

智慧水利背景下水电工程运维管理的数字化转型研究

郑庆华

唐山市陡河水库事务中心, 河北唐山, 063500;

摘要: 智慧水利以数字化、智能化技术为核心, 推动水利工程管理从传统模式向高效、精准、安全的方向升级, 水电工程作为智慧水利建设的重要载体, 其运维管理的数字化转型成为行业发展必然。传统水电工程运维管理依赖人工巡检、经验判断, 存在效率低、风险预判不足、资源调配滞后等问题, 已无法适配智慧水利对“实时监控、智能决策、高效运维”的需求。本文围绕智慧水利背景下水电工程运维管理数字化转型展开分析, 先阐述转型的核心价值, 再梳理当前转型过程中面临的突出阻碍, 最后从技术融合、体系构建、能力提升三方面提出转型推进策略, 旨在推动水电工程运维管理突破传统瓶颈, 实现与智慧水利建设的深度适配, 保障工程长期稳定运行。

关键词: 智慧水利; 水电工程; 运维管理; 数字化转型; 技术融合

DOI: 10. 64216/3080-1508. 26. 01. 102

引言

水电工程是保障能源供应、调配水资源、防御洪水的关键设施。运维管理做得好, 工程就效率高、安全有保障、用得久; 做得不好, 结果就相反。现在智慧水利慢慢推进, 数字、智能技术和水利工程贴得越来越近。这也让传统水电运维的问题更突出: 很多事都靠人做, 比如查设备、记数据、找故障, 又费时间又费人力, 还容易漏看安全隐患; 各环节的数据各存各的, 没法实时分享、一起分析, 发现风险不及时, 调资源也没依据; 碰到极端天气、设备老化, 难快速拿出准方案, 影响工程稳定。智慧水利下, 水电运维搞数字化转型, 不是随便加技术, 而是靠数字技术, 重新理流程、整资源、改决策方式, 最终做到三点: 从靠人运维变智能运维, 从坏了再修变提前预判, 从各管各变一起管。清楚转型价值、解决转型问题、找到推进方法, 对提升运维水平、让智慧水利落地很关键。

1 智慧水利背景下水电工程运维管理数字化转型的核心价值

1.1 提升运维效率, 降低管理成本

数字化转型能打破传统运维的效率瓶颈, 靠“技术代人工”“整数据优流程”, 既提效又省钱。一方面, 设备检查和数据采集不用靠人跑现场。关键地方装传感器, 配合无人机、水下机器人, 查大坝、发电机、输水管道。空间上, 无人机查高空、水下机器人查水下, 人够不到的地方都能查; 时间上, 24小时不停转, 晚上、暴雨天也能工作。这些设备还能自动收数据: 发电机的

温度、压力, 管道的流量, 水库的水位、降雨量等, 直接传平台, 不用人记, 又快又准。另一方面, 资源调配更高效, 运维计划更合理。建统一数字平台, 把人、设备、备件的数据整成台账, 实时显示: 人在哪、会什么, 设备能不能用, 备件有多少。设备出故障时, 查平台就知道调谁、拿什么备件、走哪条路最快, 不浪费资源。还能靠历史和实时数据, 定精准检修时间, 不用到点就修; 调备件库存, 不多存也不少存, 进一步省钱^[1]。

1.2 强化风险预判, 保障工程安全

水电工程有不少风险: 设备老化、暴雨台风、水位骤变等, 不及时处理易出事故。数字化转型能“实时监控风险”“智能预判风险”, 从坏了再修变提前防。在风险点装监测设备, 织成监测网: 大坝装位移、裂缝监测仪, 发电机装温度、振动传感器, 水库装水位计。数据异常就传平台, 平台做成图表, 标清问题在哪、多严重, 运维人员看平台就知情况, 及时找隐患。还能建风险模型, 用过去故障、现在运行和环境数据, 找风险规律。比如发电机温超85℃易故障, 暴雨后大坝易移位。数据快到阈值就预警, 还给应对方案: 发电机要超温就降负载、备备件, 暴雨前就降水库水位, 大幅减少事故。

1.3 优化决策方式, 适配智慧水利发展

智慧水利要“精准、智能、一起管”, 传统运维靠经验决策, 不准也没法配合。数字化转型靠“数据决策”“智能决策”, 解决这些问题。数字平台整合全周期数据, 做数据档案。要决策时, 比如换不换老发电机, 查

平台就知它的故障次数、维护费、功率变化,再对比新发电机的成本,算完就知该不该换,不凭经验。平台加智能决策模块,预设常见场景的方案:发电机温超5℃就降负载,超10℃就停机。遇到情况,模块自动读数据、给方案,简单情况还能自动执行。流域多座水电站还能共享数据,暴雨前一起调水位,避免洪水,适配智慧水利。

