

盾构钢套筒始发与接收施工技术

王志云¹ 孙金龙² 董志军² 徐嵩展²

1. 广东粤海珠三角供水有限公司 广东广州 511455

2. 广州新珠工程监理有限公司 广东广州 510510

摘要: 目前盾构机始发与接收工况中广泛采用端头加固形式, 加固方法主要为注浆加固、旋喷加固、搅拌桩加固等。但地下工程施工受地质条件、水文环境等复杂条件的影响, 地下水丰富, 岩石稳定性差, 给施工带来很大的安全隐患。应对复杂地质条件采用钢套筒始发和接收施工技术, 使盾构掘进始发与接收施工更安全、快速、环保。通过对钢套筒的刚度、密闭性、保压性和施工关键技术进行分析研究, 并对钢套筒设备进行改进, 通过对钢套筒密闭空间的设计、制作、安装和使用, 达到安全始发和接收的应用效果。

关键词: 钢套筒; 盾构始发与接收; 施工技术

Initiating and receiving construction technology of shield steel sleeve

Zhiyun Wang¹, Jinlong Sun², Zhijun Dong², Songzhan Xu²

1. Guangdong Yuehai Pearl River Delta Water Supply Co., Ltd. Guangzhou, Guangdong, 511455

2. Guangzhou Xinzhu Engineering Supervision Co., Ltd. Guangzhou, Guangdong, 510510

Abstract: At present, end reinforcement is widely used in the starting and receiving conditions of shield tunneling machines. The main reinforcement methods are grouting reinforcement, rotary jet reinforcement, mixing pile reinforcement, etc. But underground engineering construction is affected by geological conditions, hydrological environment, and other complex conditions, groundwater is rich, and rock stability is poor, bringing great security risks to the construction. We should adopt the steel sleeve starting and receiving construction technology in complex geological conditions so that the shield tunneling starting and receiving construction is safer, faster, and environmentally friendly. In this paper, the steel sleeve stiffness, airtightness, pressure retention, and key construction technologies are analyzed and studied, and the steel sleeve equipment is improved. Through the design, manufacture, installation, and use of steel sleeve closed space, it achieves the safe starting and receiving application effect.

Keywords: steel sleeve; Shield launching and receiving; construction technique

前言:

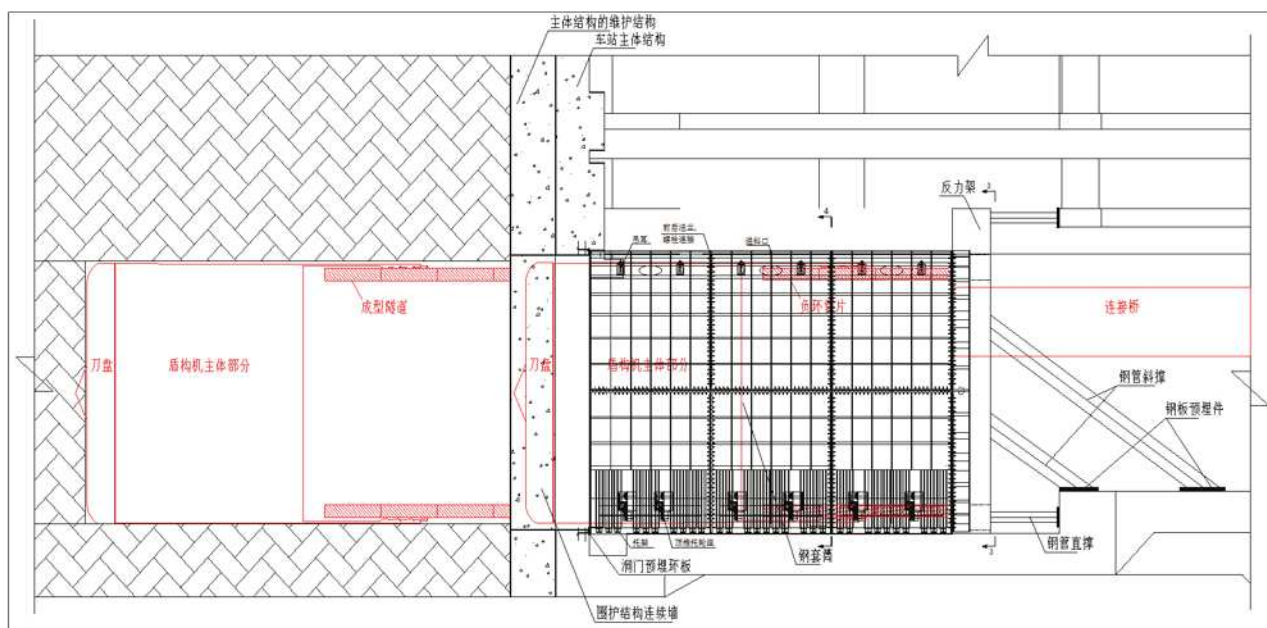
随着国家建设项目的不断扩展, 城市化进程的不断深入, 盾构施工技术应用到各行业和领域, 如城市地铁、管廊、交通、水利水电等。盾构始发和接收是盾构施工中的重要环节, 施工风险大, 对于施工技术和工艺有着严苛的要求。传统的盾构始发与接收工艺, 是在盾构机进洞前对洞门端头进行注浆加固处理, 以提高土体的强度和稳定性, 并在洞门一定范围内形成止水帷幕, 减少

