

渠道防渗水利工程技术的设计特点研究

文 / 谢文栋 临沂市水利工程保障中心

支钰智 临沂市水利工程保障中心

摘要:随着我国社会经济的快速发展和农业灌溉需求的不断增长,水资源的高效利用和合理分配成为亟待解决的问题。在农业生产中,渠道输水系统作为连接水源与灌溉区域的重要载体,其防渗效果直接影响水资源的利用效率。因此,渠道防渗技术的研究和应用具有重要的现实意义。通过对渠道防渗水利工程技术的深入研究与设计优化,能够有效减少水资源的浪费,提高灌溉效率,从而推动农业可持续发展。文章就此展开了探讨。

关键词:水利工程;渠道防渗技术;设计特点

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.03.075

引言

我国是一个水资源短缺的国家,尤其是在北方地区,水资源供需矛盾尤为突出。长期以来,灌溉水利工程在农业生产中发挥了关键作用,然而由于部分渠道建设标准较低、渗漏现象严重,导致大量宝贵的水资源白白浪费。为了提高水资源的利用率,减少水的渗漏损失,许多地区开始重视渠道防渗技术的应用与改进。防渗技术可以有效减少输水过程中的渗漏损失,提高输水效率,并降低灌溉成本。目前,渠道防渗水利工程技术已经取得了一定的发展,常用的防渗措施包括黏土防渗、膜材料防渗、混凝土防渗等。这些技术在不同地区和工程条件下有着不同的适用性和效果。随着新材料、新技术的不断涌现,如何根据实际情况进行合理的防渗设计,选择适合的防渗技术,成为当前水利工程技术研究的重要课题之一。因此,系统地研究渠道防渗水利工程的设计特点,对提高我国水资源的利用效率具有重要的指导意义。

一、渠道防渗水利工程概述

(一)渠道防渗的基本概念

渠道防渗是指通过在渠道的内壁或底部采取一定的技术措施,减少或防止水流在输送过程中渗漏的工程技术。在农业灌溉、水利工程中,渠道是水流输送的主要通道,然而由于地质条件或渠道结构的影响,水流在输送过程中往往会发生渗漏,造成水资源的浪费。防渗技术的核心在于通过科学设计和使用合适的材料,形成有效的屏障,阻止水流渗入地下,提高水的输送效率。防渗技术不仅能减少水的流失,还能提高渠道的使用寿命,降低维护成本,确保农业灌溉用水的稳定供应。由于我国部分地区水资源紧缺,防止灌溉渠的水渗漏具有十分重要的现实意义。随着科技进步,防渗材料和技术手段不断发展,已经从传统的黏土、混凝土材料发展到高分子防渗膜、复合材料等新型材料,这使得防渗技术的适用性和防护效果显著提升。

(二)渠道防渗的必要性

渠道防渗的必要性体现在水资源的有效利用 and 环境保护等多个方面。水资源作为一种宝贵的自然资源,在农业、工业和生活中都具有不可或缺的重要性。然而,

由于自然条件、地质结构等因素,渠道在水流输送过程中容易发生渗漏,导致大量水资源流失,尤其在水资源匮乏的地区,这种流失显得尤为严重。通过防渗措施,可以大大减少水在输送过程中的损失,确保更多的水资源用于农业灌溉和生态保护。防渗技术还能够提高水利工程的运行效率,降低灌溉过程中用水的浪费,从而有效地缓解农业用水与生活用水之间的矛盾。渠道渗漏不仅会导致水资源浪费,还可能引起渠道周围的土壤盐碱化,破坏农田土壤结构,影响作物生长,甚至引发地质灾害。通过采取科学合理的防渗技术,可以避免这些问题的发生,保护农业生态环境的可持续发展。同时,防渗技术的应用能够延长渠道的使用寿命,减少因渗漏引起的结构破坏,降低工程维护成本。因此,实施渠道防渗工程是提高水资源利用效率、保护生态环境、推动农业可持续发展的必要手段。

