

水资源管理中水利工程技术应用探索

王晓丹

河南省水利第一工程局集团有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 水资源是区域发展关键基础, 高效管理对可持续发展意义重大。我国水资源总量丰富但人均不足、分布不均, 管理面临供需矛盾突出、污染防控压力大等诸多挑战。水利工程技术作为核心手段, 在水资源调查评价、优化配置、节水降耗、污染防治及防洪减灾等多领域广泛应用。本文深入剖析我国水资源现状与管理挑战, 详细阐述水利工程技术应用领域, 指出技术应用面临技术集成适配、跨部门协同等瓶颈, 并提出关键技术攻坚、完善协同机制等突破路径, 为提升水资源管理水平提供参考。

关键词: 水资源管理; 水利工程技术; 应用探索

引言: 我国水资源总量多但时空分布不均, 经济社会快速发展致用水需求大增、污染加剧, 水资源短缺与供需矛盾突出, 管理面临严峻考验。水资源管理是系统工程, 涵盖开发、利用等环节, 水利工程技术是核心支撑, 其应用水平影响管理成效。加强应用探索、破解瓶颈、优化路径, 对提升水资源利用效率等意义重大, 本文将系统探讨。

1 水资源管理概述与面临的挑战

1.1 水资源管理的内涵与目标

水资源管理是指通过行政、法律、经济、技术等多种手段, 对水资源的开发、利用、节约、保护等全流程进行系统性管控与协调的活动, 核心内涵是统筹兼顾水资源的自然属性与社会属性, 实现水资源的合理配置与高效利用。其核心目标包括三个层面: 一是保障水资源供给安全, 统筹协调生活、生产、生态用水需求, 确保区域用水稳定; 二是提升水资源利用效率, 推广节水技术与模式, 减少水资源浪费, 实现水资源集约化利用; 三是保护水资源生态环境, 防控水污染、修复水生态, 维护水资源生态平衡, 推动水资源可持续利用。同时, 水资源管理还需兼顾区域发展差异, 推动水资源与经济社会、生态环境协同发展。

1.2 我国水资源现状与特点

我国水资源现状呈现出鲜明的阶段性特点, 整体表现为总量丰富、人均不足、分布不均、供需失衡。从总量来看, 我国水资源总量位居世界前列, 但人均水资源量仅为世界平均水平的四分之一, 属于水资源短缺国家。从分布来看, 空间上呈现“南多北少、东多西少”的格局, 长江流域及以南地区水资源总量占全国的80%以上, 而北方地区人口密集、工业发达, 水资源需求量大但供给不足; 时间上呈现“夏秋多、冬春少”的特点, 降水集中

且年际变化大, 易引发洪涝与干旱灾害。另外, 我国水资源污染问题突出, 部分流域水体质量不达标, 进一步加剧水资源短缺矛盾, 给水资源管理带来更大压力。

1.3 水资源管理面临的主要挑战

当前我国水资源管理面临诸多严峻挑战, 制约水资源可持续利用。(1) 水资源供需矛盾日益突出, 随着经济社会快速发展, 工业用水、生活用水需求持续增长, 而水资源总量有限且分布不均, 北方地区缺水问题尤为严重, 部分地区出现地下水超采、水资源枯竭等现象。(2) 水污染防控压力巨大, 工业废水、生活污水排放总量较大, 部分污水未经达标处理直接排放, 导致流域水体污染、水质恶化, 进一步缩减可用水资源量, 威胁水资源安全^[1]。(3) 水资源利用效率偏低, 部分工业领域生产流程不够优化, 工业用水重复利用率不高, 生活用水浪费等问题依然存在, 节水技术推广力度不足, 水资源集约化利用水平有待提升。(4) 水生态修复任务艰巨, 长期过度开发利用水资源导致水体萎缩、湿地退化、水生态系统破坏, 生态用水保障不足, 水生态平衡难以维持。

2 水利工程技术在水资源管理中的应用领域

2.1 水资源调查与评价技术

水资源调查与评价技术是水资源管理的基础, 为水资源合理开发、优化配置提供科学依据。该技术主要通过遥感监测、水文监测、水质检测等手段, 对区域水资源总量、分布状况、水质等级、开发潜力等进行全面调查与系统评价。遥感监测技术可实现大范围水资源动态监测, 精准获取降水、地表水、地下水分布数据, 提升调查效率与精度; 水文监测技术通过布设监测站点, 实时采集河流水量、水位、流速等水文数据, 掌握水资源时空变化规律; 水质检测技术通过对水体中污染物含量、pH值、溶解氧等指标的检测, 评价水质状况, 识别水污染隐患。

