

隧道排水与防水综合设计技术研究

王一仟

重庆路达工程勘察设计咨询有限公司

摘要: 本文不仅详尽剖析了隧道工程排水与防水设计的核心技术要点, 还针对复杂多变的水文地质条件, 深入探索了排水系统的最优布局策略。一开始就着重强调了防水层施工过程中的精细操作与质量控制, 以及排水与防水系统间如何高效协同运作以最大化防水效果。通过综合考量经济性、实用性与创新性, 构建了一个全面而均衡的设计框架, 旨在显著提升隧道工程的长期耐用性、运营安全性及整体寿命, 为隧道建设领域提供了一套富有前瞻性和实践意义的技术指导方案, 对于推动隧道工程技术的持续发展具有深远影响^[1]。

关键词: 隧道工程; 排水系统; 防水设计; 综合技术; 耐久性

Abstract: This paper not only thoroughly analyzes the core technical aspects of drainage and waterproofing design in tunnel engineering but also delves into the optimal layout strategies for drainage systems amidst complex and varied hydrogeological conditions. From the outset, it emphasizes the meticulous execution and quality control during the waterproofing layer construction process, as well as the efficient collaboration between drainage and waterproofing systems to maximize waterproofing effectiveness. By comprehensively weighing factors such as economy, practicality, and innovation, a comprehensive and balanced design framework is established, aiming to significantly enhance the long-term durability, operational safety, and overall lifespan of tunnel projects. This paper presents a forward-looking and practically significant technical guidance scheme for the tunnel construction field, exerting a profound influence on promoting the sustainable development of tunnel engineering technologies.

Keywords: Tunnel engineering; drainage system; waterproofing design; comprehensive technology; durability

随着交通基础设施建设的快速发展, 隧道工程作为连接山川、跨越河流的重要交通方式, 其建设规模和技术难度日益增大。然而, 隧道工程往往面临复杂的水文地质条件, 渗漏水问题成为制约隧道工程耐久性和安全性的关键因素之一。因此, 如何有效进行隧道排水与防水综合设计, 成为隧道工程建设中亟待解决的重要问题。

一、隧道排水与防水综合设计的技术要点

(一) 排水系统设计

设计者在隧道排水系统的设计中需细致分析隧道穿越地层的岩性、节理发育情况及地下水动态变化, 以确保排水系统能够精准对接实际的水文地质挑战。例如, 对于高渗透性地层, 可能需增设加密排水孔或采用高性能的渗透排水材料, 以增强排水效率。布局方面, 排水系统力求在有限的空间内实现最大化效能, 既要避免对隧道主体结构结构的侵占, 又要确保水流畅通, 减少淤积和堵塞的风险。这可能采用三维建模技术, 对隧道内部空间进行精确模拟, 以优化排水管道和沟槽的路径与尺寸。排水系统的维护便捷性也是设计中的重要考量, 预留足够的检修空间和设置合理的清淤口, 能够大大降低后期维护的难度和成本^[2]。智能化监控系统的融入, 如水位传感器、流量监测设备等, 能够实时监测排水系统的运行状态, 及时发现并处理潜在问题, 进一步提升隧道排水的安全性和可靠性。在应对极端天气或突发情况时, 排水系统还需具备足够的排水

能力冗余。这意味着在设计时需考虑超标降雨、突水涌砂等极端工况下的排水需求, 通过增大排水管道直径、增加排水设施数量或设置应急排水通道等措施, 确保隧道在任何情况下都能保持内部干燥, 保障行车安全和隧道结构的稳定。

(二) 防水材料选择与性能要求

在防水材料的选择与性能评估过程中, 深入剖析各项性能指标显得尤为重要, 抗渗性作为防水材料的核心竞争力, 不仅要求其在静水压力下具备卓越的阻水能力, 还需在动态水流或水压波动条件下保持稳定。这通常通过实验室模拟测试来验证, 确保所选材料能够应对隧道内复杂多变的水文环境。耐久性方面, 防水材料需经受住时间考验, 包括抵抗紫外线老化、化学腐蚀、温度变化等多种外界因素的侵蚀。为此, 材料需具备良好的物理机械性能和化学稳定性, 以维持其长期有效的防水功能。施工性则直接关系到防水层的构建质量与效率。优质的防水材料应易于裁剪、铺贴和接缝处理, 同时支持多种施工方式, 如喷涂、滚涂、粘贴等, 以适应隧道内部不同部位和复杂结构的防水需求。至于环保性, 随着全球对可持续发展的重视, 防水材料的绿色化已成为不可逆转的趋势。这要求材料在生产过程中减少有害物质排放, 使用过程中对人体无害, 废弃后能够回收利用或安全降解, 从而减轻对环境的负担, 实现隧道工程与生态环境的和谐共生。

