

水利工程运行维护精细化管控体系构建

王萍

新疆维吾尔自治区金沟河流域水利管理中心

DOI:10.32629/hwr.v10i4.6953

[摘要] 水利工程的安全稳定运行对国家水安全与经济社会可持续发展具有基石作用。传统运行维护管理模式在标准、流程、数据及责任方面存在诸多粗放之处,难以适应新时期工程安全管理需要。本文旨在系统构建一套水利工程运行维护精细化管控体系。首先,剖析当前运行维护管理的普遍模式及其存在的典型问题;其次,阐述精细化管控的核心要素与基本原则,构建其理论框架;进而,重点从标准化制度体系、流程化节点管控、信息化数据支撑、责任化考核评价以及持续化改进保障五个维度,详细论述体系构建的具体路径与关键措施。研究表明,该体系通过制度、流程、技术与管理的深度融合,能够显著提升运行维护工作的预见性、规范性与效率,为水利工程长效安全运行提供系统化解决方案。

[关键词] 水利工程; 运行维护; 精细化管控; 体系构建; 安全管理

中图分类号: TV5 **文献标识码:** A

Construction of a refined control system for the operation and maintenance of water conservancy projects

Ping Wang

Jingou River Basin Water Conservancy Management Center, Xinjiang Uygur Autonomous Region

[Abstract] The safe and stable operation of water conservancy projects plays a cornerstone role in national water security and sustainable economic and social development. The traditional operation and maintenance management mode has many shortcomings in terms of standards, processes, data, and responsibilities, which are difficult to adapt to the needs of engineering safety management in the new era. This article aims to systematically construct a refined control system for the operation and maintenance of water conservancy projects. Firstly, analyze the current common modes of operation, maintenance, and management, as well as the typical problems that exist; Secondly, elaborate on the core elements and basic principles of refined control, and construct its theoretical framework; Furthermore, the specific path and key measures for constructing the system will be discussed in detail from five dimensions: standardized institutional system, process node control, information data support, accountability assessment and evaluation, and continuous improvement guarantee. Research has shown that through the deep integration of systems, processes, technology, and management, this system can significantly improve the predictability, standardization, and efficiency of operation and maintenance work, providing systematic solutions for the long-term safe operation of water conservancy projects.

[Key words] water conservancy engineering; Operation and maintenance; Refined control; System construction; Safety Management

引言

水利工程属于调节水资源、防范水灾害的重要基础设施,它的运作状况直接影响到流域防洪安全、供水保证以及生态健康。随着大量水利工程进入运维期,运行维护工作越来越复杂,也越来越重要^[1]。但是由于历史条件和管理理念的限制,很多工程仍然沿用着较为粗放的经验式管理模式,在标准规范、作业流程、数据应用以及责任落实等各方面存在着不足,造成运维效率

低下、风险控制能力弱。因此,推进运行维护管理向精细化转变,创建起科学、系统、高效的精细化管控体系,就成为提高工程安全保障能力、延长工程使用寿命、达成水资源可持续利用的迫切需求。本文从水利工程运行维护的实际出发,试图对现状问题进行系统的梳理,找出精细化管控的内在机理,给出一套可以实施的体系构建路径,从而给相关的管理实践提供理论上的参照和方法上的指导。

1 水利工程运行维护管理现状与问题

1.1 当前运行维护管理的主要模式与特征

目前我国水利工程运行维护管理存在着几种典型的模式互相交织并存的局面。以事后维修为主的被动应对方式,其管理活动主要是对故障发生的应急处理,缺少事前的预防机制。第二种是按照固定周期进行维护的定期计划模式,例如按年度或者季度进行计划性检修,虽然有一定的规划性,但是可能会和设备的实际状态相脱离,容易造成维护不足或者过度维护。第三种是伴随着技术进步而出现的状态检修方式,依靠监测数据来判定设备的健康程度,但是它的应用深度和广度还比较小。从管理特征来看,部分工程还存在着较为明显的粗放式管理色彩,依靠管理人员个人的经验来做出决策,部分工程实行片区承包或者专业外包,虽然引入了市场力量,但是管理界面衔接、质量标准统一等方面存在困难;系统性、集成化的管理思想还没有形成,各个环节之间缺乏联动^[2]。

1.2 运行维护管理中存在的突出问题

水利工程运行维护管理中的问题集中体现在多个维度。就制度标准而言,缺少统一、详细、可执行的运行维护规程和技术标准,不同的工程甚至同一个工程的不同部位操作要求也不尽相同,造成作业质量良莠不齐。在流程执行方面,日常巡检、故障处理、物资管理等关键流程节点不清楚、责任不明,存在流程断裂或者交叉重叠的现象,造成工作效率和响应速度降低。就信息数据而言,大量的运行数据、巡检记录、维修档案等仍然以纸质或者分散的电子文档的形式存在,形成了信息孤岛,数据的价值没有得到充分的发掘,不能为精准决策和预警提供支持^[3]。从责任落实上来说,岗位职责不清,考核评价多为形式主义,不能与工作成效相挂钩,造成责任压力传导不畅。

