

建筑混凝土框架结构加固技术的研究与应用

徐召飞

宜昌华创勘察建筑设计有限责任公司 湖北 宜昌 443200

摘要：现代城市中的既有建筑受设计标准改变、功能调整及老化等情况影响，其混凝土框架结构安全性与耐久性受到挑战，研究此类混凝土框架结构加固技术为延长建筑使用寿命、减少资源浪费以及减轻环境损害有重要意义。本文对钢筋混凝土框架结构组成与功能予以分析并探讨其经济性和适宜性，着重对混凝土增强材料、预应力材料以及碳纤维增强聚合物（CFRP）等加固材料特性与应用场景进行阐述，系统介绍了增大截面加固法、粘贴钢板加固法、外包钢加固法和预应力加固法这些常见加固方法施工流程、技术要点以及适用范围。研究结果表明，合理运用加固技术能有效提升结构承载能力与抗震性能，有利于推动城市可持续发展。

关键词：建筑混凝土框架结构；加固技术；应用

引言

现代城市内，既有建筑因为设计标准改变、使用功能变动及长期使用引发结构老化等因素，结构安全性与耐久性出现不足问题，特别是建筑混凝土框架结构情况突出。为延长其使用寿命并避免大规模拆除重建产生的资源浪费及环境损害，合理有效的加固技术不仅能强化既有建筑承载能力及抗震性能以达标现行规范，还能使建筑适应新的使用需求，为城市可持续发展提供助力。

1 建筑混凝土框架结构加固技术概述

1.1 钢筋混凝土框架结构的组成与功能

钢筋混凝土框架结构的主要构成有梁、柱以及节点。梁属于横向构件，承担楼板传递的荷载，并将这些荷载传给柱，梁凭借受拉钢筋和受压混凝土的相互配合抵御弯矩以及剪力，且梁的布局与尺寸会给建筑的空间划分以及使用功能产生直接影响。柱为纵向承重构件，会承担来自梁和楼板的竖向荷载以及水平荷载导致的轴向力和弯矩，凭借混凝土的抗压性能以及纵向钢筋的抗拉和抗压性能维持结构稳定。节点处于梁柱的交汇处，是框架结构的重要部位，它的核心功能是保证梁柱之间力的可靠传递，可凭借加密箍筋、设置水平和竖向加固等构造手段，增强节点核心区的抗剪承载力以及变形能力，进而确保整个框架结构在荷载作用下能够协同工作且保持一体性。

1.2 钢筋混凝土框架结构的经济性和适宜性

钢筋混凝土框架结构有明显的经济性，钢筋和混凝土材料来源广阔，成本相对低廉，能减少建筑的初始建设成本，这种结构的施工技术成熟，施工速度快，可有效缩短工期，从而降低人工费用和设备租赁成本。混凝土材料耐久性好，抗大气侵蚀能力强，正常使用的情

况下，结构的维护需求有限，能进一步降低建筑的全生命周期成本。不仅如此，框架结构的自重较轻，对地基承载力的要求不高，适用于地质条件欠佳的区域，能减少地基处理的复杂程度和成本。

2 钢筋混凝土框架结构的常用加固材料

2.1 混凝土增强材料

在钢筋混凝土框架结构加固中，传统的混凝土增强多依赖于增加配筋率等方式，然而，现代工程实践中，新型混凝土增强材料及技术正逐渐崭露头角。一方面，高性能纤维混凝土备受关注，它凭借在混凝土中掺入适量的纤维，如聚丙烯纤维、钢纤维等，能够显著改善混凝土的抗裂性能、抗剪强度以及韧性。这些纤维在混凝土内部形成一种微观的支撑网络，有效阻碍裂缝的扩展与贯通，使混凝土在遭受荷载时，具备更好的抗变形能力，从而增强结构的整体性与耐久性。另一方面，一些新型的复合增强材料也在研发与应用中，将纳米材料与传统混凝土增强材料相结合，利用纳米材料的特殊物理化学性质，如纳米二氧化硅的高比表面积与活性，可在微观层面优化混凝土的孔隙结构，提高混凝土的密实度与强度，进而提升混凝土的增强效果，为钢筋混凝土框架结构的加固提供更为坚实的基础材料^[1]。

