

水利工程大体积混凝土温控防裂技术探讨

张 新

江苏省水利建设工程有限公司 江苏 扬州 225000

摘 要：大体积混凝土作为建筑工程中不可或缺的一部分，因其独特的物理特性和施工要求而备受关注。在施工过程中，大体积混凝土的温度控制是一个关键环节，尤其是水泥水化热以及体积变形问题的处理至关重要。本文介绍了大体积混凝土的定义，随后深入分析了其温控问题，包括温度产生的原因、温度应力的形成、温度场的分布以及温控指标。详细探讨了水利工程中温控防裂技术的应用，以期为大体积混凝土的施工和质量控制提供有益的参考。

关键词：水利工程；大体积混凝土；温控防裂技术

引言：大体积混凝土结构的稳定性和耐久性大大降低了结构的使用寿命，本文深入探讨了大体积混凝土的定义，并进行了温控分析，涵盖了大体积混凝土温度产生的原因、温度应力的形成、温度场的分布以及温控指标。针对水利工程中大体积混凝土的温控防裂，详细介绍了冷却水管技术、保温保湿养护技术、优化混凝土配合比、预埋温度传感器监测技术、分层分段浇筑技术以及设置后浇带等有效措施。这些技术的应用旨在有效控制大体积混凝土的温度变化，防止裂缝的产生，确保混凝土的质量和结构安全性。

1 大体积混凝土的定义

大体积混凝土，顾名思义，是指那些体积较大，且在施工和硬化过程中需要特别考虑水泥水化热以及体积变形问题的混凝土类型。这类混凝土的特点在于其结构尺寸显著，通常最小边的尺寸不小于1米，并且其总体积超过400立方米；由于其独特的物理特性和施工要求，大体积混凝土在建筑工程中扮演着重要的角色。在实际工程中，大体积混凝土的应用十分广泛，可以根据具体的工程需求和用途进行分类；例如，在水利工程中，坝体混凝土就是一种典型的大体积混凝土，它要求具有高强度和耐久性，以抵御水流的冲刷和侵蚀。而在高层建筑或大型基础设施的建设中，基础底板混凝土则是另一种常见的大体积混凝土，它需要承受巨大的荷载，并确保建筑物的稳定性。此外，桥墩混凝土也是大体积混凝土的一种，它要求既坚固又稳定，以确保桥梁的安全通行。

2 大体积混凝土的温控分析

2.1 温度产生的原因

在大体积混凝土的施工与养护过程中，温度的产生是一个不可忽视的关键因素，其中水泥水化热是导致混凝土内部温度升高的主要原因；在混凝土拌合过程中，水泥与水发生化学反应，这一过程中会释放出大量的热

量。这些热量在混凝土内部逐渐积聚，由于混凝土的导热性能相对较差，热量不易散发，从而导致混凝土内部温度迅速上升，特别是在混凝土浇筑后的初期，这种温度上升现象尤为明显，对混凝土的性能和结构的稳定性产生重要影响。水泥水化热的产生是一个复杂的过程，它受到多种因素的影响，包括水泥种类、掺合料、配合比以及环境温度等。不同类型的水泥，其水化热释放量也有所不同；例如，某些高标号水泥的水化热释放量相对较高，而低标号水泥则相对较低。此外，掺合料的种类和掺量也会对水化热产生影响；例如，掺加粉煤灰等掺合料可以有效地降低水泥用量，从而减少水化热的释放量。

2.2 温度应力的形成

大体积混凝土在温度变化过程中会产生温度应力，这对混凝土的结构安全性和耐久性构成威胁。在升温阶段，混凝土体积膨胀受到约束会产生压应力；而在降温阶段，体积收缩受到约束则会产生拉应力。这种由于温度变化引起的应力称为温度应力，当温度应力超过混凝土的抗拉强度时，就会产生裂缝，对大体积混凝土的结构造成损害。温度应力的形成与混凝土的物理性质、温度变化幅度以及约束条件密切相关，混凝土的物理性质，如导热性能、热胀冷缩系数等，都会影响温度应力的产生。温度变化幅度越大，产生的温度应力也越大；此外，约束条件也是影响温度应力的重要因素，如果混凝土受到较强的约束，如基础、边墙等，那么产生的温度应力也会相应增大。

2.3 温度场的分布

大体积混凝土内部温度场分布不均匀是一个普遍存在的问题，一般来说，混凝土中心温度最高，向表面逐渐降低，这种温度分布的不均匀性是由于混凝土内部热量积聚和表面散热条件差异造成的。表面与外界环境接