2 水利工程运行维护精细化管理的基本框架

2.1 运行维护精细化管理的核心要素

水利工程运行维护精细化管理不是单个技术的运用,是诸多核心要素相互融合而成的一个系统工程。其主要目的就是标准化,即把运行维护的各种活动变成清晰、一致、可以衡量的制度和作业指南,消除管理上的随意性。其次就是流程化,把复杂的运维工作拆分成清晰、衔接有序的流程链,对关键节点加以严格的控制,从而保证过程受控、结果可靠^[4]。第三是信息化,用现代信息技术来实现运维全过程数据的自动采集、高效流转和智能分析,给管理决策提供及时、准确的数据支持。第四是责任化,用明确的职责分工和有效的考核激励把管理目标和要求逐级分解落实到具体的岗位和人员上,调动内生动力。第五是持续化,创建起依靠数据引领和经验汲取的动态改良机制,促使管控体系不断改进,螺旋式上升。这五个要素互相联系、互相支撑,一起形成精细化管理的骨架。

2.2 运行维护精细化管理的基本原则

水利工程运行维护在建立并实施精细化管理体系时要遵守一定的基本原则。预防为主原则就是把管理重心前移,从事后处置转向事前预警和事中控制,依靠常态化的、标准化的巡检维护

活动来及时发现并消除潜在隐患。全员参与原则主张精细化不单是管理层的责任,一线运维人员也要积极参与并严格遵守,通过培训和文化培育把精细化的理念融入到日常作业习惯当中^[5]。数据驱动原则即管理决策要依靠客观数据而不是主观经验,充分发挥信息化手段收集、分析数据的功能,使数据说话,提高决策的科学性和准确性。闭环管理原则指运维工作计划、执行、检查、处理这四个环节要形成一个完整的循环,重点是检查结果及处理效果的追踪反馈,使问题得以彻底解决,经验得以固化推广。

3 水利工程运行维护精细化管理管控体系构建路径

3.1 运行维护标准化的制度体系构建

标准化制度体系是水利工程运行维护精细化管理的基础。首先要制订详细完备的设备设施巡检标准和操作规程。根据工程设计参数、厂家技术资料 and 长期运行经验,对水工建筑物、机电设备、金属结构、监测设施等各类对象的巡检内容、部位、方法、工具及判断标准作出规定。闸门启闭机巡检要确定检查润滑油脂状态、钢丝绳磨损状况、制动器间隙等几十个项目以及正常值,使用红外测温仪、振动检测仪等专用仪器。维护保养周期和作业流程的统一规定也十分重要。根据设备的重要程度、故障频次和磨损规律,科学地把维护保养分为日常保养、定期保养、专项检修等,确定各类保养的周期、具体作业项目、工艺流程和验收标准。避免了随意性,主变压器每六年做一次油色谱分析,水泵机组每运行10000小时解体大修。运行记录的标准化格式和填写要求是为了保证过程信息可以追溯。设计统一的巡检记录表、维修工单、设备履历表等,对记录内容、填写规范、归档时限做出统一规定,保证信息完整、准确、及时,为之后分析和决策提供数据基础。

3.2 运行维护流程化的节点管控措施

水利工程运行维护的流程化控制就是把制度标准变成具体的操作步骤,对重要节点加以重点监管。日常巡检流程的关键节点以及责任的分配属于基础。需要设计出覆盖整个工程、全部时间段的巡检路线和计划,在重要的设备、隐患部位设置必须检查的“强制签到点”,用技术手段保证巡检到位。确定巡检发起、执行、记录、复核、问题上报等各个环节的责任人和时限要求,使过程可追溯。故障报修及处置流程的闭环管理要求是提高响应速度的主要手段。创建起一套包含故障发现、上报、诊断、审核、修理、检验、反馈等一系列的标准化程序。重点在于闭环,即每一个报修工单都应当有明确的状态跟踪,直到问题得到解决、用户确认、记录归档为止。以信息系统设置超时提醒的方式,对没有在规定时间内响应或者完成的工单进行自动升级预警。备品备件采购及领用过程的控制要点,会牵涉到运维成本以及效率的问题。建立科学的库存模型,确定安全库存和重订货点。规范从需求提报、采购审批、入库检验、仓储管理、领用申请、审批、出库的全过程入手,控制重点为采购计划合理性审核、入库质量检验、领用与维修记录关联等,防止物资积压、浪费或者紧急缺料。

