

超大直径盾构空推过站方案及重难点

王新¹, 范玉明²

[1.上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200125;2.上海城投公路投资(集团)有限公司,上海市 200335]

摘要:通过对滚筒或滚杠法、小车拖运法、滑动牵引法等多种过站方法的分析,提出了大直径盾构空推过站的新思路和方法。大盾构在钢筋混凝土基座上前行,通过底部拼装管片提供后靠力进行前行,技术上可行,经济上更合理。通过对过站流程的梳理,分析了过站施工的主要重难点在于:基座结构与工作井内部结构的相协调性;过站施工的减摩与辅助措施;纵向运输的保障措施。国内在大直径盾构过站方面经验较少,该工程提出的空推过站方法对类似项目具有很好借鉴意义。

关键词:盾构隧道;过站方案;空推过站;过站基座

中图分类号: U451

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)03-0157-04

0 引言

近年来我国长距离大直径盾构隧道建设日盛,例如上海在建的北横通道东段隧道盾构段长约 5.7 km,隧道外直径 15.0 m;北京在建的东六环改造工程隧道盾构段长约 7.3 km,隧道外直径 15.5 m;江阴第二过江通道盾构段长约 6.4 km,隧道外直径 15.4 m。为了更好的服务沿线区域,在建设条件允许时长距离地下道路往往每隔 2~3 km 设置一对进出匝道,通常匝道与主线通过设置明挖井实现转接,由此大直径盾构需要在转接井内进行接收和再始发,类似地铁盾构隧道的“过站”。

国内,针对 6~7 m 直径地铁盾构过站的研究积累了一定经验,超大直径盾构过站案例非常之少。常润安^[1]等介绍了北京 17 号线十八里店站“先隧后站”的过站案例,避免了过站时带来的洞门止水隐患。李敏^[2]等针对地铁过站的形式进行了总结,主要为整机过站(滑动迁移)、过站小车过站、滚杠式过站,分析了过站特点及技术优劣。整机过站(滑动迁移)即盾构与机架保持连通状态,同步一体实现过站,通常是纵向拖拽实现盾构和后配套系统的前行。过站小车过站即盾构搁置在小车上,通过驱动前行实现盾构过站,然后再将后配套系统逐步拖运过站。滚杠式过站即盾构接收在滚杠上方的基座,通过滚杠的滚动实现基座和盾构的前行,后配套系统则通过轮式前行过站。白云^[3]等对地铁盾构机过站方法适应性进

行了系统分析,从工效上讲整体过站非常具有优势。刘恕全^[4]等调研了各种过站方法和案例,将混凝土导台变换为钢轨,既控制了方向又减小了过站摩擦力,同时加入了顶升的控制方法,应用于广州轨道交通 5 号线西场暗挖站,提高了过站效率。刘小刚^[5]等介绍了盾构整机快速平移过站施工技术,整机平移过站系统主要包括了推进系统、后配套支撑系统和控向系统,通过合理的筹划和措施保证了北京轨道交通 16 号线 13 合同段的成功过站。徐光华^[6]介绍了滚杠式过站在地铁中的应用,滚杠式过站工期短、成本低、操作简单。王珣^[7]等介绍了北京地铁 4 号线北宫门站的盾构机平移过站技术,其中盾构与机架断开分别过站。姚燕明^[8]等介绍了一种可拆解式盾构,用于宁波轨道交通 4 号线火车站过站。然而,超大直径盾构重量和断面较大,相比小直径盾构过站难度明显更大。在上海北横通道西段中山公园井中,15.56 m 直径盾构与机架断开,通过牵引分别将盾构和机架进行过站,过站后设备重新进行调试,耗时达 5 个月之久。

基于北横通道东段杨树浦港井过站需求,作者介绍一种整机空推、机架同步跟进的连续过站方案,节约再次始发时设备调试时间,使得过站在确保安全的前提下更高效。

1 工程概况

上海市北横通道东段隧道西起静安区文安路高架接地点东至杨浦区双阳路以西约 100 m,全长约 6 861 m,城市主干路,双向 4 车道+2 根多功能车道,主线设计时速 60 km/h,见图 1。全线设置 5 座工

