

水工工程中的渗流问题分析与防治措施

卢松

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津市 300000

【摘要】渗流问题是水工工程中常见且重要的技术问题之一，它直接关系到工程的安全性、稳定性和经济性。本文旨在对水工工程中的渗流问题进行深入分析，并提出相应的防治措施。文章首先概述了渗流问题的基本概念及其在水工工程中的重要性，然后从渗流产生的原因、影响因素和危害等方面进行了详细阐述。接着，文章从工程设计、施工和管理等角度提出了针对性的防治措施，并探讨了这些措施在实际工程中的应用效果。文章总结了渗流问题防治的重要性和未来研究方向，以期为相关工程实践提供有益的参考。

【关键词】水工工程；渗流问题；防治措施；安全性；稳定性

Analysis of seepage problem and prevention measures in hydraulic engineering

Lu Song

Hebei Province Water Resources and Hydropower Survey, Design and Research Institute Group Co., LTD Tianjin Municipality 300000

【Abstract】The seepage problem is one of the common and important technical problems in hydraulic engineering, which is directly related to the safety, stability and economy of engineering. The paper aims to analyze the seepage problem in hydraulic engineering and put forward the corresponding prevention measures. The paper first summarizes the basic concept of seepage problem and its importance in hydraulic engineering, and then expounds the causes, influencing factors and hazards of seepage. Then, this paper puts forward the targeted prevention measures from the perspective of engineering design, construction and management, and discusses the application effect of these measures in practical engineering. This paper summarizes the importance and future research direction of seepage problem prevention in order to provide useful reference for related engineering practice.

【Key words】hydraulic engineering; seepage problem; prevention and control measures; safety; stability

引言

水工工程是国家基础设施建设的重要组成部分，其安全性、稳定性和经济性直接关系到国民经济的持续发展和人民生命财产的安全。然而，在水工工程的建设和运行过程中，渗流问题一直是一个难以避免的技术难题。渗流不仅会影响工程的正常运行，还可能导致严重的安全事故。因此，对水工工程中的渗流问题进行深入分析，并提出有效的防治措施，具有重要的理论意义和实际应用价值。

本文将从渗流问题的基本概念入手，详细分析其产生的原因、影响因素和危害，然后针对这些问题提出相应的防治措施。文章旨在通过系统的分析和论述，为水工工程中的渗流问题防治提供有益的参考和借鉴。

一、渗流问题的基本概念与产生原因

（一）渗流问题的基本概念

渗流是指水在土壤、岩层等多孔介质中的流动现象，是水文地质学和岩土工程中的一个基本概念。在水工工程中，渗流问题不仅涉及水在坝体、堤防、基础等结构物中的孔隙或裂缝中的流动，还包括水通过这些结构物与周围环境

之间的相互作用。渗流过程受多种因素的影响，如水的压力、介质的渗透性、结构物的几何形态等。渗流问题通常表现为水通过结构物的孔隙或裂缝渗透进入工程内部，导致水位变化、压力分布不均、材料侵蚀和结构破坏等现象，对工程的安全性、稳定性和经济性造成不利影响。在极端情况下，渗流可能导致工程结构的严重破坏，如坝体滑坡、堤防溃决等，进而引发重大的安全事故和经济损失。因此，对渗流问题的深入研究和有效控制是水工工程设计、施工和运维管理中的关键环节。

（二）渗流问题的产生原因

渗流问题的产生原因多种多样，主要包括以下几个方面：

工程地质条件复杂：水工工程通常建设在复杂的自然环境中，地质条件千差万别。一些不良地质条件，如软弱土层、断裂带、岩溶发育等，都可能导致渗流问题的产生。软弱土层由于其较低的抗剪强度和较高的渗透性，容易形成渗流通道；断裂带和岩溶发育区域则因裂隙和溶洞的存在，为地下水提供了便利的流动路径，进一步加剧了渗流问题的严重性。

工程设计缺陷：工程设计是预防渗流问题的关键环节。如果设计过程中对工程地质条件了解不足，或者采用的防渗

措施不当,都可能导致渗流问题的出现。例如,设计时未充分考虑地质条件的复杂性,导致防渗结构设计不合理,或选用的防渗材料不适当当地的地质和水文条件,从而降低了防渗效果。此外,设计阶段对渗流风险评估不足,未能采取有效的预防措施,也是渗流问题频发的重要原因。

施工质量控制不严:施工质量是影响工程防渗性能的重要因素。如果施工过程中对质量控制不严,如混凝土振捣不实、接缝处理不当等,都可能留下渗流隐患。混凝土振捣不实会导致混凝土内部存在孔隙和裂缝,这些孔隙和裂缝成为渗流的通道。接缝处理不当则可能导致接缝处的密封性不足,水容易通过接缝渗透进入工程内部。此外,施工过程中使用的防渗材料质量不合格,或施工工艺不符合规范要求,也会严重影响工程的防渗性能,增加渗流风险。

