

土木工程施工中隧道防渗漏施工技术的应用

王长征

济南市长清区公路事业发展中心

摘要：隧道工程是现代城市基础设施建设中不可或缺的重要组成部分。隧道的防渗漏施工技术是确保隧道工程质量和安全的关键环节。隧道在穿越山体、过江河等复杂地质条件下，防渗漏工程对于保护自身结构的完整性和延长使用寿命具有至关重要的作用。本文将重点探讨土木工程施工中隧道防渗漏施工技术的应用，以为隧道工程的建设提供一些科学有效的方法和经验。

关键词：土木工程；隧道施工；防渗漏；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.17.018

一、地下水渗漏及其影响

（一）地下水渗漏对隧道工程的威胁

地下水渗漏是隧道工程施工中常见的问题，它对隧道结构的稳定性与安全性产生直接的威胁。隧道的施工以及使用过程中，可能会穿越含水土层或地下水丰富的地区，这就提高了地下水渗漏的风险。

1. 隧道结构的稳定性受到威胁

地下水渗漏会导致隧道周围土壤含水量增加，土体的饱和度增加，从而增加了土体的重量和压力。这种增加的水压力可能会导致隧道结构的变形、沉降和破坏，进而影响隧道的稳定性。

2. 地下水渗漏会影响土壤力学性质

地下水的流动会改变土壤的结构和力学性质。水分的渗透和流动会导致土壤饱和度变化，从而引起土体的膨胀、塌陷和软化等物理变形。此外，渗漏的水流还会夹带土壤颗粒，引起隧道周围土壤的侵蚀和流失，进一步损害土壤的稳定性。

（二）渗漏引发的问题和危害

地下水渗漏在隧道工程中引发了一系列问题和危害，主要包括以下几个方面：

1. 影响施工进度和质量

地下水的渗漏会导致隧道施工现场出现积水，增加施工的困难，并且对施工进度产生影响。此外，渗漏水可能带来泥沙和颗粒物质，增加了施工过程中的清理工作，可能导致工程质量下降。

2. 加剧地下水污染

地下水渗漏可能会导致地下水污染。渗漏的水会经过隧道周围土壤，溶解土壤中的有害物质，并夹带泥沙和化学物质。这些有害物质可能污染地下水资源，对水环境和生态系统造成影响。

3. 岩石和土体的侵蚀

地下水流动中的溶解作用和流体动力作用会对岩石和土壤产生侵蚀。长期的侵蚀作用可能导致岩石和土体

的破碎、溶解和腐蚀，进而影响隧道结构的稳定性。

4. 降低隧道的使用寿命

地下水渗漏会导致隧道结构的破坏和损坏，进而降低了隧道的使用寿命。隧道经过一定时间后，如果未能有效阻止渗漏，可能出现严重的破坏，要求进行修复和加固工程，增加了维护成本。

地下水渗漏对隧道工程的威胁十分显著，它会直接影响隧道结构的稳定性和使用寿命，同时也会引发施工进度延误、工程质量下降和地下水污染等问题。因此，采用有效的防渗漏施工技术是至关重要的，可以保证隧道工程的安全性和可持续发展。

二、隧道防渗漏施工技术分类及原理

（一）隧道防渗漏施工技术的分类

隧道防渗漏施工技术可以根据施工方法和材料的不同进行分类。常见的分类方法包括以下几种：（1）硬质隧道衬砌技术：使用钢筋混凝土或预制混凝土构建硬质衬砌，通过衬砌的不透水性来防止地下水的渗漏。

（2）软质胶体材料施工技术：使用具有防水性能的软质胶体材料，如聚合物胶体、聚氨酯胶、高分子聚合物等，填充隧道壁面和裂缝，形成连续、均匀的防水层。（3）土体改良技术：通过土体改良方法，如土体固化、土体增强和土体密实等，改善土壤的渗透性和透水性，减少地下水的渗漏。（4）高压注浆技术：通过高压注浆设备将防渗材料注入地层中，形成坚固的固化体，堵塞土层中的孔隙和裂缝，达到防止地下水渗漏的效果。（5）地下水降低技术：通过地下排水系统、打井排水和土壤冻结等方法，减少或控制地下水的位移和压力，降低地下水对隧道的渗漏影响。

