

提升水利水电建设水平

牛艺霖

南水北调中线实业发展有限公司 北京 100038

摘要: 本文从多维度探讨提升水利水电建设水平的路径。通过优化规划设计体系,强化规划科学性与设计技术革新;升级核心技术应用,推动施工智能化、攻关关键技术并构建智慧运维体系;完善建设管理机制,优化全流程管理与风险防控;强化生态保护,融入生态理念与推动效益协同;同时完善绿色建造标准。这些举措形成系统方案,为水利水电工程高质量发展提供支撑,助力工程兼顾功能发挥与可持续性。

关键词: 水利水电建设;规划设计;核心技术;生态保护;建设管理

引言:水利水电工程是保障水资源安全、能源供应与防洪减灾的重要基础设施,其建设水平直接关系经济社会发展与生态安全。当前,传统建设模式在应对复杂工况、生态保护需求及智能化发展趋势时面临挑战,如规划适应性不足、施工效率待提升、生态协同性需加强等。在此背景下,从规划设计、技术应用、管理机制、生态保护等方面探索提升路径,对推动水利水电工程提质增效、实现可持续发展具有重要意义。

1 优化水利水电工程规划设计体系

1.1 强化规划的科学性与前瞻性

在水利水电工程规划阶段,需深度调研区域水资源禀赋,包括水资源总量、时空分布特征以及开发利用现状,全面分析经济社会发展对水资源供给、防洪安全、能源生产等方面的需求,在此基础上构建多目标统筹的规划框架,使规划方案既能满足当前发展需求,又能为未来预留合理发展空间^[1]。引入动态规划理念,充分考虑气候变化可能引发的降水模式改变、极端水文事件频发等情况,以及产业结构调整、城镇化进程推进带来的用水结构变化,将这些长期发展变量纳入规划模型,通过动态调整规划参数与方案内容,增强规划对未来不确定性因素的适应能力。加强规划与国土空间规划的衔接,明确工程建设在国土空间开发保护格局中的定位,避免工程选址、规模与国土空间管控要求冲突;同时注重与生态保护规划协同,识别工程建设可能影响的生态敏感区域与关键生态功能,将生态保护目标融入规划方案,确保工程建设与生态系统保护相协调。

1.2 革新设计技术与方法

推广数字化设计工具,涵盖工程地质勘察数字化系统、枢纽布置数字化建模软件等,借助这些工具将工程设计的各个环节转化为可视化模型,从地形地貌建模、建筑物结构设计到水力特性分析,均实现参数化控制,

便于设计人员直观把握设计细节,及时发现并修正设计偏差。应用三维协同设计模式,打破传统设计中各专业分散作业的局限,建立统一的三维设计平台,使结构、水力、电气等不同专业设计人员能够实时共享设计数据、协同完善设计方案,减少专业间数据传递误差,提升设计方案的整体协同性与空间布局精准度。强化设计方案的多场景模拟分析,针对工程运行中可能面临的正常工况、极端洪水、地震灾害等不同场景,利用专业模拟软件构建相应的计算模型,模拟不同场景下工程的受力状态、水力响应与运行效果,根据模拟结果优化工程结构形式与技术参数,提升工程在复杂工况下的安全稳定性与运行适配能力。

2 升级水利水电建设核心技术应用

2.1 推动施工技术智能化转型

引入智能施工设备与机械,包括无人碾压机、智能混凝土浇筑机器人、自动化钢筋笼成型设备等,这些设备可通过内置传感器与控制系统实现作业参数的精准调控,减少人工操作误差,提升工程建设的自动化水平与施工精度,尤其在大坝填筑、基础处理等对工艺要求严格的环节,能有效保障施工质量的一致性^[2]。应用远程监控与操控技术,通过在施工区域布设高清摄像头、环境监测传感器以及设备状态监测模块,实时采集施工进度、现场环境参数与设备运行数据,传输至远程控制中心,工作人员可依据这些数据优化复杂环境下的施工组织方式,如在高海拔、高边坡或汛期等特殊场景,无需现场值守即可完成关键工序的监控与调整,降低施工安全风险。推广模块化、装配式施工技术,将水电站厂房构件、闸门结构等提前在工厂标准化生产,运输至现场后进行组装,这种方式减少现场浇筑作业量,避免受天气等外部因素影响,缩短建设周期,工厂化生产的构件经过严格质量检验,能显著提升工程质量稳定性,减少

