进与既有建筑存量规模的扩大，抗震加固已成为城市更新与防灾减灾体系建设的重要组成部分。因此，深入研究抗震加固技术的应用与现场实施方法，对保障既有建筑地震安全、推动城市韧性提升具有重要现实意义。

1 建筑施工中抗震加固的必要性

抗震加固是应对既有建筑抗震性能不足的必要手段，其必要性主要体现在以下方面：一是现行规范要求的提升，新版《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）相较于旧版（1989年版），显著提高了地震作用计算参数（如设计基本地震加速度、地震影响系数最大值）与结构抗震构造要求（如梁柱节点箍筋加密区范围、构件延性性能指标），既有建筑若未进行加固，难以满足新规范的抗震设防目标；二是地震灾害的潜在威胁，我国是世界上地震灾害最严重的国家之一，20世纪以来共发生破坏性地震近万次，其中7级以上强震近百次，既有建筑在地震中易发生结构破坏（如梁柱节点失效、墙体

倒塌），导致人员伤亡与财产损失；三是既有建筑的功能延续需求，许多重要公共建筑（如医院、学校、博物馆）及历史保护建筑需长期服役，通过抗震加固可延长其使用寿命，同时保障地震时的基本功能（如医院急诊室的持续运营）。

2 建筑施工中常用抗震加固技术的原理与适用性分析

2.1 传统抗震加固技术

传统抗震加固技术基于成熟的工程经验，通过增强结构构件自身承载力或改善结构传力路径实现抗震性能提升，主要包括增大截面加固、外包钢加固及增设构件加固等方法。增大截面加固是通过在原构件（如梁、柱、墙）表面浇筑新的混凝土或砌筑砖块，增大构件的截面尺寸，从而提高其承载力与刚度。该技术适用于混凝土梁柱的抗弯、抗剪加固及砌体墙的承载力提升，其优点是加固效果直观、材料来源广泛、成本相对较低；缺点是湿作业量大（需支模、养护）、施工周期长（影响建筑正常使用）、增大截面可能占用建筑空间（如降低室内净高）。外包钢加固是通过在混凝土构件（如梁、柱）四周包裹型钢（角钢、钢板），并通过缀板或焊接连接形成整体，利用型钢的高强度特性分担原构件的受力。该技术适用于截面较小但承载力不足的混凝土柱、梁加固，尤其对提高构件的抗压与抗剪能力效果显著；其优点是施工便捷（无需大面积支模）、加固后构件截

面尺寸增加较少（对建筑空间影响小）、短期承载力提升明显；缺点是型钢与原构件的协同工作依赖缀板焊接质量，长期使用中可能因锈蚀降低耐久性，且成本高于增大截面法。增设构件加固是通过在原结构中增加新的抗侧力构件（如抗震墙、支撑），或增设钢筋混凝土圈梁与构造柱，改善结构的整体刚度与传力路径。例如，在砌体结构中增设钢筋混凝土构造柱与圈梁，可形成“弱框架-强围护”体系，提高墙体的整体稳定性；在框架结构中增设剪力墙，可增加结构的抗侧移刚度，减小地震作用下的层间位移。该技术适用于结构体系冗余度不足的既有建筑，其优点是能从根本上改善结构体系缺陷；缺点是需对原结构进行局部拆除（如开辟构造柱安装空间），施工干扰较大^[1]。

