

建筑工程混凝土裂缝快速修复技术研究及应用

穆麒鸿

上海建工二建集团有限公司 上海 200000

摘要：建筑工程中混凝土裂缝问题普遍存在，严重影响建筑结构安全与耐久性。本文聚焦混凝土裂缝快速修复技术，先阐述裂缝分类方式及人机料、法环等因素引发的产生机理，研究快速修复材料、技术原理与要点，介绍常见修复技术类型及施工流程，最后探讨技术应用要点。通过系统研究，为混凝土裂缝快速修复提供全面技术支持，助力保障建筑工程质量。

关键词：混凝土裂缝；快速修复技术；修复材料；施工流程

引言：混凝土作为建筑工程核心建材，其性能关乎建筑质量。然而，混凝土裂缝问题长期困扰工程建设与使用，不仅破坏建筑外观，更会降低结构承载能力，引发渗漏等次生灾害，威胁建筑寿命。随着建筑行业对工程质量与效率要求提升，混凝土裂缝快速修复技术成为研究重点。深入研究该技术，对保障建筑工程质量、提升修复效率意义重大。

1 建筑工程混凝土裂缝分类及产生机理

1.1 混凝土裂缝分类

按裂缝宽度分类，可分为微裂缝、中等裂缝和宽裂缝，宽度小于0.15mm为微裂缝，多为混凝土收缩形成，基本不影响结构安全；0.15-0.5mm为中等裂缝，易引发渗漏隐患，需及时处理；大于0.5mm为宽裂缝，会直接削弱结构承载能力，需重点修复。按裂缝形态分类，可分为横向裂缝、纵向裂缝、斜向裂缝及网状裂缝，横向裂缝多呈水平分布，长度多在2-5m；纵向裂缝平行于结构轴线，延伸长度可达10m以上；斜向裂缝多与受力方向呈45°左右夹角，宽度多在0.2-0.6mm；网状裂缝则呈交错分布，单条长度多在0.5-1.5m，间距5-10cm。按裂缝产生时间分类，浇筑后7天内产生的为早期裂缝，多由收缩引发；浇筑7天后至竣工验收前产生的为中期裂缝；竣工验收后使用阶段产生的为后期裂缝，多与受力、环境因素相关。

1.2 混凝土裂缝产生机理

1.2.1 人机料因素引发的裂缝机理

人机料作为混凝土施工的核心要素，其自身缺陷或操作不当，是引发裂缝的主要内在原因。材料因素方面，混凝土材料组成配比不合理或材料性能不达标，会直接导致内部结构存在先天缺陷，进而诱发裂缝；水泥水化反应过程中产生的体积收缩、骨料级配不当导致的密实度不足，以及外加剂使用不当引发的性能波动，均会破坏混

凝土内部受力平衡，形成早期裂缝。人员因素方面，施工人员操作不规范会直接造成裂缝产生，操作熟练度不足、规范意识薄弱，会导致各施工环节出现偏差。机械因素方面，搅拌机性能不佳会导致物料混合不均，振捣机械操作不当会造成浇筑过程中振捣不充分，两者均会使混凝土内部存在空隙和薄弱环节，为后期裂缝产生埋下隐患。

1.2.2 法环因素引发的裂缝机理

施工方法与作业环境作为混凝土施工的外部支撑条件，其不合理性会持续诱发裂缝，且影响贯穿混凝土施工及使用全过程。施工方法（法）方面，养护不及时或养护方式不当，会使混凝土表面水分快速蒸发，内外收缩不均产生收缩裂缝；模板安装与拆除不符合规范要求，会导致混凝土结构受力不均，进而引发裂缝；施工流程衔接不畅、工序把控不严，也会加剧裂缝产生的概率。作业环境（环）方面，建筑使用过程中所处环境因素的长期作用，会逐步破坏混凝土性能并诱发裂缝；温度变化导致混凝土热胀冷缩，反复循环会使结构产生温度应力，超过材料抗拉强度即会形成裂缝；湿度变化、酸碱腐蚀等环境作用，会破坏混凝土材料性能，降低结构整体性，引发后期裂缝。同时，环境因素还会加剧结构受力不均，间接诱发受力类裂缝。

