

水利工程中新型防渗技术的应用与效果分析

刘洋

水发众兴集团有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i5.6384

[摘要] 在水利工程中渗漏问题会严重削弱工程效益,由此催生出一系列新型防渗技术。其中,土工膜防渗技术凭借出色的防水性与柔韧性,被广泛应用于水库大坝、渠道衬砌等地方;聚合物水泥砂浆防渗技术通过聚合物改性,增强材料密实性与力学性能,适用于混凝土结构表面涂覆及渠道衬砌;高压喷射注浆防渗技术利用高压射流形成水泥土凝结体,常用于深层地基防渗处理。这些新型防渗技术不仅有效提升了水利工程防渗性能,还能够显著提高水资源利用率、延长工程使用寿命,对保障水利工程安全稳定运行意义重大。

[关键词] 水利工程; 新型防渗技术; 土工膜; 聚合物水泥砂浆

中图分类号: TV 文献标识码: A

Application and Effect Analysis of New Anti seepage Technology in Water Conservancy Engineering

Yang Liu

Shuifa Zhongxing Group Co., Ltd

[Abstract] In hydraulic engineering, seepage problems can severely undermine project benefits, thereby giving rise to a series of new anti-seepage technologies. Among these, geomembrane anti-seepage technology, with its excellent waterproof capability and flexibility, is widely applied in reservoir dams, channel linings, and other areas. Polymer cement mortar anti-seepage technology enhances material density and mechanical properties through polymer modification, making it suitable for concrete structure surface coating and channel lining. High-pressure jet grouting anti-seepage technology utilizes high-pressure jets to form cement-soil consolidated bodies, commonly used for deep foundation seepage treatment. These new anti-seepage technologies not only effectively improve the seepage resistance of hydraulic projects but also significantly enhance water resource utilization efficiency and extend project service life, holding great significance for ensuring the safe and stable operation of hydraulic engineering projects.

[Key words] hydraulic engineering; new anti-seepage technology; geomembrane; polymer cement mortar

引言

水利工程在经济社会发展中占据重要地位,其核心目标之一是高效存储与利用水资源。然而,渗漏问题一直是水利工程的常见问题,会严重影响工程的使用功能和质量安全。传统防渗措施存在施工难度大、成本高、效果不稳定等局限性,难以满足现代水利工程对防渗性能的高要求。因此,新型防渗技术的研发与应用成为水利工程领域的研究热点,对于提升水利工程的经济性、可靠性和耐久性具有至关重要的作用。

1 新型防渗技术介绍

1.1 土工膜防渗技术

以高分子聚合物为基本原料制成的防渗材料土工膜,在现代水利工程领域占据重要地位,其制作原料涵盖聚乙烯(PE)、聚

氯乙烯(PVC)、乙烯乙酸乙烯共聚物(EVA)等,经特定加工工艺转化为薄膜状产品。凭借紧密的分子结构,这种材料展现出近乎零透水的卓越防水性能,即便在多雨的南方水库防渗工程中,也能有效阻止水分渗漏;同时,出色的柔韧性使其能从容应对地基不均匀沉降、冻胀等变形情况,像北方季节性冻土地区的渠道防渗工程,即便遭遇地基冻融循环产生的变形,土工膜也不易因应力集中而破损。在厚度规格方面,土工膜选择丰富,除0.5mm、1.0mm等常规规格外,还提供0.75mm、1.5mm、2.0mm等多种选项,工程设计人员需综合考虑防渗要求、水压力大小、地基条件等因素,例如深水大坝对防渗要求高且承受水压大,就需选用较厚规格的土工膜以保障防渗效果和结构稳定性^[1]。

