

建筑工程结构加固研究

李忠刚

菏泽市建筑工程施工图审查中心 山东 菏泽 274000

摘要：随着建筑行业的快速发展，建筑结构加固技术成为确保建筑安全存续与品质提升的关键手段。本文深入探讨了建筑工程结构加固的重要性，系统分析了混凝土、钢结构、砌体结构等不同类型的加固技术，包括增大截面法、外包钢加固法、预应力加固法等。同时，本文还关注了加固技术在既有建筑改造、新建建筑优化及灾后修复等场景的应用，并展望了材料高性能化、施工自动化等未来发展趋势。本研究旨在为建筑工程结构加固提供理论支持与实践指导。

关键词：建筑工程；结构加固；应用场景

引言：随着城市化进程的加快和建筑使用寿命的延长，建筑工程结构加固成为了一个亟待解决的问题。由于自然灾害、使用功能变更、设计缺陷或施工质量等多种原因，许多建筑存在结构安全隐患。因此，对既有建筑进行结构加固，提升其承载能力和安全性能，具有重要的现实意义。本研究旨在通过系统分析各种加固技术的原理、应用场景及发展趋势，为建筑工程结构加固提供科学、合理的解决方案，以确保建筑的安全、稳定和持久使用。

1 建筑工程结构加固技术分类与原理

1.1 混凝土加固技术

（1）增大截面加固法原理是通过增加混凝土构件的截面面积，提升其承载能力和刚度。该方法需将原构件表面处理干净，新增钢筋与原钢筋可靠连接后浇筑混凝土，使新旧材料协同受力。适用于梁、板、柱等构件因承载力不足需加固的场景，尤其适合荷载增幅较大的情况，但会增加结构自重和占用空间。（2）外包钢加固法技术特点是在混凝土构件外周包裹型钢，利用型钢的高承载能力增强整体性能。其优势在于加固后构件截面增大少，能显著提高承载力和延性，施工简便且工期短，适用于不允许增大截面尺寸但需大幅提高承载力的构件，如框架柱、梁等。（3）粘贴纤维增强塑料加固技术原理是借助胶粘剂将纤维增强塑料粘贴在构件受拉区或薄弱部位，利用其高强度分担荷载。实施步骤包括表面处理、涂刷底胶、粘贴纤维材料、涂刷面胶及养护，适用于受拉、受弯构件加固，具有轻质高强、耐腐蚀、施工便捷等特点。

1.2 钢结构加固技术

（1）增加支撑加固法通过增设支撑构件，改变结构的受力体系，调整内力分布，从而改善结构受力状态。

可有效提高结构的稳定性和刚度，适用于框架结构、桁架结构等因稳定性不足或受力不合理的加固，能快速提升结构整体承载能力。（2）替换构件加固法是将受损或承载能力不足的钢结构构件拆除，更换为新的合格构件，以确保结构安全性能。适用于构件严重损坏、无法修复或修复成本过高的情况，更换时需合理设置临时支撑，避免结构受力突变。（3）焊缝修复与加固技术针对钢结构焊缝的缺陷，采用补焊等方式修复，增强连接强度。通过改善焊缝质量，确保力在构件间有效传递，适用于焊缝开裂、未焊透等问题的处理，能提高结构连接的可靠性^[1]。

1.3 砌体结构加固技术

（1）压力灌浆加固法利用压力将水泥等浆液注入砌体的缝隙中，浆液凝固后填充空隙，提高砌体密实度和整体性。该方法能增强砌体的承载能力和抗渗性，适用于砌体裂缝修补、强度不足的加固，尤其对古建筑砌体加固效果显著。（2）其他砌体结构加固方法还包括增设扶壁柱，通过增加构件截面提高砌体墙的稳定性的情况。

2 建筑工程结构加固技术的应用场景

2.1 既有建筑改造中的应用

2.1.1 老旧工业厂房改造案例分析与加固技术选择

某占地2万平方米的上世纪90年代重型机械厂厂房，计划改造为集办公、展览于一体的综合性文创园区。原厂房采用排架结构，混凝土柱碳化深度达50%，吊车梁因长期重载出现2-3毫米宽的横向裂缝，屋面承重能力仅能满足原设计荷载的60%。考虑到改造后需保留厂房高挑空间的工业风格，且需满足办公区域活荷载增加至2.0kN/m²的

要求, 技术团队最终选择复合加固方案: 对混凝土柱采用外包钢加固, 选用L100×8等边角钢包裹柱体, 通过灌注环氧树脂浆液实现钢与混凝土的紧密粘结, 承载力提升40%以上; 吊车梁采用粘贴碳纤维布(CFRP)加固, 选用300g/m²单向布, 沿梁底及侧面粘贴2层, 经计算可使梁体抗弯承载力提高35%; 屋面系统则采用增设轻型钢檩条与原混凝土屋面板组合加固, 既减轻自重又提高整体刚度, 满足新增空调设备及人群聚集的荷载需求。

