

地铁盾构工程设计与施工过程问题研究

任昕 王越

沈阳地铁集团有限公司 辽宁 沈阳 110011

【摘要】：近年来，中国的城市地铁建设不断增多，为人们的生活带来便利和舒适。盾构法是目前地铁工程中普遍采用的一种施工技术，它具有安全、快捷、对地下建筑影响小等特点。但是，对于地铁盾构工程设计与施工过程问题研究也需要更加注意。本文着重对盾构法的施工优势与应用进行了分析，并针对并盾构法的施工过程中易出现的问题进行了分析与相应的对策，以期对相关从业人员起到参考价值。

【关键词】：地铁盾构；工程设计；施工过程；问题研究

Research on Design and Construction Process of Subway Shield Engineering

Xin Ren, Yue Wang

Shenyang Metro Co. Ltd. Liaoning Shenyang 110011

Abstract: In recent years, the construction of urban subways in China has been increasing, bringing convenience and comfort to people's lives. Shield method is a widely used construction technology in subway engineering at present. It has the characteristics of safety, quickness and little impact on underground buildings. However, more attention should be paid to the research on the design and construction process of subway shield engineering. In this paper, the advantages and applications of shield construction are analyzed emphatically, and the problems that are easy to occur in the process of shield construction are analyzed and the corresponding countermeasures are put forward, so as to provide reference for relevant practitioners.

Keywords: Subway shield; Engineering design; Construction process; Research problems

引言

盾构法在地下工程中的应用主要是采用盾构机进行作业，与传统的隧道施工方法相比，它具有安全、可靠、快速、高效的特点。当前，随着城市化的快速发展和城市人口的快速增加，城市的运输能力已远远不能满足城市居民的需要。为了减轻城市的交通压力，我国的地铁工程规模逐步增大，对地下工程的施工技术要求也越来越高。由于它具有的各项优点，必将在地铁建设中得到广泛的应用。但目前盾构法在工程实践中还存在一些问题，如不及时处理，将会对工程建设造成不利的影

1 地铁盾构施工技术的应用

1.1 预备阶段

在前期施工中，最关键的技术工作就是开挖隧道。这一阶段要做的工作有三：首先，准备好盾构出洞前后设备、材料，认真地检查出洞的状态，以保证工人们施工工艺和技术的了解。为防止隧道施工对建筑物及地下管线造成的影响，应加强隧道周边的地基加固及保护，使盾构隧道能在较好的施工条件下顺利进行，为今后的施工打下良好的基础。其次，确定出孔的盾构基础。基座的精确定位直接影响到盾构出孔的起始位置，所以在出洞前，要正确地将盾构置于与结构轴线相对应的初始基础上。最后，进行设备验收，也就是对盾构出洞的两大关键装备进行检验，即盾构机和辅助设备的确认。

1.2 掘进阶段

盾构施工过程分为测试开挖和正式开挖两部分。测试挖掘是为了确定正规开挖的最优设计参数。首先，假定工作人员对1000条隧道的资料进行了分析，并据此确定了在生土表面的正式开挖最优的施工参数。工作人员在这一点上运用了计算机技术，对盾构机的各项参数进行了调整，包括对其速度、运动方向、刀头速度的控制。另外，施工期间的监测工作也很重要，施工人员要密切关注盾构机的工作状态和周边土壤的环境条件，并制订计划，一旦发生故障，就能进行灵活的处置。

1.3 封闭洞口

为了防止后衬灌浆渗漏，必须封闭孔洞。若在隧道洞口附近进行施工，应按下列步骤进行：（1）事先埋设初始孔洞。请注意，所有的预埋件都要按照车站结构的钢筋连接状况来进行。（2）为初期盾构施工做好准备，应先清理出隧道入口残留的渣土，然后根据这些渣土对洞口进行封堵。

1.4 盾构机进出洞技术

地铁盾构施工的基本原则是：在土方开挖过程中，圆柱形钢件在土石巷道中的连续移动。该圆筒装置的外壳是一种可以抵抗周边土壤的压力和较小的水压，并能在一定程度上阻止从外壳外面渗入的地下水。同时，它在挖掘过程中起到了暂时的作用，也在铺设的隧道中充当了支撑物。为了保证轴线偏差在规定的范围之内，工程应该按照进度进行，并降低造价。施工

队伍与技术检验人员紧密配合,以完成合适的工程,并对其施工路线进行全面的检查^[1]。

2 地铁盾构施工中的常见问题及处理方法

2.1 盾构进洞时姿态突变

在盾构掘进后,其最终几环与前面几个环段之间的高差较大,从而对隧道的有效净径产生一定的影响。

(1) 问题分析

①盾构进孔时,由于接受底座中心的角度与推进轴线不相符,盾尾引起盾构内部圆环的位置发生了相应的改变;②最后两个圆环在脱离盾尾后,与周边土壤之间的间隙因孔洞位置不能及时填补而在重力作用下发生沉降。

