

老旧建筑结构加固改造工程中常见问题与技术对策探讨

卓庆¹ 欧雨玄² 卓彬³

1. 中南林业科技大学, 湖南 长沙 410000
2. 毕节工业职业技术学院, 贵州 毕节 551700
3. 湖南湖大建设监理有限公司, 湖南 长沙 410000

[摘要] 由于城市化进程不断深入, 老旧建筑结构加固改造这个情况已经成为城市更新核心任务。文章系统探讨了老旧建筑加固改造中的关键技术、常见问题及优化策略那个方面。重点分析了钢-混凝土组合加固技术、加大截面加固、纤维复合加固等核心技术的原理、适用性与局限性, 并详述了梁斜截面承载力计算方法。针对空间功能优化、电梯加装、地基处理等专项改造措施提出了具体方案。深入剖析了隐蔽缺陷检测、新旧材料协同、施工期安全保障及历史建筑保护冲突等实施难点, 最后提出 BIM 技术辅助设计、基于性能的抗震加固、模块化装配施工及全生命周期成本控制等优化策略, 为工程实践提供理论支撑。

[关键词] 老旧建筑; 结构加固; 电梯加装

DOI: 10.33142/sca.v8i7.17153

中图分类号: TU746

文献标识码: A

Discussion on Common Problems and Technical Countermeasures in the Reinforcement and Renovation of Old Building Structures

ZHUO Qing¹, OU Yuxuan², ZHUO Bin³

1. Central South University of Forestry & Technology, Changsha, Hunan, 410000, China
2. Bijie Industry Polytechnic College, Bijie, Guizhou, 551700, China
3. Hunan Huda Construction Supervision Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410000, China

Abstract: Due to the continuous deepening of urbanization, the reinforcement and renovation of old building structures have become the core task of urban renewal. The article systematically explores the key technologies, common problems, and optimization strategies in the reinforcement and renovation of old buildings. The principle, applicability, and limitations of core technologies such as steel-concrete composite reinforcement, enlarged section reinforcement, and fiber composite reinforcement were analyzed in detail, and the calculation method for the bearing capacity of beam oblique sections was elaborated. Specific plans have been proposed for special renovation measures such as optimizing spatial functions, installing elevators, and treating foundations. In depth analysis was conducted on the implementation difficulties of hidden defect detection, coordination of new and old materials, safety assurance during construction, and conflicts in historical building protection. Finally, optimization strategies such as BIM technology assisted design, performance-based seismic reinforcement, modular assembly construction, and full lifecycle cost control were proposed to provide theoretical support for engineering practice.

Keywords: old buildings; structural reinforcement; elevator installation

我国大量建于上世纪的老旧小区普遍面临建筑结构老化、功能缺失及抗震性能不足这些突出的问题。城镇住宅中相当比例的建筑使用年限较长, 其砂浆强度处于较低水平, 部分构件承载力不满足现行规范要求。老旧建筑改造这个系统工程需要兼顾结构安全提升、使用功能优化以及历史风貌保护, 这个平衡不容易搞好。当前工程实践中, 既存在检测技术局限, 如隐蔽缺陷识别困难、施工扰动风险, 也面临新旧材料协同工作性能控制这个技术瓶颈。

1 住宅建筑结构加固关键技术

1.1 钢-混凝土组合加固技术

该技术通过外贴钢板或外包角钢、槽钢并与原混凝土构件通过结构胶及抗剪连接件协同工作, 显著提升构件承载力 30%~50%和刚度。其核心优势在于施工便捷、对空

间占用小且承载力提升效果显著, 广泛应用于梁、柱、节点的加固。

根据受力需求选择钢板厚度通常 4~12mm 或型钢规格如 L75×6, [10 槽钢。采用抗拉强度 $\geq 30\text{MPa}$ 得高强结构胶粘贴, 并辅以间距 300~500mm 的化学锚栓或贯穿螺栓进行机械锚固, 确保有效传力。原混凝土表面进行凹凸差 $\geq 4\text{mm}$ 的凿毛处理并涂刷界面剂。钢构件表面喷 Sa2.5 级的砂除锈, 并涂刷 $\geq 80\mu\text{m}$ 的环氧富锌底漆+ $\geq 100\mu\text{m}$ 的环氧云铁中间漆+ $\geq 80\mu\text{m}$ 的聚氨酯面漆, 做三重防腐体系。特别适用于需大幅提升承载力且空间受限的梁柱节点、大跨度梁加固。对节点处理精度要求高, 防火处理需外包防火板或涂刷防火涂料, 成本较高, 且外露钢构件在历史风貌保护区应用受限。

