

复合地层中土压平衡盾构水下接收施工技术

田德福

中铁路安工程咨询有限公司

DOI:10.12238/btr.v7i3.4411

[摘要] 本文以广州地铁十八号线工程某区间大直径土压平衡盾构在具有大埋深高压富水砂层的复杂地质条件下利用接收井内外水土压力平衡的原理成功进行水下接收施工为例,详细介绍大直径土压平衡盾构在大埋深富水砂层中接收涉及的接收井端头加固、基座施工、洞门密封、姿态调整、接收井回灌与清渣、盾构接收段掘进、洞门封堵等关键工序及施工控制要点,为今后同类工程提供技术参考。

[关键词] 大直径土压平衡盾构机; 富水砂层; 水下接收

中图分类号: TU74 **文献标识码:** A

Construction technology of earth pressure balance shield in composite formation

Defu Tian

China Railway Lu'An Engineering Consulting Co., Ltd

[Abstract] This paper to Guangzhou metro line 18 engineering a large diameter soil pressure balance shield with high water pressure rich water sand layer using the principle of water pressure balance inside and outside the underwater receiving construction as an example, detailed introduces the large diameter soil pressure balance shield in the deep water sand layer receiving receiving well end reinforcement, base construction, tunnel sealing, attitude adjustment, receiving well recharge and slag cleaning, shield receiving section tunneling, tunnel plugging and other key processes and construction control points, provide technical reference for similar engineering in the future.

[Key words] large diameter earth pressure balance shield machine; water-rich sand layer; underwater receiving

1 工程概况

广州地铁十八号线工程某区间采用2台直径8840mm的土压平衡盾构机施工,区间线路长2.5~2.8km。区间线路处于全断面<3-1>粉细砂层中,盾构隧道埋深为23.4m~34.4m。盾构接收吊出井主体结构(含地连墙)设计总长度为22.4m,宽为40.2m,为三层三跨地下建筑结构。盾构井小里程接收端隧道上覆地层从上往下依次为<1-2>素填土、<2-1B>淤泥质土、<2-2>淤泥质粉细砂、<2-1B>淤泥质土、<2-2>淤泥质粉细砂、<3-2>中粗砂、<3-4>卵石土,隧道下覆地层<4N-2>粉质黏土、<7-2>强风化砂质泥岩。盾构井地下水稳定水位埋深1~2m,砂层承压水水头约为16.7~18.7m。

2 盾构水下接收施工技术

盾构到达采用水中接收方式,接收井端头处理采用Φ850@600mm三轴搅拌桩和Φ800@600mm三管旋喷桩加固;洞门密封止水装置采用延长钢环、盾尾刷和钢板束,同时对加固区管片进行压注双液浆液和对延长钢环上预留的注浆孔进行压注双液浆的止水形式;当注浆完成后抽除接收井内的回填砂土和水。水下接收施工工序主要包括端头加固、降水井施工、盾构基座

摆放与加固、洞门密封安装、盾构机姿态调整、接收井内水土回填、盾构机达到掘进参数控制、螺旋机止水、盾构机一次接收、洞门注浆封堵、止水环施做、井内水土抽排、盾构机二次接收、洞门环封堵等内容。

2.1 端头加固

盾构接收井端头加固按设计图纸要求采用Φ850@600mm三轴搅拌桩加固,贴近盾构井连续墙一侧设一排Φ800@600mm三管旋喷桩咬合止水的综合加固措施。三轴搅拌桩和三管旋喷桩加固完成后,在盾构接收前对洞门采用地质钻机进行垂直及水平钻孔取芯检测,检测数量不得少于1%,且不得少于5根。桩体28d无侧限抗压强度<1MPa,渗透系数>1.0x10⁻⁵cm/s。加固体取芯质量检测不合格时,要重新进行加固。必要时,可以在接收井端头洞门进行水平注浆加固。

2.2 降水井施工

在盾构接收井地基加固区外开设4口成孔孔径≥1200mm降水井,降水井深度32m,井管采用内径为800mm钢管。降水井成井后应严格控制洗井效果,确保成井出水不出砂。降水井监测维护期内,应对各降水井和观测孔水位、水量同步监测。

2.3 盾构基座摆放及加固措施

盾构接收基座距离盾构井结构墙1米外设置,采用C35混凝土浇筑。基座钢筋提前预埋至接收井底板内,前后位置做引轨,接收基座的中心轴线应与隧道设计轴线一致。接收基座的轨面标高除适应于线路情况外,适当降低30mm,以便盾构机顺利上托架。

