既有混凝土建筑抗震加固改造设计及质量控制

张志兴

天津市房屋鉴定建筑设计院有限公司　天津　300041

摘　要：随着现行抗震设防规范不断更新升级，大量存量建筑的抗震安全储备已无法满足现阶段安全使用要求，存在较为突出的结构安全隐患。本文依托现有结构设计规范与加固技术标准，系统梳理各类构件层面的抗震加固设计方法，总结不同结构损伤等级对应的差异化加固选型思路。同时构建完整的施工质量控制体系，细化施工前期准备、施工过程关键工序管控以及完工后验收复检的全流程管控要点。

关键词：既有混凝土建筑；抗震加固；改造设计；质量控制

引言

在长期服役过程中，结构会持续出现混凝土碳化、钢筋锈蚀、构件开裂、刚度退化等病害问题，进一步削弱建筑原有抗震能力。一旦遭遇地震作用，这类存量建筑极易出现构件破坏甚至整体坍塌的安全事故，严重威胁人民生命财产安全。相较于新建建筑设计，既有建筑加固改造需要兼顾原有结构现状、损伤程度、规范要求与使用功能，设计难度更高，施工约束条件更多。并且多数加固工程存在施工空间有限、新旧结构结合难度大、隐蔽工序多等特点，极易出现设计适配性不足、施工工艺不规范、质量管控不到位等问题，直接影响加固改造的最终效果。

1 既有混凝土建筑抗震加固改造设计技术

1.1 加固改造设计基本原则与设计思路

（1）既有建筑抗震加固设计首先遵循安全可靠的核心原则。加固改造的根本目的是弥补原有结构抗震能力不足的问题，消除结构存在的抗震缺陷。设计过程需要严格贴合现行抗震设计规范要求，全面校核结构承载力、刚度分布以及变形性能。充分考虑原有结构老化损伤、材料性能衰减、构造措施不足等各类不利因素，确保加固后的结构能够满足对应设防烈度的抗震需求，有效抵御地震作用带来的结构变形与受力破坏，从根本上提升建筑整体安全储备。（2）坚持因地制宜与适度改造的原则，不同既有建筑的结构形式、损伤程度、建设年代和原始设计标准存在较大差异，不能采用统一的加固模板[1]。设计工作需要依托前期结构检测与性能评估结果，精准识别结构薄弱构件和抗震短板位置。针对结构实际缺陷制定对应改造方案，杜绝过度加固和盲目加固的问题。在满足抗震安全标准的前提下，最大限度保留原有可用结构构件，减少拆除改造工程量，有效控制工程改造成本与施工周期。（3）加固设计需要兼顾协同受力与整体匹配原则。新增加固构件和原有结构需要形成统一的受力整体，保障新旧结构体系能够协同承担竖向荷载与地震作用。设计过程需要合理把控结构刚度分布，避免局部刚度突变引发新的结构受力不均问题。弱化新旧结构受力差异带来的应力集中现象，保证结构传力路径清晰合理，提升整体结构的抗震协调性与变形稳定性。

1.2 结构整体抗震改造设计

（1）混凝土增大截面加固设计依靠在原有构件外部浇筑新的混凝土层，扩大构件截面几何尺寸，同时配套增设受力钢筋，以此提升构件的抗弯抗剪能力。新增混凝土与原有构件形成整体共同受力，不仅能够提高构件承载水平，还可以改善构件延性性能，优化构件抗震构造细节。设计工作需要重点处理新旧混凝土结合部位，保障结合面可以有效传递剪力，避免荷载作用下出现界面剥离破坏。同时合理控制新增截面带来的刚度增幅，防止构件刚度变化造成结构内力重新分布，对其余构件产生额外不利影响。（2）粘贴钢板加固设计将钢材通过专用粘结胶体贴合在混凝土构件表面，借助钢材高强度特性弥补原有构件性能缺陷。该加固方式对构件截面尺寸改变很小，不会过多增加结构自重。设计时需要对钢板尺寸、布置形式以及锚固构造进行细致计算，保证钢板可以充分参与构件受力。粘结层的受力状态是设计管控重点，要规避地震往复荷载作用下胶体脱粘失效的问题，保障钢板与混凝土构件之间应力传递连续稳定。（3）碳纤维复合材料加固设计采用轻质高强的纤维材料粘贴于构件表面，实现构件抗弯抗剪性能补强。这

