

水利工程渠道防渗漏结构设计探究

许明君

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：本文旨在深入探究水利工程渠道防渗漏结构设计的关键要素与优化策略。通过对渠道断面设计、防渗层材料选择、排水与反滤层布置等方面的综合分析，文章揭示了防渗漏结构设计的科学性与合理性对于提高渠道运行效率、保障水资源安全的重要性。结合实际工程案例，提出了针对性的优化建议，旨在为水利工程渠道防渗漏结构设计提供理论支撑与实践指导，促进水资源的高效利用与可持续发展。

关键词：水利工程；渠道；防渗漏；结构设计；优化策略

引言：水利工程作为国民经济的基础设施，其渠道防渗漏结构设计直接关系到水资源的有效利用与保护。随着水资源日益紧张，如何确保渠道在运行过程中减少渗漏、提高水资源利用率成为亟待解决的问题。本文将从防渗漏结构设计角度出发，探讨如何通过科学合理的设计方案与优化策略，提高渠道的防渗性能，为水利工程的可持续发展提供有力保障。

1 水利工程渠道的重要性

水利工程渠道作为水资源调配与管理的重要基础设施，其重要性不言而喻。它们如同大地的血脉，将珍贵的水资源从丰沛之地输送到干旱或缺水区域，确保了农业灌溉、城市供水、工业用水以及生态平衡的维持。第一，在农业领域，水利工程渠道系统是实现高效灌溉的关键，通过精确控制水量和流速，渠道能够将水资源均匀、稳定地输送到农田，极大地提高了灌溉效率和农作物的产量与质量，为粮食安全和农业可持续发展奠定了坚实基础。第二，对于城市供水而言，水利工程渠道保障了居民日常生活和工业生产的用水需求，在干旱季节或水资源短缺地区，这些渠道成为了稳定的水源供应线，确保了城市生活的正常运行和经济的稳定发展。第三，水利工程渠道在防洪减灾方面也发挥着不可替代的作用，通过合理的渠道布局和水流调控，可以有效引导多余的水量，减轻洪涝灾害对人类社会和自然环境的冲击，保护人民生命财产安全^[1]。第四，从生态环境保护的角度来看，水利工程渠道有助于维持河流生态系统的健康与稳定。通过科学的水量调配和生态补水措施，可以恢复和改善湿地、河流等水生生态系统的生态环境，促进生物多样性保护。水利工程渠道不仅是水资源高效利用的重要途径，更是保障我国粮食安全、促进经济社会可持续发展、维护生态安全的重要基石。加强水利工程渠道的建设与管理，对于推动我国乃至全球的水资源管

理和生态环境保护具有深远的意义。

2 水利工程渠道渗漏问题分析

2.1 地质条件对渠道渗漏的影响

在水利工程渠道的建设中，地质条件是决定渠道渗漏情况的重要因素之一。不同地区的土壤结构、地下水分布以及岩石特性各不相同，这些地质特征直接影响渠道的防渗性能。例如，松软的土壤或含有大量裂隙的岩石层容易导致地下水渗透，增加渠道的渗漏风险。地质活动如地震、滑坡等也可能对渠道造成破坏，加剧渗漏现象。

2.2 材料选择不当导致的渗漏问题

材料的选择对于渠道的防渗性能至关重要。如果采用了防渗性能较差的材料，如透水性强的土壤或质量不合格的防渗膜，将会直接导致渠道渗漏。材料的耐久性和抗老化能力也是影响渗漏的重要因素。如果材料在长期使用过程中因老化、磨损或化学侵蚀而失去防渗性能，同样会引发渗漏问题。

2.3 施工工艺缺陷引起的渗漏

施工工艺的优劣直接关系到渠道的防渗效果。在施工过程中，如果未能按照规范要求进行施工，如防渗层的铺设不均匀、接缝处理不当、压实度不足等，都会造成渠道渗漏。施工过程中的质量控制也是关键，如果缺乏有效的质量监督和检验手段，将无法及时发现和纠正施工工艺中的缺陷，从而留下渗漏隐患。

2.4 设计不合理造成的渗漏隐患

设计是水利工程渠道建设的基础，设计不合理将直接导致渠道存在渗漏隐患。例如，渠道断面设计不合理，可能导致水流速度过快，冲刷破坏防渗层；渠道纵坡设计不当，可能引发水流不畅，增加渗漏风险；防渗结构设计不合理，可能无法有效抵抗地下水压力，导致渗漏发生^[2]。

3 水利工程渠道防渗漏结构设计原则

3.1 因地制宜原则

因地制宜原则是水利工程渠道防渗漏结构设计的首要考虑。这一原则强调在设计过程中应充分考虑渠道所在地的自然环境、地质条件、气候条件以及水资源状况等因素。不同地区的地质构造、土壤特性、地下水位等自然条件差异显著,防渗漏结构的设计必须根据这些具体条件进行定制。例如,在土壤疏松、地下水位较高的地区,需要采用更为严格的防渗措施,如铺设高密度聚乙烯防渗膜或设置多层复合防渗结构。而在岩石坚硬、地下水位较低的区域,则可以适当简化防渗设计,采用更为经济实用的方案。因地制宜原则还要求设计者深入了解当地的生态系统和生物多样性,确保防渗漏结构的建设不会对生态环境造成破坏。在设计中,应尽可能减少对自然植被的破坏,保持生态平衡,还要考虑到渠道周边可能存在的野生动植物栖息地,避免建设活动对它们造成不利影响。因地制宜原则还鼓励采用当地材料和工艺,这不仅能降低建设成本,还能促进当地经济的发展。

3.2 经济合理原则

经济合理原则是水利工程渠道防渗漏结构设计的核心。在满足防渗要求的前提下,设计应尽可能降低成本,提高经济效益。这要求设计者在进行防渗漏结构设计时,不仅要考虑材料的选择和结构的复杂性,还要全面评估建设、运营和维护的全生命周期成本。在选择防渗材料时,应优先考虑性价比、耐久性好的材料。例如,高密度聚乙烯防渗膜因其良好的防渗性能和较长的使用寿命而广泛应用于水利工程中。设计者还应关注材料的市场供应情况和价格波动,以便在成本可控的前提下做出最优选择。在结构设计方面,应追求简洁、高效的结构形式,避免不必要的复杂性和冗余。例如,可以通过优化渠道断面形状、调整纵坡设计等方式,减少水流对防渗层的冲刷破坏,从而延长防渗结构的使用寿命。设计者还应充分考虑施工难度和工期要求,避免因设计过于复杂而导致施工成本增加。

3.3 安全可靠原则

安全可靠原则是水利工程渠道防渗漏结构设计的基础。一个有效的防渗漏系统必须能够承受各种极端天气条件、地质活动和人为因素的考验,确保渠道的安全稳定运行。在设计过程中,应充分考虑渠道的承载能力、抗滑稳定性和抗渗性能。通过合理的结构设计和材料选择,确保渠道在正常运行状态下不会发生渗漏、滑坡或坍塌等安全事故。设计者还应关注渠道周边的地质活动情况,如地震、滑坡等自然灾害对渠道可能造成的威

胁,并采取相应的防范措施^[3]。安全可靠原则还要求设计者在设计中充分考虑渠道的长期运行需求。例如,通过预留足够的检修空间和通道,便于日后对防渗结构进行检查、维修和更换。还应考虑渠道在运行过程中可能出现的各种异常情况,并制定相应的应急预案和措施。

3.4 易于维护原则

易于维护原则是水利工程渠道防渗漏结构设计不可忽视的一环。一个易于维护的防渗结构能够显著降低运营成本,提高渠道的可靠性和使用寿命。在设计过程中,应充分考虑渠道的检修需求和便利性。例如,通过合理设置检修井、检查孔等设施,便于日后对防渗结构进行定期检查和维修。同时设计者还应关注渠道的清洁和排水需求,确保渠道在运行过程中不会因淤积、堵塞等问题而影响防渗效果。易于维护原则还要求设计者在设计中充分考虑渠道的自动化和智能化需求。通过引入先进的监测技术和自动化控制系统,实现对渠道运行状态的实时监测和远程控制。这不仅能够提高渠道的运营效率和管理水平,还能及时发现并处理潜在的渗漏问题,确保渠道的安全稳定运行。

4 防渗漏结构设计方案与优化策略

在水利工程渠道的设计与构建中,防渗漏结构设计是确保水资源有效利用和减少水资源浪费的关键环节。一个科学合理的防渗漏结构设计方案不仅能够提高渠道的防渗性能,还能延长渠道的使用寿命,降低运营成本。

4.1 渠道断面设计

渠道断面设计是防渗漏结构设计的基础。合理的断面设计能够确保水流平稳、流速适中,减少水流对渠道的冲刷破坏,从而提高防渗层的耐久性。在断面设计中,应充分考虑渠道的功能需求、地质条件、气候条件以及水流特性等因素。首先,渠道断面形状的选择至关重要,常见的渠道断面形状包括梯形、矩形和U形等。梯形断面适用于土壤较为松软、地下水位较高的地区,其边坡能够减缓水流速度,减少冲刷破坏。矩形断面则适用于岩石坚硬、地基稳定的区域,其结构简单、施工方便。U形断面则具有水流阻力小、流速均匀的优点,适用于需要高效输水的场合。其次,断面尺寸的设计也应科学合理,渠道宽度和深度的选择应根据设计流量、流速以及渠道边坡的稳定性来确定。过宽的渠道会增加占地面积和工程造价,而过深的渠道则可能增加施工难度和运营成本。在断面尺寸设计中,应寻求一个平衡点,确保渠道在满足功能需求的同时,具有合理的经济性和可行性^[4]。另外,在断面设计中还应考虑渠道的纵坡设计,合理的纵坡能够确保水流顺畅、减少淤积和堵塞问题。

纵坡的设计还应与渠道的防渗层、排水与反滤层等结构相协调,确保整个渠道的稳定性和耐久性。

4.2 防渗层设计

防渗层是防渗漏结构设计的核心。一个有效的防渗层能够阻止地下水渗透,确保渠道内水资源的有效利用。在防渗层设计中,应充分考虑材料的选择、结构的布置以及施工工艺等因素。防渗材料的选择至关重要,常见的防渗材料包括高密度聚乙烯防渗膜、膨润土防水毯以及水泥基防渗涂料等。这些材料具有不同的防渗性能和适用条件,应根据渠道所在地的地质条件、气候条件以及功能需求来选择合适的材料。例如,在土壤疏松、地下水位较高的地区,应采用防渗性能较好的高密度聚乙烯防渗膜;而在岩石坚硬、地基稳定的区域,则可以考虑使用膨润土防水毯或水泥基防渗涂料等更为经济实用的材料。防渗层结构的布置也需科学合理,防渗层应铺设在渠道底部和边坡上,形成一个完整的防渗体系。在铺设过程中,应确保防渗层与渠道基面紧密贴合,避免产生空隙和气泡。防渗层的接缝处理也至关重要,应采用热焊接或化学粘接等方式确保接缝的密封性。在防渗层设计中还应考虑施工工艺的影响,不同的施工工艺对防渗层的防渗性能和耐久性有不同的影响。因此在选择施工工艺时,应充分考虑材料的特性和渠道的功能需求,确保施工工艺的可靠性和适用性。

4.3 排水与反滤层设计

排水与反滤层设计是防渗漏结构设计的重要组成部分。有效的排水系统能够及时排除渠道内的积水,减少水对防渗层的压力;而反滤层则能够防止土壤颗粒随水流进入排水系统,堵塞管道。在排水设计中,应根据渠道所在地的地质条件、气候条件以及功能需求来确定排水系统的布置和类型。常见的排水系统包括横向排水沟、纵向排水管和排水井等。这些排水设施应均匀分布,确保渠道内的积水能够及时排除。排水系统的材料和施工工艺也应符合相关标准和要求,确保其可靠性和耐久性。在反滤层设计中,应根据土壤颗粒的大小和分布来确定反滤层的材料和厚度。反滤层材料应具有良好的透水性、抗冲刷性和耐久性。常见的反滤层材料包括碎石、砂砾和土工织物等。这些材料应均匀铺设在排水系统上方,形成一个有效的过滤层,防止土壤颗粒随水

流进入排水系统。

4.4 优化策略

在防渗漏结构设计中,优化策略的应用能够进一步提高渠道的防渗性能和耐久性。首先,采用多层复合防渗结构,通过结合不同材料的防渗性能和耐久性,形成一个更为有效的防渗体系。例如,在土壤疏松、地下水位较高的地区,可以采用高密度聚乙烯防渗膜与膨润土防水毯相结合的多层复合防渗结构,提高防渗性能^[5]。其次,加强渠道的监测和维护,通过安装监测设备,实时监测渠道的运行状态和防渗性能。一旦发现异常情况,应立即采取措施进行处理,避免问题扩大化。同时定期对渠道进行检查和维护,确保其稳定性和耐久性。另外,还可以考虑采用生态防渗技术,通过种植适宜的植被或构建生态护坡等方式,利用自然的生态过程来提高渠道的防渗性能。这种技术不仅能够减少工程造价和运行成本,还能保护生态环境,实现可持续发展。

结束语

综上所述,水利工程渠道防渗漏结构设计是一个复杂而关键的系统工程,需要综合考虑地质条件、气候条件、材料性能、施工工艺以及长期运行需求等多方面因素。通过科学合理的断面设计、防渗层材料选择、排水与反滤层布置以及优化策略的应用,可以显著提高渠道的防渗性能和耐久性,为水利工程的可持续发展提供坚实保障。未来,将继续深化研究,探索更多创新技术和方法,为水利工程渠道防渗漏结构设计贡献更多智慧与力量。

参考文献

- [1]姚治国.大中型灌区节水改造中防渗渠道断面优化设计[J].陕西水利,2020(4):75-76,79.
- [2]李钦哲.浅析水利水电工程中的大坝加固设计技术[J].珠江水运,2021(21):39-40.
- [3]毕云波.水利水电工程中的大坝加固设计技术分析[J].水电站机电技术,2020,43(07):60-62.
- [4]焦鹏飞.水利工程渠道防渗漏结构设计探究[J].科技与创新,2024(18):96-98.DOI:10.15913/j.cnki.kjycx.2024.18.027.
- [5]吴恩国.水利工程渠道防渗漏结构设计探究[J].中华传奇,2023(32):170-172.