

# 浅析水利工程渠道混凝土防渗技术

黄 玮

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘 要:** 本文探讨水利工程渠道混凝土防渗技术, 分析现浇、预制板、喷混凝土、改性混凝土四种常见技术类型及适用场景, 阐述前期设计、施工质量控制、接缝处理等应用关键要点, 剖析混凝土裂缝、防渗结构与基层结合不良、长期老化损坏等问题及应对思路, 提出技术工艺创新、与新技术融合、适配复杂工况升级等发展方向, 为渠道混凝土防渗技术应用与优化提供参考。

**关键词:** 水利工程; 渠道; 混凝土防渗技术; 施工质量; 技术优化

引言: 水利工程渠道是水资源调配关键环节, 但渗漏问题突出, 影响水资源利用与工程效益。混凝土防渗技术因防渗性能佳、耐久性强等优势, 成为解决渗漏问题的关键。不同类型的混凝土防渗技术各有特点, 适用场景不同。深入研究其技术要点、问题及发展方向, 对提升渠道防渗效果和水利工程效益意义重大。

## 1 水利工程渠道混凝土防渗技术的常见类型与适用场景

### 1.1 现浇混凝土防渗技术

现浇混凝土防渗技术含素混凝土、钢筋混凝土两类构造形式, 按渠道承载需求选择。连续浇筑结构适配对整体性要求高的渠道, 分段浇筑结构通过设置伸缩缝应对温度变形<sup>[1]</sup>。施工时先清表、压实基面确保地基承载力均匀, 再搭建牢固模板保障渠道断面规整; 混凝土分层浇筑并配合振捣设备保证密实, 避免蜂窝、麻面等缺陷, 浇筑后及时覆盖保湿养护, 提升强度与抗渗性能。该技术适用于大中型渠道, 适配矩形、梯形、U型等多种断面, 在地形起伏小、地基土质稳定区域效果更佳, 地基轻微不均匀沉降时, 可通过调整浇筑厚度与配筋增强适配性。

### 1.2 预制混凝土板防渗技术

预制混凝土板的规格根据渠道宽度与边坡坡度确定, 厚度需结合防渗要求与荷载情况设计, 拼接方式多采用企口式或平缝式, 通过特殊构造减少接缝渗漏风险。施工核心环节始于预制板生产, 在专用场地按标准模具浇筑, 经养护达到设计强度后运输至现场, 运输过程需做好防护避免板体破损。铺设前清理渠道基底并找平, 随后按顺序铺设预制板, 确保板体平整对齐, 铺设完成后重点处理接缝, 采用嵌缝材料填充缝隙并做好密封处理。这类技术适用于大规模标准化渠道建设, 在地形相对平缓、渠道走向规整的区域施工效率更高, 对于

工期较紧的中小型渠道工程, 因预制与现场施工可同步推进, 能有效缩短建设周期。

### 1.3 喷混凝土防渗技术

喷混凝土防渗技术分干喷、湿喷工艺, 干喷将水泥、砂石等干料混合后高压风输送, 喷头处加水喷射; 湿喷先将材料搅拌成浆, 再通过高压设备喷射。施工中严格控制材料配比, 按防渗要求调整水泥用量与骨料级配, 精准把控喷射压力、流量等参数; 操作时保持合适喷射角度与距离, 确保覆盖均匀, 喷射前凿毛基层增强结合力, 喷射后检查厚度与平整度并补喷缺陷部位。该技术适配边坡较陡渠道, 无需搭建大型模板, 也适用于异形断面渠道及旧渠道修复, 能贴合原有结构形态, 减少施工对周边环境的扰动。

