

# 大体积混凝土施工裂缝控制技术研究

柳海泉

新疆兵团城建集团 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要：**大体积混凝土因水泥用量大、水化热集中、内外散热差异显著，易产生温度、收缩等各类裂缝，影响结构整体性、承载力及使用寿命。本文阐述大体积混凝土定义、裂缝分类与产生机理，分析材料、施工、环境及设计约束等影响因素，从原材料优化、施工温控、后期养护及温度监测等方面，提出针对性控制技术措施，为工程实践中有效防控大体积混凝土施工裂缝、保障结构安全稳定提供理论参考与实践指导。

**关键词：**大体积混凝土；施工裂缝；控制技术

**引言：**随着大型基础设施工程快速发展，大体积混凝土广泛应用于高层建筑筏板、桥梁墩台等核心构件，其施工裂缝问题成为工程质量管控的重点与难点。裂缝的产生不仅降低结构防水、防渗性能，还可能诱发钢筋锈蚀、结构破损等安全隐患。因此，深入研究大体积混凝土施工裂缝的产生机理与影响因素，探索科学有效的控制技术，对提升工程施工质量、延长结构使用寿命、降低工程维护成本具有重要的现实意义与工程价值。

## 1 大体积混凝土施工裂缝相关理论基础

### 1.1 大体积混凝土的定义与特点

(1) 大体积混凝土的定义：依据相关规范，一般指浇筑体积大于 $100\text{m}^3$ 、最小断面尺寸不小于 $1\text{m}$ ，或浇筑后因水泥水化热易产生温度应力导致裂缝的混凝土，核心判断标准是水化热引发的温度变化对结构稳定性的影响。(2) 大体积混凝土的核心特点：水泥用量大，水化热释放集中且持续时间长；体积庞大，内外散热速率差异显著，易形成温度梯度；抗拉强度较低，抗裂性能弱，对施工工艺和养护要求极高。(3) 大体积混凝土的应用场景：广泛应用于大型基础设施工程，如高层建筑筏板基础、桥梁墩台、水利大坝、大型设备基础等，是现代工程结构中承载核心荷载的关键构件。

### 1.2 大体积混凝土施工裂缝的分类与危害

(1) 裂缝的分类：按成因分为温度裂缝、收缩裂缝、约束裂缝；按形态分为表面裂缝、深层裂缝和贯穿裂缝，其中贯穿裂缝对结构危害最为严重。(2) 裂缝的危害：会降低混凝土结构的整体性和承载力，导致钢筋锈蚀，缩短结构使用寿命；若裂缝贯穿，还会影响结构防水、防渗性能，引发安全隐患。(3) 裂缝的允许限值：表面裂缝宽度通常不超过 $0.2\text{mm}$ ，深层裂缝不超过 $0.3\text{mm}$ ，贯穿裂缝严禁出现，具体限值需结合工程用途和设计要求调整<sup>[1]</sup>。

### 1.3 大体积混凝土施工裂缝产生的机理

(1) 温度应力作用机理：水泥水化释放大量热量，使混凝土内部温度急剧升高，与表面低温形成温差，产生热胀冷缩应力，当应力超过混凝土抗拉强度时引发裂缝。(2) 收缩变形作用机理：混凝土硬化过程中，水分蒸发和水泥水化收缩会导致体积缩小，若收缩受到约束，无法自由变形，便会产生收缩应力，诱发裂缝。(3) 约束作用机理：混凝土浇筑后，与基础、模板等接触面存在约束，限制其温度变形和收缩变形，约束反力转化为内应力，超过极限抗拉强度时产生裂缝。

### 1.4 大体积混凝土裂缝控制的核心原则

(1) 抗放结合原则：既要提高混凝土自身抗拉能力，通过优化配合比增强抗裂性能，也要合理释放温度应力和收缩应力，如设置后浇带、散热管等。(2) 预防为主原则：提前预判裂缝风险，从配合比设计、施工工艺、养护措施等环节入手，提前采取防控措施，避免裂缝产生。(3) 全程管控原则：贯穿混凝土配合比设计、搅拌、浇筑、振捣、养护全流程，实时监测温度变化，及时调整管控措施，确保裂缝得到有效控制。

