

大体积混凝土施工温控技术及裂缝防控研究

邢友华

中国一冶集团有限公司, 湖北 武汉 430081

DOI:10.61369/ERA.2026100043

摘 要 : 为了保障大体积混凝土结构的整体性、安全性与耐久性, 需加强对混凝土施工过程中温度的控制, 同时有效防控各种裂缝的出现。基于此, 本文针对大体积混凝土施工温控技术与裂缝形成机理进行了分析, 并提出了原材料优化温控技术、拌合与浇筑温控技术、保温保湿养护温控技术的实施要点以及防控裂缝的有效策略, 旨在实现对混凝土内外温度差和降温速度的有效控制, 大幅度减少裂缝的出现。

关 键 词 : 大体积; 混凝土施工; 温控技术; 裂缝防控

Study on Temperature Control Technology and Crack Prevention and Control in Mass Concrete Construction

Xing Youhua

China First Metallurgical Group Co.,Ltd. Wuhan, Hubei 430081

Abstract : In order to ensure the integrity, safety, and durability of large volume concrete structures, it is necessary to strengthen temperature control during concrete construction and effectively prevent the occurrence of various cracks. Based on this, this article analyzes the temperature control technology and crack formation mechanism in the construction of large volume concrete, and proposes the implementation points of raw material optimization temperature control technology, mixing and pouring temperature control technology, insulation and moisture retention temperature control technology, as well as effective strategies for crack prevention and control. The aim is to achieve effective control of the temperature difference and cooling rate inside and outside the concrete, and significantly reduce the occurrence of cracks.

Keywords : large volume; concrete construction; temperature control technology; crack prevention and control

引言

大体积混凝土不仅有着良好的整体性, 同时还具有较强的承载力, 其凭借自身的优势在大型土建工程中得以广泛应用^[1]。但是在水泥水化热的影响下, 很容易导致混凝土温差变形, 并产生收缩应力, 其将极大地增加混凝土出现裂缝的几率。为此在进行大体积混凝土施工的过程中, 需准确地把握混凝土温度变化规律, 了解裂缝形成机理, 在此基础上通过各种混凝土施工温控技术的应用, 实现对混凝土内外部温度的精细化控制, 同时通过各种策略的实施最大限度避免裂缝的出现。

一、大体积混凝土施工温控技术和裂缝形成机理

大绝热温升; m 代表水化热衰减系数; t 代表混凝土浇筑后龄期。

最大绝热温升计算公式如下:

$$T_{max} = \frac{WQ}{C\rho}$$

其中 W 代表每立方米混凝土胶凝材料用量; Q 代表胶凝材料平均水化热值; C 代表混凝土比热容; ρ 代表混凝土容重。

一般在完成混凝土浇筑施工 48 到 72 小时后达到温度峰值, 常规大体积混凝土工程内部最高温升一般在 55℃ 到 75℃ 之间, 浇筑后 3 到 14 天进入温降阶段, 水化反应不断减弱, 内部温度逐步降低, 为了防止因为温度突然下降而引发应力大幅度变化, 需将降温速率控制在每天 2.0℃ 以下。浇筑 14 天后便进入稳定期, 水化

(一) 大体积混凝土温度变化规律

大体积混凝土温度变化主要包括三个阶段, 分别为温升期、温降期和稳定期, 温度变化规律实质上是动态平衡水泥水化产热和结构散热的过程。通过量化混凝土绝热温升, 可为温控施工提供精准数据支撑, 根据 GB50496-2018《大体积混凝土施工规范》, 绝热温升计算公式如下:

