

水利工程建设与水利工程管理

王晓宇

山西三建集团有限公司 山西 太原 030027

摘要: 水利工程建设全流程涵盖规划、施工准备、施工及验收等环节,其关键技术聚焦于大坝筑坝、地基处理及金属结构制造与安装。大坝筑坝技术通过材料与工艺革新,保障高效安全施工;地基处理针对复杂地质,构建多层次处理体系;金属结构技术则注重精密制造与智能化安装。在管理方面,水利工程涵盖运行、维修养护、安全及水资源管理,通过多维度管理措施提升效能。技术与管理的协同创新,为水利工程建设与可持续发展提供了有力支撑。

关键词: 水利工程建设;关键技术;水利工程管理

引言

水,是维系生命、推动生产、支撑生态的核心要素,水利工程作为调控水资源、保障水安全、促进水生态平衡的关键基础设施,其建设与管理水平直接影响经济社会可持续发展与民生福祉。当前科技进步与社会变革为水利工程建设带来新机遇的同时,也提出了复杂环境下的安全保障、资源高效利用及生态协同等挑战。本文聚焦水利工程建设与管理的核心要点,旨在通过系统性分析为实践提供科学参考,助力行业实现高质量发展。

1 水利工程建设

1.1 项目规划与设计

水利工程建设的首要环节是项目规划与设计。这需要对流域或区域的水资源状况、地形地貌、气象条件、社会经济发展需求等进行全面深入的调查和分析^[1]。根据调查结果,确定工程的建设目标,如防洪、灌溉、供水、发电等,并进行多方案的比选和论证,选择最优的工程方案。在设计阶段,要运用先进的水利工程技术和理论,对工程的各个组成部分进行详细设计,包括大坝、水闸、渠道、电站等,确保工程的安全性、可靠性和经济性。

1.2 施工准备

施工准备工作包括施工现场的“三通一平”(通水、通电、通路和平整场地)、施工临时设施的建设、施工材料和设备的采购与运输、施工队伍的组建和培训等。还需要办理相关的施工许可证和审批手续,协调好与当地居民等各方面的关系,为工程顺利施工创造良好的条件。

1.3 工程施工

水利工程施工是将设计方案转化为实际工程的关键环节。施工过程中,需要严格按照设计要求和施工规范进行操作,确保工程质量。对于大坝施工,要注意土

方填筑或混凝土浇筑的质量控制,保证大坝的密实性和稳定性;对于水闸施工,要精确控制闸室和闸墩的尺寸和位置,确保闸门的安装精度和止水效果;对于渠道施工,要保证渠道的坡度和衬砌质量,减少渗漏和水流损失。此外,还需要加强施工安全管理,制定完善的安全管理制度和应急预案,防止发生安全事故。

1.4 工程验收

工程竣工后,要进行严格的验收工作。验收分为阶段验收和竣工验收,阶段验收包括基础工程验收、主体工程验收等,竣工验收则是对整个工程的全面检查和评估。验收内容包括工程实体质量、工程资料的完整性和准确性、工程是否满足设计要求和运行条件等。只有通过验收的工程才能正式投入使用。

2 水利工程建设关键技术

2.1 大坝筑坝技术

大坝作为水利工程的核心挡水建筑物,其筑坝技术随着科技发展与工程实践不断革新,形成了以土石坝填筑和混凝土坝浇筑为代表的技术体系。土石坝填筑技术在材料压实与防渗性能提升方面取得突破。振动碾压技术通过高频振动使土石颗粒重新排列,显著提高坝体密实度。某大型土石坝工程采用20吨振动碾分层碾压,每层厚度控制在30厘米,碾压6遍后干密度达到设计要求,确保了坝体稳定性^[2]。土工合成材料的应用进一步增强了防渗效果,土工膜与土工布的复合使用有效阻隔了渗流通道,延长了工程寿命。混凝土坝浇筑技术则通过设备升级与工艺创新实现效率与质量的双重提升。大型搅拌设备与输送泵的配合使用,使混凝土生产与运输能力大幅提升。某水电站采用每小时产量超100立方米的双卧轴强制式搅拌机,配合混凝土输送泵实现垂直高度超百米的连续浇筑。碾压混凝土施工技术通过薄层碾压取代传统振捣,不仅缩短了工期,还降低了水化热引发的

裂缝风险。某重力坝工程采用干硬性碾压混凝土，层厚仅30厘米，施工速度较传统方法提高30%以上。技术融合创新推动大坝建设向智能化发展。土石坝施工中引入数字化监测系统，通过传感器实时反馈压实质量；混凝土坝浇筑则采用BIM技术进行三维模拟，优化施工方案。