地下水的影响。在工程建设中端头加固往往受施工场地的限制, 地下管线的影响, 软弱地层和富水地层的影响等, 端头加固处理施工技术受到了限制。采用钢套筒始发与接收方式有效解决了传统工艺的局限性问题, 而且钢套筒始发和接收具有良好的安全性能, 可以加快施工进度, 目前在城市轨道交通、水利水电工程等领域得到成功应用。

一、盾构钢套筒基本原理

盾构始发与接收钢套筒是一个筒状钢结构, 整个钢套筒装置由底托架、过渡环、筒体、反力调节装置、反力架和结构支撑组成。钢套筒是一端开口, 一端封闭

作者简介: 王志云, 男, (1981—10), 汉族, 河北邯郸人, 工程师, 从事工程建设管理工作。



的筒状钢结构,筒筒体分为上下两部分组成,通常采用高强度钢板卷制而成,同时加焊环向和纵向筋肋,装置整体采用橡胶密封圈和法兰进行连接而成。

2.1 钢套筒始发原理

密闭始发工作原理是盾构始发前，在始发井内安装钢套筒，通过向钢套筒内填充回填砂土，以确保盾构机在钢套筒内工作时平衡掌子面的水土压力，实现安全始发。如图：2-1

2.2 钢套筒始发准备

盾构始发前施工准备是盾构始发成功的关键, 主要包含施工测量、钢套筒的定位及安装、地面临建、配套设施组装调试等工作。

2.2.1 测量是盾构施工的关键,起着导向作用,为确保盾构顺利按照设计线路施工,盾构始发前需进行盾构始发复测、洞门钢环测量及盾构始发联系测量等。

2.2.2地面临建主要包括分离设备基础、压滤设备基础、泥浆循环池、门吊轨道铺设、渣场挡土墙、砂浆搅拌站等施工。

2.2.3 盾构掘进施工配套设备主要为分离设备、压滤设备、垂直运输设备、砂浆拌合站、洞内水平运输设备等，配套设施均在盾构始发前安装调试完成，确保满足施工需要。

2.3 钢套筒组装

2.3.1 筒体与洞门的连接

钢套筒与洞门环板之间设过渡连接环, 过渡环长约 200mm, 过渡环与洞门预埋环板通过焊接连接, 焊缝沿过渡环一圈内侧点焊, 并在内侧贴遇水膨胀止水条, 在

过渡环与预埋环板焊接的外侧涂抹聚氨酯加强防水,并加焊槽钢进行补强。

2.3.2 进料口和注排浆管

每段筒体中部上端设置n个进料口，在每段钢套筒底部预留三个2寸球阀注、排浆管，调节盾构机栽头趋势的发生，钢套筒顶部进料口实例如图2-2所示。



2-2 钢套筒顶部进料口实例图

2.3.3 钢套筒下半部安装

