

钢套筒始发技术在地铁盾构施工中的应用

黄国根

(中铁十七局集团市政建设有限公司, 江苏 无锡 214131)

摘要: 伴随着现代城市建设的不断进步,地铁交通以其安全性、效率和环保性在社会实践中的应用越来越广。在进行地铁建设时,由于地质环境的复杂性和多变性,施工难度大,存在很大的不确定性,采用盾构法来进行隧道施工,有利于提升地铁工程的安全性和质量。当地铁施工位于城市闹市区,因地面管线复杂影响盾构区间端头加固时,采用钢套筒始发施工工艺,可以保障盾构机在不进行端头加固的前提下顺利安全完成始发任务。从钢套筒始发施工角度出发,对施工基本原理、施工工艺、施工控制进行研究分析,结合并安西区间钢套筒成功始发的案例,对工序进行深入分析,结果表明该技术能够节约成本,经济和社会效益良好。

关键词: 盾构法;钢套筒;始发;地铁;施工

中图分类号: U445.43

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)04-0166-04

0 引言

钢套筒始发技术就是在盾构机的外壳和洞门之间,形成一个人工制造的密封体,使盾构机在始发阶段即可建立土仓压力,让盾构机在土仓内能快速建立一个土压平衡,保证盾构机刀盘接触土体稳定,避免地表在没有加固或者加固不良的情况下因超挖而导致地面沉降^[1]。

据了解,此项施工技术在软土地层应用较多,而在深圳风化岩层地层应用较少,缺少相应的实际应用经验,本文结合具体案例详细讲述钢套筒始发技术在风化岩层地层的成功应用。

1 工程概况

安良站—西坑站区间右线长 951.780 m、左线长 954.885 m,区间线间距为 8.24 ~ 15.2 m。区间穿越覆土厚度为 7.3 ~ 19.24 m,区间穿越的地层主要有: 1-3 填碎石、5-4-3 粉质黏土、30-1-1 全风化砂岩、30-5-1 全风化片岩、30-5-2 土状强风化片岩、30-5-3 块状强风化片岩、30-5-4 中风化片岩、31-3-5 微风化大理岩,采用盾构法进行施工,由西坑站始发,安良站接收。区间出西坑站,右线先后以 28.3‰ 的下坡,21.462‰ 的上坡接入安良站,左线先后以 28.1‰ 的下坡,20.868‰ 的上坡接入安良站。

收稿日期: 2023-11-02

作者简介: 黄国根(1985—),男,学士,高级工程师,从事地铁建设工程管理工作。

根据设计勘察报告,基岩裂隙水主要赋存于全~中风化砂岩中,含水层厚度较大,具微承压性。稳定水位埋深为 4.40 ~ 7.40 m,洞口顶部位置埋深约 12.6 m,水压约 52 ~ 82 kPa。

区间管片外径为 6 200 mm,管片内径为 5 500 mm,管片厚度为 350 mm,环宽为 1 500 mm。

2 钢套筒始发施工技术原理

2.1 钢套筒的组成

该钢套筒的总长度达到了 11.2 m,由四个管体、一个过渡环、二个钢环、一个反力架以及左右两侧型钢支撑等构成,具体如图 1 所示。

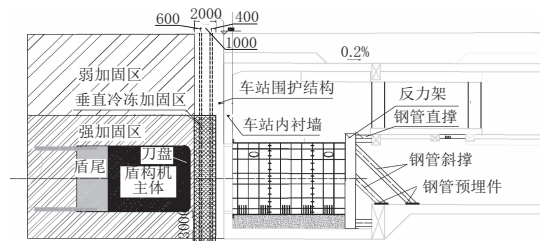


图 1 钢套筒始发示意图

2.1.1 筒体

筒体部分长度为 10.8 m,前盾外径为 6.45 m、中盾外径为 6.44 m、盾尾外径为 6.43 m。它分为三段,每一段又被切分为两个半圆形。筒体部分是由 2 cm 厚的钢板制成。为了确保筒体的硬度,每段的外围都焊接着纵向和环向的筋板,筋板的厚度是 2 cm,高度是 12 cm,一块筋板和下一块筋板的间隔约为 55 cm × 60 cm。每段筒体的两端以及两个半圆

