

混凝土重力坝关键部位温控防裂探讨

胡轶敏

浙江兴亚工程管理有限公司 浙江 金华 321000

摘要：本文深入探讨了混凝土重力坝在建设 and 运行过程中面临的温度裂缝问题，分析了裂缝形成的主要原因，并提出了针对性的温控防裂措施。通过优化混凝土浇筑控制、混凝土材料选择与配比、运输与浇筑温度控制、冷却通水设计与管理以及表面保护措施，可以有效控制混凝土重力坝的温度应力，减少裂缝的产生，确保大坝的长期稳定运行。

关键词：混凝土重力坝；温控防裂；浇筑控制；材料配比；冷却通水

引言：混凝土重力坝作为水利工程中的重要结构形式，其稳定性和安全性至关重要。由于混凝土材料的特性和施工过程中的温度变化，重力坝易产生温度裂缝，影响大坝的整体性能和使用寿命。对混凝土重力坝关键部位的温控防裂措施进行研究具有重要意义。

1 混凝土重力坝的特点

1.1 地质地形适应性强

混凝土重力坝的设计与建造，充分考虑了不同地质地形条件的差异性。无论是坚硬的山体岩石，还是相对松软的河床淤积层，重力坝都能通过合理的基础处理和结构设计来适应。其自重产生的巨大压力，能够有效抵抗地基的不均匀沉降和侧滑，确保大坝的稳定性。在复杂多变的地质环境中，如地震多发区、岩溶发育地带，混凝土重力坝凭借其强大的自稳能力和良好的抗震性能，成为了首选的坝型。重力坝还能根据地形特点，灵活调整坝体形状和高度，以最优的方式满足蓄水、泄洪等需求，展现出极强的地形适应性。

1.2 泄洪能力强

泄洪是混凝土重力坝的重要功能之一。重力坝通常设有多个泄洪设施，如溢洪道、泄洪孔等，这些设施的设计充分考虑了洪水的峰值流量和持续时间，确保在极端天气条件下，能够迅速、安全地排泄多余的洪水，保护下游地区免受洪水灾害。重力坝之所以拥有强大的泄洪能力，主要是因为其坝体设计厚重，能够稳稳承受高速水流带来的巨大冲击力。泄洪设施的优化设计也发挥了关键作用，如采用宽顶堰、实用堰等高效堰型，并合理布局泄洪孔，这些措施共同提高了泄洪的效率和安全性。在洪水期间，重力坝就像一道坚固的防线，守护着下游人民的生命财产安全。

1.3 结构简单，施工便利

相比于其他类型的坝体，混凝土重力坝的结构相对

简单，主要由坝体、泄洪设施、防水设施等组成^[1]。这种简单的结构形式，不仅便于设计和计算，也大大简化了施工过程。重力坝的施工通常采用分层浇筑的方法，即按照设计高度将坝体分为若干层，逐层浇筑混凝土，待下层混凝土凝固后，再进行上一层的浇筑。这种施工方法不仅提高了施工效率，还保证了坝体的整体质量。重力坝的施工对材料、设备的要求相对较低，易于就地取材，降低了建设成本，使得重力坝在广大地区都能得到广泛应用。

1.4 主体结构耐久，维修方便

混凝土重力坝的主体结构由高强度混凝土筑成，这种材料具有良好的耐久性和抗侵蚀性。在长期使用过程中，即便面临水流冲刷、风化作用等自然力的持续影响，重力坝也能始终保持其结构完整性，确保大坝的安全稳定运行。重力坝的维修工作也相对简便。由于其结构设计简洁明了，易于进行定期检查和维修。一旦发现大坝存在损坏或老化部位，可以迅速定位并及时进行修复或更换，有效避免了因小损伤而引发大灾难的风险。值得一提的是，重力坝的设计还充分考虑了长期运行中可能出现的各种变化，如沉降、裂缝等。通过实施合理的监测和维护措施，可以确保大坝在长期运行过程中始终保持稳定可靠。

2 混凝土重力坝裂缝形成的主要原因

2.1 坝体基础温度差异

混凝土重力坝的建设往往跨越复杂多变的地质层，这些地质层在热学性质上存在显著差异。坝体基础，作为支撑整个大坝重量的关键部分，其温度状态对大坝的稳定性至关重要。在混凝土浇筑过程中，由于水泥水化热的释放，坝体内部温度会逐渐升高，而基础部分的温度则相对稳定，甚至可能由于地下水流的冷却作用而保持较低温度。这种坝体与基础之间的温度差异，导致了