首先确定盾体掘进中心线，确保从地面上吊下来的钢套筒一次性成功就位。安装第一节钢套筒的下半段，使钢套筒的中心与事先确定好的井口盾体中心线重合，在下半段的钢套筒左右两边的法兰处放好3mm厚的橡胶密封垫，在与第二节、第三节的下半部连接过程中要注意水平位置与纵向位置的一致，确保螺栓连接紧固。

钢套筒下半部定位完成后,为保证钢套筒满足整体稳定性和抗浮性能,将钢套筒底座与工作井底板预埋的钢板进行焊接,筒体两侧用型钢再与底板预埋钢板焊接。

2.4 套筒内安装钢轨与填砂土

钢轨从钢套筒后端铺设至洞门钢环1m位置,钢轨两

侧通长焊接或采用压板固定焊接,在钢轨间铺砂并压实,以确保底部填砂可提供充足的防盾构机扭转反力。

2.5 盾构机吊装

钢套筒内填砂完成后开始吊装盾构主机,一般顺序为:盾构机中盾安装—前盾安装—管片拼装机安装—尾盾安装—刀盘安装等。

2.6 钢套筒上半圆及反力架安装

盾构主机组装完成后,安装钢套筒上半圆和钢环安装,并进行压紧螺栓的调整,对每一处联结安装的地方进行检验,尤其是对于钢套筒的上下半圆和节与节部分之间联结的检查,检查过渡连接板与洞门环板之间的焊接,确保其连接的完好性。

根据钢套筒结构尺寸,反力架中心和隧道中心线一致。为确保反力架的稳固性底部一般设置4道水平支撑和斜支撑,钢管支撑与底板、后洞门墙的预埋钢板相连接,保证支撑与墙体的接触面积。

2.7 负环拼装

上半圆安装完成后,需进行环梁预加压力螺栓的调整,保证环梁均匀受力,检查各段法兰连接螺栓是否松动,否则采取加固措施。根据设计洞门尺寸范围、钢套筒长度等综合判定负环安装数量,负环管片采取错缝拼装以防止管片失圆,一般采用11点位和1点位交错拼装。负环管片按正常管片粘贴软木衬垫及防水条。

2.8 管片壁后填充

管片壁后填充主要分为二次填砂、壁后同步注入惰性砂浆二种。盾构机向前推进至刀盘面板贴近洞门墙后,向钢套筒内进行第二次填砂充满整个钢套筒,在填充的过程中适当加水,保证砂的密实。

为保证负环管片与钢套筒之前的密封效果,在盾构机刀盘贴近洞门掌子面后,通过在最后面负环管片吊装孔进行壁后注浆施工,注浆材料采用惰性浆液,在管片后面形成一道密封防渗环,注浆压力根据工作井深度和地下水位情况设定。

2.9 钢套筒检测

盾构机组装过程中在钢套筒前方、反力架后方、侧方共布置多个百分表,量程一般在3~5mm,主要测试钢套筒有无变形以及钢套筒环向和纵向连接位置的位移情况。钢套筒耐压试验及盾构机始发施工期间,安排技术人员24小时值班观察百分表的位移情况,一旦发现应变超标或位移过大,要立即卸压分析原因并采取相应的措施。