2 智慧水利背景下水电工程运维管理数字化转型的现存阻碍

2.1 技术融合不足,转型基础薄弱

水电运维数字化转型,得靠一套完整的数字技术撑着,但现在技术没整合好,没形成完整体系,转型基础差,技术的作用发挥不出来,主要有两个问题。一方面,技术用得零散,没法一起发力。多数水电工程只按单个需求,随便加些数字设备,比如为了少找人巡检就买无人机,为了收数据就装传感器,却没把这些设备、技术整合起来。设备之间没法互通,数据也传不起来:比如传感器收的大坝、发电机数据,传不到无人机的系统里,无人机巡检时就没法盯着重点区域查;无人机拍的照片、视频,也没法自动传到运维平台,得靠人手动录,既费时间又容易错,导致“收数据—分析—预警—做决策”断了链子,技术买了却用不好,没法发挥价值另一方面,技术和实际运维场景不匹配,解决不了真问题。有些水电工程引入大数据、人工智能这些技术,却没结合自己的运维需求改一改,直接用通用方案。比如建风险分析模型,没考虑水库水位变化对大坝的影响、河水对管道的腐蚀这些水电工程特有的情况,只按普通工厂设备的数据建模,预判的风险和实际情况差很多,要么误报、要么漏报,没法帮着做决策;再比如智能决策模块,只懂处理简单的设备故障,碰到发电机多个部件一起坏、大坝裂缝加水位上涨这种复杂情况,就给不出有用的方案,最后还得靠人凭经验判断,技术的作用越来越弱,转型基础也越来越差。

2.2 管理体系滞后,制约转型推进

数字化转型不只是加技术,还得改管理体系,但现在的运维管理体系,还是围绕“靠人管”设计的,和转型需求不合,成了转型的拦路虎,主要问题在流程和权责、考核上。一方面,运维流程没跟上数字化的需求,技术优势落不了地。现在多数水电工程的运维流程,还

是“人去巡检—记在纸上一现场汇报—一人做决策”,没针对数字设备、实时数据改流程。比如传感器、无人机收的实时数据,得按老规矩,先交给基层班组,再一层层往上报,最后才录进系统,这一折腾要好几个小时,数据早不“实时”了,没法及时预警;平台发出设备超温的预警,也没法直接启动抢修,还得靠人记下来再通知抢修队,耽误时间,可能让小隐患变成大故障,最后技术加了,却没起到作用,转型推进不下去。

另一方面,权责没说清、考核没跟上,进一步拖慢转型。转型后,运维多了些新活:修传感器、维护平台、管数据、执行智能决策,可现有体系没说清这些活该谁干。数据不准了,设备维护的说是管数据的没校验,管数据的说设备不准,传统运维的说和自己无关,互相推责,问题解决不了;同时,考核还是看“人巡检了多少次”“故障修了多久”这些老指标,没把“数据收得准不准”“预警及时不及时”“平台用得不多不多”这些和转型相关的指标算进去,运维人员自然不想学新技术、推进数字化,甚至抵触转型,转型更难了^[2]。

2.3 人员能力不足,难以支撑转型需求

转型最后得靠人做,但现在运维人员的能力,满足不了“既懂运维、又懂数字技术”的要求,能力不够成了转型的大障碍,主要体现在两个方面。一方面,运维人员不懂数字技术,没法独立做数字化运维。多数人懂怎么修大坝、发电机,能做好传统的人工运维,但不会用数字设备和技术:不会装传感器、不会调参数,传感器数据不准了,不知道是设备坏了还是设置错了,得找厂家来人;不会熟练用运维平台,只能看简单数据,不会分析数据找故障原因,也不会备份数据、管平台权限;无人机只会简单起飞降落,不会规划巡检路线,也看不懂拍的专业图片里哪里有问题,这些数字设备只能放着或找外人操作,既花钱又低效,支撑不了日常的数字化运维。另一方面,运维人员的思维和综合能力,跟不上转型需求。不少人一直靠经验干活,觉得“经验比数据靠谱”,就算平台给了精准的预警和方案,还是按自己的老办法来。比如平台说发电机要坏了,建议换零件,可运维人员觉得这台发电机以前没坏过,就拖着不修,最后真坏了停机,造成损失;同时,多数人不懂智慧水利的理念,也不知道数字化转型到底是改什么,只觉得是“买新设备、少找人”,没法把自己的工作和智慧水利的大目标结合,还是按老方式干活,适应不了转型后