收稿日期: 2022-05-07

作者简介: 王新(1984—),男,硕士,高级工程师,从事地下结构与科研工作。

作井,3处明挖匝道。隧道沿海宁路—周家嘴路敷设,主线隧道直径15 m,长约5 670 m,盾构法施工,由西向东主要下穿10号线、虹口港、新建路隧道、4号线、18号线、杨树浦港和内环高架等构建筑物。

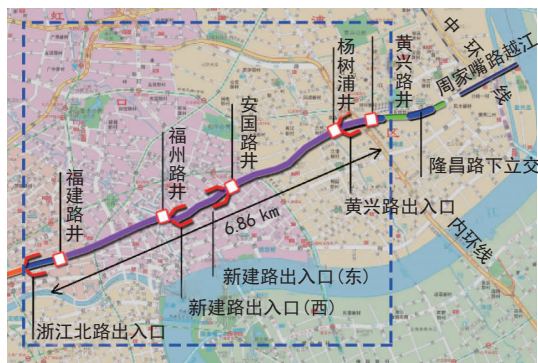


图1 北横通道东段隧道总体线路图

根据总体筹划,本工程采用两台直径15.56 m盾构,分别从福建路和黄兴路工作井始发,至安国路井双向接收,故在杨树浦港井和梧州路井需要进行过站。以杨树浦港井为例,介绍超大直径盾构过站方案和重难点,以供相似工程参考借鉴。

杨树浦港井位于既有周家嘴路中,结构呈近似梯形,结构外包平面尺寸为74.8 m×(24.4~34.8)m,高度约28.1 m,见图2。工作井结构竖向分5层,层高3.9~5.3 m。盾构过站期间,完成工作井底板、临时立柱、部分B4板、内衬及壁柱和部分B1板结构,井内竖向形成的最大净跨约18.7 m,见图3。同时,保留B1板以上两道混凝土支撑。

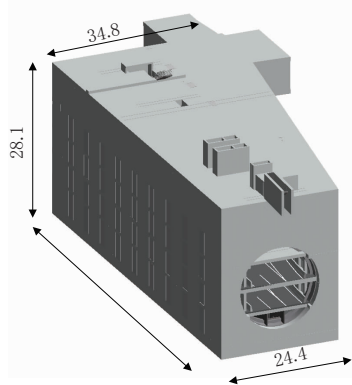


图2 杨树浦港井三维示意图(单位:m)

2 过站方案

2.1 总体方案

根据调研,小直径盾构过站通常有整机过站(滑动迁移)、过站小车过站、滚杠式过站。本次北横“纵横”号盾构总长120 m(其中盾体长14 m),总重近3 000 t。若采用滚杠法,盾构容易产生偏转、滑动;若采用小车拖运,必然需机头与机架断开增加工期;若

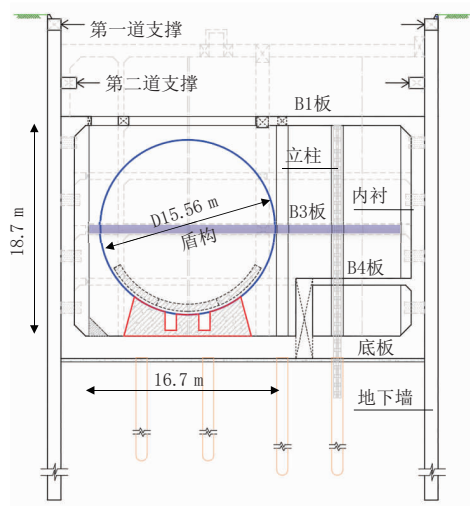


图3 杨树浦港井过站阶段横剖面图

采用滑动牵引,需配备较强的牵引能力。鉴于此,拟采用盾构空推过站方法,即利用拼装管片提供后靠力,基座上涂抹黄油用以减阻,在施作好的基座上一次连续前行至始发位置,施工后靠件再次完成始发。

盾构空推过站主要优点在于:机头与机架可不进行断开,节省后续设备调试的时间;大盾构通过现浇混凝土基座过站,使得空推过程中盾构的稳定得到保障;利用部分管片提供后靠力,解决盾构前行问题,减少辅助牵引设备的投入。

