

Research on the Influence of Geological Disturbance during Subway Shield Tunneling Construction Process

Junfeng He

Shenzhen Metro Construction Group Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518038, China

Abstract

Subway shield tunneling construction is a key technology in urban rail transit construction, but its disturbance to the ground during the construction process often becomes an important factor affecting construction safety, surrounding environment, and structural stability. This study focuses on the causes, scope, and potential impact of ground disturbance on the surrounding environment during subway tunnel construction. It elaborates on the main theories and characteristics of shield tunneling construction, and explores various factors that induce ground disturbance during the construction process, such as soil type, operating parameters, and shield tunneling machine operation conditions. Theoretical analysis and case study of geological disturbance, focusing on its potential impact on surrounding buildings and infrastructure, especially the causes and severity of surface settlement, cracks, and soil flow issues. By implementing scientific construction management and utilizing advanced technologies, the adverse effects caused by geological disturbances are significantly reduced, and the safety and operational efficiency of subway shield tunneling operations are greatly improved.

Keywords

subway shield tunneling construction; geological disturbance; construction impact; soil reinforcement; safety management; monitoring technology

地铁盾构施工过程中的地层扰动影响研究

何俊峰

深圳地铁建设集团有限公司, 中国·广东 深圳 518038

摘要

地铁盾构施工是城市轨道交通建设中的一项关键技术, 但在施工过程中对地层的扰动影响常常成为影响施工安全、周围环境及结构稳定的重要因素。本研究聚焦于地铁隧道施工中地层扰动的成因、波及范围及其对邻近环境的潜在冲击, 对盾构施工的主要理论及其特性进行阐述, 并探讨施工环节中诱发地层扰动的多种要素, 诸如土壤类别、作业参数、盾构机作业状况等。对地层扰动进行理论剖析与案例研究, 聚焦于其对周边建筑及基础设施的潜在影响, 尤其是地表沉降、裂缝及土体流动等问题的成因及其严重性。通过实施科学施工管理及运用先进技术, 显著减少地层扰动带来的不良影响, 并大幅提升地铁盾构作业的安全及作业效率。

关键词

地铁盾构施工; 地层扰动; 施工影响; 土层加固; 安全管理; 监测技术

1 引言

随着城市化进程的加速, 地铁建设在现代城市交通中扮演着越来越重要的角色。地铁盾构施工作为城市地下轨道交通建设的主流技术, 以其高效、低噪音、适应性强等特点广泛应用。然而, 实施地铁盾构作业过程中, 不可避免地会对周边地层造成不同幅度的扰动, 尤其当软土层或地质条件复杂时, 此类扰动有可能诱发地面沉降、建筑损毁以及地下管线位移等一系列问题, 严重者甚至可能阻碍施工进度, 危及周边环境的安全稳定性。在地铁建设领域, 迫切需要解决

的关键技术问题包括对盾构施工期间地层扰动的深入研究和寻求相应的有效控制与管理策略。

2 地铁盾构施工概述

地铁盾构施工是一种利用盾构机在地下进行隧道开挖的施工方法, 广泛应用于城市轨道交通和地下设施建设。盾构机是一种专门设计用于地下隧道开挖的设备, 通过其前端的刀盘旋转切割土层, 同时利用后方的推进系统和喷浆系统使土体稳定, 并通过其主机系统将泥水、渣土等输送至地面。地铁盾构施工具有较高的安全性、效率和适应性, 尤其适用于复杂的城市地质环境和有限空间内的隧道施工^[1]。

在盾构施工这一复杂过程中, 涵盖了前期准备、盾构掘进、支护及衬砌等众多环节。施工过程中, 盾构机持续推

【作者简介】何俊峰(1995-), 男, 中国安徽安庆人, 本科, 助理工程师, 从事城市轨道交通研究。

进,逐步挖掘土层,与此同时,它还借助钢筋混凝土衬砌环对隧道实施加固措施,该种施工方法显著降低了作业面暴露所致的风险,同时大幅削减了对周边地层及环境的干扰。在城市地下交通建设的施工领域,盾构机凭借其技术进步,已能高效应对软土、硬岩及复杂地质环境,成为一项至关重要的技术手段。

尽管盾构施工诸多优势显著,施工期间却不可避免地遭遇地层扰动。尤其软土及松散地质环境中,盾构掘进更易触发地层变形、地面沉降,并可能对建筑物及地下管线造成损害,诸多风险不容忽视。因此,探讨地铁盾构施工过程中的地层扰动现象,对保障施工安全与降低对周边环境破坏影响至关重要。