### 1.4 改性混凝土防渗技术

改性混凝土防渗技术常见类型包括纤维混凝土、防水剂改性混凝土、聚合物改性混凝土等。纤维混凝土通过在材料中掺入纤维, 抑制混凝土硬化过程中产生的微裂缝, 增强材料抗裂性能; 防水剂改性混凝土借助防水剂填充混凝土内部孔隙, 降低材料渗透性; 聚合物改性混凝土则通过添加聚合物改善混凝土界面结构, 提升抗参与抗侵蚀能力。这类技术针对复杂工况具有显著优势, 在严寒地区渠道建设中, 可通过改性增强混凝土抗冻融性能, 避免冬季冻胀破坏; 在高水位变化区, 能提升材料抗渗性与抗冲刷性, 适应水位波动带来的影响; 对于腐蚀性水质渠道, 改性后的混凝土可增强抗化学侵蚀能力, 延长防渗层使用寿命。

## 2 水利工程渠道混凝土防渗技术的应用关键要点

### 2.1 前期设计与方案规划

水利工程渠道混凝土防渗前期, 需深入勘察地质与水文条件。通过现场勘探、土工试验明确地基承载力, 避免地基失稳破坏防渗结构; 掌握地下水位变化规律,

水位较高时增设排水设施；分析土壤颗粒大小、孔隙率等特性，确定渗透性以支撑防渗设计。混凝土材料选型与配比设计需精准。依据渠道使用环境、设计寿命确定强度等级，承受较大水流冲刷与荷载的渠道选用较高强度等级；按抗渗要求确定抗渗等级，防止渗漏；结合当地材料供应调整配比，骨料含泥量高时优化清洗工艺或调整水泥用量，保障混凝土性能稳定。防渗结构设计需兼顾多方面。根据渠道水头、水流速度确定防渗层厚度，确保抗渗能力；参考渠道长度、混凝土热胀冷缩特性设置伸缩缝间距，避免温度裂缝；重视与周边结构衔接，在附属建筑物连接部位设置止水带、加强混凝土浇筑，保障衔接处防渗效果。

## 2.2 施工过程质量控制

施工时基面预处理需严格执行。先清基去除渠道基底杂草、杂物、腐殖土，保证基面洁净；再找平使平整度符合施工标准，为混凝土铺设创造条件；随后压实处理，提升地基密实度与稳定性。针对软弱土层、空洞等不良地基，采用换填、灌浆等方式处理，避免后续施工塌陷。混凝土制备与运输管控不可松懈。对水泥、骨料、外加剂等原材料开展质量检验，确保符合设计要求；搅拌时控制时间与速度，保证各成分充分融合、均匀性达标；运输中用搅拌运输车做好保坍措施，防止坍落度损失过大影响浇筑<sup>[2]</sup>。浇筑与成型质量是核心。振捣时选用插入式振捣器等适配设备，控制时间与振捣点间距，确保混凝土密实，避免漏振、过振；浇筑后通过人工抹面或机械抹平保障表面平整度，同时控制浇筑温度、加强早期养护，预防施工裂缝。养护与成品保护需持续跟进。采用洒水、覆盖保湿等方式养护，普通硅酸盐水泥按气候与品种确定10-14天养护周期，保障强度正常增长；施工完成后避免车辆碾压、重物撞击造成早期损伤，做好防护防止表面风化，延长防渗层使用寿命。

## 2.3 接缝与细部构造处理

伸缩缝与沉降缝设置需遵循适配原则。伸缩缝间距依据渠道长度、混凝土热胀冷缩性能确定，防止温度应力导致开裂；沉降缝设置在地基条件变化较大处，如渠道穿越不同地质区域，避免地基不均匀沉降破坏防渗结构。缝的构造形式可选用平缝、企口缝等，结合渠道实际选择。接缝密封材料需精准适配。止水带适用于变形较大的接缝，如大型渠道伸缩缝，有效阻断渗漏；密封胶用于填充较小缝隙，具备良好粘结性与耐候性；沥青麻丝等填料可用于次要部位接缝，发挥辅助防渗作用。结合接缝特点与渠道运行环境挑选材料，保障防渗效果。渠身与建筑物衔接处防渗需重点处理。与闸门衔接