## 2 大体积混凝土施工裂缝影响因素分析

### 2.1 材料因素对裂缝的影响

(1) 水泥品种与用量的影响：水泥是混凝土水化热主要来源，不同品种水泥水化热差异显著，低热矿渣水泥、火山灰水泥比普通硅酸盐水泥水化热低，可有效减少温度裂缝；水泥用量过多会大幅增加水化热，加剧内外温差和混凝土收缩，显著提升裂缝风险，需严格控制用量并优选适配品种。(2) 掺合料与外加剂的影响：粉煤灰、矿粉等掺合料可替代部分水泥，降低水化热、改善混凝土和易性与抗裂性，但掺量过高会降低早期强度、增加收缩风险；减水剂可减少拌和水量、降低水胶比，减少收缩裂缝，缓凝型外加剂使用不当会延长凝结

时间,养护不及时易引发表面裂缝。(3)骨料与拌和水的影 响:骨料占混凝土体积比大,选用级配良好、粒径较大的粗骨料,可减少水泥用量和收缩量、提高抗拉强度;细骨料含泥量过高会降低混凝土强度和抗裂性,拌和水需洁净,杂质过多会影响凝结硬化,加剧裂缝隐患。

## 2.2 施工工艺因素对裂缝的影响

(1)浇筑工艺与速度的影响:浇筑顺序不合理、分层厚度过大,会导致下层混凝土已初凝而上层继续浇筑,产生施工缝和温度裂缝;浇筑速度过快,会使混凝土内部热量无法及时散发,形成局部高温区,同时振捣不充分,留下空隙,降低结构整体性,诱发裂缝。(2)振捣质量的影响:振捣不足会导致混凝土密实度不够,存在蜂窝、麻面,抗拉强度下降,易产生收缩裂缝;振捣过度会使骨料下沉、水泥浆上浮,形成分层离析,表面水泥浆层收缩量大,易出现表面裂缝,需控制振捣频率和时间<sup>[2]</sup>。(3)拆模时机的影响:拆模过早,混凝土强度未达到设计要求,无法承受自身重量和约束应力,易产生贯穿裂缝;拆模过晚,混凝土表面温度下降过快,与内部温差增大,且模板约束作用过久,会加剧温度应力和收缩应力,诱发裂缝,需结合强度和温度监测确定拆模时间。

## 2.3 环境因素对裂缝的影响

(1)环境温度变化的影响:环境温度骤升骤降会加剧混凝土内外温差,夏季高温浇筑时,表面水分蒸发过快,易产生表面干缩裂缝;冬季低温时,混凝土凝结硬化缓慢,强度增长滞后,且易受冻胀作用,产生冻融裂缝。(2)风速与湿度的影响:风速过大时,混凝土表面水分蒸发速度加快,导致表面干缩过快,与内部形成收缩差,产生表面裂缝;环境湿度不足,会加速混凝土内部水分流失,加剧收缩变形,湿度波动过大也会增加裂缝风险。(3)季节施工的影响:夏季施工需应对高温,若降温措施不到位,易引发温度裂缝;冬季施工需做好保温防冻,否则混凝土受冻后强度受损,易产生冻裂;雨季施工若防雨措施不足,雨水掺入混凝土会改变配合比,降低强度和抗裂性。

## 2.4 设计与约束因素对裂缝的影响

(1)结构设计参数的影响:结构断面尺寸过大,会导致水化热难以散发,内外温差增大;配筋不合理,如钢筋间距过大、保护层过厚,无法有效约束混凝土收缩和温度变形,易产生裂缝;未设置后浇带、伸缩缝等释放应力的构造,会使应力集中,诱发裂缝。(2)外部约束条件的影响:混凝土与基础、模板、相邻结构的约束作用,会限制其温度变形和收缩变形,约束越强,产生

