

# 既有建筑结构加固改造技术与实践

孙仲康

天津辰力工程设计有限公司 天津 300010

**【摘要】**：既有建筑在长期使用中常因材料劣化、荷载增长与使用需求变化而出现承载与变形能力不足的现象。为确保结构持续稳定运行，需在充分掌握现状条件的基础上合理选择加固改造技术。通过外部补强、构件性能提升与整体受力路径调整等措施，可在不大幅影响建筑使用的前提下改善安全性与耐久性。实践经验显示，不同建筑类型与损伤状态在技术响应上呈现明显差异，加固策略的有效性依赖于对结构病害机理的识别与对技术细节的精确处理。技术手段与现场实施的协同作用，使既有建筑在安全、功能与适应性方面获得新的平衡点。

**【关键词】**：既有建筑；结构加固；改造技术；结构性能；工程实践

DOI:10.12417/2811-0722.26.04.053

## 引言

城市发展节奏的加快使大量既有建筑面临结构老化与功能更新的双重压力，安全与适应性问题逐渐凸显。结构加固改造由此成为延续建筑使用寿命与提升空间价值的重要途径。围绕建筑现状展开的技术选择与实施流程，直接影响结构在新的服役阶段能否保持稳定。多种加固手段在实际工程中的应用不断深化，通过材料性能与受力体系的优化，使建筑在更高水平上投入使用。加固过程不仅涉及技术判断，也包含对现场条件的综合处理，促使结构在安全性与功能性之间重新获得平衡。

## 1 既有建筑结构性能不足的主要诱因

既有建筑在长期服役过程中会受到荷载调整、环境侵蚀与材料疲劳多重因素的持续影响，从而引发结构性能下降。部分建筑在设计阶段依据早期规范制定承载标准，与当前使用需求之间存在明显差距，结构构件因超限使用而表现出承载储备不足的特点。钢筋混凝土在碳化、氯离子侵入及反复荷载作用下，其强度与变形能力会逐渐衰减，导致构件裂缝扩展、钢筋保护层剥落等病害<sup>[1]</sup>。结构体系在不同水平的长期变形下也会出现内力重分布，使局部构件处于不利受力状态，进而降低整体稳定性。建筑外墙及楼板等附属构件的耐久性下降，会对主体结构的安全冗余产生间接影响，使建筑在连续运行中逐步接近设计极限。

既有建筑的性能弱化不仅源自材料老化，使用方式的改变也具有显著影响。许多建筑在投入使用后经历功能转换，室内设备增设、荷载分布调整、隔墙改动与垂直交通设施新增等情况，使结构受力模式发生改变。部分区域长期承受高集中荷载，会促使楼板发生挠曲增大与局部冲切风险。结构构件在开洞、凿槽或布设机电系统时若处理不当，会破坏受力连续性，使构件截面削弱。建筑内部空间改造带来的不规则荷载路径再分配，常使原有设计难以满足新的应力状态，增加结构出现剪切破坏、受压屈曲或节点滑移等失稳现象的可能性。

外部环境的长期侵蚀也是既有建筑结构性能衰减的重要

来源。气温循环、湿度变化、冻融作用与风雨侵袭会加速材料退化，使混凝土出现体积膨胀与微裂缝累积。沿海地区与工业环境中更易出现氯盐侵蚀与硫酸盐反应，使钢筋锈蚀速度大幅提高，同时削弱混凝土的密实度与粘结性能。地下结构在长期浸泡或渗水条件下会出现混凝土软化与钢筋腐蚀协同发展，影响基础部位的安全储备。而地震、台风等偶发事件会使结构产生难以察觉的残余变形，累积损伤在后续使用中可能继续扩展，形成隐蔽风险。外环境因素与使用荷载变化共同作用，使既有建筑的结构性能逐渐偏离设计基准，增加后期加固改造的必要性。

## 2 结构病害识别与技术判断路径

结构病害的识别依赖对建筑受力体系的全面审查，通过对构件材料状态、变形特征及受力路径的观察，可将潜在的异常逐渐显现出来。混凝土表面的裂缝形态能反映内部受力与耐久性问题，贯穿裂缝常指向拉应力超限，斜裂缝多与剪切能力不足有关，而保护层剥落通常意味着钢筋锈蚀处于活跃阶段<sup>[2]</sup>。钢结构在长期疲劳作用下会出现焊缝微裂纹、节点局部屈曲及薄壁构件畸变等现象，需要借助磁粉探伤与超声检测开展深层评估。砌体结构的灰缝脱空、墙体剪切滑移及局部压碎区也能揭示整体稳定性下降的趋势。通过现场记录构件变形、材料劣化程度及支撑体系完整性，可为后续技术判断提供清晰依据。