2.2 地基处理技术

水利工程的地基处理是保障工程安全与稳定的关键环节，其核心目标在于提升地基的承载能力、减少沉降变形并增强防渗性能。针对不同地质条件，工程中广泛应用灌浆技术、排水固结技术、强夯技术及桩基础技术，形成多层次、系统化的地基处理体系。灌浆技术通过向地基孔隙或裂缝注入浆液实现加固，其核心在于浆液材料与施工工艺的匹配。化学灌浆采用环氧树脂或聚氨酯等高分子材料，适用于微细裂缝的防渗处理；水泥基灌浆则通过调整水灰比与外加剂配比，实现不同强度等级的地基加固。某堤防加固工程采用袖阀管分段灌浆技术，有效控制浆液扩散范围，使地基承载力提升40%以上。排水固结技术针对软土地基设计，通过设置竖向排水体（如塑料排水板）与水平排水层，加速孔隙水排出。配合堆载预压或真空预压，使地基在荷载作用下逐步固结。某沿海围垦工程采用真空联合堆载预压技术，6个月内实现地基固结度超85%，沉降量减少60%，显著缩短了工期。强夯技术利用重锤自由下落产生的冲击能夯实地基，适用于砂土、碎石土等粗颗粒土层。通过调整夯击能、夯击次数与间距，实现地基密实度与均匀性的优化。某水库坝基处理中采用强夯置换法，在软弱土层中形成碎石墩，有效提高了地基承载力，降低差异沉降风险。桩基础技术通过将桩体嵌入深层坚实土层，将上部荷载传递至持力层。根据地质条件可选择预制桩、灌注桩或组合桩型。某跨海大桥桩基工程采用大直径钻孔灌注桩，桩长超百米，单桩承载力达万吨级，确保了桥梁结构在复杂海况下的稳定性。

2.3 水利水电金属结构制造与安装技术

水利水电金属结构作为水利枢纽工程的核心部件，涵盖闸门、拦污栅、压力钢管等设施，其制造与安装质量直接决定工程的安全性、耐久性和运行效率。随着技术进步，行业已形成以精密制造与智能化安装为核心的技术体系。制造技术革新聚焦于材料性能与加工精度的双重提升。焊接技术采用自动化机器人焊接系统，通过激光跟踪与多层多道焊接工艺，实现高强度钢材的熔透性控制，焊缝质量达到一级标准。某大型水电站压力钢管制造中，应用埋弧自动焊与药芯焊丝气保焊组合工艺，焊接变形量较传统方法降低40%。数控加工技术则

通过五轴联动加工中心，实现闸门门叶曲面与拦污栅栅条的毫米级精度加工，配合三维扫描检测系统，确保构件尺寸偏差控制在 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内。安装技术突破依托大型装备与智能测控的深度融合。安装阶段广泛使用500吨级以上履带起重机与浮式起重船，配合GPS定位与激光全站仪，实现金属结构三维空间坐标的毫米级定位。某特大型船闸闸门安装中，采用“预拼装-整体吊装”工艺，通过有限元模拟分析优化吊点布局，配合液压同步顶升系统，使门体安装垂直度偏差小于1/2000。运行调试阶段则应用物联网传感器网络，实时监测闸门启闭力、拦污栅振动频率等关键参数，为智能运维提供数据支撑。技术迭代推动金属结构全生命周期管理向数字化、智能化转型。

3 水利工程管理

3.1 运行管理

设施维护体系以预防性维护为核心，构建“日常巡查+定期检测+应急抢修”三级防护网。日常巡查采用无人机、水下机器人等智能装备，对大坝坝体裂缝、水闸闸门启闭系统等关键部位进行高频次、可视化检查；定期检测依托北斗监测系统与光纤传感技术，对坝体位移、渗流量等参数进行实时监测，数据异常时自动触发预警；应急抢修则建立区域化联动机制，储备预制构件与快速修复材料，确保突发故障48小时内完成抢修^[1]。运行调度机制基于多目标优化模型，整合气象预报、水文监测与用水需求数据，实现水资源时空分配的动态平衡。通过智能调度系统，水库可根据实时雨情自动调节闸门开度，在防洪期提前预泄腾库，枯水期精准配水灌溉；梯级电站群则采用联合调度算法，优化机组启停顺序与发电负荷分配，提升清洁能源利用效率。环境协同策略强调工程与生态的共生关系，实施“生态流量下泄+水质在线监测+生态修复”三重保障。通过泄水建筑物改造与生态调度方案，保障河道最小生态需水量；在库区及下游布设水质自动监测站，实时监控溶解氧、氨氮等指标；结合生物通道建设与增殖放流，修复工程对水生生物栖息地的影响。

