

# 地铁隧道施工防水技术研究

田胜领

北京市政建设集团有限责任公司 北京 100010

**摘要：**地铁隧道施工防水是确保工程质量和运营安全的关键。本文研究了地铁隧道施工中的防水技术，包括排水型、防水型和防排结合型等防水类型，以及施工缝、变形缝等重点部位的防水处理。通过采用双道遇水膨胀嵌缝胶、预埋注浆管、钢边橡胶止水带等防水材料和技术，提高地铁隧道的防水性能。研究旨在为地铁隧道防水施工提供理论和技术支持，确保工程质量和安全。

**关键词：**地铁；隧道施工；防水技术

引言：地铁隧道作为城市地下交通的重要通道，其施工质量直接关系到城市的交通状况和市民的出行安全。防水技术是地铁隧道施工中的关键环节，直接关系到隧道的耐久性和安全性。本研究旨在深入探讨地铁隧道施工防水技术的现状与进展，为地铁隧道施工提供科学、合理的防水方案，确保隧道结构的稳定性和使用寿命，保障地铁运营的安全与顺畅。

## 1 地铁隧道施工防水技术概述

### 1.1 地铁隧道防水的基本原理

在地铁隧道的施工过程中，防水技术的运用是至关重要的。这不仅仅是为了确保隧道的结构安全，更是为了保障地铁的正常运营和乘客的安全。防水层在地铁隧道中扮演着举足轻重的角色。（1）防水层的作用和重要性。防水层的主要作用是隔绝地下水与隧道结构的直接接触，防止水分渗入隧道内部，从而保护隧道结构不受水侵蚀。一旦防水层失效，地下水将可能渗入隧道，导致隧道结构受损，甚至引发严重的安全事故。因此，防水层的存在与否，直接关系到隧道的使用寿命和安全性。（2）防水材料与防水结构的选择原则。在选择防水材料时，需充分考虑材料的耐水性、抗渗透性、耐久性以及施工便利性。优质的防水材料应能在长期的水环境作用下保持其防水性能。同时，防水结构的设计也应遵循科学、合理的原则，确保防水层与隧道结构之间的紧密结合，提高整体的防水效果。

### 1.2 地铁隧道防水的常见类型

（1）结构自防水。结构自防水主要依靠隧道主体结构的材料性能和构造设计来达到防水目的。例如，采用高性能混凝土，通过调整混凝土的配合比，加入外加剂等手段，提高混凝土的密实性和抗渗性，从而达到防水效果。（2）外包裹防水层防水。外包裹防水层防水是在隧道结构外部铺设一层或多层防水材料，如防水卷材、

防水涂料等，形成一道完整的防水屏障。这种防水方式施工简便，防水效果显著，是地铁隧道防水中常用的一种方式。（3）排水防水。排水防水则是通过设置排水系统，将隧道外部的地下水引导至指定的排水设施中，从而达到防水目的。这种防水方式适用于地下水丰富、水位较高的地区。在实际工程中，排水防水通常与其他防水方式相结合，共同构成地铁隧道的防水体系<sup>[1]</sup>。

## 2 地铁隧道施工防水技术的具体应用

### 2.1 结构自防水技术

（1）混凝土配合比调整。混凝土的配合比是影响其防水性能的关键因素之一。为了增强混凝土的抗渗性，通常需要调整水灰比、砂率等参数。适当降低水灰比可以减少混凝土中的孔隙率，从而提高其密实性和抗渗性。同时，选择优质的水泥和骨料也是提高混凝土防水性能的重要手段。（2）外加剂的使用。在混凝土中加入适量的外加剂，如减水剂、抗裂剂、膨胀剂等，可以显著改善其工作性能和物理力学性能。例如，减水剂可以降低混凝土的用水量，从而提高混凝土的密实度和强度；抗裂剂则可以提高混凝土的抗裂性能，减少裂缝的产生；膨胀剂则可以在混凝土中产生微小的膨胀力，填补混凝土中的微小孔隙，进一步提高其防水性能。（3）混凝土施工质量的控制。施工质量的优劣直接关系到混凝土防水层的效果。因此，在施工过程中，需要严格控制混凝土的浇筑、振捣、养护等环节。例如，在浇筑过程中，应避免混凝土出现离析、泌水等现象；在振捣过程中，应确保混凝土振捣密实，无气泡产生；在养护过程中，应保持混凝土表面湿润，避免其过快干燥而产生裂缝。

