

探析水工建筑混凝土结构施工技术

尹金菁

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 本文聚焦水工建筑混凝土结构施工技术, 系统分析其核心特点、施工要求及原材料与配合比设计要点, 重点阐述施工全流程技术细节, 包括前期准备、核心工艺、特殊场景适配等内容。同时探讨现有技术优化路径与发展趋势, 从工序协同、绿色施工、智能化应用等方面提出方向。研究旨在梳理规范施工技术要点, 解决实际施工中的技术难题, 为水工建筑混凝土结构施工质量提升提供技术支撑, 助力水利工程高质量建设与长期稳定运行。

关键词: 水工建筑; 混凝土结构; 施工技术

引言: 水工建筑作为水利工程的核心组成, 混凝土结构的施工质量直接关乎工程功能发挥与运行安全。当前, 水工建筑面临复杂水文地质与极端环境挑战, 对混凝土施工技术提出更高要求。传统施工工艺存在效率偏低、适配性不足等问题, 难以完全满足工程需求。基于此, 本文围绕水工建筑混凝土结构施工技术展开探析, 梳理各环节技术要点与优化策略, 为行业技术升级提供参考, 推动水利工程施工朝着高效、安全、绿色方向发展。

1 水工建筑混凝土结构的特点及施工要求

1.1 水工建筑混凝土结构的核心特点

水工混凝土结构首要特点是高耐久性, 需长期抵御水体侵蚀、干湿交替、冻融循环及化学介质腐蚀, 避免结构老化失效。其次具备强抗渗性, 尤其挡水、输水建筑物, 需通过材料与工艺控制降低渗透系数, 防止渗漏引发安全隐患。同时承载特性特殊, 需承受水压力、浪冲击力、地震荷载等复合作用, 对强度与整体性要求极高。结构体型多庞大且施工环境复杂, 常涉及水下、高空作业, 施工难度远超普通混凝土工程。

1.2 不同水工场景下的混凝土性能要求

不同水工场景对混凝土性能需求差异显著。挡水建筑物如大坝, 需高强度、高抗渗性与抗冻性, 兼顾温控防裂能力, 避免温度应力导致裂缝。输水建筑物如涵管、渠道, 重点强调抗冲刷性与抗渗性, 应对水流长期摩擦与渗透。水下浇筑部位需选用缓凝型混凝土, 保证浇筑过程中不离析、强度稳步增长。寒冷地区水工建筑需提升抗冻等级, 高温环境则需优化缓凝与保水性能, 确保混凝土在极端条件下仍能满足设计指标^[1]。

2 水工混凝土原材料选择与配合比设计

2.1 核心原材料的选型标准

水泥选型需依据设计强度等级与抗腐蚀要求, 控制游离氧化钙、氧化镁含量及安定性指标, 优先选用水化热可

控的品种。骨料需满足级配连续性, 控制含泥量、泥块含量及有害物质含量, 确保坚固性与洁净度达标。外加剂选型需适配水泥特性, 兼顾调节凝结时间、改善和易性需求, 严格控制掺量与匀质性, 避免与其他组分产生不良反应。掺合料需符合活性指标要求, 通过性能试验确定适配性, 保障与混凝土体系的相容性。

2.2 配合比设计的基本原则与优化目标

配合比设计遵循强度适配、和易性达标、耐久性优先的基本原则, 以水胶比为核心控制参数, 平衡各组分比例关系。优化目标聚焦于在满足设计性能的前提下, 控制胶凝材料用量, 降低水化热峰值, 提升结构密实度。设计过程需通过试配验证性能, 结合施工工艺需求调整坍落度, 确保配合比具备可施工性与稳定性, 同时兼顾经济性与环保性要求。

2.3 特殊工况下配合比的调整策略

针对极端温湿度工况, 需调整外加剂类型与掺量, 优化胶凝材料组分, 控制水化热释放速率。面对侵蚀性环境, 需降低水胶比, 增加胶凝材料用量, 搭配专用外加剂提升抗腐蚀能力。对于泵送、水下等特殊施工工艺, 需优化骨料级配与和易性, 调整坍落度损失速率, 确保混凝土在施工周期内保持良好工作性能。调整过程需通过专项试验验证, 确保配合比适配工况需求。

2.4 原材料与配合比对混凝土强度及耐久性的影响

原材料品质直接决定混凝土基础性能, 水泥强度等级、骨料性能与外加剂适配性, 共同影响强度形成效率。配合比中, 水胶比是影响强度与耐久性的关键因素, 比例失衡会导致结构密实度不足, 降低抗渗、抗冻及抗侵蚀能力。胶凝材料用量与组分比例, 直接关联水化热与结构内部孔隙结构, 进而影响长期性能稳定性^[2]。

