

# 水利渠道防渗工程技术探析

王 波 唐 富

长江河湖建设有限公司 湖北 武汉 430000

**摘要：**水利渠道防渗工程是保障水资源高效利用的关键环节，其技术应用直接影响灌溉、供水等系统的运行效率。本文深入分析渠道渗漏的主要原因，包括土壤特性、施工质量及环境因素等；系统探讨土料、混凝土、膜料、沥青、砌石等常用防渗技术的特点与适用场景；阐述防渗工程设计中材料选择、结构设计及排水系统设计的核心要点；并展望了新材料研发、绿色环保技术推广及智能化监测维护的发展趋势。研究旨在为水利渠道防渗工程的设计、施工与管理提供技术参考，助力水资源节约与可持续利用。

**关键词：**水利；渠道；防渗；工程；技术

引言：水资源是农业生产、工业发展及生态平衡的基础性资源，而水利渠道作为水资源输送的重要载体，其渗漏问题导致大量水资源浪费，加剧了水资源供需矛盾。据统计，我国部分地区渠道渗漏损失率高达30%-50%，严重影响水利工程效益的发挥。因此，开展水利渠道防渗工程技术研究具有重要的现实意义。本文基于当前水利渠道防渗的实际需求，从渗漏原因入手，系统梳理各类防渗技术的应用现状，剖析工程设计中的关键要点，并结合行业发展动态探讨未来技术趋势，以期为提升渠道防渗效果、降低水资源损耗提供理论与实践指导，推动水利工程向高效、节能、环保方向发展。

## 1 水利渠道渗漏原因分析

### 1.1 土壤特性影响

土壤的物理性质是导致渠道渗漏的天然因素。黏性土壤虽透水性较弱，但长期受水流冲刷易出现结构松散；砂质土壤因颗粒间隙大，透水性强，若未经改良直接作为渠床，极易引发渗漏。此外，土壤的抗剪强度与压缩性也会影响渠道稳定性，当土壤承载能力不足时，渠道边坡易产生滑坡或坍塌，破坏防渗结构完整性。部分区域土壤中含有可溶性盐类，在水流渗透作用下会发生溶蚀，形成隐蔽性渗漏通道，进一步加剧渗漏问题。

### 1.2 施工质量问题

施工过程中的不规范操作是造成渠道渗漏的关键人为因素。渠道开挖时若未严格控制平整度与压实度，会导致渠床基底存在虚土或空洞，形成渗漏隐患；防渗材料铺设时若出现接缝处理不当、搭接长度不足等问题，易在接口处产生渗水点。混凝土浇筑时若振捣不密实，会形成蜂窝麻面，降低防渗性能；施工后期若未按规范进行养护，会导致材料出现裂缝，丧失防渗功能。

### 1.3 环境因素作用

自然环境的动态变化对渠道防渗结构具有持续影响。季节性冻融循环会使渠床土壤产生体积膨胀与收缩，导致防渗层开裂；高温暴晒会加速混凝土、沥青等材料的老化，降低其抗渗性能。降雨形成的地表径流会冲刷渠道边坡，引发水土流失，破坏渠道整体结构；地下水水位变动会产生渗透压力，当压力超过防渗层承载能力时，会导致防渗结构变形或损坏。此外，渠道周边植被根系生长可能穿透防渗层，动物活动也可能造成防渗材料破损，加剧渗漏风险<sup>[1]</sup>。

## 2 水利渠道防渗工程技术

### 2.1 土料防渗技术

土料防渗技术依托当地天然土壤资源，通过科学改良与压实工艺构建防渗屏障，是一种经济实用的传统技术。施工时先对渠床进行彻底清理和平整，去除杂物与疏松土层，再将选取的黏土、壤土或砂壤土与适量改良剂均匀混合。改良剂的加入能有效提升土壤的黏结性和水稳定性，减少因干湿交替引发的结构松散。混合后的土料经晾晒粉碎至合适湿度，分层摊铺并借助机械碾压形成致密结构，通过缩小土壤颗粒间的空隙阻断渗水路径。这种技术在地形起伏较小、对防渗要求不高的中小型渠道中应用广泛，尤其适合砂石资源匮乏的地区。其优势在于材料获取便捷、施工设备简单、前期投入低，且能与周边自然环境较好融合。但土料防渗层抗水流冲刷能力较弱，长期受高速水流冲击易出现表层剥落，需搭配植被覆盖或轻型衬砌进行防护。同时，在地下水位较高或强渗透区域，其防渗效果会受到一定限制，需结合其他辅助措施增强防渗性能。

