

水利水电工程水工隧洞渗水问题探讨

胥朝辉

河南省水务规划设计研究有限公司成都分公司 四川 成都 610051

摘要: 水利水电工程作为国民经济的基础设施,其安全运行对于保障水资源合理利用和防洪减灾具有重要意义。本文深入探讨了水利水电工程中水工隧洞渗水问题的影响、成因及防渗处理关键技术。分析了隧洞渗水对水利水电工程安全运行的潜在威胁,总结了地质因素、设计缺陷、施工质量等多方面成因。介绍了注浆堵漏、防渗层施工及排水降压等关键技术。提出从前期预防、中期处理、后期维护及施工监测与质量控制等策略解决水工隧洞渗水问题。旨在为水利水电工程的安全管理提供理论依据和技术支持,确保工程长期稳定运行。

关键词: 水利水电工程;水工隧洞渗水问题;策略

引言:水工隧洞渗水问题一直是影响工程稳定性和安全性的关键因素。隧洞渗水会导致水资源浪费,还可能引发结构破坏和安全事故。因此深入探讨水工隧洞渗水问题的成因及防渗处理关键技术,提出有效的解决策略,对于保障水利水电工程的安全运行具有迫切的现实意义。

1 隧洞渗水问题的影响

水工隧洞作为水利水电工程的关键输水建筑物,其渗水问题直接影响工程安全、运行效益及生态环境。隧洞渗水削弱结构稳定性,还可能引发连锁次生灾害,其影响主要体现在以下方面:(1)结构安全层面。持续渗水会加速混凝土碳化与钢筋锈蚀,导致衬砌结构强度下降。高水压作用下,渗水通道可能发展为管涌或集中渗漏通道,诱发隧洞局部失稳甚至坍塌。(2)工程效益层面。渗水造成输水损失,直接影响水库调节能力,加剧水资源供需矛盾。(3)环境生态层面。隧洞渗水改变地下水径流场,可能引发周边土壤盐渍化或沼泽化。渗漏水中的化学添加剂还可能污染地下水,破坏水生生态系统平衡。(4)经济成本层面。直接经济损失包括抽水排渗能耗增加、结构修复费用及水资源浪费。间接成本则体现在工程寿命缩短、调度灵活性下降导致的发电收益损失^[1]。

2 水工隧洞渗水问题的成因

2.1 地质条件因素

地质条件是决定隧洞渗水问题的基础因素,下列因素都会增加隧洞渗水的风险。(1)地质构造复杂。地质构造复杂的地区,如褶皱、断裂带等,常常伴随着地下水的富集。这些地区的地层稳定性较差,易发生透水、漏水现象。(2)岩层破碎。岩层破碎、节理裂隙发育以及岩溶作用强烈的地区,地下水的运动更为活跃。这些

地区的隧洞施工往往面临着严重的渗水问题。(3)地下水丰富。地下水位的高低、水质的好坏以及水流速度等都会影响隧洞的渗水情况。高水位、富水岩层以及水质较差的地区,隧洞渗水问题更为突出。

2.2 施工工艺因素

施工工艺的优劣直接关系到隧洞防渗效果的好坏。在施工过程中,如果施工工艺不当或控制不严,极易导致隧洞渗水问题的发生,具体影响因素如下:(1)开挖方式。隧洞的开挖方式对其渗水情况有重要影响。光面爆破效果不好时,隧道开挖轮廓凹凸不平,部分区域喷射混凝土厚度及密实度达不到规范要求,易形成渗水通道。(2)衬砌施工。衬砌是隧洞防水的重要屏障。如果衬砌施工质量不高,如振捣和养护不合理导致混凝土表面出现气孔和龟缩裂缝,或者管片在运输、拼装中受到挤压、碰撞导致缺边掉角,都会降低衬砌的防水性能。(3)接缝处理。隧洞接缝是渗水的薄弱环节。如果接缝处理不当,如止水条粘贴不牢、止水条表面有污染、管片出现错台导致止水条接触面变小甚至破坏,都会引发渗水问题。(4)注浆质量。如果注浆孔封孔施工质量差,或者注浆材料选择不当、注浆压力不足等,都会导致注浆效果不佳,无法形成有效的防水屏障。

2.3 材料性能因素

材料性能是影响隧洞防渗效果的关键因素之一。如果防水材料性能不佳或选择不当,将无法有效阻止地下水的渗透。(1)防水材料性能。防水材料应具有良好的防水性能、耐久性和抗渗性能。如果防水材料质量不达标或性能不稳定,将无法有效阻止地下水的渗透。(2)防水材料选择^[2]。应根据隧洞的地质条件、水压大小以及施工条件等因素选择合适的防水材料。如果防水材料选择不当,将无法适应隧洞的防渗需求。