3 水工建筑混凝土结构施工流程与技术

3.1 水工建筑混凝土结构施工前准备工作

施工前准备要兼顾全面性与针对性,为后续施工奠定坚实基础,核心要点如下:(1)场地与地质管控。完成施工区域地形勘察与测绘,明确地质承载力、水文条件等核心参数,对场地进行平整与硬化处理,划分原材料堆放区、搅拌区、作业区边界,设置排水设施避免积水影响施工。(2)设备配置与调试。根据施工规模与工艺需求,选型适配的搅拌设备、运输机械、振捣器械、模板体系及检测仪器,进场后逐一进行调试与试运行,排查机械故障、计量偏差等问题,确保设备性能达标。(3)人员与技术准备。组建专业施工团队,明确各岗位职责,开展专项技术交底与安全培训,普及施工流程、技术标准及风险防控要点。同步完成施工方案细化,明确工序衔接、进度节点及应急处置流程。(4)材料与场地预处理。核对原材料进场检验报告,确保符合选型标准,按类别分区堆放并做好防护措施。提前完成模板清理、钢筋除锈等预处理工作,搭建临时防护设施,保障施工安全。

3.2 水工混凝土结构核心施工工艺与技术要点

3.2.1 混凝土搅拌与运输工艺及质量控制

搅拌与运输要从以下搅拌匀质性、运输完整性及温度稳定性三方面强化管控。(1)搅拌管控。严格按配合比精准计量各组分用量,控制搅拌顺序与时长,先投入骨料、水泥及掺合料干拌均匀,再加入水与外加剂湿拌,确保混凝土匀质性。实时监测搅拌过程中混凝土和易性,根据实际情况微调用水量,避免离析、泌水现象,同时做好搅拌参数记录,实现全程可追溯。(2)运输管控。选用密闭式运输设备,减少运输过程中水分散失、离析及污染,运输路线提前规划,避开拥堵路段以缩短运输时长。运输至浇筑现场后,再次检查混凝土坍落度,符合要求后方可卸料,对静置时间过长的混凝土,经性能检测合格后可二次搅拌,不合格者严禁使用并按规范处置。(3)温度控制。搅拌过程中可通过调整水温、骨料温度控制混凝土出机温度,高温环境下对运输设备进行遮阳覆盖,低温环境下采取保温措施,全程监测温度变化,避免混凝土温度波动过大影响施工质量与后期强度发展。

3.2.2 浇筑施工技术

浇筑施工要结合结构特性与施工条件,规范落实分层、振捣、连续作业及表面处理各项要求,规避各类浇筑缺陷。(1)分层浇筑。根据结构体型、钢筋疏密及振捣设备性能,确定合理分层厚度,确保振捣能穿透至下层混凝土,实现层间紧密结合。浇筑顺序遵循由低向高、由中间向两侧的原则,避免出现施工缝遗漏或浇筑断层,分层浇筑高度需与振捣能力相匹配。

(2)振捣密实。选用适配的振捣器械,振捣时遵循“快插慢拔”原则,插入深度需深入下层混凝土一定距离,振捣间距控制在有效振捣半径范围内,避免漏振、过振。振捣至混凝土表面不再沉落、无气泡溢出、呈现均匀水泥砂浆为止,确保结构密实度,同时避免振捣过程中触碰钢筋与模板。(3)连续作业控制。浇筑过程中保持连续进行,缩短层间间隔时间,若因特殊情况需中断,中断时间需控制在混凝土初凝前,超过初凝时间需按施工缝规范处理。施工缝处需清理浮渣、松动骨料,铺设同配合比水泥砂浆衔接,保障结合强度,做好施工缝位置标记与记录。(4)表面处理。浇筑至设计标高后,及时采用刮杠找平、抹子压实收光,避免表面起砂、开裂,根据施工环境调整表面处理时机,兼顾平整度与后续养护需求,雨天需采取防雨措施,防止表面受冲刷。

3.2.3 模板工程施工

模板工程要兼顾承载能力、稳定性与密封性,从选型、安装、拆除到变形控制全程严格管控,确保结构尺寸精准与外观质量达标。(1)模板选型。根据结构形状、受力特点及施工要求,选用强度、刚度及稳定性达标且表面平整的模板材料,确保模板能承受混凝土浇筑压力、侧压力及施工荷载,无变形、渗漏隐患,同时兼顾施工便利性与经济性。(2)模板安装。安装前核对模板尺寸、标高及位置,按规范搭设支撑体系,支撑点需落在坚实基础基础上,确保牢固可靠。模板拼接处采用密封措施,避免漏浆,安装后调整垂直度、平整度,偏差控制在设计允许范围内,验收合格后方可进入下一道工序。(3)模板拆除。严格按混凝土强度发展情况确定拆除时间,遵循“先支后拆、后支先拆”原则,避免过早拆除导致结构变形。拆除过程中轻拿轻放,避免碰撞已浇筑结构,拆除后及时清理模板表面,修复损坏部位,做好保养工作便于重复利用。(4)变形控制。施工过程中定期监测模板及支撑体系变形情况,发现位移、沉降等问题及时调整加固,浇筑过程中控制浇筑速度与侧压力,避免模板因受力不均产生变形,确保施工全过程模板体系稳定。

