

研究地铁盾构法施工问题及解决方案

徐武斌

浙江江南工程管理股份有限公司 浙江 杭州 310007

【摘要】：地铁施工大多采用盾构法施工，施工时对周围建筑物和地面交通影响较小，对地下复杂多变的环境适应能力较强，但在施工过程中仍存在一些问題。本文作者结合多年工作经验，研究地铁盾构法施工中遇到的问题及解决方案，具有一定的参考价值。

【关键词】：盾构法；地铁施工；问题；措施

Study the Construction Problems and Solutions of Subway Shield Tunneling Method

Wubin Xu

Zhejiang Jiangnan Management Co. Ltd. Zhejiang Hangzhou 310007

Abstract: Most subway construction adopts shield construction, which has little impact on the surrounding buildings and ground traffic, and has a strong adaptability to the complex and changeable underground environment, but there are still some problems in the construction process. The author combines many years of work experience, and studies the problems and solutions encountered in the construction of subway shield method, which has certain reference value.

Keywords: Shield method; Subway construction; Problem; Measures

引言

在地铁隧道建设中，要对工程项目进行科学的规划。要根据施工区域的地质状况，制订科学的施工方案，合理的施工工艺，并对施工中遇到的实际问题，采取适当的处理方法，并根据项目的实际情况，采取相应的措施，确保在一定的时间内都能正常工作，这样才能有效地防止今后的施工问题。选择合适的施工工艺，对工程区域的地质情况进行科学的分析，方能使隧道工程顺利进行。

1 地铁盾构施工

盾构是一种特殊的掘进设备，其技术要求极高，其内部安装有推进装置、挡土装置、挖土装置、运输装置以及其他辅助设施。此外，地铁盾构施工具有良好的可操作性，能够在高效运行的同时，不受到外界和地上交通流量等的影响。随着技术的不断发展，盾构施工技术不断完善与突破，逐步实现了机械化、自动化，并能适应各种地质条件。地铁盾构工程是一种地下工程，它之所以被广泛应用，主要是由于它可以在市区内、车流量大的地方进行，但对地面环境的影响很小。地铁盾构法是一种适用于不同地质条件的地铁隧道，具有很高的精度，可以改善整个地铁工程的整体质量，比其他开挖方法更经济^[1]。

2 施工中具体问题预防及处理措施

2.1 刀盘及土仓聚积泥饼的处理和预防

在粘性土层中，由于盾构施工容易产生泥饼，从而增大了盾构的开挖载荷，从而提高了隧道内的喷涌风险，因此，为了避免这种情况引起的开挖及掘进的难度，必须采取如下措施：为了提高土质的和易性，避免土体的粘结，在开挖过程中要注

入适量的泡沫；为了增加搅拌机的范围和强度，在料斗的后部和料斗间应该安装搅拌杆，以便在料斗的分料口中注入水，以便及时地清理料斗和料斗；增加空转刀盘的转速，保证在离心力的作用下，所有的泥饼都会被抛出；根据开挖面的稳定性，可以对工人仓进行泥饼清理。在施工过程中，盾构在一定的流速下通过，应防止因盾构的失效而使其在下游的河段停顿^[2]。为预防渗漏，加强盾构机前方管理及注入防水剂等措施，以防止漏水。采用合理的盾构施工方法，合理地控制盾构的开挖速度和出土量，并实施背后注浆，降低了基础的沉陷。

2.2 盾构法施工精度控制及纠偏

采用 ROBOTEC 导引测量系统，可以实现盾构机的定位、管片定位、管片安装次序的计算。为了保证这套自动导轨系统的精确度，在盾构机的零点测量中设置人工测量标志，并对其定期进行定时、不定时的检测，以防止由于系统本身的原因造成的施工误差，使隧道整体贯通。通过对灌浆过程的控制，保证灌浆量的合理，灌浆压力的控制，保证隧道不会发生沉降和上浮。在盾构施工中，若因地质情况的突然变化，或因施工中出现的故障而导致线路偏移，则需采取相应的措施，在进行盾构纠偏时，应留出一定的时间间隔，并避免切换速度过快。

2.3 泥饼问题

在通过粘性土层时，盾构机通常在高温高压条件下进行施工，在这样的条件下，粘质土壤容易发生压实，形成淤渣，尤其是在刀盘的中部。在出现泥饼的情况下，掘进速度明显减慢，刀盘的扭矩也随之增大，导致挖掘效率大幅降低，甚至不能进行施工^[3]。在施工过程中，要注意以下几点防治泥饼的发生：在盾构掘进过程中，要加强地质预报和土壤管理，尤其是在粘

