

建筑结构加固技术应用探讨

刘高峰 罗由行

楷德电子工程设计有限公司 四川 成都 610095

摘要：随着建筑服役时间增长及各类因素影响，建筑结构难免出现性能下降问题，加固工作愈发重要。本文分析了结构需要加固的原因及常见问题，包括结构自身劣化、设计施工缺陷、使用条件变化和外部环境影响。阐述了增大截面、粘贴、体外预应力、置换混凝土等加固技术的核心要点与操作规范，并介绍了这些技术在混凝土结构、钢结构、砌体结构及特种结构中的具体应用。研究旨在为建筑结构加固工程提供理论与实践参考，助力提升建筑结构的安全性和耐久性。

关键词：建筑结构；加固技术；应用

引言：建筑结构老化、设计施工缺陷、使用功能变更及外部环境破坏等，都可能导致结构安全隐患。当前多种加固技术虽已应用，但在实际操作中仍需规范与优化。本文深入研究建筑结构加固的原因、技术及应用，以明确加固要点，为工程实践提供指导，保障建筑结构安全稳定。

1 建筑结构需要加固的原因及常见问题

建筑结构需要加固的原因及常见问题体现在以下四个方面：（1）结构材料老化与损伤。混凝土结构易因碳化、冻融循环出现表面剥落、内部钢筋锈蚀，表现为保护层开裂、钢筋截面缩减，进而削弱构件承载力；钢结构长期暴露在潮湿或腐蚀性环境中，会发生锈蚀，导致截面削弱和连接节点松弛；砌体结构则可能因砂浆风化、砖块酥松出现墙体裂缝、整体性降低，这些材料劣化过程随服役时间累积，逐步加剧结构隐患。（2）设计与施工阶段的缺陷。设计层面可能存在荷载取值偏低、结构选型不合理或构造措施缺失等问题，导致结构在正常使用中提前出现超限变形或裂缝；施工过程中若材料质量不达标、工序执行不规范，如混凝土强度不足、钢筋锚固长度不够、焊接质量不合格等，会直接降低结构的实际承载能力，形成先天性缺陷。（3）使用功能变更。建筑用途调整可能导致活荷载显著增加，如民用建筑改为仓储用房；设备更新或新增重型设备会产生局部集中荷载，超出楼板或梁的设计承载力；随意拆改墙体、开洞等行为则会破坏结构整体性，削弱抗侧刚度，引发结构内力重分布，导致薄弱部位出现损伤。（4）外部环境因素对结构的破坏。地震、台风等自然灾害会使结构产生过大位移或振动，导致构件开裂、连接失效甚至整体倒塌；洪水、地下水浸泡会加速基础材料劣化，引发不均匀沉降；周边施工如基坑开挖、打桩等产

生的振动或土体扰动，可能导致结构附加变形，诱发裂缝或结构失稳^[1]。

2 重点建筑结构加固技术

2.1 增大截面加固技术

增大截面加固技术的核心在于新增材料与原结构的可靠结合，要严格控制材料性能与施工工艺，具体如下：（1）材料选择上，新增混凝土强度等级不低于原结构，宜采用补偿收缩混凝土或高性能混凝土以减少收缩裂缝；新增钢筋需与原钢筋型号匹配，受力钢筋选用HRB400级及以上热轧带肋钢筋，箍筋满足抗震构造要求。界面处理需清除原结构表面浮浆、疏松层及油污，通过人工凿毛或机械打磨形成粗糙面，必要时涂刷界面剂增强粘结强度。（2）施工流程遵循分层浇筑、对称振捣原则。柱类构件可采用四面围套或单侧加厚方式，新增钢筋与原结构钢筋可靠连接，节点区域加密箍筋约束混凝土；梁类构件通常增大截面高度或宽度，新增纵向钢筋延伸至支座并满足锚固长度，支座处设置附加钢筋抵抗负弯矩。详见下面图1。

