

盾构地下对接洞内解体施工技术在地铁施工中的应用

袁云海¹, 温书亿², 陈东旭¹

¹成都市交通规划勘察设计研究院有限公司, 四川 成都

²中铁科学研究院有限公司, 四川 成都

收稿日期: 2022年3月16日; 录用日期: 2022年5月12日; 发布日期: 2022年5月19日

摘要

市民健身中心站 - 观涛站盾构隧道为青岛地铁8号线下穿海域段盾构隧道之一, 同时也是我国轨道交通建设首次采用盾构地下对接、洞内解体施工技术, 文中论述了盾构对接、解体技术的类型、地下对接、洞内解体施工时存在的施工风险、施工的关键技术环节, 提出了盾构解体后现浇与管片衬砌结构及防水后处理措施。

关键词

盾构, 地下对接, 洞内解体, 关键技术

Application of Shield Docking in Ground and Shield Machine Disintegration Technology in Subway Construction

Yunhai Yuan¹, Shuyi Wen², Dongxu Chen¹

¹Chengdu Transportation Planning Survey Design Research Institute Co. Ltd., Chengdu Sichuan

²Chian Railway Academy Co. Ltd., Chengdu Sichuan

Received: Mar. 16th, 2022; accepted: May 12th, 2022; published: May 19th, 2022

Abstract

The shield tunnel from the Citizen Fitness Center station to Guantao station is subsea tunnel of Qingdao Metro Line 8. At the same time, it is also the first time that the construction technology of shield docking in ground and shield machine disintegration is adopted in China's Metro construction.

文章引用: 袁云海, 温书亿, 陈东旭. 盾构地下对接洞内解体施工技术在地铁施工中的应用[J]. 交通技术, 2022, 11(3): 186-192. DOI: 10.12677/ojtt.2022.113019

This paper discusses types, construction risks, key technicals of shield docking and disintegration. Post-Pouring strip is arranged between the cast-in-situ and segment lining after shield machine disintegration, and waterproof post-treatment measures are put forward to strengthen waterproof effect.

Keywords

Shield, Underground Docking, In the Collapse of the Hole, The Key Technology

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 工程概况

市民健身中心站 - 观涛站盾构区间段位于青岛市城阳区胶州湾海域内, 全长约 3.2 km (其中约 1900 m 为连续下穿海参池, 如图 1 和图 2), 为青岛地铁 8 号线工程长段下穿海域段工程之一。本工程盾构机采用外径 6.9 m 的复合式盾构机; 受当地老百姓的迫切需求和青岛市轨道交通规划建设变化的影响, 青岛地铁 8 号线工程建设加速, 完成时间大幅度提前。该盾构区间隧道由原设计的两台盾构机分别独头掘进, 调整为四台盾构机对向掘进施工, 从而施工过程中选取了盾构地下对接, 洞内解体的施工方案。

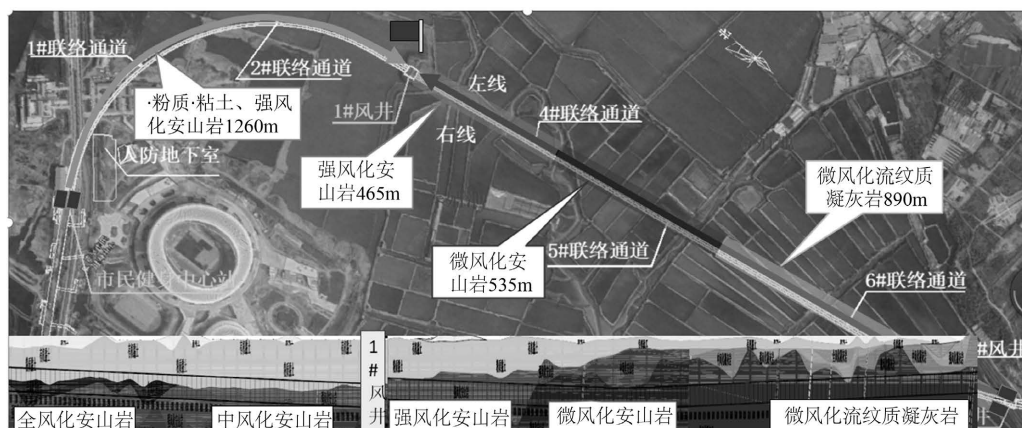


Figure 1. Layout plan of tunnel between citizen fitness center station and Guantao station

