

老旧小区改造工程结构加固施工技术应用分析

丁雯天

新疆三利建筑有限责任公司 新疆 奎屯 833200

摘 要：老旧小区改造是当前城市更新行动的重要组成部分，其中既有建筑结构的安全性和耐久性提升是改造工程的核心内容。本文系统分析了老旧小区建筑结构的主要病害特征及其成因，包括材料老化、荷载标准变更、抗震能力不足和构造缺陷等。在此基础上，重点论述了外加截面加固法、粘钢与粘贴纤维复合材料加固法、外包钢加固法、预应力加固法以及基础与地基加固等主流结构加固技术的原理、适用条件和施工控制要点。进而从施工组织、质量控制、安全管理和绿色施工四个维度，探讨了加固技术在老旧小区特殊施工环境下的综合应用策略。研究表明，老旧小区结构加固应遵循“一栋一策”的原则，合理匹配技术方案与现场约束条件，实现安全提升与经济节约的平衡。

关键词：老旧小区改造；结构加固；粘钢加固；碳纤维布加固；施工技术

引言

随着我国城镇化率突破 65%，城市建设正从大规模增量扩张转向存量提质改造。老旧小区作为城市建成区的重要存量资源，普遍建成于上世纪 80 年代至 2005 年之间，其结构设计标准偏低、材料性能退化、使用功能不完善等问题日益突出。近年来，国家和地方密集出台老旧小区改造政策，将结构安全作为改造的底线要求。然而，与新建工程不同，老旧小区的结构加固面临诸多特殊约束：建筑间距狭窄、施工场地受限、居民正常生活与施工交叉进行、既有结构原始资料缺失等，这对加固技术的选择和施工组织提出了更高要求。当前，结构加固技术体系已相对成熟，包括传统的大截面法、外包钢法，以及近年来广泛应用的粘钢法、粘贴碳纤维增强复合材料（CFRP）法和预应力法等。但技术的适用性必须结合老旧小区的特定工况进行审视。部分工程盲目套用新建工程的技术标准，忽视既有结构现状的检测评估，导致加固效果不理想甚至对原结构造成二次损伤。因此，有必要系统梳理老旧小区结构加固的核心技术及其施工要点，并在此基础上提炼适应老旧小区特殊环境的应用策略，为改造实践提供参考。

1 老旧小区既有结构主要病害与成因

1.1 材料性能退化

老旧住宅多采用砖混结构和底框结构，主要材料为烧结普通砖、混合砂浆和低强度等级混凝土。经过 30 年以上的服役，材料性能不可避免发生退化。砖砌体在冻融循环、干湿交替作用下，表面粉化、灰缝酥松，抗压

和抗剪强度较初始值下降 15%~30%。混凝土构件则因碳化作用导致钢筋钝化膜破坏，在潮湿环境下诱发钢筋锈蚀。碳化深度往往已接近甚至超过保护层厚度，锈蚀产物膨胀导致混凝土顺筋开裂、保护层剥落。此外，早期使用的冷拔低碳钢丝和光圆钢筋，其延性和粘结性能均不满足现行抗震要求。

1.2 荷载标准与抗震设防变更

我国建筑结构荷载规范和抗震设计规范历经多次修订。老旧小区建造时采用的基本风压、雪压和楼面活荷载取值普遍偏低，与当前规范相比已有明显差距。更关键的是抗震设防标准的提升——多数老旧建筑建于 1978 年唐山地震之后至 1989 年抗震规范正式实施之间，抗震设防烈度偏低，且未实现“强柱弱梁”“强剪弱弯”的概念设计。即便按当时规范建造，其抗震能力也难以达到现行标准。加之部分居民在装修过程中擅自拆改承重墙、增大洞口、增设阳台，进一步削弱了结构的整体性和抗震冗余度。

1.3 结构构造缺陷

从构造角度看，老旧建筑存在普遍的系统性不足。圈梁和构造柱设置不完善，砌体结构房屋缺乏有效的约束，房屋整体性较差；预制楼板普遍采用空心板，板端锚固长度不足，板缝连接薄弱，在地震作用下易发生塌落；楼梯间作为重要的疏散通道，其墙体缺乏必要的加强措施；基础形式多为毛石条形基础，埋深较浅，且未设地圈梁^[1]。这些构造缺陷在正常使用状态下可能不显现，但一旦遭遇设防地震或偶然荷载，结构将缺乏合理

