

# 大型灌区渠道防渗工程技术选型与效果分析

李虹钢<sup>1</sup>, 武 瑾<sup>2</sup>

(1. 红河州大型灌区管理局, 云南 红河 661100;  
2. 个旧市水利电力勘测设计队, 云南 红河 661000)

**摘 要** 本文围绕大型灌区渠道防渗工程技术选型与效果分析, 结合弥泸灌区竹园新沟改造案例, 探讨传统土工、混凝土及膜类防渗技术的适用性、施工要点及效果评估, 以期为大型灌区水资源保障和管理提供参考。结果表明, 科学选型结合差异化施工和智能监测, 可显著降低渗漏率, 减少水损, 提高灌溉水利用率。

**关键词** 大型灌区; 渠道防渗技术; 综合改进技术

**中图分类号**: S277.9; TV223.4

**文献标志码**: A

**DOI**: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.17.016

## 0 引言

随着农业节水要求不断提高与灌区运行管理水平持续提升, 渠道防渗已成为影响输水效率与工程安全的重要环节。既有灌区中普遍存在结构老化、渗漏加剧等问题, 新建工程则面临技术选择与成本控制的双重约束。在此背景下, 有必要从工程实践出发, 对不同防渗技术的适用条件、施工特点及运行效果进行系统分析, 以提升技术应用的针对性与合理性, 为灌区高效运行与水资源优化配置提供技术支撑。

## 1 渠道防渗工程的技术背景与重要性

### 1.1 大型灌区渠道渗漏问题概述

在大型灌区建设和运行管理过程中, 渠道渗漏问题历来被认为是水资源实现高效利用产生影响的一个关键问题。出现渠道渗漏, 不仅会导致灌区供水量减少, 灌溉效率降低, 对作物的产量产生影响, 同时还会造成地下水位升高以及局部湿地生态系统发生改变的状况, 给灌区以及周边环境带来负面影响。在云南一些地方已建成运行的大型灌区项目中, 由于渠道土质的渗透性比较高、衬砌出现老化的情况或者接缝处理得不合理, 渗漏率普遍达到10%至20%, 严重影响灌溉管理效率。

### 1.2 防渗技术发展历程

渠道防渗技术经历了从传统的土工方法朝着现代材料技术进行转变的一个过程。早期的灌区大多采用黏土衬砌、土工布等传统的土工防渗技术, 通过把土层增厚或者使用黏性土料的方式来减少渗漏, 不过存在施工周期比较长、材料取材受到限制、耐久性比较

差以及长期效果不太稳定等方面的局限。随着材料科学以及工程技术的发展, 新型的防渗材料(高分子膜、复合防渗布、防渗涂层等)以及复合注浆加固工艺等逐渐被应用到大型灌区渠道当中, 其技术特点包含施工比较便捷、耐久性比较强、适应性比较广泛, 并且能够结合信息化监测来实现实时的渗漏分析。这些新型材料以及工艺的发展, 为大型灌区防渗提供了更加高效、可以控制并且经济合理的技术途径<sup>[1]</sup>。

### 1.3 防渗工程在灌区管理中的作用

渠道防渗工程不只是保障水量供应的一种工程措施, 也是提升灌区管理效率的一个重要手段。通过科学的防渗设计以及施工, 能够有效地提高渠道输水效率, 确保作物灌溉水源保持稳定, 减少渗漏所造成的水资源浪费以及管理成本。例如: 通过复合膜或者混凝土衬砌等措施能够减少渠道渗漏率, 降低灌区水损失, 实现水量精准调度。除此之外, 长期有效的防渗措施能够延长渠道工程的使用年限, 减少维护次数, 为灌区长效运行、设备使用寿命以及管理系统优化提供坚实的支撑, 形成技术和管理相互协同的良性循环。

## 2 渠道防渗工程技术选型原则

### 2.1 水文地质条件适配性

对于渠道防渗技术进行选型的时候, 必须要充分考虑水文地质方面的条件, 包括土壤类型、渗透系数、地下水位以及地形坡度等因素。在土壤渗透性比较高的地区, 需要采用高性能防渗膜或者是混凝土复合衬砌, 以此来确保渗漏率能够控制在合理的范围之内; 在地下水位比较高、地下水活动比较强的区域, 应该

**作者简介**: 李虹钢(1990-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 水利水电工程。

选择防水性能比较好并且能够耐受长期浸泡的材料,同时还要考虑衬砌结构和水压之间的匹配情况。在不同的水文地质条件下,技术选型应该兼顾防渗效果和施工适应性,要避免因为忽视水文地质方面的差异而导致工程设计缺陷或者后期维护成本有所增加。

