

# 水库大坝渗流安全稳定分析研究

李姝钰 郑艳

郑州市水利建筑勘测设计院 河南 郑州 450006

**摘要:** 本文旨在深入分析水库大坝渗流现象及其潜在危害,探讨水库大坝渗流安全稳定的分析方法,并提出相应的防治措施。首先,概述了渗流现象及其对大坝安全的威胁;其次,介绍了当前用于评估大坝渗流安全稳定的主要分析方法;最后,提出了针对渗流问题的综合防治策略,包括优化大坝设计、加强施工质量监管、实施定期渗流监测、采取有效防渗措施及提高水库管理水平等。通过这些措施,旨在确保水库大坝的安全稳定运行,减少渗流引发的风险。

**关键词:** 水库大坝; 渗流; 安全稳定; 分析研究

## 引言

水库大坝作为水利工程的重要组成部分,对于调节水资源、防洪抗旱及发电等方面具有不可替代的作用。然而,随着大坝运行时间的延长和自然环境的变化,大坝安全问题日益凸显,其中渗流问题尤为突出。渗流不仅影响大坝的稳定性,还可能引发严重的安全事故。因此,对水库大坝渗流安全稳定进行深入研究,并提出有效的防治措施,对于保障人民生命财产安全和水资源的可持续利用具有重要意义。

## 1 水库大坝渗流现象及其危害

水库大坝在蓄水过程中,水通过大坝坝体或坝基土壤的孔隙、裂缝等渗透到坝体外部或下游基岩的现象称为渗流。渗流现象在水库运行过程中普遍存在,且对水库大坝的安全稳定运行具有重要影响。首先,渗流会导致水库大坝的渗透压力增加。当水渗透到坝体内部时,由于渗透压力的作用,坝体内部土体受到向上的压力,导致大坝的抗滑稳定性降低。随着渗透压力的增加,大坝的安全稳定运行受到威胁。其次,渗流现象会导致大坝的变形。由于渗透压力的作用,坝体内部土体受到向上的压力,导致大坝产生向下的变形。这种变形会对大坝的正常运行产生不利影响,甚至可能导致大坝的失稳事故。此外,渗流还会降低大坝的抗渗性能。由于渗透压力的作用,坝体内部土体的孔隙压力增加,导致大坝的抗渗性能降低。这会对大坝的正常运行产生不利影响,甚至可能导致大坝的失稳事故。最后,渗流现象还会导致大坝的渗漏量增加<sup>[1]</sup>。由于渗透压力的作用,坝体内部土体的孔隙压力增加,导致大坝的渗漏量增加。这会对大坝的正常运行产生不利影响,甚至可能导致大坝的失稳事故。

## 2 水库大坝渗流安全稳定分析方法

水库大坝渗流安全分析方法主要包括渗流计算、渗

流监测和渗流观测等。这些方法有助于了解水库大坝在不同水位、不同地质条件下的渗流情况,判断渗流现象的发展趋势,并研究其对大坝安全的影响。

### 2.1 渗流计算

渗流计算是通过数学模型和计算方法,分析大坝在不同水位、不同地质条件下的渗流情况。常用的渗流计算方法包括解析法、数值法和半解析法等。首先,解析法:解析法是通过求解渗流方程,得出渗流量的计算公式。这种方法适用于渗流规律较为明确的情况,但计算过程较为繁琐,且对于复杂的地质条件和坝体结构可能不适用。其次,数值法:数值法是通过建立数学模型,运用数值计算方法求解渗流方程。这种方法可以较好地处理复杂的地质条件和坝体结构,但计算过程较为复杂,需要较高的计算能力。最后,半解析法:半解析法是综合解析法和数值法的优点,采用部分解析求解和数值计算相结合的方法。这种方法既具有较高的计算精度,又可以较好地处理复杂的地质条件和坝体结构。

### 2.2 渗流监测

渗流监测是通过安装在大坝上的传感器,实时监测大坝的渗流量、渗压等参数,以判断渗流现象的发展趋势。常用的渗流监测方法包括电磁式传感器、压力传感器和光纤传感器等。首先,电磁式传感器:电磁式传感器通过测量渗流水的电磁感应,计算出渗流量。这种方法具有较高的测量精度,但安装和维护成本较高。其次,压力传感器:压力传感器通过测量渗流水的压力,计算出渗流量。这种方法具有较高的测量精度,但安装和维护成本较高。最后,光纤传感器:光纤传感器通过测量渗流水的折射率,计算出渗流量。这种方法具有较高的测量精度,且安装和维护成本较低。