2.2 预应力材料

预应力钢材乃是传统预应力材料的主要构成，如预应力钢绞线、钢丝以及热处理钢筋等都属于此范围，当对其施加预应力时，能够使结构构件产生预压应力，提前抵御外部荷载引发的拉应力，以此提升结构的承载能力和抗裂性能，如今随着工程要求的逐步提高，新型预应力材料开始大量涌现。预应力碳纤维复合材料是其中备受关注的一类，该材料强度远高于传统预应力钢材，

同时具备自重更轻以及耐腐蚀性更好等特性,即便处于恶劣环境之下,也能够长期稳定运行,在对结构自重要求较高或是处在高腐蚀环境之中的钢筋混凝土框架结构加固时显得尤为适用。智能预应力材料也在兴起,此类材料可实时感知自身应力应变状态,并向监控系统反馈相关信息,便于施工人员据此及时调整预应力施加情况,确保加固工程质量和可靠性能够提高。

2.3 碳纤维增强聚合物(CFRP)

碳纤维增强聚合物有着极高的比强度和比模量,与钢材和普通混凝土等传统加固材料相比,强度重量比较高,在未大幅增加结构自重时能显著提高结构构件承载能力与刚度。CFRP的耐腐蚀性和耐久性良好,在各种恶劣环境下性能稳定,无需要进行额外防腐处理,能够降低维护成本的同时延长结构使用寿命。CFRP施工便捷性突出,通常以碳纤维布或碳纤维板的形式呈现,只需要凭借专用胶粘剂粘贴在混凝土构件表面即可完成加固施工,过程中无需要大型机械设备,对现场环境要求低,且对结构正常使用功能影响小,能够在保证建筑正常使用的前提下开展加固施工^[2]。CFRP可设计性强,能依据结构构件受力特点以及加固需求,灵活规划碳纤维的铺层方向、层数和形状,实现对结构的精准加固,优化结构力学性能并提高整体稳定性和抗震性能。

3 建筑混凝土框架结构加固的常见方法

3.1 增大截面加固法

增大截面加固法作为一种传统方法,靠增加构件截面积来提升承载能力。施工前,施工人员便要对原构件表面予以凿毛、清洁等方面的处理,借此可以增强新旧混凝土之间的粘结力,且凿毛深度以5到10mm为宜,以此确保新拌混凝土面能够露出。而后需要依据设计要求来植入钢筋,对于钢筋直径以及间距都要经由严格的计算,目的是保障其与原结构钢筋之间的有效连接。针对梁底受拉区,通常会植入直径16到25mm的HRB400级钢筋,间距要控制在100到200mm。在进行高强混凝土浇筑时,混凝土强度等级应当比原结构提高5到10MPa才行,并且要运用分层浇筑的方式,每层厚度20到30cm,同时用机械振捣的方法保证其密实度,而振捣时间通常以混凝土表面不再沉落以及泛出水泥浆为宜,正常每层需要振捣20到30s。浇筑完成后,养护时长不可少于14d,在前面7d内务必要保持混凝土表面的湿润状态,可凭借覆盖麻袋、草帘并洒水养护的方式来达成,而洒水次数要以保持混凝土表面湿润为准,每天需要洒水3到5次。虽然此方法能够大幅提升承载力和刚度,可也会让结构自重增加以及占用一定的空间。在施工过程中,新旧混凝土

结合面的处理极为关键,务必要确保粘结牢固,不妨涂刷一层水泥砂浆用以增强粘结性。新增钢筋的锚固长度绝不能小于30d(d为钢筋直径),搭接长度不能小于1.2倍锚固长度,而且末端要设置180°弯钩,弯钩平直段长度不得小于3d。至于混凝土配合比则要凭借试验去确定,水胶比不应大于0.4,坍落度要控制在70到90mm,从而满足强度以及工作性能方面的要求。在梁柱节点等复杂部位,应适当添加构造钢筋,以此避免因应力集中所引发的裂缝。

