

# 水库混凝土面板施工技术 with 防裂工艺优化研究

邹 泉

**摘要:** 本论文围绕水库混凝土面板堆石坝施工特性, 深度剖析施工技术与防裂工艺的优化路径。通过严格把控原材料、精准调试配合比, 改良滑模施工工艺, 以及创新性地运用温度控制和抗裂增强技术, 切实提高了面板混凝土的施工质量与抗裂性能, 为同类水利工程提供了实用的技术参考和经验借鉴。

**关键词:** 施工技术; 防裂工艺; 原材料优化

## 引言

混凝土面板堆石坝凭借其经济性、安全性和广泛的适应性, 在全球水利工程建设中占据重要地位。不过, 面板混凝土的开裂现象一直是影响大坝耐久性与安全性的关键难题。混凝土一旦开裂, 不仅会降低大坝的抗渗能力, 还可能引发结构安全隐患。因此, 优化施工技术和防裂工艺, 提升面板混凝土的抗裂性能, 对保障大坝的整体稳定性和延长使用寿命起着决定性作用, 也符合当前水利工程高质量发展的需求。

## 一、工程概况

某水库大坝为混凝土面板堆石坝, 其面板共35个单元, 依据宽度不同分为12.0m、6.0m、3.0m及2.0m四种规格。库底面板起始厚度60cm, 渐变为坝顶的40cm。浇筑高程处于241.6m至332.4m之间, 面板最大倾斜长度156.5m, 最小倾斜长度10.26m。选用C30W10F100级别二级配普通硅酸盐水泥混凝土, 并添加聚丙烯纤维来强化其物理性能。施工期间, 创新采用滑模工艺进行面板浇筑, 这在提高施工效率的同时, 也对施工技术和质量控制提出了更高要求。

## 二、施工技术优化策略

### 1. 原材料与配合比优化

#### (1) 原材料筛选

低热水泥的选用是关键。水泥的水化热是混凝土内部温度升高的主要热源, 低热水泥的水化热低, 能有效降低混凝土内部温升, 进而减少温度应力。水泥的矿物成分, 如硅酸三钙、硅酸二钙等含量, 以及水泥细度, 都会显著影响水化热的释放速度和总量。在选择水泥时,

需要综合考虑水泥的化学成分、物理性能以及与外加剂的适应性, 确保其既能满足混凝土强度发展需求, 又能有效控制温度变化<sup>[1]</sup>。

优质骨料对混凝土性能同样重要。粗骨料的颗粒形状和级配直接影响混凝土的骨架结构和工作性能。连续级配且颗粒形状良好的粗骨料, 能形成紧密堆积, 减少水泥浆用量, 从而降低混凝土的收缩和温度变形。细骨料的细度模数反映了其颗粒粗细程度, 合适的细度模数能保证混凝土的和易性。同时, 严格控制细骨料的含泥量, 因为含泥量过高会降低骨料与水泥浆的粘结力, 增大混凝土的干缩性。

#### (2) 配合比参数调整

水灰比是影响混凝土强度和耐久性的核心参数。降低水灰比, 可使混凝土内部结构更加密实, 提高强度和抗渗性。但水灰比过低会导致混凝土施工和易性变差, 难以振捣密实。所以, 需通过大量试验, 结合工程实际施工条件, 确定最佳水灰比, 在保证施工性能的前提下, 最大程度提高混凝土的抗裂性能。

砂率的调整也不容忽视。砂率过大, 细骨料过多, 会增加混凝土的干缩性, 且由于水泥浆包裹骨料的表面积增大, 需更多水泥浆, 导致成本增加。砂率过小, 粗骨料之间缺少足够的砂浆填充和润滑, 混凝土的粘聚性和保水性变差, 容易出现离析现象。通过试验优化砂率, 使混凝土在满足施工要求的同时, 具有较低的收缩性, 实现工作性能和抗裂性能的平衡。

#### (3) 聚丙烯纤维的作用

在混凝土中掺入适量聚丙烯纤维, 能形成三维网状结构。混凝土在硬化过程中, 由于水泥水化、水分蒸发等原因, 内部会产生微裂缝。聚丙烯纤维的存在可以有效抑制这些微裂缝的产生和扩展, 就像在混凝土内部形成了一道道“防线”。纤维的长度、直径和掺量对混凝土

**作者简介:** 邹泉(1983-), 男, 汉族, 籍贯: 湖南长沙人, 大学本科, 土木工程一级水利建造师。

土的性能影响显著<sup>[2]</sup>。长度过短，纤维的增强效果有限。长度过长，又会影响混凝土的施工和易性。通过试验确定最佳的纤维参数，使纤维均匀分布在混凝土中，充分发挥其抗裂增韧作用。

