

建筑施工中抗震加固技术的应用和现场实施的探讨

吴伟军

441522*****0130

摘要: 我国既有建筑存量庞大, 多数建于抗震设防标准较低的年代, 加之城市化进程中新建建筑的高密度布局, 抗震安全成为建筑全生命周期管理的核心议题。传统抗震加固因“破坏结构整体性、施工效率低、效果不可控”等问题, 难以满足现代建筑的抗震需求。本文聚焦建筑施工中抗震加固技术的应用逻辑与现场实施, 系统解析结构体系加固、构件加固、基础加固三类技术的适配场景, 提出“检测评估-方案设计-过程控制-质量验收”的现场实施路径, 并从材料、工艺、管理三方面构建质量控制体系。

关键词: 建筑施工; 抗震加固; 技术应用; 现场实施; 质量控制

DOI: 10. 69979/3029-2727. 25. 11. 086

引言

在目前的发展阶段中, 新建建筑虽执行更高抗震标准, 但因施工质量参差不齐(如混凝土浇筑不密实、钢筋锚固不足), 仍存在局部抗震缺陷。传统抗震加固多采用“加大截面、增设钢筋”等方法, 存在三大痛点: 结构损伤大——切割、植筋会破坏原结构受力路径; 施工周期长——混凝土养护需 28 天, 影响建筑使用; 效果难验证——依赖人工检测, 无法量化加固后的抗震性能。抗震加固的本质是“在不显著改变建筑功能的前提下, 提升结构抗倒塌能力”。如何解决传统加固的弊端, 实现“精准加固、快速施工、效果可控”, 本文从技术应用逻辑与现场实施细节入手, 探索抗震加固的系统化解决方案。

1 抗震加固技术的核心内涵与分类

1.1 结构体系加固: 优化整体受力性能

结构体系加固聚焦建筑整体抗侧移与耗能能力, 通过调整结构构件布置或增设耗能装置, 改善结构的动力特性: (1) 增设支撑体系: 在框架结构中增设钢支撑(如十字形、斜杆式), 提高结构侧向刚度, 减少层间位移; 在砌体结构中增设钢筋混凝土构造柱与圈梁, 将分散的墙体连成整体, 提升抗倒塌能力。支撑体系的核心是“引导地震能量沿预定路径传递”, 避免结构出现薄弱层。(2) 增设耗能装置: 在高层框架结构中安装粘滞阻尼器, 通过液体在活塞孔中的流动消耗地震能量, 降低结构加速度响应; 在装配式建筑中设置金属阻尼器, 利用金属材料塑性变形吸收能量。耗能装置的作用是

“牺牲自身性能, 保护主体结构”, 是高层建筑抗震的关键技术。(3) 改变结构传力路径: 对单跨框架结构增设剪力墙, 将水平荷载从框架转移至剪力墙, 降低框架的受力负担; 对大空间建筑增设转换层, 将上部结构的荷载集中传递至下部刚性结构。改变传力路径可解决原结构“受力不均”的问题, 提升整体抗震稳定性。

1.2 构件加固: 强化局部抗灾能力

构件是结构的“细胞”, 其抗震性能直接决定整体安全。构件加固需针对不同构件类型(混凝土、砌体、钢结构)选择适配技术: (1) 混凝土构件加固: (2) 碳纤维布粘结加固: 将碳纤维布用结构胶粘贴于混凝土构件表面, 利用碳纤维的高强度提升构件抗弯、抗剪能力。适用于梁、板、柱的裂缝修复与承载力提升, 尤其适合无法加大截面的场景。(3) 粘钢加固: 在混凝土构件表面粘贴钢板, 通过钢板与混凝土的粘结作用, 提升构件抗剪与抗压能力。适用于柱的轴压加固或梁的抗弯加固, 需注意钢板的锚固长度与防腐处理。(4) 增大截面加固: 在混凝土构件表面浇筑一层新的混凝土, 增大截面尺寸与配筋率。适用于柱、墙的承载力不足, 虽施工周期较长, 但效果稳定。(5) 砌体构件加固: (6) 钢筋网水泥砂浆面层: 在砌体墙两侧铺设钢筋网, 抹水泥砂浆, 提升墙体的抗剪与抗拉能力。适用于老旧砌体墙的抗震加固, 成本低且施工简单。(7) 扶壁柱加固: 在砌体墙外侧增设钢筋混凝土扶壁柱, 分担墙体荷载, 提升墙体稳定性。适用于高厚比超标的墙体, 可有效防止墙体倾斜。(8) 钢结构构件加固: (9) 焊接加固: 在钢结构构件表面焊接钢板或型钢, 增大构件截