“靠数据、靠智能、一起管”的工作模式，转型落不了地。

3 智慧水利背景下水电工程运维管理数字化转型的推进策略

3.1 深化技术融合，夯实转型基础

突破技术瓶颈，要围绕“适配场景、形成闭环”，把数字技术整合好，建完整技术体系，打牢转型基础，重点做两件事。一方面，推动技术一体化应用，实现“设备连得上、数据传得通、流程转得顺”。引入数字设备前先统筹规划，统一传感器、无人机、运维平台的技术标准和数据格式，让传感器收的运行数据、无人机拍的巡检影像，能直接传到平台，不用人手动转格式。另一方面，让技术适配实际运维场景，解决真问题。结合大坝运维、发电机管理、水位调控这些核心场景，优化技术方案：大坝运维时，用能抗水压、抗腐蚀的传感器，风险模型里加入水位、地质变化这些因素，让预判更准；发电机运维时，开发专门的智能诊断模块，能查出轴承轻微磨损、线路老化这些小故障，还给出具体修法，确保技术能解决传统运维解决不了的痛点。

3.2 重构管理体系，保障转型推进

针对管理体系落后的问题，要优化流程、完善机制，建适配数字化的管理体系，让转型有序推进，主要抓两点。一方面，重构运维流程，让数据驱动、响应更快。丢掉“人巡检、纸记录、层层报”的老流程，按数字技术和实时数据重新设计：数据自动收进平台，平台自动分析，发现问题直接把预警推给负责的运维人员，不用层层转达；运维人员查平台就能找到就近的人、够的备件，平台还规划好路线，预警后能快速调配资源、开展维修；维修完把结果录进平台，数据归档好，为以后优化做参考，大幅提升效率。另一方面，完善管理机制，强化保障。一是明确权责，列“权责清单”：设备运维方管传感器、平台的维修，数据管理方管数据准不准、存得安不安全，运维执行方按预警和方案去现场修，不互相推责；二是优化考核，把“数据准不准、预警不及时、智能方案用得不多”这些数字指标，和“巡检完成率、故障修好率”这些老指标结合，考核结果和奖金挂钩，激发积极性；三是定期评估技术和设备效果，跟着智慧水利的技术发展、运维需求变，及时更新技术

和设备，让管理体系跟上变化^[3]。

3.3 提升人员能力，强化转型支撑

人员能力是转型落地的关键，要分层培训、引导理念，提升综合能力，做好支撑，核心分两步。一方面，分层开展培训，适配不同能力的人。基础弱的人，学“数字设备基础操作”，比如查传感器、用平台看数据、简单操作无人机，能独立做基础工作；有一定基础的人，学“解读数据、用智能方案”，比如通过平台数据找故障原因、结合智能方案定维修计划；骨干人员，学“优化技术、统筹工作”，比如参与调整技术方案、调试决策模块，能牵头做数字化运维。另一方面，引导理念、加强实践，让能力落地。通过宣讲、案例分享，告诉运维人员“数据比经验靠谱”“智能运维能提效降风险”，帮他们转变老思维；同时，把培训放在现场，让大家亲手操作传感器、用平台分析数据，还搞“师徒结对”，让骨干带新人，再安排实践任务（比如校验传感器数据、验证预警方案），做完复盘总结，把学到的用到实际工作中，适应数字化运维模式。

4 结语

智慧水利背景下，水电工程运维管理的数字化转型，不仅是突破传统运维瓶颈、提升工程运行效率与安全水平的必然选择，更是融入智慧水利体系、推动行业高质量发展的关键举措。其核心价值在于通过技术赋能，实现运维效率提升、风险精准防控与决策科学优化，解决传统运维的痛点问题。未来，随着数字化、智能化技术的持续迭代，水电工程运维管理的数字化转型将更趋深入，从“数字化替代”向“智能化协同”升级，实现与智慧水利其他环节（如水资源调度、防洪指挥）的深度联动。唯有持续推进转型优化，才能让水电工程在智慧水利体系中充分发挥作用，保障能源与水资源的稳定供应，为民生保障与区域发展提供更坚实的支撑。

参考文献

- [1] 刘美霞. 浅析信息化技术与水利水电工程施工管理的融合[J]. 中国设备工程, 2022(20): 63-65.
- [2] 张莹, 张猛, 印丽娟, 等. 浅析信息化技术与水利水电工程施工管理的融合[J]. 中国设备工程, 2022(7): 80-82.
- [3] 徐磊, 张继勋. 智慧化背景下水利水电工程专业培养方案优化[J]. 教育教学论坛, 2021(19): 26-29.