两者在热膨胀系数上的差异。当温度变化时,坝体混凝土因热胀冷缩而产生应力,而基础岩石的热胀冷缩程度较小,甚至可能几乎不变。这种应力差异在坝体与基础的接触面上形成了剪切应力,当剪切应力超过混凝土的抗拉强度时,裂缝便应运而生。坝体基础中的裂隙、软弱夹层等地质缺陷,也可能成为裂缝发展的“温床”。这些缺陷在温度应力的作用下,更容易发生扩展,进而导致大坝整体结构的稳定性受到威胁。在重力坝的设计与施工过程中,必须充分考虑坝体基础的热学性质,采取必要的措施来减小温度差异,如设置冷却水管、采用低热硅酸盐水泥等,以确保大坝的长期稳定运行。

2.2 坝体上层与下层温度差异

混凝土重力坝在浇筑过程中,由于分层施工的特点,上层混凝土与下层混凝土之间的温度差异也是裂缝形成的主要原因之一。在浇筑上层混凝土时,下层混凝土已经经历了一段时间的硬化和温度变化,其温度可能已经相对较低。而新浇筑的上层混凝土则由于水泥水化热的释放,温度迅速升高。这种上下层之间的温度差异,导致了两层混凝土在热膨胀和收缩上的不同步,进而产生了层间拉应力。当这种层间拉应力超过混凝土的抗拉强度时,裂缝就会在层间界面处形成^[2]。这些裂缝可能沿着浇筑层的分界面发展,也可能穿透混凝土层,形成贯穿性裂缝。为了减小上层与下层之间的温度差异,施工过程中可以采取一系列措施,如控制浇筑温度、采用低热水泥、合理安排浇筑顺序等。在坝体设计中也应考虑温度应力的影响,设置适当的温度缝或伸缩缝,以吸收和释放温度应力,减少裂缝的产生。

2.3 坝体内部与外部温度差异

混凝土重力坝作为露天建筑物,其内部温度受水泥水化热、外界气温变化等多种因素的影响,而外部温度则主要受季节变化、日照、风速等自然条件的支配。这种内外温度差异,导致坝体混凝土在热膨胀和收缩上产生不均匀变形,进而在坝体表面和内部产生温度应力。在夏季高温时,坝体表面受到强烈的日照和高温气流的作用,温度迅速升高,而内部混凝土由于热传导的滞后性,温度上升较慢。这种内外温度差异导致坝体表面产生拉应力,当拉应力超过混凝土的抗拉强度时,表面裂缝就会形成。在冬季低温时,坝体表面温度迅速下降,而内部混凝土温度下降较慢,这种内外温度差异又会导致坝体表面产生压应力,虽然压应力一般不会直接导致裂缝的产生,但可能加剧已有裂缝的扩展。为了减小坝体内部与外部的温度差异,可以采取一系列措施,如设置保温层、采用遮阳设施、合理安排施工时间等。在坝

体设计中也应考虑温度应力的影响,通过合理的结构设计和配筋来增强坝体的抗裂性能。

3 混凝土重力坝关键部位温控防裂措施

3.1 混凝土浇筑控制

混凝土浇筑是混凝土重力坝施工中的核心环节,其质量控制直接关系到大坝的整体性能。为了有效控制混凝土的温度应力和减少裂缝的产生,分层浇筑成了一项必不可少的工艺。分层浇筑的原理在于,将混凝土按照一定的厚度分层浇筑,使得每一层混凝土在硬化过程中产生的温度应力能够得到相互抵消,从而减少裂缝的形成。分层浇筑还能够确保混凝土在浇筑过程中的均匀性,提高大坝的整体质量。在分层浇筑的过程中,浇筑高度的控制同样至关重要。过高的浇筑高度会导致混凝土内部的温度梯度过大,进而产生较大的温度应力。在施工过程中,必须根据混凝土的性能、外界环境温度以及施工工艺等因素,合理确定每一层混凝土的浇筑高度,以确保混凝土内部的温度分布均匀,减少温度应力的产生。浇筑间隙时间的调整也是温控防裂措施中的重要一环。合理的浇筑间隙时间能够使得下层混凝土在硬化过程中产生的热量有足够的时间散发出去,从而降低下层混凝土的温度,减小上下层之间的温度差异^[3]。浇筑间隙时间还能够使得下层混凝土形成一定的强度,为上层混凝土的浇筑提供稳定的支撑。在施工过程中,必须密切关注混凝土的温度变化,根据实际情况调整浇筑间隙时间,确保混凝土重力坝的浇筑质量。