1.2 加大截面加固技术

通过显著地扩大构件截面面积并同步增设钢筋网这个方式,可以有效地直接提升结构刚度与承载能力这个核心目标,该技术特别适用于梁柱承载力不足需要进行改造的那个场景。主要实施方法具体包括以下两个重要方面:①覆盖式钢筋加固:在原有梁表面焊接较高强度级别的附加纵筋,然后浇筑较高强度等级的细石混凝土材料;②横向增强:采用钢板箍或碳纤维布材料紧密地包裹柱端部位,以此提升其抗剪能力(如图2、图3所示)。设计时需验算新旧混凝土界面剪切应力,界面抗剪强度不应低于1.5MPa。需注意,截面增大会导致结构自重增加10%~20%,需同步复核地基承载力。因此,在采用该技术时,全面评估其对整体结构的影响是至关重要的那个环节。

工程应用实例:该技术在老旧建筑柱体抗震加固中具有显著效果。例如,在XXXX中学教学楼加固方案,针对一层C~D轴交3~5轴共6个框架柱轴压比严重超标(实测最大轴压比1.04,超出三级抗震规范限值0.85)且配筋不足(计算需16cm²/边,实际仅10cm²/边)的问题,采用专项加固措施:

(1) 先拆除影响施工的内隔墙,提供操作空间;

(2) 根据加固设计方案的要求进行柱加固外尺寸放线定位;

(3) 采用全钢板箍包裹加固:在柱体四周焊接封闭钢板箍形成约束体系,显著提升混凝土约束效应和抗剪承载力,最终使轴压比和配筋率满足抗震要求。

此案例体现了加大截面加固技术(特别是横向增强措施)在解决柱体抗震性能不足问题中的直接有效性。

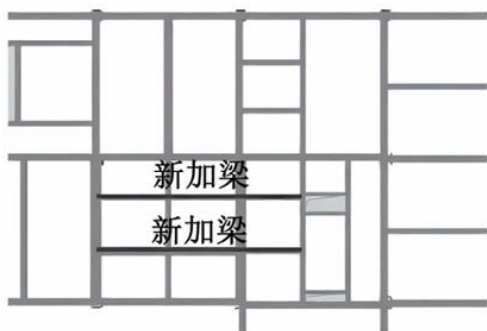


图2 新加混 546 混凝土梁



图3 增大截面加固

1.3 纤维复合加固技术

具有高强轻质和优良耐腐蚀特性得碳纤维布与玻璃纤维材料,成为进行非侵入式加固时较为理想的材料选择。施工流程需要严格遵循一个特定的多步骤操作方法:基面处理得平整→涂刷环氧底胶→浸润树脂并粘贴纤维布→滚压以除去气泡→在常温条件下进行充分的固化。该技术对原有结构的扰动相对较小,是一个明显的优点。但是,大家知道,当环境温度低于某个临界值时,树脂的固化效果会变得不够理想,并且在长期湿热环境作用这个条件下,存在发生脱黏现象的风险。

工程应用实例:该技术在老旧建筑裂缝修复与承载力补强中应用广泛且效果显著。例如,在XXXX中学实验楼加固方案,针对检测发现的次梁混凝土强度偏低(大部分在C20左右,低于原设计C30)导致在受剪较大支座附近出现斜裂缝的问题,制定了专项加固方案,该方案的核心措施是:

(1) 对裂缝采取低压慢注法进行注胶修复,封闭裂缝恢复整体性;

(2) 根据加固设计方案的要求,做好梁截面尺寸的控制线;

(3) 采用粘贴碳纤维布(300g,级布)进行加强处理,具体参数为。

碳纤维布粘贴宽度:以裂缝为中心向两侧各延伸200mm。

碳纤维布粘贴长度:沿裂缝方向两侧各延伸200mm。

梁侧面处理:采用U形粘贴方式包裹梁侧面和底面。

板裂缝处理方式与梁相同此案例充分体现了纤维复合加固技术扰动小、施工便捷、能有效提升构件抗剪性能的特点,适用于对已出现损伤且强度不足构件的修复与补强。

1.4 梁斜截面承载力加固计算

在梁类构件的加固设计过程中必须充分考虑其在受弯状态下的正截面和斜截面承载性能。承载力的计算是基于构件在极限状态下的截面性能进行的,根据《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367—2006)的相关规定,对斜截面的加固计算涉及在受拉区域增加钢筋混凝土层,通过U型箍筋与原有箍筋焊接,以确保斜截面的受剪承载力达到以下要求:

$$V \leq \alpha_c [f_t b h_0 + \alpha_f b (h_0 - h_{a0})] + f_{y0} \frac{A_{sv0}}{s_0} h_0 \quad (1)$$

