

盾构密闭钢套筒始发技术介绍

廖 雷

深圳地铁建设集团有限公司 广东深圳 518000

摘要: 盾构隧道施工盾构机的始发、接收过程属于高风险事件,特别是在不良地层环境中,往往采用加固措施确保盾构始发和接收安全。近年来逐渐发展起来的在盾构井内设置钢套筒始发(接收)装置,能较好的解决上述技术问题。本文结合施工实践,对钢套筒密闭始发工作原理、施工工艺及施工过程控制等方面进行介绍,阐述了钢套筒密闭始发施工方案。

关键词: 盾构; 钢套筒; 密闭始发

Introduction of the starting technology of shield closed steel sleeve

Lei Liao

Shenzhen Metro Construction Group Co., LTD., Shenzhen, Guangdong province 518000

Abstract: The starting and receiving process of shield machine in shield tunnel construction is a high-risk event, especially in the bad formation environment, and reinforcement measures are often adopted to ensure the safety of starting and receiving of shield machine. In recent years, the steel sleeve starting (receiving) device in the shield well can better solve the above technical problems. Combined with the construction practice, this paper introduces the working principle, construction technology and construction process control of steel sleeve, and expounds the construction scheme of steel sleeve.

Keywords: shield; steel sleeve; closed start

前言:

密闭钢套筒始发(接收)技术作为盾构始发、接收工况的洞内措施之一,于2010年开始在国内地铁工程施工中开始应用,该工法最初是对传统的地面端头加固及洞内水平地层加固措施的可靠补充,截至目前,其功能的优越性,技术成熟性已逐渐凸显。土压平衡盾构密闭套筒始发施工技术已逐步应用于地铁建设,其中我局在深圳地铁8号线二期的施工过程中已经成功应用,因此需要研发成套的土压平衡盾构密闭套筒始发施工技术标准用于指导以后同类型工程。

一、工程概况

1. 盐田路站~北山道站区间概况

深圳市城市轨道交通8号线二期工程施工总承包土建一工区盐田路站~北山道站区间以北山道站为起点,穿过洪安街沿北山道辅路由东向西敷设后转盐田路由北向南敷设至盐田路站。该区间由北山道站始发,到盐田路站接收,区间左线总长690.162m,右线总长

700.024m。盾构始发端隧道拱顶埋深约11m,本区间隧道始发以10%上坡直线掘进,始发区域距离左线隧道外轮廓线北侧约20.3m处为8层混凝土框架结构中显微电子有限公司。端头井加固区域地下管线已全部迁出。

盐北区间左线端头地质自上而下分别为杂填土、素填土、淤泥质黏性土、卵石、砂质黏性土。区间右线端头地质自上而下分别为素填土、含有机质砂、粉质粘土、中砂、卵石、砂质黏性土,且位于城市主干道,施工环境复杂。

2. 北山道站~盐田食街站区间概况

深圳市城市轨道交通8号线二期工程施工总承包土建一工区北山道站~盐田食街站区间以北山道站为起点,区间隧道出北山道站后沿北山道继续向东偏南敷设。该区间由北山道站始发,到盐田食街站接收,区间左线总长989.918m,右线总长996.340m。盾构始发端隧道拱顶埋深约11m,左线先以20‰、9‰(右线先以20‰、9‰)下坡直线掘进,端头井加固区域地下管线已全部迁出。

北盐区间左线端头地质自上而下分别为素填土、素填土(块石、碎石)、粉质粘土、卵石、砂质黏性土。区间右线端头地质自上而下分别为素填土、粉质粘土、卵石、砂质黏性土、全风化花岗岩,且位于城市主干道,施工环境复杂。

以上两个区间,综合考虑多重因素,最终确定采用盾构钢套筒始发方案替代加固始发方案。

二、工作原理

1. 工作原理

密闭钢套筒始发技术原理为平衡始发原理,通过增设密闭钢套筒装置,并通过隧道埋深地质等条件确立钢套筒内需施加的压力数值,使盾构机始发时能实现钢套筒内压力与地层压力平衡。

