

碾压混凝土坝在寒冷地区施工中的保温措施探讨

朱江旭

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 本文旨在探讨碾压混凝土坝在寒冷地区施工过程中的保温措施,通过理论分析与实践经验的总结,提出一系列有效的保温策略,以确保坝体在低温环境下的施工质量与安全。文章将从保温材料的选择、施工方法、温控监测以及应急预案等方面进行详细阐述,为寒冷地区碾压混凝土坝的施工提供理论指导和技术支持。

关键词: 碾压混凝土坝; 寒冷地区; 保温措施

引言

寒冷地区的气候条件对碾压混凝土坝的施工提出了严峻挑战,低温环境不仅影响混凝土的凝结硬化过程,还易导致坝体开裂,严重影响工程质量和安全。因此,采取科学合理的保温措施是确保寒冷地区碾压混凝土坝顺利施工的关键。

1 碾压混凝土坝在寒冷地区施工面临的挑战

1.1 温度控制难题

寒冷地区气温波动幅度大,极端最低气温可达零下几十度。这种极端温差对混凝土坝体的影响尤为显著。坝体内部混凝土由于散热慢,长期处于较高温度状态,而外部环境温度极低,导致坝体内外温差巨大,容易产生裂缝,对坝体的整体性和稳定性构成威胁^[1]。在低温环境下,混凝土的凝结和硬化过程受到严重阻碍,强度增长缓慢。若温度过低,混凝土的硬化过程甚至可能完全停止,这将严重影响坝体的整体性能和承载能力。

1.2 施工难度增加

为确保混凝土在低温环境下能够正常凝结和硬化,必须采取一系列复杂的保温措施。这些措施包括搭设暖棚、加热骨料、使用保温材料等,不仅大幅增加了施工成本,还显著提高了施工的复杂性和难度。寒冷地区的低温环境对施工进度造成了严重限制。由于施工期通常较短,施工单位需要在有限的时间内完成大量工作,这对施工进度管理提出了极高的要求。同时,低温环境还可能导致施工中断,进一步加剧了进度控制的难度。

1.3 质量控制与安全风险

在寒冷地区,碾压混凝土坝施工中裂缝问题尤为突出。裂缝的产生不仅破坏了坝体的美观性,还可能引发渗漏、冻融破坏等严重后果,对工程质量构成严重威胁。因此,裂缝控制成为寒冷地区碾压混凝土坝施工中的一项重要挑战。低温环境下,混凝土极易发生冻融破坏。这种破坏会导致坝体表面剥落、内部疏松等问题,

严重影响坝体的安全性和耐久性。为应对这一挑战,施工单位需要采取有效措施提高混凝土的抗冻性,并加强坝体的保温和防护工作。

2 碾压混凝土坝在寒冷地区施工中的保温措施

2.1 保温材料的选择

2.1.1 常用保温材料分析

在寒冷地区,碾压混凝土坝施工中常用的保温材料主要包括聚苯乙烯泡沫板(XPS)、聚氨酯硬质泡沫、岩棉板等。这些材料因其出色的保温隔热性能而被广泛选用。聚苯乙烯泡沫板(XPS)具有高热阻、低吸水率、良好的抗压强度和尺寸稳定性,能有效减少坝体与外界环境的热交换,防止热量过快散失。聚氨酯硬质泡沫则以其优异的保温性能和强度著称,适用于各种复杂形状的坝体保温。岩棉板则以其良好的防火性能和保温性能,在寒冷地区的坝体保温中发挥着重要作用。

2.1.2 材料选择原则

在选择保温材料时,需要综合考虑多个因素以确保材料的适用性和有效性。首先,保温性能是首要考虑的因素,材料应具有低热导率,能有效阻挡外界冷空气的侵入,保持坝体内部的温度稳定。其次,力学性能也很重要,材料应具有一定的抗压、抗拉强度,以承受施工过程中的各种应力和变形。耐候性也是一个不可忽视的因素,材料应能抵御寒冷地区恶劣的气候条件,如低温、风雪等,保持长期的保温效果。此外,施工便捷性和经济性也是选择保温材料时需要考虑的因素。材料应易于加工、安装和拆卸,以适应坝体施工的复杂性和多变性。同时,材料的价格也应合理,以降低工程的整体成本。最后,根据具体工程的气候条件、坝体结构特点等因素进行定制化选择也是至关重要的。不同工程所处的气候条件、坝体规模和形状都可能有所不同,因此需要根据实际情况选择最适合的保温材料,以确保坝体在寒冷地区的施工质量和长期性能。