二、渗流问题的影响因素与危害

(一) 渗流问题的影响因素

渗流问题的影响因素主要包括渗透压力、渗透速度、渗透介质特性等。这些因素共同作用于工程结构,影响其防渗性能和安全性。渗透压力是指水通过土壤或岩石等介质时产生的压力,它与水头高度和介质的孔隙率有关。较高的渗透压力会增加水对工程结构的侵蚀作用,导致结构材料的软化、侵蚀或溶解,从而降低结构的稳定性和耐久性。渗透速度则反映了水通过介质的速度,它受介质孔隙大小、连通性和水的黏度等因素的影响。高渗透速度意味着水更容易穿透防渗层,增加渗漏的风险。渗透介质特性,如土壤的类型、颗粒大小分布、孔隙率、渗透系数等,对渗流过程有显著影响。不同的土壤类型和结构,其渗透性差异显著,如砂土和碎石土的渗透性远高于黏土。此外,介质的非均质性和各向异性也会对渗流路径和速度产生影响,从而影响工程的防渗效果。在实际工程中,还需考虑外部环境因素,如降雨量、地下水位变化、温度波动等,这些因素会间接影响渗透压力和渗透速度,进而影响工程的渗流安全。因此,全面分析渗流问题的影响因素,对于采取有效的防治措施具有重要意义。

(二) 渗流问题的危害

渗流问题对水工工程的危害是多方面的,主要包括以下几个方面:

降低工程安全性:渗流会导致工程结构内部应力分布发生变化,从而降低其承载能力和稳定性。这种应力变化可能引发局部或整体的结构破坏,导致工程结构的承载能力下降。严重时甚至可能引发溃坝、滑坡等重大安全事故,威胁人员生命安全和周边环境。例如,水库大坝在高水位运行时,若渗流路径未得到有效控制,可能在坝体内部形成渗透破坏,导致坝体稳定性急剧下降,最终引发溃坝事故。

影响工程正常运行:渗流会导致工程内部积水、渗漏等问题,影响工程的正常运行和效益发挥。渗漏不仅会导致水

资源的浪费,还可能影响工程的结构安全。例如,渗漏可能导致水库水位下降,影响灌溉、发电等功能的实现,降低水库的综合效益。此外,渗漏还可能对周边环境造成污染,如渗漏水携带的污染物可能渗入地下,污染地下水。

增加维修成本:渗流问题一旦出现,往往需要进行大规模的维修和加固。这不仅会耗费大量的人力、物力和财力,还可能影响工程的正常使用寿命。维修过程中可能需要暂停工程的正常运行,导致经济效益的损失。例如,对于已经出现渗漏的大坝,需要采取灌浆、防渗墙等措施进行加固,这些措施不仅成本高昂,而且施工周期长,可能对工程的正常运行造成较大影响。此外,频繁的维修和加固还会加速工程结构的老龄化,缩短其使用寿命,增加长期运营成本。

三、渗流问题的防治措施与应用效果

(一) 防治措施

针对渗流问题产生的原因和危害,可以从以下几个方面采取防治措施:

1. 加强工程地质勘察

在工程设计前进行详细的工程地质勘察,充分了解工程所在地的地质条件和渗流特性,为合理设计提供可靠依据。工程地质勘察是确保水工建筑物安全稳定运行的基础。具体而言,应采用地质雷达、钻探、地球物理勘探等技术手段,对地层结构、岩土性质、地下水位及水质等进行全面调查。通过这些调查,可以准确把握地质构造的复杂性,识别潜在的渗流通道和薄弱环节。例如,在水库大坝建设中,若地质勘察发现坝基存在裂隙发育或软弱夹层,设计时应考虑采取防渗帷幕、混凝土防渗墙等措施,以增强坝基的防渗能力。此外,地质勘察还应考虑地震、滑坡等地质灾害对渗流的影响,评估其对工程安全的潜在威胁,从而在设计阶段采取相应的预防措施。例如,对于位于地震多发区的水工建筑物,设计时应增加结构的抗震性能,减少地震引发的裂缝和渗漏。同时,地质勘察资料的准确性和全面性对后续的渗流分析和防渗设计至关重要,因此,应确保勘察工作的细致性和专业性,避免因地质资料的不准确而影响工程的安全性和经济性。

2. 优化工程设计方案

根据工程地质条件和渗流特性,采用合理的工程设计方案。例如,选择适当的坝型、堤防结构形式和防渗措施等,以提高工程的防渗性能。工程设计方案的优化是确保水工建筑物长期稳定运行的关键。在选择坝型时,应综合考虑地形、地质、水文等多方面因素,选择最适合的坝型。例如,对于地质条件较好、地形开阔的地区,可以考虑采用重力坝或拱坝;而对于地质条件复杂、地形狭窄的地区,则可考虑采用土石坝或面板堆石坝。设计时还应充分考虑渗流对工程结构的影响,合理设置防渗设施。例如,在大坝设计中,可以通过设置防渗帷幕、混凝土防渗墙、粘土心墙等措施,有效阻

