

# 水利工程水库大坝混凝土施工技术

刘利新

库伦旗水库事务中心 内蒙古 通辽 028000

**摘要:** 随着社会经济的蓬勃发展,水利工程建设规模与日俱增。本文聚焦水利工程水库大坝混凝土施工技术,概述了其强度与耐久性、温控防裂、施工效率及经济性等特性。详细阐述了原材料选择与配合比优化、温控防裂、高效浇筑与层间结合、养护与接缝处理、智能化监测与质量控制等关键技术。同时,展望了高性能混凝土普及、绿色化施工技术推广、智能化施工装备应用及极端环境适应性技术突破等发展趋势,旨在为水库大坝混凝土施工提供全面的技术参考与前瞻指引。

**关键词:** 水利工程; 水库大坝; 混凝土施工; 关键技术; 发展趋势

引言: 水利工程中,水库大坝作为核心构筑物,其安全性与稳定性至关重要。混凝土施工技术作为大坝建设的关键环节,直接影响着大坝的强度、耐久性及整体性能。随着科技的不断进步,大坝混凝土施工技术也在持续创新与发展,从原材料选择到施工工艺,再到智能化监测,均取得了显著进步。本文旨在深入探讨水利工程水库大坝混凝土施工技术的各个方面,分析其关键技术与发展趋势,为提升大坝建设质量与安全性提供有力支持。

## 1 水利工程水库大坝混凝土施工技术的概述

### 1.1 强度与耐久性

水利工程水库大坝混凝土需具备高强度与卓越耐久性。高强度确保大坝能抵御巨大水压与地质应力,保障结构安全稳定。耐久性则要求混凝土在长期水流冲刷、温度变化及化学侵蚀等恶劣环境下,依然保持性能稳定,减少维修与加固成本。为此,施工中需严格把控原材料质量,优化配合比设计,并采用先进施工工艺,以提升混凝土的整体强度与耐久性,确保大坝长期安全运行。

### 1.2 温控防裂

温控防裂是水利工程水库大坝混凝土施工中的关键环节。大体积混凝土在硬化过程中会产生大量水化热,若温度控制不当,易导致内外温差过大,进而引发裂缝,影响大坝结构安全。因此,施工中需采取有效温控措施,如预冷骨料、加冰拌合、埋设冷却水管等,以降低混凝土入仓温度,并通过合理分层浇筑、延长间歇时间等方式,减少温度应力,有效防止裂缝产生,确保大坝混凝土质量。

### 1.3 施工效率

施工效率直接关系到水利工程水库大坝的建设周期与成本。高效的混凝土施工需合理安排施工流程,优化资源配置,采用先进的施工设备与技术,如自动化拌合

系统、高效输送泵、滑模施工等,以加快施工进度,提高生产效率。同时,加强现场管理与协调,确保各工序紧密衔接,减少等待与闲置时间,也是提升施工效率的重要手段。高效的施工效率有助于缩短工期,降低建设成本,提升项目整体效益。

### 1.4 经济性

经济性是水利工程水库大坝混凝土施工不可忽视的重要因素。在保证工程质量与安全的前提下,通过合理选材、优化配合比、提高施工效率等措施,可以有效降低混凝土施工成本。例如,选用性价比高的原材料,减少浪费;通过试验确定最佳配合比,降低水泥用量;采用高效施工设备与技术,减少人工与时间成本。此外,加强成本管理与控制,实施精细化施工,也是提升项目经济性的有效途径。经济性的提升有助于增强项目的市场竞争力,实现可持续发展<sup>[1]</sup>。

## 2 水利工程水库大坝混凝土施工的关键技术

### 2.1 原材料选择与配合比优化

在水利工程水库大坝混凝土施工中,原材料选择与配合比优化是奠定工程质量的基础环节,对大坝的强度、耐久性等性能起着决定性作用。(1)水泥作为混凝土的核心胶凝材料,需依据大坝所处环境与工程要求精心挑选。对于长期处于水下或潮湿环境的大坝,应选用低热水泥,以降低水化热,减少因温度应力引发的裂缝风险;若大坝需承受较强的化学侵蚀,则要选择抗硫酸盐水泥,增强混凝土的抗侵蚀能力。(2)骨料的质量与级配直接影响混凝土的密实性与强度。粗骨料应具备足够的强度、良好的粒形与合理的级配,以减少混凝土内部的孔隙;细骨料要控制含泥量与细度模数,确保其与水泥等胶凝材料有良好的粘结性。同时,外加剂的选用也至关重要,根据施工需求添加减水剂可提高混凝土的和易性与强度,添加

引气剂能改善混凝土的抗冻性。(3)配合比优化是一个系统而精细的过程。需通过大量的试验,综合考虑原材料性能、施工工艺以及大坝的设计要求等因素。在保证混凝土工作性能的前提下,尽可能降低水泥用量,以减少水化热与收缩变形;合理调整水胶比,确保混凝土具有适宜的强度与耐久性。通过科学的配合比设计,使混凝土各组分发挥最佳效能,为大坝的长期稳定运行提供可靠保障。

