

城市更新项目老旧砌体建筑检测与加固设计探析

张志兴

天津市房屋鉴定建筑设计院有限公司 天津 300041

摘 要:城市更新背景下老旧砌体建筑的结构安全问题日益突出。围绕检测评定、病害诊断、加固设计与优化策略这一完整技术链条,本文在系统梳理砌体结构外观缺陷检测、材料性能测试、构件损伤评估及整体工作性能检测方法的基础上,深入分析了墙体开裂、风化破损、整体性不足和局部承载力衰减四类典型病害的形成机制。针对各类病害特征,分别阐述了墙体加固、构件补强、整体性加固及局部修复的常用设计技术。在城市更新场景约束下,进一步探讨了结构性能与使用功能适配、加固方案经济合理性以及长效防护设计三方面优化策略。

关键词:老旧砌体建筑;结构检测;病害成因;加固设计;城市更新

引言:城市更新已成为当前提升城市功能与人居环境的重要途径。大量建于上世纪的老旧砌体建筑仍广泛存在于城市建成区中,这些建筑经过数十年服役,材料性能退化、结构损伤累积、设计标准滞后等问题普遍存在。面对使用功能升级和抗震设防要求提高的双重压力,如何科学评估此类结构的安全状态、准确识别病害根源、合理选用加固技术成为亟待解决的技术难题。检测鉴定是加固设计的前提,病害成因分析是方案制定的依据,加固技术是性能恢复的手段,三者构成完整的技术闭环。城市更新场景下的加固设计还面临功能适配、经济约束和长效维护等特殊要求,这对传统加固方法提出了新的挑战。

1 城市更新中老旧砌体建筑检测

1.1 结构外观缺陷检测

老旧砌体建筑的外观检测是评估结构安全状态的首要环节,重点针对墙体、楼板及连接部位开展全面排查。检测人员通过目视观察与辅助工具测量,记录墙体是否存在明显歪闪、局部凸出或凹陷变形,同时检查外墙抹灰层是否出现空鼓、剥落及裂缝分布状况。楼板与墙体交接处的水平裂缝、门窗口上方的斜向裂缝以及墙角区域的竖向裂缝均属于重点记录内容。针对不同裂缝形态,需测量其长度、宽度、深度及延伸方向,并绘制裂缝分布图以反映整体损伤格局。外观检测还涵盖砌筑灰缝的饱满度与硬化状态,灰缝疏松或缺失往往预示着砌体整体性下降。

1.2 砌体材料性能检测

砌体材料性能检测聚焦于砖块、砌块及砌筑砂浆的物理力学指标。现场采用回弹法检测砖块表面硬度,

利用贯入法或剪切法测定砌筑砂浆强度等级。对于重要承重构件,需钻取芯样进行室内抗压试验,获得材料真实强度数据。砂浆与砖块之间的黏结强度采用原位拉拔测试方法获取,该指标直接影响砌体协同工作能力。材料含水率、干密度及孔隙率等物理参数也需纳入检测范围,这些参数与砌体耐久性和抗冻性能密切相关。检测结果应与原设计标准及既有损伤状况对照分析,为后续加固设计提供材料层面的基础数据。

1.3 结构构件损伤检测

结构构件损伤检测涵盖墙肢、构造柱、圈梁及楼板等受力构件。墙肢端部的压碎区域、中部弯曲裂缝及底部水平剪切裂缝反映构件受力状态异常。构造柱与圈梁节点区域的混凝土剥落、钢筋锈蚀暴露及锚固长度不足等问题直接影响节点传力效率。预制楼板拼缝处的开裂、板端支承长度不足及板面负弯矩区裂缝均属于典型损伤模式。对于木楼盖体系,需检测木梁端部腐朽程度、榫头松动状况及支座处局部压溃现象^[1]。各类构件损伤均需量化记录其位置、范围及严重程度,建立构件损伤等级评定体系。

1.4 结构整体工作性能检测

结构整体工作性能检测侧重于建筑在竖向荷载和水平荷载作用下的变形响应特征。通过布设位移观测点测量建筑物整体倾斜度及不均匀沉降量,采用动力测试方法获取结构自振频率、阻尼比及振型参数,这些动力特征反映结构整体刚度分布状况。对老旧砌体建筑还需检测各楼层墙体与楼盖之间的协同工作性能,通过静力加载试验或微振动测试判断楼层间剪力传递路径是否连续。结构整体扭转效应、层间位移角及底部剪力分配比例等指标综合反映建筑抵抗地震和风荷载的能力,检测

数据用于判定结构安全等级。

2 老旧砌体建筑常见结构病害及成因分析

2.1 砌体墙体开裂病害及成因

砌体墙体开裂主要表现为竖向裂缝、斜向裂缝和水平裂缝三种基本形态。竖向裂缝多发生于墙体中部或门窗洞口两侧,源于砌筑灰缝收缩应力超过材料抗拉强度。斜向裂缝通常从墙角或洞口角部向外延伸,与地基不均匀沉降或温度变形密切相关。水平裂缝常见于楼层标高处或圈梁底部,反映墙体在水平剪力作用下的层间滑移趋势。地震往复荷载作用下,交叉斜裂缝呈现X形分布,表明墙体已进入剪切破坏状态。墙体开裂的深层原因包括基础沉降差异、温度变化引起的胀缩变形、材料收缩特性不匹配及水平荷载反复作用导致的累积损伤。