3.3 运行维护信息化的数据支撑手段

信息化是水利工程运行维护精细化管理的技术驱动器,它主要是指数据有效治理以及应用。工程基础信息和运行数据的数字化建档为第一步。创建统一的工程信息数据库,把工程设计图纸、设备参数、施工档案等静态数据同实时监测、人工巡检、维修记录等动态数据融合起来,塑造起完备的工程数字孪生。一项有关大坝安全监测的实践显示,把长达数十年的变形、渗压监测数据全部数字化并入库之后,借助趋势分析,准确预报出一处坝体蠕变加速的趋势,从而能及时采取工程措施争取到了超过三个月的时间。巡检维护任务的移动终端派发和反馈,改变了作业方式。通过移动应用系统可以自动或者手动给巡检人员分发任务单,清楚地告诉巡检人员任务内容、标准和时间。巡检人员在现场使用终端对检查结果进行记录并上传照片或者视频,发现问题可以立即上报。管理者能及时了解任务的进展及完成状况,改善了管理的透明度和速度。运行状态数据的实时采集和异常预警属于信息化的高级应用。采用传感器、物联网技术对重要设备运行参数实施24小时不间断采集。根据历史数据和机理模型来确定各个参数的正常值和预警规则。数据出现异常的时候,系统会立刻发出多级预警,再用短信或者应用推送的形式告知有关人员,从而达成由“人工察觉”向“自动感知”的改变。下表简要说明了数据治理流程中的关键活动和产出。

3.4 运行维护责任化的考核评价机制

责任化机制是把水利工程运行维护管理要求变成个人行动的桥梁,它的有效与否要靠科学的考核评价来保证。岗位职责及维护区域网格化划分方式,属于确定责任的基础性条件。按照工程设施的分布和专业特点,把整个工程分成若干个物理或者逻辑上相对独立的网格单元,每一个网格单元只有一名责任人员或者一个团队来负责,从而达到“事事有人管、区域无盲点”的目的。水库划分为大坝区、溢洪道区、输水洞区等网格,每个网格的巡检、日常维护责任落实到具体的班组。维护质量、响应速度等主要的考核指标的确定,是评价的基础。考核指标要具体、可量化、可获取。质量指标可以是巡检计划完成率、隐患发现率、维修一次合格率等,时效指标可以是故障平均响应时间、平均修复时间、计划维护按时完成率等。不能使用“工作认真”这样含糊的表达。考核结果同绩效挂钩的奖惩制度设计属于闭环。创建透明的绩效考核方案,把上述的量化考核结果同个人或者团队的绩效奖金、评优评先、职称晋升等直接挂钩。

3.5 运行维护持续化的改进保障措施

水利工程运行维护精细化管理是不断发展的过程,要创建起以学习为基础的持续改进机制。设备设施运行年限和维修记

录的统计分析是优化的数据基础。系统收集整理各种设备设施的投运时间、运行时长、维修记录、更换部件等资料,形成设备全寿命周期档案。通过对统计分析的结果进行整理可以得到故障高发设备、易损部件以及它们的平均寿命,从而为改进维护策略、预估备件需求、编制更加精确的预算提供支持。典型故障案例的归因分析以及维护策略的调整属于深度改进的重要部分。对发生重大或者重复性的故障不能只满足于修复,必须组织技术力量进行根本原因分析,追查到设计、材料、安装、操作、维护等源头。某泵站多次出现水泵轴承早期损坏的情况,经过仔细的分析后发现,根本原因是润滑脂选型不恰当以及加注周期不合理,而不是单纯的安装问题。

4 结束语

水利工程运行维护精细化管理体系创建属于一项包含理念更新、制度重塑、流程改善和技术赋能的综合工程。它对运行维护全过程中的标准、流程、数据、责任和改进等主要方面进行系统的设计和整合,把传统的相对粗放、被动的管理方式转变为精细、主动、预防式的现代管理方式。本文提出的一条构建路径,是以标准化制度为基础,流程化节点保证执行,信息化手段给予支持,责任化机制落实主体,持续化措施推动进化,构成一个逻辑严密、环环相扣的有机整体。该体系的推行不仅可以明显改善水利工程运行维护的规范程度,提高作业速度和安全性,而且可以对大量的运行数据进行深入挖掘和利用,给工程的安全管理决策提供前所未有的科学依据,从而达到提高国家水安全保障能力的目的。未来随着物联网、人工智能等技术的深度融合应用,水利工程运行维护的精细化、智能化水平将会达到新的高度。

[参考文献]

- [1]张劲松,沈菊琴,郭宁,等.水利工程运行精细化管理的理论与实践探索[J].水利经济,2023,41(2):33-40.
- [2]简迎辉,王可迎,沈菊琴,等.知行转换视角下水利工程精细化管理推进机制研究[J].水利经济,2023,41(2):41-46.
- [3]胡江,朱清帅,李星.调水工程运行期风险评估实践与完善路径[J].中国水利,2025(18):44-50.
- [4]常洪霞.水利工程施工质量全过程动态管控体系构建探究[J].中国品牌与防伪,2025(6):81-83.
- [5]王雪,韩鹏举.基于双重预防机制的南水北调中线工程安全生产风险防控体系研究[J].科海故事博览,2025(27):82-84.

作者简介:

王萍(1991—),女,汉族,河南永城人,大学本科,水利工程中级,研究方向水利工程建设管理。