

# 生态型防渗技术在河道治理施工中的应用研究

白 晓

河北省水利工程局集团有限公司 河北 石家庄 050000

**摘 要:** 城市化进程中,河道渗漏引发的水资源浪费、水土失衡等问题日益突出,传统防渗技术的生态破坏性已难以适应现代治理需求。本文聚焦生态型防渗技术在河道治理中的应用,阐述技术与治理的核心理论,分类解析天然材料型、生物-材料复合型等技术特性,明确其在河道护坡、河床防渗等场景的应用要点。结合施工工艺与质量控制标准,从生物多样性、水土保持等维度构建生态效益评价体系,通过与传统技术的经济性对比验证方案可行性。研究表明,生态型防渗技术可实现“防渗-生态-经济”协同,为河道治理提供技术支撑,对提升水土保持能力、改善水生态环境具有重要现实意义。

**关键词:** 生态型防渗技术;河道治理;水土保持

引言:河道作为水资源载体与生态廊道,其健康状况直接关乎水土安全与区域生态平衡。当前,诸多河道因土壤渗透性强、人为破坏等因素出现严重渗漏,不仅造成水资源损耗,更引发河岸侵蚀、水土流失等连锁问题。传统防渗技术多采用混凝土、普通土工膜等材料,虽能阻断渗漏,但割裂了水与土壤的物质交换,导致水生生物栖息地破坏、水体自净能力下降。在此背景下,兼具防渗功能与生态兼容性的生态型防渗技术应运而生。本文系统研究该技术在河道治理中的应用,旨在破解“防渗”与“生态”的矛盾,为提升河道水土保持能力、推动生态修复提供科学路径,契合新时代河道治理的绿色发展需求。

## 1 生态型防渗技术与河道治理核心理论

### 1.1 河道治理的核心目标与生态要求

现代河道治理已突破单一防洪排涝的传统目标,形成“水资源保护、水土保持、生态修复、景观提升”的多维目标体系。其中,水土保持作为核心诉求,要求通过治理减少河岸侵蚀、控制土壤流失,维持河道地形地貌稳定。生态要求方面,需保障河道生态系统的完整性,维持水体与地下水的适度连通,为水生、陆生生物提供适宜栖息地,避免治理过程中出现生态断链。同时,治理方案需兼顾区域气候、水文特征,确保技术应用与自然环境协调,实现河道“行洪安全、水质良好、生态健康、景观和谐”的综合目标,为区域生态安全筑牢基础。

### 1.2 生态型防渗技术的内涵

生态型防渗技术是基于生态优先理念发展的新型工程技术,核心内涵为在实现有效防渗、控制水土流失的同时,最大限度降低对河道生态系统的干扰,推动人

工治理与自然修复的有机融合。与传统技术相比,其突破了“以堵为主”的思维定式,强调“防参与生态共生”,通过材料选型、结构设计与施工工艺的协同优化,既阻断过量渗漏路径,又保留生态系统的物质循环与能量流动通道。该技术以“尊重自然、顺应自然”为原则,注重利用自然材料与生物自身特性提升防渗效果,实现“工程功能”与“生态功能”的统一,为河道治理提供绿色技术支撑<sup>[1]</sup>。

## 1.3 主要技术类型

### 1.3.1 天然材料型

天然材料型生态防渗技术以本地天然资源为核心材料,凭借材料自身特性与合理配置实现防渗效果,具有成本低、生态兼容性强、易降解回收的优势。常见材料包括黏土、膨润土、秸秆纤维及天然石材等,其中膨润土因遇水膨胀形成致密防渗层的特性应用最广,常与黏土混合铺设形成复合防渗层,渗透系数可降至 $10^{-7}$ cm/s以下。该技术适用于渗漏量较小、生态敏感度高的河道区域,施工中需注重材料级配优化与压实度控制,避免因材料不均导致防渗性能下降。其突出优势在于与河道自然基底融合度高,能为微生物提供生存环境,助力水土保持与生态修复。

### 1.3.2 生物-材料复合型

生物-材料复合型生态防渗技术通过“人工材料+生物群落”的协同作用实现防渗与生态双重目标,兼具技术稳定性与生态活力。核心模式包括生态袋护岸、植被混凝土防渗、土工格栅-植被复合系统等。生态袋采用高分子降解材料制成,内填土壤与营养基质,堆叠后植入乡土植物,形成“袋体阻渗+植被固土”的双重防护;植被混凝土则在混凝土基材中添加腐殖质、保水剂,植入草

本植物,既保证结构强度与防渗性,又实现植被覆盖。该技术适用于中重度渗漏河道,能有效控制水土流失,同时为生物提供栖息空间,提升河道生态系统韧性。

### 1.3.3 人工合成生态型

人工合成生态型防渗技术以改良型人工合成材料为核心,通过材料结构优化提升生态兼容性,解决传统合成材料的生态阻隔问题。典型材料包括复合土工膜、生态土工格室、透水防渗砖等,其中复合土工膜采用“土工布+防渗膜”结构,土工布为生物提供附着载体,防渗膜保障防渗效果,广泛应用于河床与边坡防渗。生态土工格室则通过立体网格结构固定土壤,防止水土流失,同时促进植被生长。该技术防渗性能稳定,适用于渗漏严重的河道区域,施工中需注重材料选型与节点处理,避免因施工缺陷引发渗漏,同时搭配植被种植提升生态效益。