的传力路径和能量耗散机制。

2 主要结构加固技术及其施工要点

2.1 外加截面加固法

外加截面加固法（增大截面法）是在原构件表面通过增设钢筋混凝土或钢筋网水泥砂浆层来增大截面面积，从而提高承载力和刚度。该方法适用于梁、板、柱和墙体等多种构件，尤其对原构件截面尺寸偏小、配筋不足的情况最为直接有效。施工时需对原构件表面进行凿毛处理，清洗干净并涂刷界面剂以保证新老混凝土的结合质量。新增钢筋应与原钢筋通过短筋焊接或机械连接实现应力传递，植筋深度和锚固长度须经计算确定。支模和浇筑过程中，应注意振捣密实，避免在界面处产生蜂窝和空洞。该方法的主要优点是技术成熟、造价适中，但湿作业量大、养护周期长，且会增大构件截面尺寸，可能影响建筑净空和使用功能，在老旧小区空间紧张的条件下需慎重选择。

2.2 粘钢加固与粘贴 CFRP 加固

粘钢加固法通过结构胶将钢板或纤维复合材料粘贴于构件受拉面，使之与原结构协同受力，提高抗弯或抗剪能力。粘钢加固的钢板厚度一般为 3~6mm，采用环氧树脂类胶粘剂进行粘贴，并在钢板端部设置锚栓加强抗剥离能力。施工时须严格控制原构件表面的平整度和清洁度，打磨至混凝土骨料露出，胶粘剂涂布应均匀无气泡，粘贴后施加不小于 0.1MPa 的压力直至胶体固化。粘贴 CFRP 加固则使用碳纤维布或板，其抗拉强度可达钢板的数倍，密度仅为钢的五分之一，具有轻质、高强、耐腐蚀等突出优点，且施工便捷，几乎不增加构件自重和截面尺寸。但 CFRP 加固对施工环境温度和湿度要求较高，同时其脆性特征决定了加固后构件的延性改善有限，设计时需注意防止剥离破坏。两种方法均适用于受弯构件和轴心受压构件的补强，但粘钢的耐火性能优于 CFRP，后者需额外采取防火涂层保护。

2.3 外包钢加固法

外包钢加固法是在混凝土柱或梁的四周包以型钢（角钢或槽钢），并通过缀板连接形成整体钢骨架，约束核心混凝土的横向变形，从而提高柱的轴压承载力和延性。该法对原截面尺寸影响较小，承载力提高幅度显著，特别适用于轴压比超限的框架柱。施工时，角钢沿柱通长布置于四角，与柱面之间的间隙采用环氧砂浆灌注饱满，缀板按一定间距焊接，确保钢骨架与混凝土柱协同工作。焊接顺序应分散进行，避免集中受热导致原混凝土爆裂^[2]。外包钢加固对原柱表面平整度要求高，

同时钢材需进行防锈处理。该法属于干法施工，作业周期短，对居民干扰较小，在老旧小区框架结构住宅的加固中较受欢迎。

2.4 预应力加固法

预应力加固法通过张拉高强钢筋或钢绞线，对原结构施加反向预压应力或反向弯矩，以抵消部分外荷载效应，从而提高构件的承载能力和抗裂性能。该法适用于大跨度梁、屋架以及需要严格控制裂缝宽度的构件。在老旧小区中，预应力加固主要应用于底层大空间框架梁和跨度较大的楼盖体系。施工的关键环节包括预应力筋的定位、张拉控制应力的准确施加以及锚固端的可靠构造。预应力筋的线形（直线或曲线）直接影响加固效果，需根据原构件弯矩图优化设计。张拉过程中应对原构件的变形和裂缝进行实时监测，防止应力超限。预应力加固的突出优点是主动受力，能有效减少加固后的构件挠度，但对施工精度和工人技能要求较高，成本也相对昂贵，一般用于特定薄弱构件的针对性补强。

2.5 基础与地基加固技术

老旧小区的基础问题主要表现为地基承载力不足导致的不均匀沉降和基础材料老化。常用的地基加固方法包括注浆加固和锚杆静压桩。注浆加固通过向地基土中注入水泥基或化学浆液，填充孔隙、胶结松散土粒，提高地基的均匀性和承载力。施工时应控制注浆压力和浆液流量，防止浆液串流或上冒污染地面。锚杆静压桩则利用原结构自重作为反力，将预制小截面桩逐段压入土层，直至达到设计承载力，再将桩顶与原基础锚固连接，实现荷载向深部持力层的转移。该法具有施工无振动、低噪音的优点，特别适用于老旧小区狭窄场地的基础托换。基础加固往往需要在房屋四周开挖基槽，必须采取可靠的基坑支护和相邻建筑保护措施，并分区分段施工，避免一次性暴露过多基础而引发倾覆风险。

3 老旧小区加固施工的综合应用策略

3.1 基于检测鉴定的技术方案适配

老旧小区加固施工的首要前提是完成全面的结构检测与鉴定，包括材料强度实测、结构损伤普查、构件尺寸和配筋探测、基础及地质条件核查等。检测结果不仅决定是否需要加固，更指导加固方案的选择。例如，当混凝土强度低于 C20 时，粘贴加固法的效果将因界面粘结强度不足而受限，此时宜优先采用增大截面或外包钢方案；当构件截面尺寸严重不足且不允许增大时，则只能选择预应力或 CFRP 加固。此外，还应查阅原始竣工图（如有）并与实测数据比对，修正计算模型中的几

