

大体积混凝土温控防裂施工技术与现场应用分析

李其环

广州越建工程管理有限公司杭州分公司 浙江 杭州 310000

【摘要】：在建筑、市政、水利及桥梁大型基础工程施工中，大体积混凝土凭借整体性强、承载性能稳定的优势被广泛应用。但大体积混凝土浇筑体量较大，水泥水化反应会释放大量的水化热，结构内部热量积聚、内外温差过大、降温速率过快及收缩变形不协调，极易产生温度裂缝与收缩裂缝，严重影响结构耐久性、防水性及整体安全性能。为有效解决大体积混凝土开裂难题，本文结合现行施工规范要求，系统分析混凝土裂缝产生的核心机理，从配合比优化、入模温控、分层浇筑、内部通水降温、表面保温保湿养护、全过程温度监测等维度，梳理成套温控防裂施工关键技术，并结合工程现场应用实践，总结技术实施要点与质量控制措施，可为同类大体积混凝土工程防裂施工提供参考借鉴。

【关键词】：大体积混凝土；温控防裂；施工技术；温度监测；现场应用

DOI:10.12417/2811-0528.26.17.004

1 引言

随着建筑工程规模化、大型化发展，高层建筑筏板基础、设备基础、桥梁承台、水利闸墩等大体积混凝土结构日益增多。根据《大体积混凝土施工标准》GB 50496-2018 定义，混凝土结构物实体最小几何尺寸不小于 1m 的大体量混凝土，或预计会因混凝土中胶凝材料水化引起的温度变化和收缩而导致有害裂缝产生的混凝土，统称为大体积混凝土。

相较于普通混凝土，大体积混凝土最突出的施工难题为温度裂缝控制。水泥水化热集中释放导致结构内部温度急剧升高，而混凝土表面与外界环境直接接触，散热速度快，形成显著的内外温度梯度，进而产生温度应力。当温度应力超过混凝土早期抗拉强度时，便会产生贯穿性裂缝、深层裂缝及表面裂缝，不仅破坏结构完整性，还会引发渗水、钢筋锈蚀、结构刚度下降等次生质量问题，大幅缩短工程使用寿命。因此，落实全过程温控防裂施工技术，实现温度、应力、变形的精准管控，是大体积混凝土施工质量控制的核心。本文基于工程现场实践，系统性阐述温控防裂技术原理、施工工艺及应用效果。

2 大体积混凝土裂缝产生机理及影响因素

2.1 裂缝产生核心机理

大体积混凝土裂缝主要分为温度裂缝与收缩裂缝，其中温度裂缝为主要病害类型。混凝土浇筑完成后，水泥与水发生水化反应释放大量的热量，结构内部密闭性强、散热条件差，热量持续积聚导致内部温度峰值大幅升高；而混凝土表面裸露，受气温、风力、湿度影响散热较快，形成“内高外低”的温度场。

在升温阶段，结构内部受热膨胀产生压应力，外部约束作用较弱，不易产生裂缝；在降温阶段，内部热量缓慢散失，混凝土体积收缩，受基底约束、结构自重及外部模板约束，收缩

变形受限，产生拉应力。混凝土早期强度较低、抗拉性能差，当拉应力大于瞬时抗拉强度时，便会产生不可逆的温度裂缝。同时，混凝土硬化过程中水分蒸发会产生干燥收缩，叠加温度变形作用，进一步加剧裂缝开展。

2.2 主要影响因素

材料因素：普通硅酸盐水泥水化热高、放热速率快，是热量积聚的主要来源；砂石骨料级配不合理、含泥量超标，会降低混凝土密实度与抗拉性能；外加剂、掺合料选用不当，会加剧收缩变形。

施工因素：混凝土入模温度过高、浇筑分层不合理、振捣不密实，会导致内部热量分布不均、结构密实度不足；养护不及时、保温保湿措施不到位，会造成表面快速降温、水分急剧蒸发。

环境因素：高温夏季施工会提升混凝土入模初始温度，低温大风天气会加速表面散热，增大内外温差；昼夜温差过大，会导致结构温度反复波动，诱发应力疲劳裂缝。

监测因素：温度监测频次不足、点位布设不合理，无法实时掌握温度变化规律，导致温控措施滞后，错过最佳调控时机。

3 大体积混凝土核心温控防裂施工技术

结合现行《大体积混凝土施工标准》GB 50496-2018 规范条文要求与项目一线现场施工实操经验，大体积混凝土温度裂缝防控应当严格遵循“源头控温、过程降热、后期稳温、全程监测”四维管控核心原则，通过原材料优化、浇筑工艺、内部冷却、保温养护、测温预警多项技术协同联动实施动态管控，把混凝土入模温度、结构内外最大温差、每日降温速率三项关键指标稳定约束在规范限定区间以内。