（二）不同技术的原理介绍

1. 硬质隧道衬砌技术

硬质隧道衬砌技术主要采用钢筋混凝土或预制混凝土构建隧道衬砌结构，通过衬砌的不透水性来防止地下水的渗漏。衬砌结构以及结构之间的缝隙会被防水材料填充，形成完整的防水层。防水层的选择和施工质量会直接影响到防水效果的持久性和可靠性。

2. 软质胶体材料施工技术

软质胶体材料施工技术通过使用具有防水性能的胶体材料，填充隧道壁面和裂缝，形成连续、均匀的防水层。这些胶体材料具有较强的自愈合性能，可以填充微小的缝隙并形成高强度的胶结体，防止地下水的渗透。施工过程中需要注意胶体材料的选择、配比和施工质量的控制，以确保防水效果的稳定性和持久性。

3. 土体改良技术

土体改良技术通过改变土壤的物理或化学性质，来改善土壤的渗透性和透水性。常见的土体改良方法包括填土、压实、固化和加固。通过改良土壤的性质，减少地下水在土壤中的渗透和渗漏，从而达到防止地下水渗漏的效果。

4. 高压注浆技术

高压注浆技术是将防渗材料通过高压注浆设备注入地层中，通过灌浆材料填充土层的孔隙和裂缝，形成坚固的固化体，从而达到防止地下水渗漏的效果。注浆材料可以是水泥、聚合物、聚氨酯或化学材料等，注浆过程中需要控制注浆压力和注浆量，确保注浆材料充分填充土层的空隙，形成坚固的防渗体。

5. 地下水降低技术

地下水降低技术包括地下排水系统、打井排水和土壤冻结等方法，通过控制地下水的位移和压力，减少地下水对隧道的渗漏影响。地下排水系统通过设置排水管网，将地下水引导到远离隧道施工区域的地方，减少了地下水压力对隧道的影响。打井排水通过井孔和抽水装置，降低地下水位，控制地下水的渗漏。土壤冻结技术则通过控制冷却液温度和流速，将土壤冻结成为不透水的固体，防止地下水的渗入。

隧道防渗漏施工技术主要包括硬质衬砌、软质胶体材料、土体改良、高压注浆和地下水降低等不同的方法。这些技术根据不同的原理，通过构建防水层、填补孔隙和裂缝、改良土体性质和控制地下水位等方式来防止地下水的渗漏。选择合适的防渗漏施工技术，并控制好施工质量，能够有效保障隧道的安全性和使用寿命。

三、隧道防渗漏施工技术的应用

（一）地面预处理

在进行隧道开挖之前，对地面进行适当的预处理可以有效地减少水的渗入隧道的可能性，并提高工程的安全性和可靠性。首先，地面加固是地面预处理的重要措施之一。隧道下方的地层可能存在不稳定的情况，例如软弱的土壤或岩层。为了增加地基的承载力和稳定性，可以采取加固措施，例如进行地基加固灌浆，在地基中注入特殊材料来增加地基的强度和稳定性。另外，也可以采用地面加固桩、地基加固梁等方法来增加地基的承载能力，减少地基位移和沉降，从而减少水渗入隧道的可能性。其次，排水是地面预处理的另一个重要措施。通过合理的排水系统，将地面的积液、降雨水、地下水等有效地排除隧道附近的地下空间，减少水的渗漏风险。排水系统包括排水管道、地下排水帷幕、水泵等设施。排水管道可沿隧道周边设置，将积液和地下水引导至远离隧道的合适位置。地下排水帷幕则采用特殊的渗透材料，将地下水引导至外部，防止水渗入隧道。水泵的设置可根据排水需求进行，将积液排至隧道外部。此外，合理的提高挡水的能力也很重要。在地面预处理阶段，可以采用覆盖防水层的方式，例如在隧道顶部和侧壁覆盖防水层，防止水分渗入隧道。防水层可以选择聚

合物合成材料、聚乙烯薄膜等。综上所述，地面预处理是土木工程中隧道防渗漏施工技术的关键环节之一。通过地面加固、优化排水系统和提高挡水能力，可以有效减少水的渗入隧道的可能性，确保隧道的密封性和安全性。隧道防渗漏施工技术的应用，不仅提高了隧道工程的可靠性，还能减少隧道使用过程中的维修和维护成本，确保人员和设备的安全。