## 2.2 经济性与工程造价考量

大型灌区工程投资规模一般比较大,所以经济性是技术选型的一个重要原则。在选择防渗方案的时候,需要综合建设成本、材料费用、施工机械使用以及长期维护成本来进行综合分析,从而确保技术方案具备合理性和可持续性。高性能的材料虽然初期投资比较高,但是耐久性比较强、维护的频次比较低,长期综合效益往往要优于低成本、短寿命的方案。在决策的过程中,应该结合灌区的经济效益、投资回收期以及运行管理预算,来选择性价比最优的防渗技术<sup>[2]</sup>。

## 2.3 施工难度与可操作性

渠道防渗工程施工的难度以及可操作性会直接影响工程的进度和质量。施工期比较短、施工设备适配性比较高、施工工艺可操作性比较强的技术方案更加适合大规模灌区进行推广。例如:采用预制复合衬砌或者卷材防渗膜,能够减少现场施工的数量,降低人工以及机械操作的难度,提高施工效率。技术方案在施工过程中还应该兼顾安全性、施工环境影响以及技术工艺要求,确保防渗的效果和施工的质量能够同步实现。

## 2.4 耐久性与长期效果

防渗工程的耐久性是保证水资源长期高效利用的关键所在。材料应该具备优异的物理性能和环境适应性,能够抵抗温差变化、紫外线、机械磨损以及化学腐蚀等这些因素。衬砌结构和防渗材料的寿命需要和渠道设计使用的年限相匹配,同时维护的周期要合理,减少频繁修复所带来的运营成本。长期的效果不仅体现在渗漏率的降低上,还应该反映在渠道整体管理的效率和灌区水资源保障能力的持续提升方面。

# 3 主要防渗技术及适用分析

## 3.1 传统土工布与黏土衬砌技术

传统的土工布和黏土衬砌技术是以天然材料为主,夯实黏土形成低渗层,在黏土层表面或者内部铺设土工布来提高抗冲刷和整体防渗性能。该类技术对于地质条件要求较高,适合于土质均匀、地形平坦的灌区,过流能力中等,适合中小型渠道,结构稳定性依靠黏土厚度和压实质量,长期流速高或者洪峰流量大的情

况下可能会出现局部开裂。征占地面积小,在长距离渠道施工中需要一定的操作空间,施工过程简单,压实度应达到 95% 以上,土工布搭接宽度不小于 15 cm,采用热焊工艺。在经济合理上,黏土、土工布材料容易获取、造价低,但是耐久性差,在长期冲刷或者微动土壤的作用下,容易产生渗漏,需要定期维护。该技术适合用在中小型渠道或者生态敏感区的防渗上,也可以在局部关键段落配合其他结构加固一起使用<sup>[3]</sup>。

## 3.2 混凝土及复合材料防渗技术

混凝土及复合材料防渗技术主要是用 C20 ~ C40 混凝土现场浇筑或者预制拼装形成连续防渗层,可以和聚合物涂层等复合使用。该技术适应性强,在各种土质、地质条件下均可达到低渗漏率,承载能力强、抗冲刷性能好,过流能力满足大中型渠道的设计流量和流速要求,结构稳定、耐久性强,设计使用年限可达 30 年以上。征占地面积中等,施工空间比较稳定,但是施工工艺复杂,渠基平整、压实、伸缩缝设置、混凝土振捣养护等工序多,施工周期较长,在低温时容易产生裂缝。经济合理表现为单平方米造价较高,但是长期运行维护费用低,综合效益好。该技术适合于骨干渠道、大中型灌区、高流量段等防渗工程,耐久性好、安全性高的情况下有明显优势。

## 3.3 膜类与涂层防渗技术

膜类和涂层防渗技术主要采用 HDPE 膜、TPO 膜或者聚合物涂层作为防渗材料,在平整压实的基础上铺设膜材,并用热焊接、搭接和表面保护层形成防渗系统。该技术渗透系数低、抗老化强,适合于复杂的地形或者重要的节点局部加强,过流能力由膜材基底稳定性和附加护岸措施决定,结构柔性好,可以适应一定的地基沉降和微小变形,在高流速段或者洪峰流量下需要配合保护层防止机械损伤。施工条件要求基底干燥、平整,铺设施工周期短,技术操作简单,施工难度小,适合快速实施。在经济合理性方面,膜材本身价格较高,但是可以大大减少水损,节约灌溉用水,长期维护费用中等,经济性较好。该技术可以作为大中型渠道关键段落的局部防渗措施或者现有渠道加固手段,也可以与混凝土或者浆砌石结构相结合使用,提高综合防渗效果<sup>[4-5]</sup>。

## 3.4 综合改进技术与智能监测应用

综合改进技术一般采用多层复合的方式,黏土、土工布、混凝土或者膜材、保护层、排水层等组合结构可以实现不同的防渗效果。此类技术具有较强的水文地质适应性,在平缓地形以及复杂地质段落的防渗

中均能得到较好的应用效果,过流能力大、结构稳定,可以满足高流量、洪峰排涝的要求。征占地面积方式不同,但是控制在可接受范围内,施工难度较大,需要协调不同材料的铺设顺序和养护工艺,并且可以利用智能监测技术对渠道运行状态进行实时监控。设置流量监测装置、水位传感器、远程数据传输系统,可对渗漏、流量、水位变化等实施实时剖析与管控,及时察觉异常并加以修复,从而保证防渗成效及水资源利用率<sup>[6]</sup>。