触, 散热较快, 而内部由于热量积聚, 温度较高, 进而引发裂缝等质量问题, 为了控制大体积混凝土内部的温度场分布, 可以采取一系列措施: (1) 预埋冷却水管是一个有效的手段。通过在混凝土内部预埋冷却水管, 并通过循环水带走混凝土内部的热量, 可以有效地降低中心温度, 使温度场分布更加均匀。(2) 覆盖保温材料也是一个有效的方法。在混凝土浇筑后, 及时覆盖保温材料可以减少表面散热, 提高表面温度, 从而减小温度梯度。(3) 加强监测与调控也是控制温度场分布的重要措施, 通过预埋温度传感器等手段, 可以实时监测混凝土内部的温度变化, 及时发现并处理温度异常问题, 确保混凝土内部温度场的均匀分布。

2.4 温控指标

大体积混凝土的温控指标是确保混凝土质量和结构安全性的重要依据, 通常包括混凝土的浇筑温度、混凝土内部的最高温度、混凝土内外温差以及降温速率等, 这些指标对于控制混凝土的温度变化、防止裂缝产生具有重要意义。混凝土的浇筑温度不宜高于 28°C , 以避免过高的初始温度导致后续温度升高过快; 混凝土内部的最高温度不宜超过 75°C , 以防止高温对混凝土性能造成不利影响; 混凝土内外温差不宜超过 25°C , 以减少温度梯度引起的温度应力; 降温速率不宜大于 $2.0^{\circ}\text{C}/\text{d}$, 以防止降温过快导致混凝土产生收缩裂缝^[1]。为了满足这些温控指标, 需要在施工过程中采取一系列措施; 例如, 在浇筑前对混凝土进行预冷处理, 降低浇筑温度; 在浇筑过程中采取分层浇筑、振捣密实等措施, 减少热量积聚; 在浇筑后加强养护管理, 控制降温速率等。

3 水利工程大体积混凝土的温控防裂技术分析

3.1 冷却水管技术

冷却水管技术是一种在大体积混凝土内部铺设冷却水管, 并通过循环冷水来降低混凝土内部温度的方法: (1) 在水利工程中有着广泛的应用, 特别是在大型桥梁的桥墩施工中。通过在墩身内预埋冷却水管, 在混凝土浇筑后通入冷水进行循环, 可以有效地控制混凝土因水化热产生的温度升高, 从而减少裂缝的出现。(2) 冷却水管技术的关键在于水管的布置和冷水的循环控制, 水管应均匀布置在混凝土结构内部, 通常按照预定的图案或网格进行铺设, 以确保整个混凝土结构都能得到均匀的冷却效果。(3) 水管的材质和直径也需要根据具体的工程要求和条件进行选择, 以确保其能够承受混凝土的压力和温度, 保持长期的稳定运行。(4) 在冷水循环方面, 需要确保冷水能够顺畅地流入和流出水管, 以带走混凝土内部的热量。为此, 需要设置合适的进水口和出水口, 并保持

水管的清洁和畅通, 避免堵塞或漏水等问题的发生; 此外, 还需要根据混凝土的温度和降温速率来调整冷水的流量和温度, 以达到最佳的降温效果。

3.2 保温保湿养护技术

保温保湿养护技术是在混凝土浇筑完成后, 及时覆盖保温材料并进行洒水保湿养护的方法。这种技术可以减缓混凝土表面的水分蒸发速度, 保持混凝土表面的湿度和温度, 避免因表面干缩而产生裂缝。在水利工程中, 这种技术常用于混凝土路面、堤防等结构的施工; 例如, 在混凝土路面施工中, 会在浇筑后覆盖塑料薄膜并定期洒水, 以保持混凝土表面的湿润和温度稳定。这种养护技术可以有效地防止混凝土表面因干缩而产生的裂缝, 提高混凝土的耐久性和使用寿命, 保温材料的选择和使用也是保温保湿养护技术的关键。常用的保温材料包括塑料薄膜、草帘、棉被等, 这些材料可以有效地减缓混凝土表面的热量散失和水分蒸发速度^[2]。在使用时, 需要将保温材料紧密地覆盖在混凝土表面, 并确保其能够覆盖整个混凝土表面, 避免出现局部裸露或覆盖不严的情况, 洒水保湿也是保温保湿养护技术的重要一环, 通过定期洒水, 可以保持混凝土表面的湿润状态, 避免因表面干燥而产生的裂缝。