3.1 配合比优化源头控温技术

配合比优化是降低水化热、从源头减少温度应力的基础措施。施工中需摒弃高水泥用量配比,通过材料替换与掺合料复配,实现低水化热、低收缩、高强度的性能目标。一是优先选用矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥等低水化热水泥,替代普通硅酸盐水泥,减缓水化放热速率,降低总放热量;二是合理掺加I级粉煤灰、矿渣微粉等活性掺合料,等量替代20%~30%水泥,既能减少胶凝材料水化热,又能改善混凝土和易性,降低孔隙率,提升抗裂性能。

同时,优化骨料级配,选用连续级配碎石、洁净中砂,严格控制骨料含泥量低于1%,减少杂质引发的收缩裂缝;掺加高效缓凝减水剂,在保证混凝土强度及坍落度的前提下,减少拌合用水量,延缓水泥水化峰值时间,避免短时间内热量集中释放。通过配比优化,可有效降低混凝土绝热温升3~5℃,从源头减轻温控压力。

3.2 入模温度精准控制技术

入模温度直接决定混凝土内部温度峰值,规范要求大体积混凝土入模温度不宜大于25℃,冬季施工不低于5℃。夏季高温施工时,采用原材料预冷措施,对砂石骨料搭设遮阳棚,避免暴晒;采用地下水、冰水拌合,降低拌合水温度;缩短混凝土运输、浇筑间隔时间,运输罐车设置隔热保温层,减少途中温升。

冬季低温施工时,对拌合水、骨料进行预热处理,严禁使用冰雪骨料;浇筑前对基底、模板进行预热保温,避免低温基底导致混凝土底部快速降温,形成温差裂缝。通过全方位管控,严格将入模温度稳定控制在规范区间,杜绝初始温度超标引发的温控失控问题。

3.3 分层分块浇筑施工技术

一次性整体浇筑大体积混凝土易造成热量高度集中,采用薄层连续浇筑、斜面分层推进工艺,可扩大散热面积、分散水化热,是现场最常用的防裂工艺。施工中控制分层浇筑厚度为300~500mm,遵循“薄层、慢速、连续、不漏振”的原则,确保每层混凝土在初凝前完成下一层浇筑,保证层间粘结整体

性。

3.4 工程现场应用实例分析

某高层住宅项目主楼筏板基础为大体积混凝土结构,基础尺寸42m×28m,最大厚度1.8m,设计混凝土强度等级C40,抗渗等级P8,属于典型大体积混凝土施工。该项目夏季高温施工,昼夜温差较大,温控防裂难度较高,项目采用上述成套温控技术开展施工。

原材料阶段优化配合比,掺加25%粉煤灰替代水泥,添加高效缓凝减水剂,有效降低水化热;夏季采用冰水拌合、骨料遮阳降温,严格控制入模温度 $\leq 24^{\circ}\text{C}$;施工采用400mm薄层分层连续浇筑,预埋双层冷却水管循环降温;浇筑完成后二次抹压,采用“薄膜+双层保温棉被”养护,养护周期16d。

同时布设24个测温点位,全程实时监测温度变化,动态调整通水流量与保温厚度。施工监测数据显示:混凝土内部最高温度68.2℃,内外最大温差21.5℃,降温速率稳定在1.2~1.8℃/d,所有温控指标均满足GB 50496-2018规范要求。项目成型后经全面检测,混凝土表面无可见裂缝,结构密实度、平整度达标,无渗水缺陷,温控防裂施工效果良好,验证了整套技术的实用性与可靠性。

5 结论

大体积混凝土裂缝的核心诱因是水化热引发的内外温差、降温速率失衡及收缩变形受限,温控防裂施工是一项材料、工艺、监测、养护协同的系统性工程。本文通过分析裂缝产生机理,总结了配合比优化、入模控温、分层浇筑、通水降温、保温养护、动态监测六大核心施工技术,结合现场工程实例验证,形成了一套成熟、可落地的温控防裂施工体系。

工程实践表明,通过源头优化降低水化热、过程管控缩小温差、后期养护稳定应力、全程监测动态调控,可有效将大体积混凝土温控指标控制在规范范围内,彻底杜绝有害温度裂缝与收缩裂缝,保障混凝土结构施工质量、耐久性与安全性。该技术体系操作简便、适用性强,可广泛应用于建筑、桥梁、水利等各类大体积混凝土工程,具有良好的工程推广价值。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.GB 50496-2018 大体积混凝土施工标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [2] 王军.建筑工程大体积混凝土温控防裂施工技术研究[J].工程技术研究,2024(05):89-91.
- [3] 李浩然.大体积混凝土温度裂缝成因及精细化防控措施[J].施工技术,2023,52(12):78-81.
- [4] 张磊.高层建筑筏板基础大体积混凝土施工温控技术应用[J].建材与装饰,2025(02):156-158.