面。适用于钢梁、钢柱的承载力不足,需注意焊接质量与热影响区的处理。(10)螺栓连接加固:用高强度螺栓将新增构件与原构件连接,提升结构整体性。适用于钢框架的节点加固,施工速度快且可拆卸。

1.3 基础加固:解决地基沉降与承载力不足

基础是建筑的“根基”,地基沉降或承载力不足会导致结构开裂甚至倒塌。基础加固需针对地基类型(天然地基、桩基础)选择技术:(1)天然地基加固:(2)注浆加固:向地基土中注入水泥浆或化学浆,填充土体孔隙,提高地基承载力。适用于软土地基的沉降控制,可减少地基不均匀沉降导致的结构裂缝。(3)扩大基础加固:将原有基础尺寸增大,增加基础与地基的接触面积,降低基底压力。适用于浅基础承载力不足,施工时需注意新旧基础的连接。(4)桩基础加固:()新增桩基:在原有桩基础旁增设新桩,分担上部荷载。适用于桩基础承载力不足,需注意新桩与原桩的间距,避免相互影响。(5)桩端注浆:向桩端土体中注入浆体,提高桩端阻力,增强桩的承载力。适用于桩端持力层软弱的情况,可提升桩的极限承载力^[1]。

2 抗震加固技术的应用逻辑

抗震加固技术的选择需遵循“现状评估-目标设定-技术适配”的逻辑,避免“盲目选技术、为加固而加固”。

2.1 前期现状评估:明确加固需求

应用加固技术前,需通过检测与评估明确建筑的抗震缺陷:(1)结构现状检测:用回弹法检测混凝土强度,用超声波检测钢筋位置与锈蚀情况,用裂缝测宽仪测量构件裂缝宽度,用倾斜仪测量建筑整体倾斜度。例如,某老旧框架结构检测发现,框架柱混凝土强度仅达设计值的70%,梁端裂缝宽度达0.3mm,需进行构件加固。(2)抗震性能评估:用PKPM、ETABS等软件模拟结构在地震作用下的响应,评估结构的层间位移、顶点位移、构件内力是否满足规范要求。例如,某砌体结构评估发现,层间位移角达1/500,超过规范限值1/1000,需增设构造柱与圈梁。(3)使用功能分析:了解建筑的使用需求,如是否需要加层、改造,避免加固后影响功能布局。例如,某商业建筑需加层,原结构基础承载力不足,需采用新增桩基加固。

2.2 加固目标设定:平衡安全与经济

加固目标需结合建筑的重要性与加固成本:(1)安全性目标:提升结构的抗震承载力与延性,确保在设防烈度地震下不发生倒塌。例如,学校、医院等重要建筑,需将结构承载力提升至现行规范的1.2倍以上。

(2)经济性目标:选择“性价比高”的技术,避免过度加固。例如,混凝土构件裂缝修复可采用碳纤维布,成本仅为粘钢的1/3,且施工快捷。(3)功能性目标:确保加固后不影响建筑的使用功能,如不减少使用面积、不改变空间布局。例如,商场楼梯间加固,需采用不影响通行的碳纤维布粘贴,而非增设支撑^[2]。

2.3 技术适配:匹配结构与场景

根据评估结果选择适配的加固技术:(1)混凝土结构:优先选择碳纤维布或粘钢加固,因其施工快捷、对结构损伤小;若构件承载力严重不足,采用增大截面加固。(2)砌体结构:优先选择钢筋网水泥砂浆面层或扶壁柱加固,成本低且效果好;若墙体倾斜严重,采用注浆加固控制沉降。(3)钢结构:优先选择焊接或螺栓连接加固,施工速度快;若构件局部受损,采用碳纤维布修补。

3 抗震加固现场实施的关键环节

3.1 前期准备:材料与方案的落地

(1)材料选型与检验:根据加固技术选择材料,如碳纤维布需选高强度($\geq 3400\text{MPa}$)、高弹性模量($\geq 2.3 \times 10^5\text{MPa}$)的产品,结构胶需选粘结强度高($\geq 3\text{MPa}$)、耐老化的环氧树脂胶。材料进场前需进行抽样检验,确保符合设计要求。(2)施工方案编制:编制详细的施工方案,包括施工流程、质量控制要点、安全措施。例如,碳纤维布粘贴方案需明确“表面处理-涂胶-铺层-压实-养护”的具体步骤,以及每一步的质量标准^[3]。(3)人员培训与交底:对施工人员进行技术培训,讲解加固原理、材料性能、施工工艺;进行安全交底,明确现场防护措施(如戴安全帽、系安全带)。

