

建筑混凝土结构裂缝的控制技术

李尧

海南第五建设工程有限公司，海南海口，570100；

摘要：本文立足建筑工程结构安全与耐久性核心需求，围绕混凝土结构裂缝控制技术展开系统探讨，涵盖裂缝成因机理、危害影响、控制原则、关键技术及长效保障五大板块。混凝土结构裂缝是工程常见质量隐患，其产生与材料、施工、环境等多因素相关，易损害结构稳定性与使用寿命。通过剖析裂缝成因、明确防控原则、梳理核心技术、构建保障体系，为精准防控裂缝产生、有效治理现存裂缝、提升工程结构质量提供实践思路与技术参考，助力建筑工程实现长效安全运营。

关键词：混凝土结构；裂缝控制；成因机理；控制技术

DOI：10.69979/3029-2727.26.02.015

引言

混凝土凭借强度高、可塑性强、性价比优良等优势，成为建筑工程中应用最广泛的结构材料，广泛用于房屋建筑、桥梁、道路等各类工程结构中。建筑工程混凝土结构如果施工质量不佳或者是在后期使用过程中出现裂缝问题，不但会影响建筑使用寿命，导致结构受损，也会影响人们的使用体验，甚至威胁人们的生命财产安全。裂缝的出现不仅会削弱混凝土结构的承载能力与刚度，还可能引发渗漏、钢筋锈蚀等连锁问题，加速结构劣化，缩短使用寿命，严重时甚至威胁建筑整体安全。深入研究混凝土结构裂缝控制技术，优化全流程防控方案，对保障工程质量、降低运维成本具有重要现实意义。

1 建筑混凝土结构裂缝的成因机理与类型特征

1.1 材料自身因素：混凝土组分与性能引发的裂缝

材料自身特性是导致混凝土结构裂缝产生的核心内在因素，主要与混凝土组分搭配及自身性能缺陷相关。水泥品种选择不当、用量过多，会导致水化热释放集中，内外温差过大引发温度裂缝；骨料级配不合理、含泥量过高，会降低混凝土密实度与粘结强度，易产生收缩裂缝。此外，外加剂掺量失控、水胶比过大，会影响混凝土凝结硬化性能，导致其抗裂性、耐久性下降，在后期使用中易因自身性能衰减出现裂缝。这类裂缝多在混凝土硬化阶段产生，具有隐蔽性强、易扩展的特点，需从材料源头做好管控。

1.2 施工工艺因素：施工环节不当导致的裂缝

施工工艺不当是混凝土结构裂缝产生的主要外在诱因，贯穿搅拌、浇筑、振捣、养护等全施工流程。搅拌阶段配料计量不准、搅拌时间不足，会导致混凝土匀

质性差，局部强度不足引发裂缝；浇筑过程中布料不均、分层过厚，会造成振捣不密实，形成内部孔隙与裂缝隐患。振捣过度或不足会分别导致骨料离析、密实度不够，养护不及时、不到位则会使混凝土水分流失过快，产生干缩裂缝。此外，模板拆除过早、施工荷载堆放不当，也会导致结构受力不均，引发早期裂缝。

1.3 环境与受力因素：外部条件作用产生的裂缝

外部环境与结构受力变化是导致混凝土结构后期裂缝产生与扩展的重要因素。环境因素方面，温度骤变会使混凝土产生热胀冷缩变形，当变形受约束时易产生温度裂缝；潮湿环境下的冻融循环会破坏混凝土内部结构，引发冻胀裂缝；盐碱、酸性等腐蚀性环境会侵蚀混凝土，降低其强度与抗裂性。受力因素方面，结构实际受力超出设计承载力、荷载分布不均、地基沉降不均匀等，会导致混凝土内部应力集中，超过其抗拉强度后产生受力裂缝。这类裂缝多随使用时间延长逐步扩展，对结构安全威胁较大。

2 混凝土结构裂缝对建筑工程的潜在危害影响

2.1 结构安全危害：削弱承载能力，引发安全隐患

混凝土结构裂缝对建筑安全的危害最为直接，会显著削弱结构承载能力，引发系列安全隐患。混凝土的抗拉强度本身较低，裂缝出现后会破坏结构整体性，使应力集中于裂缝周边，导致裂缝持续扩展，进一步降低结构刚度与稳定性。当裂缝贯穿结构构件时，会直接影响其承重性能，若处于地震、强风等荷载作用下，裂缝易快速延伸，引发构件断裂、结构坍塌等严重事故。此外，裂缝还会破坏混凝土对钢筋的保护作用，加速钢筋锈蚀膨胀，进一步加剧结构损坏，形成恶性循环，对建筑整