(三)渠道防渗的分类及常用材料

渠道防渗的分类及常用材料根据不同的施工方法和材料特性可分为多种类型,常见的包括黏土防渗、混凝土防渗、合成材料防渗和复合防渗等。黏土防渗是传统的一种防渗方式,利用天然或人工夯实的黏土层覆盖渠道内壁,通过其低透水性阻止水的渗漏。该方法材料易得,施工成本低,适用于中小型渠道,但对于长期使用的渠道,黏土层易受水流冲刷而破损,需定期维护。混凝土防渗技术应用广泛,通过在渠道内部铺设一层或多层混凝土,提高渠道的防渗性能,具备强度高、使用寿命长等特点,但施工成本较高,且在地基不稳定的情况下,可能出现裂缝导致渗漏。合成材料防渗主要采用高分子防渗膜,如聚乙烯膜、聚氯乙烯膜等,通过铺设薄膜防止水流渗透,具备防渗效果好、施工便捷、适用广泛的优点,但膜材的耐久性和易损坏性是其不足之处。复合防渗则结合了多种材料的优点,如在混凝土层外加铺合成材料防渗膜,或者在黏土层上覆以防渗膜,以增强防渗效果和结构强度。

二、渠道防渗水利工程技术的设计原则

(一)水利工程设计的基本原则

水利工程设计的基本原则旨在确保工程的安全性、

经济性、环保性和可持续性。安全性是水利工程设计的核心，必须保证在各种自然条件下，工程能够承受洪水、风暴、地震等极端气候和地质事件的冲击，确保长期运行的稳定性。因此，工程设计需要充分考虑当地的水文地质条件，并进行详细的勘察与风险评估。经济性同样是水利工程设计中不可忽视的因素，要求在保证功能的前提下，合理控制建设成本和维护费用，避免不必要的浪费。这需要通过优化设计方案、选用合适的材料和工艺来达到资源的高效利用。环保性在现代水利工程中日益受到重视，设计应尽量减少对自然环境的破坏，保护生态平衡，避免工程对当地水质、土壤以及生物多样性产生负面影响。同时，可持续性也是重要原则，设计需要着眼于长远发展，保证工程在未来几十年甚至更长时间内的有效运行，不仅满足当前的用水需求，还应为未来的水资源利用留有足够的空间。因此，水利工程设计是一项复杂的系统工程，必须在技术、经济、环境等多个方面进行综合平衡，确保其在社会、经济和环境效益上的最大化。

（二）渠道防渗设计的特殊要求

渠道防渗设计的特殊要求需要综合考虑地质条件、渠道结构、防渗材料选择以及生态环境等多方面因素。地质条件是设计中的关键因素，防渗措施必须适应不同的地质状况。例如，在砂质土壤或渗透性较强的地质条件下，需要采用更为密实、耐久的防渗材料，如混凝土或高分子防渗膜，以确保防渗效果。而在黏土等较低渗透性的地质中，则可以选择更加经济的黏土层防渗方案。渠道的结构形式也是影响防渗设计的重要因素，不同形状的渠道如梯形、矩形等，对材料的适应性和施工工艺的要求各不相同。防渗材料的选择是防渗设计的核心，常见的防渗材料包括黏土、混凝土、高分子防渗膜和复合材料等。材料的耐久性、抗压性和适应当地气候的能力直接关系到防渗工程的使用寿命和维护成本。此外，设计还必须考虑生态环境的保护，防渗材料和施工工艺应尽量减少对周边生态系统的影响，避免破坏土壤、植被和水体的自然循环。在一些特殊环境中，防渗设计还需兼顾水土保持，避免由于防渗措施过度硬化而引发的水土流失和地质灾害。因此，渠道防渗设计的特殊要求不仅在于技术上的适应性和可靠性，还需在经济性、环境保护和可持续性之间实现平衡。

（三）生态环境保护要求

在渠道防渗设计中，生态环境保护要求十分重要，需要严格遵循国家相关政策与法规，确保水利工程的可持续发展。《中华人民共和国环境保护法》和《水土保持法》等法规明确规定，水利工程在设计和施工过程中必须避免对自然环境的破坏，并采取有效措施保护生态系统。在渠道防渗设计中，选用防渗材料时应尽量使用环保、可降解或低影响的材料，避免传统材料如混凝土、大量高分子材料对水体、土壤和周边生物带来的长久性影响。施工过程中应保护渠道两侧的植被带，减少

对水生生物栖息地的干扰，以防止对局部生态系统的破坏。在水利工程的规划和实施中，还需要结合《生态文明建设目标评价考核办法》的要求，确保工程与自然生态系统的协调。设计时可以考虑使用生态型防渗技术，如生态混凝土、生态护坡等方式，不仅能够达到防渗目的，还能促进植被生长，恢复并改善当地生态环境。在防渗设计中应特别注意水土流失问题，合理设计排水和引水设施，减少对周围土地的侵蚀与破坏，以符合《水土保持规划》的规定。通过合理规划、使用生态友好型材料以及注重施工期间的环境保护措施，可以有效地将防渗工程的生态影响降至最低，实现工程建设与生态保护的有机统一。

