

探讨建筑工程加固技术

郝保迎

中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司 湖南 长沙 410000

摘要：本文围绕建筑工程加固技术展开研究，先界定其技术体系与核心目标，分析应用场景及发展历程。接着梳理建筑工程常见病害类型与成因，阐述无损检测等病害诊断方法及加固设计三大核心原则。随后构建关键技术体系，涵盖直接、间接加固技术及地基基础加固技术，还探讨新型加固材料应用。研究表明，该技术能解决既有建筑安全隐患，延长寿命，减少资源浪费，契合绿色建筑理念，为城市更新与既有建筑提质提供重要技术支撑。

关键词：建筑工程；病害诊断；加固技术

引言

当前，大量既有建筑因材料劣化、结构损伤、荷载变更等问题，面临安全隐患与功能升级需求，建筑工程加固技术愈发重要。老旧住宅、工业厂房、公共建筑等均需通过加固技术保障安全或实现功能转变。然而，实践中存在病害诊断不准、加固方案不合理等问题。因此，系统探讨该技术的体系、病害诊断方法、设计原则及关键技术，对推动其标准化应用、提升建筑结构安全保障水平，助力城市更新与建筑可持续发展意义重大。

1 建筑工程加固技术概述

建筑工程加固技术，是针对既有建筑结构或构件在服役周期内，因材料劣化（如混凝土碳化、钢筋锈蚀）、结构损伤（如裂缝、节点破坏）、荷载变更（如功能改造增荷、规范升级提标）产生的性能缺陷，通过专项技术干预修复强化，以提升承载能力、稳定性及耐久性，保障安全使用或实现功能转变的工程技术体系。其核心是依托结构分析与现场检测，制定科学方案消除失效风险，确保建筑在剩余设计年限内可靠服役。从应用场景看，该技术覆盖老旧住宅（如砖混墙体加固、楼板承载力提升）、工业厂房（如设备基础加固、钢吊车梁修复）、公共建筑（如大跨度结构节点加固）等，应用范畴含混凝土、钢、砌体等主体结构及地基基础关键环节。技术发展历经“被动修补”到“主动加固”的转变：早期以增大截面、外包钢等传统工艺为主，聚焦已损构件修补，存在施工周期长、占空间等局限；现阶段整合FRP粘贴、体外预应力等高效工艺，融入超声波检测、光纤传感等技术，形成“检测-设计-施工-监测”一体化体系，实现病害精准识别与性能动态管控。该技术不仅是解决既有建筑安全隐患的关键，更能延长建筑寿命，减少拆建资源消耗，契合绿色建筑理念，在城市更新与既有建筑提质中发挥不可替代的技术支撑作用^[1]。

2 建筑工程病害诊断与加固设计原则

2.1 常见病害类型与成因分析

建筑工程结构在长期使用与外界环境作用下，易产生多种病害，不同病害的成因与危害存在显著差异。

（1）混凝土裂缝是最常见的病害之一，按成因可分为荷载裂缝、温度裂缝与收缩裂缝：荷载裂缝多因结构承受超出设计限值的荷载（如功能转变后新增设备荷载），导致混凝土受拉区应力超过抗拉强度而产生；温度裂缝源于混凝土浇筑后水化热释放不均或环境温度剧烈变化，引发结构内部温度应力差；收缩裂缝则与混凝土养护不当、水分蒸发过快有关，常见于墙体、楼板等构件表面。（2）钢筋锈蚀主要发生在混凝土保护层破损或碳化深度过大的结构中，空气中的氧气与水分渗入混凝土内部，与钢筋发生电化学反应，导致钢筋截面减小、力学性能下降，严重时会引起混凝土保护层剥落，破坏结构整体性。（3）地基沉降分为均匀沉降与不均匀沉降，均匀沉降通常对结构影响较小，而不均匀沉降多因地基土层分布不均、地下水位变化或相邻工程施工扰动，导致建筑基础出现差异变形，进而引发墙体开裂、楼盖倾斜等问题。（4）地震、火灾等灾害也会造成严重的结构损伤：地震作用下，结构因承受水平地震力产生剧烈振动，易出现梁柱节点破坏、墙体倒塌等现象；火灾会使混凝土强度急剧下降（高温下混凝土脱水酥化）、钢筋失去延展性，导致结构承载能力大幅降低，甚至引发整体坍塌。

2.2 病害检测与评估方法

病害检测是加固工程的前提，需结合无损检测技术与现场勘查，确保检测结果的准确性与全面性。（1）无损检测技术凭借不破坏结构构件的优势，在病害检测中应用广泛：红外热成像技术通过检测结构表面温度差异，可快速识别混凝土内部空洞、裂缝及钢筋锈蚀区

