

水资源管理中水利工程技术应用探索

刘 瑞 李 智 吴怡成
玉溪市工业信息投资有限公司 云南 玉溪 653100

摘 要：水资源管理是保障生态平衡与可持续发展的关键，水利工程技术在其中发挥着重要作用。本文系统探讨了水源开发、水资源调配、水质净化、节水利用及防洪减灾等技术的应用现状，分析了技术适配性、生态保护、协同管理及运维成本等关键问题，并提出了智能化融合、生态友好设计、模块化建设及可再生能源利用等优化方向。水利工程技术的创新与集成应用能够有效提升水资源管理效率，为应对水资源短缺、污染及极端气候提供科学解决方案。

关键词：水资源管理；水利工程技术；技术分类；技术优化；生态保护

引言：水资源管理是保障社会经济可持续发展的重要环节，水利工程技术在其中发挥关键作用。不同地区水资源状况差异显著，对水利工程技术提出多样化需求。从水源开发到防洪减灾，各类技术的应用直接影响水资源利用效率与生态安全。当前，技术应用面临适配性、协同管理等多重挑战，探索技术优化与创新路径，对提升水资源管理水平具有重要意义。

1 水资源管理中的水利工程技术分类

1.1 水源开发与保护技术

水库和水坝等蓄水工程的设计需兼顾水量调控与生态平衡。通过模拟流域水文节律，调整坝体泄流方式，维持下游河道基流稳定，为水生生物保留适宜栖息环境^[1]。在地质复杂区域，采用分层取水结构减少底层低温水对下游生态系统的影响，结合鱼道设计帮助洄游鱼类完成繁殖周期。地下水超采修复与人工回灌技术通过监测含水层水位变化，构建地下水监测网络，精准计算回灌量。选用渗透性适宜的回灌介质，结合地表水体净化处理，将达标水通过竖井或渗渠补给地下，逐步恢复地下水漏斗区水位，改善区域水生态环境，在沙质土壤地区采用砾石垫层提升回灌渗透效率。

1.2 水资源调配与输配技术

跨流域调水工程的优化调度依托大数据分析流域水资源分布特征，建立来水预测模型，动态调整输水流量。通过分段加压泵站与节制闸联合调控，降低输水过程中的蒸发与渗漏损耗，提升输水效率，在干旱季节优先保障沿线城市生活用水。输水管道防参与压力管理系统采用新型管材与接口密封技术，减少管道渗漏率。安装压力传感器与智能调控装置，实时监测管道压力变化，自动调节阀门开度，避免因压力波动导致的爆管问题，保障输水系统稳定运行，在高落差路段设置减压装置平衡管道受力。

1.3 水质净化与污染控制技术

物理化学及生物净化工艺的集成应用形成阶梯式处理流程。通过格栅过滤去除大颗粒杂质，混凝沉淀降低水体浊度，生物膜法降解有机污染物，活性炭吸附去除微量污染物，最终提升水质达标率，在处理工业废水时增加高级氧化单元分解难降解物质。农业面源污染拦截与生态修复技术在农田与水体之间构建缓冲带，种植水生植物吸收氮磷营养物质，利用土壤吸附与微生物分解作用，减少农田排水中的污染物含量。结合湿地生态系统建设，增强对农业面源污染的净化能力，在缓冲带底部铺设防渗膜防止污染物下渗污染地下水。

1.4 节水与高效利用技术

农业灌溉中的滴灌和喷灌系统通过智能控制器连接土壤墒情传感器，根据作物生长阶段需水量自动调节灌溉量。滴灌系统将水分直接输送至作物根系区，减少蒸发损失；喷灌系统通过调整喷头角度与水压，实现均匀洒水，提高水资源利用率，在温室大棚中结合作物蒸腾数据优化灌溉周期。工业循环用水与零排放技术通过水处理设备对生产废水进行深度处理，去除水中重金属与有机污染物，处理后的水重新用于生产环节。采用封闭循环系统，减少新鲜水取用量，通过工艺优化实现废水资源化，达到零排放目标，在化工行业应用膜分离技术提升水循环利用率。

1.5 防洪减灾技术

河道整治与堤防加固工程通过清淤疏浚扩大河道行洪断面，采用混凝土防渗墙与护坡结构增强堤防抗冲刷能力。结合生态护岸技术，在堤防外侧种植草本植物与灌木，巩固堤岸土壤，减少水土流失，在弯曲河道实施裁弯取直工程提高行洪速度。城市内涝预警与排水系统优化基于气象监测数据与城市管网模型，建立内涝预警平台。通过改造雨水管网，增设雨水调蓄池，优化排水泵站运

