

# 南水北调配套工程泵站与管网智能化运行管理对策研究

张俊青

河北水务有限公司 河北 石家庄 050000

**摘 要：**南水北调配套工程泵站与管网是水资源调配输送的核心设施，传统运维模式存在监测覆盖不全、调度协同性弱、设备管护粗放等诸多问题，难以适配现代输水工程精细化运行需求。本文结合工程实际运行特征，梳理现阶段输水设施运行管理的各类短板，从智能感知、联动调度、设备运维、风险防控多个维度搭建智能化优化体系，为输水工程运维模式升级提供可行思路。

**关键词：**南水北调配套工程；泵站与管网；智能化运行管理

**引言：**水利输水工程的稳定运维是保障水资源高效调配的重要基础，泵站与管网设施的运行质量直接决定输水系统的整体效能。传统人工主导的管理模式适配性与精准度有限，难以应对复杂动态的输水工况。智能化技术的普及为水利运维革新提供支撑，依托智能技术优化输水设施管理模式，能够切实提升工程运行的稳定性与精细化水平。

## 1 工程智能化运行管理研究概述

现代化水利输水体系的平稳运转，高度依赖泵站与管网两大核心基础设施的协同联动，整套系统的运行状态，直接决定水资源输送与调配的整体质量与运行效能。长期沿用的传统运维方式以人工现场核查、固化流程管控为主要手段，应对复杂多变的输水工况时适配性较弱，普遍存在设备状态感知不及时、运维管控精细化层级不足等各类实操问题。数字化智能技术的普及应用，为水利输水运维模式的革新升级提供了全新方向，通过自动化、数字化技术手段优化设备管护、工况调度、隐患防控等关键工作，切实弥补传统运维模式的固有缺陷。当前水利输水领域的智能化改造进程稳步推进，各类智能技术与运维体系的融合应用持续落地，但泵站、管网一体化协同管控能力不足，动态工况适配性较弱等问题依旧制约工程运维质效。立足输水工程的实际运行特征，开展智能化运维管理的系统性梳理与优化探究，补齐传统运维模式的各类短板，搭建适配工程场景的智能化管控体系，可有效强化输水设施运行的稳定性，提升水资源调配的精准度与效率。这类研究能够丰富水利工程智能运维的实践内容，为水利输水设施精细化、智能化管护升级提供有效的实践参考<sup>[1]</sup>。行业智能运维体系的迭代完善，也能持续推动水利输水工程朝着

高效化、标准化的方向稳步发展。

## 2 南水北调配套工程泵站与管网运行管理现状及短板

### 2.1 泵站与管网基础运行体系现状

南水北调配套输水设施依靠各级泵站机组与全域输水管网相互配合，搭建起完整的水体输送与水量调配体系，整套设施集群持续支撑跨区域输水作业的有序开展，维系整体输水链路的连续可靠运转。当前配套工程的基础运行架构已形成成熟的日常作业模式，各类机电装置、管线构件及配套调控单元均具备规范的管护机制，可满足常规输水场景下的基础作业标准。整套系统日常作业依托固定操作流程开展，通过泵站提水、管网输水、分段调水等基础操作，完成持续性的水资源输送任务，整体作业流程保持平稳有序。工程设施覆盖区域广、管线敷设线路长，设备布设与管网走向贴合实际输水作业的空间布局，可实现不同输水段的水量衔接与输送过渡。日常管护工作主要围绕设备养护、线路核查、运行状态核查等基础内容展开，能够维持输水系统常规工况下的平稳运行。传统作业模式的固化特征较为明显，动态调节与智能适配性能存在局限，无法充分应对复杂工况下的精细化输水管控要求。

### 2.2 运行监测智能化覆盖不足

长距离输水系统的可靠运维，对全线运行状态的实时把控与动态掌握有着较高标准。现阶段南水北调配套工程各区域智能监测建设进度并不统一，智能感知硬件的布设密度与覆盖范围存在明显缺口，不少管网末梢区段、辅助配套设施依旧沿用传统人工核查方式开展状态核验。智能采集设备大多集中布置在泵站核心机组与主干管路位置，各类支管节点、阀井点位等零散区域

的智能化布设程度偏低, 整体系统无法形成全线贯通的动态感知网络。现有监测设备所能捕捉的运行参数较为有限, 只能完成基础运行信息的捕捉记录, 对设备细微工况偏移、隐性运行隐患的识别能力不足, 整体监测维度存在明显缺失。各点位监测设备独立运行的状态较为普遍, 设备之间缺少信息互通与联动响应机制, 运行状态更新存在滞后性, 难以精准捕捉输水过程中的动态变化<sup>[2]</sup>。这种局部化、碎片化的监测模式, 大幅削弱了智能技术在运维工作中的应用价值, 不利于现场隐患的及时发现与有效处理, 阻碍输水工程智能化管护能力的稳步提升。

