

无锡地铁4号线岩溶地段地质风险及对策

高峰

华昕设计集团有限公司

摘要: 无锡市地铁4号线岩溶地段地质风险较大,主要表现为地下水丰富、地下溶洞密集和地层不稳定等问题。为了减少工程施工期间和地铁运营期间的地质风险,本文提出了以下对策:(1)在地质调查中加强对岩溶地貌特征的研究和判断,全面评估地下水、溶洞、地层等地质条件,制定合理的施工方案;(2)采用合适的防水材料和防水措施,减少地下水的渗漏和渗透,避免洞室坍塌和地层变形;(3)在建设过程中加强监测和调查,及时发现和处理地质灾害,保证工程质量和地铁安全运营。本文对无锡地铁4号线岩溶地段的地质风险及对策进行了分析和研究,为类似工程提供了一定的参考价值^[1]。

关键词: 无锡地铁4号线;岩溶地段;地质风险;对策

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.13.045

一、无锡地铁4号线的背景和研究意义

随着城市化进程的加速,轨道交通作为城市快速交通的代表,已经成为现代城市不可或缺的重要组成部分。地铁作为轨道交通的重要形式之一,具有运行速度快、运能大、安全性高等特点,因此受到了越来越多城市的青睐。无锡市也是一座快速发展的城市,为了缓解交通压力,提高城市发展水平,决定兴建无锡地铁4号线。

然而,无锡地铁4号线在建设过程中遇到了很多困难和挑战,其中地质条件是最主要的一项。无锡市地处太湖平原,地质条件复杂,其中岩溶地段地质风险较大,如地下水丰富、地下溶洞密集和地层不稳定等问题,给地铁的建设和运营带来了不小的风险和隐患。因此,对无锡地铁4号线岩溶地段地质风险进行深入研究,制定科学合理的对策,具有重要的现实意义和研究价值。

本文旨在对无锡地铁4号线岩溶地段地质风险及对策进行研究和探讨,以期为类似工程提供一定的参考价值。具体来说,本文将分析岩溶地形特征及地质背景、地下水和溶洞的分布和特征、地层不稳定性分析,同时提出相应的对策,包括地质调查和评估、防水措施和材料选用、监测和灾害处理等方面。最后,本文将对实施效果进行评价,总结结论和未来展望,以期为无锡地铁4号线建设和类似工程提供借鉴和参考。

二、无锡地铁4号线岩溶地段地质风险分析

(一)岩溶地形特征及地质背景分析

岩溶是一种特殊的地质形态,指地表下石灰岩、石膏等溶解性岩层被地下水侵蚀溶解形成的地貌和地下空

间。无锡市所在的太湖平原地区,地下岩溶发育,特别是在石灰岩、石膏等岩层中,溶洞、裂隙等地形较为常见。岩溶地形的特点是地下水的循环非常活跃,水系发达,地下溶洞和裂隙多,地下水位变化大,且水流量较大,对地下工程的安全性构成了极大的挑战。

(二)地下水和溶洞的分布和特征分析

无锡地铁4号线岩溶地段的地下水主要来源于太湖、太子河、阡住河等水系,地下水位变化大、水流量大、水质较差。同时,在该地区溶洞和裂隙比较发达,其分布和密度受地质构造和地貌因素影响。通过现场调查和样本分析,我们发现岩溶地段地下水和溶洞的主要特征如下:

(1)地下水特征

①地下水位变化大:无锡市夏季雨水充沛,地下水位上升,雨季时地下水位可达到1-2米,冬季水位较低。

②水流量大:由于地下水的循环非常活跃,因此水流量较大,通常为每秒几十升至上百升。

③水质较差:由于污染源的存在,无锡地区地下水质量普遍较差,且难以治理。

(2)溶洞和裂隙特征

①密集分布:无锡地铁4号线岩溶地段溶洞和裂隙的分布相对集中,部分区域密度较高。②形态多样:溶洞和裂隙形态各异,有的呈圆形、椭圆形,有的呈线状、网状等不规则形状。

③大小不一:无锡地铁4号线岩溶地段的溶洞和裂隙大小不一,有的深度达到几十米甚至上百米。

(3)其他特征

①地面沉降风险:岩溶地区地下溶洞、裂隙的发育容易导致地面沉降的风险。需要评估地下工程施工和运营过程中是否会对地面稳定性产生不可逆的影响,并制定相应的预防和补救措施。

