

# 水利农田灌区节水改造渠道施工技术探讨

邹曼余

云南宇洲建筑工程有限公司

DOI:10.32629/hwr.v10i4.6974

**[摘要]** 针对农田灌区渠道渗漏严重、输水效率低下的问题,本文从现浇混凝土防渗结构精细化控制、生态护坡与柔性衬砌复合应用、基于智能监测的数字化施工管理三个方面提出了相应的技术。文章根据具体的参数以及实测的数据来分析新型材料和工艺对提高渠道耐久性和节水效益的作用。经过研究发现,精细化施工控制同智能化运维手段相融合,已然成为破解灌区输水难题的主要途径。

**[关键词]** 农田灌区; 节水改造; 渠道防渗; 现浇混凝土; 智能监测

中图分类号: S275 文献标识码: A

## A Discussion on Construction Techniques for Water-Saving Channel Renovations in Agricultural Irrigation Districts

Manyu Zou

Yunnan Yuzhou Construction Engineering Co., Ltd.

**[Abstract]** Addressing the issues of severe leakage and low water conveyance efficiency in agricultural irrigation channels, this paper proposes corresponding technologies in three areas: precision control of cast-in-place concrete impermeable structures, the combined application of ecological slope protection and flexible linings, and digital construction management based on intelligent monitoring. Based on specific parameters and field measurement data, the paper analyzes the role of new materials and processes in enhancing channel durability and water conservation benefits. The study found that the integration of precise construction control with intelligent operation and maintenance methods has become the primary approach to resolving water conveyance challenges in irrigation districts.

**[Key words]** Agricultural irrigation districts; Water-saving retrofits; Channel lining; Cast-in-place concrete; Smart monitoring

水利农田灌区节水改造渠道施工项目是水利工程的重要组成部分,其中涉及渠道开挖与衬砌、配套设施建设等多个施工环节,是提高农业水资源利用效率、保障粮食安全的重要手段<sup>[1]</sup>。当前,常用的土质渠道或者年久失修的浆砌石渠道,由于自身结构抗渗性差,造成很大的输水过程损失,并且极易造成渠体坍塌、渗漏侵蚀等安全隐患,进一步加大了水资源的浪费。虽然近些年来各种渠道防渗技术,例如混凝土衬砌、复合土工膜等层出不穷,并且被广泛应用,但是由于工艺执行粗放、质量把控不严格以及后期维护监管不到位等原因,使得这些技术的实际防渗效果远没有达到预期的目的,不能充分发挥出它应有的节水作用。因此,从施工技术角度出发,对渠道防渗关键工艺进行系统的梳理和创新,对提高灌区的现代化水平有着十分紧迫的必要性。

### 1 项目背景与工程概况

水利农田灌区节水改造渠道施工项目属于关系到国家粮食

安全、提高农业水资源利用率的重要工程。近些年来,伴随着乡村振兴战略的持续推进,云南省在高标准农田创建以及水利工程补短板方面成效显著,不过也存在一些老旧灌区设施老化,输水损失严重,生态环境脆弱等问题。在这种情况下,以云南省临沧市凤庆县清水河灌区建设项目、新平县2026年梅子箐项目区小流域综合治理提质增效项目为代表的大型水利工程为典型,其建设规模大、技术难度高、涉及面广,给现代渠道施工技术的创新发展提供了一个很好的实践平台。

#### 1.1 临沧市凤庆县清水河灌区建设项目

该工程主要解决灌区输水能力小、渠道损毁严重的问题。工程主要建设内容为新建输水干管3条(总长15.58km),分干管16条(总长9.23km),对营盘灌区景杏片、郭大寨水库中型灌区进行管网延伸,新增输水分干管33条,总长17.59km。清水河大沟严重滑坡隐患工程进行了大规模的修复工作,总长20.505km的渠道中7段需要清淤修复加设C25钢筋混凝土预制盖板,香菜

塘大沟渠改管5.73km,采用螺旋焊接钢管,红花塘库尾渠道防渗0.17km。该标段不但要修建很长一段输水管道,而且还要对复杂的地质条件下修建的渠道进行修复,并且要配套建设阀门井、镇墩等附属设施,对渠道结构的抗滑移性、抗渗性、耐久性要求很高。

