

# 山区水利灌溉工程施工渠道防渗技术

姚少力

湖北凯耀宏建设工程有限公司 湖北 潜江 433100

**摘要：**山区水利灌溉工程中，渠道防渗是提升水资源利用效率的关键。针对山区地质复杂、气候多变的特点，需采用复合防渗技术，如“复合土工膜+混凝土保护层”结构，结合地形优化断面形式，如弧形底梯形断面。同时，注重基础处理与施工质量控制，如采用分层夯实、化学加固等工艺。此外，推广生态防渗技术，如植被缓冲带、生物基材料，实现防渗与生态保护的协同发展，推动山区水利工程绿色可持续建设。

**关键词：**山区水利灌溉工程；施工渠道；防渗技术

引言：在我国水资源分布不均且山区占比颇高的现状下，山区水利灌溉工程对保障农业生产和居民用水意义重大。然而，山区复杂的地质条件、多变的气候以及特殊的水文环境，使得渠道渗漏问题频发，导致水资源浪费、渠道结构失稳、生态环境遭破坏等后果。因此，深入研究山区水利灌溉工程施工渠道防渗技术，提高水资源利用率、保障渠道稳定运行、维护生态平衡，成为当下亟待解决的关键问题。

## 1 山区水利灌溉工程施工渠道渗漏成因与影响分析

### 1.1 渗漏主要成因

(1) 地质因素。山区地质条件复杂多样，渠道沿线多存在土质疏松区域，如砂壤土、粉质土等，此类土壤颗粒间孔隙大，抗渗性能差，易导致水体下渗；部分区域岩层存在天然裂隙或断层，形成地下水渗透通道，加剧渗漏；同时，山区地下水位受地形和降水影响波动较大，若地下水位过高，与渠道水位形成较大水头差，会进一步促进水体渗漏。(2) 水文因素。山区降水集中且强度大，水流对渠道边坡和底部产生强烈冲刷，破坏渠道衬砌结构，形成渗漏隐患；冬季低温环境下，渠道内水体冻融循环频繁，导致衬砌材料开裂、剥落，降低防渗效果；此外，灌溉期与非灌溉期渠道水位大幅变化，引发渠道结构变形，加剧渗漏程度。(3) 人为因素。施工过程中若存在衬砌铺设不平整、接缝处理不严密、压实度不足等缺陷，会留下渗漏漏洞；工程建成后，若长期缺乏科学的维护管理，渠道衬砌的破损部位未能及时修复，渗漏问题会持续恶化；部分渠道设计阶段未充分勘察地质水文条件，防渗标准偏低、断面设计不合理，先天存在渗漏风险<sup>[1]</sup>。

### 1.2 渗漏的负面影响

(1) 水资源利用率降低。山区本身水资源匮乏且分布不均，渠道渗漏会造成大量宝贵水资源流失，大幅降

低灌溉水利用率；渗漏的水资源无法有效送达灌溉区域，导致农作物缺水减产，同时加剧山区居民生活用水与农业用水的供需矛盾，制约区域农业发展。(2) 渠道结构失稳。渗漏水体渗透到渠道边坡和基础土层，会降低土壤承载力，导致渠道边坡塌陷、滑坡等地质灾害风险显著增加；结构失稳不仅会破坏渠道正常运行功能，还可能损毁周边农田、道路等设施，造成经济损失，甚至威胁周边居民生命安全。(3) 生态环境破坏。渠道渗漏导致下游河道、溪流水量减少，破坏沿线湿地生态系统，影响水生生物和陆生植被的生存环境，降低生物多样性；同时，渗漏水体可能引发地下水位异常升高，导致周边土壤次生盐碱化，破坏土壤结构，进一步恶化区域生态环境。

## 2 山区水利灌溉工程施工渠道防渗技术体系构建

### 2.1 防渗材料选择与优化

(1) 传统材料适应性分析。混凝土作为山区渠道防渗的经典材料，具备强度高、防渗效果稳定、施工工艺成熟等优势，适用于地形相对平缓、灌溉用水量较大的主干渠道，但在山区陡坡段或地质不稳定区域，其抗裂性较差，易因结构变形产生渗漏裂缝。浆砌石凭借取材便捷、耐冲刷性强的特点，适配山区局部石料丰富的区域，多用于支渠或斗渠防渗，然而其砌体缝隙易填充不密实，长期受水流侵蚀后防渗性能会逐渐衰减。土工膜具有防渗效果好、重量轻、施工便捷等特性，可适应山区复杂地形的铺设需求，尤其适用于中小型渠道防渗，但对铺设基础平整度要求较高，且易受尖锐石块穿刺损坏。(2) 新型材料应用。复合土工膜通过土工布与土工膜的复合结构，兼具防渗性与抗穿刺能力，有效弥补了传统土工膜的缺陷，在山区渠道防渗中应用愈发广泛，尤其适用于地质条件复杂的边坡渠道。纳米改性防渗材料借助纳米粒子的填充与改性作用，大幅提升了材料的