## 2.2 温控防裂技术

在水利工程水库大坝混凝土施工中,温控防裂技术是保障大坝结构安全与耐久性的关键所在。大体积混凝土因水化热积聚,易产生较大温度应力,进而引发裂缝,严重影响大坝质量,故而必须高度重视温控防裂。(1)降低混凝土入模温度是温控防裂的基础举措。可通过预冷骨料,利用冷水冲洗或风冷等方式,有效降低骨料温度;同时,在拌合水中加冰或使用低温冷水,减少混凝土在拌合过程中的热量产生,从而降低入模温度,减小内外温差,降低温度裂缝产生的可能性。(2)合理设置冷却水管是控制混凝土内部温度的重要手段。在大坝混凝土内部埋设冷却水管,通过循环冷却水带走混凝土内部的水化热,调节混凝土内部温度分布。根据大坝的结构尺寸和混凝土的热学性能,精确计算冷却水管的间距、管径和布置形式,确保冷却效果均匀有效,避免局部过热或过冷导致的应力集中。(3)加强混凝土表面保温与养护工作不可或缺。在混凝土浇筑完成后,及时覆盖保温材料,如草袋、塑料薄膜等,减少混凝土表面热量散失,防止表面温度骤降产生拉应力。同时,按照规范要求进行养护,保持混凝土表面湿润,促进水泥水化反应的充分进行,提高混凝土的强度和抗裂能力,确保大坝温升和温降过程中保持稳定,避免裂缝的产生与发展。

## 2.3 高效浇筑与层间结合技术

在水利工程水库大坝混凝土施工中,高效浇筑与层间结合技术对大坝整体质量及施工进度有着关键影响,关乎大坝能否安全稳定运行。(1)科学规划浇筑方案是实现高效浇筑的前提。依据大坝的结构特点、尺寸规模以及施工设备性能,合理划分浇筑块和浇筑顺序。采用分层分段的方法,将大坝划分为若干小区域进行浇筑,既能保证混凝土供应的连续性,又能避免因浇筑面积过大导致混凝土初凝时间不一致的问题,确保各区域混凝土均匀密实,提高浇筑效率。(2)严格控制混凝土浇筑工艺至关重要。在浇筑过程中,要保证混凝土的下落高度符合要求,避免出现离析现象。采用合适的振捣设备和方法,确保混凝土充分振捣密实,排除内部的气泡和空

隙,提高混凝土的密实度和强度。同时,控制好每层混凝土的浇筑厚度,使其符合设计要求,为层间良好结合奠定基础。(3)注重层间结合处理是保证大坝结构整体性的核心。在下一层混凝土浇筑前,要对上一层混凝土表面进行凿毛、冲洗等处理,去除表面的浮浆和杂物,增加层间的摩擦力和粘结力。在浇筑新混凝土时,适当添加界面剂,促进新旧混凝土之间的结合,使层间结合更加紧密,形成一个整体,有效抵抗外界荷载和水压力的作用,确保大坝的长期稳定运行。

## 2.4 养护与接缝处理技术

在水利工程水库大坝混凝土施工中,养护与接缝处理技术是保障大坝混凝土质量、增强结构整体性与耐久性的重要环节,对大坝长期稳定运行意义重大。(1)科学合理的养护是保证混凝土性能的关键。混凝土浇筑完成后,需及时进行覆盖保湿养护。根据环境温度和湿度,选择合适的养护材料,如塑料薄膜、草袋等,减少混凝土表面水分蒸发,防止因失水过快产生干缩裂缝。同时,要严格控制养护时间,一般养护期不少于规定天数,确保水泥充分水化,使混凝土达到设计强度和耐久性要求。在养护过程中,还需根据实际情况调整养护措施,如高温季节增加洒水次数,低温季节做好保温防冻工作。(2)接缝处理直接关系到大坝结构的整体性。对于施工缝,在继续浇筑前,需对接缝面进行凿毛、冲洗,去除表面浮浆和杂物,使新老混凝土能良好结合。在接缝处涂抹界面剂,增强粘结力,防止接缝处成为结构的薄弱环节。对于变形缝,要根据设计要求设置止水带等防水措施,确保变形缝在温度变化、地基沉降等情况下能有效伸缩,同时防止渗漏水。(3)加强对接缝处理质量的检查与验收至关重要。在接缝处理完成后,要进行全面细致的检查,采用无损检测等方法,确保接缝处的混凝土密实度、粘结强度等指标符合设计要求。对发现的问题及时进行整改,保证接缝处理质量,从而提升大坝的整体性能和安全性。

