

# 水利水电施工中混凝土施工技术的应用

孔丽霞

河北省武安市水利局城西供水管理站 河北 武安 056300

**摘要:** 在水利水电工程施工中,混凝土施工技术是保障工程质量的核心环节。其重要性体现在保障结构稳定、提升工程耐久性及适应复杂施工环境等方面。施工技术要点涵盖原材料选择、配合比设计、搅拌、运输、浇筑、振捣及养护等全流程。同时,针对施工中常见问题需采取针对性解决措施。围绕混凝土施工技术在水利水电工程中的应用展开,分析其重要性、技术要点及问题应对策略,为工程实践提供参考。

**关键词:** 水利水电; 施工; 混凝土; 施工技术; 应用

引言: 水利水电工程作为国家重要基础设施,对防洪、发电、水资源调配等具有关键作用,其质量直接关系到工程安全与使用寿命。混凝土因具备高强度、良好耐久性及可塑性,成为水利水电工程的核心建筑材料,其施工技术水平直接影响工程整体性能。在复杂的水文地质环境中,混凝土施工需应对温差、水压、地质条件等多重挑战。本文立足水利水电施工实际,深入探讨混凝土施工技术的重要性、关键要点及常见问题解决措施,旨在为优化施工工艺、提升工程质量提供理论与实践指导。

## 1 混凝土施工技术在水利水电施工中的重要性

### 1.1 保障工程结构稳定

水利水电工程多承担挡水、泄洪、发电等重要功能,结构稳定性是工程安全运行的前提。混凝土作为主要承重材料,其施工质量直接决定结构的承载能力与整体性。通过科学的配比设计、规范的浇筑振捣工艺,可确保混凝土构件强度达标、密实度均匀,避免因局部强度不足引发裂缝、变形等问题。高质量的混凝土施工能使结构形成连续整体,有效传递荷载、抵抗水流冲击与地质应力,为工程结构稳定提供核心保障。

### 1.2 提高工程耐久性

水利水电工程长期处于水环境中,面临冲刷、侵蚀、冻融循环等多重破坏因素,耐久性决定工程寿命的关键。混凝土施工技术通过优化原材料选择与养护工艺,可显著提升材料抗渗性、抗冻性与抗侵蚀能力。如添加引气剂的混凝土可减少冻融破坏,合理的养护措施可降低裂缝产生概率,避免有害物质渗透。若施工中混凝土密实度不足,水流易侵入内部导致钢筋锈蚀、结构风化,缩短工程使用寿命。规范的施工技术能构建坚固的混凝土保护层,延缓老化进程,确保工程在数十年甚至上百年内保持正常功能。

### 1.3 适应复杂施工环境

水利水电工程常建于山区峡谷、河道沿岸等复杂环境,面临地形陡峭、气候多变、施工空间受限等挑战。混凝土施工技术的灵活性与适应性在此类场景中尤为重要。例如,在高海拔地区可通过调整外加剂配比解决混凝土凝结时间异常问题;在狭窄基坑内采用泵送浇筑技术突破空间限制;在低温季节借助保温搅拌与养护工艺保证施工质量。同时,针对地质断层、涌水等特殊条件,通过防渗混凝土施工、分层浇筑等技术,可减少环境因素对工程的干扰,确保施工顺利推进,体现了混凝土技术对复杂工况的强大适应能力<sup>[1]</sup>。

## 2 水利水电施工中混凝土施工技术要点

### 2.1 原材料选择

#### 2.1.1 水泥

水泥是混凝土的关键胶凝材料。在水利水电工程中,针对大体积混凝土,如大坝施工,常选用中热或低热水泥,像三峡工程便使用了中热硅酸盐水泥。这类水泥3d和7d水化热明显低于通用硅酸盐水泥,能有效降低内部温度,减少因温差导致的裂缝风险。例如,低热矿渣硅酸盐水泥的3d水化热不超过230kJ/kg,7d不超过260kJ/kg,相比普通硅酸盐水泥大幅降低。同时,水泥强度等级需与工程设计强度匹配,一般水工结构选用42.5级及以上水泥,以确保混凝土最终强度达标,满足工程长期承载与抗恶劣环境的需求。

#### 2.1.2 骨料

骨料分为粗、细骨料,约占混凝土体积的70%-80%。粗骨料粒径宜在5-40mm,且连续级配良好,如在溪洛渡大坝建设中,通过优化粗骨料级配,减少了水泥用量,提升了混凝土性能。良好级配可使骨料堆积紧密,空隙率低,通常粗骨料空隙率应控制在40%以下。细骨料以中砂为佳,其细度模数在2.3-3.0范围,含泥量不超

过3%。优质骨料能增强混凝土骨架支撑作用,提高密实度与强度,抵抗水流冲刷与冻融破坏,是保障混凝土质量的基础。

### 2.1.3 外加剂

外加剂虽用量少,却能显著改善混凝土性能。减水剂可降低水灰比,提高强度,普通减水剂减水率达8%-12%,高效减水剂能超20%。在高海拔或低温环境,引气剂可引入微小气泡,提升抗冻性,气泡间距系数小于0.2mm时,混凝土抗冻等级大幅提高。缓凝剂能延长凝结时间,在大体积混凝土浇筑或高温施工时,可使初凝时间延长2-6小时,避免过早硬化,保证施工连续性,解决复杂环境下混凝土施工难题。

