

老旧土木工程建筑再生改造与功能更新关键技术研究

张文驹 安徽华鑫建筑工程有限公司

摘要

在我国城市更新与存量建筑提质升级的发展背景下,大量老旧土木工程建筑因建设年代久远、结构性能衰减、功能布局落后、配套设施老化,已难以满足现代社会安全、宜居、绿色、智慧的使用需求。对老旧土木工程建筑实施再生改造与功能更新,是盘活存量资源、传承城市文脉、降低建设能耗、实现可持续发展的重要途径。本文结合当前老旧建筑改造实践现状,梳理结构安全隐患、空间功能滞后、绿色性能不足、智能化水平偏低、施工管控难度大等现实问题,从结构检测评估、抗震加固技术、空间重构优化、围护系统节能改造、机电管线更新、绿色低碳技术、数字化智慧改造等方面,系统剖析老旧土木工程建筑再生改造与功能更新的核心关键技术,提出全流程技术管控策略与实施路径,为同类老旧建筑改造工程提供技术参考与实践借鉴,助力城市更新高质量推进。

关键词: 老旧土木工程建筑; 再生改造; 功能更新; 结构加固; 绿色改造; 数字化技术

引言

随着我国城镇化建设进入存量更新阶段,大规模新建工程逐步放缓,老旧建筑再生利用成为城乡建设领域的重要方向。我国现存大量 20 世纪 70—90 年代建成的土木工程建筑,涵盖住宅、办公楼、工业厂房、公共配套建筑等类型,多为砖混结构、钢筋混凝土框架结构。受当时建设标准、施工工艺、材料性能限制,加之长期自然侵蚀、荷载作用、使用损耗,建筑普遍存在结构承载力下降、抗震性能不达标、墙体开裂渗漏、管线老化锈蚀、空间布局僵化、能耗偏高、消防设施缺失等问题,存在较大安全隐患,且无法适配现代办公、居住、商业、养老等多元化功能需求。

传统模式下对老旧建筑直接拆除重建,不仅造成建筑材料、土地资源的严重浪费,产生大量建筑垃圾,加剧生态环境压力,还会破坏城市历史肌理与地域文化记忆。再生改造与功能更新坚持最小干预、安全优先、功能适配、绿色低碳、文脉延续原则,通过科学检测、精准加固、空间重构、设施升级、智慧赋能,在保留建筑主体结构与历史价值的基础上,实现建筑性能提升与功能迭代,兼具经济效益、社会效益与生态效益。

当前我国老旧建筑改造技术体系仍不完善,存在重装饰轻结构、重外观轻安全、重短期施工轻长期运维、技术应用碎片化等问题。同时,部分改造项目过度追求商业化效果,忽视建筑原有历史风貌与地域特色,改造后千篇一律,丧失了建筑的文化辨识度。因此,深入研究老旧土木工程建筑再生改造与功能更新关键技术,构建系统化、标准化、智能化的改造技术体系,对推动城市存量建筑可持续利用、完善城市功能布局、提升人居环境品质具有重要现实意义。

一、老旧土木工程建筑现存主要问题与改造难点

(一) 结构安全性能退化, 抗震承载力不足

老旧砖混建筑普遍采用砌体承重结构，砂浆强度低、砌筑质量差，墙体易出现裂缝、空鼓、风化剥落；钢筋混凝土建筑存在钢筋锈蚀、混凝土碳化、梁柱构件开裂、基础不均匀沉降等问题。多数老旧建筑建设时抗震规范标准偏低，未满足现行抗震设防要求，抗侧刚度不足、节点构造薄弱，在地震、强风作用下易发生坍塌风险，是改造过程中首要解决的安全隐患。

（二）空间布局僵化，功能适配性差

传统老旧建筑空间设计单一，户型、开间、进深固定，难以满足现代多元化使用需求。老旧住宅厨卫狭小、动线不合理、无独立收纳空间；老旧厂房空间开阔但缺乏功能分区；老旧办公楼办公模式固化，无法适配开放式办公、共享空间等新型模式。同时建筑竖向交通、疏散通道狭窄，无法满足消防疏散、无障碍通行、养老适老化等现代规范要求，空间重构难度较大。

（三）围护系统性能落后，能耗高舒适度低

老旧建筑外墙无保温层、门窗气密性差、屋面防水老化渗漏，热工性能不达标，夏季闷热、冬季寒冷，建筑能耗远高于现行节能标准。墙体受潮发霉、屋面漏水、隔音效果差，严重影响居住与使用舒适度；外立面风化破损，存在脱落伤人风险，同时破坏城市整体风貌。

（四）机电管线老化，配套设施不完善

给排水管道锈蚀堵塞、漏水频发，供电线路老化、负荷不足，燃气、消防、通风系统缺失或失效，弱电系统无法满足网络、安防、智能设备使用需求。管线布局杂乱、走向不规范，部分管线与结构构件交织，改造中易破坏原有承重结构，施工难度大、安全风险高。

