农田渠道防渗改造技术实践研究

赵朝阳
新疆峻特设计工程有限公司　新疆　喀什　844000

摘　要：农田渠道是农业灌溉输水系统的重要组成部分，土体结构特性与长期干湿交替工况容易引发不同程度的渗漏问题，大幅影响田间输水质量。现有渠道防渗改造包含混凝土衬砌、土工膜铺设、固化土改良及砌体护坡等多种常用工艺，各类工艺适配场景与施工特点存在差异。本文结合渠道工程构造与输水运行特征，梳理防渗施工阶段普遍存在的结构开裂、面层脱落、基面不规范及水流侵蚀等常见问题，针对性提出基面精细化处理、工艺标准化优化、节点管控与长效养护的系列技术管控方式，稳步提升渠道防渗结构完整性与输水稳定性。

关键词：农田渠道；防渗改造；施工工艺；工程管控；结构养护

引言：农业灌溉体系的稳定运行，依托农田渠道输水功能的有效发挥。田间渠道多为土体开挖成型，整体构造简单，适配大面积农田布设需求，但土体孔隙发育、结构稳定性偏弱，长期输水过程中易受水流冲刷与干湿环境交替影响，渗漏问题频繁出现。输水渗漏不仅会造成田间水资源浪费，还会持续破坏渠体结构状态，引发沉降、开裂、表层脱落等病害。为改善渠道输水工况，提升农田水利设施运行质量，各类防渗改造工艺逐步应用于渠道升级作业，对渠道防渗施工技术与工艺管控工作开展系统性梳理，具备较强的工程实践价值。

1 农田渠道工程构造与防渗运行特性

1.1 农田渠道常规工程结构形式

农田渠道属于农田灌溉水系的关键设施，负责田间水资源输送与调配。工程建设结合现场地形完成开挖、填筑作业，断面多采用梯形、矩形样式，田间分支渠道常选用弧形断面。完整输水断面由渠底、渠坡、渠顶构成，结构设计贴合田间用地布局与灌溉覆盖范围。工程多以原生土体为主体结构，普遍缺少硬化防护，构造形式简单，建设投入更低。土体结构适配大范围农田布设，可适应复杂多变的田间地形[1]。土体本身稳定性不足，长期受水流浸泡与冲刷作用，结构状态持续变化，容易产生各类输水缺陷。

1.2 渠道土体结构水力渗透属性

农田渠道土体由土壤颗粒堆积成型，内部遍布细小孔隙与天然裂隙，可形成贯通渗水通道。土壤质地差异会改变渗透性能，砂质土壤孔隙开阔，水体渗透速度更快。黏质土壤颗粒细密、孔隙狭小，渗透作用相对微弱。土体长期接触水体后逐步吸水软化，内部孔隙扩张，整体致密程度持续降低。深层土体受水分浸润后物理状态发生改变，原有结构形态遭到破坏。持续输水会推动渗水通道发育扩张，土体透水性能不断提升，渗漏问题逐步显现并持续加剧。

1.3 农田渠道长期输水运行特征

农田渠道输水节奏贴合农业种植规律，运行状态具备周期性、阶段性特点。灌溉集中时段渠道蓄水充盈，土体长期处于浸水状态。非灌溉时段渠道水体排空，土体快速失水收缩，表层易滋生干裂缝隙。干湿交替的环境持续扰动土体结构，破坏土壤颗粒粘结强度。渠底、渠坡土体性能逐步衰减，结构完整度持续受损。往复变化的运行工况不断降低渠道整体稳定性，为渗漏发育、结构破损提供滋生条件。

1.4 渠道渗漏产生的结构性诱因

农田渠道渗漏问题主要由结构先天缺陷与后天损耗引发。填筑施工压实度不足，土体内部残留隐蔽孔隙，形成原生渗水通道。开挖作业扰动原状土体，局部土质均匀性变差，结构薄弱位置易出现渗水问题。不合理的断面坡度会加剧水流冲刷，扩大表层土体缝隙。渠道运行产生的沉降、开裂、表层脱落等病害，持续改变内部渗水路径。多重结构缺陷不断累积叠加，促使渗漏范围持续扩散，降低农田渠道输水效能。