(2) 预防措施

①盾构接受底座应设计得合理,盾构的下落间距不得大于盾尾和管片之间的空间;②将进洞段的最后一节管片,在上部环处用沟槽连接起来,以提高隧道的刚性;③在装配最后几个圆环时,应及时将接头螺栓复紧,以增强其抗变形能力;④在进洞之前,要对盾构进行一定的调整,以保证盾构的高度稍高于接受底座的高度

2.2 轴线偏离

盾构出洞推进段的推进轴线向上倾斜,与隧道设计轴线有很大的偏差,需要向前推进一定距离后,才能使推进轴与隧道轴线的偏移保持一致。

(1) 问题分析

①洞口土的加固强度过大,导致了盾构推进的推力增大;而当盾构从洞口钻出时,前几圈的盾形管片是开口环,因为上侧的支撑还没有完成,所以千斤顶不能用,因为下侧的推力会集中在盾构的底部,从而产生一个向上的力矩,使得盾构的姿势有了上升的倾向。②盾构前部的平衡压力设置太高,造成盾构前方的土体出现拱形,从而使盾构的轴线发生上浮。③没有及时地安装上支座,造成上段的千斤顶不能正常工作,从而使盾构沿上升趋势发生偏移。④盾构在进出孔时,由于盾构基础的变形,导致盾构的轴线与设计轴线产生偏差。盾构基础变形的原因是:盾构基础的中心角度与隧道设计轴线不平行,盾构在基础上进行纠偏,造成了较大的横向应力;盾构基础整体刚度和稳定性差,部分部件强度不够;由于盾构的姿态控制不当,导致盾构的推进轴线和基础轴线之间的夹角比较大,从而导致了盾构基础的受力不均;盾构基础的安装方法不够完善,安装不牢固。

(2) 预防措施

①正确设计孔洞地基的补强方案,设计适当的补强措施及补强措施力量。在施工中要准确掌握加固质量,确保加固后的土层强度均匀,避免出现局部的硬块和障碍物;②在施工中,

盾构面平衡土压要适当地设定,平衡压力要比理论上稍低,推进速度不能太快;在加固区推进时,为了提高刀片的受力状况,必须在刀盘上开一个喷嘴,将膨润土或水注入到前面的土壤中。在盾构离开加劲区后,为了避免因前方土壤的改变而引起盾构姿态的突变,需要根据工作情况适时调整平衡压力。在施工期间,通过对土体的变形等数据的反馈,对土体的平衡压力、推进速度、出土量等进行了相应的调整。③及时安装上盾支座,以改变推力分配情况,有利于控制盾构推进轴,避免出现上浮;④盾构基础在构造时,其中心角度轴应与隧道设计轴线方向一致,在隧道设计轴线为弯曲时,可将盾构基础按隧道设计曲线的切线方向设置,切割位置应在洞内侧面;基础框架的强度与刚性可以克服出洞部分通过加固地基时的推力;对盾构的姿态进行适当的控制,以保证盾构的轴线与基底的夹角轴线保持一致;在盾构基础和起始井的底面应采用垫层,以确保接触区达到设计要求。

2.3 地表沉降

在软弱的土壤或砂质地层中,往往易发生地面沉降。若地面为交通干道,则由于地表塌陷而造成交通中断,若为建筑物,则造成建筑物不均匀沉降,危害较大。同时,管道多了也会对管道产生一定的影响。盾构推进作用下的地表沉降分为五个阶段:初期沉降、开挖面沉降、尾部沉降、尾部空隙沉降和长期持续沉降。

(1) 问题分析

变化阶段	沉降类型	主要原因	应力扰动	变形机理
1	初始沉降	土体受挤压而压密	孔隙水压力减少,有效应力增加	孔隙比减小,固结
2	盾构工作面前方变形	工作面处施工压力过大隆起,过小沉降	孔隙水压力增加,总压力增加	土体压缩产生塑性变形
3	盾构通过时沉降	施工扰动,盾构与土体间劈切错动	应力释放	弹塑性变形
4	盾尾空隙沉降	土体失去盾构支撑,压浆不及时	应力释放	弹塑性变形
5	固结沉降	土体后续时效变形	应力松弛	蠕变压缩

(2) 解决办法

①掘进工艺参数的优化

盾构施工的控制因素包括:土仓压力、顶力和分布、推进速度、坡度、纠偏方向和纠偏量、浆液配比、数量和压力等。在开挖时,要根据开挖时的地表厚度、地质条件、地面荷载、设计坡度和转弯半径、轴线偏差、盾构的姿态、地表监测等因素进行分析^[2]。