行模式,提升城市应对强降雨的排水能力,降低内涝发生频率,在低洼区域设置强制排水泵应对极端降雨。

2 水利工程技术应用中的关键问题

2.1 技术适配性挑战

不同地理气候条件对技术方案提出差异化要求。干旱地区蒸发量大,输水工程需强化保温防晒设计,采用埋地管道减少水面暴露;湿润地区降雨集中,排水系统需提升抗淤积能力,选用耐腐蚀材料延长使用寿命^[2]。高海拔区域昼夜温差大,混凝土浇筑需添加抗裂剂,避免因温度应力产生结构裂缝。季节性冻土区的渠道工程需采用防冻胀基础,通过铺设砂砾石垫层阻断冻胀力传递路径。复杂地质环境对工程稳定性影响显著。喀斯特地貌区存在溶洞与地下暗河,基础施工需通过地质雷达探测精准定位,采用灌浆填充技术加固地基。地震活跃带的水利设施需优化结构抗震参数,坝体采用柔性连接设计,增强应对地壳运动的缓冲能力。黄土湿陷性地区的堤防工程需进行土壤改良,通过强夯法降低孔隙比,防止后期沉降导致的结构变形。滨海地区水利工程需采用耐盐混凝土,钢筋表面涂刷防腐涂层,抵御海水侵蚀造成的结构损伤。

2.2 生态保护与工程效益的平衡

水库建设可能改变河流自然水文过程,蓄水形成的淹没区会压缩陆生生物栖息地,需保留生态廊道连接破碎化地块。水位调度需模拟自然洪枯节律,在鱼类繁殖期保持稳定水位,避免产卵场被淹没或干涸。坝体泄流时采用多孔分级消能,减少高速水流对下游河床的冲刷,维持河道形态完整性。库区周边需种植乡土植被,构建缓冲带拦截面源污染,降低入库水体富营养化风险。调水工程引发的区域水文循环变化可能导致调出区径流量减少,需控制取水量在生态基流范围内,保障河流自净能力。调入区地下水补给方式改变,可能引发土壤盐碱化,需配套排水系统降低地下水位,通过种植耐盐植物改善区域生态。输水渠道沿线需预留生物迁徙通道,避免形成生态隔离带,保护区域生物多样性。

2.3 技术集成与协同管理难题

多部门与多技术体系缺乏有效协同机制。水资源管理涉及水利、环保、农业等多个领域,各部门技术标准与数据格式不统一,导致信息共享存在壁垒。灌溉系统与供水网络分属不同管理主体,调度方案难以统筹协调,影响水资源整体利用效率。跨区域水利工程管理中,上下游利益诉求差异明显,需建立利益协调机制平衡各方需求。信息化平台与传统工程管理存在融合障碍。老旧水利设施传感器安装率低,数据采集依赖人工

巡检,难以接入智能调度系统。部分管理人员对数字化工具接受度有限,系统生成的优化方案执行率不高,导致技术潜力无法充分发挥。不同技术模块接口不兼容,水质监测系统与输水控制系统无法实时联动,延误污染事件响应时机。数据安全防护体系不完善,可能导致调度信息泄露或系统被恶意攻击,影响工程运行安全。

2.4 长期运维与成本压力

净化设施运行依赖持续能耗与药剂消耗,处理规模较大的污水处理厂日均耗电量占运营成本的三成以上,需引入光伏发电补充电力供应,采用新型催化剂降低药剂投放量。农村小型净水设备因用量小更换频率低,药剂过期问题影响处理效果,需建立统一配送与更换机制。膜分离系统更换周期短成本高,需研发低污染膜材料延长使用寿命,降低运维支出。偏远地区工程设施维护面临人员与技术双重短缺。高原牧区的灌溉泵站距离城镇较远,专业维修人员往返耗时过长,设备故障可能导致灌溉中断。山区小型水库缺乏自动化监测设备,水位与坝体位移需人工定期检查,难以及时发现安全隐患。部分地区维护资金拨付周期长,设备老化后无法及时更新,缩短工程使用寿命。寒冷地区冬季管道防冻需持续投入保温材料,极端低温天气可能导致管道冻裂,增加抢修成本。小型水利工程管护主体不明确,责任划分模糊,容易出现失修失管现象。