2 农田渠道主流防渗改造技术类型及工艺原理

2.1 硬质混凝土防渗衬砌技术工艺

硬质混凝土防渗衬砌属于渠道防渗工程中成熟的硬质防护工艺，依靠混凝土固化成型的实体结构阻断水体下渗。施工流程围绕渠道断面形态开展基面修整、模板搭设与分层浇筑作业，依托混凝土凝结硬化后形成的高密度面层，封堵土体孔隙与细微裂隙。施工重点把控基面平整精度与衬砌厚度均匀性，保障成型结构整体统一。硬化成型的混凝土面层具备较强抗冲刷与抗变形能力，能够抵御水流长期冲蚀与干湿交替带来的结构损

耗[2]。密实面层隔绝水体与原始土体的接触通道，削弱水分渗透作用。工艺适配多数农田渠道改造场景，结构耐久性能稳定，长期运行可以持续抑制渗漏问题，保障输水环节的完整性。

2.2 土工膜复合防渗铺设技术工艺

土工膜复合防渗技术利用柔性防渗材料构建连续隔离层，依托材料致密材质阻挡水体渗透通路。施工前期开展基面修整作业，清理坡面浮土、硬块与尖锐杂物，规避铺设阶段的材料破损问题。铺设作业顺着渠道断面走势推进，保持膜体舒展平整，减少褶皱、悬空等施工缺陷。膜体拼接位置采用热焊或专用粘接工艺密封，封堵拼接缝隙，构建完整封闭的防渗层结构。柔性材质具备良好形变适应能力，可应对土体轻微沉降与位移变化，延缓结构开裂破损。整体施工工序简洁高效，场地适应性灵活，普遍应用于中小型农田渠道的防渗升级施工。

2.3 固化土防渗改造技术工艺

固化土防渗改造以原位土体改良为核心，通过材料拌合与压实作业提升渠体土层密实度。施工将专用固化助剂与现场土体充分拌合均匀，利用机械碾压方式重塑土体内部结构。固化组分与土壤颗粒形成胶结作用，填充土体内部细微孔隙，压缩原有渗水通道。改良后的土体结构更加致密，透水孔隙大幅减少，土层整体抗渗性能得到有效提升。施工模式依托现场原有土体资源开展作业，无需大量外购主材，节约工程建设成本。改良土层与原生渠体结合紧密，整体结构统一性更强，不易出现分层脱层病害，稳固渠道防渗结构体系。

2.4 砌体护坡防渗配套技术工艺

砌体护坡防渗技术依托硬质块体砌筑结构搭配防渗垫层，组合形成复合型防渗防护体系。施工先对渠道坡面进行修整夯实，规整坡面线型后铺设找平垫层，再有序开展块体砌筑作业。砌筑缝隙采用砂浆填充压实，封堵各类透水缝隙，提升面层密闭程度。硬质砌体材料具备优良的抗冲刷、抗风化性能，可抵御户外复杂环境与长期水流冲刷带来的结构损耗。砌筑成型结构可以约束渠坡土体形变，减少表层脱落、开裂等常见病害。底层防渗垫层辅助拦截残余渗水，强化整体防渗效果。工艺侧重结构防护与防渗处理双重作用，适合水流冲刷强度更高的主干农田渠道改造项目。