后期维护成本。

2.2 强化关键技术攻关与转化

聚焦高坝建设、深埋隧洞、复杂地基处理等技术难题开展专项研发，针对高坝建设中的温控防裂问题，研发新型低热水泥材料与智能温控系统；针对深埋隧洞施工中的岩爆预警与支护难题，开发岩体力学参数实时监测与动态支护技术；针对深厚覆盖层、岩溶发育区等复杂地基，研究新型防渗墙施工工艺与地基加固技术，通过专项攻关突破工程建设中的技术瓶颈。推动新材料、新工艺在防渗、抗冲、防腐等工程环节的应用，如在坝体防渗环节采用复合土工膜与自粘式防渗材料，提升防渗效果与耐久性；在泄洪建筑物抗冲环节应用超高强混凝土与耐磨涂层，增强结构抗冲刷能力；在金属结构防腐环节推广纳米陶瓷涂层与阴极保护技术，延长设备使用寿命。建立技术成果转化机制，搭建科研机构与施工企业之间的合作平台，通过技术交流研讨会、现场试验基地建设等方式，促进科研成果与工程实践需求对接，将实验室研发的技术方案转化为可直接应用的施工工法与操作规程，加快技术落地速度，提升水利水电工程建设的技术含量。

2.3 构建水利水电工程智慧化运维体系

在工程建设阶段同步规划智慧化运维架构，预留设备监测接口与数据传输通道，确保建成后能快速接入运维管理平台。部署物联网感知设备，覆盖大坝结构、发电机组、输水管道等关键部位，实时采集运行参数、环境数据与设备状态信息，通过边缘计算节点初步处理数据后传输至云端平台，同时搭建数据加密传输与存储机制，保障运维数据安全。开发智能运维管理系统，整合数据分析、故障诊断、调度优化等功能，可自动识别设备异常运行趋势，生成维护建议与调度方案，减少人工运维成本与响应时间。系统还可结合历史运维数据优化算法模型，同步构建设备数字孪生模型，实现运行状态虚实映射与预测性维护，提升诊断精度与调度合理性。配套开发移动端应用，支持巡检工单闭环管控与离线数据续存，保障断网场景下运维不中断。同时，建立运维数据共享机制，推动与防汛、调度等系统联动，优化应急响应效率，为后续工程改造、技术升级提供数据支撑，实现工程全生命周期的智慧化管理。

3 完善水利水电工程建设管理机制

3.1 优化建设全过程管理流程

构建覆盖规划、设计、施工、验收的全生命周期管理体系，在规划阶段明确工程建设目标与核心指标，同步制定后续各阶段的管理重点与衔接要求；设计阶段需

将管理标准融入设计方案，明确施工过程中的质量控制点与验收依据；施工阶段严格按照设计方案与管理流程推进作业，实时记录建设数据；验收阶段对照全周期管理目标开展多维度评估，确保工程建设成果符合预期^[3]。强化各环节的衔接协同，建立跨阶段沟通机制，规划与设计环节需共享区域水资源、地质条件等基础数据，设计与施工环节需开展技术交底与方案优化研讨，施工与验收环节需同步整理建设资料与过程记录，避免因信息断层导致管理效率损耗。引入标准化管理模式，针对工程建设的质量、安全与进度制定统一管控标准，质量方面明确原材料检验、工序验收的具体要求，安全方面规范现场作业防护、设备操作流程，进度方面设定关键节点的完成时限与考核标准，通过标准化管理减少人为干预，保障工程建设有序推进。

3.2 提升风险防控与应急管理的能力

建立全周期风险识别与评估机制，在规划阶段分析区域水文、地质条件可能引发的工程风险，设计阶段排查结构安全、技术适配等方面的潜在问题，施工阶段监测人员操作、设备运行等环节的风险隐患，通过定期风险评估会议梳理风险清单，划分风险等级并制定针对性防控措施。完善质量与安全管控体系，在质量管控中引入第三方检测机构，对关键工序、重要构件进行抽样检验；在安全管控中布设智能监测设备，实时监控施工现场的人员违规操作、设备异常运行等情况，同时组建专项巡检团队，开展日常隐患排查与整改跟踪，确保风险隐患及时处置。制定针对性应急方案，针对地质灾害、设备故障、极端天气等突发情况，明确应急响应流程、责任分工与资源调配方案，储备抢险物资与救援设备，定期组织应急演练，提升工作人员应对突发情况的处置能力，最大限度降低突发事件对工程建设的影响。