（五）施工条件受限，技术管控难度大

老旧建筑多位于建成城区，周边建筑密集、地下管线复杂、施工场地狭小，大型机械无法进场；改造工程多为局部施工、交叉作业，施工过程中需保障建筑局部正常使用，施工组织复杂。同时建筑原始图纸缺失、隐蔽工程情况不明，检测评估难度大，加固与更新技术选型需兼顾安全性、经济性与施工可行性。此外，部分老旧建筑涉及居民日常居住，施工噪声、扬尘易引发邻里矛盾，协调管理难度较高，对施工时序、降噪防尘技术提出更高要求。

二、老旧土木工程建筑再生改造核心关键技术

（一）结构安全检测与性能评估技术

精准检测评估是老旧建筑再生改造的前置基础，需采用无损检测与破损检测相结合的方式，全面诊断结构健康状态。主要应用超声波检测、红外热成像、雷达探测、回弹法、钻芯法等技术，检测混凝土强度、钢筋锈蚀程度、砌体砂浆强度、墙体裂缝深度、基础沉降量等参数；结合建筑使用年限、环境条件、荷载历史，对结构承载力、稳定性、抗震性能进行综合验算评估，划分安全等级，识别薄弱构件与风险点位，为加固方案制定提供科学依据。同时建立建筑数字化档案，整合检测数据、结构信息、历史资料，实现结构性能全周期监测。

（二）结构抗震与承载力加固关键技术

针对砖混结构、钢筋混凝土结构不同体系，采用差异化加固技术，坚持局部补强、整体提升、最小扰动原则。

1. 砖混结构加固技术：采用钢筋网水泥砂浆面层加固墙体，提升砌体整体性；压力注浆技术填充墙体裂缝、空鼓区域，增强墙体密实度；增设构造柱、圈梁，完善抗震构造措施；对地基沉降区域采用锚杆静压桩、注浆加固，提升基础稳定性。
2. 钢筋混凝土结构加固技术：梁板构件优先采用**粘贴碳纤维布（CFRP）**加固，具有自重轻、强度高、施工便捷、不增加结构截面等优势，适用于受弯构件补强；梁柱节点、大荷载构件采用外包型钢、粘钢加固，提升抗剪与抗震性能；增设钢支撑、剪力墙优化结构体系，提高整体抗侧刚度；采用减隔震技术安装阻尼器，提升建筑抗震韧性，减少地震作用损伤。

加固过程中严格控制施工顺序，避免一次性大面积拆除承重构件，采用分段施工、临时支撑防护，保障施工阶段结构安全。

（三）空间重构与功能更新优化技术

以现代功能需求为导向，在不破坏主体承重结构的前提下，通过空间优化实现功能迭代升级。老旧住宅采用拆除非承重隔墙、优化厨卫布局、增设收纳空间、打通室内动线，实现户型优化；老旧厂房、仓库利用大跨度优势，增设轻型钢结构夹层、模块化隔断，改造为文创空间、商业综合体、产业园；老旧办公楼重构办公空间，打造开放式办公区、共享会议室、休闲空间。同时优化竖向交通系统，加装电梯、无障碍坡道，拓宽疏散通道，完善消防疏散体系；梳理建筑采光通风条件，增设天窗、扩大采光窗、优化开窗位置，改善室内光环境与通风条件，实现空间多功能、弹性化使用。针对老旧社区，可通过整合公共空间，打造社区活动室、便民服务站，完善公共服务配套，提升社区整体活力。

（四）围护系统节能改造与外立面更新技术

围护系统改造兼顾节能、防水、隔音、美观多重目标，提升建筑绿色性能。外墙采用外保温或内保温技术，选用 A 级防火保温材料，配套防水抗裂面层，解决墙体渗漏、保温差问题；更换断桥铝节能门窗、中空玻璃，提升气密性与隔热性能；屋面重新铺设防水卷材、增设保温层，优化屋面排水系统；室内采用隔音构造、防潮处理，提升居住舒适度。外立面更新遵循修旧如旧原则，保留历史建筑原有肌理与特色，采用仿旧材料、轻量化装饰构件，实现风貌修复与现代美观结合，兼顾城市文脉传承。

（五）机电管线系统更新与优化技术

老旧建筑机电系统更新坚持管线分离、集中布局、智能化升级。给排水系统更换耐腐蚀新型管材，改造雨污分流管道，增设中水回用系统；供电系统更换老旧线缆，优化配电布局，提升用电负荷，安装智能电表、漏电保护装置；消防系统完善火灾报警、自动喷淋、消火栓系统，满足现行消防规范；弱电系统集成网络、安防、监控、智能门禁、楼宇自控系统，实现建筑智能化升级。管线采用综合支吊架集中排布，走吊顶、管井等非承重区域，避免破坏主体结构，实现管线整洁、运维便捷。