体安全构成致命威胁。

2.2 耐久性危害：加速材料劣化，缩短使用寿命

裂缝的存在会严重降低混凝土结构的耐久性，加速材料劣化进程，缩短建筑使用寿命。一旦形成裂缝，就会导致水分和有害物质渗入混凝土内部，加速钢筋锈蚀，降低混凝土的强度和抗压性能，从而缩短工程的使用寿命。混凝土结构的耐久性依赖于自身密实性形成的防护屏障，裂缝会破坏这一屏障，使水分、氧气、腐蚀性介质等轻易渗入结构内部。水分与氧气结合会导致钢筋锈蚀，锈蚀产物体积膨胀会撑裂混凝土，扩大裂缝范围；腐蚀性介质会与混凝土成分发生化学反应，导致混凝土碳化、酥化，强度持续下降。长期下来，结构会因材料不断劣化丧失使用功能，被迫提前进行大修或拆除，大幅增加工程运维成本与资源消耗。

2.3 使用功能危害：影响防水隔音，降低使用体验

混凝土结构裂缝还会对建筑使用功能产生不良影响，降低居住与使用体验。对于屋面、墙体、地下室等部位，裂缝易引发渗漏问题，雨水渗入室内会损坏装修、侵蚀家具，甚至影响电气设备正常运行，给用户生活与生产带来不便。在隔音性能方面，裂缝会破坏混凝土结构的密闭性，使声音传导阻力减小，导致室内外噪音相互干扰，影响居住舒适度与办公环境质量。此外，裂缝的存在还会影响建筑外观完整性，给人以结构不安全的直观感受，降低建筑整体品质与使用价值。

3 建筑混凝土结构裂缝控制的核心原则与防控导向

3.1 预防为主原则：源头管控，减少裂缝产生

预防为主是混凝土结构裂缝控制的核心原则，强调从源头规避裂缝产生的诱因，降低裂缝发生率。该原则要求贯穿工程设计、材料采购、施工实施全流程，而非仅在裂缝出现后进行治理。设计阶段需优化结构方案，提升抗裂设计水平；材料阶段需严格把控质量，选用抗裂性能优良的组分并优化配比；施工阶段需规范各环节操作，强化过程管控，减少人为因素导致的裂缝。通过提前预判裂缝产生的潜在风险，采取针对性防控措施，从根源上遏制裂缝产生，既能降低治理成本，又能保障结构质量，是最高效的裂缝控制策略。同时，需建立完善的质量追溯机制，对原材料进场到施工养护的每一个环节进行严格记录，确保预防措施落实到位，不留隐患死角。

3.2 分级处置原则：按需施策，适配裂缝类型

分级处置原则要求根据裂缝的宽度、深度、位置、成因及危害程度，划分不同等级并采取针对性处置措施，避免一概而论导致治理效果不佳或资源浪费。对于宽度较窄、无扩展趋势的表面微裂缝，可采用表面封闭法简单处理，防止介质渗入；对于中等宽度、已深入结构表层的裂缝，需采用压力注浆法填充裂缝，恢复结构密实性；对于宽度大、贯穿性强、影响承载能力的严重裂缝，需结合结构加固技术，既要治理裂缝，又要提升结构承载力。分级处置需以精准检测为前提，确保措施适配裂缝实际情况。

3.3 协同管控原则：全流程联动，保障防控效果

协同管控原则强调设计、施工、监理、运维等各参与方协同配合，实现裂缝控制全流程联动，确保防控效果闭环。设计单位需提供科学合理的抗裂设计方案，并做好施工技术交底；施工单位需严格按照设计要求与规范施工，强化过程管控，落实各项防控措施；监理单位需履行监督职责，对材料质量、施工工艺进行全程把关，及时纠正违规操作。运维单位需做好后期监测与维护，发现裂缝隐患及时处置。各方形成工作合力，打通各环节衔接壁垒，才能实现裂缝从源头预防、过程管控到后期治理的全链条管控。

4 建筑混凝土结构裂缝的关键控制技术与应用要点

4.1 材料优化技术：改良混凝土性能，提升抗裂能力

材料优化技术是提升混凝土抗裂能力的核心手段，通过改良组分搭配与性能参数，从源头增强混凝土自身抗裂性。在水泥选用上，优先选用水化热低、凝结硬化稳定的品种，合理控制水泥用量，减少水化热集中释放。优化骨料级配，选用颗粒均匀、强度高、含泥量低的骨料，提升混凝土密实度与粘结强度。科学掺加外加剂，如减水剂可降低水胶比、缓凝剂可延长凝结时间、膨胀剂可补偿收缩，改善混凝土工作性能与抗裂性。同时，可掺入粉煤灰、矿渣粉等掺合料，替代部分水泥，降低水化热，提升混凝土耐久性与抗裂能力。

4.2 施工管控技术：规范施工流程，规避裂缝诱因

施工管控技术聚焦规范各环节操作，规避人为因素导致的裂缝，是裂缝预防的关键环节。搅拌阶段需精准控制配料计量，保证搅拌时间充足，确保混凝土匀质性；浇筑阶段需分层布料、分层振捣，控制浇筑速度与厚度，

