

# 大体积混凝土施工温控技术与裂缝控制策略分析

朱晓亮

宁夏煤炭基本建设有限公司混凝土制品公司 宁夏 银川 753001

**摘要:** 大体积混凝土在桥梁、高层建筑、水利工程等领域得到广泛应用,但由于其结构厚实、混凝土量大、工程条件复杂等特点,施工过程中易产生温度裂缝,影响结构的整体性和耐久性。本文旨在探讨大体积混凝土施工中的温控技术与裂缝控制策略,通过分析温度裂缝的成因,提出相应的控制措施,为大体积混凝土施工提供参考。

**关键词:** 大体积混凝土施工;温控技术;裂缝控制

## 引言

大体积混凝土是指构筑物中混凝土单体浇筑量大于100立方米或单个构件浇筑体积大于200立方米的混凝土。在施工过程中,由于水泥水化热产生的温度应力和收缩变形,往往导致温度裂缝的产生。温度裂缝不仅影响结构的整体性和美观性,还可能对结构的承载力和耐久性造成严重影响。因此,研究大体积混凝土施工中的温控技术与裂缝控制策略具有重要意义。

### 1 大体积混凝土温度裂缝的成因分析

#### 1.1 水泥水化热

在混凝土浇筑完成后,水泥颗粒与水发生剧烈的化学反应,这一过程中会释放出大量的水化热。对于大体积混凝土而言,其体积巨大,所需水泥用量自然颇多,这直接导致水化热产生的热量急剧增加。这些热量在混凝土内部逐渐积累,使得混凝土温度迅速上升。由于混凝土导热性能相对较差,内部热量难以迅速散发,进一步加剧了温度升高的趋势。

#### 1.2 内外温差

大体积混凝土内部由于水化热的持续作用,温度远高于外部环境温度。这种显著的温差导致混凝土内外部分产生不同的热膨胀量。内部混凝土受热膨胀,而外部混凝土受冷收缩,两者之间存在明显的变形差异<sup>[1]</sup>。这种变形差异在混凝土内部产生了较大的温度应力,当应力超过混凝土的抗拉强度时,裂缝便悄然产生。

#### 1.3 约束条件

约束条件对大体积混凝土温度裂缝的形成具有重要影响。外约束主要来源于结构物的边界条件,如基础对混凝土的固定作用、其他外界因素对混凝土变形的限制等。当混凝土内部温度发生变化时,由于外约束的存在,混凝土无法自由变形,从而产生温度应力。内约束则是由混凝土内部不同部分之间的温度差异和变形差异引起的,这种差异使得混凝土内部各部分之间相互制

约,进一步加剧了温度应力的产生。

#### 1.4 混凝土的收缩变形

在硬化过程中,混凝土会经历一系列物理和化学变化,导致体积减小。水分蒸发、水泥水化产物的体积变化以及骨料沉降等因素都会引起混凝土的收缩变形。这种变形在混凝土内部产生拉应力,当拉应力超过混凝土的抗拉强度极限时,裂缝便不可避免地产生。

## 2 大体积混凝土施工温控技术

温控技术是大体积混凝土施工中防止温度裂缝产生的关键。通过控制混凝土的温度、应力分布和变形,以减少或避免裂缝的产生。

### 2.1 原材料温度控制

原材料的温度是影响混凝土温度的重要因素。为了有效控制混凝土的温度,必须对原材料的温度进行严格控制。具体来说,水泥和矿物掺合料的出厂温度应分别控制在70℃以下和50℃以下,这是为了确保在运输和储存过程中,原材料的温度不会过高,从而避免在混凝土搅拌时产生过多的热量。而在实际使用时,水泥的温度应不超过60℃,矿物掺合料的温度则应不超过45℃,以进一步降低混凝土的水化热。粗、细骨料作为混凝土的主要组成部分,其温度控制同样重要。一般来说,粗、细骨料的使用温度宜控制在32℃以下。这可以通过选择合适的储存方式,如遮阳、喷水降温等方法来实现。此外,拌和水的温度也对混凝土的温度有着直接影响。在非冬季施工时,拌和水的温度应控制在10℃以下,以降低混凝土搅拌时的初始温度。

### 2.2 混凝土浇筑温度控制

混凝土浇筑温度是控制混凝土温度裂缝的关键环节。为了满足温控标准的要求,必须严格控制混凝土的出机口温度。在高温天气施工时,应采取一系列措施来降低出机口温度,如利用低温时段进行施工、对骨料堆场进行遮阳处理、堆高或喷淋降温、使用低温水拌和

混凝土等。这些措施可以有效降低混凝土的初始温度，从而减少水化热产生的热量。在浇筑过程中，还应采取措施提高混凝土浇筑能力，缩短混凝土的暴露和运输时间。对运输设备进行遮阳隔热降温处理，仓面喷雾等也是有效的控制手段。这些措施可以减少混凝土在运输和浇筑过程中的温度损失，确保混凝土的温度控制在合理范围内。