### 2.3 调度运行协同效率不足

大范围长距离输水体系的稳定运转, 依赖各级输水单元之间的紧密配合与动态适配, 单元间的联动衔接水平决定整套输水架构的整体作业品质。现阶段输水调度工作呈现分区管控的运行特征, 不同泵站设备及管网区段各自完成所辖区域的运行管控, 单元之间的业务衔接较为松散, 整体联动属性较差。各区域运行管控依照本级作业规范推进, 缺少能够贯穿全线的协同调控机制, 机组启停调控、输水流量调节、管路输水节奏调整等关键操作难以实现同步对接。输水工况出现动态变动时, 上游设备的运行调整无法快速传导至下游管网体系, 输水链路各段工况衔接存在偏差。各运行模块的数据交互与状态同步速度较慢, 现场调控行为多依托传统作业习惯开展, 对动态工况的主动适应能力存在明显欠缺。松散的分区管控模式弱化了输水系统的整体运作效能, 难以实现全线运行资源的统筹调配, 限制工程输水作业精细化水平的提升空间, 不利于输水系统高质效运行发展。

### 2.4 设备运维管控模式粗放

输水基础设施的持续可靠运转, 离不开系统化的运维管护机制保障, 管护方式的科学程度对设备服役周期和系统运行品质有着直接影响。当前南水北调配套工程泵站机组及管网附属构件的日常管护工作, 整体仍停留于传统运维作业形态, 管护方式较为固化, 灵活调整空间有限。现场管护作业大多遵循固定时间周期开展例行保养与部件检查, 并未依据设备实时运行工况、部件磨损程度以及不同区段作业条件, 灵活调整管护方案。设备长期运行产生的性能退化、隐性损耗等问题无法得到有效排查, 日常管护工作的精准性与适配性有待提升。设备检查、故障处理、后期复检等各个作业环节衔接不够紧密, 完整的管护流程记录体系未能充分发挥作用<sup>[3]</sup>。粗放的管护形态难以满足连续化、高强度的输水作业要求, 整体运维质量的提升空间受到限制, 不利于

输水设施长期稳定、安全可靠的持续运行, 难以适配现代化输水运维标准。

## 3 南水北调配套工程泵站与管网智能化运行管理优化路径

### 3.1 全域运行智能感知体系构建

水利输水体系的智能改造升级, 依托全覆盖的状态感知能力作为核心支撑, 完整的现场信息采集体系是实现精细化智能管控的前提条件。工程原有监测架构存在覆盖范围有限、信息采集维度单薄的问题, 需要通过系统化布局智能传感硬件, 填补管网末端节点、阀井点位以及泵站附属设施的监测空白, 让输水全线各类设备的运行状态均可纳入智能监测范围。对各类传感终端采集的现场信息进行统筹整合, 消除不同设备单元、不同输水区段之间的数据孤立问题, 实现各类运行信息的集中归集与统一处理。优化感知体系的层级设计, 丰富设备运行工况、水体输送状态、管路运行态势等多层面的监测内容, 有效弥补传统人工核查方式存在的各类不足。全线一体化的智能感知网络可以持续捕捉实时运行状态, 为系统智能调控、设备养护管理、运行隐患防控提供可靠的数据支撑, 推动输水运维工作主动适配现场工况变化, 切实提升整套输水设施智能管控的基础水平。完善感知设备的常态化校准机制, 保障采集信息的精准度与时效性, 夯实整套智能管控体系的数据根基。可同步完成多维度运行数据的同步归集, 保障整体监测工作的连续性与完整性。

### 3.2 供需联动智能调度模式优化

输水体系高效运转的核心, 在于实现输水输出能力与管路输送承载条件的动态匹配, 传统固定式分区调控方式难以应对输水工况的实时波动变化。针对现有调度体系联动性不足的问题, 对现有运行调控逻辑进行系统性升级, 构建可以贯通全线泵站设备与管网输水链路的一体化调度机制。依托智能感知体系采集的实时运行信息, 统筹梳理各区域输水承载能力与输送负荷状态, 消除各运行单元独立作业形成的调控割裂问题。结合不同管网区段的承载特性与输水条件, 灵活调整泵站机组运行工况, 平衡全线输水节奏, 缓解区段工况错位引发的运行不稳定问题。调整现有调度响应机制的运行逻辑, 建立动态自适应的调控模式, 弱化人工干预模式存在的响应延迟缺陷, 提升工况调整的及时性与精准度。一体化联动调度机制的完善, 能够有效强化输水系统各组成单元的协同作业能力, 提升整体输水运行的平稳性, 推动输水调度作业向精细化、自适应化的运行方向转变。依托全线数据联动优势消解区段运行偏差, 最大化发挥