(1) 土仓压力。对于土压平衡盾构来说,随着土层厚度的改变,土仓的压力也会发生相应的改变,但如果仅靠理论土

压来确定前仓的压力,则明显不适宜。此外,由于地基的复杂程度,例如地基承载力的强弱以及地基的不确定等,使得土压力 P 的数值不太精确。另外,由于盾构机内部的土压传感器存在着一定的系统误差,因此在施工过程中必须对土压进行适当的调节。根据现场施工经验,在盾构机的刀盘前端 $1.5D+H$ (D 为盾构机外径, H 为盾构中心到地面高度) 的沉陷状况与土压的设置值有着密切的关系,因此,通过对盾构机前端的沉陷监测,可以直观地反映出土压和天然土压之间的关系。在实际工程中,盾构机刀盘前的地表沉降应在 $0\sim 2\text{ mm}$ 以下,盾构机在穿越重要建筑物或管线时,应控制盾构机刀盘前方的土体隆起 $0\sim 2\text{ mm}$,有利于沉降的控制。

(2) 掘进速率。隧道施工速度的确定是土体压力控制的重要措施。在没有结构的情况下,正常地推进,可以将速度控制在 $20\sim 40\text{ mm/min}$ 。在盾构的纠偏中,采用的是低转速。同样,在不同的地质情况下,推进速率也应该是不同的。最大的掘进速度是由螺旋运输机的转速(对应的限制)来控制的。根据盾构的设计掘进速度、地质情况,并参考以往的经验,盾构掘进速度应该在 $10\sim 20\text{ mm/min}$ 之间,这样可以大大降低掘进速度,从而保证盾构能在一定程度上均匀地穿过建筑物,并能充分地切削土壤,降低挖掘干扰。

(3) 出土量控制。盾构施工中的排土量对盾构施工面的稳定性有很大的影响,而对其进行合理的排土量控制则是一种有效的控制方法。该方法以土体压力作为控制对象,将土体压力 P_i 与预设的推压 P_o 进行对比,从而实现土体的合理排水。在主动破坏与被动破坏之间,开挖面的稳定性范围内,压力差值与排土量基本呈正比关系。为了减少后期沉降,必须将土体的出土量控制在理论上的 95% ,以确保盾构前面的土体有轻微的凸起,从而降低后期的沉降^[3]。

(4) 同步注浆。适时进行注浆和二次注浆。在盾构隧道施工中,同步注浆是加固土体减少土体沉陷的一种重要辅助工法。注浆材料、浆料配合比、注浆方法、注浆工艺是保证注浆质量的重要因素。由于不同的地层,注浆材料配合比及施工技术要求也不尽相同,比如:砂质土层中的孔隙度越大,土体的渗透性越强,注浆压力越大;而低渗透率的粘性土,注浆压力大。此外,由于注浆材料的差异,对混凝土的适应性也有很大的影

响,例如:水泥-膨润土和水泥-水玻璃可以适应不同的工程地质情况。另外,将其它有机聚合物材料添加到灌浆材料中,可以起到延缓浆体固化作用等方面的作用。不同配比的浆料具有不同的物理化学性质,可按要求选用。灌浆技术的好坏直接关系到灌浆的成败,而灌浆技术又受到施工场地、环境等因素的限制,必须针对不同的场地条件,选用合适的灌浆工艺,以保证灌浆的质量。

②地表沉降监测

结合工程实践,结合工程实践,结合工程地质条件,对地面沉陷进行监测,并按监测结果进行管理。在隧道中线和两侧内布设测点进行水平测量,并及时反馈给下一步的施工管理,并针对实际的地面沉降提出相应的应对措施。

2.4 同步注浆时注浆管阻塞

(1) 问题分析

①同步注浆的速度与压力应与盾构机的掘进速度相匹配;
②注浆管没有及时清洗;③长时间没有注浆

(2) 预防控制

①同步注浆的速度和压力要与盾构的施工速度保持一致,压力太小,无法保证注浆质量,而压力太大则会造成注浆管线的堵塞。②灌浆管道清洁。1) 灌浆管线的清洁应依据浆料的凝固时间、停机时间、灌浆管线等条件来确定。若灰浆固化较短,应每环进行一次清洁,每日至少一次。2) 注浆时,若感到该道路注浆压力较大,但注水量较小,则有可能是管道阻塞,必须马上停机进行清洁。3) 如果水泥砂浆长期不用,则应暂停使用;当停机时间不长时,可以隔几次注入,当停机时间较长时,必须将灌浆管道清理干净^[4]。

3 结语

随着我国城市轨道交通的快速发展,对盾构工程的需求也越来越大。但在实际运用中,仍然有一些问题,使其无法充分发挥其功能,从而影响地铁工程的正常开展。为此,必须从总体上控制地面沉降、减少地层损耗、稳定开挖面、保证盾构出入隧道的安全、推进盾构的平稳运行,为隧道工程的顺利进行和提高隧道工程的整体质量提供了有力的保障。

参考文献:

- [1] 秦玉开.地铁隧道盾构法施工中的地面沉降问题分析[J].建筑技术开发,2019,46(13):138-139.
- [2] 吴家赵.地铁盾构隧道施工中的常见问题及防治[J].城市建筑,2014(9):347-347.
- [3] 黄涛,蒋根谋.浅谈地铁隧道盾构法施工技术[J].现代国企研究,2017,0(10):172-172.
- [4] 王洪松.城市轨道交通系统中盾构施工技术问题分析[J].四川建材,2018,44(11):174-175.