### 2.3 内部最高温度控制

为了降低大体积混凝土内部的最高温度，可以采取多种措施。首先，降低浇筑温度是最直接有效的方法之一。通过控制原材料的温度和浇筑时间，可以降低混凝土的初始温度，从而减少水化热产生的热量。其次，优化配合比也是降低混凝土水化热温升的重要手段。通过调整水泥、矿物掺合料、骨料和水的比例，可以降低混凝土的水化热产生量。此外，掺入水化温升抑制剂也是一种有效的控制方法。这些抑制剂可以减缓水泥的水化速度，从而降低混凝土的水化热温升。实行分层施工并严格控制分层厚度也是降低混凝土内部温度的有效手段。通过分层施工，可以使混凝土内部的热量逐渐散发，避免热量积聚导致温度过高<sup>[2]</sup>。最后，埋设水管利用通水冷却的方法也是降低混凝土内部温度的有效途径。建议采用冷却水的智能化控制系统及其设备，对混凝土降温速度、冷却水进出水温差、冷却水与混凝土内部最高温度之差以及内表温差进行精确控制，以确保混凝土的温度控制在合理范围内。

## 3 大体积混凝土裂缝控制策略

除了温控技术外，还需要采取其他措施来控制大体积混凝土的裂缝产生。

### 3.1 优化混凝土配合比配制

大体积混凝土的配合比设计是裂缝控制的关键环节。应遵循“抗裂性、抗渗性、工作性并重，各项性能均衡发展”的设计准则。在满足混凝土工作性能、力学性能及耐久性能的前提下，应尽量减少水泥用量。水泥是水化热的主要来源，减少水泥用量可以有效降低混凝土的水化热，从而减少温度裂缝的产生。具体来说，可以通过试验确定最低的水泥用量，同时保证混凝土的强度和耐久性。增加矿物掺合料的掺量也是优化配合比的重要手段。矿物掺合料如粉煤灰、矿渣粉等，不仅能替代部分水泥，减少水化热，还能改善混凝土的微观结构，提高其抗裂性能。掺入适量的矿物掺合料，可以使混凝土更加密实，减少孔隙率，从而提高其抗渗性和强度。同时，矿物掺合料还能与水泥水化产物发生二次反应，生成更多的水化硅酸钙凝胶，进一步增强混凝土的

力学性能。优化混凝土中胶凝材料和骨料的级配设计也是至关重要的。胶凝材料和骨料的级配直接影响混凝土的堆积密度和工作性能。通过合理的级配设计，可以获得最大的堆积密度，使混凝土更加密实，减少孔隙率，从而提高其抗渗性和强度。同时，良好的级配还能改善混凝土的工作性能，使其易于浇筑和振捣，减少因施工不当而产生的裂缝。具体来说，可以选择粒径较大、级配良好的骨料，并适当控制胶凝材料的用量和比例。

### 3.2 改善约束条件

约束条件是导致大体积混凝土裂缝产生的重要因素之一。通过合理的结构设计和施工安排，可以减少结构物的外约束。在混凝土浇筑前，对基础或其他外界约束进行适当的处理，如设置滑动层、弹性垫层等，以降低约束应力，减少因约束而产生的裂缝。滑动层可以采用沥青油毡、塑料薄膜等材料，设置在混凝土与基础或支座之间，使混凝土在温度变化或收缩时能够自由滑动，从而减小约束应力。此外，还可以采用分段浇筑、跳仓法施工等工艺，以减小单次浇筑的混凝土体积，降低温度应力和收缩应力。分段浇筑可以将大体积混凝土分成若干个小段，逐段进行浇筑和振捣，使每段混凝土的温度应力和收缩应力都得到有效控制<sup>[3]</sup>。跳仓法施工则是在混凝土浇筑过程中，留设一定的后浇带或施工缝，待前一段混凝土达到一定强度后，再浇筑下一段混凝土，从而减小整体混凝土的温度应力和收缩应力。

### 3.3 提高混凝土的抗裂性能

提高混凝土的抗裂性能是裂缝控制的重要手段。可以通过添加纤维材料来增强混凝土的韧性，如钢纤维、聚丙烯纤维等。这些纤维在混凝土中形成三维网络结构，能够有效地阻止裂缝的扩展和延伸。同时，纤维还能提高混凝土的抗拉强度和抗折强度，使混凝土在受到外力作用时更加不易开裂。在拌合混凝土时，掺入适量的微膨胀剂或膨胀水泥，也可以提高混凝土的抗裂性能。微膨胀剂或膨胀水泥在混凝土硬化过程中产生微膨胀，可以补偿混凝土的收缩，减少温度应力和收缩应力，从而提高其抗裂性能。但需要注意的是，微膨胀剂或膨胀水泥的掺量应适中，过多或过少都会影响混凝土的性能。

### 3.4 加强混凝土的保温与养护

混凝土浇筑完成后，应及时覆盖保湿材料，如湿麻袋、塑料薄膜等，以减少混凝土表面的水分蒸发，防止因干燥收缩而产生的裂缝。保温养护的目的是减小混凝土表面与内部温差及表面混凝土温度梯度，防止表面裂缝的发生。在常温下施工时，应覆盖保湿材料并保持湿润状态，