输水系统整体运行效能<sup>[4]</sup>。可根据时段性输水负荷变化完成自主微调,进一步提升输水调度的适配精度与运行稳定性。

### 3.3 设备状态智能运维管控升级

各类输水机电与管路构件在长期连续负载工况下会产生持续性性能损耗,传统粗放的定期养护模式无法贴合设备实时工况变化,难以适配复杂输水场景下的设备管护需求。为改善现有运维工作精准度不足、异常识别滞后的短板,可通过智能化技术手段革新现有管护体系,建立以设备实时工况为核心的动态管护机制。改变以往统一周期的检修作业模式,结合泵站机组、管网结构件的工况损耗特征与运行属性,灵活调整检修养护的作业时机与实施内容,让管护作业贴合设备实际损耗状态。利用智能感知设备持续采集的运行工况信息,对设备整体健康水准进行动态评估,及时甄别部件性能弱化、潜在运行异常等各类隐性隐患,在故障扩大前完成养护修复作业。健全数字化运维台账管理体系,细化设备检修、部件维护、状态复核等各项作业流程的执行标准,实现管护全流程的可追溯管理。全新的智能运维管理模式能够有效优化设备管护质量,减缓设施老化损耗速度,维持输水设备集群的良好运行状态,保障输水系统长期平稳高效运转。依托数字化台账积累运维数据,持续迭代优化管护方案,提升设施运维的长效性与专业性。

### 3.4 运行风险智能预警防控建设

连续化运行的长距离输水体系存在较多动态工况变量,设备性能波动、管路运行状态偏移以及系统工况失衡等各类不稳定因素,都会影响输水链路的平稳运行状态。传统安全管控模式偏向问题发生后的整改处理,隐患甄别工作高度依赖现场人员的实操经验,前期预判与主动防控能力存在明显短板,无法完全适配高强度、不间断的输水运行场景。将智能技术融入安全管控环节,可构建全覆盖的主动式风险防控体系,从运行全过程提

升设施安全保障能力。结合泵站设备运行规律与管网输水的工况特点,全面梳理输水运行环节中可能出现的各类不稳定因素,建立贴合工程实际运行场景的风险甄别标准。利用全线智能感知设备实时同步的运行数据,对系统整体工况开展动态筛查,及时捕捉设备性能异动、管路输水偏差等隐性安全隐患。优化智能预警工作机制,细化不同等级运行异常的判定标准与提示规范,实现各类隐患的精准分类与及时提醒。完善一体化的防控处置流程,形成隐患甄别、智能预警、现场整改的闭环管理模式,提升安全管控工作的精准度与效率<sup>[5]</sup>。全新的智能防控模式可以有效规避各类运行隐患带来的不良影响,持续维系输水系统安全平稳的运行状态。

**结束语:**未来,水利输水工程的管护发展,会持续朝着数字化、智能化、精细化的方向推进,智能技术与输水运维体系的融合程度将不断加深。依托全线智能感知、联动调度、动态运维与风险预警的系统化优化思路,可有效改善配套工程运维管理的现存短板,完善泵站与管网一体化管控体系。持续优化智能管控模式、补齐运维体系短板,可长期保障输水工程高效、稳定运行,为水利输水设施智能化升级提供实用参考。

### 参考文献

- [1] 宋忠良. 南水北调配套工程运行管理中的智能风险管理体系研究 [J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(11):187-190
- [2] 张安安, 张国文. 数字孪生技术在多泵站运行管理中的研究与应用 [J]. 江西通信科技,2026,(1):46-50.
- [3] 李强. 分南水北调配套工程运行期的安全管理分析 [J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(7):1-4
- [4] 沈浩, 张健, 王敬星. 大型立式轴流泵冷却水系统智能化改造与实践 [J]. 中国水能及电气化,2025,(12):60-66.
- [5] 李庆涛, 邵在栋, 刘鸿五. 南水北调东线山东段泵站自动化系统改造实践 [J]. 山东水利,2024,(1):29-31.