2.4 设计缺陷因素

设计缺陷是导致隧洞渗水问题的重要原因之一。如果设计不合理或存在缺陷,将直接导致隧洞防渗效果不佳。(1)防水设计不足。在设计阶段,如果未充分考虑隧洞的地质条件、水压大小以及施工条件等因素,或者防水设计过于简单、粗糙,将无法形成有效的防水体系。(2)排水系统设计不合理。排水系统是隧洞防渗的重要组成部分。如果排水系统设计不合理,如排水沟深度及宽度不够、排水管道设置不合理或被堵塞等,将无法及时排除隧洞内的积水,从而加剧渗水问题。

2.5 后期维护因素

后期维护是影响隧洞防渗效果的重要因素之一。如果后期维护不到位或缺乏有效维护措施,将导致隧洞防渗性能逐渐下降。具体如下:(1)维护不及时。隧洞在使用过程中会受到各种因素的影响,如地下水位的升降、地质条件的变化等。如果维护不及时或缺乏有效维护措施,将无法及时发现并处理渗水问题。(2)维护措施不当。在维护过程中,如果采取的维护措施不当或方法不正确,将无法有效修复渗水部位或提高隧洞的防渗性能。

3 水工隧洞防渗处理关键技术

3.1 注浆堵漏技术

注浆堵漏技术是水工隧洞防渗处理中一种极为有效的方法。该技术通过向隧洞内部的渗漏点或潜在渗漏区域注入特制的注浆材料,利用材料的固化性能形成防水屏障,从而达到防渗的目的,注浆材料的选择很重要,常用的注浆材料包括水泥浆、聚氨酯、丙烯酰胺等高分子材料,以及水泥-水玻璃双液浆等复合材料。这些材料具有良好的流动性和固化性能,能够迅速填充隧洞内部的裂缝和孔隙,形成致密的防水层。注浆堵漏技术的施工步骤包括渗漏点检测、注浆孔布置、注浆材料配制、注浆作业以及注浆效果检测,利用专业设备对隧洞进行全面的渗漏点检测,确定渗漏位置和渗漏程度。根据渗漏点的分布情况,合理布置注浆孔,确保注浆材料能够均匀覆盖整个渗漏区域。按照设计要求配制注浆材料,确保其性能满足防渗要求。注浆作业时,需严格控制注浆压力和注浆速度,避免对隧洞结构造成损害。注浆完成后,还需对注浆效果进行检测,确保渗漏点得到有效封堵。注浆堵漏技术的优势在于施工简便、效率高,且能够适应各种复杂的地质条件和渗漏情况。该技术还能够对隧洞内部的微小裂缝和孔隙进行精准封堵,提高隧洞的整体防渗性能。

3.2 防渗层施工技术

防渗层施工技术通过在隧洞内部铺设一层或多层防渗材料,形成一道连续的防水屏障,有效阻止水分渗透。防渗材料的选择要根据隧洞的地质条件、水压大小以及施工条件等因素综合考虑。常用的防渗材料包括土工膜、防水涂料、防水卷材等。土工膜具有良好的柔韧性和抗渗性能,适用于各种复杂地形和地质条件;防水涂料则具有施工简便、适应性强等优点,能够迅速形成一层致密的防水层;防水卷材则具有较高的强度和耐久性,适用于长期承受水压的隧洞。防渗层施工技术的施工步骤包括隧洞内壁清理、防渗材料铺设、接缝处理以及防水层保护。首先,对隧洞内壁进行彻底清理,确保无杂物、无油污,为防渗材料的铺设提供良好的基础。然后,按照设计要求铺设防渗材料,注意材料的搭接和接缝处理,确保防水层的连续性和完整性。接缝处理时,可采用热焊、胶粘等方式,确保接缝处无渗漏^[4]。最后,在防水层表面铺设保护层,如砂浆层、混凝土层等,以提高防水层的耐久性和抗破坏能力。防渗层施工技术的优势在于能够有效提高隧洞的整体防渗性能,且施工成本相对较低。

3.3 排水降压技术

排水降压技术通过合理布置排水设施,将隧洞内部的积水及时排出,降低隧洞内部的水压力,从而减少渗漏风险。排水设施的设置要根据隧洞的地质条件、水压大小以及渗漏情况等因素综合考虑。常用的排水设施包括排水沟、集水井、排水管道等。排水沟设置在隧洞的低洼处,以便收集积水;集水井则用于储存和排出积水;排水管道则负责将积水从集水井中排出隧洞。排水降压技术的施工步骤包括排水设施设计、施工准备、设施安装以及调试运行。首先根据隧洞的地质条件和水文情况,合理设计排水设施的位置、尺寸和数量。然后进行施工准备,包括材料采购、设备调配等。再按照设计要求安装排水设施,注意设施的连接和密封性,确保排水畅通无阻。最后对排水设施进行调试运行,检查其工作性能和排水效果。排水降压技术的优势在于能够有效降低隧洞内部的水压力,减少渗漏风险。

