

# 砂砾石地基水闸防渗设计探讨

赵亚如

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津 300221

**摘要:** 砂砾石地基水闸的防渗设计是确保水闸安全稳定运行的关键环节。本文对砂砾石地基水闸的防渗设计进行了深入探讨,介绍了不同防渗结构的适用条件和选择依据,并提出了相应的施工方法。通过对混凝土防渗、复合土工膜防渗和帷幕灌浆防渗等施工方法的探讨,本文旨在为砂砾石地基水闸防渗设计提供有益的参考和指导。

**关键词:** 砂砾石地基;水闸防渗;设计探讨

## 1 砂砾石地基水闸的概述

砂砾石地基是指由砂、砾石和碎石等颗粒组成的地基层。它具有较大的孔隙度和透水性,水分可以很容易地通过其间隙流动。然而,由于砂砾石地基的渗透性较大,容易出现水下渗的问题,可能影响水闸的稳定性和正常运行。下水位控制是通过降低地下水位来减少水闸的过渗量。可以采取降低水位的手段,如增设水闸等,以达到地下水位的控制目的。垫料设计是利用适当的材料来填充砂砾石地基的间隙,减少渗水通道的形成。常用的垫料材料包括细砂、黏土和聚合物等,通过垫料的填充和固结,可以有效减少渗水通道的发生。混凝土结构设计是指采用耐渗混凝土结构的设计和施工,以提高水闸的密封性和稳定性。通过选用适当的混凝土配合比和施工工艺,可以减少混凝土的渗透率,确保水闸的耐久性和安全性。地下渗透控制技术是一种主动防渗手段,通过建设渗流屏障或渗透阻挡墙等结构,限制水的渗透和流动。这种技术适用于渗透率较高的砂砾石地基,通过渗透屏障的设置,可以形成渗流阻碍层,减少水闸的渗透<sup>[1]</sup>。

## 2 砂砾石地基的成分和特点

砂砾石地基是由砂、砾石和碎石等颗粒物质组成的地基层。它广泛存在于河床、河堤、水闸和堤防等水利工程中,具有以下几个主要特点:(1)砂砾石地基的颗粒组成丰富多样。砂砾石地基中的颗粒大小从几毫米到几厘米不等,颗粒之间的空隙较大。这种特点使得砂砾石具备较好的透水性和渗透性,容易发生水分的渗透、滞留和流动。(2)砂砾石地基的颗粒形状不规则。砂砾石地基中的砾石和碎石颗粒呈角状或圆状,具有较好的相互锁固性和嵌合性。这种不规则的颗粒形状能够增加地基的摩擦力和稳定性,提高砂砾石地基的承载能力和抗剪强度。(3)砂砾石地基的孔隙结构复杂。由于颗粒间的空隙较大,砂砾石地基具有较高的孔隙率和孔隙

度。这种复杂的孔隙结构使得水分在砂砾石地基中的渗透和移动变得更加复杂和难以预测,可能导致水分的集聚和渗漏等问题。(4)砂砾石地基的力学性质较为不稳定。由于颗粒间的空隙较大,砂砾石地基容易发生沉降和变形,尤其当水分渗透进入地基中时,可能会引起地基液化和沉降等不稳定现象。因此,在水利工程设计中,需要充分考虑砂砾石地基的力学性质,采取相应的加固措施,以确保工程的稳定性和安全性。

## 3 砂砾石地基的渗透特性分析

砂砾石地基的渗透特性是指水分在其内部渗透、滞留和流动的特点。由于砂砾石地基的颗粒组成和孔隙结构的特点,其渗透特性与普通土壤有所不同。第一,砂砾石地基具有较好的透水性。由于颗粒间的空隙较大,水分能够较容易地进入砂砾石地基中,形成渗透流动的通道。这种透水性使得砂砾石地基容易受到水分的影响,可能引起地下水位降低、土壤流失等问题。第二,砂砾石地基的渗透速度较快。由于颗粒间的空隙较大,水分在砂砾石地基中的渗透速度相对较快。特别是在降雨过程中,大量降雨水可能会迅速渗透到砂砾石地基中,导致地下水位的升高和地基的液化等问题。第三,砂砾石地基的渗透路径复杂。由于颗粒形状不规则且孔隙结构复杂,水分在砂砾石地基中的渗透路径是分散并且多样化的。因此,渗透路径的不确定性使得水分的渗透和流动变得更加复杂和难以预测。第四,砂砾石地基中的水分滞留较为常见<sup>[2]</sup>。由于颗粒间的空隙较大且孔隙结构复杂,砂砾石地基中的水分往往不仅仅是渗透和流动,而是包括渗透、滞留和蓄水的综合过程。这使得砂砾石地基容易出现渗过过程中的水分积聚和堆积现象,增加了渗透问题的解决难度和复杂性。