### 2.3 渗流观测

渗流观测是通过现场观测和实验室分析,研究大坝渗流现象的成因、特点及其对大坝安全的影响。常用的渗流观测方法包括现场渗流观测、实验室渗流模拟和数值模型验证等。首先,现场渗流观测:现场渗流观测是通过在大坝上设置观测点,定期观测渗流量、渗压等参数,了解大坝渗流现象的发展趋势。这种方法具有较高的实时性,但受天气、地形等因素的影响较大。其次,实验室渗流模拟:实验室渗流模拟是通过在实验室内模拟大坝渗流现象,研究其成因、特点及其对大坝安全的影响。这种方法具有较高的可控性,但受实验条件和设备限制,无法全面反映大坝渗流现象。最后,数值模型验证:数值模型验证是通过将渗流计算、渗流监测和渗流观测的结果与数值模型进行对比,验证数值模型的准确性。这种方法具有较高的准确性,但受模型建立和验证过程的影响较大。

### 3 水库大坝渗流安全稳定的防治措施

#### 3.1 优化大坝设计

大坝作为水利工程的核心部分,其设计对于防止渗流、确保大坝安全具有至关重要的作用。在设计大坝时,必须全面考虑各种因素,确保大坝在各种条件下都能稳定运行。首先,地质条件是决定大坝设计的基础。设计师需要对坝址进行详细的地质勘察,了解地基的岩土性质、地质构造、水文地质条件等<sup>[2]</sup>。不同的地质条件对大坝的稳定性有着不同的影响,例如,某些地质条件下可能更容易发生渗流。因此,根据地质条件选择合适的坝型和坝高至关重要。其次,气候条件也是大坝设计需要考虑的重要因素。气候变化可能导致水位波动、温度变化等,这些都可能对大坝的渗流情况产生影响。例如,在寒冷地区,冰冻作用可能导致大坝材料的劣化,增加渗流的风险。因此,在设计大坝时,需要考虑气候条件的影响,并采取相应的防渗措施。此外,选择合适的坝型和坝高也是优化大坝设计的关键。不同的坝型和坝高对渗流的敏感性和抵御能力有所不同。例如,重力坝由于其较大的自重和良好的抗滑稳定性,通常对渗流有较强的抵御能力。而拱坝则对两岸山体的地质条件要求较高,需要更加关注渗流问题。因此,在选择坝型和坝高时,需要综合考虑地质条件、气候条件、工程投资、运行管理等因素,选择最适合的方案。总之,优化大坝设计是确保大坝安全稳定的重要环节。通过充分考虑地质、气候等自然条件,选择合适的坝址、坝型和坝高,并设计有效的防渗措施,可以显著提高大坝对渗流的抵御能力,确保其安全稳定运行。

#### 3.2 加强施工质量管理

施工质量是大坝安全稳定性的重要保障,只有高质量的施工才能确保大坝在未来的运行中不会出现严重的问题。为了加强施工质量管理,需要从多个方面入手。首先,在施工过程中,必须严格执行相关施工规范。这包括选择合适的施工方法、使用合格的建筑材料、按照设计要求进行施工等。同时,施工单位应建立完善的质量管理体系,确保施工过程中的每一个环节都符合质量要求。其次,对于大坝填筑的质量要给予特别关注。填筑质量的好坏直接影响到大坝的渗流情况。在填筑过程中,应严格控制填料的含水量、压实度等指标,确保填筑体的密实度和稳定性。同时,对于填筑过程中出现的任何问题,都应及时进行整改,避免留下安全隐患。此外,加强施工过程中的质量检查和监控也是至关重要的。通过定期的质量检查和监控,可以及时发现并处理施工中存在的问题,确保施工质量符合要求。同时,对于检查中发现的问题,应建立整改台账,明确整改措施和时限,确保问题得到及时有效的解决。总之,加强施工质量管理是确保大坝安全稳定性的重要措施。通过严格执行施工规范、关注大坝填筑质量、加强质量检查和监控等手段,可以显著提高大坝的施工质量,减少因施工不当导致的渗流通道,确保大坝的整体质量和安全稳定性。

#### 3.3 开展渗流监测和观测

渗流是大坝安全的主要威胁之一,为了及时发现并应对潜在的渗流问题,开展定期和持续的渗流监测和观测是至关重要的。这种监测不仅可以实时跟踪大坝的渗流状态,还能为评估其影响及制定相应措施提供科学依据。首先,为了有效地进行渗流监测,必须在大坝的关键位置设置专门的监测设备。这些设备包括渗压计、流量计等,它们能够实时监测大坝的渗流情况,包括渗流量、渗流速度、渗流压力等重要参数。通过这些设备采集的数据,可以及时了解大坝的渗流状况,为后续的分析决策提供数据支持。其次,仅仅收集数据是不够的,还需要对数据进行定期分析。通过对监测数据的分析,可以发现渗流的异常变化,如渗流量的突然增加或减少、渗流压力的异常波动等。这些异常变化可能是大坝存在潜在问题的信号,需要及时进行调查和处理。此外,长期的监测数据还可以用于评估大坝的健康状况和预测其未来的发展趋势。通过对历史数据的分析,可以了解大坝在不同季节、不同气候条件下的渗流变化规律,为制定更加科学合理的防治措施提供依据。总之,开展渗流监测和观测是确保大坝安全的重要措施之一。通过实时监测和分析数据,可以及时发现潜在的渗流问

