

# Research on the application of normalized operation and refined maintenance technology in irrigation channels

Xiaotain Hai

Nanyang Yindan Irrigation Operation Guarantee Center, Dengzhou, Henan, 474150, China

## Abstract

Irrigation canals serve as the backbone of agricultural irrigation systems. Their operational status directly impacts water management, irrigation volume allocation, and agricultural production safety [1]. This study examines canal maintenance through routine operation and precision engineering approaches. By analyzing operational challenges, it proposes an integrated management framework combining standardized protocols and advanced technologies. The research develops a comprehensive maintenance strategy integrating modern monitoring systems, non-destructive testing (NDT) technologies, innovative anti-seepage materials, and intelligent decision-making platforms. A practical implementation model and technical integration approach are presented. Findings demonstrate that routine management and precision maintenance significantly enhance canal safety, durability, and water delivery efficiency while substantially reducing operational costs. These advancements provide robust technical support for sustainable irrigation development.

## Keywords

irrigation canal; routine operation; precision maintenance; maintenance technology

# 灌区渠道常态化运行与精细化维修养护技术应用研究

海啸天

南阳引丹灌溉运行保障中心, 中国·河南 邓州 474150

## 摘要

灌区渠道是农业灌溉的主体工程, 渠道运行状态直接影响着灌区灌溉用水管理和灌溉用水量及农业生产安全<sup>[1]</sup>。本文从灌区渠道的常态化运行以及精细化维修养护技术角度出发, 结合灌区渠道运行情况查找出现的问题, 提出以常态化的管理、以精细化的技术为手段, 实施整体化管控的思想, 分析总结了以现代监测技术为基础、以无损检测技术为核心、以新型防渗材料为辅助、以智能决策系统为依托的渠道维修养护的技术集成, 并且给出了一种工程实践模式和技术集成的应用方式。研究表明, 开展灌区渠道的常态化运行管理和精细化养护维修技术可以有效提高渠道工程安全性、耐久性以及输水效率, 同时大大降低渠道工程的运维费用, 对灌区实现可持续发展具有较好的技术支撑作用。

## 关键词

灌区渠道; 常态化运行; 精细化维修; 养护技术

## 1 引言

灌区渠道是输配水的主要设施, 长期担负着农业灌溉、城乡供水等重要任务, 但由于自然侵蚀、材料老化、人为干扰、管理粗放等原因造成渠道存在渗漏、淤积、结构损坏等问题, 因此造成水资源浪费、灌溉效率低、形成工程安全隐患等现象, 传统的“重建设、轻管理”、“重应急、轻日常”的运管模式已不能满足发展节水农业、高效灌区的要求<sup>[2]</sup>。如何将灌区渠道由被动抢修转变为提前预防, 将灌区渠道运维“常态化运行”和“精细化维修养护”融合起来, 做好灌

区现代化运管的工作, 成为现阶段灌区管理工作的迫切需要。本文重点归纳相关技术, 并结合技术的应用方法, 提出一种灌区渠道的综合运用方式。

## 2 灌区渠道常态化运行的内涵与体系构建

常态化运行本质上是一种让渠道工程能够长期持续、稳定并且有效地发挥规划设计功能的一种日常的管理秩序和工作机制, 从被动解决问题到主动发现问题, 在出现问题后, 转为即时化动态化处置, 变“问题驱动”为“状态驱动”。具体来说, 要构建起包括: 第一是标准化运行调度体系。即根据水量情况、农时需要、灌区配水情况等因素, 制定或严格执行年度、季度、月度甚至更小周期的配水方案, 通过在关键部位设置自动闸阀、流量计、水位计等仪器, 并运用远程监控系统、自动控制系统、智能化计量设施以及闸阀控制

【作者简介】海啸天(1995-), 男, 回族, 中国河南邓州人, 本科, 助理工程师, 从事灌区调度、渠道运行、灌溉管理、维修养护研究。

系统等办法来开展精准调度,把可能出现的各种诸如“跑冒滴漏、漫溢冲刷、供水不足”等运行风险降到最低<sup>[9]</sup>;第二是制度化巡查监测体系。详细制定日常巡查、定期巡查、特殊巡查办法,规定各种巡查的次数、内容、方式、标准等内容,全面巡查渠道边坡、渠系建筑物、衬砌体、排水设施、防护等情形;积极探索人工地面巡查+空中遥感巡检+水下定点探测+在线自动监测的全方位全覆盖监测体系,推广应用无人机、移动式三维激光扫描仪、水下机器人、固定式渗流渗压监测传感器等技术装备,提升巡查测查工作效率和质量。第三是信息化管理平台体系。将地理信息系统、自动化监控系统、工程数据库以及移动端应用等集成为一体化渠道运行管理的信息平台。此平台需要整合基础信息管理、实时数据汇集、巡查轨迹和问题上报、预警信息发布、维修养护流程追踪、历史资料归档和统计分析等多项功能为一体,为管理者提供真实、全面、及时的数据支撑,让管理决策更加直观、科学,使设备运行管理过程清晰、明了、可循迹。