②施工安全:在进行地铁4号线岩溶地段的施工过程中,需要注意岩层的稳定性和岩溶地质风险的控制。结合地下水位、地质构造和地下洞室等因素,制定合理的施工方案,加强工程监测与预警,确保施工安全。

③预防措施:根据地质风险分析结果,制定相应的预防措施。包括加固地下工程结构、合理排水和防渗措施、地面监测和预警系统的建设等。同时,加强工程施工与运营过程中的安全管理和维护,定期检查和维护岩溶地段的地下结构,确保地铁4号线岩溶地段的安全运营。

(三)岩溶地段地质风险分析

(1)岩溶地形对地铁建设的影响

岩溶地形的地下水和溶洞裂隙对地铁建设具有以下影响：

①岩溶地形的地下水循环活跃，水流量大，地铁建设需考虑地下水涌入隧道和车站的可能性，并采取防渗措施。

②地下水的变化会对地铁隧道和车站的稳定性造成一定的影响，对地铁隧道进行防水处理，对车站进行防渗、排水处理。

③溶洞和裂隙的存在会对地铁建设的安全性构成威胁，可能导致隧道塌陷、车站沉降等问题。

（2）岩溶地段的地质风险分析

针对岩溶地段的地质风险，我们进行了如下分析：

①沉降风险：由于岩溶地形的存在，地下水循环活跃，可能导致地铁隧道和车站沉降，影响地铁的使用和安全。因此，在隧道和车站建设过程中，需进行严格的地质勘察和监测，及时发现问题并采取措

施。②塌陷风险：岩溶地形中的溶洞和裂隙容易造成地质灾害，如隧道塌陷等，对地铁建设和使用造成威胁。因此，在地铁建设过程中，需要严格控制施工过程中的挖掘深度和速度，防止对地质构造的破坏。

③漏水风险：由于地下水循环活跃，地铁隧道和车站可能面临漏水风险。在地铁建设过程中，需要采取防水措施，如使用防水材料、加强隧道排水系统等。

无锡地铁4号线岩溶地段存在一定的地质风险，需要采取有效的措施加以应对。在地铁建设过程中，需要加强地质勘察和监测，采取防渗、控制施工深度和速度、强化防水措施等措施，保证地铁的安全和可靠运行^[2]。同时，还需要加强安全管理，建立健全的安全管理体系，加强监测和预警，确保地铁的安全和稳定运行。

三、无锡地铁4号线岩溶地段地质风险对策

无锡地铁4号线岩溶地段存在一定的地质风险，需要采取有效的对策加以应对，确保地铁的安全和可靠运行。本章将从地铁建设前期的地质勘察、建设中的防治措施和地铁运营中的安全管理等方面，提出相应的对策。

（一）地铁建设前期地质勘察

（1）开展详细的地质勘察：在地铁建设前期，需要开展详细的地质勘察工作，对岩溶地段的地质情况进行全面了解，包括岩石类型、构造特征、地下水水位等，为后续的地铁建设提供重要依据。

（2）建立地质灾害预警系统：在地质勘察过程中，需要结合前期的岩溶地质特征和历史地质灾害数据，建立地质灾害预警系统，及时发现并预防潜在的地质灾害。

（3）对施工地点进行细致评估：在进行地铁建设前，需要对施工地点进行细致的评估，包括地质、水文、气象等多个方面，全面评估施工地点的地质风险，避免因建设导致的地质灾害。

（二）地铁建设中的防治措施

（1）加强防渗措施：在地铁建设中，需要采取有效的防渗措施，避免地下水涌入隧道和车站，影响地铁使用和安全。包括采用防渗材料、加强隧道排水系统、进行地下水调控等，保证地铁的安全性和可靠性^[3]。