2.10 钢套筒始发掘进

钢套筒安装完成并经过验收合格即可进行盾构掘进作业。始发掘进参数一般按照2个阶段设置,第一阶段为切削地连墙开始至盾尾完全脱离加固段;第二阶段掘

进加固段开始掘进100m,始发段盾构掘进参数按照“小推力、中转速、小贯入度”原则,仓内压力按照“从小到大缓慢增加,确保掌子面稳定,洞门及内衬墙不出现明显喷涌”为原则设置,掘进过程中根据洞门密封的渗漏情况、仓内液位的波动情况、地面沉降等情况进行调整,确保隧道施工安全、稳定。

三、钢套筒接收施工技术

钢套筒接收与始发工作原理基本相同,盾构密闭到达是根据压力平衡原理使用的盾构到达工法。是在盾构掘进达到前,在盾构接收井内安装钢套筒,然后在钢套筒内填充回填物,通过钢套筒这个密闭的空间提供平衡掌子面的水土压力,使盾构机在钢套筒内实现安全到达接收工况。

3.1 盾构钢套筒接收准备

确定盾构机出洞底板标高,测量出底板和刀盘底部的高差,以便确定底板回填厚度或垫型钢高度。组织施工人员进行盾构接收方案及技术培训和安全技术交底,安全技术交底主要包括施工现场作业环境、起重吊装作业注意事项、动火作业安全及钢套筒加固等。

3.2 钢套筒安装及试压

3.2.1 钢套筒组成

接收钢套筒共由钢套筒底座、左侧钢环、右侧钢环及顶部钢环四部分组成。先将套筒下半部底座连接好,再将左右上半部钢环吊装连接,最后将顶部钢环安装连接牢固。

3.2.2 钢套筒顶升及平移

将已经连接好的钢套筒向洞门位置平移,利用液压千斤顶一边顶在基坑底板上,另一边顶在后端盖板的平面位置,将已经连接好的钢套筒沿隧道中心线向洞门方向平移,直至过渡连接板与洞门环板相接。并保持隧道中心线与钢套筒中心线不偏离,然后将洞门环板与过渡连接板进行焊接。

3.2.3 钢套筒与洞门环板连接

钢套筒的过渡连接板与洞门环板相接触后,要检查两个平面是否全部贴紧,由于洞门环板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连接板有些地方无法与洞门环板密贴的情况,这时就需在这些空隙处填充钢板并与过渡板焊接牢固,务必将空隙封堵牢固。在确定洞门环板与过渡板全部密贴后将过渡板满焊在洞门环板上,焊接过渡板时上半部分只焊外侧,下半部分内外侧满焊。

3.2.4 钢套筒后端盖连接

后端盖由冠球盖与后盖板两部分组成,安装后端盖时应在地面上把这两部分连接好再吊到工作面,后盖板与冠球盖之间加6mm厚的橡胶板后用高强度螺栓上紧在

钢套筒法兰上。

3.3 反力架及钢支撑安装

3.3.1 反力架安装

为防止盾构在接收过程中钢套筒后退,在底板上预埋钢板与钢套筒底部焊接,钢套筒后端盖后安装反力架提供反力,反力架后面使用横撑和斜撑支撑,防止盾构在进入钢套筒时发生后退。反力架的安装采用接收反力架安装方式,反力架紧贴钢套筒后盖,采用反力架与后盖焊接的方式固定,冠球部分不与反力架接触。安装反力架时,首先应在基坑里定好位,然后根据井口面与洞门中心的标高在地面上先割去反力架立柱下端多出的部分,反力架立柱在设计时就已经有所预留长度,使其能更好的适用于标高不同的基坑,所以要根据井口面与洞门中心的标高来确定要切割长度,并在地面上安装好反力架。

3.3.2 反力架支撑安装

为确保反力架的稳固性,顶部设置钢支撑,一般采用圆钢管材质,反力架后方各设置工字钢斜撑,反力架侧方加设一道斜撑。钢支撑均与底板接触处加入钢垫板,保证支撑与预埋钢板的接触面积并与底板预埋件焊接牢固。

