

基于地铁施工的地下水流与围岩稳定性研究

王金亮

北京城建勘测设计研究院有限责任公司

摘要:在城市交通系统的建设中,地铁作为一种快速、高效、环保的公共交通工具,得到了广泛的应用。然而,地铁施工涉及地下水流与围岩稳定性的复杂关系,需要精心规划和综合管理,以确保工程的安全和可持续性。本文从地下水流的基本原理出发,深入探讨了地铁施工对地下水流的影响,以及围岩稳定性的评估方法。进一步讨论了围岩稳定性提升的施工措施、地铁施工与地下水水质保护策略,以及综合安全管理与监测措施。通过正确的规划和管理,可以确保地铁工程的安全实施,同时保护地下水资源和环境的完整性,为城市未来的交通需求提供了可行的解决方案。

关键词: 地铁施工; 地下建设; 水流与围岩稳定

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.21.054

引言

地铁作为城市交通系统的关键组成部分,不仅提供了高效的出行方式,还有助于减轻城市交通拥堵和减少环境污染。然而,地铁的建设和运营过程中,特别是在地下隧道施工中,面临着众多复杂的地质和水文地质挑战。其中,地下水流与围岩稳定性问题是至关重要的考虑因素。地铁隧道施工不仅需要穿越各种地质条件,还需要管理地下水流和围岩的相互作用,以确保工程的安全性和可持续性。地下水流可能对围岩稳定性产生影响,而围岩的变化也可能改变地下水流的路径和水质。因此,深入了解和管理这些相互关系是地铁工程成功的关键^[1]。

一、地铁施工的相关概述

(一) 地铁隧道施工过程

地铁隧道施工是一项复杂的工程过程,通常包括准备阶段、开挖阶段和围护阶段。在准备阶段,工程人员会进行地质勘探,制定详细的施工方案,并进行必要的设计调整。开挖阶段涉及隧道的开挖和支护,常用的开挖方法包括盾构法和钻爆法,不同方法会影响施工过程中的地下水流情况。随后,围护阶段包括对开挖后的隧道进行支护,以确保施工区域的安全和稳定^[2]。

(二) 施工过程中可能产生的地下水流问题

地铁施工过程中,可能会对地下水流产生影响,包括地下水位的变化、地下水流的路径调整等。开挖隧道会导致地下水位下降,因为施工区域的排水会导致水通过渗透或渗流进入隧道空间。这可能会影响周围地下水流的平衡,引发地下水流动的重新分布。此外,施工活动可能会破坏地下水位的隔离层,导致不同地下水体之间的交互作用,从而影响地下水的流动路径和质量^[3]。

二、地下水流的基本原理

(一) 地下水流的特性

地下水流是指自地下储存的地下水通过孔隙、裂缝或岩石中的渗流途径向下移动的过程。地下水流具有以下重要特性:首先,地下水流是一个缓慢而持续的过程。相对于地表水体,地下水流速度通常较慢,通常以米/天或米/年来衡量。这是因为地下水必须通过土壤和岩石等孔隙介质,而这些介质对水的流动具有一定的阻力。其次,地下水流具有方向性。地下水流的方向通常受到地形、地质结构和水文地质条件的控制。水流通常从高地势向低地势流动,而地下水流的路径可以在不同的地质层中流动,形成地下水流动的复杂网络^[4]。另外,地下水流还具有季节性和地域性变化。季节性变化是指地下水位在不同季节中上升和下降,通常与降雨和融雪等气象因素有关。地域性变化指不同地区的地下水流特性可能有很大的差异,受地质、气候和地下水补给等因素影响^[5]。

(二) 影响地下水流的因素

地下水流受多种因素的综合影响。其中,地质特征是一个主要因素,包括地下岩石和土壤类型、渗透性和孔隙度。这些地质特征决定了地下水流的路径和速度。地下水位也是影响因素之一,它会随季节性降雨、地下水补给和抽水活动而变化。地形和地势对地下水流方向有重要影响,水流通常从高地到低地流动。人为活动,如城市发展、排水系统和工程施工,也可以改变地下水流^[6]。