（六）绿色低碳与可持续改造技术

践行低碳循环理念，在改造中应用绿色建材、节能技术、可再生能源技术。优先选用再生骨料混凝土、环保涂料、绿色板材等低碳建材；利用屋面、阳台安装光伏组件，实现建筑光伏发电；采用雨水收集系统、海绵设施，实现雨水资源化利用；优化通风采光，降低空调能耗；推行装配式改造技术，采用模块化构件、干式施工，减少建筑垃圾与施工污染，实现建筑全生命周期低碳发展。

（七）BIM 数字化与智慧运维技术

应用 BIM 技术建立老旧建筑三维信息模型，整合结构、管线、空间、设备信息，模拟改造施工流程，优化设计方案，规避管线碰撞、结构冲突等问题，实现设计、施工、验收全过程数字化管控。结合物联网、传感器技术，在关键结构构件、管线、机电设备安装监测点位，实时监测结构变形、渗漏、能耗、设备运行状态，建立智慧运维平台，实现建筑后期精细化运维管理，延长改造后建筑使用寿命。

三、老旧土木工程建筑再生改造实施保障策略

（一）完善前期勘察设计，坚持一建筑一方案

改造前期开展全面勘察、结构检测、现状调研，充分结合建筑原有结构特点、历史价值、周边环境、使用需求，编制专项改造方案。历史风貌建筑注重保护优先，严控改造尺度；住宅建筑重点优化宜居性、适老化；工业建筑侧重功能活化利用。严格遵循现行建筑结构、抗震、节能、消防规范，杜绝盲目改造、过度改造，实现安全、功能、风貌平衡统一。

（二）强化施工全过程质量安全管控

建立施工质量管控体系，严格执行工序验收制度，隐蔽工程、结构加固、管线改造等关键工序全程旁站监督。规范拆除施工，严禁违规拆除承重结构；加固材料、节能材料、机电设备进场严格检测验收；做好施工现场安全防护、扬尘降噪、消防安全管理，保障施工人员安全与周边环境稳定。

（三）健全技术标准与人才体系

完善老旧建筑改造专项技术规范与标准，细化加固、节能、智慧化改造技术要求；加强设计、施工、监理人员专业培训，培养兼具结构安全、绿色建筑、数字化技术的复合型人才，提升改造队伍专业水平，推动改造技术规范、标准化应用。同时鼓励高校、科研机构开展老旧建筑改造技术研究，加快科研成果工程转化，提升行业整体技术水平。

（四）兼顾后期运维与长效管理

改造完成后建立常态化运维机制，定期开展结构安全巡检、设备检修、能耗监测；完善物业管理制度，落实日常维护、保养、更新，避免改造后建筑快速老化，实现建筑长期安全稳定

运行。

四、结论

老旧土木工程建筑再生改造与功能更新，是城市更新背景下存量建筑提质升级的核心路径，相较于拆除重建，能够节约资源、传承城市文化、降低建设成本、减少生态污染，实现建筑可持续利用。当前老旧建筑普遍存在结构性能不足、空间功能滞后、配套设施老化、能耗偏高等多重问题，改造工作需以结构安全为底线、功能更新为核心、绿色智慧为方向、文脉延续为特色。

在实际工程中，应综合运用结构无损检测、抗震加固、空间重构、围护节能、管线更新、绿色低碳、BIM 数字化等关键技术，科学制定改造方案，严格把控施工质量，完善后期运维管理，兼顾安全性、功能性、经济性与文化性。通过系统化技术创新与精细化管控，实现老旧建筑从安全隐患建筑向安全宜居、绿色低碳、智慧高效的现代化建筑转型，盘活城市存量空间，完善城市功能布局，助力我国城市更新行动高质量落地，为城乡可持续发展提供重要支撑。

参考文献

- [1] 李勤,刘晖.既有建筑再生利用关键技术与工程实践[J].建筑科学,2022,38(05):102-108.
- [2] 王丽玲,贾冠楠,吴丹.新工艺和新材料在老旧建筑装修改造中的创新应用[J].建材发展导向,2022,20(22):57-59.
- [3] 梁凡,周建民.老旧建筑抗震加固与功能提升一体化技术研究[J].土木工程学报,2023,56(S1):189-194.
- [4] 蔡宇凌,杨署,沈新为.基于 BIM 的老旧建筑改造数字化技术路径研究[J].土木建筑工程信息技术,2024,16(05):89-94.
- [5] 马玉洁,刘延欣.城市更新下老旧土木工程建筑再生改造策略探析[J].长沙理工大学学报(自然科学版),2024,21(02):122-128.