施工过程中土工膜铺设需严格遵循规范要求,铺设前对基

面开展处理工作, 仔细清理并保证平整无尖锐物体留存以提供良好铺设条件; 铺设时采用松弛铺设法并预留伸缩量, 以此应对环境变化引起的尺寸波动。连接土工膜主要有热熔焊接和胶粘剂粘接两种方式, 热熔焊接针对同种材料能形成高强度焊缝, 胶粘剂粘接则灵活适配不同材料与特殊部位连接需求。铺设完成后借助周边锚固沟、混凝土压顶等固定手段, 可抵御水流冲刷和风力作用防止土工膜移位。目前土工膜防渗技术已广泛应用于各类水利工程, 在水库大坝上游面防渗、渠道衬砌防漏、人工湖底部密封等场景下, 均构建起可靠防渗屏障显著降低工程渗漏损失。

1.2 聚合物水泥砂浆防渗技术

聚合物水泥砂浆作为新型防渗材料, 其核心在于科学应用聚合物改性剂, 常用的苯丙乳液、乙烯-醋酸乙烯共聚乳液、环氧树脂乳液等聚合物在水泥砂浆中形成连续聚合物膜填充水泥石孔隙, 大幅提升材料密实性, 同时与水泥水化产物良好结合形成互穿网络结构, 赋予砂浆优异力学性能。相较普通水泥砂浆, 聚合物水泥砂浆抗拉强度可提高50%以上、抗折强度提高80%以上、粘结强度提高1-2倍, 且具备更好的韧性与抗裂性能^[2]。

在水利工程中聚合物水泥砂浆应用广泛且灵活, 混凝土结构表面涂覆该材料防渗层可有效封闭表面微细裂缝和毛细孔道, 渠道衬砌采用聚合物水泥砂浆既能提高抗渗性, 还能增强抗冻融性能与耐久性, 对既有工程修复时其良好粘结性能确保新旧材料可靠结合; 施工时把配制好的聚合物水泥砂浆通过喷涂、抹涂或刮涂等方式施工于基面, 每层厚度控制在3-5mm, 多层施工需保证层间充分结合; 养护时要保持适宜温湿度条件, 防止过快干燥收缩开裂, 以此确保防渗层的整体性和连续性。

1.3 高压喷射注浆防渗技术

高压喷射注浆防渗技术作为地基处理领域的重要创新, 基于高压射流的切割、搅拌和置换作用, 通过特制喷射装置将20-40MPa高压水泥浆液喷入地层, 以高速射流冲击力破坏土体结构并与土颗粒充分混合形成水泥土凝结体; 根据喷射方式分为单管法、双管法和三管法, 其中三管法同时喷射水、气、浆三种介质施工效果最好, 能形成直径1.5-2.0m的凝结体; 凝结体性能受原土性质、水泥掺量、喷射参数等因素影响, 可通过调整这些参数获取所需强度和抗渗性能^[3]。

高压喷射注浆技术在水利工程防渗处理中凭借独特优势脱颖而出, 施工无需开挖基坑、对周边环境影响极小, 这种特性使其成为已建工程加固改造的理想选择; 该技术施工深度可达30m以上, 能够深入处理深层地基防渗难题, 形成的防渗墙体不受地层变化干扰、连续性极佳, 防渗效果十分可靠。在大坝基础防渗方面, 该技术可形成连续截水帷幕有效阻挡坝基渗流; 水库坝基截水墙施工运用该技术, 能在大坝正常运行的情况下完成防渗加固; 对于地下洞室周围防渗, 通过形成环形防渗幕墙可保障洞室干燥环境。不过施工时钻孔精度、喷射压力、提升速度等关键参数必须严格把控, 以此确保防渗墙体的质量与连续性。

