

水利工程设计技术与管理综合技术研究

关晓晖

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 水利工程设计技术与管理综合技术研究聚焦于通过现代设计理念、数字化及智能化技术提升工程效益与生态协同性。研究涵盖生态水利设计、BIM/GIS建模、AI辅助设计等技术创新,结合防洪减灾、水资源高效利用等关键技术优化,并探索全生命周期管理框架、动态风险评估及PPP模式等管理创新。通过技术集成与数据驱动决策,推动水利工程向智能化、可持续化方向转型,为行业提供理论与实践双重指导。

关键词: 水利工程;设计技术;管理综合技术

引言:水利工程建设是国家水资源安全与生态可持续发展的关键支撑。随着气候变化、城市化进程加快及生态保护需求升级,传统水利工程设计与管理模式面临效率低、生态扰动大、协同性不足等挑战。本研究聚焦水利工程设计技术体系创新与管理模式转型,通过融合数字化、智能化技术与全生命周期管理理念,探索生态协同、风险可控、资源高效的设计与管理综合技术路径,为推动水利工程高质量发展提供理论支撑与实践参考。

1 水利工程设计技术体系研究

1.1 现代设计理念与技术方法

(1)生态水利设计理念以人与自然和谐共生为核心,打破传统工程优先的思维定式,在设计全过程融入生态保护要求。通过避让生态敏感区、模拟自然水文过程、构建生态廊道等措施,实现水利工程与周边生态系统的协同发展,减少工程建设对生态环境的扰动,保障生物多样性与生态系统完整性。(2)数字化设计技术是现代水利工程设计的核心支撑,涵盖BIM、GIS、数值模拟等关键技术。BIM技术实现工程全生命周期的可视化建模与协同管理,提升设计精度与效率;GIS技术依托空间地理信息优势,为工程选址、水资源评估等提供空间决策支持;数值模拟技术则可精准预测水流、泥沙运动等工况,为设计优化提供科学依据。(3)智能化设计应用加速设计模式革新,AI辅助设计可自动完成图纸绘制、参数校核等重复性工作,降低人为误差;大数据分析整合水文、气象、地质等多源数据,实现设计方案的动态优化与风险预判,推动水利工程设计向智能化、精准化转型^[1]。

1.2 关键设计技术分析

(1)水工建筑物结构优化设计聚焦安全与经济的平衡,通过新型材料应用、结构形式创新及受力分析优化,提升建筑物抗荷载、抗老化能力,同时降低建设与运维成本。(2)防洪减灾工程体系设计以流域为单元,构建

“拦、蓄、泄、排”协同的防洪格局,结合水文情势预测,优化水库、堤防、分洪工程等布局,提升流域防洪标准与应急响应能力。(3)水资源高效利用与调度设计围绕节水优先目标,通过取水构筑物优化、输水系统防渗改造、梯级调度优化等技术,提高水资源利用效率,保障城乡供水、农业灌溉等多元用水需求。(4)生态修复与景观融合设计将生态修复技术与景观美学需求相结合,通过生态护岸、植被重建、亲水空间打造等措施,实现水利工程的生态功能与景观价值双赢。

1.3 设计技术创新案例

(1)某大型水库多目标协同设计实践整合防洪、供水、发电、生态保护等多元目标,运用数字化建模与多目标优化算法,优化水库库容分配、泄洪建筑物布局及调度方案,实现工程效益最大化与生态影响最小化,为大型综合水利工程设计提供了可借鉴的范式。(2)数字孪生技术在河道治理中的应用构建了河道全要素数字孪生体,整合实时监测数据与数值模拟模型,实现河道水流状态、水质变化、岸坡稳定性的动态仿真与预测预警,为河道清淤、生态修复、洪水调度等决策提供精准支撑,大幅提升了河道治理的科学性与智能化水平。

2 水利工程管理综合技术体系研究

2.1 全生命周期管理理论

(1)规划、设计、施工、运维一体化管理框架打破传统水利工程各阶段割裂的管理模式,构建全流程协同体系。通过建立统一的数据标准与信息共享平台,实现规划阶段的需求研判、设计阶段的方案优化、施工阶段的质量管控与运维阶段的高效保障无缝衔接,确保工程各环节目标一致、资源统筹,提升工程整体建设与运营效益。(2)动态风险评估与决策支持系统依托全生命周期数据,整合水文、地质、工程结构等多维度风险因子。通过实时数据采集与模型推演,动态识别工程各阶段潜

