

大体积混凝土施工技术在水利枢纽工程中的优化应用

郑 维

内蒙古南工建设有限公司 内蒙古 巴彦淖尔 015000

【摘 要】：流域水利枢纽承担防洪减灾、水资源调度等关键功能，坝体、闸室基础等核心承重结构均采用厚层混凝土浇筑成型。构件整体体量庞大，内部热量难以向外散出，水泥水化产生的热量持续堆积，极易形成内外温差进而产生结构性裂缝，直接削弱构筑物防渗性能与服役年限。常规施工温控手段较为简单，现场管理标准偏粗放，无法适配区域多变水文与气候环境。本文将依托枢纽实地施工工况，从多个方面改良施工方案，梳理低开裂、经济可行的成套施工办法，以期为同类型水利工程实体质量管控提供落地参考。

【关键词】：大体积混凝土施工技术；水利枢纽工程；优化；应用

DOI:10.12417/2811-0528.26.19.054

引言

在水利枢纽工程建设中，大体积混凝土结构应用广泛，如大坝、船闸等主体结构往往都采用大体积混凝土施工。开展大体积混凝土施工工艺优化研究，可以从源头降低开裂隐患，节约后期运维修缮成本，提升水工结构整体稳定性，对保障水利工程安全长效运行、完善同类项目施工技术体系具备现实实践价值。

1 大体积混凝土施工技术分析

1.1 低热配合比优化技术

针对水利枢纽坝体、闸墩等厚重水工构件的施工特性，低热配比设计是抑制混凝土温度变形的前置核心手段。工程施工中不再单一依赖硅酸盐水泥作为胶凝主材，而是掺配适量粉煤灰、矿渣超细粉替代部分水泥原料，以此放缓水化反应速度，避免早期热量骤然集中释放。通过精细调整骨料搭配比例、控制合理水胶参数，并掺入适配的缓凝减水组分，可在完全满足结构强度与密实度施工标准的基础上，弱化内部温度应力作用，大幅降低混凝土原生开裂的概率。

1.2 分层分块浇筑施工技术

分层分块浇筑工艺是适配大型水利枢纽大体量砼施工的关键手段，可有效改善一次性整体浇筑带来的积热、成型不均等问题。施工人员可结合构筑物外形尺寸、现场气温及温控标准，灵活采用薄层平铺、分段间歇、斜面递进的浇筑方式，科学划分浇筑单元与单次浇筑厚度。施工全程严控层间衔接时效，确保上下层混凝土无缝结合、杜绝冷缝缺陷，同时预留充足散热时段，加快内部余热消散，让混凝土固结成型更加均匀，切实提升水工结构的整体性与防渗抗渗性能。

1.3 预埋通水循环温控技术

内置循环通水控温属于主动式温控防裂专项工艺，多用于

水利枢纽超厚混凝土主体结构施工。该工艺提前在混凝土浇筑区域内部分层布设薄壁输水管道，待砼浇筑成型后，持续通入流动冷水循环换热，主动疏导内部堆积的水化余热。现场可根据结构实时测温数据，灵活调整水流流速与循环时长，精准把控结构内外温度差值，杜绝温差超标引发的深层、贯穿性裂缝。相较于传统被动保温防护模式，该工艺控温主动性更强、适配性更高，可有效应对大体积水工砼的高温施工难题。

1.4 分段梯度养护技术

阶段性梯度养护是保障大体积混凝土后期成型质量、提升结构耐久度的重要收尾工艺。摒弃传统单一化、无差别养护模式，该工艺依据混凝土温升、恒温、降温的完整硬化周期，制定差异化养护方案。升温阶段重点做好表层保温隔热，缩小结构内外温度差；降温阶段循序渐进撤除保温设施，防止温度骤变产生收缩形变；恒温阶段持续做好表层保湿防护，规避干燥收缩裂缝。这种精细化养护模式可适配户外复杂施工环境，保障混凝土强度稳步增长，延长水利枢纽工程长期安全服役周期。

2 大体积混凝土施工技术在水利枢纽工程中的优化应用策略

2.1 优化原料选型与配比设计

原材料品质与配合比设计是决定大体积混凝土施工质量的核心基础，也是抑制温度裂缝产生的第一道防线。水利枢纽构筑物长期处于潮湿水环境与复杂外力作用下，混凝土除满足基础强度等级要求外，还需具备低热、低收缩、高抗渗的综合性能。为此，需摒弃单一普通硅酸盐水泥的用料方案，优先选用水化热更低的中低热水泥，从原材料本质上削减水化反应的产热总量。在配比设计环节，结合工程结构受力参数与温控标准，在保证混凝土设计强度不变的前提下，合理掺入粉煤灰、矿渣微粉等工业活性掺料，适度替代水泥基材，有效延缓水化