2.2 新型抗震加固技术

新型抗震加固技术基于材料科学与结构动力学的发展，通过引入高性能材料或耗能装置，实现更高效的抗震性能提升，主要包括粘贴碳纤维复合材加固、粘钢加固及消能减震加固等方法。粘贴碳纤维复合材加固是通过在混凝土构件表面粘贴碳纤维布或碳纤维板，利用碳纤维材料的高强度（抗拉强度约为普通钢材的5-10倍）、轻质（密度仅为钢材的1/4）及耐腐蚀特性，提高构件的抗弯、抗剪与抗拉能力。该技术适用于梁、板、柱等构件的抗弯加固（如提高梁的跨中承载力）及抗剪加固（如增强柱的斜截面抗剪能力），其优点是施工简便（无需湿作业，仅需表面处理后粘贴）、自重增加小（几乎不影响建筑使用功能）、耐久性好（碳纤维材料抗腐蚀性强）；缺点是对原构件表面质量要求高（需彻底清除疏松混凝土）、碳纤维与混凝土的粘结耐久性受环境湿度影响，且主要适用于承载力轻度不足的构件。粘钢加固是通过在混凝土构件表面粘贴钢板，利用钢板的高强度特性分担原构件的受力，提高构件的抗弯、抗剪与抗压能力。该技术与粘贴碳纤维复合材加固原理类似，但钢板材料成本较低、适用范围更广（可用于承载力中度不足的构件），其优点是加固效果显著（钢板可提供较大的截面增量）、施工工艺成熟；缺点是钢板易锈蚀（需进行防腐处理）、自重增加较明显（可能影响建筑局部荷载），且湿作业量相对较大（需涂抹结构胶并加压固定）。消能减震加固是通过在结构中设置消能器（如黏滞阻尼器、金属阻尼器、摩擦阻尼器），利用消能器的耗能特性吸收地震能量，降低结构构件的地震

响应。该技术适用于地震烈度较高区域或既有建筑抗震性能严重不足的情况，其优点是通过“柔性耗能”理念保护主体结构（减少梁柱节点的损伤），显著提高结构的抗震韧性；缺点是消能器的设计需精确计算（需根据地震作用特性选择类型与布置位置）、后期维护要求较高（需定期检查消能器的工作状态），且初始投资成本较高。

3 建筑施工中抗震加固技术的现场实施要点

3.1 施工准备阶段的关键工作

现场实施的首要环节是充分的施工准备，包括结构检测评估、加固方案优化及材料性能控制。结构检测评估需通过现场勘查（如检查砌体风化程度、混凝土碳化深度）、仪器检测（如采用回弹法测定混凝土强度、超声波检测墙体密实性）及结构计算分析（如基于检测结果验算构件承载力），全面掌握既有建筑的结构现状与抗震性能缺陷，为加固方案提供数据支撑。加固方案优化需结合检测结果与现场条件（如空间限制、使用功能需求），在满足抗震规范要求的前提下，选择技术可行、经济合理的加固方法。例如，对于空间受限的室内梁柱加固，优先选用粘贴碳纤维复合材或粘钢加固；对于需要显著提高抗侧移刚度的框架结构，可考虑增设剪力墙或消能支撑。方案设计需明确加固范围、构件处理要求（如原构件表面凿毛深度）、施工顺序（如先加固基础再处理上部结构）及关键节点构造（如碳纤维布与混凝土的粘贴锚固方式）。材料性能控制是确保加固质量的基础，需严格检验加固材料的质量证明文件（如碳纤维布的抗拉强度检测报告、结构胶的粘结性能试验数据），并按规范要求进行抽样复检（如结构胶的劈裂抗拉强度、钢板的屈服强度）。对于湿作业材料（如混凝土、砂浆），需根据现场环境温度调整配合比（如冬季施工添加早强剂），确保材料的工作性能与硬化后的强度符合设计要求^[2]。

3.2 工艺流程控制的核心环节

抗震加固的工艺流程需严格遵循技术规范与设计方案，重点控制以下核心环节：一是原构件处理，包括混凝土表面的凿毛（去除疏松层至露出新鲜骨料）、砌体墙体的灰缝清理（剔除松动砂浆）、钢材表面的除锈（采用喷砂或钢丝刷处理至金属光泽），处理后的表面需充分湿润（混凝土）或干燥（钢材）以满足粘结要求；