何参数和荷载取值。“一栋一策”而非“一刀切”是老旧小区加固应遵循的基本原则——同一小区内不同楼栋甚至不同单元，因建造年代、结构体系和使用历史的差异，加固方案均应有所区别。

3.2 受限空间下的施工组织优化

老旧小区内部道路狭窄、楼间距小、地下管线错综复杂，大型施工机械难以进场，常规的支模、浇筑和吊装作业受到严重制约。为此，施工组织需采取垂直运输与水平运输相结合的物料转运方式，优先选用小型化、可拼装的施工设备，如小型混凝土输送泵、便携式钢筋加工机和轻型脚手架系统^[3]。加固作业应按照“先上后下、先内后外”的总体顺序，减少对相邻住户的干扰。对需要大面积粘贴作业的楼栋，宜搭设悬挑式施工平台，避免占用地面交通空间。施工前应对既有管线（给排水、燃气、强弱电）进行详细摸排，制订管线临时迁移或保护方案，防止施工机械误碰。此外，合理规划材料堆场和废料清运通道，避免物料长期占道影响居民通行。

3.3 施工质量控制的关键环节

结构加固属于隐蔽工程，质量缺陷在竣工后难以直观发现，因此施工过程中的质量控制至关重要。对于粘贴类加固，基层处理质量是决定性因素——打磨深度需达到2~3mm直至露出坚实骨料，含水率应低于4%（采用阻燃型胶粘剂时可放宽至6%），粘贴后的空鼓面积不得超过总面积的5%，单块空鼓面积不应大于100cm²。对于植筋工程，钻孔深度、孔径和清孔效果直接决定锚固力，应采用专用锚固胶并做现场拉拔检验。对于增大截面法，新老混凝土结合面的粗糙度和界面剂涂刷质量须逐件验收，新增钢筋的定位和保护层厚度应符合设计图纸^[4]。建议在关键工序（如胶粘剂配制、张拉作业、焊接作业）实施旁站监督，并留置试样进行同条件养护试件试验。质量检验应在每道工序完成后随即进行，形成可追溯的影像资料和检测报告。

3.4 安全防护与绿色施工管理

老旧小区加固施工在居民生活区域内展开，安全管理和环境影响控制具有特殊性。安全风险主要来自高空作业、临时用电、焊接火花以及拆除作业中的结构

失稳。施工前应编制专项安全方案，对外脚手架、临边防护和作业面照明逐一落实。对涉及结构开洞或局部拆除的工序，必须采取临时支撑措施，并计算确认剩余截面承载力满足施工荷载需求。防火方面，粘贴加固所用胶粘剂和溶剂型涂料均属可燃或易燃物品，现场应配备足量灭火器，严禁吸烟和明火作业。绿色施工要求严格控制噪音作业时间（通常为8:00~12:00和14:00~18:00），采用低噪音振动棒和切割设备；打磨、凿毛作业宜采用湿式工艺并设置防尘围挡；废浆液和废弃化学胶体须按环保要求分类回收处置。施工过程中应主动公示施工计划、投诉渠道并定期召开居民沟通会，争取群众理解与配合，减少矛盾冲突。

4 结语

老旧小区结构加固是一项兼具技术复杂性和社会敏感性的系统工程。本文从既有结构病害特征出发，分析了外加截面法、粘贴加固法、外包钢法、预应力法和基础加固法等主流技术的原理与施工要点，进而提出了以检测鉴定为基础、以空间条件为约束、以质量安全为底线、以绿色施工为辅助的综合应用策略。研究认为，老旧小区加固工程的核心在于“适配”——不存在放之四海而皆准的最优技术，只有最契合特定楼栋工况和最契合施工组织条件的合理方案。施工企业应摒弃新建工程的惯性思维，建立以“微扰动、低影响、可追溯”为核心理念的加固施工管理体系。未来，随着既有建筑改造需求的持续释放，装配式加固构件、智能监测传感器和建筑信息模型（BIM）技术的引入，有望进一步提高老旧小区加固施工的精准度和效率，推动行业从劳动密集型向技术集约型转型。

参考文献

- [1] 王亚勇,戴国莹,白雪霜.既有建筑抗震鉴定与加固技术标准对比分析[J].建筑结构学报,2023,44(6):1-10.
- [2] 赵广鹏,周晓洁,姜忻良.外包钢加固钢筋混凝土柱抗震性能试验研究[J].建筑结构,2024,54(3):78-84.
- [3] 吴体,高永昭,肖承波.既有建筑结构加固施工质量控制体系研究[J].工程质量,2024,42(7):1-6.
- [4] 肖从真,李建辉,陈才华.城市更新背景下既有建筑改造的技术路径[J].建筑科学,2025,41(2):12-19.