类材料自重小，施工之后几乎不改变构件外观与整体刚度。设计过程需要合理确定纤维材料的铺贴范围、层数以及锚固措施，充分考虑混凝土基材强度对粘贴效果的制约。该技术更适合构件延性补强以及承载力适度提升的工况，应当留意材料本身抗剪能力有限的固有特性，避免超出材料适用范围开展加固设计。（4）外包钢加固与预应力加固设计有着各自的技术特征。外包钢加固通过型钢包裹构件外部，借助型钢骨架提升构件的承载能力与变形约束能力，对受损混凝土构件起到约束保护效果。预应力加固则通过施加预加力抵消构件部分原有内力，降低构件应力水平，改善构件受力状态。设计阶段需要把控型钢连接构造以及预应力施加水平，控制预应力带来的次应力影响，保证加固构件在地震作用下维持稳定的受力工作状态。

1.3 不同损伤等级对应的加固方案选型

加固方案选型不能采用统一标准化模式，需要依据结构损伤评级结果开展差异化设计。精准匹配加固技术与损伤程度，能够在保障抗震改造质量的前提下，提升设计合理性与工程适配性。（1）轻微损伤等级的结构构件整体受力体系完好，主体混凝土结构未出现明显破损。仅存在表层风化、细微裂缝、局部涂层脱落等浅表性缺陷，结构整体承载力和抗震刚度基本满足现行使用标准。该等级损伤无需开展大规模结构补强作业，方案选型以修复养护和局部完善为主[2]。主要通过表层修补、裂缝封闭、基材防护等简易手段处理现有缺陷，同时优化局部抗震构造细节。最大限度保留原有结构受力状态，避免过度加固造成的资源浪费，维持结构原有抗震性能稳定。（2）中度损伤等级属于工程改造中最为常见的损伤类型，构件存在明确的性能衰减问题。结构局部出现贯通裂缝、钢筋轻微锈蚀、混凝土局部剥落等问题，构件承载力与延性出现小幅下降。整体结构体系仍可正常受力，但抗震安全储备明显不足，无法抵御高强度地震作用。该等级损伤需要采用针对性的构件补强方案。可根据构件位置与受力特点选用粘贴钢板、碳纤维加固等轻型补强技术，精准弥补构件性能短板。在不大幅改变结构刚度的基础上，恢复并提升构件抗震能力，保障结构整体协同受力效果。（3）严重损伤等级代表结构已经出现实质性安全隐患，构件破损程度深，整体性能大幅衰减。常见表现为大面积混凝土破损、钢筋锈蚀严重、构件变形超标等问题，部分构件承载力难以满足基本受力要求，结构整体抗震体系存在明显薄弱环节。该等级损伤需要选用高强度、高可靠性的加固手段，优先采用增大截面、外包钢等加固方式。必要时结合结构整体改造措施调整体系刚度，彻底修复结构性损伤。通过高强度补强恢复结构承载基础，全面提升建筑整体抗震储备，杜绝地震作用下发生结构破坏。

2 抗震加固工程施工质量控制体系

2.1 施工前期质量控制要点

（1）施工前期首要控制内容为技术准备与图纸审核工作。施工技术人员需要全面熟悉加固设计图纸、施工规范以及专项设计说明，充分掌握各类加固工艺的技术标准与质量要求。针对图纸中存在的设计细节冲突、工艺适配性不足等问题，提前完成沟通优化。同时结合建筑原有结构状态、现场施工条件编制专项施工方案，明确各道工序的施工流程、技术参数和质量验收标准，杜绝盲目施工带来的质量偏差。（2）原材料与加固主材质量核验是前期质量控制的关键环节，所有进场的加固材料、钢材、碳纤维复合材料和粘结药剂等核心材料，必须具备合规的出厂检测报告与合格证明[3]。工作人员需要对材料性能、规格型号、保质期进行逐一核查，严格杜绝劣质材料、过期材料投入施工。同时按规范要求开展抽样复检工作，确保材料强度、粘结性能和耐久性能符合设计标准，从材料源头保障加固工程的基础质量。（3）前期还需要完成现场结构排查与基层预处理准备，正式施工前需要再次核对现场构件损伤情况，对比设计勘察资料核实结构缺陷位置与损伤程度。及时修正资料偏差，确保施工方案贴合现场实际工况。同时对施工区域的结构基层进行初步处理，清理构件表面风化层、污渍和松散混凝土，提前排查施工过程中可能出现的结构安全风险，做好防护准备工作。（4）施工人员技术交底与岗前培训也是前期管控的重点内容。加固施工工艺专业性较强，不同加固技术的操作标准存在明显差异。需要针对施工班组开展专项技术交底，明确施工重难点、质量控制标准和常见质量通病防控要点。规范施工人员操作行为，提升全员质量管控意识，为后续现场施工质量的稳定可控提供坚实保障。