## 4 防渗设计在砂砾石地基水闸中的重要性

防渗设计在砂砾石地基水闸中具有重要的意义和作用。由于砂砾石地基的特性和渗透性,水闸在运行过程

中很容易发生渗漏和地下水渗的问题,这可能导致水闸的稳定性受到影响,甚至造成灾害和损失。因此,通过科学合理的防渗设计,可以有效地降低水闸的渗透率,提高其稳定性和安全性。(1)防渗设计可以保护水闸结构的完整性。砂砾石地基具有较大的孔隙度和渗透性,水分可以很容易地通过其间隙渗透和流动。如果水闸的渗透率较高,会导致水从地基中渗透到底座和墩身,甚至进一步渗透到闸门结构中,使其受到水压和渗流的作用,从而可能导致水闸的破坏和失效。通过防渗设计,采取适当的措施和材料,可以形成有效的渗流阻隔层,保护水闸结构不受渗透的侵害。(2)防渗设计可以降低水闸的渗漏量。渗漏是指水从水闸结构中通过缝隙和孔隙渗出的现象。不仅会导致水的浪费,还可能造成地下水位的降低和周围土壤的液化,从而影响水闸周边的地基稳定性。通过防渗设计,采取合适的措施和材料,可以减少渗漏量,提高水闸的运行效率和水资源的利用率。(3)防渗设计还可以提高水闸的安全性和可靠性。砂砾石地基的特性使得水闸容易受到地下水位和土壤溶解等因素的影响,从而可能出现水下渗和土壤流失等问题。这些问题会导致水闸的稳定性下降,甚至引发严重的工程事故。通过科学合理的防渗设计,可以减少水下渗和土壤流失,有效提高水闸的稳定性和安全性,进一步保障水利工程的安全运行。因此,在水利工程建设中,需要高度重视防渗设计,确保水闸的安全性和可靠性。同时,还需要加强日常维护和保养工作,及时发现并解决可能出现的问题,确保水闸长期稳定运行。

## 5 砂砾石地基水闸防渗设计中的常见问题

### 5.1 地下水位控制问题

砂砾石地基通常容易遇到地下水位较高的情况,这会增加水闸的渗透压力。如果地下水位控制不好,可能导致水闸渗透加剧,从而影响其稳定性和正常运行。因此,在防渗设计中,应该合理评估和控制地下水位,采取有效的措施来调节和控制地下水位的变化<sup>[3]</sup>。

### 5.2 材料选择和垫料设计问题

防渗设计中选择合适的材料和垫料设计是非常重要的。不同的地区和环境条件对材料的要求不同,选择不当会导致渗透问题的加剧。此外,垫料的选择和设计也需要充分考虑砂砾石地基的渗透性和稳定性,通过填充垫料的方法来减少渗透通道的形成。

### 5.3 混凝土施工质量问题

混凝土是水闸结构的关键部分,施工质量的好坏直接影响到水闸的防渗效果。在砂砾石地基水闸防渗设计中,混凝土的配合比、浇筑工艺、养护期等环节都需要

严格把控。如果混凝土质量不达标或施工工艺不规范,会影响混凝土的密实性和耐渗性,进而影响水闸的防渗效果。

### 5.4 渗漏监测和维护问题

尽管经过防渗设计,但水闸的渗漏问题仍然可能存在,尤其是随着使用年限的增加,水闸结构的老化和损坏可能导致渗漏的增加。因此,渗漏监测和定期维护非常重要。通过对水闸进行定期的渗漏监测,及时发现和处理渗漏问题,进行必要的维护和修复工作,可以保证水闸的长期稳定运行。

### 5.5 地下渗透控制问题

在砂砾石地基中,由于其天然的孔隙和缝隙特性,水分容易通过这些通道渗透到地下,进而可能引发地下水位的下降、土壤流失等一系列不良影响。地下渗透是砂砾石地基水闸防渗设计中需要重点解决的问题之一。在砂砾石地基中,水分通过孔隙和缝隙渗透,可能引起地下水位降低、土壤流失等不良影响。因此,采取适当的地下渗透控制技术,如建设渗流屏障、渗透阻挡墙等,可以有效控制地下渗流的发生,减少水闸的渗透风险。

## 6 砂砾石地基水闸防渗结构设计

### 6.1 混凝土防渗结构

在砂砾石地基水闸防渗结构设计中,混凝土防渗结构是一种常见的选择。混凝土防渗结构具有较高的耐久性和稳定性,能够有效地防止地下水渗透,保证水闸的防渗性能。需要针对砂砾石地基的特点,制定合适的混凝土防渗结构设计方案。设计方案应考虑地下水的流向和压力,以及砂砾石地基的颗粒组成和承载能力等因素。在设计中,还需要对混凝土的强度、厚度和施工工艺等方面进行详细的计算和规划。在施工过程中,需要采取有效的质量控制措施。混凝土防渗结构的质量直接影响到水闸的防渗效果和使用寿命<sup>[4]</sup>。因此,在施工过程中,必须对混凝土的原材料、配合比、施工工艺和养护等方面进行严格控制,确保混凝土防渗结构的施工质量符合设计要求。在混凝土防渗结构的使用过程中,还需要进行定期的维护和检修。及时发现和处理可能出现的问题,保证水闸的防渗性能和正常运行。同时,对混凝土防渗结构的维护和检修也可以延长水闸的使用寿命,提高工程的综合效益。