2.2 构件风化破损病害及成因

构件风化破损表现为砖块表层剥落、棱角钝化及砂浆粉化流失等现象。砖块在冻融循环作用下,孔隙水反复结冰融化产生膨胀压力,致使砖体表面片状剥落。工业大气环境中的酸性气体与砖体内碱性物质发生化学反应,生成可溶性盐类结晶,结晶压力加速砖体结构疏松。砂浆的风化进程更为迅速,灰缝硬化层逐渐分解为粉末状颗粒,丧失黏结能力。雨水沿灰缝渗入后,冬季冻胀作用进一步扩大灰缝宽度,形成渗漏冻胀的恶性循环。处于潮湿环境或临水区域的砌体,藻类及微生物附着生长分泌有机酸,也显著加速材料劣化进程。

2.3 结构整体性不足问题及成因

结构整体性不足表现为墙体与楼盖连接薄弱、纵横墙交接处拉结失效及房屋两端刚度差异过大。预制楼板与墙体之间缺乏可靠锚固措施,板端仅依靠砂浆垫层传力,遭遇振动荷载时极易产生滑移脱落。纵横墙交接处未设置构造柱或马牙槎咬砌长度不足,导致两个方向墙体无法有效传递水平剪力,地震作用下墙体各自独立摇摆^[2]。建筑平面布置不规则导致刚度中心与质量中心偏离,扭转效应显著增大。造成整体性不足的根本原因在于早期设计规范对构造措施要求偏低,施工环节中拉结筋遗漏或锚固长度不足也加重了这一问题。

2.4 局部承载能力衰减问题及成因

局部承载能力衰减主要发生在支承大梁的墙段、集中荷载作用点下方墙体及悬挑构件根部区域。大梁支座下墙体长期承受高应力状态,砖块产生纵向微裂缝并逐步扩展,有效受压面积减小导致应力水平持续攀升。集中荷载下方的墙体因局部压应力过大,砖块先于砂浆

达到破坏强度,形成局部压碎区段。悬挑阳台板或雨篷根部墙体承受较大的倾覆力矩,拉应力区域出现水平裂缝,降低截面有效高度。活荷载标准值提高、使用功能变更以及原设计安全储备偏低,均加速局部承载力退化过程。

3 老旧砌体建筑常用加固设计技术

3.1 砌体墙体加固技术设计

砌体墙体加固以增大截面法和钢筋网水泥砂浆面层法为主要手段。增大截面法在墙体单侧或双侧新增钢筋混凝土层,通过植筋与原墙体形成整体,新增层承担部分竖向荷载并提高墙体抗剪承载力。钢筋网水泥砂浆面层法在墙体表面铺设钢筋网后喷射水泥砂浆,钢筋网与墙体通过锚筋连接,有效约束砌体横向变形,延缓裂缝扩展。对高烈度区的重要建筑,可采用外包角钢法或预应力对拉螺杆法,通过施加主动约束力改善墙体应力状态。加固设计时需根据墙体受力特点选择单面或双面加固方案,并验算加固层与原墙体之间的界面抗剪强度。

3.2 结构构件补强加固技术设计

结构构件补强聚焦于混凝土构造柱、圈梁及楼板等薄弱环节。构造柱承载力不足时采用外包钢法或增大截面法补强,新增纵筋与原柱主筋焊接连接,新增箍筋加密区长度符合现行抗震构造要求。圈梁加固利用增设叠合层或粘贴钢板法提高其抗弯刚度和水平传力能力。预制楼板补强采用板面增设钢筋混凝土叠合层,叠合层内配双向钢筋网,并通过锚筋与预制板形成整体。木楼盖加固通过增设钢拉杆或型钢支托减轻木梁负荷,腐朽木构件采用环氧树脂灌注修复或替换为新构件。

3.3 结构整体性加固技术设计

整体性加固技术主要解决墙体间连接、楼盖与墙体锚固及房屋两端刚度协调等问题。纵横墙交接处增设现浇钢筋混凝土构造柱,通过水平拉结筋穿透内墙并与外墙锚固,实现双向墙体有效拉结。楼盖与墙体锚固采用化学锚栓或预埋钢板焊接连接,防止楼板在水平力作用下脱离墙体支承^[3]。针对平面不规则建筑,在刚度薄弱侧增设钢筋混凝土抗震墙或钢支撑体系,调整刚度分布使质量中心与刚度中心趋于一致。基础圈梁与上部构造柱形成封闭约束框架,将各道墙体连为空间受力体系。

3.4 局部缺陷修复加固技术设计

局部缺陷修复针对墙体孔洞填堵、灰缝修复及局部压碎区域补强。墙体孔洞采用与原砌体同规格砖块及高强度砂浆封堵,封堵前清除孔壁浮灰并涂刷界面剂。灰缝修复采用压力注浆法灌注改性水泥基浆料,浆液流动