（二）隧道衬砌

隧道衬砌是土木工程中防止隧道漏水的一项重要技术措施。它采用各种衬砌材料，如钢板桩、钢筋混凝土和喷射混凝土等，对隧道内壁进行覆盖，以增强隧道结构的强度、稳定性，防止水的渗入。首先，钢板桩是常用的隧道衬砌材料之一。钢板桩是由钢板制成的，可沿隧道内壁嵌入，形成一个连续的防水层。钢板桩具有高强度、耐腐蚀性能好等特点，能够有效地抵御地下水的压力和渗透，防止水的渗入隧道。此外，钢板桩还具有施工方便、施工速度快等优点，可以大大节约施工时间和成本。其次，钢筋混凝土是另一种常用的隧道衬砌材料。钢筋混凝土是一种由混凝土和钢筋组成的复合材料，具有优良的抗压、抗张、抗弯等性能。在隧道衬砌中，钢筋混凝土作为主要的衬砌材料，能够有效地增加隧道的承载力和刚度，防止地下水的渗入。此外，钢筋混凝土还具有良好的耐久性和抗渗性，能够提供长期的防水保护。另外，喷射混凝土也被广泛应用于隧道衬砌中。喷射混凝土是将水泥、骨料和特殊添加剂经过喷射设备进行喷射施工的一种技术，能够迅速形成坚固的混凝土衬砌层。喷射混凝土具有高强度、质地均匀、附着力强等优点，可以有效地阻止地下水的渗透和隧道结构表面的微裂缝。综上所述，隧道衬砌作为防止隧道漏水的关键手段之一，采用合适的衬砌材料进行精确计算和施工，能够有效地避免水的渗入。钢板桩、钢筋混凝土和喷射混凝土等衬砌材料具有不同的特点和适用场景，可以根据隧道工程的实际情况进行选择和应用。通过科学合理的隧道衬砌技术，能够保证隧道的密封性和结构安全，提高工程的可靠性和持久性。

（三）密封材料

在隧道衬砌工作完成之后，常常需要对隧道进行密封处理，以确保其密封性能。这时可以使用一些特殊的密封材料，如聚氨酯、沥青和聚合物等。聚氨酯是一种常用的隧道密封材料。它具有优异的黏结性和弹性，能够与衬砌材料良好地黏合在一起，形成一个连续的防水层。聚氨酯具有良好的抗渗性和耐久性，能够有效地防止水的渗入。此外，聚氨酯还具有抗紫外线、耐候性能好等特点，不易受到外界环境的影响，能够提供长期的防水保护。沥青也是一种常见的隧道密封材料。它具有优良的黏结性和柔韧性，可以填充和封闭隧道表面的微小裂缝和孔隙，防止水的渗透。沥青具有较高的渗透性，能够迅速渗入到隧道结构中，形成一个坚固的防水层。此外，沥青还具有抗老化、抗紫外线等特点，能够

提供持久的防水效果。聚合物是一种新兴的隧道密封材料。它具有优异的黏结性和强度，能够与隧道结构紧密结合，形成一个坚固的防水层。聚合物具有良好的柔韧性和耐久性，能够抵御温度变化和化学物质侵蚀，提供可靠的防水保护。此外，聚合物还具有较高的抗冲击性和抗火性能，能够提高隧道的安全性。总之，隧道密封材料在确保隧道的密封性方面起着关键作用。聚氨酯、沥青和聚合物等密封材料具有不同的特点和适用场景，可以根据隧道工程的实际情况进行选择和应用。通过合理选择和应用密封材料，能够有效地保护隧道结构，防止水的渗入，延长隧道的使用寿命，提高工程的可靠性和持久性。