### 2.1.4 掺合料

常用掺合料有粉煤灰、矿渣粉等。粉煤灰可改善和易性,降低水化热,在水工混凝土中应用广泛,如在一些工程中,粉煤灰取代水泥量达20%-40%。I级粉煤灰需水量比不大于95%,烧失量不超过5%。矿渣粉能提高后期强度与耐久性,等量取代水泥后,混凝土28d强度可提高10%-20%。合理使用掺合料,既能降低成本,又能提升混凝土综合性能,适应水利水电工程长期服役需求。

## 2.2 配合比设计

配合比设计是混凝土施工的核心环节,需兼顾强度、耐久性与施工性。水利水电工程中,大体积混凝土水灰比通常控制在0.45-0.60,如重力坝基础混凝土水灰比多为0.55-0.60,以减少水化热。胶凝材料总量一般为300-400kg/m<sup>3</sup>,其中水泥用量不宜超过250kg/m<sup>3</sup>,其余可由掺合料补充。流动性方面,泵送混凝土坍落度需达到180±20mm,常态浇筑混凝土则控制在50-90mm。抗渗等级根据水头确定,坝体迎水面混凝土抗渗等级不低于W8,水下部位需达到W10-W12。通过试配调整,确保配合比满足设计强度、抗裂性及和易性要求,如某水电站大坝混凝土经优化配合比后,28d抗压强度达标率提升至98%。

## 2.3 混凝土搅拌

搅拌需保证材料均匀混合,常用强制式搅拌机,搅拌时间根据坍落度调整,常态混凝土搅拌30-60s,掺外加剂或掺合料时延长至60-90s。进料顺序严格遵循“骨料→水泥→掺合料→水→外加剂”,避免水泥结块。搅拌过程中需实时监测坍落度,每工作班至少检测2次,偏差应控制在±20mm内。计量精度直接影响质量,水泥、水、外加剂计量误差不超过±1%,骨料不超过±2%。

## 2.4 混凝土运输

运输需保证混凝土不离析、不分层,初凝前完成浇

筑。水平运输采用搅拌运输车,运输时间根据气温调整,常温下不超过90min,高温(30℃以上)时缩短至60min内。垂直运输常用塔式起重机或混凝土泵,泵送时坍落度损失每小时不宜超过30mm,若超过需掺适量外加剂调整。运输过程中保持搅拌筒低速转动,转速3-6r/min,卸料前快速搅拌20-30s。某水利枢纽工程通过优化运输路线,将混凝土从搅拌站到浇筑点的运输时间控制在45min内,入仓温度较原来降低2-3℃,有效减少了温度裂缝风险。

## 2.5 混凝土浇筑

### 2.5.1 浇筑前准备

浇筑前需全面检查模板、钢筋及预埋件。模板安装偏差应符合规范,平面位置偏差≤5mm,高程偏差≤±5mm,接缝严密以防漏浆。钢筋间距误差控制在±10mm内,保护层厚度偏差不得超过±5mm。清理仓面杂物与积水,若基层为老混凝土,需凿毛处理,使表面露出新鲜石子,并用高压水冲洗干净。同时检测混凝土入仓温度,夏季不超过28℃,冬季不低于5℃。准备好振捣设备,确保性能完好,备用设备数量不少于工作设备的30%,为浇筑顺利进行奠定基础。

### 2.5.2 浇筑方法

水利水电工程常用分层浇筑法,分层厚度根据振捣器功率确定,插入式振捣器控制在30-50cm,表面振捣器不超过20cm。大坝等大体积混凝土采用通仓浇筑或跳仓浇筑,通仓长度可达100m以上,跳仓间隔时间≥7d。水下浇筑常用导管法,导管埋入混凝土深度保持2-6m,防止断桩或夹泥。对于薄壁结构,采用连续浇筑一次成型,避免施工缝过多影响整体性,不同方法需结合工程结构与环境合理选用。

### 2.5.3 浇筑过程控制

浇筑时严格控制摊铺厚度与速度,每层摊铺时间间隔不超过混凝土初凝时间,一般≤2h。施工缝处理需清除浮浆,铺2-3cm厚同配比砂浆。仓面应保持连续浇筑,中断时间超过45min需按施工缝处理。监测混凝土坍落度,每小时检测1次,确保在设计范围内。同时观察模板变形,若位移超过8mm立即停止浇筑并整改,通过全过程管控保障浇筑质量均匀、密实。

## 2.6 混凝土振捣

混凝土振捣是确保其密实度的关键环节,需根据结构类型选择合适设备。基础、大坝等大体积混凝土优先采用插入式振捣器,其振捣半径控制在30-50cm,有效作用深度为振捣棒长度的1.25倍;薄壁结构或表面振捣则选用平板振捣器,振捣面积按20-30cm重叠范围依次推进。