域,尤其适用于大面积墙体、楼板的检测;超声波检测利用超声波在不同介质中的传播速度差异,能精准测量混凝土强度、检测内部裂缝深度与走向,常用于梁柱等承重构件的质量评估;此外,回弹法通过测量混凝土表面回弹值推算强度,操作简便、效率高,适合现场快速检测。(2)结构安全性评估需遵循规范标准与科学流程,首先收集建筑原始设计资料、施工记录与使用情况,明确结构类型、荷载等级与服役年限;其次结合无损检测结果,对结构构件的损伤程度进行分类(轻微损伤、中度损伤、严重损伤);最后依据《建筑结构可靠性设计统一标准》等规范,通过结构力学计算分析构件承载能力、变形限值是否满足安全要求,确定结构的安全等级(一、二、三级),为后续加固设计提供依据^[2]。

2.3 加固设计核心原则

加固设计需兼顾结构性能提升与工程实践可行性,遵循核心原则。(1)结构整体性与协调性原则要求加固方案需与原结构受力体系相匹配,避免因局部加固导致结构传力路径紊乱:例如在梁构件加固中,需考虑梁与柱节点的协同工作,若仅加固梁体而忽视节点强度,易引发节点破坏,反而降低结构安全性;同时,加固后的构件刚度、承载力需与相邻构件协调,防止因刚度突变产生应力集中。(2)耐久性、经济性与施工可行性平衡原则是加固设计的关键:1)耐久性原则,需根据建筑使用环境(如潮湿环境、腐蚀性环境)选择耐候性材料,例如在沿海地区采用耐腐蚀的FRP材料替代传统钢材;2)经济性原则,需对比不同加固方案的成本(材料成本、施工成本、工期成本),在满足安全要求的前提下选择性价比最高的方案,避免过度加固;3)施工可行性原则,需考虑施工现场条件(如空间限制、既有设备影响),例如在狭小的地下室加固中,优先选择施工简便的粘贴加固法,而非需要大型设备的增大截面法。

3 建筑工程加固关键技术体系

3.1 直接加固技术

直接加固技术通过对结构构件本身进行处理,直接提升其承载能力,适用于构件损伤较严重或承载能力不足的场景。(1)增大截面法是最传统的直接加固技术,适用于混凝土梁、柱、基础等构件,尤其适合构件截面尺寸偏小或混凝土强度等级过低的情况。其施工要点包括:首先清除构件表面的风化层、油污,对裂缝进行修补;其次在原构件表面绑扎新增钢筋,确保新增钢筋与原钢筋可靠连接(通过植筋、焊接等方式);最后浇筑高强度混凝土,养护至设计强度。该方法优点是加固效果可靠、耐久性强,缺点是施工周期长、对建筑空间有

一定占用。(2)外包钢加固法通过在混凝土构件表面包裹型钢(如角钢、槽钢),利用型钢的高强度提升构件承载能力,适用于混凝土构件强度不足但截面尺寸受限制的场景(如框架柱、剪力墙)。型钢与结构的连接技术是关键:干式外包钢需在型钢与混凝土之间填充水泥砂浆,确保两者协同受力;湿式外包钢则通过环氧树脂灌浆,使型钢与混凝土紧密结合,提升抗剪性能。施工中需注意型钢的除锈处理与防腐涂装,避免后期锈蚀影响加固效果。(3)粘贴加固法包括碳纤维布粘贴与钢板粘贴,凭借施工便捷、自重轻的优势,广泛应用于梁、板、柱的抗弯、抗剪加固。碳纤维布粘贴工艺需严格控制基层处理(混凝土表面打磨、找平)、胶粘剂涂刷(均匀涂抹环氧树脂胶)与布材粘贴(避免气泡、褶皱),质量控制重点是胶粘剂的粘结强度与碳纤维布的搭接长度;钢板粘贴则需先对钢板进行除锈,采用压力注胶工艺确保钢板与混凝土粘结牢固,同时通过螺栓固定防止钢板滑移^[3]。

3.2 间接加固技术

间接加固技术通过改变结构受力体系或传力路径,间接提升结构整体承载能力,适用于结构整体稳定性不足或局部构件难以直接加固的场景。(1)增设支点法通过在梁、板等受弯构件下方增设支撑(如钢柱、砖柱),减小构件跨度,从而降低弯矩值,实现加固目的。典型案例为某老旧办公楼楼板加固:原楼板因长期使用出现裂缝,承载能力下降,通过在楼板下方增设型钢支架(间距2m),将原单跨梁变为多跨梁,传力路径从“梁端直接传力”变为“梁→支架→基础”,经计算楼板弯矩值降低40%,满足安全使用要求。施工中需注意支点的位置选择,避免新增支点对原结构基础造成附加荷载。(2)预应力加固法通过在结构体外施加预应力(如张拉钢绞线、碳纤维筋),使构件产生反向弯矩,抵消部分荷载弯矩,提升构件抗弯能力。体外预应力张拉技术是核心:先在构件两端设置锚具,安装预应力筋并进行张拉,张拉过程中需通过应力监测控制张拉值,避免超张拉导致构件损伤;张拉完成后需对预应力筋进行防护(如包裹防腐层、浇筑混凝土套管)。该方法适用于大跨度梁、屋架等构件,优点是加固效果显著、不占用建筑空间,缺点是对施工精度要求高。