二是加固材料施工,如增大截面法需控制新浇混凝土的振捣密实度(避免蜂窝麻面)、粘贴碳纤维复合材需确保胶体涂抹均匀(无气泡空鼓)、外包钢加固需保证缀板焊接质量(焊缝饱满且符合设计长度);三是节点构造处理,梁柱节点需重点加强箍筋配置(满足加密区要求)、新旧混凝土界面需设置抗剪键(如植入短钢筋),确保加固部分与原结构协同工作;四是施工顺序协调,对于多层建筑,需遵循“从下至上”或“先加固关键构件(如底层柱)再处理次要构件(如上层梁)”的原则,避免因施工顺序不当导致结构受力失衡。

3.3 质量检测与验收的保障措施

施工完成后需通过系统的质量检测与验收确保加固效果,检测内容包括材料性能验证(如碳纤维布的实际抗拉强度、结构胶的粘结强度)、构件承载力检验(如通过加载试验测试加固梁的抗弯能力)、整体结构抗震性能评估(如采用动力特性测试对比加固前后的结构自振频率)。验收需依据《建筑抗震加固技术规程》(JGJ116-2009)等规范,对加固范围、构造措施、材料质量及施工记录进行全面核查,确保各项指标符合设计要求与抗震标准。

4 建筑施工中抗震加固技术应用的优化策略

4.1 提升技术适应性

抗震加固技术的选择需充分考虑既有建筑的结构特点、使用功能及环境条件,提升技术的针对性与适应性。例如,对于历史保护建筑,优先选用对原结构损伤小、外观影响低的加固方法(如粘贴碳纤维复合材);对于高湿度环境(如沿海地区),需选用耐腐蚀性强的材料(如环氧涂层钢筋、耐候型结构胶);对于地震烈度差异显著的地区,应根据当地设防烈度调整加固标准^[3]。

4.2 强化全过程质量控制

抗震加固的质量保障需贯穿设计、施工及运维全过程。设计阶段需进行多方案比选与抗震计算验证,确保加固方案的合理性;施工阶段需加强现场管理(如材料进场检验、工艺流程监督),严格执行技术交底与质量验收制度;运维阶段需建立定期检查机制(如每5年评

估加固构件的工作状态),及时发现并处理可能出现的材料老化或连接节点松动问题。

4.3 注重长效性能维护

抗震加固的长效性依赖于材料的耐久性与连接的可靠性,需通过维护措施延长加固效果的使用寿命。例如,对于暴露于室外的加固构件(如外墙粘贴的碳纤维布),需定期检查表面防护层(如涂料层)的完整性,防止紫外线老化;对于湿作业加固部分(如新增混凝土),需加强裂缝监测(如采用裂缝观测仪),及时修补收缩裂缝以避免钢筋锈蚀;对于消能器等耗能装置,需定期检测其工作性能(如阻尼力衰减情况),必要时进行更换以确保消能效果^[4]。

5 结论

建筑施工中抗震加固技术的应用与现场实施是提升既有建筑抗震性能、保障人民生命财产安全的关键环节。本文系统分析了抗震加固的必要性及既有建筑抗震性能不足的主要表现,从传统技术与新型技术两个维度阐述了常用抗震加固方法的原理与适用性,结合现场施工环境探讨了技术实施的准备、流程控制及质量验收要点,并提出了优化技术应用效果的策略。研究表明,科学选择加固技术、严格把控现场实施过程、强化全过程质量控制,可有效提升既有建筑的抗震韧性,为城市防灾减灾体系建设提供重要支撑。未来,随着新材料与新技术的不断发展(如智能材料的应用、数字化加固设计),抗震加固技术将向更高效、更精准的方向发展,为既有建筑的长期安全服役创造更有利条件。

参考文献

- [1] 刘雲鹏.老旧小区砖瓦结构抗震加固施工技术研究[J].住宅与房地产,2025(4):64-66.
- [2] 马凤燕,田时雨.广州市老旧小区结构抗震加固技术应用研究[J].广州建筑,2024,52(5):7-10.
- [3] 丁斯阳.老旧小区砖混结构抗震加固施工技术研究[J].工程机械与维修,2023(5):98-100.
- [4] 项炳泉,李瑞林,徐丹,等.既有建筑结构抗震加固技术研究综述[J].安徽建筑,2024,31(10):43-47,54.