

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：（1）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：将碳纤维布铺贴在梁表面，确保平整无褶皱，用滚筒压实，使胶液充分浸透纤维。

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 $15\text{--}25^{\circ}\text{C}$ ，湿度 $\leq 70\%$ ，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 $\geq 3\text{MPa}$ ，碳纤维布强度利用率 $\geq 80\%$ 。（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 \geq 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》《安全管理规定》，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%”，《安全管理规定》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.