图 1. 市民健身中心站 - 观涛站区间隧道平面布置图



Figure 2. Ground shrimp pond in section

图 2. 区间地面虾池

2. 盾构机地下对接方案确定

1) 隧道通过段地层主要为微风化流纹质凝灰岩、微风化安山岩、全风化安山岩, 沿线通过多条断裂带, 导致地面海参池与隧道水连通, 地下水较发育; 隧道长段通过上软下硬地层; 施工过程出现了螺旋机喷涌严重, 隧道清理、地面渣土外运难度大、螺旋机卡机、刀具损坏严重、刀盘换刀频繁等难题, 盾构施工风险高, 综合掘进指标低;

2) 隧道通过约 600 m 微风化安山岩段, 岩石强度高(平均 122.8 MPa, 最高 185 MPa, 如图 3), 段落长, 隧道掘进效率低, 但该段围岩稳定性好, 地下水不发育, 给地下对接施工提供了较好的施工环境;

3) 隧道约 1900 m 长距离下穿地面虾池及海域段(如图 1), 综合以上原因导致盾构机综合掘进效率低下; 以当时施工掘进速度, 难以完成青岛地铁 8 号线事先预期目标, 因此采用四台盾构机分别对向施工, 盾构地下对接、洞内解体施工技术。地面无增设竖井辅助施工, 地面拆卸解体的条件; 必须采取地下对接方式完成。

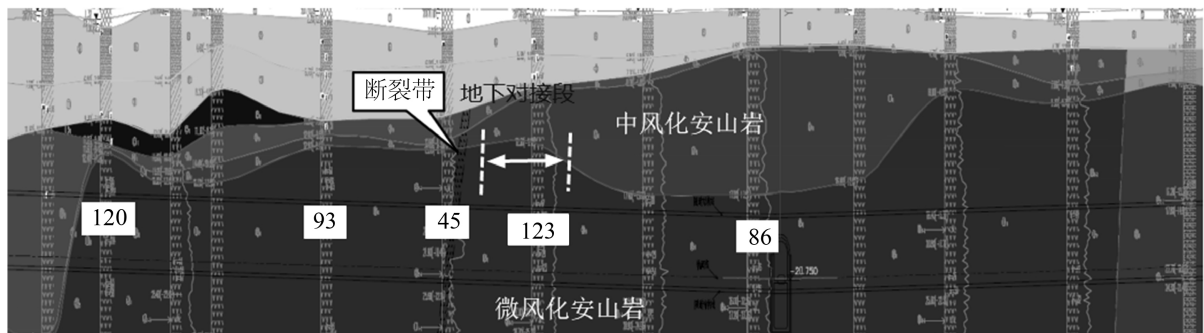


Figure 3. Underground docking location map

图 3. 地下对接位置图

3. 盾构地下对接技术

盾构隧道地下对接通常有两种情况, 即两台盾构相向掘进至结合地点对接和新建隧道盾构与已建隧道结合。市观区间隧道属于两盾构隧道相向掘进情况。

目前国外已有的工程实例, 盾构地中对接方式有土木式对接法[1]和机械法两种, 本工程采取常用的土木式对接技术, 即通过对对接地点将地层作加固处理或选取稳定的岩层段, 完成对接、盾构洞内解体后施作隧道衬砌。