2.2 基座设计与施工

过站所用基座可采用钢基座或混凝土基座,分体过站常采用钢基座,整机连续过站则推荐钢筋混凝土基座。钢基座由型钢、钢板等型材焊接而成,主要优点是可回收,缺点在于刚度小易变形,且焊接工程量大。若采用活动钢基座,机头与机架分开分别过站,钢基座经济性较好,无需考虑永临结合,且对井建筑布置和结构影响小。若基座为固定式,钢基座焊接和拆除工程量巨大,耗时耗力,若不回收则经济性较差。本工程中拟考虑盾构设备整机一体过站,需要基座具有较强的刚度以保证线形的稳定,故推荐采用钢筋混凝土基座。基座在设计中充分考虑永临结合,预留管线通道、人员检修与疏散通道等空间,在后续只需对过站结构稍作改造即可满足永久使用需求。基座的底宽11.5 m,高度3.5 m,上口与盾体圆紧密贴合,横向宽度9.5 m(见图4)。基座内部设计两处1×1.5 m通道,方便后续管片推出盾尾后进行临时竖向支撑的架设。

2.3 过站流程

第一步,工作井形成内部过站空间后在底板上施

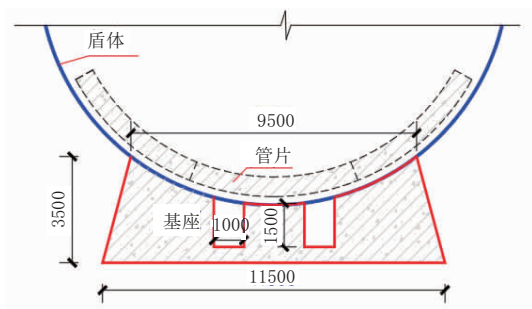


图4 过站基座图(单位:mm)

工基座结构。在施工基座结构时,考虑便于后续结构改造在适当位置采取隔离措施,并纵向设置一定数量的变形缝和空档。空档主要考虑横向管线穿越、人员检修等空间需求,通过预留方式减少后续混凝土凿出量。

第二步,破除工作井接收端洞门,打开接收气囊,基座上涂抹黄油,盾构进入工作井基座,并逐渐前行。此时,管片结构正常拼装,直至完成接收环的拼装。

第三步,利用盾构下方6组千斤顶顶推已拼装的管片(仅下部3块),盾构逐渐前行。管片从盾尾脱出时,盾尾不再同步注浆,在基座槽内架设支撑结构,边前进边支撑,从而盾构和机架一体前行。

第四步,盾构前行至始发位置,施工后靠支撑系统,进行盾构始发。始发准备就绪后,凿出始发端洞门,安装止水帘布,盾构前行始发,同步盾尾拼装整环的负环,直至盾构完全进入土体。

第五步,在盾构前行约200m时拆除负环和后靠,施作工作井内部结构板墙、盾构段与工作井的连接结构等,此时完成盾构和机架的整体过站。

3 重难点分析

3.1 基座结构与工作井结构相协调

本工程过站基座采用钢筋混凝土浇筑,若不考虑与内部结构的结合,后续的凿出量较大,费工费时,较不合理。当基座与内部结构结合考虑时,要充分考虑到管线穿越、人员检修等的空间需求。由于空推过站方案可以做到纵向电缆通道不中断,故需要工作井范围内预留 $4.5\text{ m} \times 4\text{ m}$ 和 $3\text{ m} \times 4\text{ m}$ 电缆横通道,该通道同时具备人员和电缆敷设的需要,见图5。另外,工作井基座范围布置3处不小于 $1.2\text{ m} \times 2\text{ m}$ 的人行通道,满足工作井地下五层的相互连通。最后,地下五层设置集水坑设置在始发负环范围内,待负环拆除后整体浇筑B4板。