（2）控制施工深度和速度：在地铁建设过程中，需要严格控制施工深度和速度，防止对地质构造的破坏，避免地质灾害的发生。同时，需要对施工过程进行监测，及时发现和预防潜在的地质灾害。

（3）强化防水措施：地铁隧道和车站面临漏水风险，需要加强防水措施，如使用防水材料、加强隧道排水系统等，保证地铁的安全性和可靠性。

（4）加强施工安全管理：在地铁建设过程中，需要加强施工安全管理，建立健全的安全生产制度和监管机制，落实责任到位，确保施工过程中的安全生产。

（三）地铁运营中的安全管理

（1）定期巡检和维护：地铁建成后，需要定期进行巡检和维护，及时发现并处理地铁设施的问题，防止设施损坏引发的安全隐患。对于岩溶地段，需要特别关注地下水、岩石裂缝等问题，采取相应的对策。

（2）加强灾害应对能力：在地铁运营中，需要加强灾害应对能力，建立健全的应急预案，提高应对突发事件的能力。对于岩溶地段，需要加强地质灾害的应对措施，采取预防、减灾、救援和恢复重建等措施。

（3）强化安全培训和宣传教育：在地铁运营中，需要加强安全培训和宣传教育，提高职工和乘客的安全意识，强化安全防范意识。特别是对于岩溶地段，需要针对性地进行安全宣传和教

（四）工程设计与施工方案优化

在地铁4号线岩溶地段的工程设计阶段，充分考虑地质风险因素，制定合理的工程设计方案。结合地质勘探结果，优化地下结构设计，采用适当的加固措施，以增强地下工程的稳定性。在施工过程中，采用先进的施工技术，减少地质风险的影响。针对岩溶地段地下水位活跃、渗透性强的特点，采取防渗排水措施，包括加强地下工程的防水设计、设置合理的排水系统，以降低地下水对地下工程的不利影响。定期检查和

维护排水设施，确保其正常运行。制定完善的安全管理制度和应急预案，明确责任分工和处置流程。加强对施工人员的培训和安全意识教育，提高应对地质风险的能力。建立紧急事故报警机制和应急救援预案，确保在发生地质风险事故时能够及时处置和应对。

综上所述，无锡地铁4号线岩溶地段地质风险较大，需要采取一系列有效的对策加以应对。在地铁建设前期，需要开展详细的地质勘察，建立地质灾害预警系统，对施工地点进行细致评估；在地铁建设中，需要加强防渗、控制施工深度和速度、强化防水、加强施工安全管理等方面的防治措施；在地铁运营中，需要定期巡

检和维护、加强灾害应对能力、强化安全培训和宣传教育等方面的安全管理。只有采取有效的对策，才能确保无锡地铁4号线在岩溶地段的安全运营，为城市发展和市民出行提供保障。

四、实施效果评价

为了评价无锡地铁4号线岩溶地段地质风险对策的实施效果，需要从施工过程和地铁运营两个方面进行评价。

(一) 施工过程中的实施效果评价

在施工过程中，无锡地铁4号线岩溶地段地质风险对策的实施效果可以从以下几个方面进行评价：

(1) 地质勘察：通过地质勘察，可以了解施工地点的地质情况和地质灾害风险情况，为采取防治措施提供科学依据。实施对策后，需要比较实际情况和勘察结果的差异，评估对策的科学性和有效性。

(2) 防渗措施：在岩溶地段，地下水流量大、地下水位高，因此需要采取防渗措施。可以评估施工现场的地下水位、地下水流量等数据，评价防渗措施的实施效果。

(3) 控制施工深度和速度：在岩溶地段，控制施工深度和速度可以减少对地质环境的影响。可以评估施工现场的地质变化、地面沉降等数据，评价对策的实施效果。

(4) 施工安全管理：通过加强施工安全管理，可以有效避免施工中发生的安全事故。可以评估施工期间的安全事故数量、程度和原因，评价对策的实施效果。

(二) 地铁运营中的实施效果评价

在地铁运营中，无锡地铁4号线岩溶地段地质风险对策的实施效果可以从以下几个方面进行评价：

(1) 定期巡检和维护：通过定期巡检和维护，可以及时发现并处理地铁设施的问题，避免设施损坏引发的安全隐患。可以评估巡检和维护工作的频率、质量等指标，评价对策的实施效果。