## 2 生态型防渗技术在河道治理中的关键应用场景

### 2.1 河道护坡防渗

河道护坡是水土流失的高发区域,生态型防渗技术在此场景的应用需兼顾坡体稳定、防渗与生态修复。对于坡度较缓(小于 $15^\circ$ )的护坡,优先采用天然材料型技术,铺设黏土-膨润土复合层后种植狗牙根、结缕草等固土植物,形成“防渗层+植被保护层”;坡度 $15^\circ$ - $30^\circ$ 的护坡适用生物-材料复合型技术,采用生态袋堆叠结合合格锚固,生态袋内植入紫穗槐、沙棘等灌木,增强坡体抗冲刷能力;坡度大于 $30^\circ$ 的陡坡则选用人工合成生态型技术,铺设复合土工膜后覆盖种植土,种植爬山虎等攀援植物,防止坡体滑塌与渗漏。应用中需结合护坡坡度、土壤特性调整技术方案,确保防渗与水土保持效果<sup>[2]</sup>。

### 2.2 河床底部防渗

河床底部防渗直接关系水资源保存与河道生态基底稳定,技术应用需平衡防渗效果与水体生态循环。对于砂质、卵石质等强渗漏河床,采用人工合成生态型技术,铺设复合土工膜时预留一定数量的生态孔,保障水体与地下水的适度交换,膜上覆盖10-15cm厚的种植土,培育沉水植物与底栖生物;对于黏性土壤为主的中轻度渗漏河床,采用天然材料型技术,铺设20-30cm厚的黏土-膨润土混合层,压实后植入苦草、金鱼藻等水生植物,提升防渗性能的同时改善水体环境;城市河道河床可采用生物-材料复合型技术,铺设生态透水防渗砖,砖体间隙填充碎石与营养土,促进微生物活动与植物生长,实现防渗与生态的协同。

### 2.3 湿地修复与人工湖构建

湿地修复与人工湖构建中,生态型防渗技术需满足

水资源保存、水质净化与生物栖息的多重需求。湿地修复中,采用生物-材料复合型技术,构建“生态袋围堤+植被缓冲带”系统,生态袋内填本地土壤与腐殖质,围堤内侧种植芦苇、香蒲等水生植物,利用植物根系与袋体共同实现防渗,同时提升湿地净化能力;人工湖构建中,根据水深选择技术类型,水深小于2m的区域采用天然材料型技术,铺设膨润土防水毯后种植荷花、睡莲等挺水植物;水深2-5m的区域采用复合土工膜防渗,膜上覆盖生态土,培育水生生物群落。应用中需注重技术与湿地、人工湖生态功能的匹配,避免影响水体自净与生物多样性。

## 3 生态型防渗技术的施工工艺与质量控制

### 3.1 典型施工流程

生态型防渗技术的施工流程需兼顾工程安全与生态功能,遵循“前期准备-基底处理-核心防渗施工-植被种植-后期养护”的系统化流程。前期准备阶段需通过地质勘察、水文监测及土壤渗透性测试,明确河道基底条件,例如某工程中通过钻孔取样发现基底为粉质黏土(渗透系数 $1 \times 10^{-6} \text{m/s}$ ),据此选择压实黏土层+生态袋的复合防渗方案;同时需对膨润土防水毯(GCL)、生态袋等材料进行抽检,确保其膨胀指数、降解周期等参数符合设计要求。基底处理是保障防渗层稳定性的关键:首先清除河道内建筑垃圾、生活废弃物及根系较深的杂草,避免后期腐烂形成渗漏通道;随后采用振动压路机对基底进行分层压实,每层厚度控制在20cm以内,压实度需达到95%以上(通过环刀法检测),以减少不均匀沉降风险;若基底含软弱夹层,需换填级配碎石并夯实,形成稳定承载层。核心防渗施工需根据技术类型差异化操作:例如生态袋堆叠时,袋体需填充过筛种植土(粒径 $\leq 2\text{cm}$ ),采用“品”字形错缝排列,每层搭接宽度 $\geq 30\text{cm}$ ,并用U型钉固定;复合土工膜铺设时,需预留1.5%的松弛度以适应温度变形,焊接缝采用双轨热熔焊接,焊接后立即进行充气法检测(压力0.15MPa,保压5分钟无泄漏)。植被种植应优先选用狗牙根、黑麦草等本土物种,按 $30\text{株}/\text{m}^2$ 的密度定植,种植后覆盖无纺布保湿;后期养护需持续6个月以上,包括每日喷水养护(前30天)、定期清除杂草及防治病虫害,确保植被覆盖率 $\geq 85\%$ ,形成稳定的生态防渗层。

### 3.2 质量控制要点

生态型防渗技术的质量控制需贯穿材料选择、施工操作与效果评估全流程,构建“材料-工艺-监测”三位一体管控体系。材料质量控制方面,天然材料需严格检测物理化学指标:例如膨润土的膨胀指数需 $\geq 24\text{mL}/2\text{g}$