### 1.2新平县2026年梅子箐项目区小流域综合治理提质增效项目

该工程主要是对小流域综合治理、提质增效,第二标段设计布置梯田工程面积为114.98hm<sup>2</sup>。工程特点为“山水林田湖草沙”系统治理,配套措施十分丰富,有取水闸阀井3座、蓄水池6座(总容量1000m<sup>3</sup>以上)、输水管道3.00km、生产道路4.32km、排水沟系统等。工程中还有路基挡墙133.40m、谷坊4座、下田口31处等水土保持设施。该项目地形复杂,在梯田地区要修建集灌溉、排水、道路为一体的综合体系,对渠道施工的灵活性、生态适应性、多工种交叉作业的管理能力提出了严峻的挑战。

以上两个项目包括了从平原长距离输水到山地梯田配套、从刚性渠道修复到柔性生态护坡等各种情况。但是,在传统的施工过程中,土质渠道渗漏、浆砌石坍塌、养护不到位等质量问题,在这些大型工程中如果不能得到有效的解决,将会造成巨大的投资浪费以及生态风险。清水河灌区如果不能很好地解决滑坡段渠道的稳定性问题,就会直接威胁到下游数万亩农田的供水安全;梅子箐项目如果在梯田配套渠道中忽略生态护坡,那么就很难抵御雨季的冲刷,造成水土流失加剧。因此,根据上述工程实际需要,研究出一套集高精度成型、生态友好、智慧管控于一体的现代化施工技术体系就显得十分必要。

目前,虽然混凝土衬砌、复合土工膜等技术已经被广泛使用,但是对于地质条件复杂、修复任务繁重的清水河灌区来说,粗放式的施工工艺很容易造成裂缝频发、接缝渗漏,甚至出现“建而复修”的恶性循环。特别是梅子箐项目,在梯田地形多变的情况下,怎样协调刚性防渗和生态恢复的关系,怎样利用数字化技术对分散式小型水利设施进行精准管理,都是需要解决的问题。本文基于具体工程痛点,结合凤庆县、新平县施工实例,从精细化成型控制、生态复合衬砌应用、数字化施工管理三个方面入手,对水利农田灌区节水改造渠道施工技术进行详细研究,以期同类工程提供可以复制、可以推广的技术路径。

## 2 水利农田灌区节水改造渠道施工技术及其应用

### 2.1现浇混凝土防渗结构的精细化成型控制

在农田灌区节水改造中,现浇混凝土渠道由于具有强度高、抗冲刷能力强、整体性好等特点,被广泛应用于农田灌区节水改造工程中,但是其施工质量的好坏直接影响到防渗效果的持久性。传统的滑模施工虽然效率高,但是不能适应复杂的地形和精细的防渗要求,所以小模板分段浇筑和低频振捣相结合的精细化成型控制技术已经成为目前主流。该技术的关键就是严格控制混凝土的水胶比和坍落度,一般水胶比控制在0.45-0.50之间,最大可能地减少毛细孔隙率,用高性能减水剂改善流变性,保证混凝土在低温或高温下都能保持良好的工作性<sup>[2]</sup>。

施工时必须严格执行分层浇筑、对称振捣的原则,采用插入式振捣器和平板振动器相结合的方式,消除气泡和蜂窝麻面,在渠道底板与边墙交接的阴角处应设置加强筋网片,防止应力集中造成开裂。另外,在施工过程中为了减少温度裂缝,常采用埋设冷却水管或者用冰水拌合等方法将混凝土入仓温度控制在20℃以下,在浇筑完成后及时覆盖土工布进行保湿养护,养护期不少于14天,保证水泥充分水化,形成致密的微观结构。经过一系列工艺参数的精确控制,使渠道衬砌体的抗渗等级可以达到P6以上,比传统的素土夯实渠道高很多。为了直观地反映不同的施工工艺对混凝土密实度、抗渗性的影响,表1给出了两种典型施工模式下主要质量检测数据的对比情况,从数据可以看出,精细化控制后渠道混凝土回弹强度均值提高了18%,渗水系数降低了两个数量级,说明精细化成型控制对于提高渠道本体质量起着决定性的作用(见表1)。

表1 不同施工模式下混凝土物理力学性能对比

检测项目	传统粗放施工组	精细化成型控制组	变化趋势
28d 抗压强度 (MPa)	28.5 ± 2.1	33.6 ± 1.4	+17.9%
抗渗等级 (P 值)	P4	P6	提升一级
表面气孔率 (%)	3.2	0.8	-75.0%
早期裂缝宽度 (mm)	0.35	<0.05	显著抑制