4. 地下对接、洞内解体工程特点

- 1) 盾构长距离“相向掘进、地中对接、洞内解体”[2], 对接精度要求高, 需提前对掘进姿态严格把控;
- 2) 对接段地下水丰富, 地面海参池池水与胶州湾水域存在水力联系, 对接施工后洞内盾构解体时间较长, 施工中易因远处地下水汇集与对接段而发生涌水、触电等安全事故;
- 3) 洞内解体具有小空间、大体量、高难度、高风险四大特点。因对接段无扩挖段, 外部没有可以安设的吊点, 受隧道条件和盾构结构影响, 无法采用起重设备拆卸, 只能根据盾构结构设计和受力分析设计拆解方案, 利用辅助工装以及在管片和盾壳上焊接吊耳, 用手拉葫芦进行拆解, 解体后原路运出隧道;
- 4) 拆机处于洞内环境, 操作空间小, 盾构机部件多、待拆件重量和体积大, 最长部件 14 米, 重约 30 吨, 最重的部件约 50 吨, 直径约 4.5 米;
- 5) 本区间为 8 号线北段的关键线路, 工期压力较大, 高峰期需 4 台同时进行洞内解体施工, 拆机与运输困难, 多工序和作业面交叉作业, 人员密度大、动火作业频繁、风险点多、工序协调和安全管控难

度大,需合理统筹各项工序才能确保工作效率。

5. 关键技术

5.1. 地下对接主要措施

盾构地下对接过程中主要采取如下措施[3]:

1) 选择合理的对接点位置:盾构机对接位置宜选择整体性强、稳定性强、地层渗透性弱的围岩段。本区间隧道长段通过微风化安山岩地层段,该段围岩强度高,地下水不发育,且埋深相对较大,地层稳定性好,同时也为该隧道工期主要控制段,因此地下对接点选择在微风化安山岩段(如图3)。

2) 加强测量和监测工作:施工中主要通过建立对接控制网,增加检核方式、增加检查频率、严格控制掘进姿态等措施确保施工安全。

3) 确保注浆效果:

隧道上方为虾池,且沿线多处通过断裂带,地下水与地表水联系紧密,远处地下水易汇集于地下对接段附近,从而发生涌水现象,因此确保地下对接段两端头管片后注浆效果显得尤为重要,采取如下措施对管片和围岩进行注浆加固:

① 做好管片壁后注浆工作,保证管片的稳定,封闭后方来水;对接临近时,对接处后方50 m范围内管片背后均采取二次补充注浆加固避免管片纵向发生位移,注浆材料采用水泥砂浆,地下水丰富时采取水泥-水玻璃浆液。

② 采取掌子面超前注浆措施,并确保注浆效果。

4) 控制好盾构机掘进参数:施工过程中应重点控制刀盘转速、盾构推进速度;同时根据地层变化情况及时调整掘进参数;最后应确认对接状态是否达到预期目标。

5.2. 地下对接施工工序

地下对接施工是一项施工精度要求高、难度系数大的工程,主要控制性工序有以下四步(如图4):

- 1) 第一步 两盾构机距离30 m左右时,放缓掘进速度。
- 2) 第二步 到达对接指定位置。
- 3) 第三步,两盾构机距离约20 cm左右,停止掘进,进行盾体、盾尾注浆,确保对接段围岩稳定,封闭盾尾后方来水。
- 4) 第四步 盾构机盾壳拆除完毕,绑扎二次衬砌钢筋、浇筑衬砌结构混凝土。