其中, $\alpha_c=0.7$, 斜截面混凝土受剪系数, $\alpha_f=0.7$, f_t 为混凝土抗拉强度设计值, f_{y0} 为原箍筋抗拉强度, A_{sv0} 为单截面原箍筋总面积, s_0 为箍筋间距。同时必须满足构造条件:当截面高宽比 $h_a/b \leq 4$ 时,限制 $V \leq 0.25\beta_c f_c b h_0$ ($\beta_c=1.0$);当 $h_a/b \geq 6$ 时, $V \leq 0.20\beta_c f_c b h_0$;中间值采用线性插值。

根据给定的混凝土构件参数 $b=675\text{mm}$, $h_0=750\text{mm}$, $f_t=1.43\text{N/mm}^2$, $f_c=1.71\text{N/mm}^2$, $A_{sv0}=314\text{mm}^2$, $f_{y0}=360\text{N/mm}^2$,

$s_0=100\text{mm}$ 时, 计算得承载力限值 1386.5kN , 构造限值 2417.34kN , 当实际剪力 970kN 时双条件均满足。

2 结构改造专项措施

2.1 空间功能优化改造措施

老旧建筑内部空间布局常常存在不够合理的情况, 例如不同结构体系并存这个复杂问题, 需要通过有效的改造策略来提升其使用功能。核心的改造方法主要包括以下几个方面: 首先是拆除非承重隔墙, 这个操作能够释放空间, 然后采用轻钢龙骨石膏板这种材料体系来重建更为灵活的空间划分, 以满足现代生活需求^[1]。其次是整合功能区域, 具体做法例如将相邻的小户型单元进行合并, 同时增设公共活动区域, 这个方式可以显著改善居住品质和社区互动。最后是采光优化措施, 通过扩大原有窗口的尺寸这个手段来增加自然光照, 但需要特别注意在洞口顶部增设钢筋混凝土过梁这个关键步骤, 以确保结构安全, 搞不好要出事特别是采光优化时洞口开得太大。

2.2 电梯井加装方案与受力分析

为老旧建筑加装电梯需要重点解决新增荷载如何有效传递以及如何确保新增结构与原结构能够协同工作这个核心难题。如图 4 所示所采用的关键技术。首先, 采用独立基础结合滑动连接这个系统方案, 具体是电梯井采用钢框架结构, 并将其支承于独立的筏形基础之上, 然后在电梯井道与原建筑结构之间设置宽度为 50mm 的变形缝, 最后在顶部通过摩擦系数不超过 0.05 的滑移支座进行连接, 这个连接方式允许一定程度的相对位移。其次, 需要清晰地设计荷载传递路径, 确保电梯运行产生的动荷载, 其标准值为 2.0kN/m^2 , 能够通过专门设置的 H 型钢梁有效地传递至新增的独立基础, 这个设计要点至关重要, 因为它可以最大程度地避免对原有条形基础造成附加的不均匀沉降问题, 从而保障整体结构的安全稳定^[2]。因此, 在电梯加装工程中, 精确的受力分析和可靠的连接构造是确保成功实施不可或缺的那个环节, 这个环节搞不好容易出问题。

2.3 型钢框架门施工步骤与节点处理

当对老旧建筑的门窗洞口进行扩大改造后, 必须采用型钢边框对其进行结构补强这个必要的加固措施, 以确保开口周边的承载力和稳定性。首先是在扩大后的洞口两侧埋设规格为 $L50\times 5$ 的等边角钢, 然后使用尺寸为 40mm 宽、 3mm

厚的缀板, 按照间距 500mm 的布置要求, 将角钢焊接成稳固的边框框架。其次是采用抗拔力不低于 25kN 的 M10 化学锚栓, 将焊接好的型钢框架牢固地锚固进入原有砌体墙体内部, 这个锚固步骤的可靠性直接关系到加固效果。最后是在型钢框架与周围砖墙之间存在的间隙内, 灌注强度等级为 C30 的膨胀性细石混凝土进行填充密实, 这个填充过程需要确保密实无空洞, 密实度不够会严重影响最终效果。