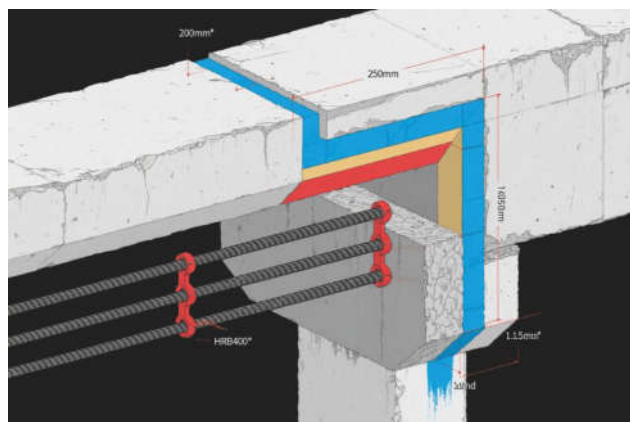


图1 增大截面加固技术示意图

2.2 粘贴加固技术

粘贴加固技术包括粘贴钢板和粘贴纤维复合材料两类，核心是确保粘结界面的抗剪性能，严格控制材料选型与施工质量。（1）粘贴钢板加固时，钢板选用Q235或Q345级低碳钢，厚度2-6mm，表面经除锈、打磨至露出金属光泽；胶粘剂采用A级改性环氧树脂，其粘结强度、弹性模量等性能需符合规范。施工时先处理混凝土基层，清除表面缺陷并打磨平整，按比例配制胶粘剂，以涂抹或注射方式使其均匀填充于钢板与混凝土之间，最后通过加压装置保持粘结面压力直至胶粘剂固化。钢板端部需设置锚固措施（如焊接角钢或植入锚栓），防止剥离破坏。（2）粘贴纤维复合材料加固具有轻质、高强、耐腐蚀等特点，纤维材料需满足抗拉强度、弹性模量等指标，配套胶粘剂与纤维材料兼容。施工流程与粘贴钢板类似，但纤维布需按设计尺寸精确裁剪，粘贴时用专用工具平铺于基层并排除气泡，确保无褶皱、空鼓。

2.3 体外预应力加固技术

体外预应力加固技术的核心是预应力体系的合理布置与张拉控制。（1）预应力筋选型根据受力要求确定，常用钢绞线、高强钢丝等，强度等级 $\geq 1860\text{MPa}$ ，需采取防腐措施（如无粘结钢绞线或外套波纹管灌注防腐油脂）。体外预应力筋布置方式包括直线式、折线式和曲线式，位置结合构件受力特点确定，通常设于梁体下缘或板底；连续梁可在支座附近向上弯起以抵抗负弯矩。转向装置和锚固体系为关键部件，转向装置需保证预应力筋平顺转向且摩擦损失小，锚固体系需具备足够承载力和可靠性，常用夹片式、镦头式等锚具。（2）施工中，预应力筋张拉控制是核心环节。需根据设计确定张拉顺序和控制力，采用应力控制为主、伸长值校核为辅的方法，张拉过程中分级加载并监测构件变形，避免过大应力集中。张拉完成后对锚具进行防护处理以防锈蚀；有粘结预应力体系需及时孔道压浆，确保预应力筋与构件形成整体。

2.4 置换混凝土加固技术

置换混凝土加固技术的核心是确保新旧混凝土结合面的整体性和置换区域的合理划分。（1）置换范围根据结构检测结果确定，通常选择受力较大或损伤严重区域（如柱根、梁端），置换深度需满足钢筋保护层厚度要求，且不得损伤原结构钢筋。被置换旧混凝土采用人工或机械剔除，过程中避免对未置换区域的混凝土和钢筋造成二次损伤，边缘处形成台阶式或斜坡式结合面以增强新旧混凝土粘结。（2）新混凝土宜选用早强、高强、微膨胀材料，强度等级比原混凝土高一个等级，且掺入

