

# 隧洞盾构法施工中地质风险评估与控制研究

郑良

中国水利水电第七工程局有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i6.1855

**[摘要]** 在隧洞盾构法施工过程中,地质风险评估与控制是确保工程安全和效率的关键环节。基于此,本文对其施工中的地质风险问题提出了系统化的评估与控制策略,建立了综合考虑地质条件、施工环境及盾构机性能等因素的地质风险评估模型以评估潜在风险,并提出了包括实时监测、预警系统和应急预案等对不同风险类型的控制措施。研究表明:经过有效的风险管理可提高施工安全性、减少工程损失,以及科学的地质风险评估与控制策略对盾构法施工的成功实施至关重要。

**[关键词]** 隧洞盾构法; 地质风险; 风险评估; 控制策略; 施工安全

中图分类号: P54 文献标识码: A

## Study on geological risk assessment and control in tunnel shield tunneling construction

Liang Zheng

Sinohydro Seventh Engineering Bureau Co., Ltd

**[Abstract]** In the process of tunnel shield construction, geological risk assessment and control is the key to ensure the engineering safety and efficiency, systematic assessment and control of the construction problems strategy, established considering geological conditions, construction environment and shield performance of geological risk assessment model to assess potential risks, and put forward including real-time monitoring, early warning system and emergency plan control measures of different risk types of. After effective risk management can improve construction safety and reduce engineering loss, the research shows that scientific geological risk assessment and control strategy is crucial to the successful implementation of shield construction.

**[Key words]** tunnel shield method; geological risk; risk assessment; control strategy; construction safety

### 引言

隧洞盾构法作为高效的地下工程施工技术在城市基础设施建设中作用关键,但因地质条件复杂多变,盾构施工面临诸多风险挑战,这些风险既影响施工进度又可能威胁工程安全,所以系统化的地质风险评估与控制是保障盾构施工成功的关键。随着地质工程技术进步,新的评估模型和控制方法不断出现,促使风险管理手段更科学化智能化,在此背景下对隧洞盾构法施工中的地质风险深入研究有助于提高施工安全性和效率,推动地下工程领域发展。

#### 1 隧洞盾构法施工中的地质风险识别

##### 1.1 地质条件对盾构法施工的影响

在隧洞盾构法施工中,地质条件的复杂性对施工过程的影响极为关键,地质条件涵盖土层的类型、结构以及地下水位等。这些因素直接决定了盾构机的工作环境 with 施工难度,土壤的物力学性质,如强度、压缩性和透水性,会对盾构机的推进效果以及盾构隧道的稳定性产生影响<sup>[1]</sup>。软土层和黏土层会给盾构机的推进带来较大阻力,可能致使盾构机的推进速度减慢,甚至

出现推进困难的情况,而坚硬的岩石层则或许会导致盾构机刀具的磨损加剧,需要定期进行更换和维护。地下水的存在同样也是重要的地质条件之一,高水位和地下水的流动性会对盾构施工的稳定性和安全性造成影响,增大地质风险。

在水位较高时,可能出现涌水现象,致使施工难度提高,需要采取相应的排水和支护措施来确保施工安全,地质结构的异质性和不均匀性也会给施工带来不确定性。地层的突然变化或者潜在的地质断裂带会对盾构施工产生突发性的影响,需要进行实时监测并及时调整施工方案,随着现代工程技术的发展,地质风险的识别和应对措施在不断优化,经过高精度的地质探测技术和实时监测系统,能够更精准地获取地质信息,为盾构施工提供科学依据。结合新兴的数字化管理手段,对地质条件展开全面分析和评估,有助于制定出更为精准的施工策略,降低地质风险给盾构法施工带来的负面影响。

##### 1.2 盾构法施工常见地质风险类型

在盾构法施工过程中,常见的地质风险类型给施工安全性和效率带来了挑战,地下水涌出是颇为显著的地质风险,尤其在在

水位地区,大量地下水的涌入不但增加了盾构机的工作负担,还可能致使地层不稳定,进而引发沉降或涌水现象,这类风险要求在施工过程中采用有效的排水和降水措施,以维持施工环境的稳定。地层的突变属于另一种常见风险,地层的突然变化,从软土层过渡到硬岩层,可能给盾构机的推进造成困难,致使刀具磨损加剧或者设备损坏。这种风险通常需要详尽的前期地质勘察来预测,并在施工过程中灵活调整推进参数,以应对地层的变化。