3 水利工程技术优化与创新方向

3.1 智能化技术融合

物联网传感器在实时监测中的应用打破传统监测的时空限制。在水库、河道、输水管道等关键部位布设多类型传感器,实时采集水位、流量、水质、压力等参数。传感器采用低功耗设计,通过无线传输技术将数据汇聚至管理平台,实现对水利工程运行状态的全域感知。监测数据可及时捕捉异常波动,为工程调度提供精准依据^[3]。传感器网络可覆盖流域上下游,形成联动监测体系,同步掌握不同区域的水资源动态变化。大数据分析 with AI 算法为调度决策提供科学支撑。构建涵盖水文气象、工程运行、用水需求的数据库,通过机器学习挖掘数据间的关联规律。AI 算法可模拟不同来水情景下的供水方案,预测水资源供需平衡趋势,自动生成调度建议。针对突发水污染事件,算法能快速推演污染扩散路径,辅助制定应急处置措施,缩短决策响应时间。算法模型可结合历史水文数据不断迭代优化,提升对极端天气下水资源调度的适应性。

3.2 生态友好型工程设计

仿生结构在河道治理中注重模拟自然水文过程。借

鉴天然河道的蜿蜒形态设计整治方案,保留深潭、浅滩等多样化水域形态,为水生生物提供栖息地。采用仿水生植物形态的人工鱼礁,改善水流扰动状态,促进水体交换与溶解氧补充。河道护岸引入蜂巢格室结构,既增强岸坡稳定性,又为植被生长创造条件,实现工程功能与生态修复的协同。此类设计可降低水流对河岸的冲刷强度,维持河道自然形态的同时提升防洪能力。生态护坡与透水铺装材料的研发聚焦环境兼容性。护坡材料采用再生骨料与生态水泥混合制成,具有良好的透水性与透气性,允许水分与养分渗透至基层,促进植物根系生长。透水铺装材料通过多孔结构设计,加快地表径流渗透,补充地下水的同时减少地表积水。材料表面添加光催化涂层,可降解附着的有机污染物,提升水环境自净能力。材料选择注重本地化取材,减少运输过程中的资源消耗,增强工程与周边环境的协调性。

3.3 模块化与标准化建设

预制装配式水利设施的快速部署改变传统现场浇筑模式。涵管、闸门等构件在工厂标准化生产,通过流水线作业保证质量一致性。运输至施工现场后,采用螺栓连接、密封胶防渗等工艺快速组装,减少现场作业时间与建筑垃圾产生。模块化设计使设施具备可拆卸性,便于后期维护更换,适应不同规模工程的灵活组合需求。对于临时水利工程,模块化结构可实现快速搭建与拆除,降低对场地的永久性影响。通用技术标准的制定与推广提升行业协同效率。统一水利工程设计参数、材料性能指标及施工流程规范,确保不同区域、不同项目的工程质量达标。标准体系涵盖从规划、建设到运维的全生命周期,明确各环节技术要求与验收标准。建立标准动态更新机制,结合技术发展与实际应用反馈,及时纳入新型材料、新工艺的技术规范。标准推广通过行业培训、案例示范等方式推进,确保从业人员准确理解并执行相关要求。

3.4 可再生能源耦合利用

水力发电与风光互补系统的集成提高能源利用效率。在水利枢纽工程中配套建设光伏电站,利用坝体、库区周边闲置空间布置光伏板,通过智能控制系统协调水力发电与光伏发电的出力比例。结合风力资源分布,在开阔区域加装风力发电机组,形成多能互补的清洁能源供应体系,满足工程自身用电需求的同时实现电力并网输出。能源系统与水利工程运维深度融合,可根据工程用电负荷变化自动调节能源输出,确保供电稳定性。输水工程中的势能回收技术实现能源二次利用。在输水管道落差较大的段落安装微型水轮机,利用水流势能驱动发电机发电。发电设备与管道系统一体化设计,不影响正常输水功能,所发电量可用于管道监测设备、阀门控制等自用设施,降低对外界电网的依赖。势能回收装置采用低阻力叶轮设计,减少对水流的阻碍,保证输水效率不受显著影响。设备运维与管道检修同步进行,减少单独维护带来的成本增加与工序干扰。

结束语

水资源管理中的水利工程技术应用是一个复杂且持续发展的课题。当前,各类技术在水资源管理各环节发挥重要作用,但也面临诸多关键问题。通过智能化技术融合、生态友好型工程设计、模块化与标准化建设以及可再生能源耦合利用等优化创新方向,有望突破现有瓶颈,提升水利工程技术的适应性、高效性与可持续性,更好地服务于水资源管理,保障水资源的合理开发与永续利用。

参考文献

- [1]李亚荣.水利工程技术在水资源管理中的应用探索[J].水上安全,2025(8):61-63.
- [2]郑祺荣.信息网络技术在水利工程管理中的应用[J].长江信息通信,2022,35(5):162-164.
- [3]权淑青.水利工程建设管理创新思路的探索[J].数字化用户,2025(17):88-90.