$$Tt = T_{max}(1 - e^{-mt})$$

其中 Tt 代表龄期 t 时刻混凝土绝热温升; T_{max} 代表混凝土最

反应基本停止，混凝土内外温差处于平衡状态，温度变化不超过2℃。

（二）大体积混凝土裂缝形成机理

大体积混凝土形成裂缝的主要原因为温度应力超过混凝土瞬时抗拉强度，结合受力形式可以将裂缝划分为自约束应力裂缝和外约束应力裂缝，混凝土温度应力计算公式如下：

$$\sigma = \beta E_c \alpha t \Delta T$$

其中 σ 表示混凝土温度应力； β 表示约束系数； E_c 表示混凝土弹性模量； αt 表示混凝土线膨胀系数； ΔT 表示混凝土内外温度差。

自约束应力裂缝的形成是因为混凝土表层温度较低、收缩变形较小，内部温度较高、膨胀变形较大而导致的，在表层形成了拉应力。当表层拉应力大于混凝土早期抗拉强度时，便会出现裂缝，裂缝深度一般不超过50mm，多数情况下呈现不规则网状分布。外约束应力裂缝一般是因为混凝土降温收缩时受到模板、垫层以及基础等外部结构的制约，难以自由变形，形成均匀的拉应力。当拉应力大于混凝土抗拉强度，将形成贯穿性或者深层裂缝，对混凝土整体结构造成较大危害。

除此之外，原材料配合比缺乏合理性、拌合浇筑技术不规范、环境温度突然改变、养护不到位也将导致裂缝扩张。例如，水泥投入量过大、水化热过高将导致温差梯度增加，若后续保湿温控养护不及时，将致使混凝土干缩变形，再加之温度应力的影响，最终产生复合裂缝。

二、大体积混凝土施工温控技术

（一）原材料优化温控技术

优化混凝土原料可以从根源上降低水化热、控制温差，降低温度应力。首先，利用低水化热胶凝材料取代高水化热水泥，选择使用低水化热矿渣硅酸盐水泥和P·O42.5硅酸盐水泥，并严格控制水泥水化热，确保3天水化热不超过250kJ/kg。其次，利用矿粉、粉煤灰取代一部分水泥，粉煤灰掺入量需要控制在15%到25%之间，矿粉掺入量需要控制在5%到10%之间，以此降低混凝土整体温升，延缓水化反应释放热量的峰值出现时间。再次，掺入减水率在25%以上的高效缓凝减水剂，避免水泥快速水化反应，在短时间内释放大热量，同时提高混凝土密实度，减少孔隙，降低混凝土发生变形裂缝的几率^[2]。最后，加强对骨料质量的控制，选择使用含泥量在1%以下、从级配连续的碎石和细度模数在2.6到2.8之间的中砂，以此保障混凝土的稳定性。

（二）拌合与浇筑温控技术

大体积混凝土拌合与浇筑环节直接关系着混凝土入模温度、原材料混合均匀性与分层浇筑质量，为了避免因为局部温升过高、浇筑不均匀而产生温差应力，适宜将大体积混凝土入模温度控制在5℃到30℃之间，夏季温度较高时可以使用冷水、冰水取代30%到40%的拌合用水，以此实现降温拌合。对于砂石骨料可通过遮阳、喷淋的方式将温度控制在28℃以下，拌合时间可以适

当延长到90秒到120秒，保证原料均匀混合，防止因为局部水化反应差异较大而引发温差应力。冬季施工时，可预先对骨料、拌合用水进行加热处理，保证入模时其温度在5℃以上。大体积混凝土需要分层连续浇筑，每层厚度不可低于300mm，也不可超过500mm，分层浇筑的时间间隔不可超过2小时，确保上下层混凝土充分结合，防止出现施工冷缝。浇筑施工中可通过薄层浇筑、斜面分层的方式，实现快速散热，避免混凝土长时间处于高温状态。在浇筑的过程中，需要利用高频振捣器将混凝土振捣至表面无气泡、泛浆，避免漏振或者过振，漏振将导致混凝土表面出现蜂窝麻面，影响混凝土结构的整体性，过振则会导致砂浆上浮、骨料下沉，导致混凝土表面出现收缩裂缝^[3]。除此之外，还需严格控制浇筑速度，每日浇筑量适宜控制在800m³以内，防止集中浇筑造成水化热堆积，不同浇筑分层厚度的温控效果见表1。

