

盾构机钢套筒接收关键技术探析

熊 伟

(中铁北京工程局集团城轨公司, 安徽 合肥 230031)

摘 要 土压平衡盾构机在富水粉土粉砂地层中接收存在较大的风险, 由于富水粉土粉砂地层本身的不稳定性, 以及接收时盾构机与接收洞门钢环之间存在缝隙, 极易发生接收洞门涌水涌砂, 造成盾构机被掩埋, 接收端地表塌陷等严重后果。钢套筒提供了一个密封带压的接收环境, 也给注浆封堵洞门提供了时间, 有效地确保盾构机安全接收。文章结合南京地铁7号线2标雨润路站~中胜站区间隧道盾构钢套筒接收施工技术经验, 阐述了盾构机钢套筒接收施工过程中的关键技术, 为日后类似工程提供了一定的借鉴。

关键词 盾构机接收姿态 钢套筒安拆 密封性检查 砂浆基座 到达掘进

中图分类号: U45

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2022)07-0001-03

1 概述

1.1 工程概况

雨润路站~中胜站区间线路出雨润路站后继续沿泰山路向北, 于河西大街与泰山路交叉口到达中胜站。

区间隧道左线设计起点里程左 DK6+305.900、终点里程左 DK6+838.500, 短链一处(DK6+399.984=DK6+400.000 短链 0.016m), 左线长度 532.584m; 右线设计起点里程右 DK6+305.900、终点里程右 DK6+838.500, 右线长度 532.600m。区间隧道左线为平面直线、右线平面设置有两条半径 R=2500、2500m 的平曲线, 左、右线线间距 14.0~16.0m; 区间隧道线路纵坡设计为单面坡, 最大纵坡 19.301‰, 最小竖曲线半径 R=3000m, 隧道拱顶覆土 7.75~13.65m。

1.2 水文地质

本区间隧道接收端主要穿越地层: ②-3b3-4+d3 粉质粘土、淤泥质粉质黏土与粉砂互层(粉质黏土为软~流塑状, 粉砂呈稍密状态)、②-3d3+c3 粉砂夹粉土(稍密, 局部中密)。

地下水主要为孔隙潜水和空隙承压水。水文地质条件差, 为确保接收的安全性, 采用钢套筒接收。

1.3 始发端头地面情况

右线接收端头地面东侧有一条平行区间隧道走向的 220KV 高压线(距离地面 20.3m)。与区间右线隧道边线水平距离 3.88m。保护距离按照 6m 控制, 右线端头不具备盾构机吊拆条件。

2 钢套筒工艺原理及技术优点

2.1 工艺原理

在富含地下水粉细砂地质情况下盾构接收采用水泥系端头加固, 漏水、涌砂风险较大, 盾构机接收事

故多发; 在分析盾构机接收时盾体与接收端结构之间存在建筑空隙无法形成密封环境, 造成地层粉细砂及地下水涌出问题后, 提出了钢套筒封闭接收工法。其原理是利用钢套筒提前在接收端洞门处形成一个密封带压环境, 在盾构机接收时形成土压平衡并且密封, 避免地层粉细砂及地下水涌出。^[1]

2.2 技术优点

1. 钢套筒采用分段安装, 施工方便, 组装时间短, 并且可以多次使用。

2. 钢套筒配件及连接处采用密封橡胶垫及满焊连接, 可以使盾构接收过程做到有效密封, 且能够防止后部水土流出。

3. 通过对钢套筒内填充料主要由盾构机出渣系统排出, 接收完成后, 剩余渣土量较少, 有利于保持文明施工。

4. 施工安全可靠, 可在埋深大、高水压下进行盾构机接收工作。

3 钢套筒施工工艺流程

表 1 施工耗时间表

序号	工序	耗时/天	备注
1	钢套筒平移及安装	20	
2	密封检查	2-3	
3	砂浆基座	2-3	需等强时间
4	洞门破除	1-2	破除 20cm, 割除桁架筋
5	填料约 440 方	1-2	

钢套筒接收施工工艺流程: 施工准备→端头加固→降水作业→钢套筒平移及安装→密封检查→施作砂浆基座→洞门破除→填料→盾构机到达掘进→洞门封堵→钢套筒拆除。

根据各工序施工时间, 钢套筒安装需在盾构机到达地连墙前至少30天开始。

4 钢套筒设计及安装要点

4.1 钢套筒设计

该标段采用海瑞克土压平衡盾构机, 型号EPBT BM6850, 盾构机主机总长约8.8m, 设计钢套筒总长11.38m, 全圆密闭式筒体, 主要由过渡连接环、筒体、后端盖、反力架组成。