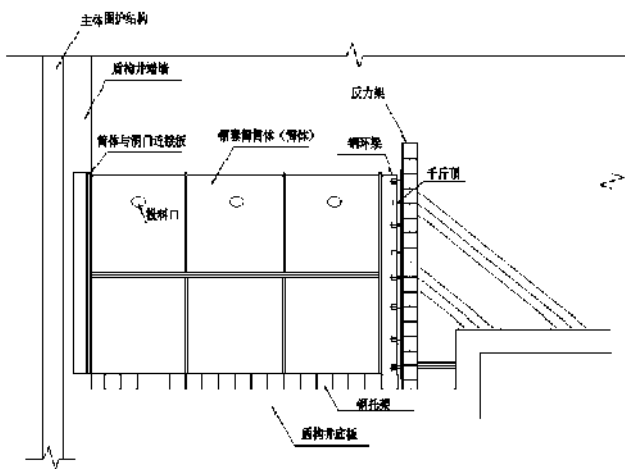


图2-1 密闭钢套筒始发装置整体示意图



图2-2 密闭钢套筒始发装置整体实景图

2. 工艺流程

盾构密闭钢套筒始发工艺流程详见图2-3所示。

三、钢套筒始发技术要点

1. 施工前条件检查

钢套筒安装前需始发部位的预埋环进行详细检查,检查项目包括标高、坐标,以及预埋质量。

为防止钢环、缸套筒、盾构机与设计轴线出现偏差,

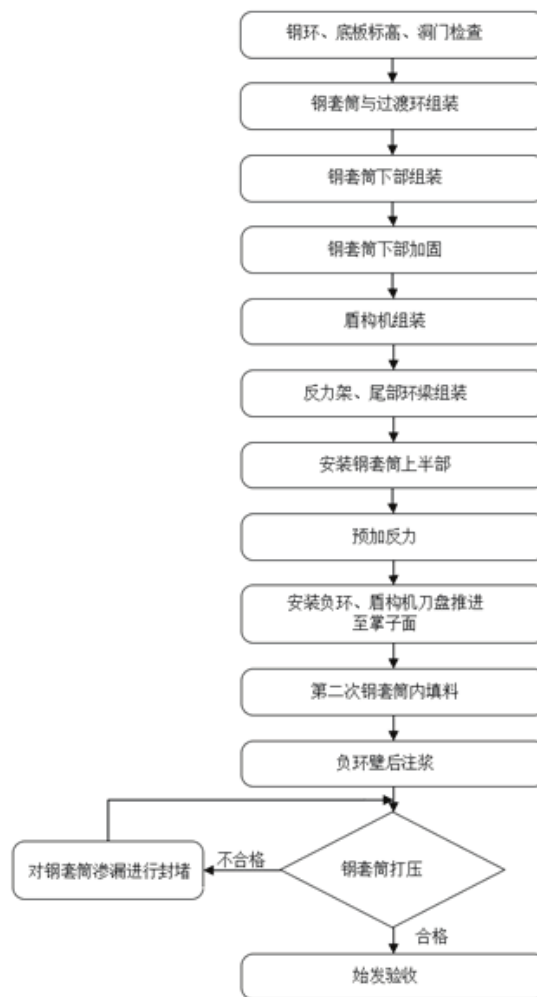


图2-3 盾构密闭钢套筒始发流程

导致盾构机不能按照设计轴线始发,所以要对三者轴线进行拟合,保证盾构机能按照设计轴线正常始发。测量底板平整度、标高,使钢套筒底座均匀着力,避免受力不均导致钢套筒变形导致盾构机偏离轴线且上盖安装困难等。同时检查洞门避免始发时刀盘切削到连续墙钢筋或工字钢接头,造成刀盘损坏。

