

堤坝渗流分析与防渗技术分析

刘小康

身份证号码: 411527XXXXXXXXX5012

摘要: 本文旨在分析堤坝渗流现象及其对工程安全的危害, 并探讨常见的防渗技术。首先, 本文详细介绍了渗透渗流、渗漏渗流、渗流路径选择以及渗流速度与量的变化等方面的现象。随后, 本文重点论述了堤坝渗流所引起的坝体破坏、土壤侵蚀和水土流失、地基稳定性问题以及工程结构的安全风险。为解决这些问题, 本文对防渗墙技术、减渗层技术、增加过滤层技术和护坡技术等常见的防渗技术进行了论述, 并对它们的原理和应用进行了详细分析。最后, 结语部分总结了本论文的主要内容, 并强调了深入分析堤坝渗流现象和采取适当的防渗技术对工程设计和施工的重要性。

关键词: 堤坝施工; 堤坝渗流; 防渗技术

Seepage analysis and anti-seepage technology analysis of dam

Xiaokang Liu

ID No. 411527XXXXXXXXX5012

Abstract: This paper aims to analyze seepage phenomena in dams and their potential hazards to engineering safety while exploring common anti-seepage techniques. First, the paper provides a detailed introduction to various aspects of seepage phenomena, including percolation seepage, leakage seepage, seepage path selection, and changes in seepage velocity and volume. Subsequently, the paper focuses on the dam's seepage-induced damages, such as dam body deterioration, soil erosion, soil and water loss, foundation stability issues, and safety risks to engineering structures. To address these problems, the paper discusses common anti-seepage techniques, including impermeable wall technology, reduced permeability layer technology, increased filtration layer technology, and slope protection technology, elaborating on their principles and applications. Finally, the conclusion summarizes the main content of the paper and emphasizes the importance of in-depth analysis of dam seepage phenomena and the adoption of appropriate anti-seepage techniques in engineering design and construction.

Keywords: Dam Construction; Dam Seepage; Anti-Seepage Technology

水利工程中的堤坝渗流问题对工程的安全稳定性具有重要影响。堤坝渗流可能引发坝体破坏、土体液化、泄洪道堵塞等严重后果。因此, 深入研究堤坝渗流机理, 探索有效的防渗技术, 是确保工程安全运行的关键^[1]。本论文旨在通过对堤坝渗流分析与防渗技术分析的综合性研究, 为相关水利工程领域的决策者和从业者提供有益的参考, 以促进水利工程的可持续发展。

作者简介: 刘小康, 男, 汉, 本科, 中级工程师, 研究方向: 水利专业、规划设计与技术咨询。

一、堤坝渗流现象分析

堤坝渗流是水利工程中的重要现象, 其发生可能导致水土流失、坝体破坏、地基稳定性问题以及工程结构的安全风险。堤坝渗流现象主要表现为渗透渗流、渗漏渗流、渗流路径选择以及渗流速度与量的变化等方面。渗透渗流是指在堤坝处于高水位或洪水冲击时, 水分通过土体孔隙或裂缝进入堤坝内部的现象, 导致坝体内部饱和度增加, 并引发渗流压力和渗透力的增加。渗漏渗流是指水分从堤坝内部渗出到堤坝外部或周围地面的现象。常见的渗漏途径包括坝体表面的渗漏、岩石裂隙的渗漏以及渗透堤坝的底部渗漏, 这可能导致坝体强度减

弱, 加剧土壤侵蚀和坝体稳定性风险。渗流路径选择通常沿着较小阻力路径发展, 选择性地通过土体颗粒间的空隙或岩石裂隙。这受土壤透水性、孔隙度、颗粒排列方式以及地下水位等因素的影响。渗流速度与量的变化取决于水力梯度、土壤渗透性和渗透层厚度等因素。在不同位置 and 不同渗透层条件下, 渗流速度和量可能呈现不均匀的分布, 这对渗流分析和防渗设计提出了挑战^[2]。为了全面分析堤坝渗流现象, 需综合考虑地质条件、土壤性质、水文水资源条件以及工程结构特点等因素。通过深入分析堤坝渗流现象, 可为工程设计和施工提供准确的渗流数据, 为防渗技术的选择和优化提供科学依据, 确保水利工程的安全稳定运行。

