

# 水利工程堤坝多维防渗施工技术分析

韩嘉会 郑凯文 李生伟

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】**：水利工程堤坝是防洪减灾与水资源调控的重要基础设施，其防渗性能直接关系工程安全与服役寿命。传统单一防渗方式在复杂地质与多变水文条件下易暴露局限性。多维防渗施工技术通过在空间、结构和材料层面进行综合设计与协同控制，实现对渗流通道的立体封堵与动态调节。论文围绕堤坝防渗机理，分析多维防渗技术在堤身、堤基及接触部位的应用特点，探讨不同技术组合对防渗效果与施工质量的影响，系统评估其在提升堤坝安全性、耐久性及适应复杂工程条件方面的优势，为水利工程防渗施工提供技术参考。

**【关键词】**：水利工程；堤坝防渗；多维防渗技术；施工技术；工程安全

DOI:10.12417/2811-0528.26.06.052

堤坝防渗是水利工程设计与施工中的关键环节，其效果直接影响工程运行安全和区域防洪能力。随着水利工程规模不断扩大及地质条件日趋复杂，传统防渗施工方法在适应性和可靠性方面面临挑战。多维防渗施工技术通过多层次、多手段的综合应用，为堤坝防渗提供了新的技术路径。研究该技术在堤坝工程中的应用机理与施工要点，有助于提升防渗体系的整体稳定性与耐久性。论文围绕多维防渗施工技术的工程实践价值展开分析，旨在为堤坝防渗设计与施工提供理论依据和技术支撑。

## 1 多维防渗技术在堤坝工程中的应用基础

多维防渗技术在堤坝工程中的应用基础源于对堤坝渗流机理与结构特性的系统认识。堤坝渗漏通常由堤身填筑材料非均质性、堤基透水层发育以及结构接触界面处理不足等因素共同作用形成，其渗流路径具有隐蔽性和多向性特征。传统单一防渗措施难以对复杂渗流场形成有效约束，而多维防渗技术通过在纵向、横向及深层空间构建复合防渗体系，使防渗控制由平面防护转变为立体防控，为提高堤坝整体抗渗能力提供了技术基础。

在工程实践中，多维防渗技术强调防渗结构与堤坝整体受力体系的协同设计。通过合理配置防渗墙、帷幕灌浆、反滤排水层及防渗膜等多种工程措施，实现对渗流通道的分级阻断与能量耗散。这种复合式防渗体系不仅能够降低渗透坡降，抑制渗流集中，还可改善堤坝内部水力条件，减少管涌和渗透变形风险。同时，多维防渗施工注重材料性能与施工工艺的匹配，通过优化浆液配比、控制灌浆扩散范围及提高成墙连续性，确保防渗结构的整体性与耐久性。

多维防渗技术的应用基础还体现在对地质条件差异的适应能力上。针对不同类型堤基透水层和不良地质结构，防渗体系可通过空间组合方式进行针对性布置，增强对局部薄弱区域

的防控效果。通过多维布置手段，实现防渗功能的分区分层发挥，有效提升堤坝防渗体系的稳定性和可靠性。

## 2 堤坝防渗体系协同优化与技术路径

堤坝防渗体系的协同优化建立在多维防渗理念基础之上，其核心在于通过技术组合与空间配置的优化，实现防渗结构整体效能的最大化。堤坝工程中渗流问题往往呈现出多因素耦合特征，单一防渗措施难以长期适应堤身变形、地基沉降及水位波动等复杂工况。通过构建由堤身防渗、堤基加固与排水调控共同组成的复合防渗体系，可以在不同工况条件下保持防渗功能的连续性与稳定性，从而有效提升堤坝整体安全水平。

在技术路径选择方面，协同优化强调防渗措施之间的功能互补与顺序衔接。防渗墙与帷幕灌浆在垂向和深层空间形成主要阻水屏障，反滤排水系统则承担调节渗流压力与释放孔隙水的作用。通过对防渗结构厚度、深度及连续性的合理控制，使渗流场分布更加均匀，降低局部高渗透区的破坏风险。在施工过程中加强对施工参数的动态控制，确保防渗结构在成型阶段即可满足设计要求，为后续运行阶段提供可靠保障。堤坝防渗体系的协同优化还体现在对施工工艺与材料性能的系统整合。不同防渗材料在抗渗性、变形适应性及耐久性方面存在差异，合理选择并组合使用低渗透填料、柔性防渗材料与高强度结构体，有助于提升防渗体系对复杂应力状态的适应能力。在施工实施阶段，通过精细化管理与质量控制手段，减少施工扰动对原有地层结构的影响，确保防渗体系与堤坝主体结构形成稳定的协同工作状态。