表1 不同浇筑分层厚度的温控效果

浇筑分层厚度	内部峰值温度	内外最大温差	降温速率	表面裂缝情况
800mm	71.6℃	28.7℃	2.4℃/d	多处网状裂缝
500mm	63.2℃	23.1℃	1.8℃/d	少量细微裂缝
300mm	59.7℃	20.5℃	1.4℃/d	无肉眼可见裂缝

（三）保温保湿养护温控技术

大体积混凝土温控的核心环节为养护，科学的养护可以补充水分、控制降温速率、减小内外温度差，避免形成温度应力和干缩变形。在完成混凝土浇筑后，需及时做好保温保湿养护温控。保温方面，结合混凝土温差监测数据，对保温层厚度进行动态调整，通常情况下需要先在表层覆盖2到3层土工布，然后再覆盖1到2层保湿棉被^[4]。低温环境下，可通过增设塑料薄膜的方式实现密封保温，避免混凝土表层热量过度散失，有效控制内部温差，防止表层受冷收缩形成拉应力。同时实时监测混凝土温度，通过调控保温温控措施，将内外温差维持在25℃以下，降温速率控制在每天1.5℃到2.0℃之间。保湿温控方面，混凝土初凝后及时通过洒水的方式将表面维持在湿润的状态。高温环境下，每间隔2到3小时洒水一次，常温环境下每间隔4到6小时洒水一次，至少需要持续洒水养护14天。保湿养护不仅可以避免因为混凝土水分过度蒸发而引起干缩变形，同时还能够平衡内外温度，防止混凝土出现裂缝。对于不易洒水保湿的部位（如墙体和承台侧面等），可以通过包裹密封薄膜、涂刷保湿砂浆的方式进行养护，避免干湿交替导致混凝土出现裂缝^[5]。

三、大体积混凝土施工裂缝防控策略

（一）源头防控：精细化管控原材料和配合比

精细化管控原材料和优化设计原材料配合比，可以从根源上消除产生裂缝的诱因。首先，构建完善的原材料复检机制，在水泥、骨料、粉煤灰、外加剂进入施工现场前，对其进行严格检测，杜绝不合格材料进入施工现场。对于水泥，需重点检测水化热、安定性等指标，骨料重点检测含泥量和针片状含量，外加剂重点检测缓凝时间、减水率等参数^[6]。其次，优化配合比试验，根据大体积混凝土施工环境温度、结构厚度，利用正交试验优化配

合比,在保证混凝土和易性、抗渗性与强度的基础上,最大化减少水泥的使用量,提高掺合料利用率。对于大体积混凝土施工,适宜将水胶比控制在0.35到0.45之间,水胶比过大,混凝土出现裂缝的几率也将增加。

（二）过程防控：规范施工工艺和施工流程

大体积混凝土施工过程是形成裂缝的高发期,若想有效防控裂缝的出现,需加强对施工工艺和施工流程的规范。第一,加强对混凝土浇筑工艺的规范,严格采用分段、分层、连续浇筑工艺,中途不可随意中断浇筑,避免形成施工冷缝。同时加强对振捣施工质量的控制,保证振捣的均匀性,避免出现漏振、过振的情况,提高混凝土的密实度。第二,根据 GB50496-2018《大体积混凝土施工规范》规定布设温度监测点,对于厚度在2m 以上的混凝土构件,每50 m²布设一组温度监测点,分别在混凝土底层、中层和表层布设一个监测点位。在完成混凝土浇筑施工的前7天需要每间隔2小时监测一次温度,浇筑后的7到14天每间隔4小时监测一次温度,并准确记录内外温度差和降温速率,一旦温度差超出标准或者温度下降速度过快,需要立即增加保温层厚度,以此控制温度下降速度。第三,加强对各个施工环节衔接的优化,在完成混凝土浇筑施工后,及时进行二次收面,第一次收面需要在混凝土初凝前完成,第二次收面需要在混凝土终凝前完成,以此避免混凝土表面出现塑性收缩裂缝。同时还需要通过伸缩缝、后浇带的合理设置,防止裂缝贯穿整体混凝土结构^[7]。对于超厚大体积混凝土结构,后浇带的间隔距离需控制在30m 到40m 之间,并在完成混凝土浇筑的40到60天利用后浇带浇筑一次混凝土,促进前期温度收缩应力的释放。除此之外,在进行混凝土施工的过程中不可以在早期阶段叠加荷载,当混凝土强度在设计强度70% 以下时,需要避免机械碾压、堆放材料,避免在外力的作用下导致混凝土出现结构性裂缝。