1. 过渡连接环。接收洞门处预埋钢环和钢套筒之间设置过渡连接环(厚度为20mm), 过渡连板的环向宽度设置灵活, 可根据接收段长度选择最佳数值(设计宽度为80cm)接收洞门预埋钢环与过渡连接环采用焊接连接, 焊接处采用油透试验, 检测焊缝处是否存在漏点; 钢套筒与过渡连接环板通过法兰采用M36*65机械性能8.8级螺栓连接。^[2]在过渡连接板1、2、3、4、8、9、10、11点(时钟点位)位置有8个观测孔(安装2寸球阀), 通过观测孔检查洞门密封情况。^[3]

2. 筒体。筒体长度为10m, 直径(内径)7200mm, 分4段, 每段又分为上左、上右、下部三块, 筒体材料用20mm厚的Q235A钢板, 每段筒体的外围焊接环、纵向筋板作为加强, 筋板厚20mm, 高150mm, 间隔约550×600mm; 筒体底部框架由四部分组成。底部框架承力部分用20mm厚Q235A钢板, 筋板用20mmQ235A钢板, 底板用20mmQ235A钢板。^[4]

3. 后端盖。后端盖材料用30mm厚Q235A钢板。后盖边缘与钢套筒端通过法兰采用M30*130 8.8级螺栓连接。钢套筒上预留四个下料口(每段筒体上方各一个)。

4. 反力架。反力架采用7m长I70工字钢三拼组成, 反力架用609钢管做斜撑, 与车站底板顶贴密实, 反力架上部顶在负二层板上。

4.2 钢套筒安装

1. 主体部分连接。在安装之前, 在接收端头井里确定隧道中心线, 使钢套筒轴线与隧道中轴线重合放置。两段套筒安装好密封防水后, 拧紧连接螺栓, 防水材料采用8mm橡胶垫。

2. 后端盖连接。后盖板与筒体之间加8mm厚的橡胶密封后, 用M30螺栓(8.8级)上紧在钢套筒后法兰上。

3. 钢套筒前移。采用2个60t液压千斤顶一端利用型钢顶在接收井底板上翻梁上, 另一端顶在钢套筒的底托平面上, 依次将下放的各段钢套筒沿隧道中轴线

向洞门方向顶推, 并且和前部连接, 顶推过程中确保不发生横向偏移, 顶推到位后进行轴线复核。

4. 反力架组装。反力架采用7m长I70工字钢三拼构成, 和接收井上翻梁贴实, 使用609钢管形成斜向支撑, 连接在接收井底板预埋钢板上, 反力架底座与接收井底板预埋件焊接。

5. 过渡连接环与洞门预埋钢环的连接。反力架安放到位后, 测量人员进行轴线实测复核, 满足要求后, 把洞门预埋钢环与过渡连接板进行焊接。钢套筒的过渡连接板与洞门预埋钢环相接触后, 清除接触面上的杂物。

5 钢套筒操作要点

5.1 密闭性检查

钢套筒安装完成后通过加水检测其密闭性, 筒体底部位置水压为0.16Mpa(根据实际隧道埋深可有所不同), 注水后时间≤12小时, 压力保持在0.15Mpa上, 钢套筒密闭性能满足要求, 压力小于0.15Mpa, 通过水渍找到渗漏点, 对其密封进行修补, 并且再进行加水检测, 一直到满足密闭性要求为止。

5.2 砂浆基座

钢套筒内径较盾构机直径大, 当盾构机进入钢套筒时, 由于钢套筒内填料的密实度不均有可能造成盾构机栽头, 故在钢套筒下部60°范围内浇筑适当厚C20砂浆基座。

5.3 洞门凿除施工

完成气密性试验之后, 确保其满足要求, 进行洞门凿除施工。根据施工设计图, 接收端地连墙采用玻璃纤维筋施工, 地连墙厚度1m, 在洞门范围内存在四根桁架筋, 为了保证刀盘刀具顺利磨墙出洞接收, 在钢套筒安装完成并且耐压试验合格后, 盾构机刀盘进入加固体3m后, 立即进行地下连续墙外侧的凿除工作, 盾构机到达前提前将地连墙桁架筋外侧破除20cm, 并且割除竖向桁架钢筋。洞门凿除施工顺序: 脚手架→破除连续墙表面混凝土→割除连续墙桁架筋→清理废渣。

5.4 填料

洞门凿除完成后, 关闭后端盖进出料闸门及所有球阀, 向钢套筒内填料。填料可采用粉砂段盾构掘进出来的渣土, 为控制渣土的流塑性及粘性, 可向土仓内加注膨润土进行改良, 可提高渣土含泥量, 确保其和易性。