2.1.2 既有建筑功能升级与加固技术的结合

某市妇幼保健院将3层门诊楼扩建为5层综合诊疗楼, 原结构为砖混体系, 墙体采用MU10烧结实砌, 砂浆强度仅为M2.5, 抗震设防烈度需从6度提升至7度。功能升级后新增妇产科手术室、放射科等, 楼面需承受大型医疗设备荷载。加固方案采用“整体提升+局部加强”策略: 对承重墙体采用双面钢筋网水泥砂浆面层加固, 面层厚度50mm, 配置φ6@200双向钢筋网, 与原墙体通过植筋连接, 使墙体抗剪承载力提高1.8倍; 楼板采用叠合层加固, 新增80mm厚C30混凝土叠合层, 内配φ8@150双向钢筋, 与原楼板植筋连接, 承载力提升至3.0kN/m²; 楼梯间增设构造柱与圈梁, 形成约束边框, 增强整体抗震性能, 确保改造后建筑满足医疗功能的严苛要求^[2]。

2.2 新建建筑优化中的应用

2.2.1 超高层建筑抵御自然灾害的加固策略

在台风频发的东南沿海地区, 某42层超高层写字楼采用“主动减震+被动加固”双重体系。建筑核心筒采用钢筋混凝土结构, 为抵御12级台风带来的风荷载, 在核心筒与外框架之间设置粘滞阻尼器, 可耗散30%以上的风振能量; 外框架钢柱采用Q355GJ钢材, 在梁柱节点处采用栓焊混合连接, 焊缝等级提高至一级, 节点域采用加劲肋加强, 抗剪承载力提高25%; 针对可能发生的地震, 建筑基础采用桩筏联合基础, 桩端嵌入中风化岩层3米, 筏板厚度达2.5米, 同时在地下一层设置环向钢筋混凝土加强带, 增强整体抗倾覆能力。通过风洞试验和抗震验算, 该加固策略可使建筑在50年一遇台风作用下最大层间位移角控制在1/500以内, 满足7度抗震设防的甲类建筑要求。

2.2.2 大跨度体育场馆建设中预应力加固技术的应用

某容纳6万人的体育场屋盖采用跨度210米的钢结构拱支网壳体系, 为控制屋盖在自重及活荷载作用下的挠度(限值L/250), 采用体内外预应力结合的加固方案。在网壳径向杆件内设置φ15.2钢绞线体内预应力束, 每束张拉力控制在1200kN, 通过施加预压力抵消部分自重产生的拉力; 在拱支座与网壳之间设置体外预应力拉索,

采用2000MPa级平行钢丝束, 通过张拉调整网壳的受力状态, 使最大挠度从原设计的850mm降至620mm; 同时对预应力锚具节点采用铸钢节点加固, 节点承载力比常规节点提高40%, 并设置防松装置确保长期使用性能。施工过程中通过实时监测预应力值和结构变形, 确保加固效果与设计预期一致。

2.3 灾后建筑修复中的应用

2.3.1 地震、洪水等自然灾害后建筑的快速修复技术

某7度设防区的6层砖混住宅楼在地震中出现墙体斜向裂缝(最大宽度12mm), 部分构造柱与墙体脱开, 地基出现不均匀沉降(最大差异30mm)。修复采用分阶段加固方案: 首先对地基采用高压喷射注浆加固, 在建筑物周边设置直径600mm的旋喷桩, 桩长8米, 形成防渗帷幕, 同时对沉降较大区域采用静压注浆填充地基空隙, 使地基承载力提高至180kPa; 墙体裂缝采用压力注浆修复, 选用改性环氧树脂浆液, 注浆压力控制在0.3-0.5MPa, 确保浆液填满裂缝并与砌体粘结; 脱开的构造柱采用植筋+湿式外包钢加固, 在柱周焊接5mm厚钢板, 通过灌注无收缩混凝土恢复与墙体的连接; 最后在每层设置水平钢拉杆, 增强整体刚度。整个修复过程仅用45天, 满足居民快速回迁需求^[3]。

2.3.2 火灾后钢结构建筑的检测与加固方案

某3层钢结构厂房因电气火灾导致局部区域温度达800℃以上, 火灾持续2小时。检测发现: 2根钢柱出现侧向弯曲(最大挠度50mm), 3榀屋面梁腹板有塑性变形, 部分高强螺栓连接节点松动, 钢材屈服强度下降15%-20%。加固方案如下: 对弯曲钢柱采用热矫正结合机械矫正, 先加热至600-700℃(暗红色), 再用千斤顶缓慢顶推复位, 矫正后采用粘钢加固, 在柱翼缘粘贴10mm厚钢板, 提高稳定性; 屋面梁采用增设加劲肋+体外预应力加固, 在腹板每隔500mm增设横向加劲肋, 同时在梁底设置预应力钢索, 张拉控制应力1200MPa, 恢复梁体承载力; 螺栓节点全部更换为10.9级高强度螺栓, 对松动焊缝采用碳弧气刨清除后重新焊接, 焊后进行200℃保温处理消除应力; 最后对所有钢结构构件进行喷砂除锈(Sa2.5级), 涂刷超薄型防火涂料(耐火极限1.5h)及氟碳面漆, 确保修复后结构安全使用年限不低于20年。