## 2. 滑模施工工艺改进

### (1) 滑模设备调试

滑模施工中，模板变形是影响面板质量的重要因素。高精度模板的使用是保障面板平整度的基础。模板的设计和制作要严格遵循相关标准，确保模板具有足够的刚度和稳定性，能承受混凝土浇筑过程中的侧压力、振捣力等荷载。在施工前，对模板进行全面检查和调试，检查模板的平整度、拼接缝的严密性等，通过微调装置对模板进行精确调整，保证模板在施工过程中始终保持良好状态。

### (2) 振捣工艺优化

混凝土振捣不均会导致内部存在空隙，降低混凝土的强度和抗渗性，甚至可能引发裂缝。高频低幅振捣器能使混凝土内部的骨料和水泥浆充分均匀分布，排出空气，使混凝土更加密实。振捣时间和振捣点的布置需根据混凝土的特性和浇筑厚度合理确定。振捣时间过短，混凝土无法充分密实。振捣时间过长，可能导致混凝土离析。振捣点间距要保证振捣范围相互重叠，避免出现漏振区域。

### (3) 润滑处理

模板与混凝土接触面的润滑处理至关重要。良好的润滑可以减少摩擦力，降低混凝土因滑模施工产生的拉应力<sup>[3]</sup>。选择合适的润滑剂，如优质的脱模剂，要确保其在高温、潮湿等施工环境下仍能有效发挥作用。同时，定期对模板进行清理和维护，去除表面的水泥浆残留等杂质，保证润滑效果的持久性，防止因摩擦力过大导致混凝土表面损伤或产生裂缝。

## 3. 施工质量控制与监测

### (1) 质量控制体系

建立完善的施工质量控制体系，从混凝土原材料的采购检验，到配合比的现场调试，再到浇筑过程和养护条件的把控，进行全流程监控。制定严格的质量检验标准，对每一批次的原材料进行检验，包括水泥的强度、安定性，骨料的级配、含泥量等。对配合比进行实时监测，确保水灰比、砂率等参数符合设计要求。在浇筑过程中，严格控制浇筑速度、振捣工艺等。养护期间，按照规定的养护方法和时间进行养护，确保混凝土在适宜的环境下硬化。

### (2) 监测技术应用

采用先进的监测技术，如应变计、温度计等，实时监测面板混凝土的应力、温度等参数。应变计可以测量混凝土在不同施工阶段的应力变化，通过分析应力数据，判断混凝土是否处于安全受力状态，及时发现潜在的应力集中区域。温度计则能实时监测混凝土内部和表面的温度，掌握温度变化规律，为温度控制措施的实施提供依据。一旦监测数据超出预警范围，立即采取相应措施，如调整浇筑速度、加强保温或降温措施等，确保面板混凝土的质量和安

## 三、防裂工艺创新举措

### 1. 温度控制措施

#### (1) 低热水泥的应用

低热水泥的使用是降低混凝土内部水化热温升的重要手段。在选择低热水泥时，除了考虑水泥的水化热指标，还要结合工程所在地的气候条件、水泥的供应稳定性和价格等因素<sup>[4]</sup>。在高温季节施工或大体积混凝土浇筑时，低热水泥的优势更加明显，能有效降低混凝土内部温度峰值，减少温度应力，降低裂缝产生的风险。

#### (2) 冷却水管设置

在混凝土内部设置冷却水管，通过循环水带走混凝土内部的热量，是控制温度梯度的有效方法。冷却水管的布置要根据混凝土的浇筑厚度和结构特点进行设计，确保冷却效果均匀。水管间距过大，冷却效果不佳。间距过小，会增加施工成本和难度。通水时间也需合理确定，过早通水可能影响混凝土的早期强度发展，过晚通水则无法有效控制温度峰值。在通水过程中，要实时监测水温、流量等参数，根据混凝土内部温度变化进行调整。

#### (3) 保温材料覆盖

在混凝土表面覆盖保温材料，可减少混凝土表面的热量散失，降低内外温差。保温材料的选择要根据当地的气候条件和工程要求确定。在寒冷地区，可选用保温性能好的聚苯乙烯泡沫板、岩棉板等。在温和地区，可采用草帘、土工布等。保温材料的厚度要根据混凝土的浇筑温度、环境温度等因素计算确定，确保能有效减少表面温度损失，防止因温度骤降导致表面裂缝产生。

#### (4) 施工时间安排

合理安排施工时间，避免在高温或低温极端天气下施工。在高温天气下，混凝土浇筑后内部温度迅速升高，与表面温差增大，容易产生温度裂缝。低温天气下，混凝土的凝结和硬化速度变慢，强度增长受阻，且可能因