在风险,量化风险等级,并生成针对性应对方案,为管理决策提供科学依据,提升风险防控的前瞻性与有效性。

2.2 智能化管理技术应用

(1)物联网(IoT)在工程监测中的应用通过部署各类传感器,实现对水工建筑物结构变形、渗流、水位、水质等关键指标的实时感知。数据经无线传输至管理中心,完成实时监控与异常预警,为工程安全运行提供全天候、高精度的监测保障。(2)无人机巡检与遥感技术突破传统人工巡检的时空限制,可快速覆盖大范围工程区域。无人机搭载高清相机、红外传感器等设备,实现对堤防、渠道、水库岸坡等区域的高效巡检,结合遥感影像的宏观监测能力,精准识别隐患,大幅提升巡检效率与覆盖面。(3)基于云计算的工程管理平台整合海量工程数据,提供数据存储、分析、可视化等功能。支持多部门、多终端协同办公,实现工程进度、质量、安全、成本等全要素的集中管控,为远程决策与高效管理提供强大技术支撑^[2]。

2.3 管理模式创新

(1)PPP模式在水利项目中的实践通过政府与社会资本合作,有效缓解政府资金压力,引入社会资本的技术与管理优势。但实践中面临利益分配不均、风险分担不合理、监管机制不完善等挑战,需通过优化合作协议、健全监管体系实现可持续发展。(2)精细化管理与标准化体系建设以规范管理流程为核心,制定覆盖工程建设与运维各环节的标准规范。通过细化管理指标、明确责任主体、强化过程管控,提升管理的规范化水平,减少人为误差,保障工程运行质量^[3]。(3)应急管理 with 灾后恢复机制聚焦洪涝、地震等突发事件,建立“监测预警—应急响应—抢险处置—灾后修复”全链条机制。通过完善应急预案、储备应急物资、开展应急演练,提升快速响应能力,最大限度降低灾害损失,加快灾后工程功能恢复。

3 水利工程设计技术与管理的融合机制

3.1 协同设计与管理流程优化

(1)跨部门协作机制(设计、施工、运维单位联动)是打破设计与管理割裂壁垒的核心支撑。传统水利工程各环节存在“设计脱离施工、管理滞后于设计”的问题,通过构建跨部门协作机制,推动设计单位提前对接施工、运维需求,将施工可行性、运维便利性纳入设计考量;施工单位同步反馈现场施工数据,为设计优化提供实践依据;运维单位全程参与设计评审,明确运维阶段的技术标准与管理要求。建立常态化联动会议、信息共享台账与责任追溯机制,实现设计、施工、运维全流程信息互

通、责任共担,从源头规避设计与施工、管理脱节带来的返工、成本增加等问题。(2)基于BIM的协同管理平台构建是实现设计与管理高效融合的技术载体。依托BIM技术的全生命周期建模优势,构建集设计建模、施工管控、运维管理于一体的协同平台。设计阶段生成的三维模型可直接导入平台,为施工单位提供精准的施工依据,施工单位通过平台实时上传施工进度、质量检测数据,与设计模型进行比对校验,及时发现并解决施工与设计的偏差;运维阶段则基于BIM模型整合建筑物结构参数、监测数据等信息,实现设备维护、风险预警等管理工作的可视化、精准化。平台通过统一的数据标准与权限管理,支持多部门同步协作,大幅提升设计与管理的协同效率^[4]。

3.2 数据驱动的决策支持系统

(1)多源数据融合与分析技术是设计与管理融合决策的核心基础。水利工程全生命周期产生海量多源数据,涵盖水文气象、地质勘察、设计参数、施工记录、运维监测等。通过数据清洗、格式转换、关联映射等融合技术,打破“数据孤岛”,构建统一的全域数据库;运用大数据分析算法,挖掘数据背后的关联规律与潜在风险,例如通过分析施工数据优化设计参数,结合运维监测数据预判建筑物安全状态,为设计优化与管理决策提供客观、精准的数据支撑。(2)动态仿真与可视化决策工具提升设计与管理决策的科学性与直观性。基于融合后的多源数据,构建水利工程动态仿真模型,可模拟不同设计方案下的工程运行状态、极端工况下的风险响应等场景,帮助设计与管理团队精准评估方案的可行性与安全性;借助可视化技术将仿真结果、数据分析结论转化为直观的图表、三维场景,清晰呈现工程设计要点、管理重点与风险隐患,降低决策门槛。同时,动态仿真模型可实时接入运维监测数据,实现设计方案与管理策略的动态调整,提升决策的时效性与适应性。