3.3 优化混凝土配合比

优化混凝土配合比是从材料角度出发, 通过选用低热水泥、减少水泥用量、掺入适量的粉煤灰等矿物掺合料来降低混凝土的水化热。合理控制骨料的级配和砂率, 以提高混凝土的和易性和抗裂性能, 在大体积混凝土中, 增加粉煤灰的掺量可以显著降低混凝土的水化热, 从而减少温度裂缝的产生。粉煤灰是一种具有火山灰活性的混合材料, 它可以替代部分水泥, 减少水泥用量, 从而降低混凝土的水化热; 粉煤灰还可以改善混凝土的和易性, 提高混凝土的抗裂性能。优化混凝土配合比需要根据具体工程的要求和条件进行试验和研究, 以确定最佳的配合比方案; 在试验过程中, 需要考虑混凝土的强度、耐久性、和易性等多个因素, 并综合比较不同配合比方案的优缺点, 选择最适合工程要求的配合比方案。在实际应用中, 优化混凝土配合比可以有效地降低混凝土的水化热, 减少温度裂缝的产生; 并且, 由于优化了混凝土的配合比, 还可以提高混凝土的强度和耐久性, 延长混凝土的使用寿命。

3.4 预埋温度传感器监测技术

预埋温度传感器监测技术是在混凝土中预埋温度传感器, 实时监测混凝土内部的温度变化。这种技术可以准确地掌握混凝土内部温度的峰值和降温速率, 从而及

时调整养护措施和施工工艺，防止裂缝的产生。在水利工程中，这种技术常用于高层建筑的基础底板、大坝等结构的施工；通过温度传感器的监测数据，施工人员可以及时了解混凝土内部的温度状况，并采取相应的措施进行控制，以确保混凝土的质量和安全性。温度传感器的选择和布置也是预埋温度传感器监测技术的关键，常用的温度传感器包括热电偶、热敏电阻等，这些传感器具有高精度、高稳定性等特点，可以准确地测量混凝土内部的温度^[3]。在布置时，需要将温度传感器均匀地布置在混凝土结构内部，并确保其能够覆盖整个混凝土结构，以实现对其内部温度的全面监测。在实际应用中，预埋温度传感器监测技术可以有效地监测混凝土内部的温度变化，及时发现并处理温度异常问题；然而，需要注意的是，在混凝土浇筑和养护过程中，需要密切监测温度传感器的工作状态，及时发现并处理任何问题，以确保其长期的稳定运行和有效性。

3.5 分层分段浇筑技术

分层分段浇筑技术是将大体积混凝土或大面积混凝土结构分成若干层或段进行浇筑的方法，这种技术可以减小混凝土单次浇筑的体积，降低水化热的积聚，从而减少温度应力。（1）在水利工程中，这种技术常用于大型水池、堤防等结构的施工。通过分层分段浇筑，可以有效地控制混凝土的温度变化，减少裂缝的产生，这种技术还可以提高混凝土的施工效率和质量。（2）在分层分段浇筑过程中，需要注意以下几点：第一，要合理规划浇筑层和段，确保每层或段的混凝土体积适中，便于施工和养护；第二，要控制每层或段的浇筑厚度和时间，避免过厚或过快的浇筑导致温度应力过大；第三，要加强浇筑层和段之间的结合和养护，确保整个混凝土结构的完整性和稳定性。

3.6 设置后浇带

设置后浇带是在混凝土结构中预留后浇带，待混凝土早期收缩完成后再进行浇筑的方法。后浇带可以有效地释放混凝土的收缩应力，减少裂缝的产生。这种技术在水利工程中常用于超长的混凝土建筑物，如大型厂房、长堤等。通过设置后浇带，可以将混凝土结构分成若干段进行浇筑和养护，从而减少因混凝土收缩而产生的裂缝。后浇带的设置还可以提高混凝土结构的整体性和稳定性，在后浇带的设置和浇筑过程中，需要注意以下几点：（1）要合理确定后浇带的位置和宽度，确保其能够有效地释放混凝土的收缩应力；（2）要加强后浇带两侧的支撑和养护，避免在浇筑过程中出现位移或变形；（3）要在后浇带浇筑前对其进行清理和处理，确保浇筑质量^[4]。

结语：综上所述，大体积混凝土在建筑工程中扮演着举足轻重的角色，但其温控问题也是不容忽视的挑战。本文通过对大体积混凝土的定义、特点以及温控问题的深入分析，进一步探讨了水利工程中大体积混凝土的温控防裂技术；这些技术的应用对于有效控制混凝土的温度变化、防止裂缝的产生、确保混凝土的质量和结构安全性具有重要意义。在未来的研究中，我们还应继续关注大体积混凝土温控技术的创新与发展，以期为建筑工程的质量提升和可持续发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1]先杰.大体积混凝土温控分析及防裂技术措施[J].珠江水运,2021(14):2.
- [2]段先军,贾福杰,李长成.大体积混凝土温度控制关键技术[J].建筑技术,2018,49(09):25-27.
- [3]熊良贵.大体积混凝土温控防裂措施在道桥工程中的应用[J].黑龙江交通科技,2020,43(04):110-111.
- [4]熊玉荣.大体积混凝土温控防裂技术的研究与应用[J].门窗,2019,168(12):272+274.