二、堤坝渗流造成的危害

1. 坝体破坏

堤坝渗流可能导致严重的坝体破坏, 这是其造成的主要危害之一。渗流现象引发的坝体破坏是由于水分通过土壤颗粒间的空隙或岩石裂隙进入堤坝内部, 导致坝体内部饱和度增加, 进而引发渗流压力和渗透力的增加。长此以往, 渗流压力和渗透力的作用可能导致坝体的破坏, 从而严重威胁堤坝的安全性。坝体的破坏可能表现为以下几种情况: 首先, 渗流作用下的坝体溃决是最严重的坝体破坏形式之一。当渗流量过大或渗流路径发生变化时, 坝体内部的渗流压力会突然增大, 超过了土体的强度承载能力, 导致坝体的溃决^[3]。溃决会造成水流猛烈冲击下游区域, 给人员和财产带来巨大危险。其次, 坝体破坏还可能以渗流爆破的形式出现。当渗流通过坝体内部的弱点或薄弱部位, 如土体裂缝或不均匀的地层, 渗流压力会在这些位置集中, 形成高压区域。当高压区域的渗流突然遇到阻力较大的地层或岩石体时, 可能引发渗流爆破, 造成坝体的破裂和破坏。此外, 渗流还可能导致坝体的滑动和变形。当渗流通过坝体内部的缝隙或孔隙时, 会削弱土体之间的颗粒间摩擦力, 使得坝体的稳定性受到影响。久而久之, 这种渗流引起的滑动和变形可能导致坝体整体的位移和破坏, 进而影响堤坝的安全性。

2. 土壤侵蚀和水土流失

堤坝渗流引发的土壤侵蚀和水土流失是其造成的另一个重要危害。渗流现象导致水分从堤坝内部渗出, 带走土壤颗粒, 进而引发土壤侵蚀和水土流失现象。首先, 堤坝渗流通过带走土壤颗粒导致土壤侵蚀。当水分从堤坝内部渗出到堤坝外部或周围地面时, 其携带着土壤颗粒, 会导致土壤表面的剥蚀和冲刷。特别是在渗漏途径

为岩石裂隙或土壤孔隙的情况下, 渗漏水流会在途径处扩大颗粒间的间隙, 导致土壤颗粒被冲刷走, 进而引起土壤的侵蚀和剥蚀现象。其次, 土壤侵蚀会引发水土流失。当土壤侵蚀加剧时, 大量的土壤颗粒会随着水流被带走, 形成水土流失现象^[4]。这不仅会导致堤坝的土壤层逐渐减薄, 破坏堤坝的稳定性, 还会引起下游河道的淤积和冲刷。水土流失还会对河流生态系统造成严重破坏, 影响水生物的栖息环境和河道的水文地质条件。值得注意的是, 土壤侵蚀和水土流失不仅会对堤坝造成直接的危害, 还会影响周边地区的环境和生态系统。大量的土壤流失可能导致农田退化和植被减少, 进而影响农业生产和生物多样性保护。

3. 地基稳定性问题

堤坝渗流造成的另一个危害是地基稳定性问题。渗流通过堤坝的地基会引起地基的饱和度增加, 从而减弱地基的稳定性。特别是在软弱地基条件下, 渗流对地基的影响更为显著。=首先, 渗流引发的地基饱和会导致地基的强度减弱。当渗流通过地基土体中的孔隙或裂隙时, 水分填充土壤颗粒之间的空隙, 增加土体的饱和度。由于饱和土壤的强度较低, 地基在渗流作用下可能会发生失稳和沉降, 对堤坝的整体稳定性构成威胁。其次, 渗流引起地基沉降可能会导致堤坝结构的不均匀沉降。当地基发生沉降时, 不同部位的堤坝结构会受到不同程度的变形和位移。这种不均匀沉降会引发堤坝的内部应力分布不均, 导致结构的变形和破坏, 进而影响堤坝的安全性。此外, 渗流还可能导致地基的液化现象。液化是指在地震或其他动力作用下, 土壤饱和度增加, 土体失去剪切强度而呈液态行为的现象。当渗流引起地基饱和度增加到一定程度时, 地震等外力作用可能会引发地基的液化, 导致地基土体失去承载能力, 进而对堤坝的稳定性造成严重威胁。