3.3 地基与基础加固技术

地基与基础加固技术针对地基承载力不足或基础沉降问题,需根据地质条件与病害类型选择合适的技术方案,不同技术的适用条件与效果存在差异。(1)注浆加固法通过向地基土层或基础裂缝中注入水泥浆、化学浆

液,填充孔隙、胶结土颗粒,提升地基承载力或修复基础裂缝。该技术适用于软土地基、砂土地基及基础微小裂缝修复,优点是施工设备简单、对周边环境影响小,缺点是加固效果受浆液扩散范围影响,需通过现场试验确定注浆参数(压力、用量)。(2)高压喷射注浆法利用高压水流或浆液切割地基土层,同时注入水泥浆,形成水泥土桩体,适用于淤泥、淤泥质土等软弱地基加固。与注浆加固法相比,其加固深度更深(可达20m)、桩体强度更高,但施工时噪音较大,需控制喷射压力避免对相邻建筑造成扰动。(3)树根桩法通过在地基中钻孔,植入钢筋并浇筑混凝土,形成类似“树根”的微型桩群,适用于地基承载力严重不足或基础沉降较大的场景。该技术优点是桩体直径小(100-300mm)、可在狭小空间施工,缺点是施工周期长、成本较高。三种技术对比来看,注浆加固法适合轻微地基处理,高压喷射注浆法适合中深度软弱地基,树根桩法适合复杂地质条件下的深度加固^[4]。

3.4 新型加固材料与应用

新型加固材料的研发与应用推动了加固技术的创新,高性能复合材料与智能材料成为当前研究热点。

(1)高性能复合材料中,FRP(纤维增强复合材料)与BFRP(玄武岩纤维增强复合材料)凭借优异的力学性能与耐久性,逐渐替代传统钢材。FRP材料(如碳纤维FRP、玻璃纤维FRP)具有高强度(抗拉强度是普通钢材的5-10倍)、轻质(密度仅为钢材的1/4)、耐腐蚀等优点,在混凝土梁、柱加固中应用广泛,例如某化工厂厂房柱加固中,采用FRP布包裹柱体,有效抵抗了化工环境的腐蚀,同时提升了柱的抗剪承载力;BFRP材料则在环保性与性价比上更具优势,其原材料玄武岩资源丰富,且力学性能接近碳纤维FRP,适合大规模推广应用。

(2)智能材料结合监测功能,实现了加固与监测的一体化。形状记忆合金(SMA)具有“形状记忆效应”,在加固中可通过温度控制使合金丝产生预应力,提升构件承载能力,同时其力学性能对温度、应力变化敏感,可作为传感器监测结构应力状态;光纤传感器则可植入混凝土或复合材料内部,通过光信号变化实时监测结构裂缝发展、应变分布,例如在桥梁加固中,将光纤传感器嵌入FRP板,可远程监控桥梁在荷载作用下的结构响应,及时发现安全隐患。智能材料的应用使加固工程从“事后修复”向“实时监测、主动预警”转变,大幅提升了结构安全性与运维效率。

结语

综上,建筑工程加固技术是保障既有建筑安全、实现可持续利用的关键。本文明确了其技术体系与发展脉络,梳理了病害诊断方法、加固设计原则,构建了完善的关键技术体系,展现了新型材料的应用潜力。未来,需进一步推动新材料研发与智能化技术融合,优化加固方案,平衡技术、经济与环保效益。相信随着技术创新与实践积累,该技术将在城市更新等领域发挥更大作用,助力建筑行业高质量发展。

参考文献

- [1]李洪武.建筑工程钢结构加固技术及含裂纹构件安全评定方法探讨[J].四川水泥,2024,(01):164-166.
- [2]肖静文.建筑工程检测鉴定与加固技术探究[J].散装水泥,2024,(04):101-103.
- [3]罗天宇,唐红.钢结构疲劳裂纹修复研究[J].建筑技术,2023,54(17):2106-2108.
- [4]乔愉博.浅析混凝土结构与钢结构的加固方法[J].四川水泥,2023,(07):100-102.