2. 钢套筒与过渡环组装

过渡环与钢套筒采用钢套筒之间采用螺栓组装,在安装前对密封槽进行清理打好玻璃胶固定密封条同时加强密封效果,保证密封条与端面完好贴合,避免钢套筒连接法兰漏气。

3. 钢套筒下部组装

(1) 首先将底板标高测量好,如标高不符合要求需要进行垫或者破除部分底板。

(2) 将隧道中心线放出来,利用两点拉好基准线利于钢套筒定位,避免多次左右移动钢套筒。

(3) 将第一节定位好,对其进行位置测量无误后进行定位固定,如存在偏差利用液压千斤顶进行左右微调

后进行定位。

(4) 对下部剩余钢套筒进行下井组装, 同样清理好密封条沟槽, 打好密封胶固定密封条, 保证密封效果。

(5) 对尾部下端千斤顶安装环梁进行组装, 同时将反力架下部下井安放至指定位置(盾构机下井后影响下部下井组装)

(6) 将过渡环下部与钢环利用弧形板连接完成, 弧形板采用焊接安装所以要保证焊接质量达到密封效果。

(7) 将钢套筒下部所有连接连接缝全部涂好防水涂料, 加强密封效果。

(8) 钢套筒下部两条轨道之间按弧度第一次填砂。



图3-1 钢套筒下部组装

4. 钢套筒下部加固

将钢套筒两侧利用H型钢焊接固定, 一侧利用侧墙顶在钢套筒底座上面平均间距约2米左右, 另一侧将底座与预埋件焊接固定, 避免安装盾构机的时候钢套筒发生位移。

5. 盾构机组装

将钢套筒下部固定好后进行盾构机组装, 完成后配套整机一系列构件下井, 并完成盾体所有焊接工作与部分系统调试。



图3-2 盾构机组装

6. 反力架、尾部环梁安装

盾构机组装完成后进行钢套筒尾部环梁(含油缸进行组装), 首先将油缸安装至环梁上统一进行吊装, 其次进行反力架安装。

(1) 吊装反力架立柱与反力架下部进行组装, 组转前应确定反力架为位置避免油缸行程不够油缸作用力不

能施加至反力架上, 完成后对立柱进行加固防止倾倒。

(2) 吊装第二个反力架进行安装, 反力架各部件均采用螺旋连接, 安装完成后进行固定。

(3) 反力架上横梁组装, 组装完成后对反力架进行加固。

(4) 侧墙侧利用扩大端提供反力, 利用200H型钢。站台板一侧采用 $\Phi 500$ 壁厚1cm无缝钢管斜撑加固(需根据受力计算选材及数量)。



图3-3 安装反力架、钢套筒尾部环梁

7. 钢套筒上半圆组装、过渡环组装

钢套筒上部可一次性组装, 也可三部分体组装, 本项目采用地面组装一次性吊装下井, 在对接安装前对端面密封进行检查确保达到密封效果。

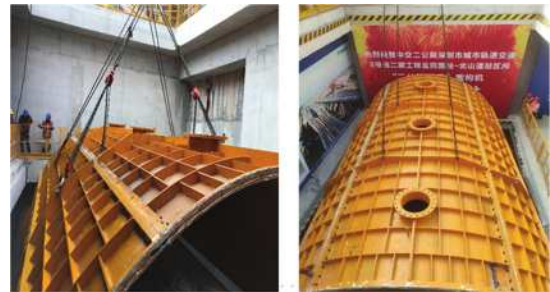


图3-4 安装钢套筒上半部分(上半圆)

8. 预加反力

钢套筒上半部分(上半圆)部分安装完成后, 通过安置在环梁与反力架之间的千斤顶预加反力, 为确保想过, 安置的千斤顶均匀布设, 每个千斤顶的预压力为30t, 按照所需压力对反力架进行预加力, 一般为600T左右, 如图3-5所示。



图3-5 预加反力照片

9. 安装负环、盾构机刀盘推进至掌子面

钢套筒、反力架安装完成形成整体结构后,开始安装负环,第一负环管片拼装成型后,通过千斤顶同步顶伸整体向后施工作用力,确保紧贴反力架。在盾构机空推时派专人在人仓观察推进至刀盘面板贴近洞门掌子面但不切削掌子面。

10. 钢套筒内二次填料

当刀盘面板贴近地连墙背土面(间距小于5cm),向钢套筒与盾构之间的间隙内填充材料(一般为砂子),即二次填料,在二次填料的过程中可适当加水以提高填料的密实度,并通过钢套筒下部设置的排水孔将水排出,二次调料过程如图3-6所示。