时，设置止水橡胶、加强混凝土浇筑质量，防止水流从连接处渗漏；与渡槽、涵洞等衔接，在结合部位增设止水钢板等构造，同时优化浇筑工艺，使衔接处混凝土紧密结合，形成完整防渗整体，确保渠道整体防渗性能稳定。

## 3 水利工程渠道混凝土防渗技术应用的常见问题与应对思路

### 3.1 混凝土结构裂缝问题

混凝土结构裂缝的产生与多种因素相关。温度应力是重要诱因，混凝土浇筑后水化热释放使内部温度升高，与表面形成温差，收缩不一致引发裂缝；干缩变形源于混凝土硬化过程中水分蒸发，表面失水过快导致体积收缩产生裂纹；地基不均匀沉降会使混凝土结构受力失衡，在薄弱部位形成裂缝。预防裂缝需从设计与施工多环节入手。设计时设置温控措施，选用低热水泥、掺加缓凝剂减缓水化热释放；优化配筋设计，在易开裂部位加密钢筋增强抗裂能力。施工中改善养护条件，浇筑后及时覆盖保湿材料并延长保湿时间，减少水分过快流失，同时控制浇筑速度，避免混凝土堆积产生过大温度应力。裂缝修复需根据严重程度选择技术手段。表面封闭适用于浅层细小裂缝，采用水泥基渗透结晶型涂料涂刷填充；压力灌浆针对较深裂缝，通过专用设备将灌浆材料压入内部形成密实防渗体；局部置换用于裂缝严重且伴随结构破损的情况，剔除破损混凝土后重新浇筑并做好衔接处理。

### 3.2 防渗结构与基层结合不良问题

防渗结构与基层结合不良常表现为结合层脱空、剥离。基面处理不彻底是主要原因，基底残留杂物、浮土或油污，阻碍混凝土与基层的粘结；混凝土硬化过程中产生收缩，与基层之间出现间隙，长期受水流冲击或外力作用后形成脱空。增强结合稳定性需优化施工方法。施工前对基面进行糙化处理，采用机械凿毛或高压水枪冲刷，增加基面粗糙程度，提升粘结力；在基层与防渗层之间铺设过渡层，选用水泥砂浆或沥青砂浆，填充基面微小缝隙，改善结合效果；优化浇筑工艺，控制混凝土浇筑坍落度，确保混凝土能充分填充基面凹凸部位，减少空隙产生。后期需加强监测与加固。定期检查结合状态，通过观察表面是否出现空鼓、裂缝，判断结合层是否存在脱空；发现问题及时采取补强手段，对轻微脱空采用压力注浆填充，严重剥离部位则拆除局部防渗层，重新处理基面后浇筑混凝土，恢复结合稳定性。

### 3.3 长期运行中的老化与损坏问题

长期运行后，混凝土防渗结构会出现多种老化现象。碳化作用使空气中的二氧化碳渗透到混凝土内部，

与水泥水化产物反应,降低混凝土碱度,削弱结构强度;冻融破坏多见于寒冷地区,混凝土内部水分结冰膨胀,反复冻融导致表面剥落、内部疏松;水流长期冲刷造成混凝土表面磨损,腐蚀性水质会侵蚀混凝土成分,导致结构性能下降。延长使用寿命需做好防护措施。在混凝土表面涂刷防护涂层,选用耐候性强的涂料,阻隔空气、水分与混凝土的直接接触;建立定期养护维护机制,及时清理渠道内杂物,避免尖锐物体撞击防渗层,定期检查并修补微小破损<sup>[1]</sup>。针对老旧渠道混凝土防渗结构,修复与改造需结合实际情况。对局部老化部位,采用表面修补、灌浆加固等方式恢复性能;整体老化严重时,可拆除原有防渗层,重新铺设适配的混凝土防渗结构,同时优化设计,选用抗老化性能更强的混凝土材料,提升渠道长期运行稳定性。

