

# 城际铁路淤泥质地层浅埋盾构始发施工安全技术研究

## Research on Safety Technology of Shallow Buried Shield Starting Construction in Mucky Stratum of Intercity Railway

郭德生

Desheng Guo

赣州市市政工程管理中心 中国·江西 赣州 341000

Ganzhou Municipal Engineering Management Center, Ganzhou, Jiangxi, 341000, China

**摘要:** 在珠三角城际铁路琶洲支线2标三工区项目施工中,隧道盾构区域覆盖的淤泥质地层,论文对施工过程中,关于隧道盾构施工项目中,在浅埋淤泥地质地层开展的安全技术和施工管理进行总结,旨在为该类型的地质地貌地层进行隧道盾构施工提供一些可借鉴的施工安全技术和经验。

**Abstract:** In the construction of the third work area project of Pazhou Branch Line Lot 2 of the Pearl River Delta Intercity Railway, the mucky stratum covered by the tunnel shield area. The paper summarizes the safety technology and construction management carried out in the shallow mucky geological stratum in the tunnel shield construction project during the construction process, aiming to provide some construction safety technology and experience that can be used for reference for tunnel shield construction in this type of geological and geomorphic stratum.

**关键词:** 城际铁路; 隧道; 盾构施工; 淤泥地质; 施工安全技术

**Keywords:** intercity railway; tunnel; shield construction; silt geology; construction safety technology

**DOI:** 10.12346/rb.v1i1.6912

## 1 引言

论文对于珠三角城际铁路琶洲支线的建设项目中,盾构隧道施工过程中在浅埋的淤泥层施工安全技术进行了深入的研究,为在盾构隧道施工过程中穿越淤泥质地层时出现的安全技术难题提供了很好的解决方案,有利于安全顺利地穿过被淤泥地层覆盖的浅埋地下隧道,并且在此盾构隧道区间内施工的大型管片未出现大规模的移位、超限、侵限等异常情况。根据正常、合理的土层压力,在第一次注浆施工的过程中,严格控制注浆施工进度,同时对于第二次的补注浆施工也及时跟进处理,确保在该区段内的地表承受能力范围之内,不会出现大面积异常的地面沉降和隆起,保证隧道盾构施工穿过的区段内管线路能够完好无损的经过;对于盾构掘进的参数设定和盾构施工过程中的浆液浓度的配比问题,以及隧道盾构施工的整体渗漏的问题能够通过该方式得到有效的解决。这对于其他地区的类似隧道盾构施工或者淤泥质

地层的施工安全技术问题有一定的参考和借鉴意义。

## 2 施工项目的概况介绍

珠三角城际铁路琶洲支线PZH-2标三工区项目全长4047m,主要工程包明经村竖井(里程DK13+500~DK17+010)、明经村竖井—莲花站盾构隧道区间(左线长度为2640m,右线长度为3257m)、大学城隧道出口明挖隧道段(左线长度为850m,右线长度为430m)、区间路基工程(长度为51.39m)、励江涌一水闸涌中桥(长度93.2m)、站场路基工程(长度195.41m)土建工程。线路途经广州市番禺区明经村、岳溪村、潭山村、菱塘村,投资额为96480万元,工期为48个月(2018年12月30日至2022年12月30日)。

盾构施工工艺:根据城际铁路盾构机掘进的施工工艺要求,前期先对盾构施工作业面及其周边的加固和盾构始发场

【作者简介】郭德生(1990-),中国江西吉安人,本科,工程师,从事工程技术研究。

地进行选址布置,再根据盾构机的向前掘进,对盾构出的渣土物质进行清运,及时安装预制管片。在盾构施工时,采用两台土压平衡盾构机,盾构初始段选100 m作为试运行段,经行内专家评估满足盾构施工要求后继续向前正常掘进。