养护时间一般不少于7天。在负温下施工时,除覆盖保湿材料外,还应设置保温层,如草帘、棉被等,以防止混凝土受冻害而产生裂缝。同时,应根据气温变化及时调整保温措施,确保混凝土在养护过程中不受冻害。

### 3.5 设置后浇缝

当大体积混凝土平面尺寸过大时,可以适当设置后浇缝。后浇缝的设置应根据结构形式和施工条件来确定,一般设置在结构受力较小且便于施工的部位。后浇缝的宽度应根据结构跨度和温度变化等因素来确定,一般不宜小于800mm。后浇缝的留设可以减小外应力和温度应力,同时也有利于散热,降低混凝土的内部温度<sup>[4]</sup>。在后浇缝浇筑前,应将其表面清理干净,并涂刷界面剂或水泥浆,以提高新老混凝土之间的粘结力。后浇缝的浇筑时间应根据设计要求来确定,一般应在结构整体稳定后进行。

### 3.6 采用二次抹面工艺

大体积混凝土必须进行二次抹面工作,以减少表面收缩裂缝。第一次抹面应在混凝土浇筑后进行,此时混凝土表面开始出现浮浆,用木抹子或铁抹子将表面抹平压实。抹面时应注意力度均匀,避免出现过大的压力导致混凝土开裂。待混凝土初凝前,再进行第二次抹面,此时应更加细致地将表面抹平压实,消除表面气泡和孔洞。二次抹面不仅能够提高混凝土表面的密实度和光洁度,还能减少因表面收缩而产生的裂缝。同时,在抹面过程中还应注意对混凝土表面的保湿处理,防止因干燥而产生裂缝。

## 4 工程案例分析

### 4.1 工程背景

青铜峡水利枢纽位于宁夏青铜峡市黄河干流上,工程涉及大体积混凝土的施工,包括电站坝段与溢流坝段等。当地属大陆性气候,年平均气温10.2℃,月平均气温1月为-6.1℃,7月为25.4℃,年降水量208毫米,年蒸发量1500毫米以上,冬春两季大风多,最大风速22.2米/秒。

### 4.2 温控技术

#### 4.2.1 原材料选择

考虑到大体积混凝土的特点,工程选用了低热或中热水泥,这类水泥在水化过程中产生的热量相对较低,能显著降低混凝土内部的温升,减小温度应力。使用了粉煤灰、矿渣粉等掺合料,它们不仅可以改善混凝土的工作性能,还能进一步降低水化热,减缓水化反应的速度,减少热量的集中释放。

#### 4.2.2 浇筑温度控制

在混凝土浇筑前,采用冷水或加冰的方式拌和混

凝土,以降低混凝土的入模温度。使用循环水预冷骨料,进一步降低混凝土的初始温度。

#### 4.2.3 内部降温措施

在混凝土浇筑前预埋冷却水管,通过循环冷水来降低混凝土内部的温度。这种方法能够直接有效地控制混凝土内部的温升,减小温度应力。

#### 4.2.4 保温养护

混凝土浇筑完成后,及时覆盖保湿材料,如湿麻袋、塑料薄膜等,以减少混凝土表面的水分蒸发,防止因干燥收缩而产生的裂缝。在冬季施工中,采用简易暖棚法加火炉,对已浇筑的老混凝土表面用干砂、草帘保温,对新浇混凝土覆盖厚草帘保温,以减少混凝土内外温差,避免温度裂缝的产生。

## 4.3 裂缝控制策略

### 4.3.1 提高混凝土抗裂性能

通过合理调整混凝土的配合比,提高混凝土的极限抗拉强度,增强其抗裂性能。考虑在混凝土中添加钢纤维、聚丙烯纤维等材料,以增强混凝土的韧性和抗裂性能。

### 4.3.2 改善约束条件

通过合理的结构设计,减少结构物的外约束。例如,在混凝土基础与地基之间设置滑动层,以降低约束应力。采用分层浇筑技术,每层浇筑厚度控制在一定范围内,以降低混凝土内部温度峰值,减少温度梯度,从而减小温度应力。

## 结语

大体积混凝土施工中的温控技术与裂缝控制策略是一个复杂而细致的过程。通过控制原材料温度、混凝土浇筑温度、内部最高温度以及采取优化混凝土配合比、改善约束条件、提高混凝土的抗裂性能、加强混凝土的保温与养护、设置后浇缝和采用二次抹面工艺等措施,可以有效防止温度裂缝的产生,确保大体积混凝土结构的整体性和耐久性。在实际工程中,应根据具体情况选择合适的控制措施并结合多种方法进行综合治理,以达到最佳效果。

## 参考文献

- [1]元光能.超高层建筑大体积混凝土施工温控技术优化研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(03):71-73.
- [2]王习辉,王涛.建筑工程大体积混凝土温控措施及施工技术的探讨[J].陶瓷,2024,(03):228-230.
- [3]刘耀全,朱世博,周鸿泉.大体积混凝土施工裂缝成因及控制[J].产品可靠性报告,2025,(02):142-144.
- [4]闰生,郭松硕,马高.大体积混凝土施工裂缝产生机理分析与控制措施[J].建筑机械化,2025,46(01):50-53.