三、地铁施工与地下水流的相互关系

(一) 施工对地下水位的影响

地铁施工对地下水位具有显著的影响。隧道开挖通常涉及土壤或岩石的剥离,这可能会导致地下水位下降,尤其是在地铁隧道附近的区域。这种下降通常是由于施工区域的排水系统在地下水位下降的同时将地下水排走所引起的。施工导致的地下水位下降可能会对周围地区的地下水生态系统产生负面影响,例如湿地和河流的干涸,以及植被的凋落。此外,如果地下水位下降得太快或太深,可能会导致地下建筑物或基础设施的损坏,这是需要仔细监测和控制的问题。因此,在地铁施工中,需要采取适当的水文地质措施,以确保地下水位的变化不会引发不良后果。

(二) 施工引起的地下水流变化

地铁施工的挖掘和支护活动可以改变地下水流的路径和速度。例如,在地铁隧道开挖期间,施工人员通常需要排水以减少隧道内的水位,以便工程进行。这可能会导致地下水流动的重新分布,引起地下水流向施工区域流动,从而改变了原本的地下水流格局。这种变化

可能对周围的地下水生态系统和地下水资源管理产生重要影响。此外，地下水流的变化还可能引发地下围岩的位移，进一步影响地铁隧道的稳定性。

（三）地铁施工对地下水质的影响

地铁施工过程中，可能会引发地下水质的变化。施工区域的排水可能会将地下水中的溶解物质、悬浮物和化学物质排放到地表水体或其他地方。这可能对地下水产生负面影响，包括地下水污染和水质变差。施工活动也可能会破坏地下水质的隔离层，导致不同地下水体之间的混合，从而改变了水质特性。

四、地铁施工与围岩稳定性的关系

（一）围岩稳定性的基本原理

围岩稳定性是指地下工程中周围岩石或土壤的稳定性问题，它是地铁施工过程中至关重要的考虑因素。围岩稳定性取决于多个因素，包括地质、地应力、地下水位和地下水流等。基本原理包括：首先，地下工程中的岩石或土壤必须能够承受施工和地下水压力的作用，以保持其完整性和稳定性。如果围岩不稳定，可能导致坍塌、滑坡、岩层开裂或隧道变形等问题，甚至危及工程的安全。其次，围岩稳定性的评估需要考虑地下工程的目的和施工方法。不同类型的地下工程，如盾构隧道、开挖隧道或坑道，对围岩的要求和稳定性评估方法都有所不同。最后，地下水位和地下水流对围岩稳定性有直接影响。地下水的存在可以增加地下岩石的饱和度，降低摩擦力，从而增加了岩石的滑动和开裂的风险。

（二）地下围岩的分类与特性

地下围岩根据其形成和组成可以分为不同的类型，包括火成岩、沉积岩和变质岩等。这些岩石类型具有不同的物理和力学特性，如硬度、渗透性和脆性。围岩的特性对地铁施工的选择和工程设计至关重要。例如，火成岩通常比沉积岩更坚硬，但也更脆弱，可能需要更多的支护工程。此外，围岩的结构性特征，如裂缝和节理，对围岩的稳定性具有重要影响。裂缝和节理可能会导致围岩的破裂和滑动，增加了工程的复杂性。

（三）围岩稳定性评估方法

评估围岩稳定性的方法多种多样，包括定性和定量方法。其中，定性方法通常包括岩石的视觉检查和岩心取样，用于识别裂缝、节理和岩层的特征。定量方法涉及工程地质勘探、地下水位监测和数值建模等技术。地下水流模型可以用来模拟地下水流对围岩的影响，从而帮助评估围岩的稳定性。此外，还可以使用稳定性分析方法，如有限元分析和离散元素法，来评估围岩的稳定性。在地铁施工中，综合运用这些方法可以更全面地评估围岩的稳定性，并采取必要的支护和控制措施，以确保地下工程的安全进行。这些评估方法不仅需要在工程前期进行，还需要在施工过程中不断监测和调整，以应对不断变化的地下环境。

五、地铁施工对围岩稳定性的影响

（一）地铁隧道对围岩的作用

地铁隧道施工对围岩稳定性有着显著的作用。在隧道开挖过程中，地下围岩受到机械开挖和土方运输等力学作用，隧道内外的围岩会承受压力和位移。这种作用可能导致围岩的应力分布发生变化，从而对围岩稳定性产生影响。不仅如此，地铁隧道的存在还可能改变围岩的水文地质条件，影响地下水流和水位，对围岩的稳定性产生复杂的影响。