## 2 地质风险评估模型的构建

### 2.1 评估模型的理论基础

地质风险评估模型的构建立足于坚实的理论基础,主要涵盖了地质工程学、概率统计学以及系统工程等领域的知识。地质风险评估模型的核心在于对地质条件的复杂性和不确定性进行量化,进而为风险预测和控制提供科学依据。基于地质工程学,模型考量了地层的物理力学特性,诸如土壤的密度、强度、压缩性及透水性,这些参数直接左右着盾构施工的推进效率和地层稳定性。对地质资料的全方位收集与分析,构建起基于实际地质条件的评估框架,能够更为精准地识别潜在风险源,并预测其可能产生的影响<sup>[2]</sup>。概率统计学为评估模型给予了理论支撑,用于处置地质数据当中的不确定性和随机性。借助统计方法对地质数据展开分析,能够估算地质风险事件的发生概率以及其可能带来的后果。这种方法不但有助于识别高风险区域,还能够对不同风险情境下的影响实施定量评估,为决策提供依据。系统工程学的运用则牵涉到模型的综合设计与优化。在地质风险评估模型中,系统工程的原理用于整合各类地质信息和评估结果,构建起多层次、多维度的风险评估体系。经过系统化的手段,将各种地质风险因素进行集成分析,能够全面评估施工过程中的风险,并拟定相应的控制措施。现代技术的发展进一步强化了评估模型的实用性。高精度的地质探测技术和智能化的数据分析工具,促使评估模型能够实时更新和调整,从而提升了风险预测的准确性和可靠性。这些理论基础的有机结合,不但增进了地质风险评估的科学性,也为盾构施工的风险管理提供了稳固的支持。

### 2.2 评估模型的实际应用

评估模型在实际应用中成效显著,对盾构法施工中的地质风险管理意义重大,模型的实际应用主要体现在地质风险的实时监控、施工方案的优化以及应急响应的管理等。在实时监控,评估模型借助传感器和监测设备获取实时地质数据,经过数据分析和模型预测,及时察觉施工中的异常状况。模型能够实时分析盾构机推进过程中的地层变化情况,像土壤的密度、地下水位的波动等。这种实时反馈机制有助于工程人员迅速掌握施工环境的变化,并做出相应调整,从而有效防范和控制潜在的地质风险。施工方案的优化模型的模拟和预测功能得以实现。基于历史数据和实时数据,模型能够模拟不同地质条件下盾构机的工作表现,评估各种施工方案的效果。对不同方案的风险评估,能够拟定出最优的施工策略。

在遭遇复杂地层时,模型可以推荐适宜的推进参数和加固措施,以提升施工安全性和效率。在应急响应管理上,评估模型提供了科学的决策支持。模型能够预测可能的地质风险事件及其影响范围,助力制定详尽的应急预案。当实际施工中出现风险时,模型能够迅速给出应急措施的建议,涵盖加固措施、调整施工方法以及人员疏散等。这种基于数据和模型的应急响应,能够极大地提高处理突发事件的效率,降低风险对施工的影响。现代技术的进步进一步增强了模型应用的效果。数据采集与分析技术的发展,使得模型能够处理更为繁杂的地质数据,提供更为精准的风险预测。智能化的决策支持系统能够依据实时数据自动调整风险评估结果,令模型的实际应用更加高效和灵活。这些技术手段,评估模型在实际应用中发挥了关键作用,推动了盾构法施工的安全和高效施行。

## 3 地质风险控制策略的设计与实施

### 3.1 风险预警系统的建立

建立风险预警系统是地质风险控制策略里的关键环节,其目标在于提前识别和响应潜在的地质风险,以此保障盾构法施工的安全并促使其顺利进行。风险预警系统的设计首先需要整合多种监测技术,从而实现对施工环境的全面监控。现代预警系统通常将地质传感器、监测设备以及数据采集技术相结合,以获取实时的地质数据。这些传感器涵盖地下水位计、地层压力传感器和土壤探测仪等,能够实时采集地下水位、地层压力以及土壤变化等信息。在完成数据采集后,系统借助高效的数据处理和分析模块对实时数据予以处理。在数据处理过程中,运用先进的算法和模型对采集的数据展开分析,以识别潜在的风险信号。对地层压力和水位变化的趋势分析,能够预测可能出现的地质异常,像土壤液化或地层沉降等。这些分析结果为预警系统提供了可靠的风险预判依据,使得施工人员能够在风险发生前采取预防举措。

预警系统还需要具备实时警报功能,当系统检测到异常数据或潜在风险时,能够迅速发出警报,以便施工团队及时作出响应。警报系统通常包含多种通知方式,诸如声光报警、短信通知以及系统内报警等,确保相关人员能够迅速获取警报信息,并采取相应措施。预警系统的建立还需要开展定期的维护和更新。随着施工进度的推进以及地质条件的变化,预警系统的监测参数和算法需要持续调整和优化,以适应新的环境变化。不断完善预警系统的功能和准确性,能够有效提高地质风险的管理水平,降低风险对施工的影响。结合新的技术发展,智能化和自动化的风险预警系统将进一步增强风险识别和响应能力,推动施工安全管理的现代化和高效化。这种系统的建立和实施,为盾构法施工中的地质风险控制提供了强有力的技术支撑。