3.2 粘贴钢板加固法

粘贴钢板加固法能够借助钢板的高强韧性以提升构件承载能力。在施工过程中,施工人员需要先对混凝土表面进行打磨直至其变粗糙,且打磨方向要与受力方向垂直以形成“拉毛”面,而后利用丙酮或酒精对其加以清洁,去除油污及灰尘,从而保证表面干燥清洁。根据构件受力状况以及加固要求来设计钢板尺寸、厚度与数量,受弯构件钢板厚度通常在2~4mm之间选取,宽度处于100~200mm区间,长度依据构件尺寸和承载力计算予以确定,不过正常来讲每侧钢板长度不适合超出构件跨度的1/3。选用JGN系列高强结构胶,它的粘接强度应 $\geq 30\text{MPa}$ 且伸长率 $\geq 20\%$,在施工时需要按特定比例混合胶粘剂,并将其均匀涂抹于钢板和混凝土表面,涂抹厚度为2~3mm,接着将钢板粘贴到构件表面,使用特制滚筒顺着钢板长度方向反复滚压,借此排出气泡让胶粘剂充分浸润钢板和混凝土,滚压压力要控制在0.5~1MPa。粘贴操作完成后要采取临时固定手段,如运用夹具夹紧以防钢板移位,固化时间大概在24~48h,在固化期间需要避免对其进行扰动,这种加固法施工简便快速,对空间的影响比较小^[3]。施工过程中,胶粘剂性能和环境温度尤为重要,环境温度适宜在15~25℃,湿度 $\leq 70\%$,当温度低于10℃时,应采取升温措施搭设暖棚且在内部设置暖风机,以此保障胶粘剂的固化效果。钢板的防腐处理,可在钢板表面涂刷环氧富锌底漆,干膜厚度 $\geq 80\mu\text{m}$,之后再涂刷丙烯酸聚氨酯面漆,干膜厚度 $\geq 60\mu\text{m}$,以此延长其使用寿命。

3.3 外包钢加固法

外包钢加固法主要借助在混凝土构件表面包裹型钢的方法提升承载能力以及延性。以角钢外包为例,需要先依据设计完成切割成型工作,针对矩形截面梁,适宜选用L50×50×5mm或者L63×63×6mm角钢,要依照构件的长度再加上50~100mm的数值予以切割,目的是保障包裹处于紧密状态。在混凝土表面需要完成弹线定位操作,之后用电钻钻孔,植入chem锚栓或膨胀螺栓,锚

栓直径应控制在8~12mm, 间距保持200~300mm, 锚入深度至少达100mm, 随后将角钢用螺栓加以固定, 同时角钢周边与混凝土表面要留出1.5~3mm的间隙, 便于后续填塞胶粘剂。在进行钢板外包时, 应在混凝土表面和钢板上钻孔, 所钻的孔径要比穿心螺栓直径大2~3mm, 利用穿心螺栓将钢板紧密贴合起来, 螺栓间距掌控在200~250mm, 且在中间垫上耐油橡胶垫圈, 在钢板与混凝土两者之间涂抹结构胶, 胶层厚度要控制在2~5mm, 并且涂抹必须均匀, 此方法虽对结构自重的增加幅度小, 可对防火以及防腐的要求颇高、成本较大。在施工期间, 型钢的加工精度标准颇高, 切割误差需要控制在 $\pm 1\text{mm}$ 范围内, 弯曲度每米不能超过1mm, 安装过程中, 螺栓的紧固力矩应达到设计所要求的标准, 例如M12螺栓紧固力矩应当达到60~70N·m, 以此来保证型钢与混凝土紧密地贴合^[4]。胶粘剂的性能非常关键, 其粘接强度至少达到20MPa, 耐高温性要大于等于80°C, 针对防火方面而言, 可以在型钢表面涂刷防火涂料, 涂层的厚度依据耐火极限来确定, 例如当耐火极限为2h时, 涂层厚度应大于等于2.5mm; 在防腐方面, 型钢表面需要先进行除锈处理, 达到Sa2.5级, 然后涂刷防锈底漆, 干膜厚度至少达到60 μm , 再涂面漆, 干膜厚度至少80 μm 。对于长期处于潮湿环境下的构件, 型钢与混凝土之间可增设防水垫层, 防止因水分渗透而产生锈蚀现象。