图3-6 向缸套筒内二次填料

11. 负环管片壁后注浆、钢套筒打压

负环拼装完成后利用同步注浆,注砂浆在尾盾后面行程止水环,来达到密封效果。并在推进过程中同步注砂浆来对空隙进行填充在管片后面形成一道密封防渗环;一切准备就绪后对钢套筒进行水密实验,在加注过程中对钢套筒四周进行观察如发现渗漏点停止加注及时进行封堵,堵漏完成后进行再次加注直至加满。当水密压力达不到指定压力的时,需进行气密保压达到要求后进行始发验收。如图3.11-1。

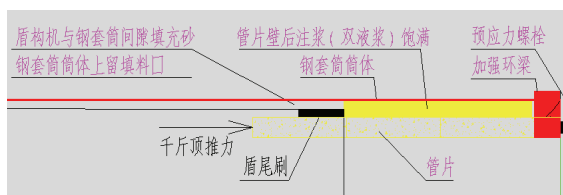


图3-7 负环管片壁后注浆示意图

12. 盾构始发掘进

以本工区两个区间为例,洞门处地下连续墙厚800mm(玻璃纤维筋替代钢筋),盾构机依靠自身动力直接切削。速度5~10mm/min,扭矩不大于2100kN·m,总推力不大于800t,在地连墙即将磨穿时密切关注钢套筒内压力变化,并对钢套筒进行巡视检查是否有渗漏点反力架变形等,如出现异常情况立即停机处理妥当后复推。通过洞门后,根据实际情况对速度、推力进行调整。

四、施工技术控制要点

1. 始发钢套筒制作和暗转过程质量控制

(1) 钢套筒始发(接收)装置钢材应采用不低于Q235B级的钢板,筒体钢板厚度不应小于16mm,筒体连接螺栓应采用8.8级高强螺栓,具体设置应根据计算确定;

(2) 钢套筒筒体长度取刀盘到盾尾的长度,筒体内径应与洞门钢环内径一致,且一般较管片外径外扩不小于0.5m;

(3) 通过增加纵向、环向肋板提升钢套筒刚度,肋板均匀分布,并进行满焊;上下两半圆筒体间均采用螺栓连接,并在连接处增加橡胶密封垫以提高整体密封性;

(4) 钢套筒后端与反力架间设置钢环梁,钢环梁与筒体通过螺栓连接,连接部位中间加橡胶板,以保证气密性。钢环梁内设置千斤顶,千斤顶伸末端通过钢环梁孔顶于反力架上,作为反力调节装置使用。单个千斤顶反力不小于60t,千斤顶能提供的总反力应满足盾构机正常始发、接收推力且不小于1200t。

2. 始发钢套筒变形控制

(1) 钢套筒、反力架制造前必须进行建模计算;在重要部位设置加强环梁;盾构始发钱必须对安装效果进行检测,压力达标后才可进行使用;

(2) 钢套筒进场前进行验收确保钢套筒材质、结构与资料相符满足使用要求;

(3) 预先在反力架和环梁之间设置预压力螺栓,并根据实际情况可通过施加预应力的措施确保钢套筒与洞门环板的密贴性;

(4) 始发掘进过程中在钢套筒尾端预加力,力值保持大于推进力,从而避免洞门环受拉力以及钢套筒;

(5) 严格控制掘进总推力,不得超过在反力架承受最大值,同时此推力推进过程中所产生的扭矩不得大于钢套筒提供的反扭矩力值;

(6) 加强监测,主要监测部位为:钢套筒与洞门环板连接处、反力架,当监测数值达到标准值的70%时,需根据情况,采取必要措施,如钢套筒与洞门环板位置超限,可加大钢套筒与反力架之间的预加反力;钢套筒本体连接端面法兰处可在变形量部位补加加强肋板。

3. 钢套筒内设备扭转控制措施

盾构机在破除洞门掘进过程中,切削地连墙产生较大扭矩,因盾构机此时掘进状态为模拟的区间掘进状态,防扭转的扭矩主要来自盾构机自身与钢套筒内填料之间的摩擦反力,且此时刀盘切削扭矩存在较大波动,从而有可能导致盾构机扭转情况发生。以上现象,主要通过

