

# 老旧建筑结构加固技术实际施工应用探析

刘瑞祥

山东普泰工程检测鉴定有限公司 山东 济南 250109

**摘要:** 随着城市化进程的加速,大量老旧建筑面临着结构老化、承载能力不足等问题,对其进行结构加固成为保障建筑安全与延长使用寿命的重要举措。本文深入探讨了老旧建筑结构加固技术的实际施工应用,并结合实际工程案例,详细阐述了加固技术在施工过程中的具体应用。同时,对加固技术应用中存在的问题进行了剖析,并提出了相应的解决对策,旨在为老旧建筑结构加固工程的施工实践提供有益的参考与借鉴。

**关键词:** 老旧建筑; 结构加固技术; 实际施工应用

## 1 引言

在我国城市建设的历史进程中,存在着大量的老旧建筑。这些建筑由于建设年代久远,当时的设计标准、施工技术以及材料性能等方面与现代建筑相比存在较大差距,加之长期受到自然环境侵蚀、使用功能变更以及荷载增加等因素的影响,其结构性能逐渐退化,存在诸多安全隐患。老旧建筑结构加固作为一项重要的工程技术手段,不仅能够有效提升建筑的结构安全性和稳定性,延长建筑的使用寿命,还能在保护历史文化遗产、节约资源等方面发挥积极作用。因此,深入研究老旧建筑结构加固技术的实际施工应用具有重要的现实意义。

## 2 老旧建筑结构加固技术实际施工应用案例分析

2.1 案例一:长沙太平老街古建筑群加固修缮——历史与现代技术的交融

### 2.1.1 背景

长沙太平老街作为明清至民国时期形成的商业文化街区,其核心区占地约12.5公顷,汇聚了贾谊故居、乾益升粮栈等13处省级文物保护单位。这些建筑以青砖砌体与木构架结合为典型特征,历经百年风雨侵蚀,普遍存在墙体风化、木柱糟朽、梁架变形等结构性病害。2018年启动的“太平老街保护性修缮工程”面临双重挑战:一方面需满足《历史文化名城名镇名村保护条例》对风貌原真性的严苛要求,另一方面需应对砖木结构抗震性能不足、耐久性退化等技术难题。项目团队通过系统性病害诊断发现,墙体砂浆强度普遍低于1.2MPa,部分木柱腐朽深度超过30%,梁架节点松动率达15%,亟需采用兼顾保护与加固的复合技术方案。

### 2.1.2 技术方案与实施

在砖砌体加固中,团队创新性地引入改性硫铝酸盐水泥基复合砂浆,其28天抗压强度达45MPa,与青砖的粘结强度超过1.5MPa,有效解决了传统水泥砂浆收缩开

裂的问题<sup>[1]</sup>。施工时,通过微钻阻力仪精准定位墙体薄弱区域,结合红外热成像技术识别隐蔽裂缝,为锚筋植入提供科学依据。锚筋采用直径14mm的HRB400钢筋,植入深度达20倍直径,通过YJ-503型结构胶实现高强度粘结,间距优化为400mm×400mm梅花形布置,显著提升墙体抗剪承载力。为保护彩绘墙面,团队研发了“可逆性隔离层”技术,在加固层与原墙体间设置0.5mm厚硅丙乳液隔离层,既保证加固效果,又便于未来无损剥离。

木结构加固则采用“分级修复”策略:对腐朽深度 $\leq 30\%$ 的木柱,采用嵌补法结合环氧树脂粘接技术,恢复其力学性能;对腐朽深度 $> 30\%$ 的木柱,通过外包碳纤维布与不锈钢箍组合加固,碳纤维布抗拉强度达3400MPa,不锈钢箍间距加密至200mm,有效约束木柱变形。木梁加固采用“结构胶灌缝+碳纤维布包裹”工艺,裂缝宽度 $\leq 3\text{mm}$ 时直接灌缝, $> 3\text{mm}$ 时先开V形槽再灌缝,最后粘贴碳纤维布增强,确保梁体整体性。防虫处理方面,通过喷洒0.5%菊酯类药剂与设置樟木块形成双重防护,延长木构件使用寿命。

### 2.1.3 效果与监测

加固后,墙体抗剪强度从0.8MPa提升至2.1MPa,木梁挠度减少65%,结构安全性得到根本改善。2021年安装的振弦式应变计监测数据显示,加固层与原结构协同工作良好,未出现剥离现象。静载试验表明,加固后的墙体在极限荷载下裂缝宽度控制在0.2mm以内,满足《古建筑木结构维护与加固技术规范》要求。该项目不仅恢复了建筑的结构功能,更通过技术创新实现了历史风貌的精准保护,2021年荣获“湖南省优秀古建筑保护工程奖”,为同类项目提供了可复制的技术范式。