### 6.2 复合土工膜防渗结构

复合土工膜防渗结构是一种新型的砂砾石地基水闸防渗设计方法。该结构结合了土工膜的防渗性能和土体的承载能力,具有施工简便、耐久性好、成本低廉等优点。在复合土工膜防渗结构设计中,首先需要

地基进行详细的地质勘察和工程地质评价,了解地基的物理性质、工程特性和地下水情况。然后,根据勘察结果和设计要求,选择合适的土工膜材料和施工工艺。在施工过程中,首先需要在砂砾石地基上铺设一层基础垫层,以增加地基的承载能力和稳定性。然后,在垫层上铺设土工膜,并采用适当的连接方式将土工膜与周边结构连接起来。在铺设过程中,需要注意土工膜的平整度和搭接长度,确保其防渗性能和稳定性。

复合土工膜防渗结构在使用过程中,需要定期进行维护和检修。对于出现的破损或老化等问题,需要及时修复或更换。同时,在检修过程中,还可以对结构的使用状况进行评估,为后续的维护和改进提供依据。

### 6.3 帷幕灌浆防渗结构

帷幕灌浆防渗结构是砂砾石地基水闸防渗设计中的一种重要方法。它通过在地基中形成连续的帷幕,有效防止地下水渗透,确保水闸的稳定性和安全性。在帷幕灌浆防渗结构设计中,首先要确定帷幕的范围和深度。根据地质勘察结果和工程要求,确定帷幕的位置和长度,并确定灌浆孔的布置和间距。同时,还需要确定灌浆材料的种类和配比,以满足帷幕的强度和防渗要求。在施工过程中,首先要进行灌浆孔的钻孔工作。钻孔的深度和直径应满足设计要求,并确保孔壁的稳定性和垂直度。然后,进行灌浆材料的制备和输送。灌浆材料应具有较好的流动性和渗透性,能够有效地填充砂砾石地基中的空隙和裂缝。在灌浆过程中,需要控制灌浆压力和速度,确保灌浆材料的充分渗透和扩散。在帷幕灌浆防渗结构的使用过程中,还需要进行定期的维护和检修。对于出现的渗漏或破损等问题,需要及时进行处理和修复。同时,需要定期对帷幕的强度和防渗性能进行检测和评估,确保其满足设计要求和使用寿命。

### 6.4 不同防渗结构的适用条件与选择依据

在砂砾石地基水闸防渗结构设计中,选择合适的防渗结构是至关重要的。不同的防渗结构具有不同的适用条件和选择依据,需要根据实际情况进行合理的选择。

混凝土防渗结构适用于砂砾石地基较为均匀、地下水压力较小的情况。混凝土具有较高的强度和耐久性,能够有效地防止地下水渗透。在选择混凝土防渗结构时,需要考虑砂砾石地基的颗粒组成和承载能力,以及地下水的流向和压力等因素。复合土工膜防渗结构适用于砂砾石地基较为松散、地下水压力较大且要求较低的情况下。复合土工膜具有良好的柔韧性和抗老化性能,能够适应地基的不均匀沉降和变形。在选择复合土工膜防渗结构时,需要考虑地基的稳定性和变形情况,以及地下水的腐蚀性和压力等因素。帷幕灌浆防渗结构适用于砂砾石地基较为破碎、地下水压力较大且需要控制地下水位的条件下。帷幕灌浆能够形成连续的帷幕,有效地防止地下水渗透和控制地下水位。在选择帷幕灌浆防渗结构时,需要考虑地基的破碎程度和地下水的压力等因素,以及灌浆材料的种类和配比等因素。在选择防渗结构时,还需要考虑施工条件、材料成本和后期维护等因素。不同的防渗结构具有不同的施工难度、材料成本和后期维护要求。因此,在选择防渗结构时,需要进行全面的评估和比较,选择最适合的防渗结构。

### 结束语

通过综合分析砂砾石地基的特点和现有研究成果,提出了设计中的关键要素和方法。砂砾石地基的防渗设计还需要考虑结构形式的优化和施工工艺的调整等因素,以提高水闸的稳定性和防渗效果。

### 参考文献

- [1]刘明华,张建明,崔建国.基于地基特性的砂砾石地基水闸防渗设计研究[J].水利学报,2020,51(9):119-126.
- [2]王丽,张杰,赵成举.砂砾石地基水闸防渗材料选择与性能评估[J].建筑科学与工程学报,2019,36(5):97-104.
- [3]李斌,彭欢欢,刘红华.砂砾石地基水闸防渗结构形式优化研究[J].工程力学,2018,35(11):109-116.
- [4]朱红华,张明辉,邓志坚.砂砾石地基水闸防渗工艺与施工控制[J].水力发电学报,2017,36(4):89-95.