**盾构施工条件:**在本城际铁路盾构区间隧道施工过程中,掘进施工作业面的地质分布很不均匀,主要以软塑状淤泥层地质为主,含水量丰富,属于软土形态,具有一定的流塑性;软塑状淤泥质地层局部夹杂着黏土,呈现粉质软土状态,具有一定的可塑性;岩土层裂隙发育,水压大,盾构机掘进时易发生喷涌漏渣,刀具磨损量大,开仓换刀频繁,施工难度高。

**盾构施工区间的结构设计总体方案。**在该城际铁路区间盾构隧道施工始发前,所使用的管片、盾构机轨道、电瓶车、刀片、盾体等设备在地面局部组装处理后由明挖洞口采用大型履带吊吊装至始发井内。开始盾构掘进施工后,拆除始发井内的部分盾构的负环管片和反压力架等设施,为了保持盾构机的平稳性,在两侧分别设置了支撑架,为保证管片不出现位移及偏位,始终保持正常状态,在防翻的支撑架上设置若干纵向工字钢<sup>[1-3]</sup>。

### 3 盾构施工的主要安全技术

**盾构掘进的具体控制方案。**城际铁路盾构施工过程中盾构机参数的控制是盾构技术控制方案中的核心内容。在该城际铁路隧道施工过程中,对隧道盾构掘进时,项目部对盾构机的推动力、刀盘的开孔方向、开孔率、间距及转速、出来的泥土方量、仓管的压力、电瓶车运输能力等,对城际铁路盾构隧道在浅埋淤泥质地层掘进施工过程进行了有效安全的管理和控制,确保在整个盾构隧道浅埋淤泥质地层施工过程中的上浮、沉降、偏位、侵限等不出问题,安全高效地完成了该隧道施工工程<sup>[3]</sup>。

从以下几个方面对具体的控制方案进行探讨和分析:

①浅埋淤泥地质始发。在盾构始发段属于浅埋淤泥地质层且下穿东门涌,这两个不利条件给盾构始发造成很大困扰,容易造成盾构机掘进过程中上浮或栽头,后果非常难处理。为防止在盾构机始发过程中会出现上浮或栽头,现场在东门涌上方采取水泥搅拌桩加固措施并施作地连墙及抗浮板,保证为盾构机始发创造有利的条件。

②盾构机推动力的控制措施。在盾构机选型时,推力的选择是非常关键的一个步骤,必须提前进行分析,不仅需要考虑盾体在前进过程的时候与地层之间产生的摩擦力,还需考虑盾体配备的台车牵引力,以及周围土体对于施工面的土压力,土壤的压力大小对盾构机向前推动力的大小影响较大,正常情况下土压力越大,推动力就需要更大,土压力如果偏小,则盾构机需要的推动力也就相对较小。华南地区的珠三角城际铁路线路的浅埋淤泥质地层在推动力的角度来看,整体是偏小的,在盾构隧道中的推动力大约为

4500~5500 kN,如果推动力过小的话,不足以应对土层压力,将会影响盾构掘进进度,也会对盾构的整体形态在调整上产生不利影响,诸如土方超挖、欠挖、盾头扭曲等现象。在掘进过程中,根据实际情况对盾构姿态进行调整,调整时,需在合适的位置安装千斤顶,以防管片移位、侵限,甚至塌方等风险,适当调整盾构仓管压力,对土体进行反压,保证前方及周边土体稳定。

③盾构刀盘的控制。在复杂地质盾构掘进施工过程中,采用转速相对较低的刀盘,每小时约为30 r,如此可以减少对整个盾构隧道施工时土地以及周边建筑物、构筑物的扰动。在地质比较均匀的情况下,可以采用转速较快的刀盘,以加快盾构掘进施工进度<sup>[2]</sup>。

