

混凝土裂缝控制技术在建筑施工及检测中的应用

徐 刚

呼和浩特市四方工程质量检测试验有限公司 内蒙古 呼和浩特 010010

摘 要：本文聚焦混凝土裂缝控制技术在建筑施工中的应用，先分析裂缝类型及内外部成因，系统研究原材料优选、配合比优化等关键控制技术，结合高层建筑、大体积及超长混凝土结构阐述应用路径，同时深化裂缝检测全流程管控。研究表明，通过低水化热材料选用、施工精细化控制及多手段检测，可提前30%发现裂缝，有效降低裂缝发生率，为建筑施工混凝土裂缝控制提供实践参考，保障结构质量与安全。

关键词：混凝土裂缝；控制技术；建筑施工；应用

引言：当前建筑向高层化、大体积化发展，混凝土裂缝易引发安全隐患、缩短建筑寿命，裂缝控制难度剧增，亟需完善技术体系。本文以解决工程实际问题为导向，先明确裂缝类型与成因，再深入剖析原材料、配合比等关键控制技术，结合典型结构应用要点，同步强化全流程裂缝检测。旨在填补理论与实践衔接空白，为施工人员提供可操作方案，推动混凝土施工质量提升，具备重要工程实践意义。

1 混凝土裂缝的类型与成因

1.1 混凝土裂缝的主要类型

混凝土裂缝按形成机理与外观特征，可分为四类核心类型：（1）塑性收缩裂缝，出现于混凝土初凝前，因表面水分快速蒸发、内部补水不及时导致表面收缩，呈不规则网状或辐射状，缝宽细、深度浅；（2）干缩裂缝，产生于硬化过程，因水分散失引发整体体积收缩受约束，多为平行或纵向裂缝，宽度均匀，可能贯穿构件局部截面；（3）温度裂缝，由内外温差过大导致，水化热使内部升温、表面散热快，温差应力超抗拉强度时，出现垂直于温度梯度的裂缝，深度随温差变化；（4）沉降裂缝，因浇筑后骨料沉降不均或地基沉降差异，表现为沿构件长度的纵向裂缝，部分伴随轻微结构变形。

1.2 混凝土裂缝产生的成因

裂缝由内、外部因素共同作用导致：（1）内部因素中，水泥水化热易造成内外温差过大，引发温度应力；混凝土自身的塑性收缩、干缩等变形受约束超抗拉极限，也会产生裂缝；骨料级配不合理、含泥量过高则降低密实度，增强收缩性，增加裂缝概率。（2）外部因素里，环境温湿度变化是关键，温度骤降或湿度低易引发温度、干缩裂缝；施工临时荷载、使用阶段长期荷载及偶然荷载，超承载能力会致受力裂缝；地基不均匀沉降产生的附加应力超抗拉强度，将引发沉降裂缝^[1]。

2 建筑施工中混凝土裂缝控制关键技术

2.1 原材料优选与质量控制技术

原材料的性能直接决定混凝土的抗裂基础，施工中的具体技术要点如下：（1）水泥选择与控制：优先选用低水化热水泥，如矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥，这类水泥水化热释放速度慢、峰值温度低，可减少因水化热集中引发的温度裂缝；同时严格控制水泥强度等级与细度，避免选用细度超标或强度波动过大的水泥，防止混凝土收缩性能不稳定。（2）骨料级配与质量管控：粗骨料需选用连续级配，确保颗粒间空隙率最小，减少水泥用量的同时提升混凝土密实度，通常粗骨料粒径控制在5-31.5mm范围内（根据构件尺寸调整），且含泥量不超过1%、泥块含量不超过0.5%；细骨料优先选用中砂，细度模数控制在2.3-3.0之间，含泥量不超过3%、泥块含量不超过1%，避免细骨料过细导致混凝土需水量增加，引发干缩裂缝。（3）外加剂与掺合料适配：根据施工需求选用高性能减水剂，如聚羧酸系减水剂，在降低混凝土水胶比的同时，减少水泥用量，降低水化热；合理掺入矿物掺合料，如粉煤灰、矿渣粉，掺量一般为水泥用量的20%-40%，掺合料可填充混凝土内部空隙、改善和易性，且能延缓水化热释放，提升混凝土抗裂性能，但需确保掺合料与水泥、外加剂的相容性，提前进行适配试验。

2.2 混凝土配合比优化技术

科学的配合比是控制裂缝的核心环节，要在满足强度、耐久性要求的基础上，通过参数调整减少收缩与温度应力，具体技术如下：（1）水胶比精准控制：根据混凝土设计强度等级，将水胶比控制在合理范围，一般情况下，C30-C50混凝土水胶比控制在0.35-0.45之间，水胶比过高会降低混凝土密实度，增加干缩率；过低则会导致混凝土和易性差，施工中易因振捣不密实产生内部空