2 混凝土裂缝快速修复技术研究

2.1 快速修复材料研究

修复材料各项性能指标需达到明确标准，同时兼顾粘结强度、凝结速度与耐久性三大核心要求。常用快速修复材料主要分为三类：灌浆类材料适配0.1-1.5mm宽度的裂缝，常用材料：环氧树脂灌浆料、聚氨酯灌浆材料、超细水泥基灌浆料、丙烯酸酯灌浆材料；粘结类材料适配0.5-2.0mm宽度的裂缝，常用材料：环氧修补胶 / 环氧裂缝胶、改性环氧腻子/修补砂浆、聚合物改性水泥基修

补材料、结构胶；表面封闭类材料适配 $\leq 0.3\text{mm}$ 的微裂缝，常用材料：环氧封闭底漆 / 环氧封闭胶、聚氨酯密封胶、硅酮密封胶、聚合物水泥基防水涂料（薄涂）、丙烯酸透明封闭剂、水泥基渗透结晶型材料；适配过程中需重点兼顾材料与混凝土基材的兼容性，保障修复效果的稳定性。

2.2 快速修复技术原理

裂缝填充与粘结原理是快速修复的基础原理，核心是通过专用修复材料充分填充裂缝内部空隙，借助材料自身的粘结力，使修复材料与混凝土基材紧密结合形成完整整体，有效阻断裂缝进一步延伸，恢复结构的整体性和密封性。结构补强与加固原理主要针对影响结构承载能力的裂缝，尤其是宽度 $\geq 0.5\text{mm}$ 的宽裂缝，通过修复材料的补强作用，使裂缝区域的结构强度提升，有效分散裂缝区域的应力集中，避免裂缝持续发展扩大，保障建筑结构的使用安全，适用于各类受力裂缝的快速修复。^[1]抗裂与防渗协同原理兼顾修复与防护双重功能，在完成裂缝修复的同时，通过材料 $\geq 3.0\text{MPa}$ 的抗裂强度抑制新裂缝产生，借助抗渗性能阻断水分、有害物质向混凝土内部渗透，保护混凝土内部钢筋及结构，进一步延长结构服役寿命。

2.3 快速修复技术要点




修复施工操作要点是快速修复的核心环节，直接决定修复质量，需严格遵循既定修复工艺流程，精准控制材料调配比例，搅拌均匀后快速施工，确保材料填充饱满、均匀，避免出现空洞、分层、脱粘等质量问题，精准把控每一个施工细节，实现修复效率与施工规范性的双重提升。裂缝预处理是施工操作的重要前置前提，施工前需对裂缝表面及内部进行彻底清理，全面去除裂缝内的杂质、松散碎屑及浮尘，必要时采用高压气枪吹扫，确保修复材料与混凝土基材充分接触，保证裂缝内部干燥、洁净，避免杂质和水分影响材料粘结效果。^[2]修复工期控制是快速修复的最终目标，围绕核心需求优化施工流程，合理调配人力、材料与施工设备，明确各施工环节时间节点，建立全面的资源保证体系，在保证修复质量的前提下，实现结构快速复用。

3 混凝土裂缝快速修复技术类型及施工流程

3.1 常见快速修复技术类型

在混凝土裂缝快速修复体系中，技术类型的选择直接决定修复效果与施工效率，不同技术基于自身原理与工艺特点，适配不同场景的裂缝修复需求^[3]。为清晰呈现各类技术的应用边界与核心优势，结合工程实践经验，对主流快速修复技术进行系统梳理，具体信息通过下表直观呈现，帮助工程人员快速理解与选型。

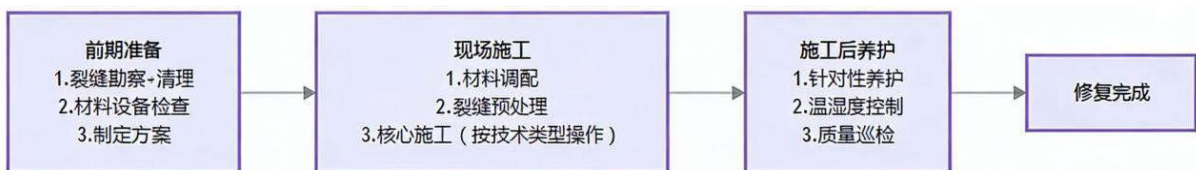
表一 修复技术识别表

修复技术类型	适用场景	核心特点	应用实例照片
表面封闭修复技术	宽度较窄、深度较浅的表面裂缝	施工简便、效率高，无需复杂设备，可阻断水分及有害物质渗透。	
压力注浆修复技术	深度较大、内部连通性较强的裂缝	借助注浆设备注料，填充充分，可恢复结构整体性与密封性。	
粘贴加固修复技术	影响结构承载能力的受力裂缝	兼顾修复与加固，提升裂缝区域承载力，抑制裂缝发展。	
喷射修复技术	大面积、分散性裂缝	效率高，快速覆盖形成致密修复层，实现封闭与补强。	