形的接触面都焊接有圆形法兰,法兰是由4 cm厚的板材制成,连接点全部使用了M27、M8.8级的螺栓连接,其中间也嵌入了8 mm厚的橡胶衬垫。在筒体的底部,制造了一个底部框架,框架的承力板和筋板都是使用3 cm厚的板材制成的;框架与下方的筒体焊接形成了一体,同时底部的框架也与车站底板的预埋部分焊接起来。

2.1.2 过渡环

过渡环宽度为80 cm,侧面分别设置1.76 m × 0.86 m门洞,便于在穿透洞口时清理碎屑。

钢套筒安装完成后,对中心线进行复测,确认无误后,将洞门钢环与过渡连接板进行焊接。钢套筒的过渡环与洞门钢环相接触后,要检查两个平面是否全部能够连接。由于洞门钢环在预埋的过程中可能出现变形或平面度偏差较大的情况,所以有可能出现过渡环有些地方无法与洞门钢环密贴的情况,这时就需在空隙处填充钢板,并与过渡环焊接牢固,且务必将空隙全部堵住。在确定洞门钢环与过渡连接板全部密贴后,将过渡连接板满焊在洞门钢环上。

2.1.3 钢套筒底部框架

该结构具备整体平移盾构机的功能,钢套筒中心到底部的距离为3.55 m。

2.1.4 钢环

钢环的宽度是40 cm,我们对其精度的要求是:平整度在5 mm内,以确保混凝土管片承受的压力均匀分布。对于钢环1和钢环2,我们应将钢环1的外部与钢环2的内部机械加工出槽口,安装过程中将在这些槽内放入橡胶进行密封,而在钢环1和钢环2之间设置气囊密封。

2.1.5 反力架和支撑

后盾框和钢支撑构成了反力架,通过焊接将钢环固定在后盾框上,并添加D426 mm钢管进行支撑。盾构推进时产生的后向反力,能够通过钢支撑传递至底部和侧部的主体结构。钢支撑是焊接在预先埋设的钢板之上的。

2.2 施工基本原理分析

盾构始发施工风险主要在于:开挖面和盾构机存在的缝隙不够紧密,可能引发开挖面的渗漏或压力不足导致地表下沉和土体变形等问题。通过在盾构机外部安装钢套筒,使盾体、钢套筒、负环管片、加强环梁之间形成封闭空间,用充填材料把空隙填满,使其达到充分的致密状态^[2]。在始发前先进行保压处理,创造穿越土层时的压力环境,这样有效地防止在

穿越门洞时出现水沙喷涌的情况,提高了盾构施工的安全和效率。

3 钢套筒始发工艺

3.1 盾构钢套筒始发具体施工步骤

3.1.1 下半部分的钢套筒、钢环以及反力架安装

在对钢套筒进行安装之前,先在基坑内确定出井口盾体中心线,也就是钢套筒的安装位置。将第一节钢套的下半部分吊下来,让钢套的中心与预先设定好的井口盾体中心线相重合,在连接第二段的下半部分时,务必确认其水平和垂直位置都能与前一部分对齐,这样才能确保高强度能够对其进行固定,如图2所示。



图2 钢套筒及反力架下半部安装图

3.1.2 钢套筒底部台车轨道安装

钢套筒下半圆安装好以后根据底板实际高度,在底部安装马镫。马镫采用工字钢与钢套筒底部下半圆焊接牢固,间距约为1.5 m,并采用钢筋将所有马镫进行纵向连接,连接成为一个整体。并根据台车和电瓶车轨距,铺装台车和电瓶车轨道,如图3所示。



图3 轨道安装图

3.1.3 钢套筒底部始发轨道安装与砂层铺装

根据洞门实际中心标高,测算盾构机实际中心线位置,推算盾构机始发轨道的实际位置,由测量班在钢套筒下半圆底部进行放样,根据测量结果在钢套筒底部焊接始发轨道,并在钢套筒底部2根钢轨