(三) 防水层施工技术

防水层施工技术的精湛与否,直接映射出隧道防水工程的成败;施工过程中,每一步操作都需精益求精,力求完美。防水层的铺设,不仅是简单的材料覆盖,更是对细节的极致追求。施工人员需借助高精度工具,确保每一块防水材料铺设得平整如镜,无丝毫褶皱与空鼓,为后续工序奠定坚实基础。接缝处理,作为防水层施工中的关键环节,其重要性不言而喻。接缝处若处理不当,将成为水分渗透的薄弱环节。因此,需采用专用密封材料,通过精细的施工工艺,确保接缝处密封严密,无一丝缝隙可寻。同样的,进行多道防水层重叠铺设,也能进一步提升防水效果。防水层与隧道结构之间的粘结强度,同样是保障防水效果的重要因素。选择合适的粘结剂,采用科学合理的施工方法,确保防水层与隧道结构之间形成牢固的粘结层,是防水层施工中的又一重要任务。施工过程中还需密切关注环境温度与湿度的变化,及时调整施工方案,以应对不利条件对施工质量的影响。防水层施工完成后的质量检验与验收工作同样不容忽视,通过严格的检测手段与标准,对防水层的各项性能指标进行全面评估,确保施工质量符合设计要求与相关规范^[1]。

二、隧道排水与防水综合设计的策略

(一) 综合考虑水文地质条件

在隧道排水与防水综合设计的筹划之初,对水文地质条件的全面审视与深入分析是不可或缺的基石。这意味着不仅要细致入微地考察地下水位的静态分布,更要洞悉其随季节、气候及隧道施工进度而变化的动态特性。岩石的渗透性,作为水分渗透的通道,其评估需结合岩石类型、结构面特征及孔隙率等多维度信息,以精准预测隧道开挖后的渗水风险。断层与节理作为地下水运动的天然通道,其分布规律、发育程度及导水性能的掌握,对于确定潜在渗水区域及设计针对性防水措施至关重要。对于可能存在的暗河、溶洞等复杂地下水体,需通过专项勘探与综合分析,明确其规模、走向及与隧道工程的相对位置关系,以防患于未然。在此基础上,利用先进的数值模拟技术,构建三维地质模型,模拟隧道开挖过程中地下水位的动态变化及渗流路径,为排水系统布局、防水层设计提供直观、量化的参考依据。针对极端天气条件下的排水需求,设计时应预留充足的排水能力余量,确保隧道在遭遇暴雨、洪水等极端事件时,仍能保持内部环境的稳定与安全。

(二) 采用多层次防水体系

构建隧道多层次防水体系的过程中,每一层都扮演着不可或缺的角色,共同编织出一张密不透风的防水网络。初期支护与二次衬砌之间的防水层,作为直接抵御地下水侵袭的第一道防线,其重要性不言而喻。选用高分子防水卷材或高性能防水涂料,这些材料不仅具备卓越的抗渗性能,还能在恶劣环境条件下保持稳定的防水效

果,确保隧道初期支护结构的干燥与稳定。二次衬砌作为隧道结构的主要承载层,其自防水性能的提升同样至关重要。通过在混凝土中掺入适量的防水剂,或采用特殊配比的高性能混凝土,可以有效降低混凝土的孔隙率,提高混凝土的密实度和抗渗性,从而进一步增强隧道结构的防水能力。而隧道外部的排水系统,则是将可能渗入隧道的水分及时排出,避免在隧道内部积聚的重要措施。通过科学合理的排水设计,如设置横向排水沟、纵向排水管等,确保隧道内部的水分能够迅速、顺畅地排至隧道外部,减轻防水层的负担,延长防水体系的使用寿命。

(三) 注重施工质量控制

施工质量控制作为隧道防水体系构建的基石,其重要性不言而喻;在施工现场,每一道工序的执行都需精细入微,不容丝毫懈怠。对于防水层的铺设,必须确保材料铺设平整、无褶皱、无空鼓,接缝处需采用专用密封材料进行处理,确保接缝严密不漏。防水层的固定也是关键一环,需采用合适的固定方法和材料,确保防水层与隧道结构之间紧密贴合,避免在后续施工中发生移位或脱落。在加强施工人员培训与管理方面,应定期组织专业技能培训,提升施工人员的防水施工技术和质量意识。通过案例分析、现场指导等方式,加深施工人员对防水施工要点的理解和掌握。建立严格的施工管理制度,明确岗位职责,强化对施工过程的监督与管理,确保施工操作规范有序。完善的质量检验和验收制度也是保障施工质量的重要手段,在施工过程中,应实施严格的自检、互检和专检制度,对每一道工序的质量进行严格把关。防水层施工完成后,还需组织专业人员进行全面验收,通过水压试验、渗漏检测等手段,对防水层的施工质量进行全面评估,确保防水层达到设计要求和规范标准。

三、结论

隧道排水与防水综合设计是确保隧道工程耐久性、安全性和使用寿命的重要措施。通过深入研究排水系统布局、防水材料选择、防水层施工等关键技术环节,并制定相应的设计策略和施工质量控制措施,可以显著提高隧道工程的防水效果和使用性能。本文的研究成果对于隧道工程的设计、施工及后期维护具有重要的指导意义和实际应用价值。

参考文献:

- [1] 应文生. 高速公路隧道防排水施工技术研究[J]. 四川建材, 2022, 48(01): 122-123.
- [2] 刘洋. 浅谈高速公路隧道防排水技术与施工方法[J]. 江西建材, 2021, (11): 217-218.
- [3] 李斌. 浅析公路隧道防排水关键环节施工技术[J]. 绿色环保建材, 2020, (09): 102-103.