热释放速度,避免短时间内结构内部热量堆积。同时,匹配工程工况选用优质缓凝高效减水剂,有效优化混凝土拌合和易性,降低拌合用水量,减少混凝土固化过程中的体积收缩,通过全方位的原料筛选与配比优化,从根源降低温度应力产生的概率,适配水利大型混凝土结构的施工需求。

2.2 改良分层分块浇筑工艺

科学的浇筑工艺是平衡混凝土散热、保障结构密实完整的关键手段。大体积混凝土若采用一次性整体浇筑方式,会因内部热量无法及时散出、振捣作业存在盲区,引发内部疏松、沉降不均、集中热裂等质量问题。针对水利枢纽大型坝体、厚重基座等大体积构件,需采用分层循序浇筑、分块跳仓施工相结合的复合工艺。结合结构断面厚度、现场气温条件、温控指标等要素,科学划分浇筑区块与浇筑层级,精准把控单层浇筑厚度、浇筑间隔与推进速度,确保上下层混凝土在初凝窗口期内完成接续施工,彻底杜绝施工冷缝的产生。浇筑作业期间严格遵循标准化振捣规范,通过分层均匀振捣、慢插快拔的操作手法,彻底排出混凝土内部空气,消除空隙缺陷,提升结构整体密实度。借助分层浇筑的时间间隔,让下层混凝土内部蓄积的热量充分散发,有效缩小结构内外温差差值,均衡固化阶段的应力分布,显著降低深层贯穿性裂缝的出现概率。

2.3 构建智能温控监测体系

温度应力失衡是诱发水利枢纽大体积混凝土开裂的核心诱因,精准、实时的温度管控是施工质量把控的核心环节。施工过程中,可依托现代化智能监测技术,在混凝土结构内部、表层及施工区域环境布设分布式测温传感装置,搭建全覆盖、不间断的温度监测网络,持续采集结构内部峰值温度、表层温度、内外温差及环境温湿度等核心数据。基于实时监测数据构

建动态温度分析模型,全程追踪混凝土水化热升温、恒温、降温全周期变化,一旦监测数据超出规范允许阈值,即刻启动专项温控预案。通过预埋冷却水管道循环散热、表层遮阳通风、覆盖调温材料等多元方式动态调节结构温度,严格把控温差标准,推动混凝土温度管控从被动补救转向主动预判、精准调控,全面提升温控施工的科学性与有效性。

2.4 落实长效保温保湿养护

浇筑完成后的养护作业,是混凝土强度稳步增长、应力平稳释放的关键阶段,养护质量直接决定大体积混凝土结构的最终成型效果与长期服役性能。水利枢纽工程多为露天临水施工,环境温差、空气湿度变化较大,短期粗放式养护极易导致混凝土表层水分快速流失、降温速率过快,引发干缩裂缝与温度裂缝。对此,需摒弃传统简易养护模式,结合季节气候、现场环境与结构特性,制定系统化、长效化的保温保湿养护方案。混凝土浇筑成型后,及时铺设专用保温保湿覆盖材料,隔绝外界环境温度与风力的直接冲击,减缓结构整体降温速度,让内部热量匀速缓慢消散,保障结构内外温度梯度平稳过渡。同时,根据天气变化实时调整养护时长、洒水频次与养护方式,持续维持混凝土表层湿润状态,保障水化反应充分进行,稳步提升混凝土强度、抗裂性能与防渗能力,形成全程闭环的施工质量管控体系,切实保障水利枢纽混凝土结构的长期稳定性与耐久性。

3 结语

总而言之,水利枢纽大体积混凝土温控工艺改良,是维系水工建筑长期安全服役的关键举措。未来,还需依托实时监测采集的数据持续调整施工方案,依靠精细现场管控守住工程质量底线,从而保障水利工程安全长效的运行。

参考文献:

- [1] 杨柳荫,王涛.水利工程中大体积混凝土施工技术优化分析[J].科技资讯,2025,23(24):144-146.
- [2] 张国辉.水利工程技术大体积混凝土施工与优化探究[J].石化技术,2025,32(8):229-230.
- [3] 王延昌,王洪建.大型水利工程中大体积混凝土施工技术应用分析[J].水上安全,2025,(11):179-181.