性土壤中，要时刻关注开挖面的地质条件和刀盘的工作状况；在刀盘前端中央位置，加大泡沫注入量，增大泡沫注入率，提高土体的和易性，减少渣土的粘性，减少泥饼的发生，在必要时，在螺旋输送机中加入泡沫，以提高料层的流动性，促进料层的排水；将刀盘上的部分滚刀替换为刮刀，以增加刀盘的开口；为了增强搅拌的强度和范围，在刀盘后部和土仓的压力隔离处设置搅拌杆；当出现泥饼时，可利用空转刀盘将泥块从离心力中剥离，必要时也可在确保开挖面稳定的前提下进行人工进仓清除。

2.4 盾构机滚动处理措施

2.4.1 盾构机的滚动监测方法

在盾尾架设水准仪，选择左右对称的两个千斤顶进行测量，选定的千斤顶间距要适中，不能太短。测量时，要求两个千斤顶的伸长量相等，然后将两个千斤顶放在同一位置，测量两个千斤顶的高度差。

2.4.2 盾构机滚动处理措施

在盾构施工中，为了避免盾构机的自转，必须对症下药，即通过添加泡沫、膨润土等方法减小刀盘力矩，以有效地消除盾构机转动时产生的外力。为了确保注浆质量，必须及时注浆，灵活运用活性浆料等措施，增加盾构周围的摩擦力，从而有效地控制其转动。如果盾构的转动发生了变化，可以通过改变刀盘的转动方向来调节。为了有效地控制盾构机的转动角度，可以采用一定的减速和刀盘的正反转控制。

2.5 开挖面失稳

在开挖过程中，遇到流沙或管涌，盾构机可能会发生碰壁或突起，从而导致开挖面不稳定；在挖掘过程中，由于地层孔隙的存在，造成了盾构机轴线偏移、沉陷和塌方；在盾构施工中，如果出现超浅的覆盖，将会造成冒顶；在盾构施工过程中，由于突遇涌水，造成了盾构前部的大面积坍塌。可采取以下措施预防开挖面的失稳：控制掘进速度，保持排土量与掘进量的均衡；合理地控制压力仓的正常压力，避免开挖面发生不稳定；使挖掘后的渣土有可塑性，并将其填满压力仓，并保证挖出的渣土有止水作用；对于超浅覆土层，当出现冒顶、冒浆时，压力均衡装置随时打开。

3 不同类型风险分析及控制措施

3.1 盾构始发到达、过站及平移

3.1.1 安全风险分析

一是端部的加固质量达不到设计的要求。其主要内容为：所选用的端部补强方法不够科学，且与端部地层条件不符。端头井加固长度和深度达不到规定的水平，造成了启动时无法承受相应的推力。尾端加料强度未达到要求，不能承受足够的剪力、滑移推力，外加剂的连续性差，造成局部渗漏。二是洞口

的密封性漏水问题。其特点是：洞口密封钢环脱落、开裂、洞门帘布橡胶板开裂、未拉紧、盾构机起始姿势偏大等。三是反力架的加固强度低。其特点是反力架和始发台的加固不够牢固，没有采取抗扭、抗浮等措施。

3.1.2 风险控制措施

对加固后的端部加固效果进行检查，确定加固深度、连续性等是否符合设计规范。采用横向抽芯和垂直抽芯的方法，对隧道的加固效果进行了研究。在隧道洞口设置止水帘布、扇形压片等密封设备。在安装之前，要检查帘布橡胶的完整性，硬度，老化程度，以及环形板的圆螺孔的位置。在盾构机进入预留孔之前，要在帘幕上涂抹一层润滑油，以避免刀盘划伤帘布橡胶，从而影响密封。在盾构推进过程中，为了避免刀盘周围对橡胶带造成损坏，适时地对孔环扇形片进行调整，以改善密封性。合理选择围护结构的破除时机，确保端头处土体破除过程中的稳定性。盾构始发前，将土坯从刀盘开口处填塞 盾构土仓，使盾构机在切入掌子面时建立一定的土压力，防止掌子面发生大面积坍塌。在确保正常出渣、注浆密实的情况下，对盾构的姿态进行有效的控制，并能迅速地进行盾构的接收。当盾构在进入加劲区后，逐渐降低土体压力直到接近于零，并逐渐降低整体推力，并逐渐向洞口方向推进，并对出土量进行严格的控制。在盾构施工中，在纵向拉紧进洞口段至少留有10~15环管片。在贯通后，应及时拉紧帘幕橡胶板钢索，以遮盖盾构机的前部，确保隧道洞口的密封性。