之间铺砂,如图3所示。每个位置的铺砂高度高出相应钢轨的高度10~15 mm,待盾构机放上去之后,进一步压实,保证底部砂层能提供足够的盾构机扭转摩擦反力。

3.1.4 钢套筒内安装盾构机

在钢套筒内安装盾构机主体,如图4所示,并与连接桥和后配套台车连接。盾构机电缆、油路等安装过程中需明确标示,对号连接,不得出现错接、漏接。装置完成并接通电源后,需要对所有系统进行调整,以确保各个系统的技术表现符合规定的标准。在调整的过程中,遇到的任何问题都需要进行记录。



图4 钢套筒底部填砂图

3.1.5 钢套筒上半圆及反力架安装

在主要的盾构机部件设置完毕后,继续装配钢套筒的上半部分,并对紧固螺栓进行调整,具体如图5所示。观察各个连接部分,保证其牢固度,遇到潜在风险,需要立刻解决。

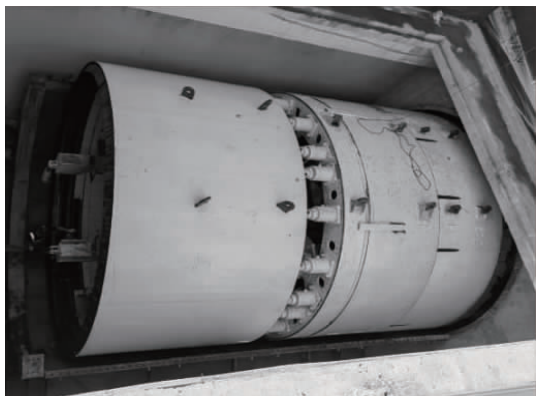


图5 钢套筒内盾构机主机拼装图

安装完钢套筒上半圆,安装盾构机尾部密封钢板,密封钢板与钢套筒进行焊接(见图6),待焊接完成、密封性能测试良好,最后安装反力架。盾构机通过钢套筒尾部密封钢板将力传递到钢套筒反力架上,盾构机不再单独设置反力架。在车站的基础结构中,反力架底部安装了4根横向排列、直径为426 mm、厚度为10 mm的钢管,而顶部则装着5根

横向排列、也是直径为426 mm,厚度为10 mm的钢管,并均匀支撑在中板上。车站内壁的左边立柱采用了4根直径为600 mm,厚度为10 mm,并且垂直排列的钢管。至于右侧立柱为是2根直径为600 mm,厚度为10 mm的钢管,以斜角支撑在车站的地板上,如图7所示。车站地板的相应位置预先设置一片厚度为20 mm的钢板,这块预定的钢板已与车站的结构钢筋焊接在一起,而斜角支撑的钢管与钢板的连接部位也采用了焊接技术,确保其稳固。



图6 钢套筒内盾构机主机拼装图



图7 反力架支撑安装图

3.1.6 预加压力

一旦钢套筒安装完毕,则将液压千斤顶放置在反力架和加强环梁中,对其进行压迫,使其紧密地接触洞门环板。通过这种方式,可以确保连接螺栓在水土压力存在的情况下不会受拉力影响,从而保证洞门环板的位置正确。

3.1.7 负环安装

钢套筒、反力架安装完毕,盾构机调试完成后,安装负环、盾构机向前推进至刀盘面板贴近洞门掌子面,但不切削掌子面。在安装负环管片前必须先涂好手涂盾尾油脂,以减少盾尾钢丝刷磨损及变形。由于起始架轨道和管片外侧存在一定的间距,为防止负环管片在完全推出盾尾后产生下沉,在起始架导轨上加入了事先备好并切割成适当角度的木楔,以

便于支撑负环管片,确保管片轴线满足需求。

3.1.8 钢套筒内回填砂

当盾构机前端接近洞门掌子面时,将砂子灌入钢套筒内,直到其完全充满。

3.2 钢套筒检测

3.2.1 渗漏检测

从加水孔向钢套筒内加水,当加满水后,检查压力是否达到 200 kPa。达到 200 kPa 则停止加水,并维持压力稳定,对各个连接部分进行检查,其中包括洞门连接板、钢套筒环向与纵向连接位置、钢套筒与反力架的连接处有无漏水^[3]。