4 解决水利水电工程水工隧洞渗水问题的策略

4.1 前期预防策略

在水工隧洞建设的初期阶段,预防渗水问题至关重要。以下是几个关键的预防策略:(1)精确地质勘察与设计。通过全面、精确的地质勘察,可以深入了解隧洞穿越地层的岩性、水文地质条件以及潜在的不良地质现象。基于这些勘察结果,设计师可以科学规划隧洞的轴线、断面以及支护措施,确保隧洞避开断层、破碎带等

地质构造复杂区域,从而有效减少渗水风险。(2)优化防水材料与技术。高密度聚乙烯土工膜、防水涂料及防水卷材等高性能材料因其良好的耐水性、耐腐蚀性和耐久性而被广泛应用。根据隧洞的具体特点,采用先进的防水施工技术,如热熔焊接和化学注浆等,以确保防水层的连续性和完整性,进一步提升隧洞的防水性能。

(3)加强施工人员培训与教育。提高施工团队对防水重要性的认识,确保每位工人熟悉防水施工流程和规范,从源头上减少因操作不当引发的渗水隐患^[3]。

4.2 中期处理策略

在水工隧洞运行期间,面对渗水问题,中期处理策略同样关键。以下是几个核心的处理措施:(1)防渗加固措施。针对隧洞结构存在的缺陷或渗水严重区域,实施防渗加固是首要任务。这包括增设防水层、加固支护结构以及提升隧洞衬砌的防水性能。通过这些加固措施,隧洞的整体抗渗能力将得到显著提升,从而确保水利水电工程的安全稳定运行。(2)监测与预警系统。通过安装渗压计、水位计等高精度监测设备,可以实时监测隧洞内部的渗流情况。一旦监测到渗水异常,系统将立即触发预警机制,提醒管理人员采取相应措施进行处理,防止渗水问题进一步恶化。(3)定期对监测数据进行分析 and 评估,以了解隧洞渗水状况的变化趋势,为后续的维护和加固工作提供科学依据。通过这些中期处理策略的实施,可以有效降低隧洞渗水风险,保障水利水电工程的长期安全运行。

4.3 后期维护策略

在水工隧洞的日常运营中,后期维护策略是确保隧洞长期稳定运行的关键。以下几点是维护工作的核心内容:(1)定期巡检。巡检内容包括隧洞内壁的完整性、防水层的完好程度以及排水系统的畅通状况。特别要关注隧洞中的易渗水部位,如施工缝、沉降缝和裂缝等,确保及时发现并处理任何潜在问题,防止渗水情况的发生。(2)保养与维护。这包括修复破损的防水层、清理和疏通排水系统,以及加固处理隧洞内壁的裂缝和剥落现象。定期进行隧洞清淤工作,确保隧洞内部环境的整洁与排水系统的有效运行,从而维持隧洞良好的防水性

能^[4]。(3)建立应急响应机制。为了应对隧洞可能发生的突发渗水情况,必须建立完善的应急响应机制。这包括制定详细的应急预案、组建专业的应急抢险队伍,并储备充足的抢险物资。一旦发生渗水事故,能够迅速启动预案,采取有效措施进行抢险救援,及时控制并消除渗水风险,确保隧洞的安全运行。

4.4 施工监测与质量控制策略

在水利水电工程水工隧洞的建设过程中,施工监测与质量控制是确保隧洞防水性能的关键环节。为此提出以下策略:(1)建立全面的施工监测体系。通过安装传感器和监测设备,实时监测隧洞施工过程中的各项参数,如位移、应力、渗水量等。这有助于及时发现施工中的异常情况,为调整施工方案提供依据。(2)加强质量控制。从防水材料的选择、施工工艺的规范到防水层的施工,每一个环节都需要进行严格的质量控制。确保防水材料的质量符合标准,施工工艺规范,防水层连续、完整,无破损和缺陷。(3)定期对监测数据进行分析 and 评估。通过对比监测数据与设计要求,评估隧洞的施工质量和防水性能。一旦发现施工质量或防水性能不达标,立即采取措施进行整改,确保隧洞在竣工后能够满足防水要求。

结束语:水利水电工程水工隧洞渗水问题的解决需要综合考虑地质条件、设计施工及后期维护等多方面因素。通过注浆堵漏、防渗层施工及排水降压等关键技术的应用,结合前期预防、中期处理、后期维护及施工监测与质量控制策略的实施,可以有效降低隧洞渗水风险,保障水利水电工程的安全稳定运行。

参考文献

- [1]冯楚深.水利水电工程水工隧洞渗水问题探讨[J].新农村,2023(12):56-58.
- [2]杨犇.水利水电工程水工隧洞渗水问题探讨[J].空中英语,2021(6):13-14.
- [3]邹海峰.水利水电工程水工隧洞渗水问题研究[J].城市建筑,2020,17(27):129-130.
- [4]于美明.水利水电工程水工隧洞渗水问题探讨[J].城镇建设,2021(23):123-124.