

# 水利工程灌溉渠道运行管理与维护研究

阿衣先木古力·托乎提

新疆维吾尔自治区塔里木河流域喀什噶尔河水利管理中心

DOI:10.12238/hwr.v9i5.6320

**[摘要]** 本文针对灌溉渠道运行管理与维护的关键技术进行深入探讨,分析了灌溉渠道的特点与运行管理要求,阐述了科学调度、水量监测、水质管理等核心运行技术,详细介绍了工程设施、清淤除障、生态维护等维护措施,并提出了信息化管理、人才培养等现代化管理策略。研究表明,科学系统的运行管理和维护对保障灌溉渠道高效稳定运行具有重要意义,可为相关领域技术人员提供参考。

**[关键词]** 灌溉渠道; 运行管理; 维护技术; 水量调度; 信息化管理

中图分类号: TV732.6 文献标识码: A

## Research on operation management and maintenance of irrigation canals in water conservancy projects

Ayixianmuguli Tuohuti

Kashgar River Water Resources Management Center, Tarim River Basin, Xinjiang Uygur Autonomous Region

**[Abstract]** This paper delves into the key technologies for the operation management and maintenance of irrigation channels. It analyzes the characteristics and operational management requirements of irrigation channels, elaborates on core operational technologies such as scientific scheduling, water quantity monitoring, and water quality management, provides detailed descriptions of maintenance measures including engineering facilities, silt removal and obstacle clearance, and ecological maintenance, and proposes modern management strategies such as informatization management and talent cultivation. The research indicates that scientific and systematic operation management and maintenance are of great significance for ensuring the efficient and stable operation of irrigation channels, and can provide references for technicians in related fields.

**[Key words]** Irrigation channels; Operation management; Maintenance technology; Water scheduling; Informatization management

### 引言

灌溉渠道作为农业水利基础设施的核心组成部分,其运行管理水平直接关系到农业生产效率和粮食安全保障。随着全球气候变化加剧和水资源短缺形势日益严峻,传统粗放式的灌溉渠道管理模式已难以适应现代农业发展需求。据统计,我国灌溉水利用系数仅为0.53,远低于发达国家0.7-0.8的水平,其中因管理不善造成的水资源浪费占比高达30%以上。这一现状迫切要求我们建立更加科学、高效的灌溉渠道运行管理与维护体系。与普通水利工程相比,灌溉渠道具有季节性使用、水质要求高、维护周期性强等特点,其管理维护工作需要更加精细化和专业化。本文将从灌溉渠道的运行管理、维护技术和管理策略三个方面,系统阐述如何实现灌溉渠道的高效稳定运行。

### 1 灌溉渠道的特点与运行管理要求

#### 1.1 工程结构特性

灌溉渠道系统具有独特的工程结构特征。从空间分布来看,

通常呈现树状网络结构,包括干渠、支渠、斗渠、农渠等多级渠道,总长度可达数百公里。从断面形式看,主要分为明渠和暗管两大类,其中明渠又包括梯形、矩形、U型等多种断面形式。从建筑材料看,可分为土渠、砌石渠、混凝土渠等不同类型。这些结构特性决定了其运行管理的复杂性和多样性。

渠道工程的特殊性还表现在其水力特性上。由于灌溉用水具有明显的季节性和周期性,渠道水流常处于非恒定流状态,水位、流速变化频繁。同时,渠道沿线设有大量分水口、节制闸、跌水等建筑物,水流条件复杂。这些特点要求运行管理必须建立在水力学原理基础上,采用动态调控方式。

#### 1.2 运行环境特点

灌溉渠道运行环境具有显著的地域差异性。在北方干旱地区,渠道面临的主要问题是防渗节水;在南方多雨地区,则需要重点防范暴雨冲刷和边坡坍塌。此外,不同地质条件下的渠道也面临不同挑战:黄土地区易发生湿陷变形,膨胀土地区会出现反

复胀缩,冻土地区则需应对冻融破坏。气候变化的加剧给渠道运行带来了新的挑战。极端天气事件频发导致灌溉需水量预测困难,暴雨强度增大加剧了渠道防洪压力,持续干旱则可能引起渠道基础失稳。这些变化要求运行管理必须具备更强的适应性和灵活性。

### 1.3 综合管理要求

基于上述特性,现代灌溉渠道管理需要满足四个维度的要求:(1)工程安全维度。确保渠道结构完整稳定,防洪标准达标,抗震性能可靠。重点防范渠道滑坡、溃决、渗漏等工程事故,建立完善的监测预警系统。(2)水资源效率维度。提高灌溉水利用系数,实现精准配水。通过优化调度减少输水损失,采用先进量水技术提高计量精度,完善用水计量体系。(3)生态环境维度。维护渠道及周边生态系统健康。控制面源污染,保护水生生物,保持渠道水质达标,建设生态护坡等绿色基础设施。(4)经济社会维度。降低运行成本,延长工程寿命,提高服务效益。通过科学管理减少维护费用,优化人员配置,提高管理效率,更好地服务农业灌溉需求。这四个维度的要求相互关联、相互制约,需要在管理实践中统筹兼顾,寻求最优平衡点。