从工程运行角度看，协同优化的防渗体系具备更强的可调节性与风险应对能力。通过预留排水通道与监测空间，可及时掌握渗流变化特征，为运行管理和维护提供数据支撑。当局部防渗功能出现衰减时，协同体系能够通过其他防渗单元发挥补偿作用，避免渗流问题的扩展与累积破坏。这种以系统协调为

核心的技术路径,使堤坝防渗由被动防护转向主动控制,为工程长期安全运行提供了更加可靠的技术保障。

### 3 多维防渗施工成效与发展趋势

多维防渗施工的成效评价应围绕渗流控制效果、结构耐久性与运行安全性展开,重点关注渗透系数降低幅度、渗压分布变化、渗流量稳定性以及渗透变形风险控制水平。多维防渗体系通过立体阻水与排水减压的耦合配置,使堤坝渗流边界条件得到重塑,渗流线趋于平缓,堤体内部水力梯度得到有效削减,从而降低管涌、流土及接触冲刷等病害发生概率。对堤身填筑非均质区、堤基透水层及穿堤建筑物结合部等薄弱部位的针对性处理,可显著改善局部渗流集中现象,提升防渗体系的整体均衡性与抗失效能力。在工程运行阶段,多维防渗措施还能增强结构对水位频繁涨落与长期浸润软化的适应性,减少因材料老化、沉降差异或温度收缩引发的渗漏通道再生,使防渗效能更具持续性。

多维防渗施工的效果不仅体现在渗流指标的改善,也反映在施工质量可控性与运维管理便捷性上。通过对成墙连续性、接缝密实度、灌浆饱满度及防渗膜铺设完整性的全过程控制,可将防渗体系从“点状治理”提升为“面域覆盖”,降低因局部缺陷导致的系统性风险。配套的监测体系能够形成“施工—运行”一体化闭环,利用渗压计、测压管、渗流计等手段识别渗流异常区,辅助开展分区维护与定向补强,使防渗体系由一次性建设转向可持续调控。成效评估还应关注防渗措施与堤坝变形协调性,避免刚性防渗体与周边土体差异变形引发裂隙或

脱空,通过柔性过渡层、变形缝处理与接触面加密等工艺手段提升界面稳定性。

从发展趋势看,多维防渗施工正向精细化设计、智能化施工与全寿命管理方向演进。设计层面更强调基于渗流数值分析与风险分级的方案配置,针对不同渗透结构类型建立“阻—排—减压”组合策略,实现防渗体系的目标化与可验证。施工层面将更加依赖数字化测控与过程参数在线记录,对泥浆性能、灌浆压力、提升速度、成槽垂直度等关键指标进行实时反馈,降低人为波动对成型质量的影响。材料与工法方面,低渗高韧复合材料、环保型浆液体系及适应复杂地层的成墙工艺将得到更多应用,以提升耐久性与施工适应性。运维层面将形成以监测数据驱动的预警与决策机制,通过长期序列数据识别渗流演化规律,实现隐患早识别、早干预,推动堤坝防渗从经验型管理走向科学化治理。

### 4 结语

多维防渗施工技术通过空间协同与技术集成,为水利工程堤坝防渗提供了更加系统和可靠的解决方案。在复杂地质条件与多变运行环境下,该技术能够有效改善堤坝渗流结构,提升防渗体系的整体稳定性与耐久性。通过防渗措施的合理组合与施工过程的精细化控制,堤坝安全风险得到明显降低,工程运行保障能力持续增强。随着防渗设计方法、施工工艺及监测手段的不断发展,多维防渗技术将在堤坝工程中发挥更为重要的作用,为水利工程安全运行和长期效益提供坚实支撑。

### 参考文献:

- [1] 黄小婷,高阳.水利工程堤坝多维防渗施工技术分析[C]//《中国招标》期刊有限公司.新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛——绿色智造·采购革新专题.湖北省汉江河道管理局潜江东荆河管理分局;湖北省汉江河道管理局泽口闸管理分局,2025:1169-1173.
- [2] 向耕.多维防渗施工技术在水利工程堤坝施工中运用[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(33):205-207.
- [3] 韦志凯,杜纯良,王晓玉.关于水利工程施工中堤坝防渗加固技术分析[J].新发现,2025,(13):91-93.