3 地铁盾构施工中的地层扰动机理

地铁盾构施工过程中,地层扰动是一个常见且复杂的现象。在盾构施工的挖掘作业中,常常对邻近的地层、建筑及基础设施等造成物理或动态性的扰动效应,所涉扰动形式涵盖地面沉降、土体流动、地下水位变动以及周边建筑物的倾斜与裂缝等现象。盾构施工过程涉及的土体切割、推进、支护等操作,与地层扰动的形成机理紧密相连。在盾构机实施掘进作业的过程中,刀盘用以对土层进行切割作业,带走部分土体并造成一定扰动。在施工区域内,土体的剪切应力和应变得以传播,进而引发局部地层的变形与位移。在盾构机推进过程中,不同土层的物理特性变化,尤其是在软土地带与不稳定土层,往往导致地层扰动加剧,进而引发明显沉降与位移现象。

盾构施工中的土壤改良与支护系统设计也会对地层扰动产生影响。支护系统的主要作用是为了保证盾构机掘进时的稳定性,防止土体坍塌。然而,如果支护系统设计不合理或施工质量控制不到位,可能导致支护效果不佳,从而加剧地层的变形和扰动,甚至导致隧道塌方等严重事故^[2]。

4 地层扰动对周围环境的影响

4.1 对地表沉降的影响分析

地铁盾构施工过程中,地层扰动往往会直接导致地表沉降,尤其是在软土或松散地质条件下,沉降问题更加显著。在盾构机进行隧道挖掘过程中,土体结构发生变形,进而引发地面或地表建筑的下沉及倾斜现象,多种因素如土层性质、盾构机工作参数、施工速度、推进方式等,共同影响着沉降程度。在盾构机推进作业期间,其对周边土层将造成某些扰动现象。在盾构机刀盘对土层进行切割作业的过程中,土层的物理属性及结构亦随之发生变动,进而引发局部土层位移现象。地表沉降现象,系土体在固结、滑移与膨胀等作用产生的位移效应所致,在软土地层中,土体因其显著的塑性与流变性,其剪切变形与塑性流动均更易引发沉降现象。盾构机在推进过程中,其沉降范围与程度往往逐步扩大,特别是地层不均导致的影响,软土地段更是沉降明显加剧。

地表沉降的发生可能导致城市地面建筑、道路、桥梁等的下沉或倾斜,给城市基础设施的安全带来隐患。在人流车流众多的区域,地面沉降问题会直接影响道路与轨道交通安全顺畅运行,路面因沉降形成的高度差异,不仅会导致裂缝的产生,进而破坏道路的平整性,更甚者还可能引发路面塌陷的风险。在施工活动启动之前,为有效遏制并降低地表沉降现象,通常必须对地质状况进行详尽探测,以期精确预判沉降波及的区域及其可能造成的影响。

4.2 对周围建筑物与基础设施的影响

地铁盾构施工过程中,由于地层扰动和地面沉降,周围的建筑物和基础设施常常受到不同程度的影响。邻近现有建筑群的施工区域,地层扰动可能引发建筑沉降、裂缝、倾斜,乃至结构性损坏的风险,施工行为对邻近的建筑物及基础设施的安全稳定构成直接影响,因而对施工影响进行评估显得尤为关键。在盾构施工过程中引发的地面沉降,成为导致建筑物损害的主要因素,建筑物周围若遭盾构机掘进,地面沉降现象随之显现,此现象将直接作用于建筑物基础,进而诱发沉降或倾斜,甚至引起地基不均匀沉降。

在盾构施工过程中,不仅地面沉降效应不容忽视,土体扰动亦可能对地下构筑物及其支撑结构带来显著影响。在施工环节,若盾构机推进速度过快,或土层稳定性不足,将引发地下管线及基础设施的位移与损害。在众多城市密集地带,地下管网结构错综复杂,若遭遇破损,其修缮之难不言而喻,且极易对居民日常生活与生产秩序带来显著影响。为确保盾构施工前周围建筑与地下设施之稳定与安全,必须详尽评估,并在施工全过程中持续监控。在盾构施工过程中,为降低对周边建筑物的可能损害,必须借助精确的地质探测与施工监控技术,以辨认出潜在的隐患区域。在施工领域,微型盾构机、减震设备以及土层加固等先进技术手段的应用,旨在有效调控施工震动及沉降范围,从而有力保障建筑结构的安全可靠性。

4.3 对地下管线与其他设施的影响

地铁盾构施工对地下管线和其他设施的影响是一个不可忽视的工程问题。在城市中,地下管线包括水、电、气、通讯、排水等多个系统,这些管线贯穿于城市的各个区域。在盾构机实施掘进作业期间,对周边地层造成的影响可能导致地下管线位移、损坏乃至断裂,对市政基础设施的稳定运行产生重大不利影响。实施盾构作业,对埋设于地下的管道系统造成显著影响,其直接后果包括土层的垂直沉降及水平移动。在盾构机穿越地下管线周边区域的过程中,土层的形变效应会向管道邻近区域传递,进而引发管道结构的形变与位移。在软土分布区域,土体流动性较大,若地下管线遭受土体位移影响,其受力将出现不均衡状况,进而可能导致管道断裂或破裂现象的发生。此外,施工活动对老化且结构脆弱的地下管线产生显著影响,大幅提升了管道受损的风险。在盾构施工活动期间,振动与噪声现象亦可能对埋设于地下