### 2.2 外包裹防水层防水技术

（1）防水卷材的应用。防水卷材是一种常用的防水材料，具有质地柔软、易于铺设、防水性能优良等

特点。常见的防水卷材有沥青防水卷材、橡胶防水卷材等。在铺设过程中，需要注意卷材之间的搭接宽度和粘贴质量，确保卷材之间紧密连接，无漏水点。同时，还需要对卷材进行保护，避免其在后续施工过程中受到损坏。（2）聚氨酯防水膜的施工方法。聚氨酯防水膜是一种新型的防水材料，具有高强度、高弹性、耐候性好等特点。在施工过程中，需要将聚氨酯防水膜均匀涂抹在隧道结构表面，形成一层致密的防水层。涂抹过程中需要注意涂料的均匀性和厚度控制，避免出现漏涂或厚薄不均的现象。同时，还需要对涂膜进行养护和保护，确保其达到最佳的防水效果<sup>[2]</sup>。（3）防水混凝土或水泥基涂料的使用。防水混凝土和水泥基涂料是另一种常见的外包裹防水层材料。它们具有施工简便、防水性能稳定等特点。在施工过程中，需要将防水材料均匀涂抹在隧道结构表面或掺入混凝土中。涂抹或掺入过程中需要注意材料的用量和均匀性控制，确保防水层的厚度和质量达到设计要求。

### 2.3 新型防水技术的应用

#### 2.3.1 预铺反粘防水技术

预铺反粘防水技术采用高分子自粘胶膜防水卷材，该卷材具有优异的粘结性能和抗渗性能。在施工时，先将防水卷材预铺在隧道基层上，然后浇筑混凝土。混凝土凝固后，卷材与混凝土之间将形成紧密的粘结层，从而有效阻止水分渗入。预铺反粘防水技术的施工流程包括基层处理、卷材铺设、卷材搭接与密封、混凝土浇筑等步骤。这一技术具有施工简便、防水效果好、对环境友好等优点。

#### 2.3.2 预备注浆系统施工技术

预备注浆系统施工技术通过在隧道结构中预先埋设注浆管，当隧道出现渗水问题时，通过注浆管注入灌浆液进行封堵。注浆管的选择和埋设是关键环节，需要确保注浆管的位置准确、数量足够且分布均匀。灌浆液的注入和维护也是重要步骤，需要控制灌浆压力和注浆量，确保灌浆液能够充分填充渗水通道并形成有效的防水屏障。预备注浆系统具有灵活性强、维修方便等优点，适用于各种复杂地质条件下的地铁隧道防水工程<sup>[3]</sup>。

#### 2.3.3 止水胶防水施工技术

止水胶是一种具有弹性、粘结力强且耐老化的防水材料。其特性和应用场景广泛，特别适用于隧道施工缝、变形缝等部位的防水处理。止水胶防水带的设置需要先将隧道结构表面清理干净，然后按照设计要求涂刷底漆并粘贴止水胶条。止水胶条与隧道结构之间将形成紧密的粘结层，从而有效阻止水分通过施工缝或变形缝

渗入隧道内部。在施工过程中，需要注意止水胶条的搭接和密封处理，以确保防水带的完整性和耐久性。

#### 2.3.4 灌浆液防渗施工技术

丙烯酸盐灌浆液是一种常用的灌浆液材料，具有优异的防渗性能和耐久性。其特点在于能够快速固化并形成高强度的防水屏障。在灌浆液防渗施工过程中，需要先对隧道渗水部位进行勘察和定位，然后钻孔并埋设注浆管。通过注浆管注入丙烯酸盐灌浆液进行封堵处理。在施工过程中，需要控制注浆压力和注浆量以确保灌浆液能够充分填充渗水通道并形成有效的防水层。同时还需要注意灌浆液的注入速度和固化时间以避免对隧道结构造成不良影响。

#### 2.3.5 防水涂料施工技术

防水涂料施工技术是地铁隧道施工中常用的防水方法之一。聚胺脂涂料是一种常用的防水涂料材料具有优良的防水性能和耐久性。在施工过程中需要先对隧道结构表面进行清理和处理确保无油污、灰尘和松散物。然后按照设计要求涂刷底漆并涂刷聚胺脂涂料形成致密的防水层。在涂刷过程中需要注意涂料的均匀性和厚度控制以确保防水层的整体性能和防水效果。为了进一步提高防水涂料的施工质量，还可以采用多层涂刷或交叉涂刷的方法，以增强防水层的密实度和耐久性。

## 3 地铁隧道施工防水技术的数据控制

### 3.1 施工过程的数据监测

（1）混凝土施工过程中的温度和湿度监测。在混凝土施工过程中，温度和湿度的变化对混凝土的硬化和性能有直接影响。因此，必须实时监测混凝土的温度和湿度。采用先进的传感器技术，可以实时记录混凝土内部的温度变化，避免温度过高导致混凝土开裂。同时，湿度的监测也至关重要，确保混凝土在适宜的湿度环境下硬化，防止干燥过快导致的水分蒸发和强度降低。（2）防水材料的性能指标监测。防水材料的性能指标是评估其防水效果的关键。在施工过程中，应定期监测防水材料的拉伸强度、断裂伸长率、不透水性等关键性能指标。这些数据的收集和分析有助于及时发现材料性能的波动，确保防水层的质量稳定可靠。（3）防水层施工质量的检测。防水层的施工质量直接关系到隧道的防水效果。在施工过程中，应严格监测防水层的铺设质量，包括搭接缝的密封性、防水层的平整度和厚度等。采用先进的检测技术和设备，如无损检测设备，可以及时发现施工质量问题，确保防水层的完整性。