性及膨胀性能需与旧灰缝特性相匹配。支座下局部压碎区段采用钢垫板或钢筋混凝土垫块替换,垫块尺寸按局部受压承载力计算确定。悬挑构件根部裂缝采用化学灌浆法修复后,在根部增设斜向钢支撑卸载。修复材料需选用与旧砌体变形性能协调的低收缩高黏结材料,修复完成后进行荷载试验验证修复效果。

4 城市更新场景下加固设计优化策略

4.1 结构性能与建筑使用功能适配优化

城市更新往往伴随建筑使用功能的调整与转换,加固设计必须主动回应新的空间需求和荷载条件。改造后楼面活荷载取值提升时,应对受影响的楼板及支承墙体逐项进行承载力复核,发现不足则及时采取针对性补强措施。空间布局的调整涉及隔墙拆移或楼板开洞时,需评估周边承重构件应力路径的改变,并根据分析结果落实相应的补偿加固。加固目标的设定应紧扣改造后的实际使用工况,既避免性能提升过度造成资源浪费,也要防止加固不到位而埋下安全隐患,使结构性能的提升幅度与实际使用需求之间形成合理对应关系^[4]。2025年南宁中山路历史文化街区更新项目中,15处跨越民国至改革开放时期的砖木及砌体结构老建筑面临抗震性能薄弱与历史风貌保留的双重挑战。项目团队摒弃大拆大建模式,采用高韧性混凝土薄层加固技术配合剔缝与勾缝工艺,以微创手术式加固手段解决结构补强与历史风貌保护之间的冲突。

4.2 加固方案经济性与合理性优化

加固方案优选基于技术可行性与经济投入的平衡评估。不同加固方法单位面积造价差异显著,需结合损伤程度和加固目标选择成本效益最优方案。施工周期长短直接影响城市更新项目整体进度安排,湿作业量大、养护期长的加固方法对建筑正常使用干扰明显。材料用量及运输距离、现场施工条件约束、现有设备吊装能力等因素共同构成经济性评价体系。合理性优化要求在满足安全标准前提下,优先选用施工便捷、对原始结构损伤小的加固工艺。构造措施简化及标准化节点设计有助于降低现场作业难度和人工成本。

4.3 老旧砌体建筑长效防护设计优化

长效防护设计的核心在于确保加固措施在建筑全寿命周期内持续发挥应有作用。加固材料的选择应重视抗

老化性能和耐腐蚀能力,聚合物改性水泥基材料与经过耐蚀处理的钢筋适用于此类长期服役的加固工程。在加固层外表面设置防水透气涂层,既削弱环境水分的渗透路径,又保留内部水汽的疏散通道,避免界面因湿气积聚而发生剥离失效^[5]。暴露于室外的加固部位应配套制定定期巡检计划,将涂层完好状况、裂缝变化趋势和渗漏情况列为常规检查项目。防护工作不应止步于施工验收,而应贯穿于建筑后续使用的各个阶段。2025年某地质大队办公楼修缮加固工程中,这座建于1987至1989年的5层砌体结构建筑因长期使用出现局部承重墙变形开裂等安全隐患。加固方案在基础部位采用钢管树桩及联合砖墙承台梁进行地基强化,上部结构通过挂钢筋网植筋、设穿墙筋拉结提高墙体承载力,并对整体采用钢网高性能水泥复合砂浆加固形成组合圈梁与构造柱。

结束语: 老旧砌体建筑的加固改造是一项涉及检测评估、病害诊断、技术选型和方案优化的系统性工作。从结构外观缺陷到材料性能退化,从构件局部损伤到整体工作性能劣化,检测环节需要全面覆盖多层级的结构信息。墙体开裂、风化破损、整体性不足和局部承载力衰减四类病害各有其力学根源和环境诱因,加固设计必须针对病害特征采取差异化的技术路径。在城市更新背景下,加固方案的选择不能仅局限于结构安全指标的满足,还需要兼顾建筑功能提升、施工可行性和长期耐久保持等多重目标。结构性能与使用功能的适配、经济性与合理性的平衡、长效防护措施的落实,共同构成优化设计的关键着力点。

参考文献

- [1] 郭建祥. 城市更新背景下老旧房屋结构检测鉴定方法研究 [J/OL]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2026, (6): 114-117.
- [2] 甘甜, 李振兴, 朱莉娜. 既有砌体结构加固改造设计方案分析 [J]. 绿色建造与智能建筑, 2026, (6): 214-217.
- [3] 袁伟明. 老旧小区改造土建结构加固设计研究 [J]. 数码设计(电子版), 2024, (6): 0658-0660.
- [4] 姬广科. 基于老旧受灾砌体结构建筑材料的检测评估及维修加固 [J]. 陶瓷, 2026, (3): 223-226.
- [5] 高培红, 李晓辉. 老旧建筑主体结构加固改造设计与施工技术研究 [J/OL]. 中国科技期刊数据库工业C, 2026, (5): 062-065.