3 建筑工程结构加固技术的发展趋势

3.1 材料的高性能化与环保化

随着建筑结构对安全性、耐久性要求的提升, 加固材料正朝着高性能化与环保化双线并行的方向发展。

(1) 碳纳米管增强复合材料等高性能材料的研发与应用成为焦点。传统加固材料如钢筋、混凝土存在自重较

大、抗腐蚀性能不足等问题,而碳纳米管增强复合材料凭借高强度、高韧性、轻量化的优势,逐渐成为替代方案。其通过在树脂基体中掺入碳纳米管,可使材料抗拉强度提升30%以上,且具备优异的抗疲劳和抗腐蚀性能,适用于桥梁、高层建筑等复杂结构的加固。目前,该材料已在国内多个老旧桥梁改造项目中试点应用,未来随着生产成本的降低,有望实现规模化推广。(2)生物基胶粘剂等环保材料的发展趋势显著。传统化学胶粘剂含有挥发性有机化合物(VOCs),不仅污染环境,还可能对人体健康造成影响。生物基胶粘剂以植物淀粉、木质素等可再生资源为原料,具有可降解、低污染的特点,契合“双碳”目标下的绿色建筑需求。近年来,国内外研究机构通过改性技术提升其粘结强度,使其在砖石结构、木结构加固中的性能接近传统材料。预计未来5-10年,生物基胶粘剂将在历史建筑修复、低碳建筑加固等领域占据重要地位。

3.2 结构监测与智能化加固技术

智能化技术的融入正推动结构加固从“被动修复”向“主动预警+精准加固”转型。(1)光纤光栅传感器在结构监测中的应用日益成熟。该传感器可植入混凝土、钢结构等构件内部,通过感知应力、温度等参数的变化,实时监测结构损伤情况。与传统传感器相比,其具有抗电磁干扰、耐久性强、分布式监测的优势,已在大型桥梁、地铁隧道等工程中广泛应用。例如,某跨江大桥通过布设光纤光栅传感器网络,成功预警了支座位移异常,为及时加固争取了时间^[4]。(2)自动化机器人在加固施工中的应用前景广阔。传统加固施工依赖人工操作,效率低且存在高空作业风险。自动化机器人可通过搭载机械臂、激光扫描设备等,实现加固材料的精准铺设、裂缝修补等工序的自动化作业。例如,某高层建筑加固项目中,墙面修复机器人通过3D建模定位裂缝,单日施工面积达人工的5倍,且施工质量更稳定。随着AI算法与机器人技术的融合,未来有望实现全流程智能化施工。

3.3 标准规范与技术创新

标准规范的完善与技术创新的协同,是推动加固技术产业化的关键。(1)新兴技术和材料标准规范的制定与修订加速。针对碳纳米管复合材料、光纤监测系统新技术,行业正加快制定材料性能指标、施工工艺标准等规范。例如,我国已启动《高性能纤维复合材料加固技术规程》的修订,新增了碳纳米管材料的应用要求,为工程应用提供了依据。同时,标准制定过程中注重与国际接轨,推动技术兼容性提升。(2)结构加固技术在国际市场的推广与应用步伐加快。随着“一带一路”沿线基础设施的老化,加固需求日益增长。我国企业通过技术输出、工程承包等方式,将自主研发的加固技术应用于海外项目。例如,某企业为东南亚某桥梁提供的碳纤维布加固方案,因成本低、工期短而获好评。未来,通过参与国际标准制定、组建技术联盟等方式,我国加固技术有望在国际市场占据更大份额。

结束语

综上所述,建筑工程结构加固技术对于提升建筑安全性和延长使用寿命具有重要意义。随着科技的不断进步和加固材料的创新,加固技术将更加高效、环保和智能化。未来,我们应继续关注加固技术的研发与应用,加强标准规范的制定与国际合作,推动加固技术产业的持续健康发展。同时,提高从业人员的技术水平和安全意识,确保加固工程的质量和效果。通过全社会的共同努力,让建筑工程结构加固技术为保障人民生命财产安全作出更大贡献。

参考文献

- [1] 庞拓,闵旭,付正权等.房屋建筑工程结构加固改造技术的应用分析[J].建筑技术开发,2021,(06):65-66.
- [2] 孟敏婕.建筑结构工程中钢筋混凝土结构加固设计分析[J].工程建设与设计,2023,(11):122-124.
- [3] 张科迪.分析房屋建筑工程结构加固改造技术的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(07):152-153.
- [4] 张杰.房屋建筑工程结构加固改造中存在的问题及常用技术分析[J].工程技术研究,2022,(15):226-228.