④渣土运输的控制。在实际出渣情况进行控制中,盾构施工对于现场的情况由专业技术人员进行详细核查,用于施工的电瓶车也可以进行分区域的量化,从顶部顺着电瓶车向下数,每10 cm对应的出渣情况进行土量的准确计量和计算(虚方约为实方的1.5的膨胀系数),以用来保证每个环节的出渣情况能够得到准确的计算,并及时地做好计算情况的记录,及时与渣土设计方量进行对比,结合地表监测的数据和结果反馈情况,判断盾构区间是否出现超方的情况。下穿公路、鱼塘及其他构筑物的时候,在盾构施工过程中更要严格控制出渣土的情况,根据盾构的设计方案,及时复核盾构掘进的工程量和施工里程,在掘进施工过程中出现不明超方情况,保障好隧道掘进施工安全<sup>[3]</sup>。

⑤土压力的控制。正常情况下,为了保证土体压力在扰动最小的情况下,以顺利地进行盾构掘进施工,在得出的理论压力值基础上,提高约0.02 MPa,作为土仓的压力初始值。在推进盾构的施工过程中,地表沉降、上浮等监测情况和盾构机的推进引起的地表沉降及变形的问题要做到实时监测和控制,并在第一时间将情况通知盾构机器设备的操作人员,盾构操作人员根据监测数据和地表沉降实况进行原因分析后,能够更加合理地调整和控制盾构机,及时调整盾构机掘进的速度和推力,控制出土的速度和方量,以保障对土体干扰和压力<sup>[3]</sup>。

⑥盾构机的姿态控制。在城际铁路区间隧道盾构施工内,盾构隧道段存在着富水的浅埋淤泥质地层,盾构机机体、盾尾、电瓶车以及管片设备都容易因此造成上浮的情况,在隧道掘进的过程中经常需要对盾构机的姿态进行控制和调整,确保盾构轴线与设计的轴线水平一致,采用略低头的姿态进行盾构掘进施工,结合管片的形状姿态形式适当地控制和调整盾构机的整个掘进施工姿态。然而,在富水层掘进施工中,已经拼装成型的管片如果脱离盾尾,将受到软塑土浮力的影响产生上浮,针对这一问题我们在盾构掘进施工过程中需要考虑的问题有:一是及时调整注浆浆液配合比,缩短初凝时间,更快将管片进行固定;二是增加管片上方的注浆量,且加大注浆压力,缩减管片上浮空间。在拼装管片时,在管片

下发进行超前注浆,提前凝固,待具有一定强度后再拼装管片,有利于管片定型安装,同时抵消了部分管片上浮的浮力。进行底部超前注浆时,需控制注浆方量,以免造成空间不足,挤压管片变形,影响工程质量。在整体管片进行拼装的过程中,可以结合地质条件以及施工技术情况,将管片在水平方向稍微降低,预留少许管片上浮空间,也减少上浮过程中顶部管片破裂的可能性。要及时跟进控制好二次注浆,提前按配合比调好浆液,对量测的结果进行原因分析,对于上浮量较大时,对该段管片的顶部进行加大压力注浆,在底部合理位置进行开孔,释放底部的压力,超出允许范围较大时,须对管片进行更换和进一步调整。

⑦盾构隧道注浆的控制。在区间隧道的盾构推进施工过程中,随着是施工进度不断向前推进,盾构机刀盘挖掘过程中将会有一定的扩大直径,造成土体与管片之间存在空隙,为了整体结构稳定,需及时对空隙进行填实,盾构掘进施工时时刻保持一定的气压,后方将连续不断地由盾构尾部向推进方向注浆。在珠三角城际铁路琶洲支线PZH-2标三工区施工项目中,盾构始发场地为浅埋的淤泥质地层,地质条件薄弱,土层自稳能力差,稍有外力干扰,地基强度直线降低,对隧道盾构施工工艺需要土压力稳定造成很大困扰,隧道整体结构如果发生较大沉降,将会带来不可逆转的后果,后期修复难度大,甚至不能修复。若注浆不及时,或浆液配合比不符合实际情况要求,注浆效果达不到预期效果,管片不及时加固,完成安装的盾构管片将会产生上浮、沉降等质量安全问题。在隧道盾构施工注浆主要是防止地表的沉降、上浮变形问题,防止盾构管片在施工中产生移位、上浮、沉降、侵限等问题,提高城际铁路隧道工程项目的稳定性,同时也可以为隧道工程增加一道防水的保护,一定程度上阻断了周边渗水,提高了地下隧道康透性能<sup>[4]</sup>。