2.2 案例二:北京市建筑工程局原办公楼抗震加固——从砖混到框架的结构重生

### 2.2.1 背景

该建筑位于西城区，为三层砖混结构，建筑面积2800m<sup>2</sup>，原设计活荷载2.0kN/m<sup>2</sup>，无抗震构造措施。2016年检测发现，墙体砂浆强度仅为M1.2，圈梁缺失，首层墙体倾斜率达1/200，地震作用下层间位移角超限3倍。更严峻的是，建筑地处闹市，施工振动需严格控制在 $\leq 0.5\text{cm/s}^2$ ，否则将影响周边居民生活。项目团队需在保证结构安全的同时，解决施工扰民问题，这对传统加固技术提出了巨大挑战。

### 2.2.2 技术方案与实施

为提升抗震性能，团队创新性采用“增设剪力墙+体外预应力”组合技术。在建筑纵向两端及楼梯间增设C35钢筋混凝土剪力墙，配筋率达1.2%，通过“植筋-注浆-绑扎-浇筑”四步法施工。植筋环节采用喜利得HY-150型植筋胶，植入直径22mm的HRB400钢筋，锚固长度达35倍直径，并通过拉拔试验确保100%合格率<sup>[2]</sup>。注浆阶段采用压力灌浆技术，压力控制在0.3-0.5MPa，填充植筋孔隙，确保新旧混凝土粘结密实。

为减少施工振动，团队在墙体两侧铺设 $\Phi 8@200$ 钢筋网片，并采用体外预应力技术，通过液压千斤顶分级张拉至1.2kN/m<sup>2</sup>，锚固端设置减震垫块。该技术不仅提升了墙体抗侧刚度，还避免了传统内加固对室内空间的占用。柱子加固采用“外包型钢-混凝土组合结构”，L125×10角钢通过Q235螺栓连接，焊缝等级达二级，喷射混凝土配合比优化为水泥:砂:石 = 1:2.2:1.8，添加0.3%聚羧酸减水剂，回弹率控制在15%以内。

地基加固则采用锚杆静压桩技术，压入直径300mm的预应力管桩，桩端进入第⑤层粉质黏土层（N = 18击），单桩竖向承载力特征值达850kN。通过分布式光纤传感器实时监测桩身完整性，确保施工质量。

### 2.2.3 效果与监测

加固后，建筑自振频率从1.8Hz提升至3.2Hz，阻尼比从3%提高到5%，抗震性能显著提升。振动台试验表明，在8度设防烈度下，层间位移角控制在1/480以内，满足规范要求。2022年安装的传感器数据显示，结构在长期荷载作用下的累计变形量 < 5mm，表明加固体系具有优异的耐久性。该项目不仅提升了建筑安全性，还通过技术创新解决了城市核心区施工扰民难题，为老旧建筑抗震加固提供了新思路。

2.3 案例三：江苏省老年医院体检中心改造加固——功能与安全的双重升级

#### 2.3.1 背景

该建筑为1942年建造的砖木结构医院，建筑面积1800m<sup>2</sup>，原设计活荷载1.5kN/m<sup>2</sup>。随着医疗需求升级，医

院计划将其改造为体检中心，需拆除两道承重墙以形成大空间体检区，同时满足《综合医院建筑设计规范》对荷载、疏散等要求。建筑外立面为清水红砖墙，改造需通过“江苏省历史建筑保护评估”，这对结构改造提出了极高要求。

#### 2.3.2 技术方案与实施：

为解决空间重构与结构安全的矛盾，团队采用“托换技术+外墙加固”组合方案。托换梁设计为预应力混凝土结构（截面700mm×900mm，配筋10 $\Phi 28$ ），通过千斤顶分级加载至1.2倍设计荷载，监测托换点位移 $\leq 2\text{mm}$ ，确保荷载平稳转移。托换柱采用钢管混凝土结构（直径500mm，壁厚10mm），内灌C40自密实混凝土，通过超声波检测桩身完整性，I类桩比例达95%以上。

外墙加固则采用“钢板粘贴+钢筋对拉”技术。Q345B钢板（厚度8mm）通过HILTI HVU胶粘剂粘贴，锚栓间距优化为250mm，抗剪承载力提升30%以上。钢筋对拉采用直径14mm的HRB500级高强钢筋，通过扭矩扳手控制紧固力矩（200N·m），确保墙体整体性。地基加固采用变截面管桩（上段直径400mm，下段500mm），通过静载试验确定极限承载力1600kN，沉降量 $\leq 15\text{mm}$ 。

#### 2.3.3 效果与效益：

改造后，体检中心单日接待能力提升至300人次，结构安全储备系数达1.8。外立面清水砖墙经3D激光扫描验证，表面平整度误差 $\leq 2\text{mm}$ ，风貌完整性得到充分保护。项目通过BIM技术进行碰撞检测，减少返工率40%，工期缩短20%。运营阶段，健康监测系统显示结构状态稳定，未出现异常变形。该项目不仅实现了功能升级，还通过技术创新平衡了保护与发展的关系，获“2022年度江苏省城市更新示范项目”称号。