技术判断的形成离不开对结构病害机理的深入解析。结构在连续受力过程中若出现应力集中区或刚度突变区，通常会引发局部损伤向系统性弱化演变，因此需结合结构分析模型验证病害发展趋势。通过建立三维有限元模型，对构件内力重分布、节点连结刚度衰减及整体刚度退化进行量化，可以进一步明确承载能力的下降幅度。动力响应特征也是判断路径的重要组成部分，通过监测振动频率、阻尼比与模态特征，可发现难以从外观识别的内部隐性损伤。结构在荷载作用下的瞬态响应与长期变形曲线具有高度诊断价值，借助传感器阵列与数据反演技术能够精准定位薄弱部位，为加固措施提供方向性判断。

技术路线的确定需要将病害结果与工程条件进行匹配，通

通过对现场条件、施工环境与结构可操作空间的综合研判,形成适宜的技术选择路径。若病害源于材料衰减,则需重点关注补强材料的兼容性与粘结性能;若源于结构体系不合理,则需重新构建受力路径并调整构件之间的协同关系;若源于使用荷载增长,则应对构件截面、节点连接及整体稳定性进行强化。施工阶段各环节的可控性也影响判断的最终方向,狭小空间、复杂节点或连续使用场景都会限制技术方案的可实施性。通过将病害识别结果与技术约束条件进行系统比对,可形成从病害诊断到技术落地的完整判断链条,确保加固改造措施能够与结构实际状况精准吻合。

### 3 加固改造技术的针对性应用策略

加固改造技术的选择需围绕结构病害的成因与受力模式展开,通过对构件残余承载力、变形协调能力以及材料劣化状态的综合分析,明确技术介入的靶向位置。若构件表现出抗拉或抗剪能力不足,可采用外包型钢、粘贴纤维复合材料或增设外部预应力等方式提升受力能力,使截面刚度与延性得到重新分配。对混凝土结构而言,纤维增强复合材料具有重量轻、强度高及施工便捷的特点,可在不增加构件自重的前提下有效改善裂缝开展与变形过度等问题<sup>[3]</sup>。若墙体结构出现整体稳定性下降,可通过设置钢筋网砂浆面层、调整受力路径或形成新的抗侧力体系,使结构协同作用得到恢复。加固策略的核心不在材料堆叠,而在受力状态的重新组织,使构件在新的使用阶段保持安全余度。

加固技术的组合应用在复杂工程中具有重要价值。当结构病害由多因素叠加产生,需要将材料强化、节点优化与整体体系调整结合起来,以形成连续的受力链。对于高层框架及框架-剪力墙结构,可通过增设支撑体系或调整楼层刚度分布,改善整体侧向变形模式,减轻薄弱层的破坏风险。若节点区存在滞回性能下降或连接松动,可采用外部套箍、碳纤维环向加固或钢板包覆措施,使节点区域的能量耗散能力得到提升。对钢结构而言,可通过更换疲劳敏感部位、增强焊缝质量或增设刚性连接件改善整体稳定性。不同技术体系之间的组合应体现相互补充关系,使局部补强与整体调整形成统一受力机制,从而实现结构性能的全面恢复。

加固措施在现场实施时需结合施工环境、建筑功能及连续使用条件开展针对性调整。若建筑处于运营状态,需采用低干扰、高效率的施工方式,减少振动、噪声及粉尘对使用者的影响。纤维复合材料加固因施工灵活、固化速度快而适用于空间受限区域,而钢结构加固则适合承载力要求较高或需要形成新受力体系的场景。在地下结构中,可采用化学注浆、混凝土补强与增强防水系统协同处理,使渗水与承载问题同步改善。施工阶段还需关注界面处理、施工荷载控制及材料固化环境等细节,避免因工艺缺陷导致受力性能无法充分发挥。加固技术的应用并非单纯复制模式,而是根据结构状态、环境约束与工程

目标进行动态匹配,使改造措施在技术层面与结构需求保持一致。

### 4 现场实施中的关键控制环节

现场实施阶段的控制是确保加固措施达到预期效果的重要环节,各类技术手段在进入施工流程后会受到空间条件、环境状态与结构原有缺陷的共同影响,因此需要建立稳定的工序控制体系。结构表面处理是加固质量的基础,混凝土构件需对松散层、弱化界面与原有保护层剥落部位进行彻底清理,使加固材料能够形成可靠的粘结界面。钢筋锈蚀构件需进行机械除锈或喷砂处理,以确保其屈服性能与粘结能力不被表面污染削弱<sup>[4]</sup>。在空间受限的区域,需通过定制化工具与局部拆改,实现操作面的完整性,使施工过程保持稳定的质量标准。不同加固材料对环境湿度、温度及基底含水率具有不同敏感度,施工条件偏离适宜范围会影响材料强度增长与界面粘结性能,因此必须通过实时监测调整环境参数。