### 3 精细化维修养护关键技术体系及其应用

精细化维修养护是基于精准状态评估,运用先进材料、工艺与管理方法,对渠道实施经济、高效、长效的针对性维护。其技术体系围绕“检测-评估-修复-管理”闭环构建,强调数据驱动与全生命周期成本最优。当前发展已从被动应对转向主动预防,实现从经验判断到模型决策的范式转变。

#### 3.1 精准化状态检测与评估技术

这是决定采取精细养护的重要因素之一。如今的技术已经超越了过去的人工查看、尺子测量,进入到利用多种技术来进行精准检测的阶段。例如无损检测的地质雷达可以检测出衬砌背后的空洞、土体疏松和渗流通道等隐患;声波或冲击回波法可以用来判断混凝土内是否存在缺陷、判断衬砌厚度是否均匀;而红外热成像技术可以通过检测到表面温度场发生改变从而快速准确地判定出漏水的位置。结构性态监测是以在结构断面上布设静力水准仪、测斜仪、裂缝计、土压力盒等监测仪器设备,在一段时间内不间断测量,这样就可以得知渠道是否出现沉降、水平位移、裂缝开展以及土压力的变化情况,这对评定稳定性是有很大的参考价值的。形态精准量测即采用多波束水下测深系统或者车载移动扫描系统,快速、精确的获取渠道的纵、横断面,并通过此来确定淤积体积以及淤积位置,作为清淤决策的数据基础。

#### 3.2 高效能修复材料与先进施工工艺

采取对应的诊治措施。采取防渗修复措施,如采用弹性、遇水膨胀型的聚氨酯化学浆液对活动性裂缝、接缝渗漏等部位进行压力灌浆;大面积防渗层失效或土渠防渗,可采用高密度聚乙烯复合土工膜,严格控制接缝焊接质量和设置上层保护,提高防渗效果;对混凝土表面的防护及抗冲刷等可采用喷涂聚脲弹性体技术,该技术无缝成型、无缝隙、防滑耐磨、抗渗、耐蚀,可以提供极佳的抗风化性能。结构加固,

边坡失稳宜采用生态友好的格宾石笼、加筋土挡墙处治;混凝土结构承载能力不足时,可用纤维增强复合材料粘贴或用高性能复合砂浆钢丝网加固。清淤保洁,宜大力推广使用环保型绞吸式清淤船实现水下清淤精准化和高效化,并加强清淤物处置管理。

#### 3.3 智能化决策支持与养护管理系统

这是实现养护科学化、精细化的大脑。该系统以物联网、大数据和人工智能为基础,通过图像识别与模式匹配实现病害自动识别与分类、多源监测数据及历史资料结合实现结构健康状态评估与风险预测模型、根据病害等级、工程的重要性、材料的性能、施工条件、资金等因素,针对不同的多目标约束,进行养护方案的比选、养护方案的优化与推荐、基于GIS实现养护任务工单的智能派发,人员设备的动态调度,施工过程进度、质量和安全的可视化监督,真正实现了由养护决策的主观判断走向了客观数据、模型判断。

### 4 常态化运行与精细化养护的协同融合实施路径

常态化运行与精细化养护并不是彼此割裂、互不影响的环节,而是一个有机的整体,要形成互为前提、互为依托、循环往复、相互促进的有机关联,只有以这种方式才能最大程度地发挥二者的作用。实行常态化运行与精细化养护深度结合主要有以下实现路径:一是建立“运行数据驱动养护决策”的闭环机制。把常态运行采集的水位、流量、视频图像、人工巡查记录等流水式的信息流,源源不断地送入到养护管理系统中进行数据分析,当出现例如某一渠段在恒定流量下水位一直在波动的情况时,就可自动提示启动精细化断面扫描或地质雷达检测,从而发现淤积或衬砌破损位置,并给出对应的养护方案,将原先“定期计划”的养护变成一种根据需求来进行的状态触发式的养护,极大提高了养护效率和准确性。二是施行分级分类的基于风险的养护管理制度,按照渠道等级、结构的重要性、历史病害特点、实时监测结果等,进行全线渠道的风险等级划分和健康状态分类,对高风险的渠道,如高填方、穿路、旧衬砌的渠道开展高频次、多角度的常态化的巡视监测,并进行优先级的精细化养护;而对于风险相对较低的渠道则采用定期性、一般性的常规巡视维护。以此为基础设立相应的差异化养护标准、工作流程及资金安排方式。三是打造“1个一体平台支撑2种协同作业模式”,基于渠道运行管理信息平台,围绕渠道运行调度、巡查监测、维修养护、物资管理等方面的工作。平台会将自动关联到的运行异常、巡查上报的问题和检测评估的结果作为依据,自动生成养护任务工单,并推送给对应的责任人或者施工单位移动终端中,再将施工过程中的一些现场的情况、进度、质量验收的数据传回到平台,形成完整的运维档案,以此来保证这三个流都是相互对接匹配的,是能够闭环的。

## 5 实践应用案例分析

引丹总干渠作为南阳引丹灌区核心输水干线,覆盖邓州核心灌溉区域,承担着 121.04 万亩农田灌溉与区域生态补水重任,年许可引水量 6 亿立方米。支渠以上灌排总长约 1000.44 公里,大部分渠段是六十年代末期修建的砌石或者混凝土衬砌的老化渗漏严重的渠道,存在严重的淤积和冲刷的现象,使用了系统化常态化运维和精细化管养新模式。

常态化运维方面,通过采用“专人专段+三级巡查”的分级巡护管理模式,通过手机 APP 终端,为巡渠人员与用水部门提供实时调度信息,同步监控输水过程,保证灌溉率得到有效提升。针对总干渠 32 处节制闸、21 处退水闸及 47 条支渠进水闸的启闭设备,严格执行“清、修、换、润、校”五步作业法,确保设备完好率保持在 98% 以上。

在精细化养护上,依托灌区新建运行服务中心及提灌站管理所,搭建“远程监控+自动控制+智能预警”智慧运维平台。在干支渠关键节点布设视频监控设备、雷达水位计、电磁流量计,实时采集输水流量、水位、闸门开度等数据并上传至调度中心,对 7 座拦蓄闸,11 座提灌站实施自动化改造,实现闸门远程启闭,提灌设备变频调速,根据灌区用水需求自动调节配水方案,同步开发移动运维 APP,巡护人员可通过手机端接收故障预警信息,上报巡查记录,调取设备维保档案,实现“发现—派单—处置—验收”的闭环管理。每年在枯水期开展渠道清淤与生态防护,对渠坡杂草与渠道漂浮物集中清理,有效防止渠道淤积与水质污染;针对渠坡水土流失区域,采用连锁块衬砌与格宾石笼防护结合的生态技术,兼顾防渗、抗冲与生态友好性,减少滑坡风险。对渠道淤积段实施机械清淤与人工找平相结合的处理方式,保障渠道过水断面完整,输水能力有效提升;采用超声波技术对渠身混凝土结构进行全面检测,识别温度裂缝与结构裂缝共计 32 处,针对不同情况采取不同修复措施。针对宽度 0.2~1.5mm 的裂缝,采用水溶性聚氨酯化学灌浆材料进行高压注浆处理,确保裂缝填充饱满、黏结牢固。对局部

渗漏严重区域采用土工膜局部修补与帷幕灌浆相结合的技术方案,形成复合防渗体系,实现了灌区运维的降本增效与生态可持续。

该技术模式的成功应用,为南阳平原灌区现代化改造提供了示范样板,对推动水利工程从“重建轻管”向“建管并重”转变具有重要参考价值。

## 6 结论

灌区渠道的现代管理是一个综合性的大系统,包含了技术、管理和机制三方面;而以常态化制度化建设、信息化为抓手的工作模式正是保证渠道本身的基础性。而发展基于精准检测、高效材料、智能决策的精准化的渠道维修养护,则能够保证渠道内部深处病害得到治理与消解,同时实现渠道自身功能的有效恢复及提升,这都离不开以精准检测为核心支撑手段的维修养护,二者需要相互融合才能充分发挥作用,做到对问题的早发现并加以解决。此时就会形成常态化的监测发现—精准诊断—精细养护—效果反馈的全闭环式管理。在技术层面来说,包括了传感器技术、材料科学、人工智能以及 BIM(建筑信息模型)等诸多方向在内都正在高速发展,所以在未来可以把更多的精力放在对于如何更好地将它们用到灌区渠道运维中去上面,并做好研发创新,制定完善的技术规范标准;加强专业人才培养,推动推广应用,在更多的灌区进行试点示范工作,全面提升我国灌区基础设施运维管理水平,为护航国家安全、粮食安全和推进农业农村现代化夯实更加稳固的工程根基。

## 参考文献

- [1] 张中军.新形势下推进灌区高质量发展的思考—以淅史杭灌区舒庐干渠为例[J].中国水利,2023,(07):67-69.
- [2] 田京楠,段明威,魏邦记.龙头桥灌区运行管理体制研究[J].黑龙江水利科技,2017,45(05):5-7.
- [3] 王鹏.石头河灌区水利工程维修养护运行机制探讨[J].陕西水利,2021,(07):272-273.