

隧道及地下工程渗漏水诱发原因与防治对策

高晓培

河南省交通规划设计研究院股份有限公司 河南 郑州 450000

摘要：隧道及地下工程渗漏水问题成因复杂，包括地质构造多样、防水材料老化失效以及施工质量控制不严等。为应对这一挑战，本文深入探讨防治对策。优化防水设计是关键，需充分考虑地质条件，选用合适的防水材料。加强施工质量控制，确保防水层施工密实、无缺陷。建立健全的维护管理制度，定期检查维修防水设施，及时处理渗漏水问题。强化环境监测与预测，实时监测地下水文地质变化，预测潜在渗漏水风险。这些对策的实施，将有效提升隧道及地下工程的防水性能，保障工程安全稳定运营。

关键词：隧道及地下工程；渗漏水；诱发原因；防治对策

1 隧道及地下工程渗漏水的普遍性和严重性

隧道及地下工程渗漏水问题具有普遍的存在性和不容忽视的严重性。在隧道及地下工程的建设和运营过程中，由于地质条件复杂多变、防水材料老化失效、施工工艺不当以及后期维护管理不到位等多种原因，渗漏水问题几乎无处不在。第一、从普遍性角度来看，无论是山岭隧道、水底隧道还是城市地铁等地下工程，都面临着不同程度的渗漏水挑战，在山区，隧道穿越岩层时可能遇到岩溶、断层等地质构造，导致地下水涌入隧道；在水域附近，隧道则可能因水压作用而出现渗水现象；而在城市地下，由于地面荷载、地下管线等复杂因素的影响，地铁等地下工程也经常会出现渗漏水问题。第二、渗漏水的严重性不容忽视，一方面，渗漏水会直接影响隧道及地下工程的结构安全。长期渗漏水会导致混凝土结构腐蚀、钢筋锈蚀，进而引发结构强度降低，甚至可能导致工程坍塌。另一方面，渗漏水还会对隧道内的设备设施造成损害，如电气线路短路、机械设备故障等，影响工程的正常运营。渗漏水还会影响隧道内的环境质量，导致湿度过高、霉菌滋生，对工作人员和乘客的身体健康构成威胁^[1]。第三、隧道及地下工程渗漏水问题亟待解决，在工程建设过程中，应充分考虑地质条件、防水材料选择、施工工艺等因素，采取有效措施预防渗漏水问题的发生。同时，在工程运营过程中，应加强维护管理，及时发现并处理渗漏水问题，确保隧道及地下工程的安全稳定运营。

2 隧道及地下工程渗漏水的诱发原因

2.1 工程设计与施工缺陷

在工程设计与施工阶段，一些潜在的问题可能导致隧道及地下工程后期出现渗漏水现象。设计阶段的不足主要表现在对地质勘察不细致、对地下水文情况了解

不全面。这可能导致设计方案中防水措施的不足或不合理，无法有效应对地质条件的变化和地下水的压力。施工阶段的缺陷包括施工工艺不规范、防水层施工质量不达标等。例如，混凝土浇筑不密实、防水卷材铺设不平整等问题，都可能成为渗漏水的隐患。施工过程中的临时措施，如支撑结构、排水沟等，若处理不当，也可能在后期引发渗漏水问题。

2.2 环境因素变化

环境因素的变化是导致隧道及地下工程渗漏水的另一重要原因。地质条件的复杂性是其中之一，如岩层破碎、节理发育、岩溶发育等地质构造，都可能成为地下水涌入的通道。地下水位的变化也是一个不可忽视的因素。随着季节、气候变化或人类活动的影响，地下水位可能发生波动，对隧道及地下工程的防水系统构成挑战。地震、地面沉降等自然灾害也可能对隧道及地下工程的结构造成破坏，导致渗漏水问题的出现。

2.3 材料老化与侵蚀

材料的老化与侵蚀是导致隧道及地下工程渗漏水的又一重要原因。在隧道及地下工程中，常用的防水材料如防水卷材、防水涂料等，随着使用时间的增长，可能逐渐出现老化、开裂、脱落等问题，导致防水性能下降。地下水中的化学物质可能对防水材料产生侵蚀作用，进一步加剧防水层的破坏。混凝土等结构材料也可能因受到地下水的侵蚀而发生性能退化，导致结构强度降低、裂缝增多，进而引发渗漏水问题。

2.4 维护管理不当

维护管理不当是导致隧道及地下工程渗漏水的另一个重要原因。在日常运营过程中，若未能对防水系统进行定期检查、维修和保养，可能导致防水层的破损、老化等问题得不到及时处理，从而加剧渗漏水现象。对

于出现的渗漏水问题,若未能及时采取有效措施进行修复,可能导致问题进一步扩大,影响工程的正常使用和安全。隧道及地下工程渗漏水的诱发原因多种多样,涉及工程设计与施工、环境因素、材料老化与侵蚀以及维护管理等多个方面^[2]。