#### 4 水利工程渠道混凝土防渗技术的优化与发展方向

##### 4.1 技术工艺的创新优化

技术工艺创新聚焦施工效率与环保性能提升。高效施工工艺研发不断推进,快速浇筑技术通过改进混凝土流动性能,减少浇筑间隔时间,缩短整体施工周期;机械化铺设设备适用于预制混凝土板防渗工程,替代人工铺设,提升铺设精度与速度;智能化振捣设备可根据混凝土厚度与稠度自动调节振捣频率和深度,确保振捣密实且避免过振损伤。低碳环保型混凝土材料应用逐步扩大,再生骨料混凝土利用建筑废弃物加工的骨料替代部分天然骨料,减少资源消耗;低碳胶凝材料通过优化矿物掺合料配比,降低水泥用量,减少生产过程中的碳排放,同时保障混凝土防渗性能不受影响。模块化与装配化防渗结构探索持续深入,将渠道防渗结构拆分为标准化模块,在工厂预制完成后运输至现场组装,减少现场浇筑工序,降低对周边环境的干扰,且模块间通过专用连接构件实现快速拼接,兼顾防渗效果与结构稳定性。

##### 4.2 与新型技术的融合应用

混凝土防渗技术与监测技术的结合日益紧密,在防渗层施工时内置传感器,实时监测混凝土内部应力、温度、湿度及渗漏情况,数据通过无线传输至管理平台,便于及时掌握防渗结构运行状态,发现隐患提前处理。数字化设计在防渗结构优化中发挥重要作用,三维建模技术构建渠道与防渗结构的立体模型,直观呈现结构细

节与空间关系;受力模拟软件对不同工况下防渗结构的受力状态进行分析,为结构厚度调整、配筋优化提供依据,提升设计合理性。智能化施工设备与混凝土防渗施工适配融合,无人摊铺机可按照设计参数自动完成混凝土摊铺作业,激光找平系统保障表面平整度;无人机巡检配合图像识别技术,对施工过程中的质量问题进行快速排查,提高施工质量管控效率。

##### 4.3 适配复杂工况的技术升级

针对极端环境的混凝土防渗技术不断改进,高寒高海拔地区采用抗冻性更强的混凝土材料,添加引气剂改善内部孔隙结构,减少冻融破坏;强侵蚀环境选用抗硫酸盐水泥或添加防腐外加剂,增强混凝土抗侵蚀能力;强地震区通过优化防渗结构与渠道主体的连接方式,提升整体抗震性能。大断面、长距离渠道混凝土防渗的一体化解决方案逐步完善,采用分段设计与施工,结合伸缩缝与沉降缝合理设置,适应渠道长度带来的温度变形与地基沉降差异;同时配套一体化排水与防渗系统,确保渠道整体防渗效果均匀稳定。与生态保护理念结合的混凝土防渗技术成为新趋势,生态友好型混凝土具有一定孔隙率,为水生生物提供栖息空间;植被协同防护在渠道边坡防渗层表面种植适宜的草本植物,既减少雨水冲刷对防渗层的破坏,又提升渠道生态景观效果,实现防渗功能与生态保护的协调统一。

##### 结束语

水利工程渠道混凝土防渗技术对保障水资源有效利用和工程稳定运行至关重要。当前技术虽已成熟,但在复杂工况下仍面临挑战。未来,通过技术工艺创新、与新型技术融合及适配复杂工况升级,可进一步提升防渗效果,推动水利工程向高效、环保、生态方向发展,为水资源可持续利用提供有力支撑。

##### 参考文献

- [1]廖业飞.水利工程现浇混凝土衬砌渠道防渗漏技术[J].建材发展导向,2024,22(16):115-117.
- [2]张同凯.水利工程中混凝土冻融损坏形成原因及修复措施研究[J].四川水利,2024,45(02):51-53.
- [3]李云鹏.水利工程建设施工中混凝土衬砌渠道防渗漏技术的运用[J].工程建设与设计,2023,(20):204-206.