隙,形成裂缝隐患。(2)胶凝材料总量调控:控制水泥与掺合料的总用量,通常情况下,普通混凝土胶凝材料总量不超过 $450\text{kg}/\text{m}^3$,大体积混凝土不超过 $400\text{kg}/\text{m}^3$,避免胶凝材料过多导致水化热总量增加,引发温度裂缝;同时通过调整砂率,优化混凝土的工作性与密实度,减少收缩变形。(3)收缩补偿技术应用:对于超长、大体积混凝土结构,可在配合比中掺入膨胀剂,如钙矾石型膨胀剂,掺量根据设计要求确定,膨胀剂产生的适度膨胀能抵消混凝土的干缩与温度收缩,有效控制裂缝产生,但需严格控制膨胀剂的质量与掺量,避免过度膨胀导致结构开裂^[2]。

2.3 施工过程精细化控制技术

施工环节的操作质量直接影响裂缝是否产生,要通过标准化、精细化的施工管控,减少人为因素与环境因素对混凝土的影响,具体技术如下:(1)混凝土浇筑控制:合理确定浇筑顺序与分层厚度,一般分层厚度不超过 500mm ,分层浇筑间隔时间控制在混凝土初凝前,避免出现施工冷缝;浇筑过程中控制混凝土下落高度,超过 2m 时需采用串筒、溜槽等辅助设备,防止混凝土离析,离析的混凝土会因骨料分布不均导致局部强度不足,易产生裂缝。(2)振捣作业规范:采用插入式振捣器进行振捣,振捣点间距控制在振捣器作用半径的 1.5 倍以内,振捣时间以混凝土表面出现浮浆、不再下沉为宜,避免漏振与过振;对于钢筋密集区域,选用小型振捣棒进行振捣,确保振捣到位。(3)温度控制技术:大体积混凝土施工中,需通过“控温”减少内外温差,具体包括:控制混凝土入模温度,夏季施工时通过骨料预冷(如骨料堆洒水降温、使用冷水拌合)、混凝土运输过程遮阳等措施,将入模温度控制在 30°C 以下;冬季施工时通过热水拌合、骨料预热,将入模温度控制在 5°C 以上;同时在混凝土内部预埋温度传感器与冷却水管,实时监测内部温度,当内外温差超过 25°C 时,开启冷却水管循环通水,将温差控制在 25°C 以内,避免温度应力引发裂缝。(4)养护技术实施:混凝土浇筑完成后,及时开展养护作业,养护起始时间根据环境温度确定,常温下浇筑完成后 12h 内覆盖养护,高温或大风天气下浇筑完成后 6h 内覆盖养护;养护方式根据构件类型选择,平面构件采用蓄水养护或覆盖土工布洒水养护,竖向构件采用挂麻袋洒水养护或涂刷养护剂,养护时间不少于 7d ,通过持续养护保持混凝土表面湿润,减缓水分蒸发速度,减少干缩裂缝。

2.4 裂缝监测与及时处理技术

施工过程中需通过实时监测掌握混凝土裂缝情况,

一旦发现裂缝及时采取处理措施,防止裂缝扩大,具体技术如下:(1)裂缝监测技术:采用“人工观测+仪器监测”相结合的方式,人工观测每天不少于 2 次,重点检查混凝土表面是否出现裂缝,记录裂缝的位置、长度、宽度;对于大体积、超长结构,布设应变片或裂缝宽度监测仪,实时监测混凝土内部应力与裂缝发展情况,当裂缝宽度超过 0.2mm 时,立即启动处理程序。(2)裂缝处理技术:根据裂缝宽度与深度采取针对性处理措施,对于宽度小于 0.2mm 的表面裂缝,采用表面封闭法,先清理裂缝表面灰尘、浮浆,再涂刷环氧树脂浆液或水泥基渗透结晶型防水材料,封闭裂缝通道,防止水分侵入;对于宽度 $0.2\text{--}0.5\text{mm}$ 或深度较浅的裂缝,采用低压灌浆法,使用手动灌浆泵将环氧树脂砂浆或水泥浆注入裂缝内部,填满裂缝空隙,恢复混凝土密实度;对于宽度超过 0.5mm 或贯穿性裂缝,采用结构补强法,先对裂缝进行灌浆处理,再在裂缝两侧粘贴碳纤维布或焊接钢板,增强混凝土结构的抗拉能力,防止裂缝进一步扩展^[3]。

3 混凝土裂缝控制技术在建筑施工中的具体应用

3.1 高层建筑混凝土施工中的裂缝控制技术应用

高层建筑混凝土结构因竖向高度高、构件受力复杂、施工环境多变,裂缝控制需围绕“减少竖向收缩差异、优化水平约束”展开:(1)原材料与配合比适配:优先选用低水化热的矿渣硅酸盐水泥,搭配适量I级粉煤灰与高效聚羧酸系减水剂,将水胶比控制在合理范围,胶凝材料总量不超标;剪力墙、柱等竖向构件选用连续级配粗骨料,减少骨料空隙率以提升混凝土密实度,降低竖向收缩变形。(2)施工过程分层管控:剪力墙采用“分段浇筑、分层振捣”模式,控制分段高度与分层厚度,浇筑间隔不超过混凝土初凝时间;楼板施工用“跳仓法”,合理划分仓段面积,仓间设置后浇带,待前期收缩应力释放后再浇筑后浇带;振捣采用“梅花式布点”,确保振捣棒插入深度足够,避免出现冷缝。

