

水利水电建筑工程施工技术

康富仁

宁夏水投中源水务有限公司 宁夏 吴忠 751300

摘要: 本文围绕水利水电建筑工程施工技术展开研究,先阐述工程类型特征、施工技术核心原则及与工程功能的关联,构建技术基础认知;再系统梳理地基处理、大体积混凝土、边坡坝体等核心施工技术体系;接着分析涉水作业、季节性施工等特殊场景的技术要点;最后探讨智能化、绿色化及新材料新工艺的发展趋势,为水利水电工程施工技术应用与提升提供全面参考。

关键词: 水利水电工程;施工技术体系;特殊环境施工;智能化创新;绿色可持续发展

引言:水利水电建筑工程常面临涉水、复杂气候、特殊地质等场景,这些场景易引发施工效率低、质量难控等问题,制约工程推进。当前部分项目在特殊场景施工中缺乏系统技术支撑,导致隐患频发。研究此类施工技术,梳理不同场景下的设备选型、操作流程与应对策略,对保障工程顺利实施、提升水利水电工程综合效益具有重要意义。

1 水利水电建筑工程施工技术的基础认知

1.1 水利水电建筑工程的类型与特征

水利水电建筑工程包含多种核心类型,坝体工程是蓄水防洪的关键,水电站厂房承担发电设备安置与运行功能,输水建筑物负责水资源调配输送,泄洪设施则保障工程汛期安全。这些工程呈现鲜明结构特性,大体积混凝土结构常见于坝体与厂房基础,需应对温度应力引发的裂缝问题;高边坡结构多分布在隧洞进出口与渠道边坡,对稳定性要求极高;水下隐蔽结构如防渗墙、水下基础等,施工与检测难度较大^[1]。施工环境更具复杂性,涉水作业贯穿导流、基础处理等多个环节,需精准控制水流影响;露天作业完全暴露于自然环境中,受天气变化直接干扰;地质条件常伴随断层、溶洞等隐患,增加施工不确定性;季节影响尤为突出,汛期需强化防洪措施,冬季则要做好防冻防护。

1.2 施工技术的核心原则与要求

安全性原则是施工技术的首要准则,防洪度汛技术需确保导流与围堰系统可靠,抵御汛期洪水冲击;结构稳定技术通过精准施工控制,保障坝体、边坡等关键部位不发生失稳坍塌;人员安全保障技术则聚焦作业防护,降低高空、水下等危险作业风险。耐久性原则贯穿施工全过程,混凝土施工需通过配比优化与养护控制,提升抗渗抗冻性能;金属结构安装后需实施防腐处理,延长使用寿命;地基处理技术强化防渗效果,避免地下水侵

蚀影响工程寿命。经济性原则要求施工技术兼顾效率与成本,资源优化配置技术合理调度设备与材料,减少闲置浪费;施工效率提升技术通过流程优化缩短工期;成本合理控制技术在保证质量前提下降低耗材与能耗。

1.3 施工技术与工程功能的关联

坝体施工技术直接影响防洪与蓄水功能,坝基处理的密实度与防渗性能决定蓄水容量与渗漏风险,坝体填筑或浇筑的强度与整体性则关系防洪抗洪能力。输水建筑物施工技术对水流输送效率至关重要,渠道衬砌的平整度与光滑度减少沿程水头损失,隧洞开挖的断面精度与支护质量保障水流顺畅通行。水电站厂房施工技术为发电设备安装与运行提供核心支撑,厂房基础的平整度与承载能力确保设备安装精度,上部结构的尺寸与刚度适配设备运行荷载,保障发电系统稳定高效运转。

2 水利水电建筑工程核心施工技术体系

2.1 地基与基础处理技术

地基开挖技术需根据岩土类型选择工艺,土方开挖采用分层开挖方式,每层开挖深度控制在合理范围,避免超挖引发边坡失稳;石方开挖通过分层钻孔爆破实现,爆破后及时清理松动岩石并做好边坡防护,防止落石危害。地基加固技术针对不同地基条件选用工艺,振冲碎石桩通过振冲器将碎石填入地基形成桩体,提升地基承载力;高压喷射注浆利用高压水流将浆液注入土层,形成连续防渗加固体;深层搅拌桩通过机械搅拌将水泥与土混合,改善地基物理力学性能。防渗处理技术注重流程把控,帷幕灌浆按分序加密原则施工,通过调整灌浆压力与浆液浓度形成防渗帷幕;固结灌浆通过钻孔将浆液注入岩体裂隙,增强地基整体性;土工膜铺设前需平整地基,铺设时确保膜体搭接紧密,采用焊接或粘接方式密封,防止渗漏。

