

盾构隧道下穿既有建筑物的沉降控制技术

聂启彬

中泰建安工程有限公司 广东东莞

【摘要】盾构隧道下穿既有建筑物是城市地下交通建设中的常见工程问题，如何有效控制沉降是保障建筑物安全的关键。本文研究了盾构隧道施工过程中沉降的控制技术，重点分析了沉降预测、监测和应对措施。通过分析不同施工方法对沉降的影响，提出了基于地质条件、隧道设计与施工工艺的综合沉降控制策略。结合实际案例，探讨了施工过程中的应急处理方法，旨在为类似工程提供技术指导和实践经验，确保施工过程中的建筑物稳定性与安全性。

【关键词】盾构隧道；下穿；既有建筑物；沉降控制；施工技术

【收稿日期】2025 年 3 月 14 日 **【出刊日期】**2025 年 4 月 10 日

【DOI】10.12208/j.ace.2025000149

Sediment control technology for shield tunnel underpassing existing buildings

Qibin Nie

Zhongtai Jian'an Engineering Co., Ltd., Dongguan, Guangdong

【Abstract】 Shield tunneling beneath existing structures constitutes a common engineering challenge in urban underground transportation systems. Effective settlement control remains crucial for ensuring building safety. This study investigates settlement management techniques during shield tunnel construction, with particular focus on prediction, monitoring, and response strategies. By analyzing the impact of different construction methods on settlement, we propose an integrated strategy combining geological conditions, tunnel design, and construction processes. Through case studies, this paper explores emergency response measures during construction, aiming to provide technical guidance and practical experience for similar projects to ensure structural stability and safety throughout the construction process.

【Keywords】 Shield tunnel; Underpass; Existing building; Settlement control; Construction technology

引言

随着城市化进程的推进，地下交通网络日益复杂，盾构隧道下穿既有建筑物的工程逐渐增多。由于隧道施工不可避免地对地下土体产生扰动，建筑物的沉降问题成为亟待解决的关键。沉降的控制不仅关系到施工的安全性，更直接影响到建筑物的结构稳定性及周边环境。研究适用于盾构隧道施工中的沉降控制技术显得尤为重要。通过精准的沉降预测与实时监测手段，结合有效的控制技术，可以最大限度地减少施工对周边建筑物的影响，确保工程的顺利进行。

1 盾构隧道下穿既有建筑物面临的沉降问题分析

盾构隧道下穿既有建筑物时，沉降问题一直是工程设计与施工中的重点难题。隧道掘进过程中，由于地层的扰动，周围的土体结构发生变化，可能引发建筑物的沉降甚至产生裂缝或倾斜。沉降的原因主要包括盾

构机推进过程中土体的变化、施工过程中掘进机尾部的压实效应、以及施工引发的地下水位变化等多重因素。特别是当隧道路径接近或下穿现有建筑物时，建筑物所处的土层和地下环境的不同特点，极易对施工过程中的沉降产生不利影响，导致建筑物基础沉降或结构损坏^[1]。分析不同土质条件对沉降的影响，了解建筑物所在地区的地下水位与土壤类型，是解决沉降问题的第一步。

沉降问题不仅影响施工安全，还可能带来难以预见的建筑损坏。土壤的压缩性、隧道开挖的方式、以及盾构机的推进方式都会在不同程度上影响隧道施工中的沉降情况。在软土地层中，由于土体的压缩性较高，隧道掘进过程中会引起较为显著的沉降，而在硬土层中，沉降幅度可能较小，但存在其他更复杂的影响因素，如地下水流动变化导致的地基不均匀沉降。由于这些

因素的多变性,沉降控制难度较大^[2]。在盾构隧道设计阶段,必须对周围建筑物、地下管线、地质结构等多方面进行详细的勘察与分析。通过收集并整合各种数据,能够对可能出现的沉降进行初步预测,为后续的施工方案设计提供依据。

施工过程中的土体扰动、地下水流动变化等因素,使得盾构隧道下穿既有建筑物的沉降问题更加复杂。为了尽可能减小沉降对建筑物的影响,需要采取多项沉降控制技术。有效的监测手段、合理的施工工艺和合适的盾构机参数调节等都能显著降低沉降的发生。通过对盾构机推力、掘进速率、泥浆压力等的实时监控与调节,可以减少对周围土体的扰动。针对不同土层,选择合适的开挖方式和加固措施,也能有效控制沉降幅度,减少对建筑物安全的威胁。工程团队需要在施工前充分了解周围环境的复杂性,通过精确的沉降预测和监测技术,做好充分准备,以保障盾构隧道下穿既有建筑物过程中的安全。