4. 工程结构的安全风险

渗流现象可能对堤坝内部和周围的工程结构产生不利影响, 从而导致结构的损坏和安全风险的增加。首先, 堤坝渗流可能引起结构的渗漏和渗透。渗流通过堤坝的裂缝、孔隙和渗透层时, 可能导致结构的渗漏和渗透。渗漏和渗透不仅会造成水分和颗粒物质的流失, 还会导致结构内部的饱和度增加和渗流压力的变化, 从而加剧结构的损伤和破坏。其次, 渗流可能导致结构的侵蚀和腐蚀。当渗流中含有酸性或腐蚀性物质时, 它们可能侵蚀和腐蚀结构内部的材料。这种侵蚀和腐蚀作用会削弱结构的强度和耐久性, 从而增加结构发生破坏的风险。

此外, 渗流对工程结构的稳定性也会产生影响。渗流通过土体中的孔隙和裂缝时, 会改变土体的内部结构和力学特性, 可能导致结构的变形和位移。这种变形和位移可能会引起结构的不稳定性, 增加结构的倾覆和倒塌的风险。最后, 渗流对工程结构的影响还涉及水力作用和水力压力。渗流引发的水力作用可能会对结构产生冲击力和侧向力, 增加结构的受力和振动情况。同时, 水力压力的变化也会影响结构的应力分布和承载能力, 可能导致结构的破坏。

三、常见防渗技术分析

1. 防渗墙技术

防渗墙技术通过在堤坝内部或周围构建物理隔离屏障, 减少水分的渗透和渗漏, 提高堤坝的防渗性能和稳定性。防渗墙技术的主要目的是阻止水分通过土壤颗粒间的空隙或岩石裂隙进入或渗出堤坝。常见的防渗墙类型包括混凝土墙、土工合成材料墙和非透水性土壤墙。混凝土墙是一种常用的防渗墙类型, 它通常是在堤坝内部或坝体周围建造一道厚实的混凝土墙体。混凝土墙的密实性和抗渗性能较好, 能有效阻止水分的渗透和渗漏。此外, 混凝土墙还能增加堤坝的整体强度和稳定性。土工合成材料墙是利用土工合成材料(如土工膜、土工格栅等)构建的防渗墙。这种墙体结构具有较好的防渗性能和可靠性, 能够有效阻止水分的渗透和渗漏。土工合成材料墙还具有较高的柔韧性和适应性, 能够适应不同地质条件下的渗流压力和变形。非透水性土壤墙是通过在堤坝内部或周围使用非透水性土壤材料构建的防渗墙。这种墙体材料具有较低的透水性, 能够有效减少水分的渗透和渗漏。非透水性土壤墙的建造相对简单, 成本较低, 是一种经济实用的防渗技术。

2. 减渗层技术

减渗层技术通过在堤坝底部或坝体内部设置一层透水性较低的材料, 有效减少渗流量, 提高堤坝的防渗能力和稳定性。减渗层技术的主要目的是降低水分的渗透速度和渗透量, 减少渗透压力对土体的影响^[5]。常见的减渗层材料包括粘土、混凝土、非透水性土壤等。由于粘土颗粒之间的结构紧密, 透水性较低, 能够有效阻止水分的渗透, 因而是一种常用的减渗层材料。通过在堤坝底部或坝体内部铺设一层粘土减渗层, 可以减少渗流速度和渗透量, 降低渗透压力对土体的影响。混凝土减渗层具有较高的密实性和抗渗性能, 能够有效阻止水分的渗透, 因此, 混凝土也是常见的减渗层材料之一。通过在堤坝底部或坝体内部设置一层混凝土减渗层, 可以

降低渗流速度和渗透量, 提高堤坝的防渗能力。此外, 非透水性土壤的透水性较低, 能够有效减少水分的渗透和渗漏。通过在堤坝底部或坝体内部使用非透水性土壤构建减渗层, 可以降低渗流速度和渗透量, 增强堤坝的防渗性能。