3.2 盾构上、下穿建筑物

3.2.1 安全风险分析

盾构上、下穿建筑物由于地质和施工作业的影响，往往会产生大量的出渣量和较小的土仓压力；同时灌浆量不够，二次灌浆时间不够；盾构机其他掘进参数和掘进控制不合理。这些问题将使通过的建筑结构发生不同程度的位移，从而造成结构的变形。

3.2.2 风险控制措施

根据“超土压力、控渣、全灌浆、频繁监测、动态调整”的思想，建立100m试验段，以确定盾构在施工和构筑物中的开挖参数，保证施工过程的连续性。在穿越建筑（构筑物）时，应采取土压力开挖方式，以确保刀盘通过时，地表轻微隆起，同时保持土压力的稳定。建设信息化建设，建立信息反馈联动机制。通过对现场观测资料的反馈，对施工参数进行实时的调整，并对管片后的二次灌浆进行了适时的加固^[4]。

3.3 特殊地段盾构施工

3.3.1 软硬不均地层

此类地层在施工过程中，工具的磨损很大，容易导致刀盘强度、刚度和掘进效率下降。刀盘的受力不均、变形会造成主

轴和主轴密封的破坏,刀盘的阻塞,增加盾构的负荷,容易出现掉刀、卡刀、斜刀、刀具偏磨、线路偏移等问题。由于刀具的更换和加工过程的迟缓,会对工程的进度造成很大的影响,从而增加工程的成本。从工具防护的观点来看,应本着“低速、扭矩控制、适当推力、经常检查、控渣”的原则,控制砂石对刀具的损伤,控制地面沉降。对钻头的磨损量进行评价是很有必要的,经常对钻头进行定期的检查和更换,可通过对掘进参数的异常变化来判断刀具的受损情况。检查更换刀具时,必须停止掘进。

3.3.2 富水砂层

富水砂层受扰动后容易发生液化,掘进过程中易形成喷涌。由于刀盘开挖的直径至少大于管片外径 200mm,因此,在掘进到管段外径的过程中,必然会出现沙层的沉陷。由于地表沉降不能得到有效的控制,会导致地表崩塌,建筑(构筑物)发生裂缝。采取以下几种控制方法:利用膨润土、添加剂等对渣土进行改良,提高其易用性,提高防渗效果,防止喷涌。根据隧道的埋深、地层条件及地下水条件,对隧道内的土体压力及掘进参数进行了合理的选取。同时进行二次灌浆,以避免隧道后部的水流流入土仓。为了避免进一步的沉陷,应及时填充管片后方的间隙,以防止沉降进一步扩大。增加盾构尾部润滑脂的使用量,保护盾构尾部密封,防止泥浆和砂浆从盾构尾部密封冒出。

参考文献:

- [1] 郑新定,王红卫,周健.考虑人为因素的盾构隧道风险分析和控制模型研究[J].隧道建设,2013,33(9):720-725.
- [2] 徐杏华,李朝,丛敏,等.地铁工程盾构法施工风险分析与规避措施[J].常州工学院学报,2012,25(1):40-43.
- [3] 张海彦,何平,胡友刚,等.盾构隧道穿越既有桥梁桩基础风险控制值的确定[J].北京交通大学学报,2013,37(6):45-50+54.
- [4] 张海彦,何平,胡友刚,等.盾构隧道穿越既有混凝土桥梁结构的风险控制指标[J].中国铁道科学,2014,35(3):47-55.

4 提高盾构施工法的工程质量措施

4.1 培训必须全面持久,具有良好的施工技能技巧

为进一步改善工程质量、降低安全隐患,建筑企业必须加强员工技能培训、安全知识培训。实践表明,造成安全事故的很大一部分是因为工人技术不熟练,不了解工程的本质、机械设备的性能、不知道如何规避风险,从而导致了安全事故的发生。因此,我们必须加强对工人的技术训练,这样才能降低事故的发生。

4.2 注重纠偏和进度

在盾构设备的推进过程中,需要进行相应的纠偏,需要分段进行,密切监测相关数据和参数,减少涂层损失和围岩干扰,从而保证线路不受影响,同时也不能过分地调节盾构的姿态。为了更好地保障地铁隧道的安全运行,必须严格监测施工工艺参数,控制最大凸出量。

5 结语

地铁盾构法施工事故的预防和处理措施与地质条件、盾构形式、刀盘刀具、推进时土仓压力、推进速度等因素有关,而地铁工程与其他工程相比更复杂,风险更大,灾害损失更大,随着社会需求的不断提高,地铁隧道工程的工程量也越来越大,如开挖直径、开挖深度、截面形状等因素,使得地铁工程的施工难度、复杂性、风险系数都在不断增加。