（二）施工引发的围岩位移与破坏

地铁施工可能引发围岩的位移和破坏，这是围岩稳定性面临的重要挑战之一。施工过程中的挖掘和支护活动会导致围岩的位移，包括沿着节理和裂缝的滑移、岩层的分离和破坏等。这些位移和破坏可能会导致隧道的坍塌、围岩落石、地下设施受损以及地表沉陷等问题，严重威胁到施工安全和地下工程的稳定性。

（三）围岩支护技术与施工安全

为了应对地铁施工对围岩稳定性的挑战，采用合适的围岩支护技术至关重要。支护技术可以包括岩石锚杆、喷射混凝土、隧道衬砌、预应力锚喷支护等多种方法。这些支护措施旨在增强围岩的承载能力，减少位移和破坏，以确保隧道的安全施工和运营。施工安全也需要结合地下水位和地下水流的影响来设计和实施支护方案，以防止水文地质因素对支护结构的不利影响。

六、基于地铁施工的地下水流与围岩稳定性提升策略

（一）地铁施工中的地下水流管理策略

地铁施工过程中，有效地管理地下水流至关重要，以确保工程安全进行并减轻对周围环境的不利影响。一种常见的策略是采用水文地质勘探，以深入了解地下水位、水质和地质条件。这有助于识别潜在的水流问题，并为制定合适的管理策略提供了基础。针对地铁施工区域，可以设计抽水和排水系统，以控制地下水位。例如，在隧道开挖期间，地下水位可能需要下降以减少水压，以确保隧道的稳定性。这些系统可以把地下水引导到适当的排水渠道或处理设施。同时注重水位监测和实时数据分析，安装水位监测装置，定期监测地下水位的变化，并实时分析数据。这有助于及时发现不正常的水位变化，以采取必要的措施来应对潜在的问题，如地下水位上升或下降的异常情况。除了水位监测，还需要监测地下水水质。地铁施工可能引发地下水中的溶解物质和污染物的释放。通过定期监测水质，可以及时采取措施来保护地下水资源和周围环境。根据监测数据，施工团队应随时调整施工计划和支护措施。例如，如果监测表明地下水位下降得太快，可能需要改变排水系统的运行方式，以避免不稳定情况的发生。

（二）围岩稳定性提升的施工措施

在地铁隧道施工中，围岩的稳定性是确保工程安全和可持续运营的关键因素之一。为了提升围岩稳定性，需要采取一系列施工措施，以减少岩石位移、滑移和破裂的风险。在隧道壁面和围岩中安装岩石锚杆和支护

结构,以增加岩石的牢固性。这些锚杆通常由钢筋混凝土或钢制成,并通过预应力或灌浆来提供额外的支持。例如,在岩石围岩中使用锚杆可以防止岩层的滑移和裂缝的扩展。在岩石表面或隧道壁面上喷射混凝土,形成一层坚固的衬砌,以增加围岩的稳定性。这种方法在地铁施工中常用于处理岩层不稳定或有裂缝的情况。喷射混凝土还可以减少地下水渗透,进一步提高岩石的稳定性;安装隧道衬砌是确保围岩稳定的一种重要方法。隧道衬砌通常由混凝土或钢材制成,用于加固和保护隧道的壁面。它可以防止岩石和土壤的位移,并提供额外的结构支持。例如,盾构隧道通常使用钢制衬砌来保护围岩和隧道结构;进行地下围岩监测,安装地下围岩监测系统,定期监测岩石应力、位移和裂缝情况。这些数据有助于及时发现潜在的围岩稳定性问题,从而采取必要的施工调整 and 支护措施。