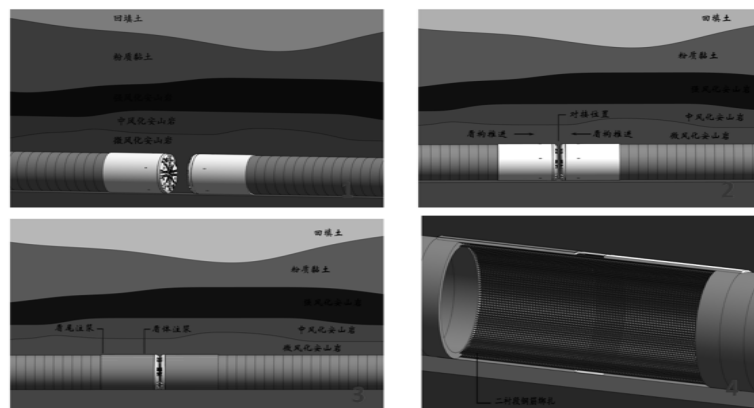


Figure 4. Underground docking process diagram

图4. 地下对接工序图

5.3. 盾构主要构件及解体施工工序

盾构机主要构件[3]为螺旋机、推进油缸、管片拼装机、人闸、刀盘、主驱动、盾体等部分组成(如图5)。

盾构机拆卸总体工序(如图6):1 螺旋机→2 管片拼装机→3 推进油缸→4 人闸→6/8 刀盘→7 主驱动→盾体。

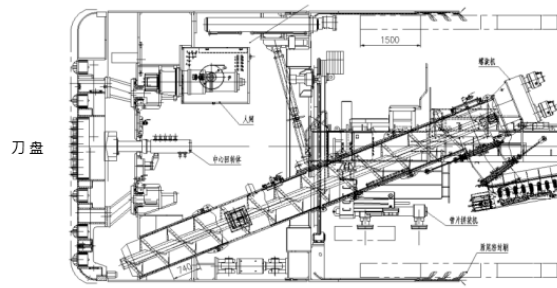


Figure 5. Layout of main components of shield machine
图5. 盾构机主要构件布置图

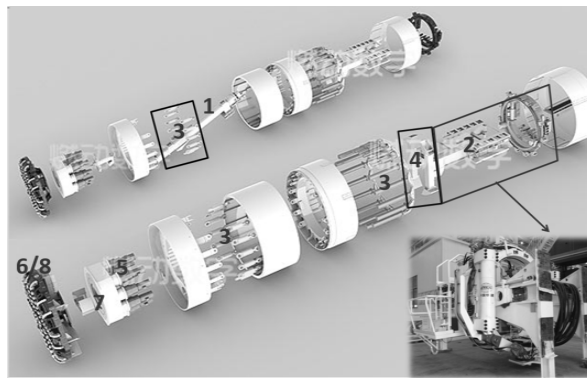


Figure 6. Disassembly sequence diagram in tunnel
图6. 洞内拆卸顺序图

盾构机拆卸过程中,螺旋机、刀盘、主驱动和盾体为最难拆卸部件,四种部件具体拆卸流程如下:

1) 螺旋机拆卸

拆卸流程:防撞梁→螺旋机后方装置→防喷涌闸门→缩回螺杆、关闭仓门→在盾尾上焊接吊耳(吊耳沿着盾构轴线方向布设)→螺旋机的管线→螺旋机(利用盾尾上焊接吊点及盾壳内原有吊点,并配合螺栓上的吊点,使用倒换手拉葫芦的方法将螺旋输送机向后平移,直至螺旋机完全平放,吊至管片车固定后运出洞外);

2) 刀盘拆卸

流程:主要采用先周边后中间、先下部后上部的拆除顺序(如图7)。

3) 主驱动拆卸

盾构主驱动为盾构最重的不可拆卸件,拆卸流程为:拆除中心部分的土仓隔板→安装水平滑梁,纵向水平抽出主驱动装置→在盾壳上安装4个40 t导链,吊起主驱动装置→安装2个40 t导链,逐步下放驱动装置→利用额外安装的两个导链,逐步翻转驱动装置,然后平放在运输车上→将驱动装置外运。

