

# 钢筋混凝土结构建筑加固设计分析

闫岩<sup>1</sup> 罗毅<sup>2</sup> 栗笑航<sup>3</sup>

1. 山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司

2. 山东高速建筑设计有限公司

3. 山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司

**摘要:**为持续提升建筑结构的稳定性,延长混凝土组件的服务年限,科学处置裂缝等质量问题。文章从多个维度出发,综合运用文献资料研究法,总结已有混凝土结构建筑加固技术方法,遵循加固设计原则,不断优化加固设计方法,梳理加固设计注意事项,旨在通过加固设计体系健全与完善,增强混凝土结构牢固程度,提升建筑总体安全性。

**关键词:**建筑结构; 钢筋混凝土; 加固设计; 方法路径

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.05.039

## 前言

根据有关部门测算,2022年国内商业混凝土产量达到32.93亿立方米,同比增长15.83%。混凝土作为基础性施工材料,能够显著提升结构总体强度,兼顾耐久性、经济性、实用性等多重优势。着眼混凝土材料属性,综合施工、使用过程中可能存在的质量问题,工作人员要做好重点区域的加固设计,通过结构性优化和参数性调整,推动钢筋混凝土开发建设活动稳步有序开展。

## 一、钢筋混凝土结构加固概述

分析钢筋混凝土结构加固技术特点,明确技术基本原理,掌握技术应用场景与基础前提,引导工作人员掌握加固设计关键节点,为后续钢筋混凝土建筑结构加固设计原则的框定和加固设计方法的调整奠定坚实基础。

### (一) 钢筋混凝土结构加固主要方法

钢筋混凝土结构作为建筑承重构件,主要由钢筋和混凝土组成,在寿命周期内,能够依托骨架传递和抵抗作用,对内外应力进行合理分配,实现受力均衡分布,提升建筑结构坚固度<sup>[1]</sup>。考虑到钢筋混凝土结构加固要求,工作人员积极进行技术探索,形成了间接加固法、截面增大法、外包钢加固法等多种加固技术方案,通过对加固方案的有效设计,推动加固施工活动有序开展。

### (二) 钢筋混凝土结构加固重要作用

受力失衡、裂缝等质量问题对钢筋混凝土结构的稳定性和耐久性产生影响,造成使用性能下降,缩短水利工程服务年限。例如,混凝土结构的刚度、剪力强度、刚力强度、抗弯强度会出现明显变化,造成应力分配不均衡,出现结构性断裂或者坍塌等问题。裂缝的出现,加速了混凝土中性化进程,导致钢筋腐蚀,造成混凝土结构整体强度的下降,承压能力变差,容易产生漏水、

渗水问题。对钢筋混凝土建筑结构进行加固处理,在很大程度上,能够应对上述潜在风险,将刚度、剪力强度、刚力强度、抗弯强度等维持在合理区间,确保钢筋混凝土结构应力分配的均衡性。

## 二、钢筋混凝土建筑结构加固设计基本原则

着眼钢筋混凝土建筑结构加固的总体目标,工作人员在加固方案设计过程中,要坚持综合性、整体性、适应性、经济性等基本原则,实现加固设计方案的最优化,指导加固施工活动高质量开展。

钢筋混凝土建筑结构加固设计环节,要综合考量技术要素、成本要素、工期要素,工作人员发挥主观能动性,横向比选现有钢筋混凝土建筑结构加固技术方案,调整参数,优化流程,形成最优化的加固设计方案。具体的加固设计中,加固件与被加固对象之间,要注重增强彼此之间的整体性和协同性,形成稳定的连接,以最大限度地保证加固设计方案质量,增强钢筋混凝土建筑结构的牢固性和稳定性<sup>[2]</sup>。钢筋混凝土结构建筑所处环境较为复杂,不同结构区域破损原因、破损程度也会出现显著差异,为保证加固方案设计水平,工作人员要坚持适应性原则,深入分析钢筋混凝土结构建筑破损诱发原因,开展相关结构受力情况和荷载分布规律,统筹各类因素,制定契合度较高的加固施工方案。工作人员在钢筋混凝土建筑结构加固设计中,应当注重加固设计方案的经济性,考虑到不同加固设计方案的成本规模,选用最优化的加固设计方案,引导工作人员高质量完成钢筋混凝土建筑结构加固设计,引导加固施工方案设计活动顺利进行,增强加固设计的针对性,满足不同场景下的钢筋混凝土结构建筑加固施工要求。