3 农田渠道防渗改造施工常见工程问题及成因

3.1 衬砌结构裂缝与破损问题及成因

混凝土衬砌是渠道防渗改造的主流结构形式，运行阶段会频繁出现裂缝、表层剥落、局部破损等病害，直接破坏防渗体系的整体密闭性。混凝土浇筑完成后的养护工作缺失，表层水分蒸发速率过快，结构内外收缩形变存在差异，催生大量细微干缩裂隙。户外施工现场温度条件波动明显，混凝土硬化过程滋生温度应力，应力堆积超出材料承载极限，就会形成贯通性裂缝[3]。渠道常年处于干湿交替、冻融循环的自然环境中，结构内部损伤不断积累。基底土体出现不均匀沉降时，硬化衬砌会承受持续的挤压与牵拉作用，细微裂缝持续扩张发育，演变为结构性破损，大幅降低衬砌的防渗性能与结构稳定性。

3.2 防渗层脱落、空鼓与搭接缺陷成因

各类防渗面层在施工及运维阶段，容易产生空鼓、脱落、搭接不严等质量缺陷，大幅削弱防渗施工质量。基面清扫工作落实不到位，表层留存浮土、杂物与积水，防渗材料无法与基底紧密贴合，接触面逐步产生空隙并形成空鼓区域。防渗材料铺设、拌合及固化的施工流程把控松散，材料粘结强度达不到施工标准，结构层粘结稳定性不足，后续运维阶段极易出现分层脱落。防渗材料搭接宽度把控随意，接缝密封处理工艺粗糙，会留存细微透水缝隙。水压作用与土体形变长期作用于防渗结构，缝隙持续扩张延伸，破坏防渗层整体封闭性，诱发持续性渗漏问题。

3.3 渠道基面处理不规范引发的渗漏隐患

基面修整与压实是防渗改造的核心前置工序，施工操作不规范会遗留长期性的渗漏隐患。渠道开挖成型后，坡面存在凹凸不平、土体松散等问题，精细化修整作业落实不足，防渗结构铺设厚度难以保持均匀统一。基底压实作业施工标准偏低，土体密实度分布不均，松软土层会在长期输水浸泡后产生沉降变形。基面含水率把控缺乏标准，基面过于干燥会吸附防渗材料水分，过于潮湿则会稀释材料配比，干扰防渗结构固化成型效果。不规整的基面会造就防渗体系的薄弱区域，水体持续从缺陷位置渗入土体，逐步加重渠道渗漏程度。

3.4 后期水体冲刷侵蚀造成的结构损伤

渠道通水运行后，水体持续冲刷与侵蚀会持续损伤防渗结构，逐步破坏工程完整性。常态水流沿渠底、渠坡匀速流动，对防渗面层产生持续性剪切作用，缓慢磨损结构表层。自然水体裹挟的泥沙、碎石等硬质杂质，会反复撞击、摩擦防渗面层，加速表层材料损耗。渠道弯道、坡度变换等特殊位置水流紊乱，冲刷力度更强，结构损伤速度更快。长期侵蚀磨损会缩减防渗结构有效厚度，表层逐步出现坑洼、缺损、剥落等病害。结构完整度持续下降，防渗防护能力逐步衰减，缩短农田渠道防渗工程的实际使用周期。

4 农田渠道防渗改造施工优化与工艺管控措施

4.1 渠道基面精细化处理管控方法

基面处理是农田渠道防渗施工的核心前置工序，施工质量直接影响后续防渗结构的成型效果与使用稳定性。渠道开挖成型后，应对渠底和渠坡开展全方位修整作业，打磨坡面凹凸区域，规整整体断面线型，保障基面平整顺滑。彻底清除表层浮土、碎石、杂草等多余杂物，对承载力不足的软弱土层进行置换处理，消除基底先天结构缺陷。按照施工规范分层碾压基底土体，逐段核验密实度指标，规避疏松土层残留问题[4]。结合施工现场环境湿度，通过洒水、晾晒等方式调控基面含水率，适配不同防渗材料的施工条件。规范精细的基面处理流程，能够打造均匀稳定的施工基底，从源头降低结构变形、面层脱层及渠道渗漏等问题的发生概率。