2 沉降预测与监测技术在盾构隧道施工中的应用

沉降预测技术在盾构隧道施工中的应用关键在于能够准确评估施工过程对周围建筑物和地层的影响。通过数值模拟方法,能够在设计阶段就预测出不同施工工艺下的沉降分布情况。常用的沉降预测模型包括有限元分析法和经验公式法等。有限元分析法能够考虑复杂的地质条件和施工过程中的各类变量,通过建立详细的地层模型,模拟土体与盾构机之间的相互作用,为沉降预测提供精确数据。经验公式法则基于历史工程数据,通过统计分析,建立沉降与土层、施工方法、盾构机参数等之间的关系,快速估算沉降量^[3]。结合实际案例,沉降预测模型不仅能够帮助工程设计阶段的决策,也为施工过程中的调整提供理论依据,有效预防和控制沉降风险。

在盾构隧道施工过程中,实时监测技术的应用至关重要。通过布设各种监测设备,可以及时获取沉降数据,评估施工对周围环境的影响。常见的监测方法包括激光测量、地面沉降点监测、土压和盾构机推进力监测等。激光测量技术通过对比不同时间点的地面标高,精确监测地表沉降变化,尤其适用于精度要求较高的工程。地面沉降点监测则通过在关键位置设置测量点,持续跟踪建筑物周围的沉降情况。土压和盾构机推进力的监测有助于评估土层的稳定性,确保施工过程中盾构机推力的适宜性。通过这些实时监测数据,施工单位可以在发现沉降异常时,立即调整施工参数,采取有效措施来降低沉降风险。

监测数据不仅能为工程施工中的沉降控制提供实时反馈,还为沉降预测的修正和优化提供了依据。通过分析施工过程中获得的监测数据,可以对初步的沉降预测模型进行校正和调整^[4]。实时监测到的土层变形数据能够帮助优化盾构机的推进参数,及时调整掘进速率、土压等变量,避免过度扰动土体。结合监测数据和沉降预测结果,施工团队可以通过动态管理,提前识别可能的沉降风险,并采取针对性的控制措施,如加固土体或调整施工路径等。综合沉降预测与监测技术的应用,不仅提高了施工过程的安全性,还确保了既有建筑物在隧道施工过程中的稳定性。

3 沉降控制技术与施工措施的优化实践

在盾构隧道施工过程中,沉降控制技术的应用需要与具体的施工条件相适应,尤其是在既有建筑物下穿施工时,沉降控制措施显得尤为重要。通过优化施工工艺,采用合适的施工方法,可以有效减少沉降的发生^[5]。盾构机的推进速率和推力是影响沉降的重要因素。适当控制盾构机的推进速度,可以减少土体的过度扰动,避免过大的沉降量。控制盾构机的推力,避免过高的土体压力,能够降低因盾构机推进引起的局部沉降。在泥浆的注入与排放过程中,也应合理调控泥浆的压力和流量,避免土层失稳导致的沉降加剧。通过这些手段的调整,可以有效地减少周围建筑物的沉降幅度,确保施工安全。

针对不同的土层和地质条件,沉降控制技术的优化还需要结合工程实际情况进行调整。在软土层或地下水丰富的地区,沉降控制的难度较大,因此需要采取加固土体或调整施工参数等措施。采用钢支撑、灌浆等加固技术,可以在隧道开挖过程中有效稳定土层,减少土体变形和沉降的发生。在盾构隧道施工前,通过加固或加设围护结构来增强地层的承载力,也是减少沉降的有效方法。在施工过程中,对土层进行实时监测,根据监测数据对施工工艺进行动态调整,进一步优化沉降控制措施,是提高沉降控制效果的关键。

在实际工程中,沉降控制措施的优化不仅限于施工过程中的技术手段,还需要合理的施工组织 and 风险管理。在复杂的地质环境中,合理安排施工顺序,分段推进,能够有效分散施工过程中的沉降风险^[6]。施工前期的充分勘察、合理的沉降预测和动态监测,也为沉降控制提供了保障。通过多方位的技术措施与管理手段的结合,盾构隧道下穿既有建筑物的沉降问题可以得到有效控制,保障工程的顺利实施。