## 2 灌溉渠道的运行管理

### 2.1 科学调度技术体系

灌溉渠道的科学调度是一个复杂的系统工程,需要建立多层次的调度决策支持体系。首先,基于农作物需水模型,结合不同生育阶段的作物系数和土壤水分胁迫系数,构建精准的需水预测模型。其次,整合水文气象预报数据、水源来水预测和灌区墒情监测信息,运用水资源系统分析方法,建立动态配水模型。在调度模式上,应采用“总-分结合”的三级调度架构:总调度中心负责全灌区水量宏观分配,区域调度站实施水量优化配置,基层管理所执行具体配水操作。特别需要建立基于水权制度的用水协调机制,通过水权交易等市场化手段优化水资源配置,同时预留不少于10%的应急调度水量以应对极端气候事件。调度过程中要采用SCADA系统实现实时监控,确保调度指令的准确执行。

### 2.2 智能监测与精准调控技术

现代水量监测系统应采用“空-天-地”一体化监测技术架构。地面监测网络由超声波流量计、雷达水位计等智能感知设备组成,实现关键断面分钟级数据采集;无人机遥感技术可定期获取渠道全线水情信息;卫星遥感则提供大范围的土壤墒情和作物长势监测数据。在调控策略上,要建立基于模型预测控制(MPC)的智能调控系统,通过前馈-反馈复合控制算法,实现水位的平稳过渡。重点控制指标包括:水位变幅不超过设计水深的20%,流速控制在0.6-1.2m/s的合理区间。对重要控制节点,应采用PLC自动控制系统,实现流量调节误差不超过±3%的精准控制。同时建立测量设备的周期性校验制度,每季度进行现场比测,确保监测系统综合误差控制在2%以内。

### 2.3 全过程水质管控技术

灌溉水质管理应建立“源头控制-过程监管-末端保障”的

全过程管控体系。在监测网络建设方面,构建三级监测站点:固定自动监测站实时监测常规指标,移动监测车开展重点区域巡查,实验室进行全指标分析。关键监测参数除常规指标外,还应包括农药残留、微塑料等新兴污染物。在污染防治方面,采取工程-生态复合措施:设置生物隔离带拦截面源污染,建设生态湿地净化尾水,安装自动拦污栅截留漂浮物。针对藻类水华问题,可构建以滤食性鱼类(如鲢鳙鱼)为主、水生植物为辅的生态调控系统,将藻类密度控制在50万个/L以下。建立水质安全预警系统,当出现Ⅲ级预警(单项污染因子超标1倍)时启动应急处理预案,采用活性炭吸附、化学沉淀等应急处理技术确保灌溉水质安全。

### 2.4 防洪安全调度技术

灌溉渠道防洪管理需建立“预报-预警-预演-预案”的四预体系。基于水文气象耦合模型,实现72小时洪水预报;构建多级预警指标,根据雨量、水位等参数启动相应响应机制;采用数字孪生技术进行洪水演进模拟预演;制定分级分类的应急预案。重点防控区域应设置应急泄洪通道,泄洪能力不小于设计流量的120%。防洪调度要遵循“上蓄、中疏、下排”的原则,联合运用渠道自身调蓄能力和沿线水库的防洪库容。对高风险渠段,应采用生态型加固技术,如格宾石笼护坡、根系固土等,既保证防洪安全又维护生态功能。建立汛期24小时巡查制度,重点监测三类险情:渗透变形(渗流量突增)、边坡失稳(裂缝发展)和结构破坏(混凝土剥落),确保及时发现并处置安全隐患。

## 3 灌溉渠道的维护措施

### 3.1 工程设施维护

工程设施维护是保障灌溉渠道长期稳定运行的基础。灌溉渠道的结构部位,如衬砌、边坡、底板等,直接承受水流的冲刷和外部环境的侵蚀,因此必须定期检查,及时发现并修复问题。(1)结构检查与修复。渠道的衬砌、边坡和底板是检查的重点部位。裂缝、渗漏和变形是常见问题,尤其是在混凝土结构中。混凝土裂缝一旦发现,应及时采用专用材料(如环氧树脂或聚合物砂浆)进行修补,以防止裂缝扩展导致结构破坏。对于土质渠道,边坡的稳定性至关重要,需通过加固措施(如铺设土工布或加设挡土墙)防止滑坡,同时进行防渗处理(如铺设防渗膜或采用黏土夯实)以减少水分渗漏。(2)金属设备的保养。闸门、启闭机等金属设备是渠道运行的关键部件,需定期润滑保养,防止锈蚀和卡阻。特别是在多雨或潮湿环境中,金属部件容易生锈,应定期涂抹防锈油或更换磨损零件。对于电动启闭设备,还需检查电路和控制系统,确保其正常运行。(3)冬季防护措施。在冬季停灌期间,渠道内的积水可能因冻结而膨胀,导致衬砌或底板开裂。因此,应在停灌后彻底排空渠道内的积水,并对易受冻胀影响的部位(如混凝土接缝)进行保温处理,如覆盖草垫或泡沫材料。

### 3.2 清淤除障

清淤除障是维持渠道过水能力的重要工作。渠道在长期运行中会因泥沙沉积、水生植物滋生和漂浮物堆积而降低输水效率,甚至引发堵塞。(1)清淤计划与实施。应根据渠道的泥沙淤

积情况制定科学的清淤计划。通常选择在非灌溉期(如冬季或早春)集中进行清淤作业,以减少对灌溉用水的影响。清淤时需采用合理的施工工艺,如机械清淤或人工清挖,避免对渠道结构造成二次损伤。对于狭窄或弯曲的渠段,可采用高压水枪冲洗,既高效又环保。(2)日常维护与拦污设施。水生植物和漂浮物的清理需建立日常打捞制度,保持水面畅通。在渠道的关键区段(如进水口或分水口)设置拦污栅,可以有效拦截大型漂浮物,减轻后续清理压力。拦污栅应定期清理,防止堵塞影响水流。(3)污泥处置。清淤产生的污泥需合理处置,避免二次污染。污泥可用于农田改良或填埋处理,但需注意其是否含有重金属或其他有害物质。对于污染较重的污泥,应送至专业处理厂进行无害化处理。

### 3.3 生态维护

随着生态环保意识的提高,灌溉渠道的维护不仅要满足输水功能,还需兼顾生态效益。生态维护是实现灌溉渠道可持续发展的新要求。(1)生态缓冲带建设。在渠道沿线建设生态缓冲带,种植适宜的植被(如芦苇、灌木或草本植物),既能美化环境,又能固土护坡,减少水土流失。植被的根系可以增强土壤的抗冲刷能力,同时吸收渠道周边的营养物质,防止水体富营养化。(2)生态护坡技术。对于土质渠道,可推广生态护坡技术,如采用植物根系加固边坡或铺设生态砖。这些技术既能稳定边坡,又能为小型动物提供栖息地,增加生物多样性。此外,生态护坡还能减缓水流速度,减少对渠道的冲刷。(3)生态系统保护。在渠道管理范围内,应保护现有生态系统,为野生动物保留栖息空间。例如,在渠道两侧保留一定宽度的自然植被带,避免过度硬化或开发。同时,严格控制农药和化肥的使用,防止其随径流进入渠道造成污染。可通过推广有机农业或生态农业,减少面源污染。(4)水质管理。定期监测渠道水质,防止工业废水或生活污水排入。对于污染较重的渠段,可采用生态修复技术净化水质。此外,加强宣传教育,提高周边居民的环保意识,共同维护渠道的生态环境。

### 4 灌溉渠道的现代化管理策略

现代化灌溉渠道管理以信息化、智能化为核心,依托物联网、大数据、人工智能等技术构建智能管理平台,实现实时监测、自动调控和精准灌溉。通过在渠道关键节点部署传感器、远程

控制闸门和智能配水系统,结合GIS三维建模和AI预测分析,动态优化水资源调度,提高灌溉效率。同时,引入无人机巡检和水下机器人检测技术,替代传统人工巡查,提升运维效率,确保渠道安全稳定运行。

现代化管理还强调智慧灌溉与可持续发展,推动水肥一体化、数字水权交易等创新模式。利用区块链技术建立透明的水资源分配机制,结合智能计量和移动支付,实现精准用水管理。此外,通过数字孪生技术模拟渠道运行状态,优化决策支持系统,使灌溉管理更加科学高效。

人才培养和标准化建设是现代化管理的重要保障。需加强技术人员在物联网、大数据等领域的培训,打造复合型运维团队,同时制定统一的智慧灌溉标准,确保系统兼容性和数据互通性。未来,随着5G、AI等技术的深入应用,灌溉渠道将向无人化、智慧化方向发展,为农业节水增效和可持续发展提供更强支撑。

### 5 结束语

灌溉渠道的运行管理与维护是一项系统工程,需要综合运用工程技术、管理方法和生态理念。本文从灌溉渠道的特点出发,系统阐述了运行管理的关键技术和维护措施,并提出了现代化管理的策略建议。研究表明,科学的管理体系和完善的维护制度对保障灌溉渠道的高效稳定运行具有决定性作用。未来,随着科技的进步和管理理念的发展,灌溉渠道的管理维护工作将更加智能化、精细化,为农业可持续发展和水资源高效利用提供有力支撑。相关领域的技术人员应不断更新知识,提升技能,适应新形势下灌溉渠道管理的新要求。

### [参考文献]

- [1]夏智渊.浅谈水利工程渠道运行管理与维护存在问题及解决措施[J].建筑工程技术与设计,2017(25):1962.
- [2]李宁.农田水利灌溉渠道工程运行维护及管理[J].农业科技与信息,2016,(16):113.
- [3]罗欢.农田水利灌溉渠道工程的运行维护与管理的初探[J].科技创新与应用,2016,(27):241.

### 作者简介:

阿衣先木古力·托乎提(1974—),女,新疆喀什人,中专,助理工程师,研究方向为水利工程管理。