### 2.2 混凝土防渗技术

混凝土防渗技术凭借材料自身的高强度和整体性，构建起坚固耐用的防渗体系，是大中型水利渠道的主流

选择。该技术通过现浇或预制两种方式施工，现浇工艺需根据渠道设计尺寸支设模板，必要时绑扎钢筋骨架增强结构强度，随后将搅拌均匀的混凝土拌和料浇筑入模，经充分振捣排除气泡，形成密实的防渗层，后期还需进行规范养护确保强度增长。预制装配则是在工厂按标准规格生产混凝土板，运至现场后通过拼接安装形成连续防渗结构，板缝处采用专用止水材料密封。混凝土材料的抗冲磨性能优异，能承受较大流速的水流冲击，适用于灌溉主渠、输水干渠等重要水利设施。通过在混凝土中掺入适量掺合料，可改善其内部结构，减少裂缝产生，提升整体抗渗性。不过，该技术对地基处理要求较高，若基底平整度不足，易导致混凝土层受力不均产生开裂。在寒冷地区，需特别关注冻胀问题，通常需配合铺设保温层或采用抗冻混凝土，且初期建设成本相对较高，施工周期也较长。

### 2.3 膜料防渗技术

膜料防渗技术以高分子聚合材料的不透水性为核心优势，能高效阻断渠道渗水路径，是现代防渗工程中的重要技术手段。这类材料质地轻薄且柔韧性好，施工时无需复杂设备，能大幅缩短工期。施工流程始于渠床的细致处理，需将基底压实平整，避免尖锐物体刺破膜料，随后铺设垫层形成缓冲层，再按设计方案裁剪膜料进行拼接。接缝处理是关键环节，采用热熔焊接或专用胶粘剂密封，确保整体密封性，最后覆盖保护层隔绝阳光直射和机械损伤，延长膜料使用寿命。该技术对各类土壤条件的适应性较强，无论是砂质土这类透水性强的土壤，还是存在裂隙的岩质渠床，都能发挥良好的防渗效果。其防渗效率远高于传统土料防渗，能显著减少水资源浪费。但膜料的性能稳定性受环境影响较大，长期暴露在紫外线下会加速老化，外力碰撞也易造成破损，因此对施工质量和后期管护要求严格。保护层的设计需兼顾防护效果与经济性，常见的土料覆盖或混凝土板铺设，都需确保与膜料紧密贴合，避免出现空鼓现象。

### 2.4 沥青材料防渗技术

沥青材料防渗技术利用沥青的天然不透水性和黏结特性，形成兼具柔性与强度的防渗层，适用于存在轻微地基变形的渠道工程。施工方式主要有热拌浇筑和卷材铺设两种，热拌工艺需将沥青加热至熔融状态，与特定骨料充分混合后，趁热摊铺在处理好的渠床上，经压实形成均匀连续的防渗层；卷材铺设则是将预制的沥青卷材通过胶粘或热熔方式与基层牢固黏结，卷材之间的搭接部位严格密封，防止渗水。这种技术的突出优势是抗冻性能较好，材料自身的柔韧性使其能适应温度变化带来的伸缩变形，不易因冻胀产生开裂。对基底平整度的要求相对宽松，即使基层存在小幅起伏也能施工，尤其适合地形复杂区域。沥青材料来源广泛，施工成本处于中等水平，但在高温环境下易出现软化流淌现象，低温时又可能因脆性增加产生裂纹。为改善这些缺陷，通常会在沥青中加入改性剂，通过改变其分子结构提升高低温稳定性，同时必须设置可靠的保护层，避免阳光直射导致材料老化变质。

### 2.5 砌石防渗技术

砌石防渗技术以天然石材为核心材料，通过砂浆砌筑形成坚固的防渗结构，兼具实用功能与生态效益。施工前需对渠床进行平整处理，铺设垫层增强地基稳定性，随后选用块石、料石或卵石等石材，采用水泥砂浆或细石混凝土进行砌筑。砌筑过程中注重石材的错缝搭接，确保每块石材都能与砂浆紧密结合，缝隙填充饱满，表面可通过勾缝进一步增强密封性，减少渗水通道。该技术在山区等石材资源丰富的地区应用广泛，天然石材的抗冲耐磨性能突出，能抵御高速水流的长期冲刷，适合流速较高的河段。石材表面粗糙的纹理为水生植物提供了生长附着的空间，有利于构建健康的水生态系统，增强渠道的生态亲和性。但砌石防渗施工进度相对缓慢，对工匠的砌筑技艺要求较高，砂浆接缝处是防渗的薄弱环节，容易因温度变化或地基沉降出现裂缝，需要定期检查修补。与混凝土防渗相比，其整体结构的连续性稍差，防渗效果更依赖施工过程中的细节把控<sup>[2]</sup>。

## 3 水利渠道防渗工程设计要点

### 3.1 防渗材料选择

防渗材料选择需综合地质条件、水力环境与工程特性。砂质土壤渠道宜选用具有膨胀性的防水材料，通过自身特性填充土壤缝隙；黏质土壤渠道可采用与基底贴合度高的卷材材料，减少界面渗漏风险。水流速度较快的区域应优先选择抗冲磨性能强的刚性材料，通过添加纤维增强剂提升结构韧性；静态储水区域则可采用柔性膜料，搭配土工布保护层抵御外界冲击。中小型渠道可优先选用当地优质土料，通过压实处理形成防渗层，降低工程成本；大型骨干渠道宜采用复合结构材料，通过不同材料的协同作用提升整体防渗效果。同时需考虑材料的环境适应性，寒区材料需具备抗冻融能力，热带地区材料需耐长期高温暴晒，确保在不同气候条件下保持稳定的防渗性能。