适量阻锈剂和减水剂。施工时处理结合面，涂刷界面剂或水泥基渗透结晶型涂料，再分层浇筑新混凝土并振捣密实，浇筑过程中保证钢筋位置准确。养护采用覆盖保湿或蒸汽养护方式，确保新混凝土强度达设计要求后再拆除支撑^[2]。

3 建筑结构加固技术的具体应用

3.1 混凝土结构加固技术的具体应用

混凝土结构加固需结合结构类型与损伤特征选择适配技术。（1）框架结构中，柱体承载力不足时，增大截面法通过浇筑新混凝土、增设钢筋扩大截面，设原柱截面面积为 A_1 ，新增面积为 A_2 ，总截面面积 $A = A_1 + A_2$ ，可提升承载力15%-30%；外包钢法用型钢包裹柱体，间隙填充 $\geq 60\text{MPa}$ 高强灌浆料，增强延性与承载力。梁体常用粘贴碳纤维布（抗拉强度 $\geq 3000\text{MPa}$ ，重点加强受拉区与支座负弯矩区）或体外预应力技术，后者依据挠度

公式 $f = \frac{5ql^4}{384EI}$ （ q 为均布荷载， L 为梁跨， E 为弹性模量， I 为截面惯性矩），通过张拉预应力筋抵消荷载，减少挠度20%-40%。（2）剪力墙结构，斜向裂缝或承载力不足时，采用双面钢筋网水泥砂浆面层（M10-M15砂浆， $\phi 6@200 \times 200$ 钢筋网），提升抗剪承载力30%-50%；开洞剪力墙需在洞口周边增设边框梁、柱，确保受力连续。

（3）楼板加固，粘贴钢板（3-8mm厚，胶粘剂粘结强度 $\geq 3\text{MPa}$ ）或增设叠合层（50-80mm厚，C30以上混凝土），需处理原楼板表面保证结合可靠。

3.2 钢结构加固技术的具体应用

钢结构加固围绕构件锈蚀、节点失效、承载力不足展开。（1）构件锈蚀处理，先喷砂或打磨至Sa2.5级以上，潮湿环境采用环氧富锌底漆（干膜 $\geq 60\mu\text{m}$ ）加聚氨酯面漆（干膜 $\geq 80\mu\text{m}$ ）防腐；截面削弱时，焊接补强或螺栓连接（8.8/10.9级高强螺栓）增设钢板，加固后承载力恢复至原设计90%以上。（2）节点加固，螺栓节点可增螺栓数量或换高强螺栓，薄弱区加补强板；焊接节点裂纹需清除重焊，必要时围焊或加劲肋，焊条与钢材匹配（如Q355钢用E50焊条），无损检测合格率100%。

（3）屋架、桁架等空间结构承载力不足时，增设支撑或杆件优化受力，提升整体稳定性25%-40%。以下为某机械厂钢结构厂房加固实例：

某2012年建成的机械厂钢结构厂房（跨度21m，柱距6m，屋面为梯形屋架），2024年检测发现：屋架上弦杆（Q235钢，原截面 $H180 \times 94 \times 4.5 \times 7$ ）因屋面漏雨锈蚀，腹板厚度减至3.2mm，截面削弱率19.6%；屋架与钢柱连接节点（原10套M184.8级螺栓）有2套松动，节点板出现

30mm长裂纹；新增设备荷载下，屋架整体稳定性仅达规范要求的78%。加固方案如下：对锈蚀弦杆喷砂除锈至Sa2.5级，两侧各焊1块80mm×4mm×1200mmQ235钢板（E43焊条，焊缝高4mm），全屋架涂环氧富锌底漆（干膜65μm）+聚氨酯面漆（干膜85μm），承载力恢复至原设计92%；拆除旧螺栓，换14套M188.8级高强螺栓，碳弧气刨清除节点板裂纹后重焊（焊缝高5mm），加10mm厚补强板，无损检测合格率100%；屋架间增2道H140×70×4.5×6水平支撑，下弦杆增1道斜向杆件，整体稳定性提升32%。加固后荷载试验显示，结构性能达标^[3]。