致密性与抗老化性能,将其掺入混凝土或涂层材料中,可显著增强防渗效果,适用于对防渗标准要求较高的主干渠道。生态混凝土具备透气透水、利于植被生长的特性,不仅能实现防渗功能,还可改善渠道周边环境,适配山区生态敏感区域的渠道防渗工程,减少对自然生态的破坏<sup>[2]</sup>。(3)材料性能对比。从防渗性来看,复合土工膜、纳米改性材料的防渗系数远低于传统混凝土与浆砌石,防渗效果更优;耐久性方面,纳米改性材料抗老化、抗腐蚀能力最强,混凝土与浆砌石次之,普通土工膜易受环境因素影响老化,使用寿命较短;环保性上,生态混凝土、复合土工膜对生态环境的扰动较小,符合绿色工程要求,传统浆砌石取材过程可能破坏山体生态,环保性较差;成本层面,浆砌石、普通混凝土成本相对较低,复合土工膜、纳米改性材料成本较高,但综合考虑使用寿命与维护费用,新型材料的长期经济效益更显著。实际选择时,需结合山区地形、地质条件、防渗标准及经济预算综合优化。

## 2.2 防渗结构设计

(1)渠道断面形式优化。梯形断面是山区渠道的传统形式,具有适应地形能力强、施工简便的优势,适用于土质边坡稳定性较好的区域,但存在水流阻力大、防渗面积大的不足,可通过放缓边坡坡度、增设防渗衬砌增强适用性。U形断面水流条件优越,流速均匀、阻力小,能减少水流对渠道的冲刷,且防渗衬砌面积相对较小,适用于山区中小型渠道,尤其适配混凝土、土工膜等防渗材料的铺设,但对施工精度要求较高,在地质起伏较大区域施工难度增加。弧形底梯形断面结合了梯形断面适应地形与U形断面水流顺畅的优点,弧形底部可增强抗冲刷能力,梯形边坡适配山区复杂地形,是山区渠道断面的优选形式,尤其适用于陡坡段与弯道段渠道。(2)复合防渗结构。针对山区复杂的地质水文条件,构建“材料+排水层+保护层”的多层复合防渗结构,可大幅提升防渗可靠性。核心防渗层选用复合土工膜或纳米改性混凝土,确保防渗核心效果;排水层设置于防渗层下方,采用砂砾石或排水盲管材料,及时排出渗透水体,避免水体积压破坏防渗层与渠道基础;保护层铺设于防渗层上方,根据渠道用途选用混凝土预制块、生态植被或浆砌石,抵御水流冲刷、石块撞击等外力破坏。多层结构协同作用,既能解决渗漏问题,又能提升渠道结构的稳定性与耐久性,适配山区多变的环境条件<sup>[3]</sup>。(3)特殊地段处理。陡坡段渠道需增设抗滑桩与锚固结构,防渗材料选用高强度复合土工膜,采用锚钉固定方式增强贴合度,同时在渠道底部增设消能设施,减少水流对防渗

层的冲刷;弯道段渠道外侧受力集中,易产生裂缝渗漏,需优化断面形式为弧形底,外侧加厚防渗衬砌层,接缝处采用柔性密封材料处理,增强结构适应性;渠道与渡槽、涵洞等交叉建筑物衔接处,是渗漏高发区域,需采用“刚性防渗+柔性密封”的组合方式,衔接部位铺设复合土工膜过渡,周边采用混凝土包裹密封,避免因结构变形导致衔接处渗漏。

## 2.3 施工工艺创新

(1)基础处理技术。山区渠道基础土质复杂,需根据地质条件选用针对性的基础处理技术:对于土质疏松区域,采用分层夯实工艺,确保基础压实度不低于0.95,增强基础承载力;对于存在软弱夹层或裂隙的区域,采用换填工艺,将不良土层替换为砂砾石、灰土等稳定性好的材料;对于地质条件极差的区域,采用化学加固技术,通过注入水泥浆、聚氨酯等化学材料,填充土壤孔隙、胶结土壤颗粒,提升基础整体性与抗渗性。基础处理质量直接决定防渗效果,需严格控制施工流程与质量检测标准。(2)材料铺设与连接技术。土工膜铺设前需平整基础,清除尖锐杂物,采用自上而下的铺设方式,确保膜体贴合基础,铺设过程中避免膜体拉伸过度;膜体连接采用热焊接工艺,焊接温度控制在200~250℃,焊接宽度不小于10mm,焊接后需进行充气检测,确保焊接密实无渗漏。混凝土浇筑采用滑模施工工艺,提升浇筑效率与衬砌平整度,浇筑过程中加强振捣,避免出现蜂窝、麻面等缺陷;混凝土衬砌接缝处采用伸缩缝设计,填充沥青杉木板等柔性密封材料,适应温度变化与结构变形,减少裂缝产生。(3)生态防渗技术。结合山区生态保护需求,推广应用生态防渗技术:在渠道边坡铺设植被缓冲带,选用狗牙根、高羊茅等耐水固土植被,既能够减少水流冲刷,又能增强边坡稳定性,同时改善生态环境;采用生物基防渗材料,如秸秆纤维改性土、植物胶固化材料等,此类材料环保可降解,与自然环境兼容性好,适用于生态敏感区域的渠道防渗;在渠道衬砌表面预留种植孔,铺设生态混凝土,培育水生或陆生植被,实现防渗功能与生态修复的协同发展,推动山区水利工程绿色可持续建设<sup>[4]</sup>。