### 3.2 防渗结构设计

防渗结构设计需兼顾稳定性与防渗功能的平衡。边坡结构设计应优化坡率并增设加固措施，均质土坡采用

较缓坡率，岩质边坡可适当放缓，同时在坡体适当位置设置马道，阻断可能出现的滑动面。填方渠道需设置防渗墙与齿墙组合结构，防渗墙应深入不透水层，齿墙则能增强基底抗渗透能力，防止管涌现象发生。刚性结构需合理设置分缝，通过温度缝与沉降缝的双重控制，减少材料因温度变化和地基沉降产生的裂缝，缝内采用止水条与密封胶组合填充，确保接缝处防渗效果。复合结构采用分层设计，从下至上依次设置夯实层、土工布、防渗膜、保护层与面板层，通过层间协同作用提升整体抗滑稳定性，避免结构分层或滑动。

### 3.3 排水系统设计

排水系统需构建立体导排网络，实现地下与地表排水的协同作用。地下排水可采用纵向盲沟与横向排水管组合系统，主盲沟选用带孔管材并包裹滤布，确保排水通畅的同时防止土壤颗粒流失，横向排水管与主盲沟形成网状布局，加速地下水导出。地表排水应重点疏导汇水，在渠道顶缘外侧设置截水沟，采用浆砌石砌筑并做防渗处理，通过合理坡度将地表径流引入下游排水沟，避免水流直接冲刷渠道边坡。高水位段需设置减压系统，沿渠线布置减压井，井内安装滤水管并填充滤料，通过自动控制设备联动排水装置，将地下水位控制在安全范围。

## 4 水利渠道防渗工程技术发展趋势

### 4.1 新材料研发与应用

新材料研发正朝着高性能、多功能方向突破。新型复合防渗材料通过纳米技术改性，在传统基材中融入纳米颗粒，可显著提升抗渗性与耐候性，同时具备自我修复能力，当材料出现微小裂缝时，内置的修复因子能在水介质作用下自动聚合，封堵渗漏通道。生物基防渗材料成为研究热点，利用秸秆纤维、植物蛋白等可再生资源制备的环保防渗膜，不仅力学性能达标，还能在工程报废后自然降解，减少环境污染。智能响应型材料的应用前景广阔，这类材料可根据环境变化自动调节性能，例如在温度骤升时增加弹性模量，避免热胀开裂；在水位变化时改变渗透系数，动态适配防渗需求。

### 4.2 绿色环保技术推广

绿色环保技术推广聚焦于全生命周期的生态友好性。施工环节推广低能耗工艺，采用模块化预制构件替

代现场浇筑，减少水泥、砂石等建材的运输与现场作业量，降低碳排放；防渗材料铺设引入无溶剂粘结技术，避免传统胶粘剂挥发有害气体。生态型防渗结构设计成为主流，在渠道边坡采用“防渗膜+植被毯”复合结构，既保证防渗效果，又能恢复边坡植被覆盖，提升生态系统稳定性；对于穿越生态敏感区的渠道，采用可降解防渗材料，避免对土壤与水体造成长期污染。水资源循环利用技术与防渗工程结合紧密，通过在渠道周边构建渗透收集系统，将渗漏的水资源净化后重新引入渠系，实现节水与环保的双重效益。

### 4.3 智能化监测与维护

智能化监测与维护技术正重塑渠道防渗工程的管理模式。物联网感知系统实现全覆盖监测，在防渗层内部嵌入分布式光纤传感器，实时采集温度、应变、渗透压力等数据，通过无线传输网络汇聚至管理平台，形成动态监测图谱；无人机搭载红外热成像设备定期巡检，可快速识别渠道表面的渗漏异常区域，定位精度达厘米级。大数据分析与预警模型广泛应用，通过积累多年运行数据，建立渗漏风险评估算法，结合气象、水文等外部因素，提前预测可能出现的渗漏点，并自动生成维护方案。智能维护装备提升修复效率，小型机器人可沿渠道内部移动，对检测到的裂缝进行自动灌浆修补；遥控式防渗膜焊接机能够在复杂地形下完成材料的精准拼接，减少人工操作强度<sup>[3]</sup>。

### 结束语

综上所述，水利渠道防渗工程技术的发展与应用，是实现水资源高效利用、保障水利工程可持续发展的关键。从渗漏原因剖析到多元防渗技术应用，从设计要点把控到未来趋势展望，每一环都关乎工程实效。随着新材料、绿色技术与智能化手段的深度融合，防渗工程正朝着更高效、环保、智能的方向迈进。

### 参考文献

- [1]刘艳珍.水利工程施工中堤坝防渗加固技术应用及质量控制[J].珠江水运,2021(15):53-54.
- [2]肖壮生.农田水利工程中渠道防渗施工技术运用分析[J].四川建材,2021,47(08):132-133.
- [3]涂钰.水利水电工程土建施工中常见问题及对策[J].内蒙古水利,2021(07):28-29.