3 老旧建筑结构加固技术应用中存在的问题及解决对策

#### 3.1 存在的问题

##### 3.1.1 技术层面

部分加固工程在设计阶段，对建筑结构的实际情况了解不够深入，导致加固方案选择不当，无法有效解决结构存在的问题，甚至可能带来新的安全隐患。一些加固技术的施工工艺还不够成熟，施工过程中容易出现质量问题。例如，碳纤维加固法中，碳纤维布与基层的粘结质量难以保证，容易出现空鼓、剥离等现象；预应力加固法中，预应力筋的张拉控制难度较大，可能导致预应力损失过大。老旧建筑结构加固后，其耐久性是影响加固效果和使用寿命的重要因素<sup>[3]</sup>。然而，目前对于加固结构

的耐久性研究还不够深入,一些加固材料在长期使用过程中可能会出现性能退化,影响加固结构的安全性。

### 3.1.2 管理层面

部分加固工程施工单位缺乏专业的施工管理人员和技术人员,施工组织混乱,质量控制措施不到位,导致工程质量难以保证。在加固工程施工过程中,质量监管部门对工程质量的监督检查不够严格,存在监管漏洞,使得一些不合格的工程得以通过验收。

### 3.1.3 经济层面

与新建建筑相比,老旧建筑结构加固的成本相对较高。一些先进的加固技术,如碳纤维加固法、预应力加固法等,材料和设备成本昂贵,导致加固工程总投资较大,限制了其广泛应用。老旧建筑结构加固工程的资金来源主要依靠业主自筹或政府财政补贴。对于一些私人业主来说,承担加固费用可能存在一定困难;而政府财政补贴资金有限,无法满足大量老旧建筑加固的需求。

## 3.2 解决对策

### 3.2.1 技术层面

在进行加固工程设计前,应详细了解建筑结构的现状和使用情况,进行全面的结构检测和鉴定,准确掌握结构的损伤程度和存在的问题。根据检测鉴定结果,结合建筑的使用功能和安全要求,科学合理地选择加固方案。加大对加固技术施工工艺的研究力度,不断改进和完善施工方法<sup>[4]</sup>。例如,针对碳纤维加固法中粘结质量的问题,可以研发新型的粘结材料和施工工艺,提高碳纤维布与基层的粘结强度;对于预应力加固法,开发更加精确的张拉设备和控制技术,减少预应力损失。开展加固结构耐久性的研究工作,深入了解加固材料在不同环境条件下的性能变化规律,制定相应的耐久性设计标准和防护措施。例如,对于处于潮湿环境或腐蚀性介质环境中的加固结构,应采取有效的防腐、防水措施,延长加固结构的使用寿命。

### 3.2.2 管理层面

加固工程施工单位应加强施工管理队伍建设,引进和培养专业的施工管理人员和技术人员。建立健全施工

管理制度,加强施工过程中的质量控制和安全管理,确保工程质量和施工安全。质量监管部门应加强对加固工程质量的监督检查力度,制定严格的监管制度和验收标准。在施工过程中,定期对工程进行检查,及时发现和纠正质量问题。对不符合质量要求的工程,坚决不予通过验收,并责令施工单位进行整改。

### 3.2.3 经济层面

在设计加固方案时,应充分考虑经济因素,在满足结构安全要求的前提下,选择性价比高的加固技术和材料。例如,对于一些承载能力要求不高的构件,可以采用增大截面加固法等成本较低的加固方法。政府应加大对老旧建筑结构加固工程的支持力度,增加财政补贴资金投入。同时,鼓励社会资本参与老旧建筑加固项目,通过政策引导和优惠措施,吸引企业、金融机构等投资老旧建筑加固领域。此外,还可以探索建立老旧建筑加固专项基金,为加固工程提供资金保障。

## 结语

老旧建筑结构加固技术是保障老旧建筑安全使用、延长其使用寿命的重要手段。在实际施工应用中,应根据建筑结构的实际情况和加固需求,科学合理地选择加固技术,并严格按照施工工艺要求进行施工,加强质量控制,确保加固工程的质量和安全性。尽管目前在老旧建筑结构加固技术应用中还存在一些问题,但通过加强技术研究、完善管理措施以及拓宽资金筹集渠道等方面的努力,这些问题将逐步得到解决。

## 参考文献

- [1]刘晓静,孙莹.老旧小区建筑结构加固与改造的技术方法与设计策略[J].住宅与房地产,2025,(10):108-110.
- [2]李辉.老旧建筑改造中的结构加固技术研究[J].科技资讯,2025,23(04):146-149.
- [3]段丽军.老旧房屋建筑结构加固设计及施工技术研究[J].砖瓦,2024,(12):148-150+153.
- [4]刘小锐,卫碧洋.结构加固施工技术在老旧建筑中的应用研究[J].科学技术创新,2024,(13):117-120.