## 三、钢筋混凝土建筑结构加固设计基本方法

钢筋混凝土建筑结构加固设计体系的健全与完善,要求工作人员发挥主观能动性,遵循客观规律,以基本原则为框架,整合技术资源、管理资源和人力资源,制定切实可行的设计举措,增强加固方案可行性,驱动加固施工活动顺利开展。

### (一) 完善钢筋混凝土建筑结构加固设计思路

为更好地整合优势资源,全方位增强钢筋混凝土建筑加固技术应用效能,高质量完成加固施工目标任务。工作人员应当从设计维度出发,吸收有益经验,借鉴成功案例,调整加固设计思路,修正加固设计流程,通过流程的补全,保证加固设计方案的实用性与有效性。

具体来看,工作人员要加大信息获取力度,进入现场,开展勘察,与业主单位进行对接,掌握钢筋混凝土建筑加固设计总体要求,在此基础上,按照总体方案概念设计—功能原理组合与分析—技术指标与经济指标选择—方案参数优化设计—方案细节设计—加固方案完善的设计思路,掌握加固设计要点,切实保证钢筋混凝土建筑结构设计的可行性与实用性<sup>[3]</sup>。例如,设计人员在充分掌握加固设计要求的前提下,综合各类因素,对间接加固法、截面增大法、外包钢加固法等加固技术方案,开展横向比选,选择最优化的设计方案。同时,结合钢筋混凝土建筑所处环境的温度、湿度等特点,调整加固设计方案的细节和参数,形成完整的加固设计体系,推动钢筋混凝土建筑结构加固施工稳妥、有序开展。

### (二) 健全钢筋混凝土建筑结构加固设计方法

#### 1. 直接加固法设计方法

钢筋混凝土建筑结构加固设计方案的完善环节,工作人员可以通过直接加固法和间接加固法的合理化运用,持续增强加固效果。具体来看,直接加固法类型多样,涵盖了粘钢加固法、粘贴纤维加固法、混凝土置换加固法、绕丝法、锚栓锚固法,通过直接加固法合理化与高效化运用,达到混凝土建筑结构加固目标要求。工作人员在直接加固法选择中,针对不同的加固设计要求,制定相应的加固设计方案,完善加固施工流程,引导施工人员快速、准确地完成钢筋混凝土建筑结构加固任务。例如对于钢筋混凝土受弯构件承载力不佳的区域,工作人员可以选择粘钢加固方案,该加固方案在受损位置粘贴钢板,通过该加固设计方案,强化加固构件承载力;粘贴纤维施工方案设计时,在钢筋混凝土建筑结构受拉区域,使用胶结材料,将纤维增强复合材料黏附在相关区域,使得复合材料能够与钢筋混凝土截面共同承担外部拉力。同时,工作人员要做好防水设计,通过设置防水结构等多种举措,实现积水快速排出,避免水分影响胶结材料,缩短纤维复合材料黏附能力,降低加固效果<sup>[4]</sup>。外包钢加固方案设计环节,工作人员可以借助湿式外包法,对型钢或者钢板对在加固区域进行加固,这种加固方式,能够最大限度地提升钢筋混凝土建筑构件的承压能力和抗拉能力,起到较好的加固效果。对于钢结构混凝土建筑结构斜截面在承载力下降的问题,工作人员在加固设计时,可以选择绕丝法,在通过缠绕钢丝等材料,提升构件横向约束力,有效增强结构加固效果。对于混凝土强度等级达到C20-C60的建筑构件,在开展加固设计时,工作人员应当选用锚栓锚固法,全方位提升混凝土建筑构件强度。锚固锚栓加固技术方案设计时,工作人员根据使用场景,遵循技术规范,采取钻孔清孔、加注锚固胶、锚固和固化等基本操作流程,形成完整的锚固锚栓加固方案,通过加固环节有效设计,防范施工流程缺失。结合以往经验,工作人