振捣时遵循“快插慢拔”原则，插入深度需深入下层混凝土5-10cm，确保层间结合紧密。每个振捣点振捣时间控制在20-30s，以混凝土表面泛浆、不再下沉、无气泡逸出为宜，避免过振导致骨料下沉或离析。振捣过程中需避开钢筋、预埋件及模板，距离模板边缘保持10-15cm，防止因振捣力过大造成结构变形。

### 2.7 混凝土养护

混凝土养护旨在保证强度增长与耐久性，需在浇筑完成后及时开展。常态混凝土应在终凝后12h内覆盖保湿，采用洒水养护时，保持表面湿润状态，养护期不少于14d；大体积混凝土或有抗渗要求的结构，养护期需延长至21-28d。高温季节采用覆盖土工布洒水结合喷雾降温，确保表面温度与环境温差不超过25℃；低温季节需采取保温措施，保证混凝土核心温度不低于5℃，避免冻害。对于薄壁构件或不易洒水部位，可采用涂刷养护剂的方式，形成密封薄膜锁住水分，养护剂涂刷厚度控制在0.2-0.3mm，覆盖率达100%。某水利工程通过智能养护系统实时监测湿度与温度，自动调节洒水频率，使混凝土28d强度达标率提升至98%，裂缝发生率降低60%以上<sup>[2]</sup>。

## 3 水利水电施工中混凝土施工常见问题及解决措施

### 3.1 常见问题

#### 3.1.1 混凝土裂缝

混凝土裂缝多因温度应力、收缩变形或施工不当引发。大体积混凝土易出现温度裂缝，多为贯穿性或表面不规则裂纹；干燥收缩裂缝常呈网状或平行分布，宽度0.1-0.5mm；施工中因振捣不均、养护不及时也会产生裂缝，影响结构整体性与抗渗性。

#### 3.1.2 蜂窝麻面

蜂窝表现为混凝土表面出现蜂窝状孔洞，多因骨料堆积、砂浆缺失所致；麻面是表面呈现无数小凹点，系模板漏浆、振捣不充分使气泡未排出。此类缺陷降低混凝土密实度，易导致钢筋锈蚀，在水利工程中可能引发渗漏。

#### 3.1.3 强度不足

混凝土强度不足表现为试块检测值低于设计标准，或同批次强度离散性大。成因包括原材料质量波动、配合比偏差、搅拌不均匀、养护条件不足等。强度不足会使结构承载能力下降，难以抵御水流冲击与荷载作用。

### 3.2 解决措施

#### 3.2.1 针对混凝土裂缝的解决措施

控制裂缝需从温控与工艺优化入手。大体积混凝土采用分层浇筑，每层厚度30-50cm，预埋冷却水管，通水降温使内外温差 $\leq 25^{\circ}\text{C}$ ；添加粉煤灰等掺合料减少水泥用量，降低水化热。浇筑后12h内覆盖保湿，延长养护至21d以上。对已出现的表面裂缝，采用环氧树脂灌浆封闭；深层裂缝需钻孔埋管，高压注入改性水泥浆修补，恢复结构整体性。

#### 3.2.2 针对蜂窝麻面的解决措施

预防蜂窝麻面需严控浇筑工艺。模板安装前检查密封性，缝隙用海绵条封堵；振捣时确保插入式振捣器间距 $\leq 50\text{cm}$ ，振捣至表面泛浆。对局部蜂窝，剔除松散骨料，用高压水冲洗后，采用高一强度等级的细石混凝土填补；麻面部位清理干净后，涂刷界面剂，再用水泥砂浆抹平压实，保证修补面与原结构结合紧密。

#### 3.2.3 针对强度不足的解决措施

保障强度需全过程管控。原材料进场严格检测，水泥强度偏差超 $\pm 5\%$ 时调整配合比；搅拌时采用自动计量系统，确保砂石料误差 $\leq \pm 2\%$ 、水泥误差 $\leq \pm 1\%$ 。浇筑后覆盖保温，保持环境温度5-30℃，湿度 $\geq 90\%$ 。对强度不足区域，进行回弹或钻芯检测，根据结果采取增大截面法加固，或植入钢筋提高承载能力，确保满足设计要求<sup>[3]</sup>。

### 结束语

综上所述，混凝土施工技术在水利水电工程中占据核心地位，其质量直接关乎工程的安全稳定与使用寿命。从原材料选择、配合比设计到浇筑养护，每一环的技术把控都至关重要。面对施工中可能出现的裂缝、蜂窝麻面等问题，需采取针对性措施科学应对。随着技术的不断发展，应持续优化施工工艺，引入智能化监测手段，提升混凝土施工的精准性与可靠性，为水利水电工程的高质量建设提供坚实保障，助力国家水资源调控与能源供应体系的可持续发展。

### 参考文献

- [1]王少英.水利水电施工中混凝土施工技术的应用分析[J].农业科技与信息,2021,(6):101+106.
- [2]魏晓源.试析混凝土施工技术在水利水电施工中的应用简述[J].区域治理,2022,(5):242.
- [3]付利娥.水利水电工程中混凝土防渗墙施工技术的应用管理探讨[J].建筑工程技术与设计,2021,(4):5233.