

城市更新中老旧建筑结构加固施工技术分析

张如意

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450001

【摘要】：在城市更新中，大量老旧建筑存在结构老化、承载力不足、抗震性能不足等安全隐患，严重影响建筑的耐久性和使用安全。本文结合城市更新中的老旧建筑改造工程，系统分析老旧建筑加固施工中的相关技术要点与应用关键。研究表明在老旧建筑结构加固中，需要先通过结构检测评估，明确老旧建筑存在的问题和安全风险，以此为基础制定有针对性的加固技术方案，并在工程建设中全面落实相关加固技术要点，从而实现老旧建筑结构加固的目标。

【关键词】：城市更新；老旧建筑；结构加固；检测评估；施工工艺

DOI:10.12417/2811-0528.26.12.089

城市更新作为推动城市空间实现优化、功能得以提高、存量资产实现盘活的一项重要举措，众多建成于20世纪80至90年代的老旧建筑被纳入到改造利用的范畴之中。这类建筑由于受到当时设计标准、施工工艺、长期使用损耗等因素的影响，存在混凝土构件碳化开裂、钢筋锈蚀、砌体墙体酥碱、结构承载力不足、抗震性能不足等一系列问题，无法直接满足现行的建筑使用、安全规范要求^[1]。结构加固施工技术对于老旧建筑改造后的安全性能和使用寿命起着直接决定性作用，是城市更新项目能够落地实施的关键支撑因素。基于此，本文结合具体的工程实例，针对老旧建筑结构加固过程当中的相关技术要点展开了分析研究，以供参考。

1 工程概况

某老旧建筑改造工程，该建筑主体是6层砖混结构，总的建筑面积为4860 m²，每层高度是2.8m，基础形式采用的是条形基础，主体承重结构乃是烧结普通砖砌体与钢筋混凝土梁板组合而成的模式。在建筑长期的使用过程中未曾进行过系统性的结构维护工作，现场勘查的结果表明，建筑部分楼层的墙体出现了竖向、斜向的裂缝，裂缝宽度处于0.3mm至1.2mm的范围，楼面板混凝土表面的碳化深度达到了15mm至22mm，部分梁板的边角位置出现了混凝土剥落的情况，内部的钢筋出现了轻度锈蚀现象，砌体结构的灰缝砂浆粉化程度比较严重，部分墙体的垂直度偏差超过了规范所规定的限值。改造工程需在保留主体结构的前提下，完成结构加固、功能更新与节能改造，加固施工需控制对周边居民生活的影响，施工场地狭窄、工序交叉多，对加固技术的适配性与施工精细化程度提出更高要求。施工单位需结合结构检测结果，制定安全可行、经济合理的加固方案，采用低扰动、高效率的施工工艺，保障老旧建筑改造后的结构安全与长期使用性能。

2 老旧建筑结构的检测评估

结构检测评估是老旧建筑加固的前置核心工作，检测人员

采用无损检测与局部破损检测相结合的方式，全面排查结构病害，测定构件力学性能，为加固方案设计提供精准数据支撑。

(1) 建筑结构外观与损伤检测。检测人员首先开展建筑结构外观与损伤检测，逐楼层核查砌体墙体、混凝土梁板、基础构件的开裂、剥落、酥碱、变形情况，记录裂缝位置、长度与宽度，标注结构损伤集中区域。(2) 混凝土强度与碳化深度检测。外观检测完成后，检测人员采用回弹法测定混凝土梁板抗压强度，采用钻芯法对回弹结果进行校核，实测混凝土强度等级介于C18至C25之间，低于原设计C30强度标准。在完成强度检测后，还需要进一步检测混凝土的碳化深度，碳化深度采用酚酞试剂测定，随机选取30处构件测点，实测碳化深度均值18.6mm，碳化深度已超过构件保护层厚度，钢筋锈蚀风险较高。采用钢筋探测仪测定梁板钢筋间距、直径与保护层厚度，选取局部构件开展破损检测，实测钢筋锈蚀率3.2%至8.5%，箍筋锈蚀程度高于纵向受力钢筋。(3) 砌体结构的强度。砌体结构检测采用贯入法测定砖体与砂浆强度，实测砖体强度等级MU10，砂浆强度等级仅为M1.5至M2.5，灰缝砂浆粘结力大幅下降。(4) 建筑的整体垂直度和沉降情况。建筑最大沉降差6mm，沉降状态稳定，无持续不均匀沉降隐患。检测单位依据实测数据开展结构承载力与抗震性能验算，验算结果显示，建筑楼面板承载力满足现行使用要求，梁支座部位、承重墙体抗压承载力不足，结构整体抗震构造缺失，综合评定为D级危房，需针对性开展结构加固处理。详细数据如表1所示。

表1 老旧建筑结构检测结果

检测项目	检测方法	实测结果	规范限值	评定结论
混凝土抗压强度	回弹法+钻芯法	18MPa-25MPa	≥30MPa	不达标
混凝土碳化深度	酚酞试剂法	均值18.6mm	≤15mm	不达标