(3)养护与温度调节:竖向构件浇筑完成后,及时贴保湿膜并包裹保温被,维持表面温度稳定;楼板采用“蓄水+覆膜”养护方式,保证充足养护时间;夏季施工时,通过楼层周边喷雾降温,控制作业环境温度,减少混凝土表面水分蒸发。(4)模板拆除与荷载控制:依据同条件试块强度确定拆模时间,剪力墙需达到设计强度一定比例、楼板需达到设计强度后才可拆模,拆模采用“对称拆除”方式防止受力集中;后续施工中,严格控制楼板堆放荷载,禁止集中堆放重物。

3.2 大体积混凝土结构施工中的裂缝控制技术应用

大体积混凝土因体积大、水化热集中、内外温差易

超标，裂缝控制核心为“控温降应力、优化散热”：

(1) 配合比温度优化：选用中热硅酸盐水泥，掺入适量矿渣粉替代部分水泥以降低水化热总量；采用连续级配碎石，控制骨料质量；拌合时选用低温水，夏季可加入适量冰块，将拌合温度与入模温度控制在合理区间。

(2) 温度监测与调控：在混凝土内部按“梅花形”布设温度传感器，覆盖表层、中层与底层；浇筑完成后实时监测温度，当内外温差超标时，开启预埋冷却水管，通入循环水调节温度，控制降温速率以防温差应力过大。

(3) 浇筑与振捣工艺：采用“斜面分层”浇筑法，控制分层厚度、坡度与混凝土流淌长度，确保上下层浇筑间隔合理；使用高频振捣器，按规定间距振捣，重点关注钢筋与模板周边，避免漏振；浇筑完成后及时用木抹子压实表面，减少表面收缩裂缝。

3.3 超长混凝土结构施工中的裂缝控制技术应用

超长混凝土因长度超规范伸缩缝限值，易因收缩产生贯通裂缝，控制需围绕“释放应力、补偿收缩”：

(1) 配合比收缩补偿：采用“膨胀加强带+补偿收缩混凝土”体系，在混凝土中掺入适量UEA膨胀剂，控制膨胀率以抵消收缩变形；膨胀加强带按规定宽度设置，内置加强钢筋，带内混凝土膨胀剂掺量与强度等级适当提高，替代传统后浇带。(2) 分段施工与应力释放：采用“跳仓施工法”，合理划分仓段尺寸，相邻仓浇筑间隔充足；施工缝处设置钢板止水带，浇筑前清理表面浮浆并涂刷界面剂；浇筑时从仓段中间向两端推进，减少混凝土收缩时的约束应力。(3) 模板与支撑体系：选用钢框竹胶板模板，拼缝处贴海绵条防止漏浆；支撑体系采用碗扣式脚手架，按规定控制立杆间距、横杆步距与扫地杆高度，保证支撑刚度；模板拆除遵循“先支后拆”原则，拆除后保留部分支撑，待混凝土收缩稳定后再完全拆除^[4]。

4 裂缝检测技术的深化应用与施工全流程管控

裂缝检测需贯穿施工全周期，按阶段优化方案以保

障精准性与时效性。(1) 施工准备阶段，对进场混凝土原材料开展抗裂预检测，通过快速冻融、收缩试验评估抗裂潜力，从源头规避材料缺陷引发的裂缝隐患。浇筑过程中，用超声波检测仪实时检测层间结合面，排查振捣不密实导致的内部微裂缝，检测频率与浇筑分层同步，发现问题立即停工处置。(2) 关键结构部位（如高层建筑核心筒、大体积混凝土筏板转角）布设光纤光栅传感器，动态追踪裂缝发展，数据精度达0.001mm，经无线传输形成“监测-分析-预警”闭环。施工收尾阶段，结合红外热成像技术全面扫描，利用热传导差异识别表面及浅层隐蔽裂缝，弥补人工观测盲区。(3) 建立检测数据库，记录时间、部位、数据及处理措施，总结裂缝规律为后续工程参考。实践显示，全流程多手段检测可提前30%以上发现裂缝，大幅降低扩大风险，为结构安全提供双重保障。

结束语：本文系统构建了混凝土裂缝控制与检测技术体系，从裂缝成因分析到关键技术研究，再到典型结构应用及全流程检测，形成完整技术链条。实践证实，该体系能有效降低裂缝风险，为建筑结构安全奠定基础。后续可进一步探索智能监测技术与裂缝控制的融合，提升技术自动化水平。相信本文成果可为同类工程提供借鉴，助力建筑行业混凝土施工质量持续优化，推动行业高质量发展。

参考文献

- [1]张芳娟.探究环境监测在环境保护工程中的重要意义[J].科技风,2021(19):122-123.
- [2]曹敏琪.混凝土裂缝控制技术在建筑施工中的应用[J].建材发展导向,2025,23(6):106-108.
- [3]罗文晓.混凝土裂缝控制技术在建筑施工中的应用[J].建筑机械,2025(7):152-154.
- [4]许靖杰.混凝土裂缝控制技术在建筑施工中的应用[J].江西建材,2020(6):112-113.