3.3 标准化与规范化建设

(1)设计技术标准与管理流程对接是保障设计与管理融合有序推进的制度前提。当前设计标准与管理流程存在衔接不畅问题,需加快制定统一的融合标准体系,明确设计阶段需对接的管理要求,例如将质量管控、安全防护、成本控制等管理指标纳入设计技术标准;同步规范管理流程中对接设计成果的具体要求,明确施工、运维阶段对设计文件的审核标准、反馈流程与优化机制。通过标准对接,确保设计成果能够精准适配管理需求,管理流程能够有效衔接设计环节,形成设计与管理相互支撑、协同推进的规范体系^[5]。(2)质量安全管控体系优化是设计与管理融合的关键保障。以设计与管理融合为导

向,优化质量安全管控体系,将管控节点前置至设计阶段,强化设计方案的质量安全评审,从源头规避质量安全隐患;在施工阶段,依托设计技术标准制定精细化的质量安全管控细则,实现设计要求与施工管控的精准匹配;在运维阶段,结合设计参数建立针对性的质量安全监测与维护标准,形成“设计源头管控—施工过程把控—运维长效监管”的全链条质量安全管控体系。同时,明确各环节质量安全责任主体与考核机制,确保管控体系落地见效,保障水利工程全生命周期质量安全。

4 水利工程设计与管理融合发展的挑战与对策建议

4.1 当前面临的主要挑战

(1) 技术集成难度大,核心源于水利工程设计与管理涉及水利工程、生态学、信息技术、管理学等多学科交叉融合。不同学科的技术标准、数据格式、应用逻辑存在差异,导致数字化、智能化技术与传统水利技术难以高效衔接,跨学科技术方案的协同设计与集成应用面临诸多障碍,制约了技术体系的整体效能发挥。(2) 数据共享与安全矛盾突出。一方面,工程全生命周期涉及多方主体,数据分散在设计、施工、运维等不同单位,数据共享机制不健全导致“数据孤岛”现象普遍,影响协同效率与决策科学性;另一方面,水利工程数据包含地理信息、工程核心参数等敏感内容,数据共享过程中面临泄露、篡改等安全风险,如何平衡共享需求与安全保障成为关键难题。(3) 人才短缺与复合型团队建设滞后。当前行业既精通水利工程专业知识,又掌握数字化、智能化技术及现代管理理念的复合型人才严重不足。传统人才培养模式侧重单一学科,难以满足多学科融合发展需求,复合型团队组建与协作机制不完善,制约了先进技术与管理模式的落地应用。

4.2 对策建议

(1) 强化政策支持与标准体系完善。出台专项扶持政策,加大对水利工程技术集成与管理融合领域的资金投入;加快制定跨学科技术集成标准、数据共享规范、安全管理细则等,统一技术接口、数据格式与安全等级,为技

术融合与数据流通提供制度保障,破解技术集成与数据共享的体制机制障碍。(2) 构建产学研用协同创新机制。推动高校、科研院所与水利企业深度合作,聚焦技术集成、数据安全等核心难题开展联合攻关,加速科研成果转化应用;建立协同创新平台,整合各方资源,促进技术、人才、数据等要素高效流动,形成“科研攻关—成果转化—实践应用—反馈优化”的闭环体系,提升行业整体创新能力。(3) 加强人才培养与国际化合作。优化高校专业设置,增设跨学科课程,培养兼具专业技术与综合管理能力的复合型人才;建立企业内部培训与行业交流机制,提升现有从业人员的技术与管理水平;积极开展国际化合作,引进国外先进技术与管理经验,加强国际人才交流,拓宽行业发展视野。

结束语

水利工程设计技术与管理综合技术研究,是应对水资源挑战、推动行业高质量发展的关键路径。通过生态设计理念深化、数字化智能化技术融合,以及全生命周期管理与协同创新机制的构建,实现了工程效益、生态保护与管理效能的统筹提升。未来需持续强化技术集成、数据安全与复合型人才培养,完善政策标准体系,推动水利工程向智慧化、可持续化方向迈进,为全球水利治理贡献中国方案。

参考文献

- [1]韩欣.现代水利工程设计中生态景观与文化元素的融入[J].住宅与房地产,2021,(21):128-129.
- [2]赵应坤.生态水利工程规划设计研究[J].工程技术研究,2021,6(01):219-220.
- [3]邵金娜.水利工程设计概算与施工组织设计的关联性探讨[J].黑龙江水利科技,2024,52(07):153-156.
- [4]宋乐然,杨斌,王庆凯.水利工程设计施工总承包管理的实践与思考[J].治淮,2024,(04):69-70.
- [5]张春波,涂兴盛,陈璐.水利工程设计施工总承包发包优势探析[J].山东水利,2023,(05):43-44.