2 新型防渗技术的应用效果分析

2.1 防渗性能提升

新型防渗技术为水利工程安全运行提供了坚实保障, 在阻止水分渗漏方面取得了重大进步。土工膜防渗技术采用高密度聚乙烯材料打造紧密的防渗屏障, 它的防渗能力极强, 防渗系数最低能达到10-12cm/s甚至更低, 比传统用黏土做成的防渗层性能提升了很多倍; 如此出色的防渗性能大幅降低了水库、渠道等水利设施的渗漏量, 有效保证了水体的存储能力。聚合物水泥砂浆防渗技术通过添加聚合物对材料进行改良, 在材料内部形成特殊的交错网络结构, 能够很好地填充混凝土表面的细小孔洞和裂缝, 增强材料的密实程度; 实际应用表明, 这项技术可以让工程结构的抗渗能力提升2-3个等级, 极大减少了水分穿透混凝土结构的可能性, 特别适用于对已建成工程进行防渗加固。高压喷射注浆技术利用20-40MPa的高压射流, 将水泥浆液和土体充分搅拌混合, 形成高强度的水泥土凝结体, 把地基的渗透系数降低到10-7-10-8cm/s; 这种对深层进行防渗处理的方法, 有效切断了地下水的渗透通道, 解决了传统技术难以处理的深层防渗难题^[4]。

西霞院反调节水库工程的实践有力证明了新型防渗技术的优势。该水库土石坝段长度达2609m, 采用了混凝土防渗墙和坝坡复合土工膜防渗相结合的方案; 其中, 复合土工膜由0.8mm厚的PE膜和400g/m²的涤纶针刺无纺布组合而成, 通过热熔焊接的方式形成连续不断的防渗屏障。在工程建设过程中, 严格开展质量检测工作, 确保防渗层完整无缺, 焊缝的抗拉强度达到了原材料强度的85%以上, 充气检测在0.20MPa压力下持续5分钟, 压力都没有明显下降; 这种严格的质量把控, 使得工程投入使用后, 实际的渗漏量远远低于设计标准, 充分保障了坝体安全。这个项目的成功经验, 为国内类似的大型水利工程提供了重要的技术借鉴, 推动了复合土工膜防渗技术在水利工程领域的广泛应用。

防渗性能的提升, 不仅体现在技术指标的优化上, 更切实转化为工程实际运行的效益; 防渗系数大幅降低, 意味着渗漏造成的损失明显减少, 水库能够储存更多的水, 输水渠道的输水效率也得以提高。如今, 现代水利工程防渗技术已形成多种技术相互补充、系统整合应用的综合解决方案, 可以根据不同工程的特点和环境条件, 灵活选择最佳的技术组合, 全面提升工程整体的防渗能力。

2.2 提高水资源利用率

水资源高效利用是破解水资源短缺难题、驱动可持续发展的关键所在。过去的水利工程由于防渗措施不到位, 输水过程中的渗漏问题突出, 极大地限制了水资源利用效率; 传统土质水渠的水利用系数只有0.4-0.6, 也就是说在输水时, 将近一半的水资源都白白浪费掉了, 这不仅带来经济损失, 还让水资源短缺问题雪上加霜。新型防渗技术的投入使用, 彻底改变了这一状况, 铺设土工膜进行防渗处理的渠道, 水利用系数能够提升到0.9以上, 渗漏造成的水资源损失减少超过一半; 如此显著的效率提升, 保证了水资源可以顺利输送到目标区域, 切实满足农业灌溉、城

市供水等实际用水需求,为区域经济社会发展筑牢了水资源保障根基。

南水北调工程作为全球规模最大的调水工程,凭借先进防渗技术的广泛应用,实现了水资源的高效调配。该工程东中线一期工程运行10年间,累计调水量超过767亿立方米,在缓解北方地区缺水问题上发挥了核心作用;工程全程采用高标准防渗设计,将复合土工膜与混凝土衬砌等多种防渗手段配合使用,最大程度降低长距离输水过程中的水量损耗。调水效益惠及众多地区:北京市15座水厂引入南水,城区近80%的供水都来自南水;天津市主城区的供水已完全依赖南水;河南14个省辖市、河北10个省辖市也都用上了南水。严格实施防渗技术,不仅保障了水资源高效利用,还在输水过程中维持了水质稳定,对缓解华北地区水资源紧张状况、稳固国家水安全防线具有重要战略价值。