受冻而降低混凝土的性能。根据当地的气象资料,选择适宜的施工时段,如在夏季选择早晚温度较低时浇筑,在冬季采取必要的保温措施或避开严寒时段施工,确保混凝土在适宜的温度环境下进行浇筑和养护。

## 2. 抗裂增强技术

### (1) 预应力锚索设置

设置预应力锚索可增强混凝土的抗拉强度,抵抗拉应力的作用。预应力锚索的布置要根据面板的受力情况和设计要求进行优化。在面板的关键受力部位,如坝体周边、结构突变处等,合理布置锚索,通过施加预应力,使混凝土在受拉时处于受压或较小拉应力状态,提高混凝土的抗裂能力。预应力锚索的张拉控制至关重要,张拉应力过大,可能导致混凝土局部破坏。张拉应力过小,又无法达到预期的抗裂效果。要严格按照设计要求进行张拉施工,并实时监测锚索的应力变化。

### (2) 抗裂钢筋网布置

布置抗裂钢筋网可提高混凝土的抗裂性能,增强混凝土的整体性。钢筋网的间距和直径应根据混凝土的厚度和受力情况合理确定。在混凝土较薄的部位,钢筋网间距可适当减小。在受力较大的部位,可增加钢筋直径或采用双层钢筋网。钢筋与混凝土之间的粘结力是保证协同工作的关键,在施工过程中,要确保钢筋的锚固长度和混凝土的浇筑质量,使钢筋网能有效发挥抗裂作用<sup>[5]</sup>。

### (3) 表面抗裂措施

表面喷涂抗裂涂料可在混凝土表面形成一层保护膜,阻止水分侵入,减少混凝土表面因干湿循环导致的裂缝扩展。抗裂涂料的选择要考虑其与混凝土的粘结性、耐久性和抗渗性等因素。设置防裂缝带则是通过在混凝土表面预设薄弱部位,引导裂缝在预定位置产生,避免裂缝随意发展。防裂缝带的宽度、深度和间距要根据混凝土的特性和工程经验进行设计,确保既能有效引导裂缝,又不会对面板的整体性能产生不利影响。

## 3. 养护与后期维护

### (1) 养护方法

采用湿润养护、覆盖养护等方法,确保混凝土在硬化过程中保持适宜的水分和温度条件。湿润养护能使混凝土表面始终处于湿润状态,防止水分过快蒸发导致干缩裂缝产生。覆盖养护则能减少混凝土表面的热量散失和水分蒸发,保持混凝土内部的湿度和温度稳定。养护

时间应根据混凝土的类型和环境条件合理确定,一般不少于14天。对于大体积混凝土或抗渗要求较高的混凝土,养护时间可适当延长。

### (2) 后期维护机制

建立后期维护机制,定期对大坝面板进行检查和维修。检查内容包括面板表面是否有裂缝、破损,锚索和钢筋是否锈蚀等<sup>[6]</sup>。对于发现的裂缝和损伤,要及时进行修补。对于微小裂缝,可采用表面封闭法,如涂抹环氧胶泥等。对于较深的裂缝,可采用压力灌浆法进行修补。定期对锚索进行应力监测和维护,确保其始终处于有效工作状态,保障大坝的长期稳定运行。

## 结论

通过对水库混凝土面板施工技术与防裂工艺的优化研究,提出了一系列具有创新性和实用性的举措,包括原材料与配合比优化、滑模施工工艺改进、温度控制措施以及抗裂增强技术等。这些举措在实际工程中得到有效应用,显著提升了面板混凝土的施工质量和抗裂性能。本研究成果为类似水利工程提供了宝贵的技术支持和经验借鉴,对推动水利工程领域的技术进步和高质量发展具有重要意义。未来,随着新材料、新技术的不断涌现,可进一步深入研究其在混凝土面板堆石坝中的应用,持续完善施工技术和防裂工艺,提高大坝的安全性和耐久性。

## 参考文献

- [1] 刘会祥. 某水库混凝土面板施工技术与防裂工艺优化[J]. 建筑技术开发, 2024, 51(8): 27-29
- [2] 冯立雷, 万增吉, 张凯. 混凝土面板堆石坝防渗灌浆技术优化研究[J]. 工程建设与设计, 2024(17): 167-169
- [3] 曾平. 水库大坝混凝土面板滑模施工技术[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2024(10): 0136-0139
- [4] 康朴. 水库工程沥青混凝土防渗面板防裂技术研究[J]. 四川水利, 2022, 43(5): 46-49
- [5] 葛捍东, 魏江勇. 面板混凝土防裂技术在黄村水库的应用[J]. 浙江水利科技, 2005, 33(4): 75-76
- [6] 曹力, 刘伟, 陈小明. 混凝土面板防裂技术措施的研究与应用[J]. 水电站机电技术, 2021, 44(4): 75-77