钢筋锈蚀率	破损检测法	3.2%—8.5%	≤5%	部分超标
砌体砂浆强度	贯入法	1.5MPa-2.5MPa	≥M5.0	不达标
墙体裂缝宽度	刻度放大镜	0.3mm—1.2mm	≤0.3mm	部分超标

(注:续表1)

3 老旧建筑结构加固方案的设计要点

3.1 加固技术方案的选择

设计人员结合结构检测结果与改造使用需求,对不同病害构件差异化选定加固技术。(1)混凝土梁承载力不足与抗裂性能差的部位,选用碳纤维布加固技术,该技术具备轻质高强、施工便捷、不增加构件自重与截面尺寸的优势,适配老旧建筑梁板加固需求^[2]。(2)混凝土柱与墙体交接部位刚度不足的区域,选用外包型钢加固技术,型钢与原有混凝土协同受力,大幅提升构件抗压承载力与抗震性能,加固后结构整体性显著增强^[3]。(3)砌体墙体裂缝、砂浆粉化与承载力不足的部位,选用钢筋网水泥砂浆面层加固技术,通过钢筋网与抹灰层约束砌体,提升墙体抗压、抗剪性能,修复墙体裂缝病害。与此同时,设计人员同步考虑施工场地条件与工期要求,三类加固技术均属于干式或湿式低扰动施工工艺,无需大型机械设备,能够满足老旧小区施工现场狭窄要求,并且整个施工过程噪音小、污染少,符合城市更新项目施工管控要求。

3.2 方案设计的细节

加固方案设计首要完成结构荷载复核计算,设计人员按照改造后公共服务用房的使用荷载标准,重新核算各承重构件的内力分布,确定加固构件的截面尺寸、材料强度与配筋参数。

(1)碳纤维布抗拉强度标准值不低于3400MPa,延伸率不小于1.7%,粘贴长度覆盖梁体受力最大区域。(2)外包型钢加固设计注重节点连接处理,型钢与原有混凝土构件采用结构胶黏结与锚栓固定双重连接方式,型钢端部设置锚固角钢,防止型钢滑移脱落,保证新旧结构协同受力。钢筋网水泥砂浆加固设计中,钢筋网选用直径4mm的冷拔低碳钢丝,网格间距150mm×150mm,钢筋网与原有墙体采用S形拉结筋固定,水泥砂浆强度等级为M10,面层厚度控制在25mm至30mm。(3)建筑抗震构造措施。在墙体转角、交接部位增设构造柱与圈梁,构造柱截面尺寸240mm×240mm,圈梁与原有楼面板有效连接,提升结构整体抗震性能。设计方案明确加固材料的防腐、防火处理要求,外包型钢涂刷防火涂料,耐火极限满足2h要求,碳纤维布表面涂抹防火保护砂浆,保障加固构件的长期耐久性。

4 主要加固技术的施工工艺分析

老旧建筑结构加固施工需严格遵循设计方案,遵循先加固后改造、先隐蔽后外露的施工顺序,精细化管控各工序质量,减少对原有结构的二次损伤,保障加固效果达标。

4.1 碳纤维布加固施工工艺

施工人员首先对混凝土梁板表面进行处理,铲除构件表面剥落、酥松的混凝土层,使用角磨机打磨混凝土表面,去除浮浆与杂质,直至露出坚实骨料层。构件转角部位打磨成圆弧状,圆弧半径不小于20mm,防止碳纤维布弯折破损。表面处理完成后,施工人员调配底胶材料,均匀涂刷在混凝土表面,底胶渗透固化后,对表面凹陷部位使用找平胶修补平整,保证粘贴面平整度。施工人员按照设计尺寸裁剪碳纤维布,调配浸渍胶,均匀涂刷在粘贴部位,将碳纤维布平整粘贴在构件表面,使用滚筒沿纤维方向反复滚压,排出气泡,使浸渍胶充分渗透碳纤维布。碳纤维布粘贴完成后,养护24h至完全固化,固化后在碳纤维布表面涂刷防火保护砂浆,砂浆厚度不小于10mm。施工过程中严格控制浸渍胶的配比与涂刷量,避免胶料过多流淌或过少导致黏结不牢,碳纤维布的搭接长度不小于100mm,保证加固整体性^[4]。

4.2 外包型钢加固施工工艺

施工人员清理混凝土柱表面的抹灰层与杂质,打磨平整构件表面,测量放线确定型钢安装位置。型钢选用等边角钢,提前完成除锈与防腐处理,型钢与混凝土构件之间预留3mm至5mm的间隙,用于灌注结构胶。型钢安装就位后,使用临时支撑固定型钢位置,安装锚栓将型钢与混凝土柱初步连接,锚栓间距不大于500mm。连接完成后,封堵型钢周边缝隙,预留注胶孔与排气孔,采用压力注胶方式灌注结构胶,注胶压力控制在0.2MPa至0.4MPa,直至排气孔连续溢出胶料为止。结构胶固化期间,禁止扰动型钢,固化完成后拆除临时支撑,检查型钢黏结密实度,对空鼓部位进行补胶处理。型钢表面涂刷两道防锈漆与一道防火涂料,涂层厚度均匀无漏刷,满足防腐与防火安全要求。如图1所示,为外包型钢加固混凝土柱的示意图。