4) 盾体拆卸

中盾和前盾由双盾壳组成，地下拆卸时，把外壳留在地层中作为拆卸结构和其它内部部件的一个临时支护，中盾和前盾的钢结构分别被分成 6 块，以方便拆卸和运输，拆卸流程为：注浆加固盾体后围岩→导链、材料准备→拆卸盾构中体上部 5 块、运出洞外→分块拆卸盾构前体→拆除盾构中体及前体最下面一块。

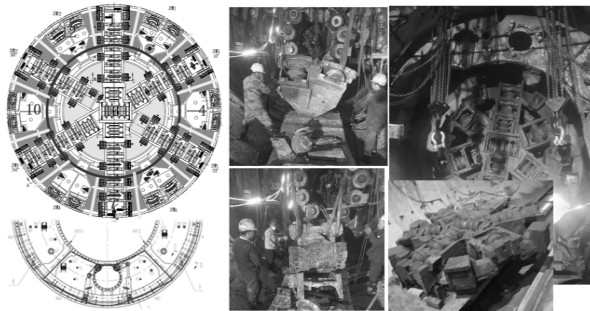


Figure 7. Disassembly sequence diagram of cutter head
图 7. 刀盘拆卸顺序图

5.4. 盾构解体施工安全措施

- 1) 编制安全专项施工方案并组织国内资深专家进行论证，合理组织拆卸工序，选取国内洞内解体经验丰富的专业施工队伍，保证施工安全[4]。
- 2) 重点把控大型部件拆解过程，所有准备拆机所需的工具、机具、材料、加工的吊耳、辅助工装等，吊耳和辅助工装必须进行探伤检测，确保加工质量合格。
- 3) 洞内解体施工需要大量焊接和切割工作，隧道内作业时比选保证良好的通风。
- 4) 严格按照审批后的拆解方案执行，拆解前利用图纸和现场实测进行模拟，保证拆解方案的可行性，拆解过程中配置有经验的专业技术人员进行施工，保证拆解过程的安全可控。
- 5) 成立专项管控小组，建立专项工作联系群，由总监牵头，各参建方参与，施工单位实时汇报拆机进展及遇到的各类问题，各方根据现场情况及时提出合理化建议，必要时组织召开专项会议研究讨论。

5.5. 对接段衬砌结构及防水处理

地下对接段结构采用现浇 C50 钢筋混凝土结构，因现浇段与既有预制管片施工时序不一致，其衔接处易出现漏水现象，据此设计施工过程中采取预留后浇带、设置沉降缝及围岩注浆加固措施处理[5]。

- 1) 后浇带位于现浇衬砌结构两端头，并通过预埋注浆管注浆回填衬砌与围岩之间空隙及围岩加固。
- 2) 对接段与既有管片间设置沉降缝，并设置环向接水盒，以便于沉降缝处发生漏水时的排泄。

6. 结束语

采用地下对接及洞内解体施工方法，避免了地面开挖竖井、缩短了工期，保证了隧道施工的安全和质量，获得了良好的社会效益和经济效益，同时为类似工程施工提供了可借鉴的经验。

随着我国经济实力不断增强，长距离、大直径、大埋深、跨江湖海隧道会越来越多；地下对接法在长距离隧道掘进，特别是在穿越海峡、江河、山川等长距离隧道施工中是提高效率、缩短工期的有效方法之一。

参考文献

- [1] 洪开荣. 水下盾构隧道硬岩处理与对接技术[J]. 隧道建设, 2012, 32(3): 361-365.
- [2] 李茂文, 刘建国, 韩雪峰, 等. 长距离硬岩地层盾构施工关键技术研究[J]. 隧道建设, 2009, 29(4): 100-104.
- [3] 陈馈, 韩亚丽. 客运专线狮子洋隧道盾构主要结构与对接施工设计方案[J]. 隧道建设, 2007(8): 229-232.
- [4] 孙钧. 海底隧道工程设计施工若干关键技术的商榷[J]. 岩石力学与工程学报, 2006(8): 5-13.
- [5] 周文博. 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.