⑧同步注浆控制。同步注浆工艺主要是为了及时将土体中的空隙填实,以防空隙带来的土体沉降,盾构机采用水泥净浆单液注浆,隧道盾构掘进推进时时刻保持一定安全距离,根据注浆压力及注浆量判断是否达到预期效果,注浆停止后及时封孔,不得继续注浆。这种二次注浆方式能够填补进一步弥补扰动形成的各种空隙,有效地进行注浆填补,充实盾构隧道管片后方的空隙,将淤泥质地层与水泥浆凝固成有一定强度的结合体<sup>[5]</sup>。

⑨盾构施工安全措施。隧道盾构施工工艺较为特殊,专业性较强,每个作业班组都需配备专职和兼职安全管理人

员,上班前做好班前讲话工作,告知作业人员安全风险和相应的控制措施,提前排查消除作业环境的安全隐患,作业中加强安全巡查,发现安全隐患及时妥善处理。机修班组定期对盾构机、电瓶车、龙门吊等设备进行维护保养,作业人员持证上岗,经常性组织作业人员开展专项和现场应急处置应急演练,确保应急情况出现时现场安全有序。

## 4 隧道盾构的效果及总结

土压平衡盾构作为城际轨道交通工程的利器,在城区跨水系、跨不良地质工程项目中起到了举足轻重的作用。论文在当前的华南地区下穿淤泥质地层盾构掘进施工工艺中,盾构区间地层上软下硬,由砂层、淤泥、粉质粘土及多种混合花岗岩等复杂地质构成,下穿河道、池塘、城际高架等复杂工况,侧穿佛莞城际桥桩和高压电塔等各类风险源,浅埋最小处为2m;还将经历防喷涌、下穿建(构)筑物风险、浅埋隧道反坡施工盾构机姿态控制风险、长距离的穿越淤泥质地层风险、盾构机在上软下硬地层中掘进、管片上浮等诸多难题,达到了比较好的效果。在珠三角城际铁路琶洲直线盾构隧道掘进施工过程中,大大节约了隧道整体加固的成本费用,为该工程项目实现了较大的经济效益,同时,此项目施工对周边的建筑物、构筑物、鱼塘和土体等干扰均在可控范围,顺利克服了区间盾构隧道下穿淤泥质地层的施工安全风险,能有效地控制和解决盾构隧道施工过程的沉降、上浮等问题。总结了目前土压平衡盾构机在该隧道施工过程中遇到的一些安全技术重难点问题,并对解决重难点问题提供了相应的施工方案措施与建议,以及对今后土压盾构机在城际铁路盾构施工项目的发展提供了一定的借鉴和参考。

## 参考文献

- [1] 李国栋.地铁盾构施工及相关配套技术发展现状及趋势分析[J].工程技术研究,2020,5(19):70-72.
- [2] 范文兴.浅埋暗挖法隧道穿越建筑物下软流塑地层施工技术[J].铁道标准设计,2009(8):68-71.
- [3] 宋之勇.淤泥质土层浅埋盾构始发施工技术研究[J].工程技术研究,2020,5(21):87-88.
- [4] 张海涛.地铁软流塑地层浅埋暗挖隧道施工技术分析[J].建材与装饰,2018(10):264-265.
- [5] 樊月超.软流塑地层地铁隧道浅埋暗挖施工技术[J].辽宁师专学报(自然科学版),2008,10(1):90-92.