

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，资源配置更高效，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“实时监测风险”“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，就给不出有用的答案，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—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、预警及时不及时、智能方案用得多不多”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.