2.2 施工过程关键工序质量管控

（1）结构基层处理工序是全过程质量管控的首要重点，老旧混凝土构件表面普遍存在风化松散层、裂缝污渍以及碳化表层等缺陷，会直接影响加固材料的粘结贴合效果。施工中需要严格按照工艺标准完成基面打磨、缺陷清理和裂缝处理工作，彻底去除所有松散脆弱结构层，保证基层整体坚实平整。同时规范基面清洁与干燥处理流程，杜绝灰尘积水残留，为后续粘贴加固、浇筑施工提供合格的作业基面，避免出现界面脱空、粘结失效等质量问题。（2）各类加固主材施工工序是质量控制

的核心内容，不同加固工艺有着对应的关键管控要点，增大截面施工需要严格把控钢筋布设、模板支护和混凝土浇筑振捣质量，保障新增混凝土密实饱满，减少内部空隙缺陷[4]。粘贴钢板与碳纤维加固施工需要重点管控胶层厚度、贴合均匀度以及锚固固定效果，确保加固材料与混凝土基面紧密结合。外包钢加固需要严控型钢对位精度、焊接质量以及灌浆饱满度，保证加固体系整体受力均匀，避免局部应力集中。（3）工序衔接与隐蔽工程验收是过程管控的重要环节，加固工程存在大量隐蔽施工内容，工序完成后无法直观核查，必须落实随工检查和阶段性验收制度。每一道工序完工后需要及时开展质量自检与复检，确认施工质量达标后方可进入下一工序施工。严格杜绝工序遗留问题累积叠加，防止隐蔽性质量缺陷长期留存于结构内部。（4）施工全过程还需要落实动态质量巡查与工艺纠偏机制。现场管理人员需要持续监督操作人员的作业规范性，及时纠正不标准施工行为。根据现场结构实际状态微调施工工艺细节，保证所有关键工序均处于可控范围内。通过全方位、全过程的工序质量管控，有效提升加固施工精度，保障加固后的结构构件能够充分发挥设计承载能力与抗震性能。

2.3 加固完成后结构验收与性能复检

（1）外观质量验收是竣工验收的基础环节，主要对加固完成区域开展全面外观核查。工作人员需要逐一检查新增构件、加固面层以及结构表面的成型质量，排查表面是否存在开裂、空鼓、变形、凹凸不平等外观缺陷。同时核查加固材料布设位置、覆盖范围、构件尺寸是否完全符合设计要求，确认加固构造措施完整规范。外观验收可以直观筛查表层施工问题，初步判定加固施工的规整程度，为后续专项检测提供基础条件。（2）专项施工资料验收是验收工作的重要组成部分。完整的工程资料是追溯施工过程、判定工程质量的重要依据。需要系统核对材料进场记录、主材检测报告、隐蔽工程验收记录、工序施工记录以及技术变更资料等内容[5]。确保所有资料内容真实完整，数据相互对应，流程规范齐全，能够全面反映加固工程的整体施工情况，杜绝资料缺失与数据造假问题，保障工程验收的严谨性与可追溯性。（3）结构性能复检是整个验收环节的核心内容，也是验证抗震加固成效的根本手段。依靠专业现场检测手段，对加固后的构件强度、粘结性能、结构刚度以及整体受力性能进行抽样复检。通过科学检测方式核查新旧结构结合质量，确认加固材料与原结构能够形成整体协同受力体系。同时结合结构验算方式复核建筑整体抗震性能，判定结构承载力、变形能力和抗震储备是否达到设计设防标准，精准排查隐蔽性施工质量问题。

结束语

综上所述，差异化加固选型、精细化设计管控和全过程质量监督，能够有效解决既有混凝土建筑抗震性能不足的核心问题，可以显著提升结构承载力、变形延性与整体抗震安全储备，有效规避地震作用下的结构破坏风险。严格落实分级加固设计与全工序质量管控，能够在保障工程安全的基础上，优化施工成本与改造周期，实现既有建筑抗震改造的高效提质。未来，相关研究人员可以结合数字化检测技术与结构仿真分析手段，进一步优化加固方案设计精度，完善动态化、精细化的质量管控体系，推动既有混凝土建筑抗震加固改造技术朝着标准化、智能化、高效化的方向持续发展。

参考文献

[1] 安星. 既有建筑抗震加固工程质量控制难点及优化措施探究 [J]. 建材发展导向,2026,24(7):4-6.

[2] 吴杰, 武海锋. 基于碳纤维复合材料的既有建筑钢筋混凝土框架结构抗震加固设计探讨 [J]. 新材料 · 新装饰,2026,8(14):40-43.

[3] 文景国. 既有钢筋混凝土梁柱节点抗震加固设计创新与应用分析 [J]. 石材,2026,(6):89-91.

[4] 殷霞, 季皓宇. 高烈度设防地区既有混凝土结构抗震加固改造技术策略 [J]. 城市建筑,2026,23(8):208-211+228.

[5] 赵建普. 既有建筑结构加固改造的设计策略与技术应用研究 [J]. 中文科技期刊数据库（全文版）工程技术,2026,(6):022-025.