三、渠道防渗技术的应用与优化设计

（一）常用防渗技术的应用

1. 黏土防渗技术

黏土防渗技术是传统渠道防渗方法中应用广泛的一种，通过在渠道底部和侧壁铺设一层厚度适当、密实度高的黏土层来阻止水分的渗漏。黏土材料具有较低的渗透系数，通常在 10^{-7} 到 10^{-9} cm/s之间，这使其在防止水流渗透方面具有良好的效果。施工时，通常要求铺设的黏土层厚度达到20至30厘米，具体厚度会根据渠道的流量和地质条件进行调整，以确保足够的防渗能力。黏土在施工前需要经过充分的处理，包括湿润、夯实和混合，以提高其密实度并减少孔隙率，从而进一步降低渗透率。夯实后的密度一般要求达到1.6到1.8 g/cm³，以确保其结构稳定性和防渗性能。在地质条件较为复杂或水压较高的渠道段，黏土层的厚度和密实度还需适当增加。尽管黏土防渗技术成本较低，施工工艺相对简单，但其防渗效果依赖于施工质量以及黏土层的后期维护，特别是在长期使用中，黏土层可能因水流冲刷或冻融循环而受到破坏，导致渗漏增加。因此，定期的维护和修补对于保持黏土层的防渗性能至关重要。

2. 高分子防渗膜技术

高分子防渗膜技术是近年来广泛应用于渠道防渗的一种先进技术，通过在渠道内铺设高分子材料膜，如聚乙烯（PE）、聚氯乙烯（PVC）、高密度聚乙烯（HDPE）等，来阻止水分的渗透。这些高分子膜的渗透系数极低，通常在 10^{-11} 至 10^{-13} cm/s之间，远低于传统材料，具有出色的防渗效果。高分子膜的厚度通常在0.5毫米至2毫米之间，具体厚度根据渠道的水流压力、土质条件和工程需求进行选择。铺设时，防渗膜需要经过严格的焊接和固定处理，确保接缝处无漏水隐患，同时要求膜材与渠道底部及侧壁紧密贴合，以避免局部翘起或破损。高分子防渗膜的优点在于施工速度快、材料轻便且易于运输，同时具备良好的耐腐蚀性和抗紫外线能力，使其在不同气候条件下均能保持长期的防渗效果。膜材的耐久性较强，通常可使用20年以上，不易受水流冲刷或化学物质影响。不过，高分子防渗膜在施工时对地基的平整度要求较高，地基必须清除尖锐石块和

异物，以防止膜材被刺破。此外，为了提高其抗穿刺性能，常常在膜层上覆盖一层土壤或其他保护材料，以增加其抗损坏能力。

3. 混凝土防渗技术

混凝土防渗技术是渠道防渗中应用较为广泛的一种方式，依靠混凝土材料的高强度和低渗透性，形成坚固的防渗屏障。该技术通常通过在渠道的内壁和底部浇筑一层厚度为10至20厘米的混凝土层，以阻止水分渗透。混凝土的抗渗性能由其水灰比和骨料密度决定，通常采用水灰比在0.4到0.5之间的混凝土配比，以确保其防水性能，同时增强结构的整体强度。混凝土防渗层在施工时需要特别注意材料的配制和浇筑工艺，混凝土层必须均匀铺设，夯实并振动，以避免产生气泡和裂缝。任何细小的裂缝或不均匀浇筑都可能导致渗水，因此施工质量的控制至关重要。此外，混凝土层需要适应渠道的地质条件，如果地基不稳或受水压力影响较大，还需对地基进行加固处理。为了增加防渗效果，一些工程会在混凝土层中加入防水剂或外加剂，进一步提高其抗渗能力。混凝土防渗技术的优势在于其耐久性强，通常使用寿命可达几十年，且能够承受较大的水流压力和外部冲击，适用于大中型水利工程。然而，混凝土防渗的施工成本较高，且需要较长的施工周期，后期维护也较为复杂，尤其是在发生裂缝或磨损时，修复工作耗时费力。因此，尽管混凝土防渗具备优异的防渗性能和长久的结构稳定性，但其应用仍需综合考虑工程规模、地质条件和施工成本等多方面因素。