3.2 减摩与辅助措施

在盾构空推过程中,需要考虑一些减摩和辅助

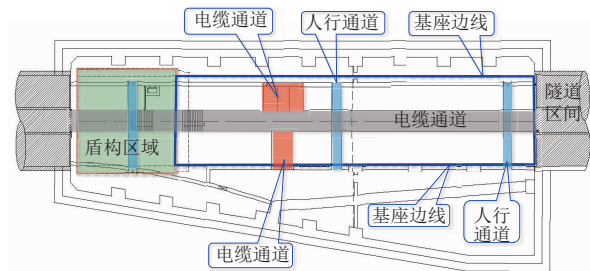


图5 基座预留通道平面图

措施,确保大盾构能够顺利稳定地前行。基座设计弧面与盾构圆完全相贴,浇筑完成后,不断对表面进行打磨,使得表面尽可能光滑,最后涂上黄油。待盾构空推时,不断向盾体前放喷洒黄油,保证基座始终有足够的黄油浸润。由于基座的平面尺寸有限,空推过程中盾构可能会发生偏转,在盾体两侧的基座顶部设置限位槽,盾体能够沿着限位槽前行,保证较好的稳定性,见图6。

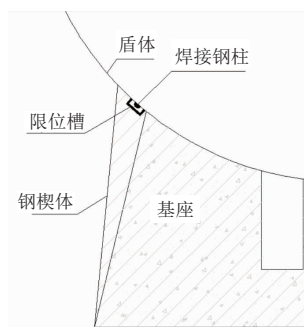


图6 基座限位措施构造示意图

由于盾体比管片直径大 0.56 m ,过站拼装的管片在脱出盾尾后会失去了竖向的支撑。此时,施工人员通过基座的纵向槽段假设支撑架,同时在基座与管片之间塞填型钢,保证块管片都有较好的支撑。作为后靠件的管片的结构稳定极为关键,为盾构姿态控制和后续永久结构稳定提供很好的基础。

3.3 纵向运输保障措施

盾构过站不仅仅要求盾体能够完成接收、推移和始发,还要保证盾尾后续跟进的纵向运输。管片、口型件均需通过可靠的纵向运输通道输送到最前方,以保证正常的掘进和管片拼装施工。工作井内部的净空较盾构段稍小,在过站范围内拟预制特殊口型件,将运输标高相比盾构段降低约 20 cm ,从而保证运输净空。

机架系统与盾体一体跟进前行,过站区间段内仍行走在拼装好的下部管片上,相关管路系统则布置在口型件与管片间回填区上部。

此外,盾构隧道烟道板所用的移动模架系统可待可待B3板施工后在板上过站。自此,可完成整个

掘进、拼装和内部结构配套施工系统的过站。

4 结 语

以上海市北横通道东段隧道杨树浦港井为背景,通过对整体过站(滑动迁移)、过站小车过站、滚杠式过站等多种过站方法的分析,提出了大直径盾构空推过站的新思路和方法。大盾构在钢筋混凝土基座上前行,通过底部拼装管片提供后靠力进行前行,技术上可行,经济上更合理。通过对过站流程的梳理,分析了过站施工的主要重难点在于:基座结构与工作井内部结构的相协调性;过站施工的减摩与辅助措施;纵向运输的保障措施。国内在大直径盾构过站方面经验较少,本工程提出的空推过站方法对类似项目具有很好借鉴意义。

参考文献:

- [1] 常润安,胡俊.北京地铁17号线朝十区间盾构机穿墙过站技术研究[J].五邑大学学报(自然科学版),2020,34(3):69-74.
- [2] 李敏,沈国红.地铁盾构过站的经济性及适用性分析[J].中国市政工程,2011(5):82-84,95.
- [3] 白云,戴志仁,吴惠明.地铁盾构机过站方法适应性分析[J].地下空间与工程学报,2010,6(1):144-150.
- [4] 刘恕全,李江,朱光涛,等.盾构暗挖过站施工技术的研究与应用[J].隧道建设,2013,33(7):591-596.
- [5] 刘小刚,刘卫东,刘志彪,等.盾构整机快速平移过站施工技术[J].施工技术,2021,50(1):113-117,121.
- [6] 徐光华.浅谈滚杠式过站在地铁施工中的应用[J].山西建筑,2008(11):286-288.
- [7] 王珣,杨博,刘文斌.盾构机平移过站技术[J].隧道建设,2007(4):52-54.
- [8] 姚燕明,胡新朋,李发勇,等.狭窄空间内可拆解式盾构过站施工技术及应用——以宁波火车站为例[J].隧道建设,2020,40(7):1035-1040.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com