4.2 各类防渗工艺标准化施工优化方式

不同防渗工艺的结构特性存在差异，依据工艺特点优化标准化施工流程，可有效弥补各类技术的施工短板。混凝土衬砌施工中，严格把控原材料配比、浇筑厚度、分层振捣等核心工序，保障浇筑结构质地均匀密实。结构成型后根据现场温度环境落实阶段性养护工作，缓解干湿、温差变化引发的收缩开裂问题。土工膜施工前细致排查基面尖锐凸起物，规避膜体破损隐患，规范展铺、搭接作业流程，严控焊接、粘接施工质量，彻底封堵接缝透水隐患。固化土施工重点优化拌合工序，保障固化材料与原位土体充分融合，配合精准碾压工艺提升土层密实度与抗渗性能。砌体防渗施工优化聚焦砂浆填充与砌筑平整度，密实封堵砌体缝隙，强化表层结构防护能力。

4.3 防渗结构衔接与节点施工管控手段

渠道防渗体系的渗漏隐患大多集中在结构接缝、断面转折等节点位置，强化专项施工管控可有效封堵隐蔽渗水通道。统一各类防渗结构的搭接施工标准，规范接缝处理工序，杜绝随意施工带来的密封不严问题。混凝土浇筑产生的施工缝与伸缩缝，采用专用密封填料压实嵌缝，阻断水体渗透路径。土工膜拼接位置开展精细化焊接与粘接作业，逐段检查接缝密封性，及时处理细微缝隙缺陷。针对渠道坡度变换、结构交接等复杂节点，适当增加防渗施工厚度，强化局部防渗等级。针对性的节点管控模式，能够补齐结构衔接薄弱短板，构建整体性更强、密闭性更高的渠道防渗体系。

4.4 渠道防渗结构长效防护与养护方法

长效的防护与养护工作，能够持续保留防渗结构的完整性能，延长防渗改造工程的实际服役年限。主体施工完成后，结合不同防渗结构的材料特性，制定专属养护方案，规避工程前期的结构性损伤。混凝土衬砌重点做好成型初期的保湿养护，降低温差、风干环境对结构的不利影响，减少裂缝滋生。土工膜面层做好成品防护，规避外力拉扯、硬物穿刺等人为破坏，维持结构完整形态。日常运维中定期清理渠道内部淤积泥沙、漂浮杂物，减少硬质杂质对防渗面层的持续冲刷磨损[5]。定期开展渠道结构病害排查，对细微裂缝、表层缺损、缝隙松动等问题及时修补，持续稳固渠道防渗能力，保障农田输水作业稳定开展。

结束语

农田渠道渗漏问题的产生，与渠体自身结构属性、输水运行工况及施工管控质量存在紧密关联。不同防渗改造工艺具备专属的结构优势与适用场景，施工环节的细节把控，直接决定渠道防渗体系的成型质量与使用状态。通过规范基面处理流程、优化各类防渗施工工艺、强化结构节点管控、落实常态化养护工作，能够有效解决渠道防渗施工中的常见结构问题，改善渠道输水性能。持续细化渠道防渗施工管控细节，可有效稳固农田水利输水设施运行状态，保障农业灌溉输水作业有序开展。

参考文献

[1]段丽芳.灌区节水改造工程中农田灌溉渠道防渗关键技术研究[J].南方农机,2023,54(18):178-180.

[2]石珂.关于提升农田水利渠道防渗改造效率的实施策略研究[J].城镇建设,2025(24):242-244.

[3]梁灿升,韦孟.小型水库及农田水利灌溉渠道的防渗技术和维护机制[J].农业科技与装备,2026,48(4):144-146.

[4]王勇.农田水利渠道防渗工程关键技术与施工质量控制措施[J].农业科技与装备,2026,48(1):74-76.

[5]宋弘斌.农田灌溉渠道防渗工程施工技术[J].全面腐蚀控制,2026,40(6):357-359.