土建施工中混凝土结构加固技术探究

李艳茂

中国能源建设集团天津电力建设有限公司　天津　300180

摘　要：混凝土结构是土建工程里应用最广泛的承重体系，在长期服役过程中易出现性能衰减与安全隐患，结构加固已成为既有建筑运维领域的重要技术方向。本文围绕土建施工中混凝土结构加固技术展开探究，阐述混凝土结构因自然老化、设计施工缺陷、功能变更、自然灾害产生损伤的加固必要性。介绍外观检查、无损检测、静载试验、动力检测四类结构检测方法，分析增大截面、粘贴加固、外包钢、预应力加固等主流技术的原理、施工要点及优缺点，可为建筑混凝土结构加固修缮与安全运维提供技术参考。

关键词：土建施工；混凝土结构；加固技术

引言

混凝土结构是土建工程的核心主体，长期服役中易受自然老化、施工缺陷、功能改造及自然灾害等影响，产生开裂、锈蚀、刚度下降等病害，严重威胁建筑使用安全与使用寿命。为保障既有建筑结构稳定性，结构检测与加固技术的规范应用至关重要。本文结合土建施工实际，梳理混凝土结构加固的必要性，系统阐述各类结构检测方法与主流加固技术的原理、工艺及优劣，为建筑混凝土结构修缮加固、安全运维提供参考依据。

1 土建施工中混凝土结构加固的必要性

一是结构自然老化损耗。建筑混凝土结构长期暴露在自然环境中，会随使用年限增加出现各类老化问题。混凝土会发生碳化反应、产生各类裂缝，同时内部钢筋极易出现锈蚀现象。钢筋锈蚀后体积会膨胀，会造成混凝土保护层开裂、脱落，进一步加速钢筋锈蚀。而混凝土碳化会降低自身碱度，破坏钢筋防护层，裂缝则会让雨水、有害介质渗入结构内部，形成恶性循环，大幅削弱结构承载力与耐久性。二是原有设计施工存在缺陷。早期建筑工程的设计规范标准较低，加之部分设计人员经验欠缺、施工现场质量管控不到位，使得不少既有混凝土结构存在先天隐患。常见问题包括构件截面尺寸不达标、钢筋配置量不足、混凝土浇筑强度未达到设计标准等，这些缺陷直接影响结构整体稳定性，无法满足安全使用标准，必须通过加固弥补短板。三是建筑使用功能发生变更。随着城市发展与社会需求升级，大量既有建筑会进行改造升级，通过增层、改扩建、变更使用用途等方式适配新需求。建筑功能调整后，楼面荷载、设备荷载等大幅增加，原有混凝土结构的承载性能无法适配新的荷载标准，为保障使用安全，需对结构进行加固补强[1]。四是自然灾害造成结构损伤。地震、台风、洪涝等自然灾害会对建筑结构造成冲击破坏，使混凝土结构产生变形、开裂、错位等问题。即便建筑未发生整体倒塌，结构内部力学性能也会受损，存在极大安全隐患，必须通过检测加固修复损伤、恢复结构性能。

2 土建施工中混凝土结构的检测方法

2.1 外观检查

外观检查属于混凝土结构检测中基础且直观的手段，依靠目视观测并辅以简易检测器具，对构件外表面开展勘察作业。该检测方式重点排查混凝土表面各类表观病害，记录裂缝、蜂窝、麻面、孔洞、表层腐蚀等缺陷的空间位置、分布范围，同时量测裂缝宽度、延展长度以及缺陷的侵入深度等关键参数。在现场检测流程中，外观检查能够快速掌握结构整体表观状态，初步判定构件施工质量与损伤发展程度。通过外观检查获取的病害信息，可帮助检测人员锁定重点损伤区域，为后续选取针对性的专项检测项目、开展结构安全性评估提供前置参考依据。该方法操作简便、实施成本低，适合大面积结构普查，但其局限性在于仅能识别表层可见缺陷，无法探明构件内部隐蔽损伤，因此通常作为混凝土结构综合检测的首个环节，与其他无损或破损检测手段配合使用。

2.2 无损检测

无损检测技术的核心特点是在保持混凝土构件完整性、不对结构造成损伤的基础上，借助各类物理探测手段，识别构件内部性能参数与隐蔽缺陷，是混凝土结构检测中应用广泛的一类技术。工程常用手段包含超声波