在进行压力测试时,如果发现有渗露或者焊接部分存在异常,需要马上停止加压并尽快处理这些问题,接下来是对螺栓进行调整或者重新焊接。处理完毕后,执行加压步骤,保持到 300 kPa 并无泄露点为止,此刻即可确认钢套筒的封闭能力,如图 8 所示。一旦钢套筒组装完全,加水进行密封验证。筒内中心的水压达到 0.3 MPa,若经过 12 h 以后,压力仍能保持在 0.28 MPa 以上,即可认为钢套筒的基本需求已达标。倘若压力在 0.28 MPa 以下,必须寻找渗漏点,对密封性进行检查与补修,然后再进行压力检测,直到达到压力测试的规定。



图 8 钢套筒保压试验图

3.2.2 钢套筒位移监测

在盾构机组装时,要安装各种测量用具,对钢套筒是否发生变形以及环向和纵向连接位置的位移进行监测。

在进行试水和压力测试之前,需将应变片按区域布置在钢套筒与洞门环板的联接处,同时在钢套筒的过渡环位置设定百分表,其测量范围约为 3~5 mm,以便控制变形或位移的精度在 0.5 mm 左右。在压力增加的过程中,如果发现应变超出标准或位移过大,必须立刻减压,分析原因并采取相应的解决措施。

3.3 盾构始发掘进

洞门连续墙是厚度为 800 mm 的 C30 玻璃纤维筋连续墙。当盾构机切削连续墙时,推进速度须保持在 5~10 mm/min 的范围之内,同时刀盘的旋转速度要稳定在 1.1 r/min,另外,扭矩必须确保低于 2 000 kN·m,并且顶推力的力度也不能超过 1 000 t。经过洞门后,推进速度可以逐步提高至 10~20 mm/min,同时建立土仓压力。盾尾通过洞门后根据现场实际情况增加推力,推进速度逐步提升至 20~35 mm/min。施工过程中采用信息法施工,可根据施工情况及时对施工参数进行调整。

4 施工控制分析

盾构钢套筒始发施工是一项复杂且系统的工作,对施工技术及工艺有较高的要求,在施工过程中,需注意钢套筒的安装精度、密闭性、套筒压力以及盾构推进时的推力、同步注浆等方面的控制^[4]。

盾构始发施工过程中应注意观察始发装置是否产生变形,分别从以下几个方面检查及加强。

(1)安装前检查洞门预埋环板,如果预埋环板不牢固,可进行植筋加固;

(2)设置预压力螺栓于反力架和环梁之间,可通过螺栓对钢套筒施加预压力,使钢套筒与洞门环板能够紧密相接;

(3)设置加强环梁于钢套筒靠近反力架端;

(4)对已安装的整体装置进行压力测试,检查是否满足压力要求;

(5)对钢套筒与洞门环板连接处和反力架进行监测,对钢套筒本体的连接处、筒体进行观测,并通过相应情况采取如下针对性措施。

第一,如果钢套筒和洞门环板的位置变形过度时,需要增加钢套筒和反力架间的预设反力,并对连接端面稍微变形的区域进行追加焊接。

第二,如果在钢套筒主体连接端的法兰区域出现较大变形,必须马上在变形较严重的地方加装加强肋板。

第三,如果反力架斜撑的任一部位发生过度的位移,应迅速增设更多的斜撑和直撑。

第四,通过在钢套筒两侧每间隔 2 m 安装一根工字钢横撑和三角架,每侧安装 4 个,并直接与钢套筒焊接成一个整体,作用在底板和侧墙上,可防止盾构机盾体和钢套筒整体发生扭转、倾覆。

(6)待区间推进至 50 环以后,管片外侧提供的

(下转第 192 页)