### 3.2 防水效果的数据评估

（1）防水层的完整性测试。防水层的完整性是评估

隧道防水效果的重要指标。在施工过程中和竣工后,需对防水层进行完整性测试。可以采用电火花检测仪等设备对防水层进行扫描,检测是否存在漏点或破损。对于发现的漏点或破损,需及时进行修复,确保防水层的完整性。(2) 渗漏点的检测与修复。在隧道运营过程中,由于地质条件、施工误差等因素,可能会出现渗漏点。因此,需定期对隧道进行渗漏点检测。可以采用红外热像仪、渗漏检测仪等设备对隧道进行检测,准确找出渗漏点位置。对于发现的渗漏点,需及时进行修复,防止渗漏情况恶化<sup>[4]</sup>。(3) 防水性能的长期跟踪监测。隧道的防水性能是一个长期过程,需进行长期跟踪监测。可以通过设置监测点、安装监测设备等方式,对隧道的防水性能进行定期检测和评估。同时,还需建立完善的监测数据管理系统,对监测数据进行整理和分析,及时发现并解决潜在问题,确保隧道的防水性能长期稳定。

#### 4 地铁隧道施工防水技术的施工方法改变与优化

##### 4.1 防水施工方法的创新

(1) 自动化和智能化施工技术的应用。近年来,自动化和智能化技术在地铁隧道防水施工中得到了广泛应用。例如,自动化喷涂设备能够精确控制喷涂量和喷涂速度,确保防水涂料的均匀覆盖,提高防水层的整体性能。智能化监控系统则通过实时监测施工过程中的各项参数,如温度、湿度、涂层厚度等,确保施工质量始终处于最佳状态。这些技术的应用不仅提高了施工效率,还大大降低了人为因素对施工质量的影响。(2) 新型防水材料的研发和使用。新型防水材料的出现为地铁隧道防水施工提供了更多选择。这些材料通常具有更好的耐久性、抗渗性和环保性。例如,高性能聚氨酯防水涂料具有优异的弹性和粘附力,能够适应隧道结构的微小变形,同时保持防水层的完整性。此外,一些新型防水卷材如自粘卷材,通过改进生产工艺和配方,提高了卷材的防水性能和施工便捷性。这些新型防水材料的使用,进一步提升了地铁隧道的防水效果。

##### 4.2 施工流程的优化

(1) 防水层施工的标准化和流程化。为了提高施工效率和质量,地铁隧道防水层施工正逐步向标准化和流程化发展。这包括制定详细的施工规范和操作流程,明确每一步施工的具体要求和质量标准。同时,通过流程化管理,可以确保施工过程的连续性和协调性,减少施工中的不确定性和风险。标准化和流程化的实施,不仅提高了施工效率,还有助于形成稳定可靠的防水层。

(2) 施工质量的严格控制和持续改进。施工质量的控制是地铁隧道防水施工中的关键环节。通过建立健全的质量控制体系,对防水材料、施工过程、防水层质量等进行全面检测和评估。同时,注重持续改进,通过收集和分析施工过程中的数据和信息,不断优化施工方法和流程。例如,定期对防水层进行抽检和性能测试,及时发现并解决潜在的质量问题。此外,加强对施工人员的培训和管理,提高他们的专业技能和质量意识,也是确保施工质量的重要手段。

##### 结束语

地铁隧道施工防水技术是保证地铁工程质量和安全运营的关键。随着科技的进步和材料的创新,防水技术也在不断发展和完善。本文探讨了地铁隧道防水的基本原理、常见类型、具体应用以及数据控制等方面,旨在为读者提供全面、系统的防水技术知识。未来,地铁隧道防水技术将继续向更高效、更环保、更智能的方向发展,为保障城市地铁的安全运营和乘客的舒适出行做出更大贡献。

##### 参考文献

- [1]李宏伟.地铁施工中地下车站防水施工技术研究[J].文化科学,2023,(07):74-75.
- [2]闫晓.地铁施工中地下车站防水施工技术研究[J].运输经理世界,2021,(03):31-32.
- [3]郭涛.地铁施工中地下车站防水施工技术分析[J].中华建设,2021,(14):142-143.
- [4]刘成亮.地铁施工中地下车站防水施工技术探究[J].建材发展导向,2021,(09):83-84.