题,评估其影响并采取相应的防治措施,确保大坝的安全稳定运行。

### 3.4 采取防渗处理措施

面对已经出现的渗流问题,采取及时且有效的防渗处理措施是保障大坝安全的关键环节。针对不同的渗流情况,我们需要因地制宜,选择和设计相应的防渗措施。对于某些局部渗流问题,灌浆技术是一种常用的处理方法。通过向岩土裂缝或空隙中注入水泥浆、化学浆液等材料,可以有效地堵塞渗流通道,提高大坝的抗渗性能。设置排水系统也是防止渗流危害的有效手段。通过在大坝内部或下游面设置排水廊道、排水孔等设施,可以及时排出坝体内的积水,降低坝体内的水位,从而减小渗流压力,防止渗流对大坝造成进一步的破坏。对于较为严重的渗流问题,可能需要对坝体进行加固处理。这包括加厚坝体、增设防渗墙或防渗帷幕等措施,以增强大坝的整体抗渗能力<sup>[3]</sup>。此外,为了确保防渗措施的长期有效性,必须定期对其进行检查和维护。这包括对灌浆体、排水系统、加固结构等进行定期检测和评估,及时发现并处理潜在的问题,确保大坝的安全稳定运行。总之,采取有效的防渗处理措施是确保大坝安全稳定性的重要手段。通过因地制宜选择和设计防渗措施,并定期进行检查和维护,可以显著提高大坝的抗渗性能,防止渗流问题的进一步扩大,确保大坝的安全运行。

### 3.5 提高水库管理水平和运行维护能力

水库作为重要的水利设施,其管理水平和运行维护能力直接关系到水库的安全和稳定。对于防治渗流问题来说,提高水库的管理水平和运行维护能力至关重要。首先,建立完善的管理制度是确保水库安全稳定运行的基础。这包括制定科学的水库调度方案、建立严格的巡查制度、完善应急响应机制等。通过合理调度水库水位,可以减少坝体承受的渗流压力;通过定期巡查,可以及时发现并处理潜在的渗流问题;通过建立应急响应机制,可以在突发情况下迅速采取应对措施,防止事态

扩大。其次,加强人员培训和提高技术水平是提高水库管理水平和运行维护能力的关键。水库管理人员应具备专业的水利知识和丰富的实践经验,能够熟练掌握水库的运行规律和渗流防治技术。同时,应加强对水库管理人员的培训,提高其专业技能和应急处置能力。此外,定期对水库进行安全检查和维护保养也是确保水库安全稳定运行的重要环节。通过对水库大坝、溢洪道、放水设施等关键部位进行定期检查和维护保养,可以及时发现并处理潜在的安全隐患,防止渗流问题的发生和扩大。总之,提高水库管理水平和运行维护能力是防治渗流问题的重要措施。通过建立完善的管理制度、加强人员培训、提高技术水平以及定期对水库进行安全检查和维护保养,可以确保水库的安全稳定运行,有效防止渗流问题的发生和扩大。

### 结语

综上所述,水库大坝渗流问题对大坝安全具有重大影响,需要引起高度重视。通过深入分析渗流现象及其危害,采用科学合理的分析方法评估大坝渗流安全稳定性,并实施综合防治措施,可以有效降低渗流对大坝安全的威胁。在未来的工作中,我们将继续关注水库大坝渗流问题的研究进展,不断完善分析方法和防治措施,为确保水库大坝的安全稳定运行贡献力量。同时,希望本文的研究成果能为相关领域的研究和实践提供一定的参考和借鉴。

### 参考文献

- [1]马夺,张瑞刚.基于AutoBank的黄材水库大坝渗流稳定分析[J].湖南水利水电,2020(05):52-54+77.
- [2]李宏伟.基于ANSYS的达坂某水库大坝渗流稳定分析研究[J].水利科学与寒区工程,2020,3(02):29-33.
- [3]黄梦婷,李建国.Autobank有限元分析在杏山水库渗流稳定计算中的应用[J].安徽建筑,2019,26(05):191-192+205.