3.2 维修养护管理

预防性养护聚焦于工程薄弱环节的早期干预。针对大坝防渗体系，采用分布式光纤监测技术实时监测渗流压力，结合高密度电法探测潜在渗漏通道，通过灌浆加固、土工膜修补等措施消除隐患；混凝土结构裂缝修补则引入纳米级修补材料，通过低压注浆技术实现微细裂缝的渗透填充，同步开展碳化深度监测，评估结构耐久性退化趋势。精准化修复依托智能化诊断与定制化施工。金属结构防腐处理采用无人机搭载多光谱相机进行

锈蚀程度分级评估,根据评估结果选择喷砂除锈、热喷涂镀锌铝复合涂层或有机富锌底漆等差异化防腐方案;对于水下部分,应用机器人水下焊接与高压水射流清洗技术,提升修复效率与质量。长效化机制强调制度与资源的协同保障。建立“一工程一档案”的数字化管理平台,集成病害历史、维修记录与健康监测数据,为养护决策提供数据支撑;通过BIM模型模拟不同维修方案的经济性与技术可行性,优化维修资金分配;构建区域化维修队伍与物资储备库,实施“平战结合”的应急响应机制,确保突发病害48小时内启动抢修。

3.3 安全管理

责任落实体系以安全生产责任制为基石,明确从项目法人到一线操作人员的全员安全职责。通过签订安全生产责任书、实施安全风险抵押金制度,将安全绩效与个人薪酬、晋升直接挂钩;建立“网格化”安全监管网络,对大坝、水闸、电站等关键部位划分责任单元,确保安全管理无死角。风险管控机制依托智能化监测与风险评估技术,实现隐患动态清零。部署北斗位移监测系统、光纤渗压传感器等设备,对坝体变形、渗流量等参数进行实时监控,数据异常时自动触发三级预警;采用层次分析法(AHP)与故障树分析(FTA)模型,对洪水、地震、设备故障等风险进行量化评估,制定分级防控措施。应急能力建设聚焦预案编制与实战演练。结合工程特性,制定涵盖防汛抢险、设备故障、恐怖袭击等场景的专项应急预案,明确应急响应流程与资源调配方案;定期开展无脚本应急演练,运用虚拟现实(VR)技术模拟灾害场景,提升人员应急处置能力;建立区域应急联动机制,与消防、医疗等部门实现信息共享与协同作战。人员素质提升通过“理论+实操+考核”三位一体培训模式,强化安全意识与技能。开展安全生产法规、风险辨识、应急救援等专题培训,组织防汛抢险、设备检修等实操演练,实施“安全操作技能等级认证”,将培训结果与岗位准入、职称评定挂钩,营造“人人讲安全、事事重安全”的文化氛围。

3.4 水资源管理

精准监测体系依托物联网与大数据技术,实现水资源动态感知。在流域关键节点布设多参数水质监测站与

水位流量自动测报系统,运用无人机遥感与卫星遥感技术,对冰川融雪、土壤墒情等非工程性水源进行动态监测;通过构建水资源数据中台,整合气象、水文、用水等多源数据,运用机器学习算法预测水资源变化趋势,为管理决策提供数据支撑。科学规划机制以水资源承载能力为约束,统筹经济社会发展与生态保护需求。采用多目标优化模型,综合考虑防洪、灌溉、发电、生态等用水目标,制定分阶段、分区域的水资源开发利用规划;推行用水总量控制与定额管理制度,通过水权交易市场实现水资源在行业间的高效配置;结合数字孪生技术,模拟不同规划方案的水资源供需平衡状态,优化工程调度策略^[4]。生态保护策略强调“以水定需、量水而行”的原则。划定水资源开发利用红线与生态保护红线,严格管控地下水位下降与河道生态基流;实施水系连通工程与人工湿地建设,增强水体自净能力;推广农业节水灌溉技术与工业循环用水模式,减少水资源浪费;建立跨界水污染联防联控机制,运用水质指纹溯源技术打击违法排污行为。

结语

水利工程建设与管理是复杂系统工程,各环节紧密相连。历经探索创新,我国在筑坝、地基处理、金属结构等关键技术领域已达国际先进,管理体系亦不断完善,为工程稳定运行和可持续发展奠定基础。然而,面对水资源形势的严峻挑战和社会需求的动态变化,仍需直面诸多难题。未来,应强化科技创新,推动智能化、绿色化发展;完善制度,提升管理效能;培育人才,提高行业素质,以充分发挥水利工程在经济社会与生态文明建设中的重要作用。

参考文献

- [1]李宽.水利工程建设与水利工程管理[C]//2024智慧施工与规划设计学术交流会议论文集.2024:1-3.
- [2]刘吉森.论析水利工程建设与水利工程管理[J].水上安全,2024(19):152-154.
- [3]何洪光.水利工程建设与水利工程管理探讨[J].城镇建设,2020(7):191,201.
- [4]曹洪英.水利工程建设与水利工程管理浅析[J].水上安全,2023(12):40-42.