检测、探地雷达检测、红外热成像检测以及回弹法强度检测等。超声波检测依靠声波传播特性，识别混凝土内部存在的裂缝、空洞等内部病害；探地雷达可对构件内部构造进行探测，确定钢筋布设位置、钢筋间距以及混凝土保护层厚度等参数；红外热成像技术依托构件表面温度场分布特征，反演判断混凝土内部是否存在缺陷。回弹法则是测定混凝土表面回弹读数，搭配碳化深度检测结果，推定混凝土抗压强度，具备操作便捷、检测效率高的优势[2]。无损检测可兼顾表层与内部信息，适合大范围现场普查，但各类方法均存在适用条件限制，实际检测工作中通常结合多种检测方式，相互印证检测结果，保障结构性能评估的可靠性。

2.3 静载试验

静载试验属于混凝土结构性能检测里的荷载试验方法，通过在受试构件逐级施加静力荷载，持续观测构件在荷载作用下产生的变形、裂缝开展规律以及应变变化等响应指标，依据采集到的试验数据，综合评判构件实际刚度与承载性能。按照试验目的划分，静载试验主要包含验证性试验与鉴定性试验两类。验证性试验多用于新建构件，用来校核构件设计阶段预设的承载力指标，检验结构设计方案能否满足受力要求。鉴定性试验更多应用于服役既有结构，依托现场加载测试，确定构件真实可用承载力，为老旧结构安全性评定提供核心试验依据。静载试验能够直接反映构件整体受力工作状态，检测结果可信度高，是判定结构承载能力较为可靠的手段。但该试验作业周期较长，现场准备工作量大，对试验场地条件要求较高，且加载过程存在一定风险，一般仅在外观检测、无损检测无法得出明确结论时选用，常作为结构鉴定的关键佐证手段。

2.4 动力检测

动力检测方法依托结构自身的动力特征参数，包括自振频率、振型形态以及阻尼比等指标，对混凝土结构整体刚度与工作整体性开展评价，是结构性能评估中重要的测试手段。工程现场常用的动力检测手段主要分为自由振动法与强迫振动法两类。自由振动法通过对结构施加瞬时冲击荷载，激发结构产生自由振动响应，借助传感器采集振动信号，进而测定结构自振频率与对应振型。强迫振动法则依靠激振设备向结构持续施加周期性激振作用力，采集结构在持续激励下产生的动力响应数据，通过信号分析计算得到各项动力特性参数[3]。结构的动力参数会随构件损伤、刚度退化发生改变，因此动力检测可间接识别结构内部损伤情况。该检测方式无需大面积加载，现场测试工作量相对较小，适合对整体结构开展快速评估。但动力检测属于间接评价方法，难以直接定位缺陷具体位置，通常需要与外观检查、无损检测等手段相互配合，综合判断结构的损伤状态，提升结构评估结果的可靠性。

3 土建施工中常见的混凝土结构加固技术

3.1 增大截面加固技术

增大截面加固技术的核心原理是通过扩大原有构件的截面尺寸并增设配筋，以此提升构件的承载能力与整体刚度，该加固方式可广泛应用于梁、板、柱等多种混凝土承重构件。在现场施工阶段，首先要对原有构件表面开展预处理工作，剔除表层松散混凝土、油污及各类附着物，并对基面进行凿毛作业，保障新旧混凝土界面能够有效粘结。随后按照加固设计图纸布设新增钢筋，支设模板，再浇筑新混凝土。新增混凝土强度等级需较原构件混凝土提高一级，同时最低强度不能低于 C25。浇筑作业过程中要做好振捣管控，保证混凝土密实，防止产生蜂窝、麻面等表观缺陷。从技术特点来看，增大截面加固法拥有成熟的施工工艺，加固效果稳定可靠，适用构件类型多。但该方法同样存在明显短板，现场施工工序较多，工期相对较长；新增混凝土会占用建筑内部空间，对原有使用功能造成一定影响，还会加大结构自重，进而改变原有结构的受力体系。因此在方案选型阶段，需要综合考量建筑空间条件、地基承载能力以及现场施工条件，合理判断该加固技术是否适用。

3.2 粘贴加固技术

粘贴加固技术是混凝土结构加固中常用的轻型加固工艺，主要通过专用结构粘结胶，将钢板、碳纤维布、玻璃纤维布等高强度补强材料粘贴固定于原混凝土构件表面，依托结构胶的可靠粘结性能，使新增补强材料与原有结构形成整体协同受力，有效提升混凝土构件的承载力、抗弯刚度及抗裂性能，该技术适配多数混凝土梁、板、柱构件的加固修缮工作。以应用最广泛的碳纤维布粘贴工艺为例，施工前需对构件基面进行精细化处理，打磨平整基面，彻底清除表面油污、浮灰与松散表层，保证基面干燥洁净，满足粘结施工要求。随后依据设计尺寸裁剪碳纤维布，精准调配专用结构胶，在构件表面均匀涂刷胶体后铺贴碳纤维布，利用专业滚筒反复滚压排出内部气泡，确保胶体充分浸透纤维材料，保障粘结密实度，最后在表层再次涂刷结构胶形成防护层，提升整体防护效果[4]。相较于传统加固方式，粘贴加固施工流程简便、作业效率高，几乎不占用建筑使用空间，且不会大幅增加结构自重。但该技术存在明显短板，结构胶的粘结性能极易受施工现场温湿度影响，