施工过程中的力学控制直接关系到结构的安全状态。结构在加固介入期间会处于受力转换阶段,若缺乏适当的临时支撑或卸载措施,易导致原有构件产生新的裂缝或发生受力突变。为避免应力集中,应在关键部位布设可调支撑体系,使构件在新旧受力路径之间实现平稳过渡。外部预应力体系安装时需精确控制张拉力与应力损失,张拉顺序、锁定方式与锚具稳定性会对结构变形曲线产生显著影响。纤维复合材料粘贴过程中需严格掌握树脂渗透度与纤维排布质量,确保应力能够沿纤维方向有效传递。钢结构加固涉及焊接、螺栓连接与构件拼装等步骤,若焊接热影响区控制不当,可能诱发局部脆化或残余应力叠加,需要在施工阶段进行全过程检测。

施工质量的检验与过程追踪构成控制体系的后半部分,通过对加固构件的界面粘结、材料固化程度、几何形态偏差与构件应变反应的监测,可判断加固效果是否达到设计要求。无损检测技术在这一阶段具有重要作用,超声检测、回弹法与电磁波扫描可对混凝土构件的内部密实度和加固层粘结状况进行评估,红外热成像可识别界面脱空区域。对于钢结构,可通过磁粉检测与超声检测验证焊缝质量与连接可靠性。结构在完成加固后应进行短期加载试验或振动检测,通过对比加固前后的刚度变化、变形模式与动力特性,有助于确认受力体系的整体性。

### 5 结构性能提升的综合成效分析

加固完成后的结构在承载能力、变形控制与材料耐久性方面通常会呈现出较为显著的提升,通过对加固前后的力学参数进行对比,可清晰观察结构性能变化的幅度。构件的抗压、抗弯与抗剪能力在外部补强或截面增强措施作用下表现出稳定增长,延性指标与极限变形能力也得到改善,使构件在突发荷载或重复荷载作用下更具能量耗散能力<sup>[5]</sup>。结构体系层面的刚

度提升体现在侧移减小、整体变形协调性增强等方面,薄弱层或应力集中区的风险显著降低。动力特性监测显示,自振频率提高与阻尼变化说明体系的整体性得到恢复,内部损伤扩展趋势被有效遏制,结构运行状态更趋稳定。

加固措施对耐久性能的改善同样具有关键意义。通过材料补强、表面防护与界面密封等措施,混凝土的碳化深度增长速度得到有效控制,氯离子渗透系数降低,使钢筋生锈风险大幅减少。纤维复合材料的封闭包覆可阻隔外部水汽与化学侵蚀,提升构件长期服役能力。钢结构经过节点加固与焊缝优化后,其疲劳敏感部位的应力幅值降低,延缓裂纹萌生与扩展的速度,使结构在反复荷载下维持稳定性能。地下结构通过防水体系重构与裂缝治理,可显著减少渗水路径,避免混凝土软化与钢筋腐蚀的持续发展,使基础部分的安全储备更加充足。

在使用功能层面,加固改造后的结构具备更高的适应性,可承受新的荷载配置与空间调整需求。楼板刚度提升后可减少使用过程中的振动与挠度,使建筑在改造后具备更高的舒适度

与稳定性。对框架体系而言,通过改善节点性能与调整受力路径,使建筑能够满足更高的抗侧力要求,为后续功能更新或扩建提供支撑条件。结构各部位在加固后呈现出协同受力的趋势,构件之间的力流传递更加顺畅,使整体性能形成新的平衡。改造后的结构不仅在安全储备上实现提升,也在持续运行中展现更稳定的状态,为建筑继续投入使用创造可靠条件。

## 6 结语

加固改造后的既有建筑在结构安全性、耐久性与适应性方面呈现出稳定提升,受力体系的协调性得到重塑,各类构件在新的工作状态下表现出更高的可靠性。加固技术在材料改性、体系调整与施工控制等环节的综合应用,使结构在承载、变形与耐久性能上形成均衡状态。现场实施过程中积累的经验为复杂条件下的改造实践提供了可参考的路径,也展现出技术手段与工程判断协同后的整体效益。结构性能的全面改善为建筑继续承担使用功能奠定扎实基础。

## 参考文献:

- [1] 陈云龙.既有建筑结构抗震性能鉴定加固设计分析及施工技术探究[J].建材发展导向,2025,23(23):31-33.
- [2] 王汉南,孙丽群.城镇化进程中既有建筑结构加固技术体系构建与应用[J].新型城镇化,2025,(12):67-69.
- [3] 李文科,索昱.既有建筑结构加固设计优化策略与实践[J].中国房地产业,2025,(33):114-117.
- [4] 甘琅.既有建筑改造工程中结构加固施工技术要点及质量管控[C]//广西网络安全和信息化联合会.第十二届工程技术管理与数字化转型学术交流会议论文集.广西科技大学鹿山学院,2025:383-385.
- [5] 罗杰鸣.基于性能退化模型的既有建筑结构加固策略优化研究[J].山西建筑,2025,51(21):67-72.