断渗流通道,降低渗流对坝体稳定性的威胁。同时,设计时还应考虑渗流对工程运行的影响,如水库水位变化、季节性温差等因素,确保防渗设施在不同工况下的有效性。例如,对于高水位运行的水库,设计时应考虑设置泄洪设施,以减轻高水位对坝体的渗流压力。此外,工程设计方案还应注重环保和可持续性,避免因渗流问题导致的水土流失和环境污染。例如,在防渗材料的选择上,应优先考虑环保型材料,减少对环境的负面影响。

3. 严格控制施工质量

在施工过程中加强质量控制,确保各项施工措施得到有效实施。例如,对混凝土振捣、接缝处理等关键环节进行严密监控,确保施工质量符合设计要求。施工质量是确保水工建筑物防渗性能的重要保障。在施工过程中,应严格按照设计要求和施工规范进行操作,确保每一环节的质量。例如,混凝土施工时,应采用合适的振捣设备和方法,确保混凝土密实度,避免因振捣不足或过度导致的渗漏。同时,对于混凝土接缝处,应采取有效的防水措施,如设置止水带、防水涂料等,确保接缝处的防渗性能。此外,施工过程中还应加强现场管理和监督,确保施工人员严格按照操作规程进行作业。例如,对于关键工序,应安排专人负责,定期检查施工质量,及时发现和纠正问题。施工质量控制还应注重细节,如模板安装的精度、钢筋的绑扎质量等,这些细节虽小,但对整体防渗性能的影响不容忽视。例如,模板安装不准确可能导致混凝土表面不平整,增加渗漏风险。施工过程中还应注重环境保护,避免施工活动对周边环境造成污染。例如,施工废水应经过处理后排放,避免对地下水造成污染。总之,通过严格的施工质量控制,可以有效提高水工建筑物的防渗性能,确保工程的安全稳定运行。

(二) 应用效果

通过采取上述防治措施,可以在一定程度上降低渗流问题的发生概率和危害程度。实际应用中,这些措施已经取得了显著的效果。例如,在一些大型水电站和堤防工程中,通过加强工程地质勘察和优化工程设计方案等措施,成功避免了渗流问题的发生。具体而言,在某大型水电站项目中,通

过采用先进的地质雷达技术和三维地质建模,精确识别了地下岩层结构和潜在的渗流路径,为设计阶段提供了科学依据,最终实现了防渗结构的有效布置。在堤防工程中,通过优化堤身材料配比和施工工艺,提高了堤防的整体密实度和抗渗能力,有效防止了渗流现象的发生。

在一些已经出现渗流问题的工程中,通过采取严格的施工质量控制和加固维修措施,有效提高了工程的防渗性能和使用寿命。例如,某水库大坝在运行多年后,出现了局部渗漏现象,通过综合采用高压喷射灌浆、化学注浆等技术,成功封堵了渗漏点,恢复了大坝的防渗性能。此外,对于一些老化的水工建筑物,通过实施结构加固和表面防护措施,如增加防渗帷幕、铺设防水卷材等,不仅延长了建筑物的使用寿命,还显著提升了其防渗效果。这些实例充分证明了采取综合防治措施在解决水工工程渗流问题中的重要性和有效性。

结论与展望

本文对水工工程中的渗流问题进行了深入分析,并提出了相应的防治措施。通过系统的论述和实例分析,证明了这些措施在实际工程中的有效性和可行性。然而,随着水工程建设规模的不断扩大和技术要求的不断提高,渗流问题防治仍面临诸多挑战。复杂地质条件下的渗流路径预测、极端气候条件下的防渗性能评估以及长期运行中的渗流监测与维护等问题,仍需进一步研究和解决。未来研究应进一步关注新型防渗材料的研发、智能化监测技术的应用以及多学科交叉融合等方面的发展动态,以期在水工工程中的渗流问题防治提供更加科学、高效的方法和技术支持。特别是,结合大数据、云计算和人工智能等现代信息技术,我们可以实现对渗流问题的全面感知和智能决策,为水工工程的安全运行提供更加坚实的保障。需要不断探索和创新,加强技术研发和应用,提高防治工作的科学性和有效性,为水工工程的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]王冬雁,肖绪文,肖建庄,等.我国工程渗漏现状与防治发展战略研究[J].工业建筑,2022,52(04):186-191+121.
- [2]谢松桦.堤防渗流控制方案的应用分析[J].水电站设计,2023,39(03):9-12.
- [3]郝雷,庄作义.水库大坝渗流问题及防渗措施[J].河南水利与南水北调,2023,52(07):101-102.
- [4]邱永章.水库大坝渗流安全稳定分析[J].内蒙古水利,2017,(05):17-18.
- [5]高纬.团结水库大坝防渗加固措施分析[J].陕西水利,2024,(11):168-170.
- [6]郭腾,杨霞.某水库大坝渗漏成因及除险加固效果研究[J].大坝与安全,2024,(01):62-65+71.
- [7]庞锐,徐明洋,柴伊豪,等.考虑渗透系数空间变异性的堤防工程渗流分析[J].水电能源科学,2024,42(07):207-210.
- [8]孙政,刘秀宝,李松.堤防渗透变形成因分析及加固处理措施[C]//广东省国科电力科学研究院.第四届电力工程与技术学术交流会议论文集.中水东北勘测设计研究有限责任公司;2023:2.