(自由膨胀率法), 颗粒级配需满足 $D_{50} \leq 0.075\text{mm}$ ; 生态袋的降解周期需与工程寿命匹配(通常要求2年内降解率 $\geq 50\%$ ), 且抗拉强度 $\geq 15\text{kN/m}$ ; 人工合成材料需重点检测防渗性能与耐久性, 如复合土工膜的渗透系数需 $\leq 1 \times 10^{-12}\text{m/s}$ (变水头渗透试验), 拉伸强度 $\geq 20\text{MPa}$ (哑铃型试样)。施工工艺控制需细化关键工序标准: 基底压实度需通过环刀法或核子密度仪实时监测, 每 $100\text{m}^2$ 检测1点, 不合格区域需重新压实; 生态袋堆叠时, 搭接宽度误差需 $\leq \pm 5\text{cm}$ , 固定钉入土深度 $\geq 15\text{cm}$ ; 复合土工膜焊接缝需采用充气法与真空盒法双重检测, 合格率需达100%, 对漏焊部位需切割重焊并扩大检测范围<sup>[3]</sup>。效果检测需结合实验室试验与现场监测: 注水试验需在防渗层施工完成后72小时内进行, 通过水位下降速率计算渗漏量(设计标准通常 $\leq 0.5\text{L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ ); 现场监测包括每月1次的防渗层完整性检查(如土工膜破损点定位)及植被存活率统计(采用样方法, 每 $500\text{m}^2$ 设置1个样方), 若存活率低于90%需补植并分析原因(如土壤pH值异常或病虫害), 确保生态防渗系统长期稳定运行。

#### 4 生态效益与工程经济性评估

##### 4.1 生态效益评价指标

生态效益评价需构建“水土保持-生物多样性-水质改善-生态系统稳定”四维指标体系, 以量化生态型防渗技术的环境效益。水土保持指标聚焦土壤侵蚀控制与河岸稳定性, 通过实地监测法获取数据: 土壤侵蚀模数降低率需 $\geq 70\%$ (对比治理前), 采用径流小区法监测; 河岸稳定系数通过边坡位移监测仪测定, 要求治理后年位移量 $\leq 5\text{mm}$ , 避免因冲刷导致防渗层失效。生物多样性指标涵盖水生与陆生生态恢复, 水生生物种类增长率需 $\geq 50\%$ (通过网捕法统计鱼类、底栖动物种类), 植被覆盖率需 $\geq 85\%$ (采用样方法, 每 $500\text{m}^2$ 设置1个样方), 优先选用狗牙根、香蒲等本土物种以提升生态适应性。水质改善指标以COD(化学需氧量)与氨氮去除率为核心, 通过便携式水质检测仪每月监测, 要求去除率均 $\geq 30\%$ , 确保河道自净能力恢复。生态系统稳

定指标采用生态系统服务价值评估法, 综合计算碳汇、水源涵养等生态功能价值, 要求治理后服务价值提升 $\geq 30\%$ , 体现技术对生态系统的长期正向影响。

##### 4.2 经济性对比分析

以1km河道治理工程为样本, 对比生态型与传统防渗技术的经济性。前期投资方面, 天然材料型生态技术单位造价约80-120元/ $\text{m}^2$ , 低于传统混凝土技术(150-200元/ $\text{m}^2$ ); 生物-材料复合型技术单位造价130-180元/ $\text{m}^2$ , 与传统技术基本持平; 人工合成生态型技术因材料改良成本略高, 但长期效益突出。运维成本方面, 生态型技术运维费用每年约5-8元/ $\text{m}^2$ , 仅为传统技术的40%, 因植被具有自我修复能力, 减少了人工维护需求<sup>[4]</sup>。综合效益方面, 生态型技术可降低后续水土治理与生态修复成本, 工程全生命周期成本较传统技术降低25%-30%, 经济优势显著。

##### 结束语

生态型防渗技术凭借“防渗功能与生态效益协同”的核心优势, 已成为河道治理的核心技术支撑。本文研究表明, 通过科学选择天然材料型、生物-材料复合型等技术类型, 匹配河道护坡、河床防渗等不同场景, 结合规范施工与严格质量控制, 可有效提升河道防渗性能与水土保持能力, 同时改善生态环境。未来需进一步加强新型生态材料研发, 推动技术与智能化监测融合, 完善区域差异化应用标准, 助力河道治理实现绿色、可持续发展, 为水土保持与生态保护提供更有力的技术保障。

##### 参考文献

- [1]李杰, 冯万新, 李芳. 试析城市河道水环境生态治理技术[J]. 皮革制作与环保科技, 2022, 3(7):101-103.
- [2]易光汉. 城市河道水环境生态治理与修复措施[J]. 珠江水运, 2021(21):97-98.
- [3]施雪明. 河道治理与生态型河道建设研究[J]. 黑龙江科学, 2021, (02): 157-158+161.
- [4]吕哲, 王杰, 韩广业. 城市河道水环境生态治理方法分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2021, (02):77-79.