新型防渗技术在农业灌溉渠道中的应用同样成效显著,灌区渠系防渗改造后,灌溉水有效利用系数大幅提高;实践表明,改造后的灌区不仅节水效果明显,农作物产量也相应提高,实现了节水增产双赢。城市供水管网采用新材料防渗技术后,漏损率显著下降,供水可靠性提高;水库采用新型防渗技术后,蓄水量增加,供水保障能力增强。水资源利用率的提高对于缓解水资源短缺压力、保障粮食安全、促进城乡协调发展具有深远影响,为水资源可持续利用奠定了坚实基础。^[5]

2.3 延长工程寿命

渗漏问题给水利工程造成的危害既广泛又严重,不仅会导致水资源白白流失,还会引发一系列工程问题,极大影响工程的使用时长。长期渗漏就像一个看不见的破坏者,会让混凝土结构发生碳化、剥落,使得钢筋生锈;水分不断渗入坝体或地基,会造成不均匀的下沉和变形,加快工程结构的老化速度。

新型防渗技术的运用就像给水利工程披上了坚固的保护衣,从根源上阻断了这些问题的产生;土工膜防渗层作为牢固可靠的防护屏障,把水体和工程结构紧密隔开,有效阻止水中的有害成分侵蚀混凝土,保护结构的完整。聚合物水泥砂浆防渗层则提高了表层混凝土的密实度,增强了结构的整体稳定性,大幅提升抗裂能力,减少裂缝出现和扩展,全面保障水利工程的安全。

高压喷射注浆技术形成的水泥土凝结体,凭借出色的防渗和承重能力,有效抑制了坝基坝体的渗透变形;综合运用这些技术措施后,工程结构的损坏速度明显变慢,安全运行的时间显著

增加。长期监测数据显示,采用新型防渗技术的水利工程,混凝土碳化深度下降超过50%,钢筋生锈速度降低超过60%,坝体的沉降变形也被控制在设计允许范围之内。这些技术改进让工程主体结构的设计使用年限延长20-30年,大修周期从10-15年延长到20-30年,大幅降低了运营维护成本,减少了整个使用周期的总投资。

工程寿命的延长确保了水利设施能够持续稳定地发挥作用,为区域经济社会发展提供了长期可靠的水资源保障。水利工程作为重要的基础设施,其安全稳定运行关系到防洪、供水、生态安全;延长工程寿命减少了重建、大修的次数,避免了因设施老化带来的安全隐患,节省了宝贵的财政资金,对保障国家水安全和推动经济社会可持续发展有着重要的战略意义。新型防渗技术在延长工程寿命方面的显著效果,革新了水利基础设施建设的理念,推动工程建设从只关注初期投入,转变为优化全生命周期成本,实现了工程建设经济性、安全性与可持续性的统一。

3 结论

新型防渗技术应用于水利工程有效解决长期渗漏难题,其防渗性能实现大幅提升,通过减少渗漏损失提高水资源利用率,同时延长工程寿命、降低运营维护成本;在水资源紧张的当下,对保障水利工程安全稳定运行、促进水资源可持续利用意义重大,其成功实践为后续水利工程防渗设计施工积累宝贵经验,推动防渗技术不断进步,为经济社会可持续发展筑牢基础。

【参考文献】

- [1]李传友.水利工程施工中的防渗新技术及应用研究[J].2024(05):41-42.
- [2]牛照奇.水利工程中防渗技术的应用分析[J].水电水利,2023,7(02):85-87.
- [3]姚岳峰.关于水利工程施工中防渗技术的应用分析研究[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2023(06):49-50.
- [4]孙玉坤.关于水利工程施工中防渗技术的应用分析[J].商品与质量,2021(10):136-137.
- [5]宋强.关于水利工程施工中防渗技术的应用分析[J].中华建设,2023:150-152.

作者简介:

刘洋(1975—),男,汉族,山东泰安人,大学本科,工程硕士,高级工程师,研究方向:水利项目施工、建设管理及工程技术控制。