避免振捣过度或不足，确保结构密实。养护阶段需及时覆盖保湿材料，根据环境温度与混凝土性能，合理控制养护时间与湿度，减少水分快速流失引发的干缩裂缝。此外，合理控制模板拆除时间，避免过早承重；规范施工荷载堆放，避免结构受力不均，从施工全流程遏制裂缝产生。

4.3 裂缝治理技术：针对性修复，遏制裂缝扩展

裂缝治理技术针对已产生的裂缝，采取针对性措施修复，遏制裂缝进一步扩展，恢复结构性能。表面封闭法适用于表面微裂缝，通过涂抹环氧树脂、聚合物砂浆等材料，封闭裂缝表面，防止介质渗入；压力注浆法适用于较深裂缝与贯穿裂缝，利用专用设备将水泥浆、环氧树脂浆液等注入裂缝内部，填充缝隙并粘结结构，恢复密实性与整体性。对于影响承载能力的严重裂缝，需结合加固技术，如粘贴碳纤维布、增设钢筋网片等，在治理裂缝的同时提升结构承载能力，确保结构安全。治理过程中需先明确裂缝成因与等级，再选择适配技术，保障治理效果。

5 混凝土结构裂缝控制的长效保障措施与优化建议

5.1 完善设计体系：优化结构设计，强化抗裂基础

完善设计体系是混凝土结构裂缝控制的前置保障，通过优化设计方案，强化结构抗裂基础。设计阶段需结合工程地质条件、荷载特性与环境因素，合理选择结构形式与构件尺寸，避免应力集中。优化抗裂设计参数，控制混凝土强度等级与配筋率，合理设置伸缩缝、沉降缝，释放结构变形应力，减少裂缝诱因。对于大体积混凝土结构，需制定专项温控设计方案，采取分层浇筑、设置冷却水管等措施，控制内外温差。同时，设计文件需明确抗裂技术要求与施工要点，做好技术交底，为后续施工与管控提供依据。

5.2 健全监管机制：强化过程管控，落实防控责任

健全监管机制是确保裂缝控制措施落地的关键，通过强化全流程监管，落实各参与方防控责任。建立设计、施工、监理三方联动监管体系，明确各方职责分工，形成监管合力。监理单位需严格执行材料进场检验制度，对水泥、骨料、外加剂等关键材料进行质量抽检，杜绝不合格材料使用；对施工工艺进行全程监督，重点管控搅拌、浇筑、振捣、养护等关键环节，及时纠正违规操

作。建立施工质量追溯体系，对发现的问题限期整改，确保各项防控措施落实到位，从过程上保障结构质量，减少裂缝产生。

5.3 加强运维监测：动态追踪监测，及时处置隐患

加强运维监测是实现裂缝长效控制的重要手段，通过动态追踪裂缝变化，及时处置潜在隐患。建立常态化监测机制，采用裂缝宽度仪、应变计等设备，定期对混凝土结构关键部位进行监测，记录裂缝宽度、深度、长度的变化情况，分析裂缝发展趋势。针对屋面、地下室、桥梁等易产生裂缝的部位，加大监测频次，重点关注环境变化与荷载波动对裂缝的影响。建立监测数据台账，对出现异常变化的裂缝，及时组织专业人员分析成因，采取针对性治理措施，防止裂缝持续扩展，保障结构长期安全稳定运行。

6 结论

混凝土结构裂缝的产生是材料、施工、环境、受力等多因素综合作用的结果，对结构安全、耐久性与使用功能均存在潜在危害，裂缝控制是建筑工程质量管控的核心环节。裂缝控制需遵循预防为主、分级处置、协同管控三大原则，通过材料优化、施工管控、裂缝治理三大关键技术，从源头预防、过程管控、后期治理多维度发力。同时，依托完善设计体系、健全监管机制、加强运维监测构建长效保障，形成全流程管控体系。该管控路径契合工程实操需求，可有效提升混凝土结构抗裂能力，遏制裂缝产生与扩展，为建筑工程质量安全与长效运营提供有力支撑。

参考文献

- [1] 黄光荣. 混凝土结构后浇带温度分析及裂缝控制研究[J]. 广东建材, 2025, 41(08): 125-128.
- [2] 陈阳. 建筑工程混凝土结构施工技术要点及裂缝控制措施研究[J]. 建设机械技术与管理, 2025, 38(06): 156-158.
- [3] 王芝馨, 吴育麒. 钢筋混凝土结构裂缝控制技术探讨[J]. 水泥, 2026, (01): 155-157.
- [4] 汪路. 混凝土结构中碱-硅酸反应诱发膨胀裂缝的控制技术研究[J]. 中国战略新兴产业, 2025, (32): 138-140.
- [5] 杨仪忠. 大体积混凝土裂缝控制技术的应用分析[J]. 房地产世界, 2025, (15): 158-160.