2.4 洞门密封安装

洞门密封装置主要是防止盾构机在出洞过程中,防止出现涌水、涌砂等情况,洞门密封装置安装主要包含一道延长钢环、一道盾尾刷和一道钢板束,延长钢环与洞门预埋钢环焊接,钢板束焊接于延长钢环内侧,盾尾刷安装于延长钢环内侧,焊接到延长钢环距结构墙10cm。盾尾刷和多层弹簧钢板束结构在盾构出洞的时候能够包裹住盾体,以阻断地层中的水土进入接收井。

2.5 盾构机姿态调整

在盾构到达前100m和50m处分别对导向系统进行复核测量对洞内所有的测量控制点进行一次整体的、系统的控制测量复测,对所有控制点的坐标进行精密、准确的平差计算。同时,对盾构到达洞门进行复核测量,测量项目包括洞门中心位置偏差、洞门全圆半径等项目,必要时根据测量结果对洞门进行相应的处理。盾构机贯通姿态需要综合考虑贯通时隧道的中心轴线与设计轴线的偏差及盾构接收井洞门位置的偏差,需要纠偏时要注意控制纠偏量,不可一次纠偏。盾构出洞接收时,盾首前端姿态要略高于隧道轴线 $20^{\circ}\sim 30\text{mm}$,预防盾构设备不能顺利的进入接收基座。

2.6 井内水土回灌

为保护盾构出洞时防止涌砂、涌水。盾构井内需填砂至洞门中心高度自延伸钢环外边按照30度放坡,灌水至现状地下水水位高度,使井内外水土压力平衡。盾构接收井经计算回填砂约 800m^3 ,灌水量约 23000m^3 。灌水灌砂回填工作应在盾构井内密封装置及混凝土导台等准备工作完成后,盾构机刀盘位于加固区内后进行。灌水后及时通过水位观察孔量测复核端头地下水水位,确定接收井内外压力平衡状态是否满足盾构机出洞要求。同时要求盾构接收井端头合适部位设置容量约 2000m^3 的储水水池并蓄满水,在出现盾构井井内压力小于水土压力不能形成水压平衡时,及时进行回灌。

2.7 盾构到达掘进参数的控制

盾构区间到达接收段施工分为三个区段:到达段(1530环~1539环)、加固区(1540环~1546环)及进洞段(1547环~1553环)。对于不同区段,采取不同的施工参数,以顺利完成进洞接收工作。

2.7.1 到达段掘进(1530环~1539环)。盾构到达接收过程中,盾构接收段掘进速度控制在 $60\text{mm}/\text{min}$,总推力 $\leq 50000\text{KN}$,刀盘转速为 $1.4\sim 1.6\text{rpm}$ 。完成管片拼装后,每环管片螺栓复紧三次。同时加强盾构隧道的轴线控制和复核,重点关注同步注浆质量。在进行同步注浆时以压力进行控制,注浆量不宜过大,防止盾尾出现漏浆。

2.7.2 加固区掘进(1540环~1546环)。加固土体强度较高,在加固区掘进时速度要小于 $50\text{mm}/\text{min}$ 。盾构进入加固体掘进后要加强接收井的观察与沉降监测,最后10环管片的拼装要严格控制拼装质量,管片拼装每环保证3次复紧,同时每3环管片施做止水环,切断后方来水。二次注浆过程中严控注浆压力,注浆压力 $0.3\sim 0.5\text{MPa}$ 。尤其注意盾尾下部空隙的注浆封堵要确保密实,避免隧道底部出现渗漏水。盾构机刀盘进入加固区在刀盘到达地连墙之前2m开始径向孔注厚浆,在刀盘顶到地连墙进行土仓卸压试验,评估加固体止水效果和后方来水封堵情况。

2.7.3 工作井内推进(1547环~1553环)。盾构机刀盘破开连续墙进入接收工作井后,继续向前推进盾构机刀盘里程抵达洞门钢环里程时停止刀盘转动。盾构掘进速度要求小于 $25\text{mm}/\text{min}$,刀盘转速 0.8rpm ,推进过程中关闭螺旋机闸门停止排土,土仓内压力与水压保持一致。管片拼装时油缸伸缩顶推加力应缓慢进行,避免拼装时盾构前移或千斤顶松动,确保管片环环之间密封良好,无渗漏水发生。当盾构机前进至盾尾与延伸钢环搭接 $40\sim 50\text{cm}$ 时停止前进,开始洞门封堵注浆。注浆完成后,打开注浆接头上的球阀,检查渗漏水情况,洞门密封确认无异常后停止降水。