2.2 保温施工方法

2.2.1 坝面保温措施

① 上游面保温

上游面作为坝体直接暴露于外界环境的一面，其保温防渗性能尤为关键。常用的保温防渗结构型式包括“聚氨酯防渗涂层（厚2mm）+粘贴XPS板（厚10cm+防腐面漆）”。具体施工步骤如下：首先，在大坝上游面均匀涂刷一层厚2mm的聚氨酯防渗涂层。这层涂层不仅具有良好的防渗性能，还能在一定程度上提高坝面的保温效果。待聚氨酯防渗涂层干燥后，采用专用胶粘剂将厚10cm的XPS板粘贴于坝面上。XPS板应紧密贴合坝面，无空鼓、翘曲现象。粘贴完成后，在XPS板表面涂刷一层防腐面漆，以增强其耐久性和抗老化性能。

② 下游面保温

下游面的保温措施主要侧重于提高坝体表面的抗裂性能和保温效果。常用的保温结构型式包括“粘贴XPS板（厚10cm）+外涂防裂聚合物砂浆+耐碱网格布”。具体施工步骤如下：与上游面相同，首先在大坝下游面粘贴厚10cm的XPS板。在XPS板表面均匀涂抹一层防裂聚合物砂浆。这层砂浆应具有良好的黏结性、抗裂性和耐候性，以有效防止坝体表面裂缝的产生。在防裂聚合物砂浆未完全干燥前，铺设一层耐碱网格布。网格布应紧密贴合砂浆层，无褶皱、脱落现象。网格布的铺设可进一步增强坝体表面的抗裂性能。

2.2.2 越冬面保温措施

在越冬期间，为防止坝体因低温而受损，需在越冬面采取多层保温措施。具体施工步骤如下：首先在越冬面铺设一层厚0.6mm的塑料薄膜，以起到初步的保湿和隔离作用。在塑料薄膜上依次铺设两层2cm厚的聚乙烯保温被和多层（如13层）每层2cm厚的棉被。这些保温材料应紧密叠放，无缝隙，以确保良好的保温效果。在保温被顶部铺设一层三防帆布，以防风、防雨、防雪。在越冬面上下游侧设置沙袋防风墙，高度通常为1m，宽度0.8m。这有助于减少侧面进风对坝体保温效果的影响^[2]。在保温被周边及越冬面以下一定范围内（如2.6m）喷涂厚10cm的聚氨酯硬质泡沫。这层泡沫不仅具有优异的保温性能，还能增强坝体的整体保温效果。

2.2.3 混凝土拌和系统保温

为确保混凝土在浇筑前保持适宜的温度，需要对混凝土拌和系统采取保温措施。具体施工步骤如下：在拌和前，对水泥、砂石骨料等原材料进行加热处理。加热方式可采用热水拌和、加热砂石骨料等。加热温度应根据实际气温和混凝土出机温度要求进行调整。在施工现

场搭建暖棚，利用锅炉供热或暖风机进行棚内加热。暖棚应具有良好的保温性能，以确保棚内温度满足混凝土拌和的需要。在拌和系统运行过程中，应实时监控混凝土出机温度、原材料温度以及棚内温度等关键参数。一旦发现温度异常波动，应及时采取措施进行调整，以确保混凝土质量稳定可靠。

2.3 温控监测与反馈

2.3.1 温控监测系统的建立

为确保寒冷地区碾压混凝土坝施工过程中的温度得到有效控制，需建立全面的温控监测系统。这一系统涵盖坝体内部和表面的温度监测，通过布置永久监测仪器和临时监测仪器，实现坝体温度分布情况的实时监测。在坝体内部，根据坝体结构和施工特点，选取关键部位布置测温电缆、热电偶等永久监测仪器。这些仪器能够长期监测坝体内部温度变化情况，为评估坝体温度稳定性和温控效果提供重要数据。同时，在坝体表面，利用红外测温仪、温度传感器等临时监测仪器，实时监测表面温度分布情况，确保温控措施的有效实施。温控监测系统还配备专业的数据采集和分析软件，对监测数据进行实时采集、传输和处理。通过数据分析，可以及时了解坝体温度变化情况，包括温度梯度、温度变化速率等关键参数。这些数据为温控措施的调整提供了科学依据，确保坝体在施工过程中处于适宜的温度状态^[3]。此外，温控监测系统还具备报警功能。当坝体温度超出预设范围时，系统会自动发出报警信号，提醒施工人员及时采取措施进行调整。这有助于防止因温度过高或过低而导致的坝体裂缝、冻融破坏等问题，确保坝体的整体性能和安全性。