4 盾构隧道施工中的沉降应急处理与风险管理

在盾构隧道施工过程中, 沉降的发生常常是不可预测的, 因此必须提前制定完善的应急处理方案, 以应对施工过程中可能突发的沉降风险。一旦监测数据发现沉降异常, 要进行迅速评估, 确定沉降的程度与影响范围, 及时判定是否达到安全阈值, 并采取应急措施。对于沉降幅度较小且局部的情况, 可以通过调整盾构机的推进参数、改变施工速度、增加泥浆压力等方式进行控制, 减少沉降的进一步发展^[7]。对于沉降较大或影响较为严重的区域, 必须立即启动应急加固方案, 如采取局部灌浆加固或临时支撑结构, 避免建筑物出现更严重的变形或破坏。应急处理过程中还需要加强与周边建筑物的实时监测, 确保沉降状况得到及时反馈和处理。

盾构隧道施工中的风险管理是一项持续性的工作, 贯穿于整个施工过程。风险管理的核心在于全面评估施工过程中可能导致沉降的所有因素, 包括地质条件、地下水流动、周围建筑物的特性以及施工设备的选择等。在施工前期, 全面的地质勘察和沉降预测模型的建立可以为风险管理提供重要的数据支持。基于这些数据, 工程团队可以制定详细的风险评估报告, 并设定相关的安全预警机制。在施工过程中, 风险管理要确保所有施工参数在可控范围内, 实时监测和动态调整是保障隧道施工稳定性的关键。施工过程中还要对风险进行分级, 设置不同的应急响应措施, 确保在突发事件发生时能迅速采取适当的解决方案。

在盾构隧道施工过程中, 沉降的控制与应急处理不仅依赖于技术手段, 还需要良好的团队协作和管理能力。施工团队应定期进行应急演练, 确保各个环节能够快速反应。风险管理团队则要持续关注施工动态, 结合实时监测数据和施工进度, 分析潜在风险并采取预防措施。在隧道施工的不同阶段, 沉降风险可能发生变化, 因此风险管理必须进行动态调整, 及时修订应急处理方案^[8]。信息共享与沟通在风险管理中的作用也不容忽视, 工程各方应密切合作, 确保在沉降问题出现时, 能够迅速有效地做出反应, 最大程度地减少对周围建筑物和环境的影响, 保障工程的安全与顺利完成。

5 结语

盾构隧道施工中的沉降问题始终是工程管理中的核心挑战之一。合理的沉降预测、精确的监测技术、有效的沉降控制措施以及完善的应急处理与风险管理体系, 共同确保了施工过程中对周围建筑物的影响得到有效控制。随着技术手段的不断发展和施工经验的积累, 沉降控制技术也在不断优化, 为类似工程提供了重要的技术支持和实践经验。在未来的盾构隧道施工中, 持续完善沉降控制策略、提高风险管理水平, 必将为地下工程的安全和稳定奠定更加坚实的基础。

参考文献

- [1] 黄宏伟,王飞阳.饱水软土中盾构隧道裂损演化统一相场模拟与韧性评价[J/OL].岩土工程学报,1-10[2025-07-11].
- [2] 吴勇,李文海,黄江华,等.基于点云法向量与聚类算法的盾构隧道断面连续提取方法研究[J/OL].建筑结构,1-6[2025-07-11].
- [3] 薛晓杰,董昕,吴禄祥,等.超大直径盾构隧道施工期管片力学响应及影响因素研究[J/OL].公路,2025,(07):347-355 [2025-07-11].
- [4] 李义翔,杨坤,樊帅,等.盾构隧道水平单孔多次爆破超前致裂模拟试验研究[J/OL].工业安全与环保,1-8[2025-07-11].
- [5] 吕鹏,肖田,李宝.公路改扩建工程路基沉降控制指标实用性分析与换算[J].天津建设科技,2025,35(03):28-31+39.
- [6] 尹玉林,陶博文,李健,等.基于地表沉降控制的泥水平衡盾构掘进参数智能优化方法[J/OL].北京交通大学学报,1-15[2025-07-11].
- [7] 钟鸣峰.软土地基上路堤沉降控制与加固技术[J].汽车周刊,2025,(07):140-142.
- [8] 高卫华.水泥土搅拌桩在桥头差异沉降控制中的应用[J].广东建材,2025,41(06):131-134.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS