

水利渠道渗漏控制技术及其应用

辛晟铭

自治区头屯河流域水利管理中心 西岸管理站

DOI:10.12238/hwr.v9i5.6316

[摘要] 本论文聚焦水利渠道渗漏控制技术,系统阐述其重要性、常见渗漏原因、多种渗漏控制技术原理、适用场景及实际应用案例,旨在为水利工程建设与运维中有效控制渠道渗漏、提升水资源利用效率提供理论依据与实践参考。通过对各类技术的深入分析,揭示不同技术在不同条件下的优势与局限性,助力工程人员精准选择合适的防渗漏技术,推动水利事业可持续发展。

[关键词] 水利渠道; 渗漏控制技术; 渗漏原因; 应用案例

中图分类号: TV732.6 **文献标识码:** A

Anti leakage control technology and its application in water conservancy channels

Shengming Xin

West Bank Management Station of Toutun River Basin Water Conservancy Management Center in the Autonomous Region

[Abstract] This paper focuses on the anti-seepage control technology of water conservancy channels, systematically elaborating on its importance, common causes of leakage, various principles of anti-seepage control technology, applicable scenarios, and practical application cases. The aim is to provide theoretical basis and practical reference for effectively controlling channel leakage and improving water resource utilization efficiency in water conservancy engineering construction and operation. Through in-depth analysis of various technologies, the advantages and limitations of different technologies under different conditions are revealed, which helps engineering personnel to accurately choose suitable anti leakage technologies and promote the sustainable development of water conservancy.

[Key words] water conservancy channels; Anti leakage control technology; Reasons for leakage; Application Cases

引言

水利渠道作为水资源调配与灌溉的关键设施,对农业生产、工业用水及居民生活供水意义重大。然而,渠道渗漏问题广泛存在,不仅造成大量水资源浪费,还可能引发渠道周边土壤盐碱化、地面沉降等地质灾害,影响渠道结构稳定性与使用寿命,制约水利工程综合效益发挥。在水资源日益紧张的当下,加强水利渠道渗漏控制技术研究与应用,提高水资源利用效率,已成为水利领域亟待解决的重要课题。

1 水利渠道渗漏的原因分析

1.1 地质因素

地质条件是影响水利渠道渗漏的关键因素之一。不同地质构造区域,岩石特性差异显著。在断层、裂隙发育区域,渠道底部与周边岩石完整性差,地下水易沿断裂面、裂隙渗透至渠道内,形成渗漏通道。如在某山区水利渠道建设中,部分渠段穿越花岗岩断层破碎带,岩石破碎、裂隙密集,尽管采取常规防渗措施,

仍出现严重渗漏现象,经地质勘探查明渗漏原因后,采用化学灌浆封堵裂隙,才有效控制渗漏。土壤类型对渠道渗漏影响同样不可忽视。砂性土颗粒大、孔隙率高、透水性强,水分易在其中快速下渗;而黏性土颗粒细小、孔隙小、透水性相对较弱。若渠道修建于砂性土地区,未采取有效防渗措施,渗漏问题将十分突出。

1.2 渠道设计与施工问题

渠道设计环节若存在缺陷,极易引发渗漏问题。渠道纵坡设计不合理,水流速度过快或过慢都可能导致渗漏。流速过快会冲刷渠道底部与边坡,破坏防渗层;流速过慢则易使水中泥沙沉淀,淤积堵塞排水系统,造成渠道内水位升高,增加渗漏风险。部分渠道横断面尺寸设计未充分考虑流量变化,在高水位运行时,渠道边坡与底部承受过大水压,防渗结构易受损。施工质量不达标是渠道渗漏的重要诱因。在渠道衬砌施工中,若混凝土浇筑振捣不密实,会产生蜂窝、麻面等缺陷,形成渗漏通道;土工膜铺设时存在破损、拼接不严密问题,无法有效阻挡水分渗透。

1.3 渠道运行与维护不当

渠道运行过程中,长期的水流冲刷会磨损防渗层。尤其是含沙量较高的水流,对渠道底部与边坡的冲刷作用更强,加速防渗材料老化与损坏,降低防渗性能。如黄河流域部分灌溉渠道,由于引黄水中泥沙含量大,运行几年后,渠道衬砌磨损严重,渗漏加剧。渠道维护不及时也是导致渗漏的重要原因。未定期对渠道进行检查、清理与维修,渠道内杂草、杂物堆积,影响水流顺畅,同时可能破坏防渗结构;对渠道出现的裂缝、孔洞等小问题未及时处理,随着时间推移,渗漏问题逐渐扩大^[1]。

2 水利渠道渗漏控制技术分类

2.1 渠道渗漏控制技术的材料防渗技术

2.1.1 土工膜防渗

土工膜,是一种以高分子聚合物为原料制成的防渗材料,具有防渗性能好、化学稳定性强、耐腐蚀性高、施工简便等优点,通常被用在渠道和蓄水池中。常见的土工膜有聚乙烯(PE)土工膜、聚氯乙烯(PVC)土工膜等。土工膜防渗原理是利用其自身的低渗透性,在渠道内形成连续的防渗屏障,阻止水分渗透。在铺设土工膜时,需先对渠道基底进行平整处理,去除尖锐杂物,防止刺破土工膜。然后采用焊接或粘接方式拼接土工膜,确保拼接缝严密。某大型灌区渠道防渗改造工程中,选用厚1.5mm的PE土工膜,铺设面积达50万平方米,经现场注水试验检测,渗漏量显著降低,防渗效果良好。

2.1.2 混凝土防渗

混凝土防渗是目前应用广泛的一种渠道防渗技术。混凝土具有强度高、耐久性好、防渗性能可靠等特点。根据施工工艺不同,混凝土防渗可分为现浇混凝土防渗和预制混凝土板防渗。现浇混凝土防渗是在渠道现场支模浇筑混凝土,能较好地适应渠道的形状与地形变化,整体性强。但施工过程中需严格控制混凝土配合比、浇筑振捣质量,防止出现裂缝。预制混凝土板防渗则是在工厂预制混凝土板,运至现场铺设,施工速度快,质量易于控制。但板与板之间的拼接缝处理至关重要,需采用合适的密封材料填充,防止渗漏。某中型灌区渠道采用现浇C25混凝土防渗,衬砌厚度15cm,同时在混凝土中添加抗渗剂,运行多年后,渠道渗漏量稳定在较低水平,有效保障了灌溉用水。

2.1.3 黏土防渗

黏土防渗是一种传统的防渗技术,具有取材方便、成本低廉等优点。黏土颗粒细小,遇水后膨胀,可有效填充土壤孔隙,降低土壤渗透性。在采用黏土防渗时,需选择优质黏土,其黏粒含量应不低于30%,塑性指数在15~20之间。施工时,先将渠道基底夯实,然后分层铺设黏土,每层厚度控制在15~20cm,逐层压实,压实度不低于90%。黏土防渗适用于小型水利渠道或对防渗要求相对较低的区域。如某山区小型灌溉渠道,利用当地黏土资源进行防渗处理,运行多年来,基本满足灌溉用水需求,且维护成本较低。

2.2 渠道渗漏控制技术的结构防渗技术

2.2.1 防渗墙技术

防渗墙是一种垂直防渗结构,主要用于深层渗漏治理。常见的防渗墙有混凝土防渗墙、塑性混凝土防渗墙、水泥土防渗墙等。混凝土防渗墙采用专用设备在渠道地基中造孔,然后浇筑混凝土形成连续墙体,截断渗漏通道。其优点是防渗效果好、强度高,适用于深厚覆盖层地基或高水头防渗要求的工程。塑性混凝土防渗墙则是在混凝土中加入膨润土、黏土等材料,降低混凝土弹性模量,提高墙体适应地基变形能力,适用于地基变形较大的区域。水泥土防渗墙是利用水泥作为固化剂,与地基土搅拌混合形成防渗墙体,具有施工简便、成本较低等优点,常用于浅层防渗处理。某大型水库大坝防渗加固工程中,采用混凝土防渗墙技术,墙深30m,墙厚0.8m,有效解决了大坝基础渗漏问题,保障了水库安全运行。