3.2 各类修复技术施工流程

前期准备需全面勘察裂缝特征，明确类型、宽度与深度，结合技术选型确定适配材料与设备，清理施工区域，检查材料性能与设备状态，制定施工方案。现场施工严格遵循技术操作规范，精准完成材料调配、

裂缝预处理与核心施工环节，控制材料用量与施工速度，保障修复质量与效率。施工后养护需根据材料性能与环境制定方案，控制温湿度，避免修复层开裂脱落，确保材料充分硬化，保障修复效果长期稳定，如下图所示。



图一 施工流程示意图

4 混凝土裂缝快速修复技术应用要点

4.1 修复技术选型要点

选型需结合裂缝宽度、深度、形态等核心特征，选择适配的修复技术。确保修复技术能够精准覆盖裂缝、发挥修复效能，避免选型不当导致修复不彻底或资源浪费。比如对于宽度较大的裂缝，不宜采用表面封闭修复技术，而应选择压力注浆或粘贴加固等技术。建筑部位的选型，需考虑建筑不同部位的结构功能与受力特点，选择适配的修复技术。建筑主体结构、围护结构、地下结构等不同部位，所处受力状态与环境条件不同，对修复技术的强度、抗渗、耐久性要求存在差异，选型需兼顾部位特性，保障修复后结构功能稳定。使用场景的选型需结合建筑使用用途与运行环境，确定合适的修复技术。^[4]修复技术需适配场景需求，确保修复后结构能够适应使用环境，抵御各类不利因素影响，延长修复后结构服役寿命。

4.2 应用过程控制要点

4.2.1 施工质量控制

施工质量控制需贯穿修复施工全过程，严格遵循操作规范，把控各环节细节。施工中规范工序流程，控制施工速度与精度，确保修复材料填充饱满、衔接顺畅，避免出现修复层脱落、空洞等问题。同时加强巡检，及时整改隐患，保障施工质量。例如粘贴加固施工时，需确保板材与基材粘结牢固，检查并处理空鼓现象。

4.2.2 材料质量控制

材料质量控制是保障修复效果的核心，需严格把控材料进场检验与使用管理。材料进场时核查性能指标、合格证及检测报告，不合格材料严禁使用；使用时规范调配流程，控制配比与用量，避免材料变质失效。

4.2.3 环境因素控制

结合施工环境温湿度、风力等条件，采取针对性防护措施。规避暴雨、高温等恶劣环境施工，必要时调整施工方案，保障修复质量稳定。^[5]例如雨天采取防雨措施，避免雨水冲刷修复部位；高温时遮阳降温，防止材料过快凝结，洁净空间作业需搭设专用封闭施工棚，配备相应除尘工具。

结束语

混凝土裂缝快速修复技术是保障建筑结构安全、提升工程耐久性的重要手段。通过明确裂缝分类及产生机理，可精确定位修复需求；通过优化材料性能、创新技术原理、规范施工流程，可实现裂缝的高效修复与结构功能的快速恢复。在实际应用中，需结合裂缝类型、建筑部位及使用场景科学选型，严格把控施工质量控制、材料适配性及环境因素等关键环节。只有将技术理论与工程实践紧密结合，才能推动混凝土裂缝修复技术向高效化、精准化方向发展。

建筑业高速发展后，老旧建筑的裂缝修复技术将会面临新的挑战，这项内容将会作为下一阶段的研究和探索的重点方向。

参考文献

- [1]刘勇.工程管理中的混凝土裂缝快速修复技术研究[J].粘接,2025,52(4):174-177.
- [2]赵东奇,宋精锋,宋羽,等.混凝土裂缝自修复材料最新研究进展[J].中国建筑防水,2025(7):1-6,10.
- [3]金伟.建筑工程中混凝土建筑施工技术的要点分析[J].建筑设计与设计,2024,3(2):94-96.
- [4]孙强,李雨杭,陈锦贤.房屋建筑施工中混凝土裂缝控制技术的应用[J].中国建筑装饰装修,2023,16:161-163.
- [5]白治琴.建筑工程施工中大体量混凝土裂缝控制技术[J].工程机械与维修,2023(4):158-160.