伸缩装置安装完成后,应经施工方、监理方、建设方验收合格后方可进行混凝土浇筑作业。浇筑时,应当由专人检查混凝土质量,以防混凝土浇筑中出现胀模及漏浆情况。

把缝区两侧 1 m 范围内的路面清洗一遍,用塑料薄膜或其他材质遮盖,避免浇注混凝土时污染路面。伸缩装置的橡胶部分表面首先用薄膜遮盖,接着再用胶带将薄膜固化,以保持混凝土施工过程中橡胶表面洁净,如图 6、图 7 所示。一般选用 C50 钢纤维混凝土,每立方混凝土钢纤维用量为 100 kg。施工时注意伸缩装置底部混凝土浇注密实,混凝土沿两侧沟区堆高,用插入式振捣棒严格按照规定快插慢拔、均匀浇注。待混凝土完全浇筑牢固后,再用铁板把混凝土上表层以微调垫圈上表层为基础刮平。混凝土的表层应当与路面在同一个平面内,偏差应当限制在 $-2 \sim 0$ mm,否则需进行返工处理。

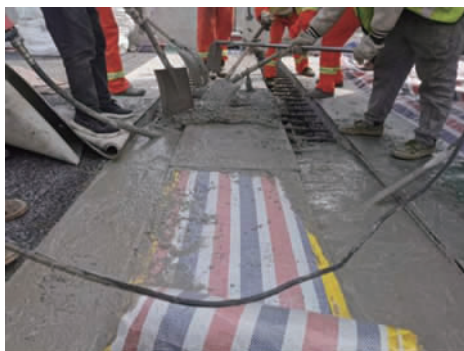


图 6 混凝土施工

(6)混凝土养护

混凝土在初凝时用刮板抹平,初凝后及时覆盖



图 7 混凝土施工完成

塑料薄膜或土工布等洒水保湿养生,以保证覆盖物不干涸,养护时间不小于 7 d,并且在养护途中要密封交通,包括行人,以免在被人或车辆踩压后降低其平整度,待强度满足要求时,方可开放交通。

4 实施效果

该项目已于 2023 年 4 月完工并通车,半年以来,运行效果较佳,课题组多次驾车通行并感受伸缩装置的降噪效果,不仅未有跳车感,通行舒适,而且每月监测 1 次噪音量,连续 6 次监测数据值均低于 80 dB(比该工程未采用新型伸缩装置处噪音值低 10 dB 以上)。因此,该新型伸缩装置降噪效果明显、减震效果佳。

参考文献:

- [1] 林海军.浅谈桥梁伸缩缝施工[J].城市建设理论研究,2013(5):207.
- [2] 周福平.特大桥伸缩缝维修工艺探讨[J].城市建设理论研究,2015(20):1251-1252.

(上接第 169 页)

摩擦阻力足够抵消盾构机的推力时,即可拆拆缸套筒。

5 结 语

本文通过针对钢套筒始发技术的原理及施工流程进行分析,以安西区间钢套筒成功始发的案例,进一步对工序进行解读剖析,为后续钢套筒始发技术在地铁的应用提供了成熟施工的依据。

(1)地铁盾构施工采用钢套筒始发技术,建立带压的始发环境,增加盾构始发施工的安全性。

(2)采用钢套筒始发技术可节省端头加固施工步骤,减少工期时间,避免了场地上管线迁改,较大程度节约了施工成本。

(3)通过使用钢套筒始发,极大降低了盾构进洞风险,减少周边建构筑物的沉降,始发地面最大沉降未超过 5 mm,确保了周边居民的安全,取得了较好的社会及经济效益。

参考文献:

- [1] 闫春霖.浅谈盾构机钢套筒始发技术应用[J].水利水电施工,2018(5):81-83.
- [2] 马伟东.盾构密闭钢套筒平衡始发施工工艺研究[J].工程技术研究,2019(10):53-54.
- [3] 吴森.泥水盾构钢套筒接收掘进施工技术[J].中国高科技,2021(12):52-53.
- [4] 张丽华,袁文锋.盾构机进出洞钢套筒施工及其成本研究[J].建筑知识,2016(4):177-178.