2.2.2 反滤层与排水设施设置

反滤层与排水设施是防止渠道渗漏的重要结构措施。反滤层由不同粒径的砂、砾石等材料组成,其作用是在允许水流通过的同时,阻止土壤颗粒随水流流失,防止渗透变形。排水设施则用于排除渠道内积水,降低地下水位,减少渠道衬砌背后的水压力。在渠道边坡与底部设置反滤层时,应根据土壤颗粒级配合理选择反滤材料粒径,遵循“反滤层粒径沿渗流方向由细到粗”的原则。排水设施可采用盲沟、排水管等形式,将积水引至排水系统。如某渠道工程,在渠道底部设置了砂卵石反滤层,厚度30cm,并每隔50m设置一道横向排水管,有效排除了渠道内积水,减少了渗漏风险。

2.3 渠道渗漏控制技术的化学防渗技术

2.3.1 灌浆防渗

灌浆防渗是将浆液注入渠道地基或衬砌结构的孔隙、裂隙中,使其填充密实,形成防渗帷幕,阻止水分渗透。根据灌浆材料不同,可分为水泥灌浆、化学灌浆等。水泥灌浆是最常用的灌浆方法,以水泥为主要材料,加水搅拌成浆液。水泥灌浆适用于较大裂隙或孔隙的防渗处理,具有材料来源广泛、成本较低等优点。化学灌浆则采用化学材料如环氧树脂、聚氨酯等作为浆液,化学灌浆材料具有黏度低、可灌性好、固化后强度高、防渗性能优异等特点,适用于细微裂隙防渗处理。某水利渠道衬砌出现裂缝渗漏,采用环氧树脂化学灌浆进行处理,通过压力将浆液注入裂缝内,固化后有效封堵了裂缝,解决了渗漏问题。

2.3.2 防渗涂层技术

防渗涂层技术是在渠道衬砌表面涂抹防渗涂料,形成一层防渗保护膜。防渗涂料种类繁多,如有机硅防水剂、聚合物水泥防水涂料等。有机硅防水剂是一种新型防渗涂料,具有防水性能好、透气性强、耐久性高、施工简便等优点。它能渗透到混凝土或砖石结构内部,与其中的成分发生化学反应,形成一层防水憎水膜。聚合物水泥防水涂料则是由有机聚合物乳液与水泥等无机粉料复合而成,具有良好的粘结性、抗渗性和耐候性。某城市景观渠道采用有机硅防水剂进行防渗涂层处理,不仅有效防止了渠道渗漏,还提升了渠道外观美感,减少了后期维护成本^[2]。

3 水利渠道渗漏控制技术应用

3.1 大型输水渠道的渗漏控制技术应用

大型输水渠道通常承担着长距离、大容量的输水任务,对防渗性能要求极高。这类渠道多采用混凝土防渗墙结合土工膜防渗技术。先在渠道地基中建造混凝土防渗墙,截断深层渗漏通道,然后在渠道衬砌内铺设土工膜,形成双层防渗体系。如南水北调中线工程总干渠,部分渠段采用了80cm厚的混凝土防渗墙,墙深15-30m,同时在衬砌表面铺设2.0mm厚的HDPE土工膜,有效保障了输水过程中的水资源零渗漏,确保工程高效运行。

3.2 灌区灌溉渠道的渗漏控制技术应用

灌区灌溉渠道分布广泛、数量众多,根据灌区规模与地形条件,技术应用有所差异。大型灌区灌溉渠道多采用混凝土防渗技术,如现浇混凝土衬砌或预制混凝土板衬砌,可有效提高输水效率,减少渗漏损失。中型灌区部分渠道可采用土工膜防渗,施工方便、成本相对较低。小型灌区灌溉渠道,若当地黏土资源丰富,黏土防渗技术是不错的选择,经济实用。某大型灌区,对骨干灌溉渠道采用现浇C30混凝土防渗,衬砌厚度20cm;支渠采用土工膜防渗,土工膜厚1.0mm,通过不同技术组合应用,提高了整个灌区的水资源利用效率。