以下措施进行控制:

(1) 合理选取钢套筒填料, 填料通过匀速进行, 适度加水, 加强排水等措施加强填料的密实性;

(2) 增加固定缸套筒的外置装置, 一般通过在在钢套筒两侧安装工字钢横撑及三角架支架来实现, 一般安装间距取2m左右, 材料一般选取工20以上型号材料;

(3) 盾构机在切削连续墙时, 推进速度控制在每分钟5-10mm, 扭矩值取小于2000kN.m, 总推力取小于1000t。

4. 钢套筒防渗漏措施

钢套筒渗漏可能导致土舱压力难以达到需求值, 甚至引起掌子面失稳, 渗漏部位主要出现在以下部位: 环向/纵向接缝、洞门环板连接部位、环梁与管片连接处、负还管片接缝处、环梁连接处, 施工过程中, 钢套筒防渗主要有以下措施:

(1) 通过双密封圈、涂抹聚氨酯类材料双重措施确保环向/纵向接缝不渗漏, 双密封圈一般设置在钢套筒分块连接处, 涂抹聚氨酯类材料在分块连接处内外侧, 具体位置如图4-1所示。



图4-1 双密封圈、涂抹聚氨酯类材料防渗漏措施

(2) 对钢套筒和洞门环板连接部位采取焊接工艺, 并采用堵漏材料在外侧进行封堵密封;

(3) 钢套筒环梁与管片连接处, 负环管片接缝处采用橡胶密封垫和止水条进行防水;

(4) 对钢套筒与环梁之间采用螺栓连接, 并在连接处设置两道嵌入式密封圈。

5. 始发钢套筒的耐压和气密性质量控制

应采取有效措施保证钢套筒与洞门接口处的密封性, 保证钢套筒分块连接处的密封性, 例如采用橡胶密封垫等方式。

(1) 钢套筒应按能承受始发、接收端2倍水土压力

且不小于0.3MPa的压力设计。

(2) 钢套筒的气密性关系始发、接收过程中的稳压, 其气密性主要包括前端(筒体与洞门连接)密封、钢套筒筒体密封和后端(钢套筒、钢环梁与负环管片连接)密封。

(3) 前端密封主要通过保证焊缝质量及涂刷防水涂料、遇水膨胀止水条等措施实现。

(4) 筒体密封主要通过螺栓紧固及于拼装缝间设置橡胶垫片等措施实现。

(5) 钢套筒的后端密封主要通过管片壁后注双液浆及钢环梁设置止水橡胶圈等措施实现钢套筒、钢环梁与负环管片连接的气密性。

(6) 钢套筒组装完成后, 应在筒体上中下、前中后设置压力表, 并通过水表压力分析钢套筒的密封性, 如密封性不能达标, 必须查找原因, 如有渗漏, 必须及时进行修复。

五、结语

以深圳地铁8号线两个区间的应用为例, 一个区间单线, 采用端头加固, 加固费用约为220万元, 加固周期约21天; 采用密闭钢套筒始发, 费用约为52万元(钢套筒按照4次使用计算), 安装工期约11天。实践证明, 该工法的运用, 有效的降低了盾构始发安全风险, 现场施工安全可靠, 可推广性强, 为后续此类施工提供了很好的借鉴作用。

参考文献:

[1]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.

[2]崔强. 盾构平衡始发施工技术的应用——钢套筒密闭始发方案[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2014

[3]李建平, 叶丽君. 承压水砂性地层中盾构钢套筒始发技术应用[J]. 市政技术, 2017, 35(5): 189—92

[4]徐会斌, 李彧, 李博. 富水砂卵石地层条件下土压平衡盾构全套筒密闭始发技术[J]. 施工技术, 2018, 47(13): 45—49.

[5]何源, 钟涵, 许超. 大直径泥水盾构始发钢套筒设计及变形可控研究[J]. 施工技术, 2019, 48(s1): 1715—718