通过这些技术的应用,可全面掌握区域水资源家底,为水资源管理决策提供数据支撑与科学指引。

2.2 水资源优化配置技术

水资源优化配置技术是破解水资源分布不均、缓解供需矛盾的核心技术,主要通过跨区域调水、水库群联合调度、水资源循环利用等工程技术手段,实现水资源在区域间、行业间的合理分配。跨区域调水工程技术通过修建输水管道、渠道等设施,将水资源丰富区域的水调配至缺水区域,有效平衡区域水资源供需,如南水北调工程极大缓解了北方地区缺水压力。水库群联合调度技术通过对多个水库的蓄水、放水进行协同调控,实现水资源的时空优化配置,兼顾防洪、供水、生态等多重效益。水资源循环利用技术通过对工业废水、生活污水进行深度处理,实现水资源再生回用,提升水资源重复利用率^[2]。

2.3 工业节水工程技术创新应用

工业节水工程技术创新聚焦于生产流程优化、节水装备升级与废水深度回用,通过工艺改造、设备升级及工程化集成,减少新鲜水消耗,提升水资源重复利用率。重点推广膜分离、反渗透、中水回用等核心工程技术,结合智能化控制装备,实现工业用水的精准管控与循环利用。例如,钢铁行业采用干法熄焦技术替代湿法熄焦,配套建设废水回收处理系统,单吨焦炭节水可达1.2吨;化工行业通过膜分离、反渗透等深度处理工程技术,结合专用膜组件装备,实现废水循环利用,工业用水重复利用率提升至90%以上。另外,智慧水务平台的工程化应用,可整合企业用水数据,通过大数据分析优化用水计划,配套建设节水监控终端,实时监测用水损耗,降低非生产性用水损耗;同时推广工业冷却用水循环利用工程,配套建设高效冷却塔、循环水泵等装备,进一步提升节水成效。

2.4 水污染防治与生态修复工程技术创新

水污染防治工程技术创新以污水处理工艺升级与污染源精准管控为核心。在污水处理领域,新型生物处理技术(如厌氧氨氧化、短程硝化反硝化)可显著降低能耗与污泥产量,处理效率提升30%;高级氧化技术(如臭氧催化氧化、电化学氧化)可高效降解难降解有机物,出水水质达到地表水IV类标准。污染源管控方面,通过安装在线监测设备与智能溯源系统,可实时追踪工业废水排放路径,结合区块链技术实现排放数据不可篡改,强化监管执法力度。生态修复工程技术创新则聚焦于水生生态系统结构与功能恢复,采用人工湿地、生态浮岛等技术构建水生植物-微生物-底栖动物协同净化体系,提升

水体自净能力;通过生态护坡技术(如格宾石笼、植生混凝土)替代传统硬质护坡,恢复河流纵向连通性与横向生物廊道,促进水生生物多样性恢复。此外,基于生态流量的水库调度技术可保障下游河道生态用水需求,维持河流健康生命。

2.5 防洪减灾技术

防洪减灾技术是水资源管理的重要组成部分,主要通过修建防洪工程、完善监测预警系统等技术手段,防范洪涝灾害,保障人民生命财产安全与水资源生态安全。防洪工程技术主要包括修建水库、堤坝、分洪闸等设施,拦截洪水、调节洪峰,减少洪涝灾害造成的损失,水库可通过蓄水拦洪,缓解下游防洪压力,堤坝可阻挡洪水漫溢,保护沿岸区域安全^[3]。监测预警技术通过布设水文、气象监测站点,结合大数据、物联网技术,实时监测暴雨、洪水动态,及时发布预警信息,为防洪减灾决策提供支撑,提前做好防范应对措施,最大限度降低洪涝灾害影响。

3 水利工程技术创新面临的挑战与对策

3.1 水利工程技术应用存在核心瓶颈

其一,跨领域技术融合不足,制约系统效能提升。水利装备与智能化、环保技术集成适配性差,如工业节水系统与智能监测装备通信协议不统一,数据采集延迟率达15%-20%;水污染防治重末端轻过程,污水处理厂与管网建设缺乏协同规划,出现“厂网不匹配”现象。其二,技术适配性问题突出,北方寒冷地区输水管道易冻胀损坏,高盐度工业废水处理缺专用膜组件,现有技术运行成本增40%以上。其三,技术标准体系不完善,智慧水利、污水处理等领域12项关键标准缺失,影响工程技术规模化推广,大型水利装备适配性与运维技术也需优化。

3.1.2 跨部门协同与数据共享障碍

水资源管理涉及多部门,数据孤岛现象突出,水文、气象、工业用水等数据未实时共享,影响洪水预警与水资源配置精准度。工程审批流程有部门壁垒,跨区域调水等工程审批环节多、耗时长,阻碍建设进度。技术决策机制不科学,部分地区水资源配置未充分考虑生态流量,水污染防治技术选择忽视区域产业特点,导致河流断流、污染物去除率低,工程技术针对性需提升。