2.4 地基与基础加固技术

在老旧建筑改造项目中, 经常会遇到施工现场空间狭小这个限制条件, 例如周边环境不允许进行大范围的边坡开挖作业, 此时就需要选择适用的地基与基础加固技术。①是使用小直径静压钢管桩, 其规格通常为外径 219mm 、壁厚 6mm 、材质 Q235B 的钢管桩, 并且要求单桩的竖向承载力特征值不低于 150kN , 这种桩型具有施工扰动小和承载力可靠的特点。②是对钢管桩进行完善的防腐处理, 具体做法是涂刷环氧底漆作为底层, 再覆盖云铁中间漆, 最后施作聚氨酯面漆, 形成三重防护体系, 这个防腐处理对于提高桩基的耐久性至关重要^[3]。③是针对基础下方存在杂填土等不良土层的情况, 采用级配良好的碎石进行置换处理, 并且要求换填后土层的压实系数达到 0.97 以上, 以确保地基的均匀性和承载力, 均匀性不好会影响上部结构安全。

3 老旧建筑结构加固改造工程实施难点

3.1 既有结构隐蔽缺陷检测难题

老旧建筑内部孔洞、钢筋锈蚀这类问题, 常常难以通过常规检测准确识别, 这个情况有潜在风险。解决这个情况需要联合应用红外热成像与冲击回波法探测空鼓区域, 并且利用电磁感应仪检测钢筋分布, 要求误差控制在不大于正负 3mm 范围内, 这个精度对后续设计很重要。准确探明缺陷是确保安全的前提, 必须投入资源选择合适的检测手段。

3.2 新旧材料协同工作性能控制

新旧材料界面特别是混凝土界面, 非常容易出现剪切滑移, 严重影响加固效果。控制这个风险需要严格措施: 对原有混凝土表面进行凿毛处理, 凹凸差不小于 4mm , 然后涂刷界面剂增强黏结力; 增设直径 10mm 的抗剪销钉, 间距 300mm 植入, 提高抗剪能力。新旧材料协同工作是关键因素, 必须把控界面质量和销钉安装这个环节。

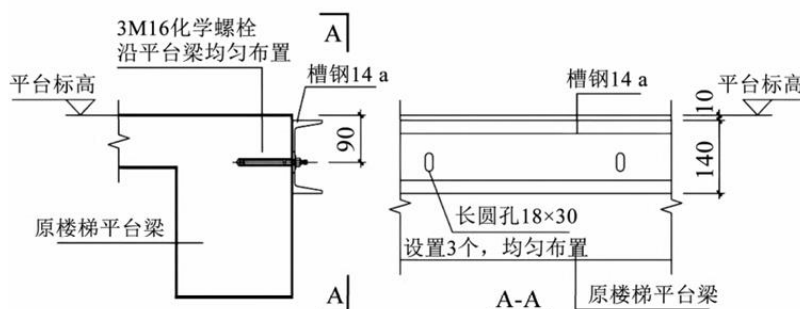


图 4 电梯井走道钢梁与原结构滑动连接

3.3 施工期间结构安全稳定性保障

加固改造施工过程本身可能对原有结构造成二次损伤,这个风险点必须得到充分重视和有效控制。为了保障施工期间的结构安全稳定,需要实施两方面的核心保障措施:第一是建立全过程监测系统,对结构的位移、裂缝等关键指标进行实时监控,并且将位移预警值设定为相关规范规定限值的百分之七十,例如控制侧向位移不超过29.4mm,这个预警阈值需要及时报警并采取措施。第二是架设可靠的临时支撑体系,通常采用承载力安全系数不低于2.0的可调式钢支撑,在关键受力部位提供有效的临时支撑,防止在加固操作过程中发生过大的变形或意外失稳。

3.4 历史建筑保护性改造的技术冲突

位于历史风貌保护区内的老旧建筑在做加固改造时,通常都会面临禁止外露加固构件的严格要求,而禁止外露加固构件会和加固技术方案产生直接冲突。为了在保护好历史风貌的同时又能把结构加固搞好,需要采取采用内嵌式碳纤维布加固技术,把高强度碳纤维布贴在构件内侧表面上,然后外面做保护层盖住不让它露出来。对那些必须用到的钢构件进行装饰性处理,比如在钢构件外面抹上一层有传统装饰效果的抹灰,把它巧妙地藏起来,让外观和原来的风貌保持一致。