2.2 大体积混凝土施工技术

混凝土配合比设计需综合考虑性能与施工需求,胶凝材料选型优先选用低热水泥,减少水化热产生;骨料级配采用连续级配,提升混凝土密实度;外加剂适配需根据施工气候与强度要求,选择缓凝、减水或抗裂外加剂,优化混凝土工作性能。浇筑施工工艺注重质量与效率,分层浇筑控制每层厚度与浇筑间隔时间,避免出现冷缝;通仓浇筑采用大型布料设备均匀布料,振捣时确保振捣棒插入深度与振捣时间合理,保证混凝土密实无气泡。温度控制技术贯穿施工全程,通水冷却在混凝土内部预埋冷却水管,通过循环水带走热量;保温养护采用保温被或保温模板覆盖混凝土表面,减少内外温差;温控监测布设温度传感器,实时监测混凝土温度变化,及时调整温控措施。

2.3 边坡与坝体施工技术

边坡开挖与支护技术需同步推进,分层开挖按从上至下顺序进行,每层开挖后及时支护;锚杆锚索支护先钻孔再安装锚杆或锚索,施加预应力固定边坡;喷混凝土防护采用干喷或湿喷工艺,确保喷层厚度均匀、与岩体结合紧密^[2]。土石坝施工技术注重参数控制,土料碾压根据土料性质确定碾压机械类型与碾压遍数,控制碾压含水率在最优化范围;防渗体铺设采用均质土或沥青混凝土,铺设时分层碾压,确保防渗性能;坝体填筑分层控制每层厚度与压实度,相邻层填筑间隔时间不超过规定期限,避免出现结合面薄弱环节。混凝土坝施工技术强调细节处理,坝体分缝分块按设计尺寸划分,设置伸缩缝与沉降缝;模板选型根据坝体结构选用钢模板或木模板,安装时确保位置准确、支撑牢固;接缝灌浆在坝体混凝土达到设计强度后进行,按规定顺序灌浆,确保接缝密实。

2.4 输水与泄洪建筑物施工技术

隧洞施工技术需适配地质条件,钻爆法按钻爆设计钻孔、装药、爆破,爆破后及时出渣并进行初期支护;盾构法通过盾构机刀盘开挖土体,同步拼装管片形成隧洞结构,施工中控制盾构机推进速度与姿态。渠道施工技术注重结构稳定,渠道开挖整形采用机械开挖与人工修整结合,确保渠道断面尺寸与坡度符合设计;衬砌材料铺设前处理渠基,混凝土衬砌采用滑模或衬砌机施工,浆砌石衬砌确保砂浆饱满;边坡稳定防护采用混凝土预制块或植被防护,防止边坡冲刷变形。泄洪设施施工技术聚焦功能保障,泄洪孔口浇筑控制混凝土平整度与垂直度,预埋件安装位置准确;闸门预埋件安装时固定牢固,浇筑混凝土时避免碰撞移位;消能设施施工按设计形状浇筑,确保消能结构尺寸精准,满足泄洪消能需求。

2.5 金属结构安装技术

闸门安装技术需保障精度与密封,闸门运输采用专用吊装设备,避免运输过程变形;就位调整通过千斤顶与缆绳调整闸门位置,确保闸门与门框贴合;密封性能检测采用水压或气压试验,检查密封件是否渗漏,不合格部位及时处理。启闭设备安装技术注重调试,设备找平固定采用水平仪检测,确保设备安装水平;传动系统调试检查齿轮、链条等传动部件啮合情况,添加润滑油;电气控制对接需调试控制柜与传感器,确保设备启停、调速等功能正常。压力钢管安装技术强调质量控制,管节拼接前检查管口椭圆度与平整度,采用焊接连接时控制焊接参数,避免焊接缺陷;焊接质量控制通过无损检测检查焊缝质量;防腐涂层施工前清理钢管表面,涂刷防腐涂料或采用阴极保护,延长钢管使用寿命。

3 水利水电建筑工程特殊场景施工技术

3.1 涉水作业施工技术

水下开挖技术需结合水深、地质硬度选择设备,抓斗开挖适用于水深较浅、土体或岩石呈块状的区域,作业时需根据开挖深度调整抓斗开合速度,避免过快扰动周边土体引发坍塌;绞吸船开挖更适配深水区松散土体,需依据土体密实度调节绞刀转速,控制吸泥管负压值,平衡开挖效率与避免管路堵塞。水下浇筑技术中,导管法需先校验导管密封性,施工时控制导管埋入混凝土深度与浇筑速度,防止断桩或泥浆混入;袋装混凝土法需提前按配比预制混凝土袋,运输至水下后按设计顺序堆叠,用专用工具振捣密实,保障水下结构整体强度。水下防渗技术需应对水体流动干扰,水下土工膜铺设需用锚固设备固定膜体边缘,根据水流速度调整铺设方向;水下灌浆需针对水体稀释问题调整浆液水灰比,采用分段灌浆并延长凝固等待时间,提升防渗层连续性。

3.2 季节性施工技术

汛期施工技术需提前结合历史水位数据制定度汛方案,明确不同水位等级下的施工暂停、设备转移策略;临时防洪设施搭建需选用抗冲刷的型钢与防渗布,确保结构在湍急水流中稳定;同时储备足量沙袋、大功率抽水机等应急物资,组建抢险队伍并明确响应流程。冬季施工技术重点保障混凝土性能,养护时采用保温被覆盖并配合电加热毯维持温度,避免低温导致强度增长缓慢;骨料需通过热风炉预热至规定温度,防止与水泥混合后降低水化热;防冻剂使用需按混凝土强度要求精准控制掺量,避免过量影响后期耐久性。雨季施工技术需强化排水与防护,基坑内按坡度布置多台抽水机形成梯度排水;露天混凝土作业面覆盖防雨棚或防水布,防止雨水