（三）环境防控：优化养护和外部环境

当外部环境温度、湿度、风速发生较大变化时,很容易导致大体积混凝土出现裂缝,环境防控施工裂缝的核心为隔绝恶劣环境的不良影响,优化养护和外部环境^[8]。夏季气温较高时,需要在混凝土施工区域搭设遮阳棚,防止混凝土直接暴晒而引发温升叠加效应。在高温大风天气需适当增加洒水频次,并通过围挡的设置实现挡风,避免混凝土表面的水分快速蒸发而形成干缩裂缝^[9]。冬季气温较低,在进行大体积混凝土施工时需对施工区域做好封闭保温处理,当环境温度在5℃以下时不可以再进行洒水养护,需要采取覆盖保温的方式加以养护,避免表层水分结冰,在冻胀的作用下引发裂缝,同时严格控制混凝土昼夜温差,防止因为夜间温度突然降低而致使混凝土温差超出标准,从而引发裂缝。雨季施工时需加强防雨排水,若在浇筑施工环节遇到小雨天气,需要及时在混凝土上方覆盖防雨布,防止因为雨水改变混凝土水胶比或者冲刷表面^[10]。

四、结束语

综上所述,在大体积混凝土施工的过程中,受原材料本身缺陷、施工工艺操作不规范、外界环境干扰、温度应力的影响,很容易产生裂缝。温控与裂缝防控是大体积混凝土施工中的两大痛点。为了有效化解这两大痛点,需通过各种温控技术的有效应用,有效控制混凝土内外温度差和降温速度,并通过精细化管控原材料和配合比,规范施工工艺和施工流程,优化养护和外部环境,以此防控裂缝的出现。未来在进行大体积混凝土施工的过程中,需紧随时代发展,通过智能化监测技术的应用,更好地保障大体积混凝土的施工质量。

参考文献

- [1] 邵立俊. 大体积混凝土施工温控裂缝防治技术 [J]. 科技创新与生产力, 2026, 47(7): 104-106.
- [2] 华晓玲. 大体积混凝土主体结构温控施工技术与管理措施 [J]. 建设机械技术与管理, 2026, 39(4): 156-158.
- [3] 李洋. 房建工程大体积混凝土施工温控及防裂技术研究 [J]. 模型世界, 2026(17): 73-75.
- [4] 邢树意, 吕玮琳, 高同斌. 建筑基坑工程中采用大体积混凝土温控施工技术的研究 [J]. 水泥, 2026(6): 114-116.
- [5] 张哲. 建筑工程大体积混凝土施工温控技术与裂缝防治 [J]. 建筑·建材·装饰, 2026(8): 94-96.
- [6] 李娟, 何颖颖, 白雪. 大体积混凝土施工温控技术与裂缝防治研究 [J]. 新疆钢铁, 2026(2): 172-174.
- [7] 韩向蕾. 大体积混凝土浇筑施工技术与裂缝控制 [J]. 四川建材, 2026, 52(7): 138-140.
- [8] 葛菲. 高层建筑超厚底板大体积混凝土裂缝控制与施工技术 [J]. 中国建筑装饰装修, 2026(13): 113-115.
- [9] 董吉亮. 大体积混凝土温控防裂技术在公路桥梁承台施工中的应用研究 [J]. 建筑与装饰, 2026, 29(4): 148-150.
- [10] 王从福. 大体积混凝土温度裂缝控制与温控措施研究 [J]. 中国建筑金属结构, 2026, 25(13): 84-86.