4 老旧建筑结构加固改造优化策略

4.1 BIM 技术辅助改造方案优化

应用建筑信息模型技术能够帮助优化老旧建筑加固改造方案。在开工之前就提前发现并解决掉各种专业管线和结构构件可能撞在一起的问题,比如电梯井道位置和原来的结构梁位置重叠了这种常见情况,避免做到一半再返工。通过构建不同加固方案的三维模型,对比它们在结构性能上有什么差别,像是位移减少率提高了多少、结构应力峰值降低了多少,最终选取出最优方案。

4.2 基于性能的抗震加固设计方法

要想做得比传统的“小震不坏”这个基本目标更好,就需要用上基于性能的抗震加固设计方法,这个方法的重点在于设定更清楚、量化的目标:首先是设定性能水准目标,比如要求房子在遭受设防地震后,不能用的时间要控制在72h以内,好让功能快点恢复。其次是设定经济性目标,通常把整个加固工程的花费控制在新建一个同样房子造价的40%以内,尽量做到既安全又划算。基于性能的设计方法代表了更先进、更灵活的抗震设计思路,它能更好地适应老旧建筑改造的各种不同需要。

4.3 模块化装配式加固技术应用

用模块化装配式加固技术是提高老旧建筑改造效率、减少现场环境影响的靠谱办法,具体形式包括壁厚通常做到60mm的预制混凝土套筒加固件,或者用工厂预先做好的钢套箍件^[4]。这些标准件在厂里做好后,运到现场直接拼装起来,这比起传统的现场浇混凝土,能大大缩短工期

达到50%以上,并且能有效减少现场湿作业带来的灰尘、噪音和垃圾,对环境友好,施工也文明。

4.4 全生命周期成本控制体系构建

对老旧建筑加固改造项目的成本评估,不能只是关注初始投资,而是要构建覆盖全生命周期的成本控制体系。①是初始加固成本,即项目启动时投入的直接工程费用;②是在建筑剩余使用寿命期内的维护费用;③是潜在的灾害损失预期值。其数学模型通常表达为全生命周期成本等于初始成本加上维护费用现值之和再加上失效概率乘以灾害损失,即:

$$LCC = C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{M_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=1}^n \frac{P_t \cdot D}{(1+r)^t} \quad (2)$$

在这个公式中, C_0 是初始成本, M_t 是第 t 年发生的维护费用, r 是折现率, P_t 是结构失效的概率, D 是结构失效导致的灾害损失代价,这有助于从长远角度评估加固方案的经济合理性,避免短期决策带来的长期负担。

5 结束语

老旧建筑结构的加固改造是个门道儿贼多的系统工程,要把它整明白、整漂亮喽,必须得把房子的结构安全、功能提升,还有文化保护三者兼顾。在挑技术上,钢-混凝土组合加固和纤维复合材料加固,因其整得精细、对老房子折腾小,特别适合那些得轻拿轻放的精细活儿;而加大截面法的做法,因为能实实在在地把柱子承载力提上去,在那些老房子骨架快散架的地方效果拔尖儿。在具体改造上,加电梯用的滑动连接和微型桩基技术,确实解决了在狭小场地和打地基的麻烦。在提速增效上,BIM技术往深了用、模块化装配技术铺开了使,这哥俩儿被证明是让改造活儿干得快、干得好的关键路子。未来一是把智能监测预警系统整明白用起来,二是把又省材料又环保低碳的加固材料搞出来推出去,才能让老旧建筑加固改造更高效、更智能、更绿色。

【参考文献】

- [1]慕安童.既有老旧建筑的加固改造技术研究[J].中国高新科技,2025(9):83-85.
- [2]詹立敏.BIM技术在老旧房屋建筑加固与改造中的应用[J].建设科技,2025(10):83-85.
- [3]胡科香,李秀芬,翟锡佳.低扰动施工技术在老旧小区建筑结构加固中的应用[J].住宅与房地产,2025(16):105-107.
- [4]高超,贾仁涛,冯海峰.城市更新中加固施工改造建筑的质量控制研究[J].建设机械技术与管理,2025,38(3):147-149.

作者简介:卓庆(2006.9—),单位名称:中南林业科技大学,学校和专业:中南林业科技大学 土木工程;欧雨玄(2005.6—),单位名称:毕节工业职业技术学院,学校和专业:毕节工业职业技术学院、工程测量;卓彬(1975.10—),单位名称:湖南湖大建设监理有限公司,毕业学校和专业:华中科技大学,土木工程。