员详细设定加固施工参数,指导钻孔设备类型的选择和清孔方法的确定,避免加固孔道施工不合理,影响后续加固施工顺利开展。对于固化环节,工作人员要把握连接、密封、定位、填充、防腐等要点,借助合理的加固技术细节把控,可以增强固化效果,提升锚固能力,更好地解决钢筋混凝土结构建筑加固难题。工作人员在加固设计环节,通过对不同场景下,加固方案比选,把控方案细节,保证设计效果。通过这种方式,工作人员可以完成钢筋混凝土结构建筑直接加固法的精准选择和科学设计,保证整体加固效果。

#### 2. 间接加固法设计方法

钢筋混凝土结构建筑加固设计环节,工作人员结合实际结构特点和加固要求,可以采取间接加固法,通过技术方案的设计,持续改善加固参数,辅助后续钢筋混凝土建筑结构加固施工活动稳妥开展。具体来看,间接加固法主要包括预应力水平拉杆和增加支撑两种加固方案,加固方案设计环节,工作人员应当遵循系列原则,综合考量,做好预应力水平拉杆、增加支撑等加固方案的设计与优化。例如,对于钢筋混凝土受弯构件的加固方案设计时,工作人员可以选择预应力水平拉杆方案,通过该方案,产生轴向拉力,科学处理预应力和荷载,形成偏心受压力,更好地提升抗弯性能,达到结构加固的目的。为保证加固效果,工作人员按照粘贴锚固钢板、焊接拉杆粗钢筋、安装张拉装置、预张拉、张拉、防护处理等流程,设计加固方案,保证预应力水平拉杆加固效果。工作人员在这一过程中,需要做好防护处理,在U形锚固板、钢筋表面在涂覆防锈蚀材料,降低腐蚀作用带来的硬性,增强预应力水平拉杆加固效果,实现加固方案的细节化设计。钢筋混凝土结构建筑结构加固环节,在增加支撑方案设计中,工作人员要利用计算技术、信息技术,建立分析模型,利用分析模型,准确计算受弯构件跨度,根据跨度情况,工作人员可以灵活调整技术参数,通过这种方式,降低建筑构件承载效应,可以增强加固方案设计的针对性,推动后续加固施工活动顺利开展。工作人员按照开锚固槽、钻孔、垫板粘贴、钢筋安装、张拉、封锚、预处理的基本流程,组织开展加固施工活动。增加支撑实现难度较低,技术可靠,但对原钢筋混凝土结构的破坏作用相对较大,妨碍正常功能的使用,压缩建筑空间。这就要求工作人员在增加支撑方案设计时,要合理优化空间布局,减少增加支撑方案对现有空间的占用量,避免影响正常使用。同时,部分支撑结构在加固过程中,极易发生预应力损失的情况,缩短支撑结构服务寿命,诱发结构性病害,设计人员需要做好支撑结构的补强设计,制定预处理方案,给出检查建议,引导施工人员依规做好钢筋混凝土结构建筑结构加固施工。

#### (三) 细化钢筋混凝土建筑结构加固设计参数

钢筋混凝土建筑结构加固施工周期较长，窗口期较短，为保证加固施工质效，工作人员在加固设计参数的细化与调整过程中，要理顺加固流程，注重经济效益，兼顾环保诉求，形成目标突出，全面兼顾的设计机制。具体来看，工作人员在钢筋混凝土建筑结构加固设计中，要利用大数据技术、计算技术、BIM技术获取混凝土结构信息，并进行结构牢固性、可靠性和安全性评级，注重分析混凝土材料特性和破坏程度，掌握结构受力状态，综合各类鉴定结果，为后续加固技术方案的选择和应用提供数据支撑。经过多年发展，钢筋混凝土建筑结构加固技术方案成熟，类型多样，能够切实满足不同场景下的加固施工要求，基于这种实际，工作人员在加固设计方案参数细化环节，立足加固效果，评估经济效益指标，逐步降低加固成本，实现资源利用最优化，减少费用支出。在经济效益指标评估时，工作人员可以从施工周期、人员费用、材料费用、设备费用等角度出发，确保钢筋混凝土建筑结构加固的经济性，保证加固设计方案实用性和可行性。