冲刷导致表面起砂；施工道路铺设碎石或防滑网，定期清理积水，保障运输车辆通行安全。

3.3 高海拔与复杂地质施工技术

高海拔施工技术需适配低温低气压环境，混凝土配比中添加抗裂纤维与引气剂，减少温度应力与冻融引发的裂缝；人员需提前1-2周进行高原适应训练，施工现场设置供氧站与医疗点；设备需更换耐低温润滑油与密封件，调整发动机点火参数，确保低气压下正常运转。岩溶地质施工技术先通过地质雷达与钻孔勘察结合，精准探测溶洞分布、规模及充填物性质；充填处理选用级配砂石与水泥混合填料，分层压实并监测密实度；同步优化防渗方案，采用土工膜与灌浆结合的复合防渗结构，阻断地下水沿溶洞渗透。软弱夹层地质施工技术需先通过岩芯钻探识别夹层位置、厚度及力学性能；开挖时采用分层开挖方式，每开挖一层立即用锚杆或锚索支护，防止夹层失稳；通过高压注浆将水泥浆注入夹层缝隙，提升地基整体承载能力，保障工程结构长期稳定。

4 水利水电建筑工程施工技术的发展趋势

4.1 智能化施工技术应用

智能监测技术逐步覆盖施工全流程，无人机巡检可快速遍历坝体、边坡等大面积区域，捕捉表面裂缝、变形等隐患，生成高清影像与数据报告；传感器实时监测嵌入混凝土结构、地基等关键部位，采集温度、应力、位移等参数，通过无线传输实现数据实时分析，及时预警异常情况；BIM模型进度模拟将施工计划与三维模型结合，动态展示各工序推进情况，直观呈现进度偏差，辅助调整施工方案，提升管理效率^[1]。智能装备应用不断深化，无人碾压机通过卫星定位与传感器控制碾压轨迹、力度和遍数，确保坝体压实度均匀；智能振捣设备自带振动频率与深度监测功能，自动调整振捣参数，避免过振或漏振；自动化浇筑系统通过机械臂与布料机协同作业，精准控制混凝土浇筑范围与速度，减少人工干预，提升浇筑质量与效率。

4.2 绿色施工技术发展

低碳施工技术成为重要方向，清洁能源应用逐步推广，施工现场采用太阳能路灯、风电供电设备，减少传统能源消耗；施工废弃物回收利用形成闭环，混凝土废料经破碎筛分后重新用作骨料，钢筋边角料加工为小型构件，降低资源浪费；碳排放控制通过优化施工流程、选

用低碳材料，结合碳排放核算工具，实时跟踪并减少施工过程中的碳排放总量。生态保护技术融入施工全过程，施工区植被恢复在工程完工后选用本土植物品种，按原地形地貌重构植被群落；水生生物保护在涉水作业前设置防护网、增殖放流，避免施工对鱼类等生物的栖息地造成破坏；水土保持措施优化采用新型生态护坡、截排水沟，减少水土流失，维护施工区域生态平衡。

4.3 新型材料与工艺创新

新型建筑材料应用提升工程性能，高性能混凝土通过调整配比添加矿物掺合料，具备高抗渗、抗冻、抗裂特性，延长坝体、隧洞等结构使用寿命；复合土工材料结合土工膜与土工格栅优势，增强防渗与承载能力，适用于地基处理、渠道防渗等场景；防腐耐磨金属材料采用新型涂层技术，提升闸门、压力钢管等金属结构的抗腐蚀与耐磨性能，减少维护成本。先进施工工艺研发推动效率提升，模块化施工将厂房构件、设备基础等在工厂预制，运输至现场拼装，缩短现场施工周期；装配式建造在渠道衬砌、小型建筑物施工中推广，预制构件通过标准化生产与快速安装，降低现场作业强度；超大型构件整体吊装采用专用重型吊装设备，对坝体闸门、厂房顶盖等大型构件一次性吊装就位，减少分块安装的误差与风险。

结束语

水利水电建筑工程施工技术需紧跟时代需求，在保障工程安全与功能的前提下，深度融合生态保护与低碳发展理念。未来研究应聚焦极端气候应对、全生命周期数字化管理及碳中和目标实现，推动装配式建筑、自修复材料等创新技术的规模化应用。通过技术集成与模式创新，构建“安全-高效-生态”三位一体的施工体系，助力水利水电工程向智能化、绿色化方向转型，为水资源安全与可持续发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]杨少康.水利水电建筑工程施工技术研究[J].水上安全,2025(6):73-75.
- [2]陈小明.关于水利水电建筑工程施工技术的探讨[J].水上安全,2023(6):166-168.
- [3]马学斌.水利水电建筑工程施工技术研究[J].电脑采购,2025(10):137-139.