2.8 螺旋机止水措施

水下接收过程中因盾构接收井内水头压力大,盾构掘进出洞可能出现螺旋机喷涌问题,在掘进过程中要将螺旋机收回并关闭螺旋机前闸门和出土口的上下两道闸门,同步安排向螺旋内注入高粘度的膨润土、水性聚氨酯或厚浆进行止水。

2.9 盾构一次接收

盾构接收井内外水土压力平衡后需复测盾构姿态及高程,盾构接收掘进过程中控制各项施工参数使盾构按照隧道轴线掘进,尽量确保盾构与洞圈四周间隙均匀,盾构水中接收时盾尾油脂、同步注浆需按要求压注直至完成盾构接收。盾构主体进入洞圈后,将盾构盾尾留一段长度与钢洞圈外的钢板束搭接完成一次接收。

2.10 洞门注浆封堵

盾构接收时盾体外壳与洞门环间存在的 16cm 空隙可能成为渗漏水通道,需要安排对该空隙进行注浆封堵以保证土压平衡盾构机接收后洞门的整体密封效果。隧道内利用增加的注浆孔向隧道外注浆,封堵管片与洞门圈间约 250mm 的间隙。注浆达到预期效果后分阶段抽排井内储水,观察水位变化 $3\sim 5$ 小时,确定井外无水土流入,井内液面高度无变化。

2.11 止水环施做

为切断盾构机后方来水,应及时通过管片上的注浆孔对管片背后进行二次注浆形成环箍。二次注浆采用双液浆多孔、多次往复循环注入,注浆压力控制在 $0.3\sim 0.4\text{MPa}$,将管片与后部间隙封堵密实,切断后方来水。在接收段30米内,每3环对管片底部进行开孔检查浆液凝固质量,确认止水环施做是否成功。

2.12 井内排土排水

盾尾在钢环内剩余长度 50cm ,二次注浆封堵完成后,安排在

脱出盾尾第2环上开孔检查有无漏水情况，无漏水开始抽排井内积水，否则继续注浆封堵直至不漏水。井内的抽排污水需沉淀后排入污水管道或河流，同时利用挖机等其他设备清理沙土。在洞门封堵后，及时清理盾构机和井内底板。

2.13 盾构二次接收

经确认接收洞门洞圈无渗漏后，继续推进盾构直至特殊环管片脱出盾尾，同时尽快拼装管片和二次注浆，缩短盾构二次接收时间。

2.14 洞门环封堵

盾构机拆除吊装完成后，密封装置拆除一部分后在背覆钢板管片与预埋钢环之间焊接钢板，封堵管片与预埋钢环之间的间隙。

3 盾构水下接收注意事项

(1) 盾构出洞接收时整体推力变小，最后拼装的管片环间连接比较松，要安排好管片连接螺栓的紧固和复拧措施。在洞通前15环管片按顺时针9、11、1、3点位拉结四道20mm钢绞线提前施加进行预应力张拉。

(2) 在最后几环施工拼装过程中，注意拼装点位及盾尾间隙，加大盾尾油脂注入量并保持同步注浆，防止盾尾涌水、涌沙。

(3) 盾构设备掘进方向和铰接油缸的推进行程要重点关注，严格控制，保证铰接密封满足要求。

(4) 做好盾构机及后配套设备维保，保持连续推进，确保非正常停机影响掘进。

4 结束语

本文通过对大直径土压盾构水下各关键施工工序过程及水下接收注意事项进行技术总结。可以发现虽然盾构水下接收较常规例如钢套筒接收方式相比，施工周期较长，需要大量的前期工作准备和物资资源投入，但在埋深大、高水压富水砂层复杂地质条件下，水下接收安全性更高，期望对今后同类型盾构施工提供一定的参考与借鉴。

【参考文献】

[1] 吴镇, 耿传政, 王磊. 富水卵石层土压平衡盾构水下接收技术[J]. 隧道建设, 2018, 38(12): 2040.

[2] 葱振东, 丁传海. 超大直径泥水平衡盾构水下接收加固及保障措施研究[J]. 施工技术, 2016, 45(增刊1): 527.

[3] 刘玉林, 刘天祥. 富水砂层地质条件下盾构接收技术[J]. 施工技术, 2012, 41(增刊1): 255.

[4] 马军. 高水压砂性土层大直径盾构到达施工技术[J]. 价值工程, 2015, (14): 138-139.

作者简介:

田德福(1988--), 男, 土家族, 湖北省巴东县人, 本科, 工程师, 从事城市轨道交通施工监理管理工作。