3.4 盾构机接收预防栽头措施

因盾构进入钢套筒后仍需要转动刀盘,为防止盾构机进入钢套筒后出现栽头现象,钢套筒拼装完成后,根据钢套筒及隧洞中线高程推算,在钢套筒内底部浇筑一层砂浆或细石混凝土预防栽头。

3.5 钢套筒内填充料

当检查完毕后,向钢套筒内填料,主要是填粗砂,并混有一部分的粘土,从三个填料孔分别向钢套筒内填充,在填充的过程中适当加水,保证砂的密实,直至填满后加水至完全充满钢套筒。

3.6 钢套筒耐压试验

原则上根据切口水压值进行控制,施工中根据实际情况进行调整。从加水孔向钢套筒内加水,至加满水后,检查压力,如果压力能够达到设计压力值则停止加水,并维持压力稳定,对各个连接部分进行检查,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。

3.7 盾构机到达接收

盾构到达接收主要分为三个阶段,第一阶段属于到达连续墙前盾构施工段;第二阶段主要为连续墙及洞门素墙掘进施工阶段;第三阶段主要为破洞门墙及套筒内部推进阶段。

3.7.1 盾构机姿态复核测量

在盾构贯通前距贯通面 150 ~ 200m 时进行联系测量的线路复测。要对洞内所有的测量控制点进行一次整体

的、系统的控制测量复核,对所有控制点的坐标进行精密、准确的平差计算。

在盾构推进至盾构到达施工范围 100m 和 50m 处对导向系统进行复核测量确定盾构机的准确位置,明确成洞隧道中心轴线与隧道设计中心轴线的关系。同时应对接收洞门位置进行复核测量,确定盾构机的贯通姿态及掘进纠偏计划。综合这些因素在隧道设计中心轴线的基础上进行适当调整,纠偏逐步完成。当盾构进入距加固区 5m 段时,为保证工作井端墙的稳定,需逐渐降低泥水仓压力,总推力也随之降低,掘进速度控制在 10mm/min 左右,刀盘转动速度控制 1.5r/min 左右,同时控制注浆压力等。

3.7.2 同步与二次注浆

加强同步注浆及二次补强注浆工作,盾构到达前 20 环增大同步注浆量,根据实际情况在同步注浆增大时,及时进行二次补强注浆施工,并对隧道进行防水环施工,确保接收端地层的稳定,减少出洞过程中出现涌水涌沙风险。

3.7.3 出洞段管片拉紧

出洞段管片由于受力发生变化容易产生较大错台,为防止盾构出洞后千斤顶离开管片时而出现管片间隙过大,甚至造成渗漏水现象,需要对最后 10 环左右管片采用型钢拉紧技术措施,在管片螺栓安装耳板,再将耳板与耳板搭接后焊接成整体,起到拉紧管片环与环的连接作用,管片全部安装完成后再采用型钢在耳板上纵向焊接,防止洞门封闭时管片变形或错台。从而完成盾构机钢套筒接收工作。

四、结语

随着盾构施工技术的不断创新和发展,采用钢套筒技术进行盾构机始发和接收,可以避免传统端头加固受到场地环境的限制,尤其是在面对软弱地层,断层、破碎带、强透水层等复杂地质条件中,采用钢套筒始发和接收,可以通过密闭压力平衡避免地下水外漏和土体塌陷,保证施工作业安全。另外钢套筒可以多次反复使用,节约成本,避免由于水泥浆液造成的环境污染,更适应今后盾构施工技术的发展趋势,相信通过不断的完善和提高,钢套筒施工技术会得到广泛的成功应用。

参考文献:

- [1]李英攀,李淑娟,孙志凌,管慧.基于RUSBoost算法的地铁盾构施工安全预警模型研究[J].建材世界,2022,43(01):70-73.
- [2]李菲.地铁盾构施工中的安全风险和管控对策[J].北方建筑,2021,6(03):75-78.
- [3]贾建忠.浅析地铁盾构施工的安全风险管理[J].中国住宅设施,2021(05):123-124.