的内应力越大,当应力超过混凝土抗拉强度时,就会产生裂缝;若约束面清理不彻底、粘结过强,会进一步加剧约束应力,增加裂缝隐患。

## 3 大体积混凝土施工裂缝控制技术措施

### 3.1 原材料与配合比优化控制技术

(1)原材料优选技术:优先选用低热矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥等低热型水泥,降低水化热总量,减少温度裂缝隐患;粗骨料选用级配良好、粒径5-31.5mm的碎石,含泥量控制在1%以内,提升混凝土抗拉强度和密实度;细骨料选用中砂,含泥量不超过3%,避免杂质影响凝结硬化;拌和水采用洁净饮用水,杜绝杂质破坏混凝土性能,从源头筑牢抗裂基础。(2)配合比优化设计:遵循“低水化热、低水胶比、高抗拉强度”原则,合理控制水泥用量,一般不超过300kg/m<sup>3</sup>,减少水化热释放;优化水胶比至0.45-0.55,提高混凝土密实度和抗裂性;调整骨料级配,增加粗骨料用量、减少水泥浆用量,降低收缩量;通过试配确定最优配合比,兼顾工作性、强度与抗裂性,确保适配工程实际需求。

(3)掺合料与外加剂合理掺加技术:掺加粉煤灰、矿渣粉等活性掺合料,替代15%-30%水泥,降低水化热、改善和易性,提高后期强度与抗裂性,掺量需经试配确定,避免过量影响早期强度;选用高效缓凝减水剂,减少拌和水量、降低水胶比,延缓凝结时间8-12小时以利于散热,减少收缩裂缝;严禁使用不合格掺合料和外加剂,确保其与混凝土性能适配<sup>[3]</sup>。

### 3.2 施工过程温控降温技术

(1)入仓温度控制技术:夏季高温施工时,对原材料进行降温处理,水泥、骨料堆放于阴凉通风处,骨料可采用洒水降温,温度控制在30℃以下;拌和水采用冰水或地下水,降低拌和温度;混凝土运输过程中加盖保温遮阳布,减少运输过程中温度升高,确保入仓温度不超过35℃;冬季施工时,采取原材料预热、运输保温措施,入仓温度不低于5℃,避免温差过大引发裂缝。

(2)分层浇筑与振捣控制技术:采用分层浇筑方式,分层厚度控制在500mm以内,结合混凝土浇筑速度和初凝时间,确定分层间隔时间,确保下层混凝土初凝前完成上层浇筑,避免出现施工缝;振捣采用插入式振捣器,振捣频率和时间适中,振捣至混凝土表面泛浆、无气泡为止,避免振捣不足导致密实度不够,或振捣过度引发骨料离析,减少裂缝隐患;浇筑顺序遵循“从低到高、分层推进”原则,确保混凝土浇筑均匀,热量分布均衡<sup>[4]</sup>。(3)预埋冷却水管降温技术:在混凝土内部预埋镀锌冷却水管,水管间距1.5-2.0m,呈梅花形布置,浇

筑完成后及时通入循环冷却水,控制冷却水进水温度与混凝土内部温度差不超过 $25^{\circ}\text{C}$ ;实时监测混凝土内部温度,根据温度数据调整冷却水流量和温度,待混凝土内部温度降至环境温度 $+20^{\circ}\text{C}$ 以内时,停止通水,通过强制散热降低混凝土内外温差,有效控制温度裂缝。