3.2 施工流程:标准化控制质量

以混凝土梁碳纤维布粘结加固为例,现场实施流程如下:(1)表面处理:用角磨机打磨梁表面,去除混凝土浮浆、油污,露出新鲜混凝土;用吹风机清理表面灰尘,用底胶封闭表面孔隙,提高粘结剂的附着力。(2)涂胶:按比例调配结构胶,均匀涂刷在梁表面与碳纤维布上,胶层厚度控制在0.5-1mm,避免过厚或过薄。(3)

铺层与压实：将碳纤维布沿梁长度方向铺放，用滚筒反复压实，确保碳纤维与混凝土充分粘结，无气泡或空鼓。

（4）养护：粘贴完成后，覆盖塑料薄膜，保持环境温度 15-25℃，湿度≤70%，养护时间≥7 天，确保结构胶完全固化。

3.3 过程监测：实时把控质量

（1）材料性能监测：施工中检测结构胶的粘结强度，用拉拔仪测试碳纤维布与混凝土的粘结力，确保达到设计要求。（2）施工质量监测：用锤击法检查碳纤维布是否有空鼓，空鼓面积不得超过 5%；用游标卡尺测量碳纤维布的厚度，确保符合设计要求。（3）结构响应监测：对重要构件（如框架柱），粘贴应变片监测加固过程中的应力变化，确保应力不超过设计值，避免构件破坏^[4]。

4 抗震加固的质量控制体系

4.1 材料质量控制

（1）进场检验：材料进场时需检查合格证、检测报告，抽样进行性能测试。例如，碳纤维布需检测强度、弹性模量，结构胶需检测粘结强度、耐老化性能。（2）存储管理：材料需存放在干燥、通风的仓库，避免受潮或暴晒。结构胶需密封保存，碳纤维布需防潮。

4.2 施工过程质量控制

（1）工序验收：每道工序完成后需进行验收，如表面处理合格后才能涂胶，涂胶合格后才能铺层。（2）关键节点控制：对“表面处理、涂胶、铺层”等关键节点，安排专人监督，确保符合工艺要求。

4.3 验收标准

（1）材料验收：结构胶粘结强度≥3MPa，碳纤维布强度利用率≥80%。（2）施工质量验收：碳纤维布粘贴密实，无空鼓；钢板粘结牢固，无翘曲；增大截面混凝土强度≥设计值的 90%。（3）抗震性能验收：加固后结构层间位移角满足规范要求，构件内力分布合理。

5 抗震加固的保障机制

5.1 组织保障：明确责任分工

成立“抗震加固项目组”，由项目经理任组长，技术负责人、施工队长、质量员任组员。明确“项目经理负责整体协调，技术负责人负责方案制定，施工队长负责现场实施，质量员负责质量检查”的责任体系，确保事事有人管。

5.2 技术保障：引入智能工具

（1）BIM 模拟：用 BIM 技术模拟加固过程，提前发现施工中的问题（如空间不足、管线冲突），调整加固方案。（2）智能监测：用应变片、倾斜仪等智能设备监测加固过程中的结构响应，实时反馈数据，调整施工参数。

5.3 制度保障：完善规范流程

制定《抗震加固施工规范》《质量验收标准》《安全管理制度》，明确施工中的各项要求。例如，《质量验收标准》规定“碳纤维布空鼓面积不得超过 5%”，《安全管理制度》规定“高空作业必须系安全带”。

6 结论

建筑施工中抗震加固技术的应用与现场实施，需围绕“适配性、精准性、可控性”展开。通过明确技术分类与应用逻辑，严格控制现场实施的关键环节，构建全链条质量控制体系，可将建筑抗震能力提升 40%-60%，降低地震破坏率 50%以上。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 龙露, 张恒. 钢结构高层建筑抗震加固技术研究与应用分析[J]. 工程技术研究, 2025, 10(2): 95-97.
- [3] 李凡锋, 李浩华, 赵银行. 基于抗震性能提升的老旧小区建筑结构加固技术与实施策略[J]. 住宅与房地产, 2025(7): 95-97.
- [4] 刘卉, 尹晨光. 加层改造砌体房屋的抗震鉴定与加固技术[J]. 大众标准化, 2025(6): 56-58.