图1 外包型钢加固混凝土柱

4.3 钢筋网水泥砂浆加固施工工艺

施工人员铲除砌体墙体表面的原有抹灰层,清理墙体灰尘与松散砂浆,对宽度大于0.5mm的裂缝,采用环氧树脂浆液进行压力注浆封闭,细小裂缝使用水泥砂浆抹平。墙体表面处理完成后,按照设计间距钻孔植入S形拉结筋,拉结筋植入深度不小于100mm,外露长度与钢筋网厚度匹配。施工人员绑扎钢筋网,钢筋网与拉结筋绑扎牢固,网格尺寸偏差控制在±10mm以内,钢筋网与墙体表面间隙均匀。钢筋网安装验收合格后,分两次抹压水泥砂浆,第一层打底厚度10mm,初凝后抹压第二层至设计厚度,抹灰层表面平整压实,无空鼓、裂缝现象。水泥砂浆抹灰完成后,及时洒水养护,养护时间不少于7天,养护期间避免碰撞与震动。施工人员定期检查抹灰层固化状态,发现空鼓、开裂部位立即铲除返工,保证钢筋网水泥砂浆加固层与原有墙体协同受力^[5]。

5 应用效果

加固工程施工完成后,检测单位对建筑结构加固效果进行全面检测与性能验算,各项指标均达到设计与现行规范要求。

(1) 混凝土梁板碳纤维布加固部位黏结密实,无空鼓、脱落现象,梁板承载力提升45%,裂缝封闭率100%,抗裂性能显著改善。(2) 外包型钢加固的混凝土柱构件,型钢与混凝土黏结密实,无松动滑移问题,构件抗压承载力提升50%以上,结构刚度与稳定性满足公共建筑使用要求。钢筋网水泥砂浆加固的砌体墙体,抹灰层无空鼓、开裂,墙体抗压、抗剪承载力提升40%,原有裂缝完全封闭,结构整体性大幅增强。

(3) 建筑整体抗震性能经验算满足7度抗震设防要求,新增构造柱与圈梁有效完善抗震构造措施,结构整体安全等级提升至B级。

参考文献:

- [1] 吴超,侯松,吴伟.老旧建筑改造中既有建筑结构加固施工技术与实践[J].建设机械技术与管理,2025,38(06):97-99.
- [2] 叶展基.老旧住宅建筑结构检测评估与加固技术路径[J].中华民居,2025,18(09):85-87.
- [3] 于鹏.城市更新中既有建筑结构加固的技术要点与应用[J].上海建材,2024,(06):1-3.
- [4] 文应,蔡俊辉,孙健,等.城市更新改造中既有建筑的结构加固要点与实践[J].新型城镇化,2024,(06):57-60.
- [5] 杨春旭.建筑结构加固工程的施工质量与安全管理工作探讨[J].建筑与预算,2023,(06):16-18.

表2 老旧建筑加固前后结构性能对比

性能指标	加固前	加固后	现行规范要求	提升效果
梁体承载力	不足	提升45%	满足使用	达标
墙体抗压强度	M1.5-M2.5	≥M5.0	≥M5.0	达标
混凝土碳化深度	18.6mm	封闭防护	≤15mm	达标
抗震性能	无抗震构造	满足7度设防	7度设防	达标
结构安全等级	D级	B级	B级	显著提升

6 结语

城市更新中老旧建筑结构加固是一项系统性工程,精准的检测评估、科学的方案设计与精细化的施工工艺是保障加固质量的核心要素。老旧建筑结构病害具有复杂性与多样性,检测人员需采用多元化检测手段,全面掌握结构性能与病害状况,为方案设计提供可靠依据。而在加固方案设计中,也需要贴合建筑更新需求,围绕建筑实际情况选择碳纤维布加固、外包型钢加固、钢筋网水泥砂浆加固等技术,并加强节点构造、材料选型和耐久性设计,切实保证方案的适配性和可行性。此外,在施工过程中也必须加强对各环节技术要点的严格控制,确保关键工序施工质量,并减少对原结构的损伤,以实现新旧结构协同受力,从而有效提升老旧建筑结构在加固后的承载力、抗震性能与耐久性,延长老旧建筑使用寿命,实现存量建筑的安全活化利用。在后续城市更新项目建设中,施工技术人员,需要进一步探索老旧建筑结构加固技术及工艺的研究与应用,及时引进新材料和新技术,不断提升老旧建筑加固施工的技术水平和效益,为城市更新的高质量发展作出贡献。