### 3.3 后期养护与表面防护技术

(1) 保温保湿养护技术:混凝土浇筑完成、表面初凝后,及时覆盖土工布、塑料薄膜或保温棉被,形成封闭保温保湿层,减少表面水分蒸发和温度散失,控制混凝土表面与内部温差不超过 $25^{\circ}\text{C}$ ;根据环境湿度,定期洒水养护,保持混凝土表面湿润,避免表面干缩过快引发裂缝;对于大面积混凝土,可采用蓄水养护方式,增强保温保湿效果,提升混凝土抗裂能力。(2) 养护时长与方式控制:养护时长不少于14天,对于低热型混凝土或大断面结构,养护时长延长至21天以上,确保混凝土强度稳步增长,充分释放收缩应力;养护过程中避免随意拆除保温层,如需检查,需快速操作并及时恢复,防止温度骤变;采用“分层养护”方式,与浇筑分层同步,确保各层混凝土均得到有效养护,避免局部养护不到位引发裂缝。(3) 特殊季节养护技术:夏季养护重点做好遮阳、降温、保湿,避免阳光直射混凝土表面,可搭设遮阳棚,定期喷洒温水,控制表面温度;冬季养护采取保温防冻措施,覆盖保温棉被、增设取暖设备,确保混凝土养护温度不低于 $5^{\circ}\text{C}$ ,严禁浇水养护,防止受冻开裂;雨季养护做好防雨措施,避免雨水冲刷混凝土表面,雨后及时检查并补做保温保湿层,防止裂缝产生。

### 3.4 温度监测与动态预警技术

(1) 监测点布置技术:根据混凝土结构尺寸、形状和浇筑分区,合理布置监测点,大断面结构每 $50\text{--}100\text{m}^2$ 布置1个监测点,重点部位(如中心区域、边角部位)加密布置;监测点分为内部温度监测点和表面温度监测点,内部监测点预埋测温传感器,深入混凝土内部 $500\text{mm}$ 以上,表面监测点贴附于混凝土表面,确保监测数据全

面、准确。(2) 实时监测与数据采集技术:采用自动化温度监测系统,浇筑完成后立即启动监测,实时采集混凝土内部、表面及环境温度数据,监测频率为每2小时1次,温度变化剧烈时加密至每1小时1次;安排专人负责数据记录与整理,绘制温度变化曲线,分析温度梯度和变化趋势,及时发现温度异常情况,为温控措施调整提供依据<sup>[5]</sup>。(3) 裂缝预警与应急处理技术:设定预警阈值,当混凝土内外温差超过 $25^{\circ}\text{C}$ 、表面温度骤升骤降超过 $10^{\circ}\text{C}/\text{d}$ 时,立即发出预警,启动应急措施;若发现表面裂缝,及时涂刷养护剂、覆盖保温层,加强保湿养护,控制裂缝发展;若出现深层或贯穿裂缝,立即停止相关作业,组织专业人员评估裂缝危害,采取压力注浆、加固处理等措施,防止裂缝进一步扩大,确保结构安全。

### 结束语

大体积混凝土施工裂缝控制是一项系统性工程,需贯穿原材料选择、配合比设计、施工实施及后期养护全流程,遵循抗放结合、预防为主、全程管控的核心原则。本文提出的各项控制技术措施,可有效缓解温度应力与收缩应力,降低裂缝产生风险。后续需结合具体工程场景优化技术参数,加强动态监测与应急处置,持续完善裂缝控制体系,为各类大体积混凝土工程的质量安全提供更可靠的保障。

### 参考文献

- [1]刘大彪.大体积混凝土梁施工收缩裂缝[J].建筑装饰装修,2024,(09):181-183.
- [2]马强.建筑工程大体积混凝土温度裂缝控制[J].石材,2024,(05):150-152.
- [3]邢龙龙,赵伟,梁天龙.大体积混凝土低温裂缝控制施工技术创新研究[J].城市开发,2025,(09):125-127.
- [4]马翔宇.住宅建筑工程中大体积混凝土温度及裂缝控制的讨论[J].居舍,2025,(13):55-58.
- [5]尹锡江.建筑工程大体积混凝土裂缝预防与处理措施[J].中国建筑装饰装修,2025,(06):111-113.