2.3.2 反馈机制与调整策略

在寒冷地区碾压混凝土坝的施工过程中，温控监测结果的反馈机制与调整策略至关重要。这一机制确保了施工团队能够根据实时监测数据迅速作出决策，以维护坝体的温度稳定性和整体质量。温控监测系统定期提供坝体内部和表面的温度数据，这些数据经过专业分析后，用于评估当前保温措施的有效性。一旦发现温度异常，如温度过高或过低，或者温度梯度过大，系统立即触发反馈机制。根据温控监测的反馈，施工团队会迅速制定并实施调整策略。这可能包括增加保温层的厚度，以更好地隔绝外界低温环境，减少热量散失。或者，调整浇筑时间，避免在极端低温条件下进行混凝土浇筑，以防止混凝土因温度过低而停止硬化。此外，调整策略还可能涉及改变混凝土的配合比，使用具有更高抗冻性能的混凝土材料，或者加强坝体表面的防护，以防止冻

融破坏。所有这些措施都是为了确保坝体温度保持在安全范围内,从而保障坝体的整体性能和长期稳定性。同时,施工进度也需要根据温控监测结果进行灵活调整。在低温条件下,混凝土的凝结和硬化速度减慢,因此可能需要延长相邻浇筑层之间的间隔时间,以确保每层混凝土都能够充分硬化,达到设计要求的强度。

2.4 应急预案的制定

2.4.1 极端天气应对预案

针对寒冷地区可能出现的极端低温天气,为确保碾压混凝土坝施工的顺利进行,必须制定详细且专业的应急预案。该预案应涵盖多个方面,以确保在极端天气条件下工程能够持续、稳定地进行。首先,提前储备足够的保温材料是至关重要的。根据历史气象数据和工程需求,应预估所需保温材料的数量和类型,并在极端天气来临前进行充足储备。这包括聚苯乙烯泡沫板、聚氨酯硬质泡沫、岩棉板等高效保温材料,以及塑料薄膜、聚乙烯保温被和棉被等多层保温材料。其次,加强施工现场的保温措施也是预案的关键部分。除了常规的坝面保温和越冬面保温措施外,还应考虑在极端天气下增设临时保温设施,如搭建保温棚、设置挡风墙等。同时,应对施工现场的保温效果进行定期检查和评估,确保保温措施的有效性。此外,调整施工进度计划也是应对极端天气的重要策略。在极端低温天气下,混凝土的凝结和硬化速度会减慢,因此可能需要延长相邻浇筑层之间的间隔时间。施工团队应根据实时气象数据和温控监测结果,灵活调整施工进度计划,以确保每层混凝土都能够充分硬化,达到设计要求的强度。

2.4.2 裂缝预防措施

在寒冷地区碾压混凝土坝的施工过程中,裂缝的预防是至关重要的。为了有效减少裂缝的产生,需要采取一系列具体的技术措施。首先,优化混凝土配合比是减少裂缝的关键。通过调整水泥、水、骨料和外加剂的比例,可以降低混凝土的水化热温升,从而减少因温度变

化引起的裂缝。特别是降低水泥用量,选择低热水泥品种,并适当增加骨料用量,都可以有效降低混凝土的温度应力。其次,掺加外加剂也是预防裂缝的有效手段。外加剂可以改善混凝土的工作性能,提高其抗裂性。例如,掺加适量的缓凝剂可以延长混凝土的凝结时间,减少因施工操作过快而引起的裂缝^[4]。同时,掺加引气剂可以改善混凝土的内部结构,提高其抗渗性和抗裂性。除了优化配合比和掺加外加剂外,还可以在坝体易裂部位设置预留缝或铜止水等结构措施。预留缝可以在坝体受力时起到缓冲作用,分散内部应力,防止裂缝的产生。而铜止水则是一种常用的止水材料,具有良好的抗裂性和耐久性,可以有效防止坝体渗漏和裂缝的扩展。

结语

寒冷地区碾压混凝土坝的施工保温措施是确保工程质量与安全的重要环节。通过科学合理的保温材料选择、精细化的施工方法、全面的温控监测与反馈机制以及完善的应急预案制定,可以有效应对寒冷地区的气候挑战,确保碾压混凝土坝的顺利施工与长期安全运行。未来,随着新材料、新技术的不断涌现和应用实践的不断积累,寒冷地区碾压混凝土坝的保温施工技术将不断完善和发展。

参考文献

- [1]李阳,邱居华,秦仕福.严寒地区碾压混凝土坝临时保温措施优化仿真[J].广东水利水电,2024,(04):14-19.
- [2]刘秀军.寒冷地区碾压混凝土重力坝温控防裂研究[J].四川水利,2023,44(04):98-100.
- [3]杨宁安.高海拔寒冷地区碾压混凝土筑坝温控防裂技术[C]//中国大坝工程学会.水库大坝智慧化建设与高质量发展.华电西藏能源有限公司大古水电分公司; 2023:5.
- [4]何邦旭,沈国武,熊涛.高海拔寒冷地区碾压混凝土大坝温控施工技术研究[J].中国水能及电气化,2023,(02):24-29.