3 隧道及地下工程渗漏水的防治对策

3.1 完善工程设计与施工

完善隧道及地下工程的设计与施工是预防渗漏水的根本措施。在设计阶段,工程师们需要深入研究地质条件、地下水文情况等因素,确保防水设计方案的科学性和合理性。特别是在地质条件复杂的区域,如岩溶发育、断层破碎带等地段,应进行更为详细的地质勘察,为防水设计提供准确的数据支持。应不断优化防水结构设计,采用先进的防水技术和材料,提高防水层的可靠性和耐久性。在施工阶段,应严格控制施工工艺和质量,确保防水层施工的规范性和有效性。对于混凝土浇筑、防水卷材铺设等关键环节,应加强监督和管理,防止施工缺陷导致的渗漏水问题。通过完善设计与施工,隧道及地下工程的防水性能将得到显著提升。

3.2 强化环境监测与预测

隧道及地下工程作为现代交通建设的重要组成部分,其安全性与稳定性直接关系到人们的生命财产安全。而渗漏水问题作为这类工程中的一大隐患,其及时发现与处理显得尤为关键。建立完善的环境监测系统至关重要,这一系统应涵盖对地下水位、水质、地质条件等关键指标的实时监测。通过高精度的传感器和先进的数据采集技术,能够实时获取这些指标的变化情况,进而对隧道及地下工程的防水状况进行全面掌握。对监测数据进行深入分析是预测潜在渗漏水风险的关键,通过对数据的比对、趋势分析以及模型预测,可以及时发现异常情况,预测可能发生的渗漏水风险。这为制定针对性的预防和应对措施提供了科学依据,使得我们能够在问题发生之前就做好充分准备。加强地质灾害预警系统的建设也是不可或缺的一环,地震、地面沉降等自然灾害对隧道及地下工程的影响巨大,一旦发生,往往会导致严重的渗漏水问题。需要利用现代科技手段,建立高效的地质灾害预警系统,实时监测地质环境的变化,一旦发现异常,立即启动应急响应机制,确保工程的安全。

3.3 加强维护管理

隧道及地下工程在长期的运营过程中,面临着来自自然环境、材料老化、使用磨损等多重因素的挑战,其中防水性能的稳定性和持久性尤为关键。建立健全的维护管理制度是加强维护管理的基础,通过制定明确的维

护责任和周期,可以确保防水系统的定期检查、维修和保养工作得到规范化和系统化的执行。这不仅有助于及时发现和处理潜在的安全隐患,还能有效延长防水系统的使用寿命。对于出现的渗漏水问题,应及时组织专业人员进行修复。渗漏水问题若不及时处理,不仅会对隧道及地下工程的结构安全造成威胁,还可能引发更严重的后果。一旦发现渗漏水现象,应立即启动应急预案,组织专业队伍进行快速、有效的修复工作,防止问题扩大化。加强对维护人员的培训和教育也是提升维护管理水平的重要途径,通过定期开展防水知识培训、技能提升课程等活动,可以提高维护人员的防水意识和技能水平,使其更好地适应和维护防水系统的运行。还应建立完善的考核机制,对维护人员的工作质量和效率进行定期评估,激励其不断提高工作水平。

3.4 材料与技术更新

随着科技的不断进步,隧道及地下工程防水材料与技术也在不断更新换代。应关注防水材料的研发和应用进展,选用性能优良、耐久性强的新型防水材料,如高分子防水材料、自愈合防水材料等,提高防水层的可靠性和耐久性。还应积极探索和应用新的防水技术和工艺,如注浆堵漏技术、智能监测技术等,提高防水施工的效果和质量^[3]。还应加强与其他领域的交流合作,引进先进的防水技术和经验,推动隧道及地下工程防水工作的不断进步。通过材料与技术更新,隧道及地下工程的防水性能将得到进一步提升,为工程的安全稳定运营提供有力保障。通过完善隧道及地下工程设计与施工、强化环境监测与预测、加强维护管理以及材料与技术更新等多方面的对策措施,可以有效预防和治理隧道及地下工程的渗漏水问题。这些对策的实施将有助于提高隧道及地下工程的防水性能和使用寿命,保障工程的安全稳定运营。

4 隧道及地下工程渗漏水问题案例分析

4.1 渗漏原因分析

隧道及地下工程渗漏水问题一直以来都是工程领域面临的重要挑战。以下通过对多个实际案例的分析,深入探讨了渗漏水问题的原因。在某山区隧道工程中,由于地质勘察不细致,对岩溶发育区的识别存在偏差,导致隧道穿越岩溶区域时出现了严重的渗漏水现象,岩溶地区的溶洞、暗河等地质构造为地下水提供了通道,当隧道穿越这些区域时,地下水涌入隧道内部,形成渗漏。该工程在设计阶段对防水等级的确定过于乐观,防水措施不足,也是导致渗漏水问题的重要原因。在城市地铁工程中,由于地面荷载和地下管线的复杂影响,地