3.3 山区渠道的渗漏控制技术应用

山区渠道地形复杂、地质条件差,渗漏问题较为突出。在山区渠道防渗处理中,常采用灌浆防渗与混凝土衬砌相结合的技术。对于基岩裂隙渗漏,先进行灌浆封堵,然后浇筑混凝土衬砌。对于渠道边坡,可采用浆砌石护坡结合排水设施,防止边坡渗漏与坍塌。某山区水利渠道,穿越花岗岩山区,渠道沿线裂隙发育,通过水泥灌浆处理基岩裂隙,然后浇筑C25混凝土衬砌,同时在边坡设置浆砌石护坡与排水孔,运行多年来,渠道渗漏得到有效控制,保障了山区农业灌溉用水^[3]。

4 水利渠道渗漏控制技术的发展趋势

4.1 新型防渗材料研发

随着材料科学技术不断发展,新型防渗材料将不断涌现。未来研发方向主要集中在高性能、环保型防渗材料。如开发具有更高防渗性能、更强耐久性的新型土工合成材料;研究可降解、无污染的防渗材料,减少对环境的影响。同时,探索智能防渗材料,能够根据渠道渗漏情况自动调整防渗性能,提高防渗效果。

4.2 防渗技术集成创新

单一防渗技术往往存在一定局限性,未来将更加注重防渗技术的集成创新。将不同类型防渗技术有机结合,形成综合防渗

体系,发挥各自优势,提高防渗效果。如将灌浆防渗技术与防渗涂层技术相结合,先通过灌浆处理深层渗漏,再在表面涂抹防渗涂层,形成多层防渗屏障;将土工膜防渗与结构防渗技术相结合,提高渠道整体防渗性能。

4.3 数字化监测与智能运维

利用物联网、大数据、人工智能等信息技术,实现水利渠道渗漏的数字化监测与智能运维。在渠道内安装各类传感器,实时监测渗漏量、水位、温度等参数,通过数据分析及时发现渗漏隐患,并精确定位渗漏位置。借助智能运维系统,根据监测数据自动制定维护方案,实现渠道维护的智能化、高效化,降低运维成本,保障渠道安全运行。

4.4 生态友好型防渗技术发展

在满足防渗要求的同时,更加注重防渗技术的生态友好性。研发既能有效防渗,又能促进渠道生态系统恢复与保护的技术。如采用生态混凝土、生态土工材料等,为水生生物、微生物提供栖息环境,促进渠道周边生态平衡,实现水利工程与生态环境协调发展。

5 结束语

水利渠道渗漏控制技术是保障水利工程高效运行、提高水资源利用效率的关键。通过对渠道渗漏原因深入分析,掌握不同渗漏控制技术原理、特点与适用范围,在工程实践中合理选择与应用技术,并注重施工质量控制、材料质量把控与运行维护管理,能够有效解决渠道渗漏问题。随着科技不断进步,新型防渗材料、集成创新技术、数字化监测与智能运维以及生态友好型防渗技术将不断发展,为水利渠道防渗漏控制提供更有力的技术支持,推动水利事业可持续发展,更好地服务于经济社会发展与生态环境保护。

[参考文献]

- [1]葛亮.宜春市四方井水利枢纽工程基础帷幕灌浆处理技术及防渗效果分析[J].陕西水利,2023(12):158-159,164.
- [2]程振,张新荣.大藤峡水利枢纽工程二期围堰防渗墙工期及施工方案设计[J].东北水利水电,2023,41(12):3-5,71.
- [3]周富强.基于模糊综合评价分析的灌区渠道结构型式优化设计[J].水利科技与经济,2022,28(6):29-32.

作者简介:

辛晟铭(1991--),男,回族,宁夏隆德人,本科,工程师,从事生产运行与管理研究。