（四）排水系统

在隧道施工中，合理的排水系统是非常重要的，它可以有效地排走隧道内的水。排水系统通常包括排水管道、管道连接和排水泵等组成。排水管道是排水系统的关键组成部分。它负责将隧道内的积水引导到目标地点，通常是低洼地带或设计好的排水渠。排水管道通常采用耐腐蚀、耐压力的材料制造，如钢管、混凝土管或塑料管等。这些材料具有良好的密封性能和耐久性，能够承受较高的水压并防止泄漏。排水管道的设计需要考虑隧道的水量和水压等因素，确保能够满足排水要求。管道连接也是排水系统中的重要环节。良好的管道连接可以确保排水系统的稳定和有效运行。通常采用可靠的密封件和管道连接技术，如橡胶密封圈、螺纹连接等。这些连接方式能够防止水的泄漏，确保水能够顺畅地流入排水管道。在某些情况下，需要安装排水泵来辅助排水系统的运行。排水泵能够将隧道内的积水抽出，使其能够顺利地排入排水管道。排水泵通常具有较高的抽水能力和耐腐蚀性能，能够适应不同的排水需求。排水泵的选型和安装位置需要根据实际情况进行调整，确保其能够有效地抽水并将水排出隧道。综上所述，合理的排水系统在隧道施工中发挥着非常重要的作用。它能够将隧道内的积水快速、稳定地排走，保持隧道的干燥状态。排水系统包括排水管道、管道连接和排水泵等组成，它们需要有良好的密封性能和耐久性，能够适应不同的排水要求。通过合理设计和安装排水系统，能够有效提高隧道的施工效率和工程质量，确保隧道的安全运行。

（五）隧道地基处理

隧道地基处理在隧道的防渗漏工程中具有重要的作用。对隧道地基进行合理的处理可以有效防止地下水的渗入，确保隧道的安全运行。常见的地基处理方法包括排水帷幕、注浆、灌浆和灌注桩等。排水帷幕是一种常用的地基处理方法。其原理是通过在隧道周围地下挖掘一定深度的沟槽，然后在沟槽中安装排水管道，并进行系统的排水排泥。这样可以降低地下水位，减少地下水对隧道的渗透和压力。排水帷幕需要根据实际情况确

定挖掘深度、排水管道间隔和排水能力等参数，以确保有效地控制地下水位。注浆是另一种常用的地基处理方法。它通过在地基中注入水泥浆或化学固化材料，填充地基裂缝，增强地基的稳定性和密实度。注浆可以修补地基的缺陷，提高地基的承载力，并防止水的渗透。注浆的施工需要根据地基的性质和问题选择合适的浆液配方和注浆压力，以达到最佳的加固效果。灌浆与注浆类似，都是通过在地基内注入固化材料来加固地基。灌浆的特点是通过喷射或抽吸的方式将灌浆材料填充到地基中，填充和固化效果更为均匀，能够有效提升地基的稳定性和密实度。灌浆也需要根据实际情况选择合适的灌浆材料和施工方法，确保灌浆能够达到预期的结果。此外，灌注桩也被用作隧道地基处理的一种方法。灌注桩是一种特殊的桩基工法，通过在地基中打入桩体并灌注混凝土来增强地基的承载力和稳定性。灌注桩能够形成一个坚固的桩体，有效抵抗水的渗透和地基的松弛。

综上所述，对隧道地基进行合理的处理对于防止水的渗透非常重要。排水帷幕、注浆、灌浆和灌注桩等地基处理方法都可以起到加固地基的作用，保证隧道地基的稳定性和防渗能力。在实际工程中，需要根据具体情况选择合适的处理方法，并结合其他防渗措施，确保隧道的安全运行。

结束语

通过本文的探析，我们可以看出土木工程施工中隧道防渗漏施工技术的重要性和应用潜力。隧道防渗漏施工技术的应用可以有效地避免地下水渗漏，保证隧道的安全和持久性。同时，隧道防渗漏施工技术的不断创新和进步也为隧道工程提供了更多的选择和优化方案。总的来说，隧道防渗漏施工技术的应用对于土木工程的发展和进步具有重要意义。随着科技的不断进步和研究的深入，相信隧道防渗漏施工技术会越来越成熟和完善，为各类隧道工程提供更加可靠和安全的保障。

参考文献

- [1] 郑毅. 公路隧道土木工程中的防水防渗施工技术[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2022(8): 3.
- [2] 袁锦勇. 一种土木工程隧道施工用混凝土取样装置: CN202021419343.9[P]. CN213022390U [2023-07-19].
- [3] 黄美程. 土木工程施工中深基坑支护的施工技术研究[J]. 2021.
- [4] 李方晓. 一种土木工程用隧道排水装置: CN202121366894.8[P]. CN215486160U [2023-07-19].
- [5] 李驰. 房建施工中防渗漏施工技术的应用探究[J]. 建筑技术研究, 2022, 5(4): 10-13.
- [6] 纪东菊. 防渗漏技术在建筑工程施工中的应用[J]. 现代物业: 中旬刊, 2021(3): 1.