(2) 灾害应对能力：通过加强灾害应对能力，可以提高应对突发事件的能力，保障地铁运营的安全。可以评估应急预案的科学性和可行性，以及实际应对情况与预案的符合度，评价对策的实施效果。

(3) 安全宣传和教育：通过加强安全宣传和教育，可以提高乘客的安全意识，避免不必要的安全事故。可以评估安全宣传和教育的覆盖率和效果，评价对策的实施效果。

(4) 监测系统：通过建立监测系统，可以对地铁设施的运行状况和周围环境变化进行实时监测，及时发现问题并采取措施。可以评估监测系统的建设情况和监测数据的准确性和及时性，评价对策的实施效果^[4]。

(三) 实施效果评价的方法

实施效果评价的方法包括定性和定量方法。定性方法主要是根据实际情况进行综合评价，分析对策实施的优劣；定量方法则是通过数据分析、统计方法等量化评

价对策的实施效果。下面以控制施工深度和速度为例，介绍定性和定量方法的具体应用。

(1) 定性方法

通过对施工现场的地质环境、工程施工等方面进行观察和记录，综合评价对策实施的效果。例如，可以比较实际沉降数据和预测数据的差异，评估控制施工深度和速度对减少地面沉降的效果。也可以通过问卷调查、专家评审等方法，获得对策实施效果的定性评价。

(2) 定量方法

通过采集施工现场的数据，使用统计分析方法进行分析，得出对策实施效果的定量评价结果。例如，可以使用控制变量法，对比不同施工速度和深度下地面沉降数据的变化，评估控制施工深度和速度对减少地面沉降的效果。也可以通过使用数据可视化工具，将数据可视化，帮助评价对策实施效果。

(四) 结论

在实施无锡地铁4号线岩溶地段地质风险对策的过程中，可以通过施工过程和地铁运营两个方面进行实施效果评价。可以采用定性和定量方法进行评价，以综合评估对策实施的效果。评价结果可以为其他地铁建设项目提供经验和借鉴，为进一步提高地铁运营安全性提供参考依据。

五、结语

综上所述，无锡地铁4号线岩溶地段地质风险对策的实施，为地铁运营安全提供了重要保障。本文通过对岩溶地段地质风险的分析，提出了一系列有效的对策，并探讨了对策的实施效果评价方法。在实施过程中，需要充分考虑地铁建设和运营的特点，制定科学、合理的对策措施，并通过实施效果评价不断完善和优化对策方案^[5]。然而，在实践中，可能会出现一些意外情况和未知因素，对策的效果也不一定能够完全达到预期目标。因此，在对策实施过程中，需要不断地总结经验、调整措施，以不断提升对策的实施效果。同时，需要加强地铁运营安全管理，建立健全的安全管理体系，提高地铁运营安全水平，保障乘客的出行安全。

参考文献

- [1] 叶耀东, 朱合华, 王如路. 软土地铁运营隧道病害现状及成因分析[J]. 地下空间与工程学报, 2007, 3(1): 157-160.
- [2] 宋战平, 慕彦波, 李宁. 顶部既有隐伏溶洞对圆形隧道稳定性影响的数值分析[J]. 岩土学, 2007, z1: 97-101.
- [3] 雷金山, 苏锋, 阳军生, 等. 土洞对地铁隧道开挖的影响性状研究[J]. 铁道科学与工程学报, 2008, 5(2): 13-17.
- [4] 黄家祥, 张晓春. 城市地铁工程的地下水问题分析[J]. 岩土工程界, 2008, 11(1): 17-20.
- [5] 周铮. 地铁工程中承压水控制的施工技术[J]. 建筑施工, 2007, 29(9): 6-10.