（二）渠道防渗的优化设计策略

1. 优化防渗厚度与强度

防渗厚度与强度的优化在渠道防渗设计中至关重要，直接影响工程的防渗效果和使用寿命。厚度的设计应根据水流压力、地质条件和材料性能来确定，通常在黏土防渗中，厚度要求为20至30厘米，而高分子防渗膜厚度则在0.5毫米至2毫米之间。过薄的防渗层容易在水流冲刷或地质运动中遭到破坏，导致渗漏问题；而过厚的防渗层则会增加材料和施工成本。因此，合理选择适当的厚度能够在保证防渗效果的同时降低成本。防渗材料的强度同样至关重要，尤其在混凝土防渗中，材料的抗压强度通常要求达到20-30MPa，以应对渠道水流压力和外部冲击。为了优化防渗材料的强度，可以通过调整水灰比、骨料粒径和外加剂的配比来提高混凝土的密实度和抗渗性能。在防渗膜的应用中，材料的抗拉强度和抗穿刺性能必须经过严格测试，以确保在铺设过程中不易破损，同时在长期使用中不因土壤压力或水压导致撕裂。为了进一步增强防渗层的耐久性，工程设计中还可以考虑使用复合防渗结构，如在混凝土层外加铺高分子膜，或在高分子膜上覆盖一层土壤或砂砾，起到双重防护作用。这种优化设计能够在保证足够强度和防渗效果的同时，实现更长的使用寿命和更低的维护成本。

2. 创新防渗施工工艺

防渗施工工艺的创新是提升防渗效果和工程效率的关键。在传统防渗施工中，诸如黏土夯实、混凝土浇筑等方法虽然已广泛应用，但存在施工周期长、人工成本高、易受气候和地质条件影响等问题。为了提高施工质量和效率，近年来在施工工艺上出现了多项创新。例如，在黏土防渗中，采用机械化施工取代人工夯实，通过自动化设备对黏土进行均匀摊铺和分层夯实，大大提升了密实度和施工速度。在防渗膜施工中，新的焊接技术如热熔焊接和超声波焊接技术的应用，能够确保防渗膜的接缝处完全密封，避免传统人工拼接时易出现的漏水隐患。此外，混凝土防渗施工中，引入了喷射混凝土技术和预制混凝土板技术，喷射混凝土技术可以快速覆盖大面积渠道，且表面密实性高，有效减少渗漏，而预制混凝土板则通过工厂生产，现场拼装，减少了现场浇筑的复杂性和质量不确定性，极大提高了施工效率和质量控制。在复杂地质条件下，施工中还应用了注浆加固技术，通过在地基中注入水泥或化学浆液，增强地基的稳定性和防渗效果。这些创新工艺不仅提高了防渗材料的应用效果，还大幅缩短了工程周期，减少了维护成本，推动了防渗技术在不同环境下的适应性和可持续性发展。

结束语

渠道防渗水利工程技术的研究和应用对于提升水资源利用效率、保障农业灌溉和促进生态环境保护具有重要意义。通过对黏土防渗、高分子防渗膜、混凝土防渗等技术的深入分析，结合实际工程中的创新施工工艺和优化设计策略，可以有效降低水资源的浪费，提高防渗系统的耐久性和经济性。在防渗厚度与强度的优化、材料选择的合理性以及施工工艺的改进方面，持续创新和技术进步将进一步推动防渗工程的高效实施。同时，随着生态文明建设的推进，渠道防渗设计应更加注重环境保护与可持续发展，确保工程与自然环境的协调发展。未来，随着新材料、新技术的不断出现，防渗技术将持续优化和完善，助力我国水利工程的可持续发展，实现水资源的合理配置与长效保护。

参考文献

- [1] 侯文龙. 渠道防渗水利工程技术的设计特点研究[J]. 百科论坛电子杂志, 2020, 000(014): 1438.
- [2] 于泳, 焦洋. 水利工程中渠道防渗技术的设计特点[J]. 科技创新与应用, 2016(7): 1.
- [3] 刘勇, 罗宏, 赵辉. 渠道防渗水利工程技术的设计特点探究[C]//2022年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(下册). 2022.
- [4] 王增东. 水利工程渠道防渗施工技术研究[J]. 中国高科技, 2023(9): 144-146.
- [5] 吕红霞. 水利工程渠道防渗施工技术探讨[J]. 建材发展导向, 2023, 21(4): 115-117.