膨润土泥浆: 膨润土与水的质量比为1:8~1:10。

膨润土泥浆掺量: 2.5:10~3:10。

通过输送管路运输至钢套筒内, 填料一次性完成。

6 盾构机到达掘进施工

6.1 到达掘进

盾构到达段施工主要分三个阶段,主要是刀盘掘进至高压旋喷桩加固体段、掘进至地连墙段、刀盘进入钢套筒段。各阶段根据地层特点、与结构的位置关系等条件制定针对性的掘进控制参数。

6.2 测量监测

1. 施工测量。由于钢套筒是密闭空间,刀盘进入洞门时无法肉眼观察盾构机位置,在最后100m需确保盾构机轴线的准确性。^[5]在盾构机进入加固体前,提前调整盾构机姿态,和隧道中轴线拟合偏差小于 $\pm 30\text{mm}$ 。^[6]

2. 地表监测。盾构掘进会对地层进行扰动引起地面和隧道沉降,从而会造成周围的地面建筑及管线等变形^[7]。

区间隧道沿线地面、建(构)筑物、地下管线是重点监测保护对象。在盾构掘进通过的影响范围内地表和建构物管线等布置沉降监测点,时刻了解建筑物的不均匀沉降数据。

6.3 洞门封堵

盾构机进入加固体和钢套筒停机后,对洞门处14环管片利用管片上预留的注浆孔,进行注浆封堵洞门。

1. 封堵注浆材料:洞门封堵注浆采用单液浆和双液浆配合使用。

(1) 单液浆。

表2 1:1 纯水泥浆配比(1m³液浆) 单位: kg

水泥	水
756	756

(2) 双液浆。

表3 水泥、水玻璃双液浆配比 单位: kg

水泥	水	水玻璃混合液
756	756	450

2. 封堵注浆要求。

第一次封堵:盾构机进入加固体后对加固体后五环管片完整环逐步注入双液浆,注浆压力接近0.3Mpa时停止注浆。

第二次封堵:盾构机完全进入钢套筒后时,开始第二次洞门封堵,在加固体边界处三环从底部往上逐步注入双液浆,注入量4~6方,根据洞门钢环漏浆程度调整注浆压力和注浆量。

第三次封堵:在加固体前3环注入单液浆,每环五个注浆点位,为B1、B2、A1、A2、A3块的吊装孔,注

浆压力位0.2Mp~0.3Mpa,每环注浆量控制值为2~3m³,当注浆压力大于0.3Mpa时停止注浆(注浆量未达到要求亦停止注浆,当注浆量超过要求时则继续注浆直至注浆压力接近0.3Mpa时停止注浆)。

第四次封堵:在出洞处4环注入双液浆,注入量4~6方。

后根据洞门情况在出洞两环反复注入单液浆,注浆压力为0.2Mp~0.3Mpa。

3. 注浆效果检查。

(1) 注浆完成后通过注浆孔向管片背后打入450mm长钢钎,观察带出的水泥浆液的凝固状态,若水泥凝固状态较好说明洞门注浆封堵效果良好,可以开始拆除钢套筒连接环板,若水泥凝固状态较不好或一直有浆液或清水流出,说明洞门封堵效果不佳,重新进行注浆封堵,直至检查孔无漏水现象。

(2) 打开钢套筒过渡连接环上6个观测球阀,均未发现明显渗漏水。

(3) 打开钢套筒顶部3个球阀,套筒1(靠近洞门处)上的两个球阀未发现明显渗漏水,套筒4上的球阀会有少量水渗漏。

7 结语

近几年全国地铁施工快速发展,盾构法施工是其重要组成部分,富水粉土粉砂地层盾构机接收的情况随之增多,为保证盾构顺利接收,盾构机钢套筒的安装加固,密封性检测,洞门封堵注浆等尤为重要,通过对南京地铁7号线2标雨中区间盾构钢套筒接收施工技术经验总结可以看出:盾构机接收姿态;钢套筒安拆;密封性检查;砂浆基座;到达掘进;洞门封堵注浆是盾构机钢套筒接收控制的关键。^[8]

参考文献:

- [1] 翁厚洋,许文明,刘凤华.富水砂层盾构机到达钢套筒辅助接收措施[J].城市建设理论研究(电子版),2014(02):1-8.
- [2] 同[1].
- [3] 同[1].
- [4] 同[1].
- [5] 彭涌涛.盾构掘进姿态控制技术研究[J].森林工程,2013,29(06):106-110.
- [6] 同[5].
- [7] 同[5].
- [8] 周文波.盾构法隧道施工技术及应用[M].北京:中国建筑工业出版社,2004:98-124.