3.1.3 技术推广与运维能力短板

基层水利工程技术推广体系薄弱,工业节水、污水处理等工程技术缺乏专业推广团队,中小企业技术采纳率较大型企业低22个百分点;运维保障能力不足,污水处理厂自动控制系统故障率达18%,部分设备因缺乏专业

维护停运；跨区域调水工程、大型隧洞等设施的运维成本占初始投资15%-20%，超出预算控制范围，运维技术与装备有待升级。技术更新迭代滞后，现有水利工程中35%的设备采用10年以上旧标准，难以适配新型传感器与智能算法，大型水利工程装备的国产化替代与升级速度需进一步加快。

3.2 水利工程技术创新突破路径

3.2.1 关键技术攻坚与装备升级

聚焦智能感知、数字孪生、新材料、大型工程装备四大方向开展技术攻坚，重点突破水利工程核心技术与装备国产化瓶颈。研发低功耗广域物联网传感器，实现水质、水量、水位等参数的实时监测，设备续航时间提升至3年以上；构建水利工程数字孪生平台，集成BIM模型与水文模拟算法，结合大型水利工程数据，提升洪水演进预测精度至90%以上、水资源配置调度效率提升30%；开发高性能膜材料、抗冻型管道材料，将反渗透膜脱盐率提升至99.8%，降低海水淡化与工业废水处理成本20%。推进重大装备国产化，研制大型隧洞掘进机（TBM）核心部件，实现直径12米级设备自主生产，提升复杂地层施工效率3-5倍；开发智能巡检机器人，配备多光谱摄像头与激光雷达，实现堤坝、隧洞、管网等设施渗漏隐患自动识别，检测效率较人工提升5倍。

3.2.2 跨部门协同机制与数据平台建设

在水利领域，跨部门协同与数据平台建设至关重要，核心是构建“水利+工业+环保”协同体系，推动工程技术与管理决策深度融合。一方面，积极建立“水利+X”协同创新中心，充分发挥各方优势，联合高校、科研院所与企业，针对水利工程技术难题开展联合攻关。以工业水污染治理为例，整合工业废水监测、深度处理、再生回用等多领域工程技术，形成“源头减量-过程拦截-末端治理-再生回用”的综合解决方案，实现从污染源头到水资源循环利用的全流程管控。另一方面，构建全国统一的水资源管理数据平台，该平台集成水文、气象、水质、工业用水等18类关键数据资源，打破部门间数据壁垒，实现跨部门数据实时共享与业务协同^[4]。同时，开发智能决策支持系统，将机器学习模型与专家知识库深度融合，为

水资源合理配置、防洪科学调度、工业节水优化提供精准、科学的方案，使决策响应时间大幅缩短至30分钟以内，提升水利管理决策的效率与质量。

3.2.3 技术推广体系与运维模式创新

建立“科研机构+龙头企业+工业园区”三级推广网络，聚焦工业节水、污水处理等核心工程技术，在工业园区设立技术示范基地，开展工程装备操作、智能系统维护等实操培训，提升企业技术应用能力；开发工业节水、污水处理技术改造工具包，提供工艺优化、设备选型、工程施工等标准化方案，降低中小企业技术采纳门槛。推行“建管一体”运维模式，将水利工程设计、施工与后期运维捆绑招标，明确运维责任主体，配套专业运维装备与团队；引入保险机制，开发水利工程运维责任险，降低因设备故障、工程损坏导致的经济损失风险。建立技术更新迭代基金，按工程投资2%提取专项资金，用于工程设备升级、核心技术优化与国产化替代，确保水利工程技术装备的先进性、稳定性，推动水利工程技术持续迭代升级。

结束语

水利工程技术作为水资源管理的核心支撑，在应对水资源短缺、污染及供需矛盾等问题上成效显著。从水资源调查评价到防洪减灾，各领域的技术应用不断优化，为水资源合理开发利用与保护筑牢根基。未来，需持续聚焦关键技术攻坚，完善协同机制与数据平台，创新推广运维模式，推动水利工程技术迭代升级，提升水资源利用效率与保护水平，为经济社会可持续发展和生态文明建设提供有力保障。

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]林运东,张龙,刘勇.数字孪生技术在水利工程运行管理中的分析与探索[J].黑龙江水利科技,2025,53(3):168-170.
- [3]陈讯.水文水资源标准化管理在水利工程中的应用研究[J].水上安全,2025(13):49-51.
- [4]颜晓晓,李永波.运用大数据分析优化水利工程管理决策的探索与实践[J].珠江水运,2025(1):117-119.