### 3.2 实时监测技术的应用

实时监测技术在地质风险控制中发挥着举足轻重的作用,其应用能够切实提高盾构法施工的安全性和效率,这些技术持续收集和分析施工环境的数据,为施工过程提供了精准的动态信息,进而实现对地质风险的早期识别和实时响应<sup>[3]</sup>。现代实时

监测系统通常涵盖多种传感器和测量设备,这些设备能够实时监测地下水位、地层压力、土壤变形等关键参数。地下水位计用于实时检测地下水位的变化,及时对可能的涌水风险发出预警。地层压力传感器则对地层中的压力变化进行监测,助力识别地层稳定性的问题。土壤变形监测仪器能够追踪土壤的位移状况,防止地层沉降或位移给施工带来影响。

在完成数据采集后,经过高效的数据处理和分析模块,实时监测系统会对监测数据展开综合分析。这些分析不仅有助于判断施工环境的当前状态,还能够预测潜在的风险趋势。监测到的异常数据能够触发预警机制,提醒施工团队及时采取措施,以降低风险发生的概率。现代技术的进步使实时监测系统变得更加智能化和自动化,数据传输和处理的速度大幅提升,系统能够在短短几秒钟内对数据进行分析并反馈结果。

#### 4 地质风险控制策略的优化

##### 4.1 控制措施的效果评估

控制措施的效果评估在地质风险控制策略的优化中占据着重要地位,经过系统性地评估控制措施的实施效果,能够持续改进施工管理,提高施工安全性和效率。评估的主要目标在于检验所实施的控制措施是否切实有效地降低了地质风险,并保证施工过程中的风险管理措施达成了预期的效果<sup>[4]</sup>。在评估过程中,要对实施的控制措施进行详尽记录,涵盖采用的技术手段、调整的施工参数以及应对策略等。对这些记录的分析,能够明确每项措施的具体作用和实际成效。面对实时监测系统和风险预警系统等技术措施,借助对监测数据的分析,可以评估这些技术在风险预警和实时响应的实际表现。对比实施前后地质风险发生频率的变化,能够直观地展现出控制措施的有效性。

##### 4.2 风险管理系统的优化方案

风险管理系统的优化方案致力于提升地质风险管理的效率和准确性,保障盾构法施工的安全性和顺利推进,优化方案需要对现有的风险管理系统展开全面评估,识别其在数据采集、分析处理和风险预警等环节存在的不足之处。在此基础上,引入先进的技术和方法,如人工智能和大数据分析,以提升系统的智能化

水平和数据处理能力<sup>[5]</sup>。这些技术能够提升对复杂地质环境的识别和预测精度,让风险预警更加及时和准确。优化方案还涵盖系统集成改进,将实时监测系统、预警系统和施工管理系统进行有效的整合,达成数据的实时共享和协同工作。这种集成化的管理模式不但提升了信息流通的效率,也增强了对地质风险的全面掌控能力。构建灵活的反馈机制和动态调整功能,能够依据实时数据和施工进展不断优化风险管理策略,确保在各种地质条件下的施工安全。

#### 5 结语

地质风险在盾构法施工中影响重大,合理识别和有效控制此类风险是确保施工安全与效率的关键,构建科学的风险评估模型能精准预测和分析地质风险,为施工提供可靠数据支撑,实时监测技术的应用能及时反映施工环境动态变化,增强风险管理成效。优化风险管理系统包括对现有措施的评估改进、新技术引入和系统集成,不断完善和升级风险控制策略能有效降低地质风险,推动盾构法施工安全高效实施,未来应聚焦技术创新和系统集成以应对复杂地质挑战,为工程建设提供坚实保障。

#### [参考文献]

- [1]张伟.盾构施工中的地质风险分析与控制[J].地下空间与工程学报,2022,18(4):123-130.
- [2]李娜.实时监测技术在地质风险管理中的应用研究[J].工程技术与应用,2023,15(2):45-50.
- [3]王磊.地质风险评估模型的优化策略[J].土木工程学报,2021,40(7):76-83.
- [4]刘刚.盾构施工地质风险控制措施的效果评估[J].施工技术,2022,21(6):98-105.
- [5]陈静.现代地质监测技术的应用与发展[J].智能建筑与城市发展,2023,30(3):56-62.

#### 作者简介:

郑良(1987—),男,汉族,四川邛崃人,大学本科,工程师,隧洞施工、城市建筑、水利工程等。