铁路线路经常出现渗漏水问题。其中,一些案例显示,混凝土结构的裂缝是渗漏水的主要通道,这些裂缝可能是由于混凝土浇筑不密实、温度变化引起的收缩裂缝或是地基沉降导致的结构裂缝。防水材料的老化和侵蚀也是城市地铁工程渗漏水问题的重要原因。防水材料在长期受到地下水侵蚀和地下环境的影响下,性能逐渐下降,防水效果减弱。在另一沿海地区的隧道工程中,海水侵蚀对隧道结构的破坏是导致渗漏水的主要原因。

4.2 防治对策实施情况

在隧道及地下工程的建设与运营过程中,渗漏水问题一直是工程安全与质量的关键挑战。通过对多个实际案例的分析,我们可以观察到防治对策的实施情况及其效果。在工程设计与施工方面,许多项目开始重视前期地质勘察工作,通过详细的勘探和试验,为防水设计提供了更为准确的数据支持。同时,防水等级和防水措施的确定也更为严谨,确保防水设计能够满足工程实际需求。在施工过程中,严格控制混凝土浇筑、防水卷材铺设等关键环节的施工质量,有效减少了施工缺陷导致的渗漏水问题。在环境监测与预测方面,部分工程建立了完善的环境监测系统,对地下水位、水质等关键指标进行实时监测,及时发现并预测潜在的渗漏水风险。结合地质灾害预警系统,工程能够更好地应对地震、地面沉降等自然灾害对隧道及地下工程的影响,降低了因自然灾害引发的渗漏水风险^[4]。在维护管理方面,越来越多的工程开始重视防水系统的定期检查、维修和保养工作。对于出现的渗漏水问题,能够及时组织专业人员进行修复,防止问题扩大化。加强对维护人员的培训和教育,提高了其防水意识和技能水平,为防水工作的顺利开展提供了有力保障。在材料与技术更新方面,一些工程积极引进新型防水材料和先进技术,如高分子防水材料、注浆堵漏技术等,提高了防水施工的效果和质量。这些新材料和新技术的应用,为隧道及地下工程防水工作带来了新的突破和发展。

4.3 效果评估

针对隧道及地下工程渗漏水问题,通过实施一系列防治对策,其效果评估显得尤为关键。从多个实际案例来看,这些对策的实施在很大程度上改善了工程的防水性能,减少了渗漏水现象的发生。在设计与施工方面,

通过优化防水设计和加强施工质量控制,工程的防水层更为可靠和耐久。在地质条件复杂的区域,通过深入的地质勘察和科学的防水设计,有效减少了因地质因素导致的渗漏水风险。施工环节的严格把控也避免了因施工缺陷引发的渗漏水问题。环境监测与预测系统的建立,使得工程能够实时掌握地下水文情况和地质变化,及时发现并应对潜在的渗漏水风险。这种前瞻性的管理策略,极大地提高了工程的安全性和稳定性。在维护管理方面,定期的防水系统检查和维修,确保了防水设施的正常运行。对于出现的渗漏水问题,能够迅速组织专业人员进行修复,有效防止了问题的扩大化。这种及时有效的维护机制,显著延长了工程的使用寿命。新材料和技术的应用也为防治渗漏水问题带来了显著效果。高分子防水材料、注浆堵漏技术等先进技术的应用,提高防水施工的质量和效率,进一步增强工程的防水性能。也应注意到,虽然这些对策在整体上取得了良好的效果,但在某些特定情况下,仍可能出现渗漏水问题。这可能与地质条件、施工质量、材料性能等多种因素有关。因此,在未来的工程实践中,仍需继续深入研究渗漏水问题的成因和对策,不断提高防治效果。

结束语

隧道及地下工程渗漏水防治工作任重道远,需要持续努力和创新。随着科技进步,相信未来将有更多高效、环保的防水技术和材料问世,为工程安全提供有力保障。加强工程管理和维护,提升人员专业素养和责任意识,也是防治渗漏水问题的关键。让我们携手共进,为隧道及地下工程的安全稳定运营贡献智慧和力量,共同书写工程建设的辉煌篇章。

参考文献

- [1] 龚晓南,郭盼盼.隧道及地下工程渗漏水诱发原因与防治对策[J].中国公路学报,2021,34(07):1-30.
- [2] 付仲润,蒋永星.城市地下工程变形缝渗漏水治理施工技术研究[J].广东土木与建筑,2021,28(04):70-73.
- [3] 钟文文.运营地铁盾构隧道洞门渗漏水病害整治[J].现代隧道技术,2020,57(03):182-188.
- [4] 李雪琪,张素磊,鲍彤,周明,岑佳能.运营公路隧道渗漏水病害特征成因及控制措施分析[J].山东交通科技,2020(05):56-59+76.