同时粘贴补强材料长期服役的抗老化、耐腐蚀耐久性有限，长期使用中需定期检测维护。

3.3 外包钢加固技术

外包钢加固技术是建筑结构加固工程中常用的有效技术手段，主要应用于建筑梁、柱等核心受力构件的加固改造工作。其核心加固原理为在原有结构构件外部包裹型钢材料，借助焊接、螺栓紧固等连接工艺，让型钢与原有混凝土构件紧密结合、形成协同受力的整体结构，充分发挥型钢强度高、韧性好的材料优势，有效提升原有构件的承载极限、整体刚度与结构稳定性，从而解决老旧构件承载力不足、刚度偏弱的结构问题。该技术有着规范且严谨的施工流程，施工前期需彻底清理原构件表面的灰尘、杂物、锈蚀层等杂质，保证构件表面平整洁净，为型钢安装奠定良好基础。在型钢安装施工中，可根据加固构件类型选用适配工艺，梁体加固多采用湿式外包钢工艺，在型钢与原构件的间隙内浇筑混凝土，实现二者紧密贴合；柱体加固可灵活选用干式或湿式外包钢工艺，施工过程中需严格把控型钢安装的垂直度与平整度，确保节点焊接、螺栓连接牢固密实，杜绝松动隐患。整体来看，该技术加固成效突出，可大幅提升构件结构性能，但也存在一定短板，整体施工工序繁琐、工艺要求高，工程造价相对偏高，且外部包裹的型钢会占用一定建筑空间，对建筑原有使用空间造成小幅影响。

3.4 预应力加固技术

预应力加固是建筑结构加固工程中实用性极强的高效加固技术，主要通过人工主动施加预应力，调整原有结构构件的内力状态，重新优化构件应力分布，抵消外部荷载带来的不利内力，进而有效提高结构构件的承载力与整体刚度，改善结构整体受力性能。该技术适配范围广，多用于大跨度建筑结构以及各类受弯构件的加固改造、病害修复和性能提升工程。施工阶段需严格按照专项设计与规范流程开展作业，选用钢绞线、高强钢丝等优质材料，精准完成预应力筋定位安装，并配套锚具与张拉设备。张拉施工是整个工艺的核心，施工人员需严格控制张拉力与钢筋伸长量两项关键指标，保证张拉作业精度。张拉完成后，及时进行预应力筋锚固，依次开展孔道压浆、封锚等收尾工序，确保结构整体稳固[5]。相较于传统加固方法，预应力加固能够充分发挥高强材料性能，有效限制构件变形、闭合结构裂缝，显著提升结构承载力与耐久性能。但其也存在一定缺陷，整体施工工序复杂、工艺要求高，高度依赖专业设备与熟练施工人员，且预应力损耗难以精准控制，对施工现场精细化管理能力有着严苛要求。

结语

综上所述，混凝土结构加固是保障既有建筑安全服役、延长建筑使用寿命的关键技术手段，也是建筑更新改造、消除结构安全隐患的核心工序。实际工程中，结构损伤成因复杂、性能缺陷各异，需依托科学的检测技术精准判定结构真实状态。结合现场工况、建筑使用需求及成本条件，合理选用适配的加固工艺，才能切实提升结构承载力与稳定性。未来需持续优化加固技术工艺，推动加固技术精细化、规范化发展，为建筑工程安全运维提供坚实技术保障。

参考文献

[1] 陆亚. 试论土建中混凝土结构工程加固的施工工艺 [J]. 建筑工程技术与设计,2019(19):2183.

[2] 周强. 土建施工中混凝土结构加固技术探究 [J]. 建材与装饰,2026,22(17):1-3.

[3] 李帅. 土建施工中混凝土结构加固技术探究 [J]. 建材发展导向,2024,22(19):35-37.

[4] 唐相榆, 米树柏. 探究土木工程建设中混凝土结构施工技术 [J]. 读报参考,2026,(7):124-124.

[5] 李谦. 建筑土建施工中混凝土施工技术研究 [J]. 陕西建筑,2026,(8):99-102.