## 2.5 智能化监测与质量控制

在水利工程水库大坝混凝土施工中,智能化监测与质量控制是保障工程质量、提升施工管理水平的重要手段,对大坝的安全运行和长期效益起着至关重要的作用。(1)智能化监测技术能够实时、精准地获取混凝土施工过程中的各项关键数据。通过在大坝混凝土内部和表面布置各类传感器,如温度传感器、应力应变传感器、位移传感器等,可对混凝土的温度变化、应力状态、变形情况等实时监测。这些传感器将采集到的数据传输至监控中心,利用专业的数据分析软件进行处理和分析,能够及时发现混凝土在浇筑、养护等过程中出现的异常

情况,如温度裂缝、应力集中等,为施工人员提供准确的决策依据。(2)基于智能化监测数据的动态质量控制体系可实现施工质量的实时调整和优化。根据监测数据反馈,施工人员能够及时调整混凝土的配合比、浇筑工艺、养护措施等,确保混凝土的性能始终符合设计要求。例如,当监测到混凝土内部温度过高时,可立即采取增加冷却水管流量、加强表面保温等措施,有效控制温度裂缝的产生。(3)智能化质量控制还借助大数据和人工智能技术,对施工过程中的历史数据进行深度挖掘和分析。通过建立质量预测模型,能够提前预判可能出现的质量问题,并制定相应的预防措施。同时,利用智能化管理系统对施工人员进行实时管理和考核,提高施工人员的质量意识和操作水平,确保大坝混凝土施工质量始终处于可控状态<sup>[2]</sup>。

### 3 水利工程水库大坝混凝土施工技术的发展趋势

#### 3.1 高性能混凝土(HPC)的普及

高性能混凝土(HPC)凭借高强度、高耐久性及优异的力学性能,正逐步成为水库大坝施工的主流材料。2025年数据显示,HPC在桥梁、隧道等工程中的应用比例已达35%,预计未来五年将提升至45%。其通过优化骨料级配、掺入高性能外加剂,显著提升了混凝土的抗裂性、抗渗性及耐久性。例如,在雅砻江风光储一体化项目中,HPC的应用使结构寿命延长至150年,维护频率降低50%,推动了水库大坝工程向更长寿命、更低维护成本的方向发展。

#### 3.2 绿色化施工技术的推广

绿色化施工技术以节能减排、资源循环利用为核心,成为水库大坝施工的重要方向。2025年,低碳混凝土技术通过地聚物材料替代水泥,碳排放降低70%;建筑垃圾再生骨料使用率提升至25%,再生混凝土强度达C40标准。同时,光伏储能搅拌站的普及使单站年减碳量达1200吨,在阳光充足地区优势显著。政策层面,绿色建材认证产品占比目标超50%,倒逼企业采用环保材料与工艺,推动施工过程向低碳、可持续转型。

#### 3.3 智能化施工装备的应用

智能化施工装备通过物联网、AI及数字孪生技术,实现了施工全流程的精准控制。2025年,智能压浆设备通过压力传感器实时调整参数,孔道压浆密实度达标率提升至98%;3D打印混凝土技术突破工程应用瓶颈,层积成型设备可打印12米高建筑构件,施工效率是传统方式的5倍。在叶巴滩大坝工程中,AI视觉检测替代人工三检制,隐蔽工程验收效率提升3倍;分布式光纤传感技术实现温度梯度实时监测,裂缝风险预警精度达 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ,推动施工管理向数字化、自动化迈进。

#### 3.4 极端环境适应性技术的突破

针对高原高寒、强腐蚀等极端环境,技术突破显著提升了水库大坝的适应性。2025年,叶巴滩大坝在 $-25.6^{\circ}\text{C}$ 极端低温下,通过“气肋膜暖棚法”与三级保温装置,实现仓面温度稳定在 $5^{\circ}\text{C}$ 以上,混凝土运输温度损失 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 。在沿海工程中,耐蚀钢筋与防腐剂双防护体系通过 $15^{\circ}\text{C}$ 冻融循环测试,结构寿命延长至100年。地质适应方面,西南地区大坝研发微震监测系统,可捕捉0.01mm级微裂缝,结合分布式光纤传感技术,实现边坡稳定性实时预警,误报率低于0.3%,为极端环境下的水库大坝建设提供了技术保障<sup>[3]</sup>。

#### 结束语

水利工程水库大坝混凝土施工技术,历经持续创新与发展,已取得显著成就。从高性能混凝土提升结构性能,到绿色化施工践行环保理念;从智能化装备实现精准作业,到极端环境技术突破应用边界,每一项进步都为水库大坝的安全、耐久与高效筑牢根基。展望未来,随着科技的不断革新,该领域必将涌现更多前沿技术与创新理念。

#### 参考文献

- [1]杨红艳.水利工程大坝施工过程中碾压混凝土施工的技术分析[J].科学技术创新,2022(34):120-121.
- [2]刘红波,王佰龙.水利工程大坝施工中的混凝土碾压施工技术分析[J].工程建设与设计,2022(19):205-207.
- [3]邵建中.水利工程大坝施工中的混凝土碾压施工技术研究[J].建筑技术开发,2022,46(13):45-46.