3.3 砌体结构加固技术的具体应用

砌体结构加固聚焦墙体开裂、承载力与抗震性能问题。（1）墙体承载力加固，双面夹板墙法用20-30mm木夹板或3-5mm钢夹板，螺栓间距300-500mm紧固，提升抗剪承载力20%-35%；钢筋网水泥砂浆面层法（φ6@150×150/200×200钢筋网，20-30mm厚M7.5-M10砂浆），增强整体性40%-60%，施工需凿毛墙体并湿润。（2）抗震加固，增设构造柱（C25以上混凝土，240mm×240mm/240mm×370mm截面，马牙槎+2φ6@500拉结筋深入墙体≥1m）、圈梁（≥120mm高，4φ10纵筋+φ6@200箍筋，闭合设置），二者可靠连接，提升抗震承载力30%-50%。（3）空旷房屋或大跨度梁下墙体，增设扶壁柱（240mm×370mm/370mm×370mm截面，C25以上混凝土）或支撑，增强抗侧移能力，提升刚度25%-45%。

3.4 特种结构加固技术的具体应用

特种结构加固需结合形式与服役环境。（1）烟囱加固，钢筋混凝土烟囱裂缝用压力注浆（0.3-0.8MPa，环氧/水泥基灌浆料，抗压≥40/60MPa）修补；腐蚀或强度不足时，外包4-8mm钢板或抗拉≥3000MPa碳纤维布（环向间距300-500mm，纵向延伸裂缝上下≥500mm），提升承载力20%-40%；砖烟囱加耐酸砖（耐

酸率≥95%）内衬或外包混凝土套壳（环形φ8-12@200-300mm、竖向φ10-14@300-400mm钢筋）。（2）桥梁加固，梁体用体外预应力（高强钢绞线张拉控制应力为0.75倍抗拉强度标准值）、粘贴4-10mm厚钢板（端部锚固）或增设横隔板，提升承载力25%-50%；橡胶支座开裂变形需更换（天然橡胶支座抗压弹性模量（1.0±0.1）×10³MPa，水平偏差≤1mm/m，高程偏差≤5mm），钢结构支座清理除锈并换损件；桥面加固先清破损层，补裂缝后铺防水层（渗透系数≤1×10⁻⁷cm/s）与铺装层（C40以上混凝土或马歇尔稳定度≥8kN沥青混凝土），设伸缩缝与排水。（3）储罐加固，罐壁腐蚀补焊（Q235钢用E43焊条）或换钢板，焊缝抗拉≥原钢板90%，无损检测合格；基础不均匀沉降用注浆（水泥浆水灰比0.5-0.6，化学浆液抗压≥30MPa，提升地基承载力15%-30%）或增设500-800mm桩径桩基，加固后不均匀沉降控制在5mm内。

结束语：建筑结构加固需综合考量多方面因素，针对不同结构类型和问题选用适宜技术。增大截面、粘贴等技术各有特点，在实际应用中需严格遵循规范。通过合理加固，可有效提升结构性能，延长建筑使用寿命。未来应持续研发新型加固技术与材料，推动加固工程向更高效、经济、安全的方向发展，为建筑行业可持续发展提供支撑^[4]。

参考文献

- [1]武晓玉.结构加固技术在房建建筑施工中的应用探讨[J].建筑与装饰,2025(9):136-138.
- [2]周虎.建筑设计中结构与地基加固技术的应用探讨[J].陶瓷,2025(6):214-216.
- [3]张鹏,李昊.建筑混凝土框架结构加固技术的研究与应用[J].工程机械与维修,2025(3):104-106.
- [4]赵宇.建筑结构加固技术在老旧建筑改造中的应用设计[J].建设科技,2025(11):75-77.