(三) 地铁施工与地下水水质保护策略

地铁施工对地下水水质保护至关重要,因为不当的施工活动可能导致地下水中的污染物释放和水质恶化,对地下水资源和周围环境造成潜在风险。为了维护地下水水质,需要采取一系列策略和措施。首先,对地下水水质的监测至关重要。在施工前、施工期间和施工后,都应该进行定期的水质监测,以了解地下水中污染物的浓度和变化。例如,在隧道开挖过程中,可以监测地下水中挥发性有机化合物(VOCs)或重金属等污染物的浓度,以及pH值的变化。这有助于及时发现地下水水质问题,从而采取相应的应对措施。其次,采用防护措施来减少污染物进入地下水的可行性。例如,在地铁施工现场应建立合适的围堰和排水系统,以阻止污染物流入周围地下水体。此外,可以使用地下屏障技术,如井点注浆或地下墙,来隔离污染源和地下水体,以防止污染物扩散。之后教育和培训施工工作人员,使他们充分了解施工对地下水水质的潜在影响以及如何正确执行环保措施。这可以通过举办培训课程、制定详细的环保计划和定期审查来实现。最后,在地铁施工项目中建立紧急响应计划,以应对可能的水质问题。这包括如何应对污染事件、紧急抢险和修复受影响地下水体的措施。紧急响应计划的制定和实施可以最大限度地减少潜在的损害。

(四) 综合安全管理与监测措施

地铁施工是一个复杂的过程,需要综合考虑地下水流、围岩稳定性、地下水水质以及各种安全因素。为了确保施工过程的安全性和可持续性,需要采取一系列综合的安全管理和监测措施。首先,综合安全管理包括严格的施工计划和工程管理。这涉及合理的施工时间表、风险评估和应急预案的制定。例如,在地铁施工过程中,可能需要根据地下水位的变化来灵活调整工程进度,以避免潜在的水灾风险。其次,安全监测措施涵盖了多个方面。地下水流的监测需要在施工区域设置水位监测装置,以实时追踪地下水位的变化。围岩稳定性的监测包括地下围岩位移、裂缝和应力的定期检测。同时,地下

水质的监测需要对水质参数进行实时监测,以检测潜在的污染情况。此外,还需要采用先进的数值建模技术,模拟施工过程中地下水流和围岩稳定性的变化。这有助于预测潜在的问题并优化施工措施。例如,数值模型可以用来模拟地下水位下降对地下围岩的影响,以指导抽水系统的运行。最后,综合安全管理还包括对施工人员的培训和安全意识的提高。工程人员需要了解潜在的安全风险,并掌握应对紧急情况的能力。

(五) 实施精确的地下水流监测系统

实施精确的地下水流监测系统,可以实时追踪水位变化,为施工提供准确的数据支持。例如,在某城市的地铁施工项目中,安装了多个地下水位监测点,通过远程监控系统定期记录地下水位。当监测数据显示地下水位迅速上升时,施工团队立即采取了措施,包括增加排水泵的运行时间和调整井点注浆系统的操作,从而成功降低了水位,保障了施工的稳定性和安全性。此外,应采用先进的数值模拟工具,模拟地下水流与围岩相互作用的复杂性。这可以帮助预测潜在的地下水流变化和围岩位移,并为施工决策提供科学依据。例如,通过数值模拟,可以评估不同的隧道开挖方法对周围地下水流的影响,进而确定最佳的施工策略,以减少围岩变形和水位上升的风险。

结论

在地铁施工中,地下水流与围岩稳定性的关系是一个复杂而重要的问题。本文通过探讨地下水流的基本原理、地铁施工对地下水流的影响、围岩稳定性的基本原理以及施工措施等方面,深入剖析了这一关系。在地铁施工中,地下水流管理、围岩稳定性提升、地下水水质保护和综合安全管理与监测措施都是至关重要的策略和措施,用以确保工程的安全进行,减轻对环境和地下水资源的潜在影响。通过合理的规划、监测、支护以及培训,可以在地铁施工中实现地下水流与围岩稳定性的协调,并为城市交通发展提供可靠、安全的地铁系统。这些策略和措施的综合应用将有助于确保地铁工程的成功完成,同时维护地下水资源和环境的可持续性,为城市的未来交通需求提供坚实的基础。

参考文献

- [1]李超越.地铁施工环境与安全风险管控[D].常州大学,2022.
- [2]高泓.地铁工程施工安全风险因素分析[D].天津大学,2020.
- [3]杨立伟.地铁施工中地下车站防水施工技术探究[J].四川水泥,2020,(03):337+339.
- [4]王旭伟.地铁施工中地下车站防水施工技术[J].四川水泥,2020,(03):286.
- [5]米攀峰.地铁施工中地下管线保护监理工作的探讨及研究[J].价值工程,2020,39(06):49-50.
- [6]潘彦凌.基于信息化的地铁施工安全管理研究[D].浙江工业大学,2020.