## 4 灌区渠道防渗工程案例分析与优化

### 4.1 典型灌区工程案例分析

以弥泸灌区竹园新沟改造工程为例,工程实施前渠道渗漏率38%,一年内水流失量860万立方米,灌溉用水利用率0.52,灌区供水效率和农业生产能力严重降低。针对目前存在的现状,对竹园新沟拟用的防渗技术进行了综合分析论证,分为传统土工布和黏土衬砌、混凝土和复合材料防渗、膜类和涂层防渗、综合改进技术四种方案。传统的土工布和黏土衬砌依靠夯实黏土形成低渗透层,再用土工布加强抗冲刷性,适用于平缓地形、中小型渠道,耐久性差、抗冲击性弱;混凝土和复合材料防渗耐久性好、施工后能承受高流速,适用于大中型渠道,竹园新沟大部分渠段采用该技术后渗漏得到有效控制,但施工周期长、低温容易开裂;膜类和涂层防渗渗透系数小、耐老化,适用于关键节点的局部加强,竹园新沟局部段落使用后渗漏率降到5%以下,但是容易受到机械损伤需要保护;综合改进技术将多层复合结构与智能监测结合起来,可以实现防渗效果和管理优化的结合,实时监测水位和渗漏,及时修复异常,保证运行安全。

改造之后竹园新沟渠道渗漏率降到8%以下,年水损减少610万立方米,灌溉用水系数提高到0.73,有效灌溉面积增加0.9万亩,渠道清淤周期从原来的每年两次延长到现在的三年一次,管护费用每年节约约23万元,汛期排涝时间缩短40%,有效防止了农田内涝,提高了灌区运行安全和管理便捷性。该案例用科学选型、差异化施工的方法,既改善了渠道水工性能,又大大提高了灌区的整体效益,给类似的大型灌区提供了一个综合防渗改造的经验模式。

### 4.2 工程优化建议

在技术改进方面,应该根据渠道骨干段和支渠段不一样的特性来进行有差异的选型。骨干渠道优先采用混凝土加上涂层的复合防渗技术,以此来增强结构

的稳定性能和防渗的耐久性能;支渠则可以选择土工布与黏土进行衬砌的组合方式,兼顾施工的成本和防渗的效果。在材料选择方面,应该考虑区域的环境和地质的条件,在寒冷的地区适宜选用具有抗冻性能的混凝土(抗冻等级大于或者等于F50),用来应对低温冻融的循环情况;在地形复杂和地势起伏比较大的段落,可以采用柔韧性比较强的TPO膜,提高材料的适应能力并且降低施工的风险。在管护和运行管理方面,应该建立科学的巡检制度,确保每个月巡检的覆盖率达到100%,并且利用监测得到的数据来进行渗漏风险的预先判断。对于竹园新沟等经过村庄的段落、桥涵的段落等关键的节点,应该加强防护和维护的工作,确保渠道能够长期稳定地运行。同时,可以结合排水的调度和水量的监测,实现精细化的管理,进一步提升防渗工程的综合效益<sup>[7]</sup>。

## 5 结束语

大型灌区渠道防渗工程,通过运用科学技术来进行选型,能够明显地降低渗漏率、减少水的损失,并且提升灌溉水的利用率。以弥泸灌区的竹园新沟改造为例,在采用了混凝土护岸以及膜类防渗技术之后,渗漏率从38%下降到了8%,水的损失减少了610万立方米,灌溉水的利用系数提升到了0.73,还新增加了0.9万亩的灌溉面积。将差异化的选材、精细化的施工以及智能的监测相结合,能够实现防渗工程的高效、耐久以及可持续管理,从而为大型灌区的水资源保障提供可靠的支撑。

## 参考文献:

- [1] 赵鹏涛.分析大型灌区续建配套与节水改造工程防渗渠道衬砌施工技术[J].中国科技纵横,2021(02):92-93.
- [2] 王蓉.水利工程灌区渠道工程防渗技术探讨[J].全面腐蚀控制,2025,39(07):116-118.
- [3] 苏娅.水利工程中的农田灌溉防渗渠道衬砌施工技术[J].农业开发与装备,2024(12):220-222.
- [4] 张延.渠道防渗技术在农田水利工程中的应用效果探究[J].数字农业与智能农机,2024(02):56-59.
- [5] 顾良.农田水利渠道防渗处理技术优化与维修保养效果[J].江西农业,2026(04):140-142.
- [6] 赵朝良.农田水利灌溉渠道防渗衬砌施工技术探析[J].当代农机,2025(11):49-50.
- [7] 严晓红.农田水利工程施工中高效防渗技术探讨[J].现代农业科技,2025(21):162-164.