## 3 山区水利灌溉工程施工渠道防渗技术实施难点与对策

### 3.1 地形与地质挑战

(1)复杂地形施工。山区渠道沿线高差大、地形起伏剧烈,导致防渗施工存在显著的垂直作业难度,材料运输与设备部署受限;同时,多数施工区域场地狭窄,难以开展大规模作业,常规施工机械适配性差,不仅降

低施工效率,还易因操作空间不足导致防渗材料铺设不平整、接缝处理不规范等质量问题。(2)不良地质处理。山区广泛分布的软土区域承载力低,易引发渠道基础沉降,破坏防渗结构;岩溶发育区存在溶洞、地下暗河等隐患,易导致水体渗漏通道贯通;滑坡体区域施工扰动可能诱发地质灾害,给防渗工程安全带来严重威胁,此类不良地质条件的处理难度大、技术要求高。(3)对策:机械化适配、动态监测、分阶段施工。选用小型化、轻量化专用施工机械,如小型履带式铺设机、便携式夯实设备等,提升复杂地形适应性;布设地质雷达、沉降观测点等监测设施,对施工全过程实施动态监测,及时预警地质风险;采用分阶段施工模式,先完成基础处理与边坡加固,再开展防渗层铺设,确保各施工环节质量可控,规避地形地质带来的叠加风险。

### 3.2 水文与气候挑战

(1)季节性水流冲刷。山区暴雨集中、融雪期水量激增,季节性水流对未完工或已完工的渠道防渗结构产生强烈冲刷,易导致防渗层破损、边坡坍塌;同时,水流携带的泥沙易堵塞防渗层接缝与排水系统,进一步加剧渗漏隐患。(2)冻融循环破坏。北方山区冬季低温环境下,渠道内残留水体冻结膨胀,会破坏防渗衬砌结构,产生裂缝与剥落现象;春季冰雪融化后,水体渗入裂缝,再次冻结时破坏加剧,长期循环导致防渗功能逐步丧失,大幅缩短工程使用寿命。(3)对策:抗冲刷结构设计、保温措施、排水系统优化。优化渠道断面为弧形底或U形,增设消能坎与护底结构,提升抗冲刷能力;北方山区采用复合保温防渗结构,在防渗层外侧铺设聚苯板等保温材料,或喷涂聚氨酯保温涂层,减少冻融影响;完善排水系统,在渠道边坡与基础增设排水盲管、砂砾石排水层,及时排出雨水、融雪水与渗透水,降低水流冲刷与冻融破坏风险<sup>[5]</sup>。

### 3.3 经济性与环保性平衡

(1)成本控制。山区交通不便导致防渗材料运输成本偏高,新型防渗材料的应用进一步增加投入;同时,

复杂地形下施工工艺繁琐,人工与机械成本叠加,给工程造价控制带来较大压力,部分项目为压缩成本存在简化施工、选用劣质材料的风险。(2)生态保护。传统防渗工程大面积硬化渠道,会破坏原有水文连通性,影响水生生物栖息地;施工过程中土石方开挖、材料堆放易扰动山体植被,堵塞鱼类洄游通道,加剧山区生态脆弱性,与生态保护要求存在冲突。(3)对策:生命周期成本分析、绿色材料优先。开展全生命周期成本分析,综合考量材料采购、施工、维护等全阶段费用,优先选用本地易得材料,简化复杂地形下的施工工艺,降低长期运维成本;推行绿色防渗理念,优先采用生态混凝土、生物基防渗材料等环保材料,减少渠道硬化面积;在关键区域预留生态廊道与鱼类洄游通道,同步实施边坡植被恢复工程,实现工程效益与生态保护的协同平衡。

### 结束语

山区水利灌溉工程施工渠道防渗技术,是应对山区水资源短缺、保障灌溉效能的关键举措。通过合理选择防渗材料、优化防渗结构设计以及创新施工工艺,能有效解决渗漏难题,提升水资源利用率与渠道稳定性。同时,兼顾生态保护,采用生态防渗技术,可减少对山区生态的干扰。未来,需持续探索新技术、新方法,不断完善防渗技术体系,推动山区水利灌溉工程向高效、绿色、可持续方向迈进。

### 参考文献

- [1]孙升强.防渗渠道施工工艺在农田水利工程中的应用[J].居业,2020,(07):122-124.
- [2]陈得者.农田水利灌溉渠道防渗节水技术及应用研究[J].河北农机,2023,(10):151-153.
- [3]张德儒.农田水利灌溉工程规划设计与灌溉技术分析[J].南方农机,2023,54(11):174-176.
- [4]黄珍.高效节水灌溉技术在农田水利灌溉中的应用研究[J].南方农机,2023,54(09):196-198.
- [5]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.