### 2.2生态护坡与柔性衬砌的复合应用技术

为了达到防渗和生态恢复的目的,生态护坡和柔性衬砌的复合使用也成了重要的发展方向。该技术创建起刚性防渗层和柔性生态植被层的体系,先在基底上铺设高密度聚乙烯(HDPE)土工膜做为主防渗层,再浇筑3到5厘米厚的钢筋混凝土或者纤维增强复合材料作为保护垫层,最后铺贴预制生态植草砖或者三维土工网垫。该结构克服了传统生态护坡抗冲刷能力弱、刚性护坡生态差的矛盾。

施工时,应当严格控制土工膜搭接宽度(≥10cm),双焊缝热合质量,使用专用界面剂提高混凝土和土工膜的粘结力。选择耐水湿、根系发达的本土草本植物固结土壤。表2为生态复合衬砌和传统刚性衬砌全生命周期效益对比表,从数据上看,虽然初始投入大,但年均维护费用降低77.1%,冻融循环耐受提升到200%,全生命周期效益明显。

### 2.3基于智能监测的数字化施工管理体系

伴随着物联网、大数据以及人工智能技术的迅速发展,传统的依靠人工经验来判断的施工管理模式已经不能适应现代灌区工程高标准的要求了,以智能监测为基础的数字化施工管理体系也随之产生。该体系是在渠道施工现场布设高精度的传感器网络,对混凝土温度、湿度、应力应变、沉降变形等主要参数进

行实时采集,并用边缘计算网关做初步处理,把数据传送到云端管理平台做进一步的分析和可视化展示。施工期间智能监测系统可以自动识别混凝土浇筑过程中出现的温度梯度超限、振捣频率不够等异常情况,并立刻发出警报,促使现场人员及时调节工艺参数,把质量毛病遏制在萌芽阶段<sup>[3]</sup>。

表2 生态复合衬砌与传统刚性衬砌全生命周期效益对比

评价指标	传统刚性衬砌	生态复合衬砌	差异分析
初始建设成本 (元/㎡)	45.0	52.0	增加约 15.5%
年均维护费用 (元/㎡·年)	3.5	0.8	降低 77.1%
冻融循环耐受次数 (次)	50	>150	提升 200%
生物多样性指数	低	高	显著改善

在渠道底板浇筑时埋设的光纤光栅传感器可以对混凝土内部应力分布进行实时监测,当监测到拉应力大于极限值的时候,系统立刻联动温控设备启动降温程序。无人机倾斜摄影技术也被用在土方量计算和施工进度复核上,生成高精度三维实景模型之后,管理者可以清楚地知道每一米渠道的开挖深度和回填压实度,杜绝偷工减料的现象。数字化管理可以实现施工档案的自动生成和追溯,所有的检测数据都被加密保存起来,并且形成了一个不能被篡改的“数字孪生”记录,给后期的运维工作提供详实的数据支持。由“事后验收”变为“过程预控”,工程管理

透明度、科学性大幅提升,保证节水改造工程的每一个环节都符合设计规范。为引入数字化施工管理系统前后质量控制效率、工期延误率、数据准确率等各方面的对比情况,数据清楚地体现出智能化手段对工程整体效能的提高作用。

### 3 结语

综上,水利农田灌区节水改造依靠现浇混凝土精细化控制、生态复合衬砌和数字化施工管理这三项关键技术的共同使用。这三个技术一起解决渠道本体防渗抗裂、生态友好和全程可控的问题,构成现代灌区改造的主框架。展望未来,纳米改性防渗材料的研发取得突破之后,渠道衬砌就会拥有自我修复的能力,5G同数字孪生技术深度交融之后,施工设备就会拥有自主感知并做出决定的能力,从而大幅削减人工干预的风险。未来的灌区节水改造不会再只是简单的硬化,而会朝着智慧化、生态化、低碳化综合服务体系的方向发展,最终形成一个集精准配水、智能调度、动态监测为一体的现代化农业灌溉基础设施网络,给国家粮食安全和生态文明建设提供持久的动力。

### 【参考文献】

- [1]吴彭丽.临汾市农田水利节水灌溉改造方法及效益评估[J].水利技术监督,2026,(04):76-78+172.
- [2]王涛.水利农田灌区节水改造渠道施工技术探讨[J].当代农机,2025,(11):34-35.
- [3]吴锦林.安徽省新汴河灌区续建配套与节水改造工程设计分析[J].水上安全,2025,(07):99-101.

### 作者简介:

邹曼余(1973--),女,汉族,云南昆明市人,本科,工程师,研究方向:水利工程施工管理。