的管道系统造成不良影响。在施工过程中,盾构机切割土层所引发的振动,或许会触发地下管道的震颤与位移,干扰管道的稳定性,从而引发管道破损或渗漏等一系列问题。

为了防止盾构施工对地下管线和其他设施的影响,应在施工前进行详尽的地下管线探测和风险评估,确保对地下设施的位置、性质和状态有充分的了解。在施工活动进行期间,必须采纳适宜的技术途径,诸如运用低振动盾构设备、强化周边土壤层、配置暂定支撑等策略,以降低对地下管线的干扰程度。在施工过程中,强化对地下管线的实时监控,一旦察觉到管线变化异常,即刻启动补救策略。在设计、施工以及运营阶段,对地铁盾构施工可能对地下管线及附属设施造成的影响进行系统评估与管控,旨在保障城市基础设施的安全稳定运行^[1]。

5 地层扰动的监测与防控技术

地层扰动监测与防控技术在地铁盾构施工过程中具有至关重要的作用。随着城市地下轨道交通建设的不断深入,地层扰动带来的沉降、变形等问题愈发引起工程人员和相关部门的高度关注。有效的监测与防控技术能够及时发现地层扰动的迹象,预警潜在的风险,防止或减轻施工过程中可能出现的地表沉降、建筑物变形、地下管线损坏等不良后果。防控措施的落实,监测技术的应用,对于地层扰动的有效监管构成了不可或缺的根本。沉降观测、位移监测、应力与应变监测、地下水位监测等构成了现代地层监测的多样手段,实时监控地表沉降幅度与速度,沉降观测需设置地表标点,以确保施工区域地表沉降的精确掌握。在施工过程中,利用激光扫描、全站仪、GPS 等手段,对土体与结构进行位移监测,尤其是在地铁施工中的沉降池、地下建筑及其周边基础设施的位移状况进行精确监控,监测应力与应变,旨在实时追踪土体及建筑物结构的受力动态,从而预先识别潜在的形变隐患,对地下水位的监测有助于准确评估地下水变动对土体稳定性所产生的作用。

防控技术主要集中在施工过程中对地层扰动的有效减缓和调控。在降低地层扰动方面,普遍实施的技术策略涵盖了对盾构机运行参数的精准选取、施工进度有序调控、土

壤加固技术的应用以及对施工流程的持续改进等,对盾构机之刀盘类型及推进参数作出合理选择。施工过程中地层扰动得以有效缩减,沉降风险亦随之降低。在盾构机施工过程中,对推进速度及刀盘压力的精准调控。对于降低施工扰动至关重要,过度的推进速率将放大地层扰动,进而引发严重的过度沉降或位移现象;相反,推进速率过低亦将拖慢施工进度。在施工过程中,通过调整推进速度与压力,有效地实现地层扰动与施工效率的和谐平衡,对结构复杂的软弱土层或砂土层而言,注浆加固与地基处理等加固技术之运用,旨在提升土体的承载能力与稳定性,进而有效降低施工期间对周边环境的扰动。

防控技术还包括实时监控与应急处理。通过实时监控各类数据,施工方能够快速识别可能存在的异常现象,及时采取补救措施。在施工过程中若遭遇沉降异常,应及时对盾构机推进参数做出调整,抑或采取施工加固措施以限制扰动范围。施工前的风险预判与模拟剖析,对于施工阶段防控策略的实施具有显著支撑作用,并有助于预先锁定施工过程中可能遭遇的地质障碍。地层扰动的监测与防控技术是确保地铁盾构施工顺利进行的保障。通过多种监测手段和防控技术的结合,能够有效减少施工对地层的扰动,确保地表沉降、建筑物和地下管线的安全,为城市地下交通建设提供可靠的技术支撑。

6 结语

地铁盾构施工过程中的地层扰动影响不仅与土体条件、盾构机设计和施工工艺密切相关,还与周边环境的保护和建筑物安全息息相关。因此,研究并应用高效的监测与防控技术,不仅有助于减少地层扰动对施工安全的影响,也为保障城市基础设施的长期安全稳定提供了保障。

参考文献

- [1] 郭金英.地铁盾构施工下穿既有铁路桥梁影响性分析[J].价值工程,2024,43(29):117-120.
- [2] 雷文,伍佳,邱燕.地铁盾构隧道自行式无轨施工台车的研究与应用[J].四川水力发电,2024,43(5):135-139.
- [3] 鲍汝苍.地铁盾构隧道下穿河流施工稳定性分析[J].科技创新与应用,2024,14(24):106-108+113.