3.2.4 钢筋工程施工

钢筋工程要严格遵循设计与规范要求,从加工、绑扎、连接到防腐处理各环节精准管控,保障钢筋功能有效发挥。(1)钢筋加工。按设计图纸精准下料,控制钢筋弯曲角度、长度及弯钩尺寸,加工过程中避免钢筋表面损伤、变形。对加工完成的钢筋按规格、型号分区堆放,做好标识,防止混用,加工偏差需控制在允许范围内,不合格加工件严禁使用。(2)钢筋绑扎。绑扎前核对钢筋规格、数量及间距,按规范绑扎牢固,绑扎点间

距均匀, 受力钢筋绑扎接头需错开布置, 确保接头强度达标。(3) 钢筋连接。根据钢筋直径、受力情况选用适配的连接方式, 连接前清理钢筋连接部位杂质、锈蚀, 确保连接质量。连接完成后对接头进行外观检查, 必要时进行力学性能检测, 不合格接头需及时整改, 严禁不合格接头留存于结构中。(4) 防腐处理。针对潮湿、侵蚀性环境, 对钢筋进行防腐处理, 确保防腐层均匀、牢固, 无破损、漏涂现象。施工过程中避免防腐层损伤, 若出现破损需及时修补, 同时做好防腐施工记录, 保障钢筋长期稳定性。

3.3 特殊水工场景下混凝土结构施工技术

特殊水工场景需结合环境与工艺特点, 优化施工技术, 适配场景需求, 核心要点如下: (1) 水下施工技术。采用水下不分散混凝土, 优化配合比提升和易性与抗离析能力, 选用适配的水下浇筑设备, 控制浇筑速度与高度, 避免混凝土与水体过度接触。浇筑过程中实时监测浇筑位置与高度, 确保结构成型符合设计要求, 做好水下振捣与密实控制。(2) 极端温环境施工技术。低温环境下, 采用保温养护措施, 提升混凝土浇筑温度, 选用早强型外加剂加速强度发展, 避免冻害产生; 高温环境下, 调整施工时段避开高温时段, 对原材料降温处理, 优化缓凝剂掺量, 延长混凝土初凝时间, 加强保湿养护, 防止表面开裂。(3) 高空及边坡施工技术。搭建稳固的高空作业平台与防护设施, 确保施工安全。边坡部位浇筑需控制浇筑顺序, 避免扰动边坡土体, 采用分段浇筑、及时振捣的方式, 结合边坡坡度优化模板支撑, 防止混凝土下滑、变形。(4) 大体积施工技术。优化配合比降低水化热, 选用低热水泥与掺合料, 控制胶凝材料用量。采用分层浇筑、分段降温的方式, 设置测温点实时监测混凝土内部温度, 采取保温或降温措施控制内外温差, 避免温度应力引发裂缝^[1]。

4 水工混凝土结构施工技术优化与发展趋势

水工混凝土施工技术的优化与升级, 要立足现有工艺短板, 结合行业发展需求, 兼顾实用性与前瞻性, 核

心要点如下: (1) 现有技术优化路径。聚焦工序衔接效率提升, 优化各工艺衔接流程, 减少施工中断时间, 强化各环节协同管控。针对传统工艺短板, 改进施工设备性能, 提升机械自动化操作水平, 降低人为操作偏差。优化质量管控模式, 整合检测数据, 实现施工全过程动态监测与精准调控, 提升技术应用稳定性。(2) 绿色施工技术应用。推广环保型原材料与外加剂, 减少施工过程中污染物排放, 实现材料循环利用。优化施工方案, 降低能耗与水资源消耗, 加强施工废弃物的分类处理与回收利用, 践行绿色工程理念。(3) 智能化发展方向。引入智能化监测设备与控制系统, 实现混凝土搅拌、浇筑、养护等环节的参数自动采集与调节。依托数字化技术构建施工管理平台, 整合施工数据、设备状态、质量信息, 提升施工决策的科学性与高效性。(4) 技术创新趋势。加强新型材料与施工工艺的融合应用, 研发适配复杂工况的专用施工技术。推动跨领域技术借鉴, 提升水工混凝土施工的抗风险能力与长期稳定性, 助力水利工程高质量建设^[4]。

结束语: 水工建筑混凝土结构施工技术的科学性与规范性, 是保障水利工程质量的核心前提。本文从多维度梳理施工技术要点与发展趋势, 明确了各环节管控核心与优化方向。随着绿色、智能化技术的发展, 水工混凝土施工需持续创新升级。后续需加强新型材料与工艺的融合应用, 完善全过程质量管控体系。

参考文献:

- [1] 陈国栋. 水工建筑混凝土结构施工技术的应用研究[J]. 建材与装饰, 2025, 21(27): 154-156.
- [2] 徐敏. 刍议水工建筑混凝土结构施工技术[J]. 建材与装饰, 2025, 21(4): 160-162.
- [3] 潘俊豪. 水工建筑混凝土结构施工技术研究[J]. 工程技术研究, 2024, 9(24): 79-81.
- [4] 何芝坚. 水工建筑混凝土结构施工技术浅析[J]. 黑龙江水利科技, 2023, 51(4): 111-113, 146.