#### 四、钢筋混凝土建筑结构加固设计注意事项

着眼钢筋混凝土建筑结构加固施工的复杂性，为缩短施工周期，管控施工成本，提高施工效能，工作人员要做好经验总结，把握注意事项，应对难点、堵点问题，保证加固设计水平。

##### （一）做好钢筋混凝土建筑结构受力分析

着眼加固设计的有效性与合理性，掌握相关区域的受力情况，工作人员在设计活动开展前，要充分利用受力分析方法，进行力学评估。具体来看，使用有限元分析模型，准确、全面获取空间特点。为保证分析结果的精准度，施工人员要开展空间静力离散，以模拟单元的创建为基础，在纵向，开展空间量单元模拟，在横向，开展实体单元模拟，在空间梁单元、实体单元的联动下，形成有限元分析模型，真实获取结构特点。着眼实际受力分析要求，实现荷载的科学确定，工作人员依据《混凝土结构加固设计规范》（GB50367-2013）确定的钢筋混凝土结构建筑荷载标准值，进行受力验算，同时修正风压、雪压等活载数值，保证荷载计算的全面性，避免荷载影响因素出现遗漏，影响最终荷载计算结果，降低受力分析结果的准确性<sup>[5]</sup>。为应对这种情况，工作人员要调整思路，需要正确认识到，模型计算值要明显小于理论值，出现这种情况的主要原因在于，没有充分考虑到加固区域的整体受力特点，因此在实际分析过程中，将各种应力纳入空间受力分析中，通过这种方式，消除误差，实现模型计算与理论值的统一。帮助工作人员快速、准确、全面地掌握建筑结构加固区域的受力情况，为后续加固设计方案的选择与优化提供基础。

##### （二）准确把握钢筋混凝土结构加固细节

钢筋混凝土建筑结构加固的本质在于，利用多元技

术手段，持续提升混凝土抗裂能力，防范裂缝等问题，实现荷载科学分布，保证结构牢固性与稳定性。基于这种实际，工作人员在混凝土制备环节，遵循技术规律，做好骨料选择和使用，结合以往经验，碎石、粗糙砂石等作为骨料，能提升混凝土拉伸限值。例如，2.0%的骨料能够提高10.0%的抗拉极限值。在做好上述工作的同时，工作人员可以使用弹性模量测试混凝土结构可靠性，根据测试结果，对水灰度和坍落度做出必要优化。当弹性模量测试的数值低于施工设计要求时，可以认定混凝土结构存在较高的裂缝风险，需要借助必要的举措，进行处置和应对。如果发生混凝土裂缝问题，工作人员必须要及时选用最为适宜的处理措施，进行修复工作。目前，对于钢结构混凝土结构的破损问题，较为常用的修补方法主要包括注入法、填充法，从实际效果来看，上述两种修补方法操作难度较低，修复效果较好，能够满足加固要求。基于这种认知，工作人员钢筋混凝土结构建筑加固设计中，需要细化修复流程，掌握修复重点，设定修复方案，引导修复活动高质量开展。在使用注入法开展混凝土裂缝修复过程中，工作人员借助真空注入法对钢筋混凝土裂缝进行处置，细致标注施工环境、施工设备、施工要求，通过这种方式，可以有效达到修补效果。在使用充填法进行混凝土裂缝修复的过程中，工作人员需要对裂缝开展全面仔细的分析和研究，当混凝土裂缝超过0.5mm，往往可以借助充填法进行处理，填充裂缝，需要严格遵循技术规范，稳步有序开展系列修复处理工作梳理开展。

#### 五、结语

混凝土建筑结构在温度、湿度等因素叠加影响下，其坚固性、耐久性逐步降低，极易引发安全风险，妨碍正常使用。文章从结构加固维度出发，结合现有加固技术，通过设计体系完善，设计方法创新，形成综合性好、整体性强、适应性高、经济性好的混凝土建筑结构加固设计体系，旨在通过合理举措，延长混凝土建筑服务年限。

#### 参考文献

- [1] 张文廷. 钢筋混凝土结构加固设计常用方法分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2021(24): 20-21.
- [2] 王莹. 高层钢筋混凝土框架结构加固方法优化设计[J]. 现代物业: 中旬刊, 2023(2): 28-30.
- [3] 董志明. 关于混凝土建筑结构加固技术探讨[J]. 建筑技术研究, 2021(4): 32-33.
- [4] 周磊. 钢筋混凝土框架结构设计的加固技术应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2022(1): 140-143.
- [5] 殷广庆. 钢筋混凝土框架结构设计的加固技术应用[J]. 新型工业化, 2021(6): 83-84.