3.4 预应力加固法

预应力加固法在加固混凝土构件时可凭借施加预应力筋提高其承载能力及抗裂性能。混凝土梁方面, 高强精轧螺纹钢或无粘结预应力钢绞线可用作预应力筋, 规格可选用直径15.2mm或18.6mm且抗拉强度 $\geq 1860\text{MPa}$ 的, 而预应力筋在梁上的布置位置可选择梁底或梁侧。需要依据结构受力分析以及加固需求确定预应力筋的数量, 例如跨度为6m的梁单侧预应力筋数量就在3到5根左右。施工人员要在梁上预留或钻出孔道, 且孔道直径要比预应力筋外径大15~20mm, 之后利用专业的预应力张拉设备来进行张拉操作, 张拉时分阶段控制张拉力, 即先以设计张拉力的10%~20%作为初应力进行张拉并保持5~10min用来检查设备的运行情况, 随后再以每分钟0.1倍设计张拉力的速度逐步张拉直至达到设计张拉力。锚固时需要采用可靠的YDC型或YM型锚具, 同时要保证锚固后预应力筋外露长度 $\geq 30\text{mm}$ 且需要用机械切

割方式对其进行切割处理, 绝对禁止使用电弧焊切割^[5]。预应力筋锚固后应马上对孔道进行灌浆, 所采用的灌浆料强度应 $\geq 30\text{MPa}$ 且灌浆压力保持在0.5-0.7MPa, 以此保证孔道饱满密实防止预应力筋生锈。预应力加固虽效果显著但施工繁杂且技术要求颇高, 其中在预应力筋布置方面必须避免其和原有钢筋产生冲突, 特殊情况下可适度调整原有钢筋的位置, 但必须确保原有钢筋的受力不受任何影响。张拉时还应实时监测混凝土构件的变形状态, 例如梁底挠度变化情况, 一旦挠度超出设计允许值的1.5倍, 便要暂停张拉进一步分析原因并制定相应措施。对于框架结构, 可采用体外预应力体系布置预应力筋, 也是将预应力筋布置在框架梁柱节点外并凭借锚固在牛腿上的锚具施加预应力, 如此能有效降低预应力损失, 而且方便后期检查及更换预应力筋。另外在预应力施加完成后要对结构展开长期监测, 定期检测预应力筋的应力损失状况, 建议每半年进行一次检测, 倘若发现应力损失超过设计允许值要及时开展补偿张拉。

4 结语

城市化进程快速推进期间, 既有建筑加固改造成为构建资源节约、环境友好型社会的重要途径。钢筋混凝土框架结构因承载与适应能力强, 在建筑领域拥有重要地位。随着加固技术持续完善, 它不仅能提升建筑物性能, 还能满足现代化需求, 为可持续城市化予以有力支持。未来工程技术创新应追求经济效率与环境和谐的统一, 需运用新材料与技术, 提高加固改造的精确度和可持续性。尽管当下仍面临挑战, 伴随科技进步及标准优化, 预计会有更多综合方案诞生, 助力建筑材料再利用和可持续发展。

参考文献

- [1]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,(03):104-106.
- [2]姜云宝.建筑混凝土框架结构加固技术研究与应用[J].建筑与预算,2024,(11):58-60.
- [3]苏岸.CFRP加固技术在高层建筑混凝土结构加固中的应用[J].四川水泥,2024,(07):149-151.
- [4]张琪.既有建筑混凝土结构加固改造技术应用与管理[J].工程质量,2024,42(S1):103-107.
- [5]王千.加固技术在钢筋混凝土框架结构设计中的应用[J].石材,2023,(11):56-58.