3. 增加过滤层技术

增加过滤层技术通过在堤坝内部设置一层透水性较高的材料, 称为过滤层, 来控制渗流路径, 减少渗流压力和渗透力, 提高堤坝的防渗性能和稳定性。增加过滤层的主要目的是在渗流路径上形成适当的渗流阻力, 使水分能够通过过滤层缓慢渗出, 从而减少渗透压力对土体的影响。常见的过滤层材料包括砂砾、碎石、细砂等。砂砾是一种常用的过滤层材料, 它具有较大的孔隙度和透水性, 能够形成良好的渗流通道, 使水分能够快速渗透并分散流动。通过在堤坝内部设置一层砂砾过滤层, 可以减少渗流压力和渗透力, 提高堤坝的防渗性能。碎石颗粒较大, 具有较好的透水性和稳定性, 能够形成均匀的渗流通道, 所以也常用于构建过滤层。通过在堤坝内部设置一层碎石过滤层, 可以有效控制渗流路径, 减少渗透压力和渗透力对土体的影响。细砂具有较小的颗粒大小和较高的透水性, 能够形成细密的渗流通道, 使水分能够逐渐渗透并分散流动。通过在堤坝内部设置一层细砂过滤层, 可以减少渗流压力和渗透力, 提高堤坝的防渗性能。

4. 护坡技术

护坡技术通过在堤坝表面或坝体周围构建稳定的护坡结构, 保护土体免受侵蚀和渗透, 提高堤坝的防渗性能和稳定性。护坡技术的主要目的是防止水流冲刷和土壤侵蚀, 以减少渗流路径和渗透力。常见的护坡技术包括植被护坡、石砌护坡和混凝土护坡等。首先, 植被护坡是一种常用的护坡技术。通过在堤坝表面或坝体周围种植适合的植物, 形成植被覆盖层, 可以有效防止水流的冲刷和土壤的侵蚀。植被的根系能够牢固地固定土壤, 增加土壤的抗冲刷能力, 并且植被覆盖层能够减少水分的渗透, 降低渗透力。其次, 石砌护坡是一种利用石块或石料构建的护坡结构。通过在堤坝表面或坝体周围设置石砌护坡, 可以形成坚固的护坡体系, 抵抗水流的冲刷和土壤的侵蚀。石砌护坡具有较高的抗冲刷性能和稳定性, 能够有效保护土体不受水流侵蚀。最后, 混凝土护坡是一种利用混凝土构建的护坡结构。通过在堤坝表面或坝体周围铺设混凝土护坡, 可以形成坚硬的护坡表面, 抵抗水流的冲刷和土壤的侵蚀。混凝土护坡具有良好的耐

久性和抗冲刷性能,能够有效保护土体不受水流侵蚀。

四、结语

通过本论文的研究,我们深入了解了堤坝渗流现象及其对工程的危害,同时认识到采取合适的防渗技术对于确保工程的安全性和可靠性至关重要。在实际工程设计和施工中,应根据具体情况选择适宜的防渗技术,并加强对工程的监测和维护。只有通过深入分析堤坝渗流现象、合理选择防渗技术,并采取有效的工程措施,我们才能更好地保障工程的安全运行,提高工程的可持续发展水平。

参考文献:

[1]李沛沛,郭金林,吕丹宁.基于数值模拟的堤坝渗

流和位移分析[J].水利科技与经济,2023,29(01):40-42+61.

[2]李维朝,尚静石,李少朋,唐斌.堤坝裂缝集中渗流冲蚀起动判别指标对比分析[J].中国水利水电科学研究院学报,2021,19(05):469-475.

[3]李向阳,刘志,陈建斌,许福.基于渗流场与电场耦合的土石堤坝渗漏诊断[J].山东交通学院学报,2021,29(02):69-77.

[4]刘忠在.基于有限元的堤坝渗流稳定分析[J].山西建筑,2021,47(11):158-160.

[5]章华.水利工程堤坝防添加固技术要点分析[J].居业,2017,113(06):86-87.