3.3 加强建设过程中的数字化管理赋能

搭建工程建设数字化管理平台，整合规划设计图纸、施工进度计划、资源调配数据、质量安全记录等信息，实现各环节数据的集中存储与可视化呈现，便于管理人员实时掌握工程整体推进情况。开发进度管理模块，将施工任务分解为具体节点并关联责任人与时间节点，通过自动比对实际进度与计划进度，及时预警滞后环节并推送调整建议，避免进度延误。构建资源管理系统，对施工所需的人力、设备、原材料等资源进行动态追踪，结合工程进度需求智能调配资源，减少资源闲置或短缺情况，提升资源利用效率。平台还可联动分析进度与资源数据，识别关联瓶颈，同时支持移动端访问，方便现场人员随时操作，在平台中嵌入质量安全数

据录入与查询功能,施工人员可实时上传工序验收记录、安全检查结果,管理人员通过数据回溯快速定位问题源头,为管理决策提供精准数据支撑,推动建设管理从传统经验驱动向数据驱动转变。

4 强化水利水电工程生态保护与可持续发展

4.1 融入生态化建设理念

在工程设计阶段需开展详细的生态环境调查,明确流域内珍稀动植物栖息地、关键生态廊道等敏感区域,将生态保护要求纳入设计方案,合理规划工程选址与布局,避免占用核心生态区域,减少对流域生态系统的自然连通性与生物多样性的扰动^[4]。施工过程中严格控制作业范围,采用低影响施工工艺,减少植被破坏与土壤扰动;同时推广生态护岸、鱼类通道、植被恢复等生态修复措施的集成应用,生态护岸选用透水材料构建,兼顾防洪与水生生物栖息需求,鱼类通道根据流域鱼类洄游习性设计合理的过鱼设施,植被恢复优先选用本土植物品种,形成与周边生态环境相协调的植被群落。强化工程建设中的水土保持与污染防控,在施工区域布设截排水系统与沉砂池,减少水土流失;对施工废水、生活污水进行处理达标后排放,妥善处置建筑废弃物,避免污染物进入水体或土壤,最大程度降低工程建设对周边环境的影响。

4.2 推动工程与生态效益协同

在工程规划与设计中统筹考虑防洪、发电、供水等传统功能与生态调节功能,例如在水库调度方案中预留生态流量,保障下游河道基本生态用水需求,维持河道生态系统稳定;在水电站运行中优化发电调度,兼顾鱼类产卵期、洄游期等关键生态节点的用水需求。建立生态效益评估机制,设定水质改善、生物多样性维持、水土流失控制等生态指标,将其纳入工程建设成效评价体系,定期开展生态效益监测与评估,根据评估结果调整工程运行或管理措施,确保生态效益持续发挥。探索水利水电工程与生态旅游、绿色能源产业的融合发展路径,依托工程形成的水域景观与周边自然生态资源,打造生态观光、科普教育等旅游项目,结合工程发电能力,配套发展储能、氢能等绿色能源产业,实现工程经

济收益与生态保护的良性互动,推动水利水电工程可持续发展。

4.3 完善水利水电工程绿色建造标准

梳理工程建设各环节的绿色要求,制定覆盖规划、设计、施工、验收的绿色建造标准体系,明确生态保护、资源节约、污染控制等方面的具体技术指标。在材料选用标准中,优先纳入低碳、环保、可循环的建材类型,限定高能耗、高污染材料的使用范围;在施工标准中,规范低噪声、低扬尘、低排放的施工工艺,明确水土保持与植被恢复的技术流程。建立绿色建造评价机制,将评价结果与工程验收、评优挂钩,推动建设主体严格落实绿色标准。可融入数字化追溯要求,明确关键工序数据留存规范,同步建立分级监管机制,压实建设、施工、监理各方责任。此外,定期修订标准内容,结合生态保护技术与工程实践反馈,更新指标要求与技术规范,同时开展标准宣贯培训,提升建设人员对标准的理解与执行能力,确保绿色建造标准的科学性与时效性。

结束语

提升水利水电建设水平需依托规划设计优化奠定基础,借助核心技术升级注入动力,通过管理机制完善保障质量,依靠生态保护措施实现可持续。各环节相互支撑、协同发力,形成系统提升体系。未来,需持续跟进技术发展与生态需求变化,优化完善相关路径与标准,推动水利水电工程在保障民生、服务发展中发挥更大作用,助力构建水安全与能源安全保障新格局。

参考文献

- [1]艾能龙.加强水利水电工程管理,提升水利水电建设水平[J].城市建设理论研究(电子版),2022(16):28-30.
- [2]姚天送.水利水电工程施工技术管理水平提升的对策研究[J].水电水利,2024,8(3):112-114.
- [3]李峰.提升小型水电站工程建设安全管理水平[J].水上安全,2023(16):148-150.
- [4]熊国文.提升水利水电工程技术及管理水平的措施[J].建筑工程技术与设计,2025,13(28):157-159.