3.2 混凝土材料选择与配比优化

混凝土材料的选择与配比优化是控制混凝土温度应力和减少裂缝产生的关键手段。在水泥的选择上,应优先选用低水化热水泥。低水化热水泥在水化过程中释放的热量较少,能够有效降低混凝土的温度升高速度,从而减少温度应力的产生。低水化热水泥还具有良好的工作性能和耐久性,能够满足混凝土重力坝对材料的高要求。除了水泥的选择外,混凝土配比中的骨料级配也是影响混凝土性能的重要因素。合理的骨料级配能够使得混凝土在硬化过程中形成致密的微观结构,提高混凝土的强度和耐久性。良好的骨料级配还能够减少混凝土中的孔隙率,降低混凝土的热传导系数,从而减缓混凝土的温度升高速度。在混凝土配比设计中,必须充分考虑骨料的种类、粒径分布以及含量等因素,通过试验和优化,确定最佳的骨料级配方案。减少混凝土配比中水泥材料的份量也是有效控制混凝土温度应力的手段之一。水泥是混凝土中的主要胶凝材料,其水化过程中释放的热量是混凝土温度升高的主要原因。在保证混凝土强度和工

作性能的前提下,尽量减少水泥的用量,能够有效降低混凝土的温度升高速度,减少温度应力的产生。这可以通过优化混凝土配比、使用高效减水剂等方式实现。

3.3 混凝土运输与浇筑温度控制

混凝土的运输与浇筑过程也是控制混凝土温度应力的关键环节。在运输过程中,必须科学规划运输车辆的数量和搅拌强度,确保混凝土在运输过程中保持均匀性和工作性能。为了避免混凝土在运输过程中因温度升高而产生温度应力,运输车辆应配备制冷与隔热功能。可以通过在运输车辆上安装制冷设备、使用隔热材料包裹混凝土罐体等方式实现,有效降低混凝土的温度。在浇筑过程中,应尽量增加混凝土重力坝主体的浇筑速度,减少混凝土在浇筑过程中的暴露时间。快速的浇筑速度能够使得混凝土在硬化过程中产生的热量迅速散发出去,从而降低混凝土的温度升高速度。快速的浇筑速度还能够减少混凝土因暴露时间过长而产生的干缩裂缝。为了实现这一目标,可以在施工前做好充分的准备工作,包括合理安排浇筑顺序、优化施工工艺、提高施工效率等。

3.4 冷却通水设计与管理

冷却通水是混凝土重力坝温控防裂的重要措施之一。在冷却通水设计中,必须根据大坝的结构形式和温度应力分布情况,合理设计冷却通水管道的位置、数量和布局。冷却通水管道应布置在混凝土内部温度较高的区域,以确保冷却效果达到最佳。还要根据施工过程和温度监测数据,及时调整冷却通水管道的参数,如管径、管距、水流速度等,以满足不同阶段的冷却需求。在冷却通水管道的使用过程中,必须定期进行检查和维护,确保管道的畅通和冷却水的流动。这可以通过设置监测设备、定期巡检等方式实现^[4]。还要对冷却通水过程进行详细的记录和分析,包括冷却水的温度、流量、压力等参数,以及混凝土的温度变化情况。通过这些数据

的分析,可以及时了解混凝土的温度应力状况,为后续的温控防裂措施提供有力的依据。

3.5 表面保护措施

混凝土重力坝的表面保护也是温控防裂的重要环节。在混凝土浇筑完成后,应及时拆模并进行保湿处理,防止混凝土因表面水分蒸发过快而产生干缩裂缝。保湿处理可以采用喷水、覆盖湿布或塑料薄膜等方法,保持混凝土表面的湿润状态。这有助于减少混凝土表面的温度梯度,降低温度应力的产生。在严寒地区,由于外界环境温度较低,混凝土表面容易受到冻害而产生裂缝。在严寒地区施工时,必须特别重视混凝土表面的保护工作。可以在混凝土表面粘贴保温材料,如聚苯板、岩棉板等,有效提高混凝土表面的温度,防止冻害的发生。还要注意对混凝土上、下表面的全面保护,确保混凝土在硬化过程中保持稳定的温度环境。可以采取搭设保温棚、使用加热设备等措施,进一步提高混凝土的保温效果。

结束语:混凝土重力坝的温控防裂是一个系统工程,需要从多个方面入手,采取综合措施。通过本文的探讨,我们对混凝土重力坝的特点、裂缝形成的主要原因以及关键部位的温控防裂措施有了更深入的了解。在未来的建设和维护过程中,应继续加强研究和实践,不断提高混凝土重力坝的安全性和稳定性。

参考文献

- [1]王龙.碾压混凝土重力坝施工技术要点分析[J].石材,2024,(03):123-125.
- [2]卞俊栋.重力坝碾压混凝土施工技术要点[J].大众标准化,2023,(08):33-35.
- [3]李伟,张磊.混凝土重力坝施工技术与质量控制研究[J].水利工程学报,2023,54(2):102-108.
- [4]陈鹏,杨丽.混凝土重力坝施工中的质量控制与技术难点分析[J].水利技术与管理,2021,45(10):77-81.