

盾构刀盘维修洞室开挖施工技术

刘新洋

深圳市地铁集团有限公司

摘要：盾构依靠前端的刀盘旋转来破碎岩石，不断向前掘进，刀盘刀具不可避免会产生磨损，在坚硬或夹杂孤石的地层中掘进时，会加剧对刀盘刀具的磨损，经常导致盾构被迫停机，需在地下开仓维修或更换刀具。本文以穗莞深城际铁路先开段工程为依托，针对该工程需频繁开仓换刀的施工难点，总结了刀盘维修洞室开挖施工技术，并对存在的风险和应对措施进行了分析。监测结果表明，盾构刀盘维修洞室的开挖未对周围环境造成较大影响，对今后类似工程具备有益的借鉴和参考价值。

关键词：盾构开仓；刀盘更换；施工技术；风险控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.03.029

一、引言

盾构在地下穿越地层过程中，由于掌子面高压、岩土体较为坚硬或夹杂孤石等复杂原因，对刀盘刀具的磨损较为严重，经常导致盾构被迫停机，无法继续正常掘进。停机开仓维修或更换刀具，是解决刀具磨损，快速恢复掘进的主要手段，有些地质条件较为复杂的盾构线路，需频繁进行开仓换刀。刀盘刀具磨损是盾构法隧道所面临的主要挑战之一^[1, 2]，而开仓换刀是主要解决办法，维修洞室开挖施工技术极为关键^[3]。本论文以穗莞深城际铁路先开段工程为例，对盾构刀盘维修洞室开挖施工技术进行研究，同时对施工过程中的存在的风险和应对措施进行了研究和总结，以期供类似工程参考。

二、工程及地质概况

（一）工程概况

穗莞深城际铁路先开段沿富荣路向西敷设，依次侧穿高压铁塔及红树家邻苑小区、下穿广深高速公路桥台后，然后向西南方向以半径500m的曲率转弯，再依次下穿地铁4s店及服务中心、福田水质净化厂、地铁9号线深~下区间、竹子林立交，至终点接收井，区间盾构隧道左线3017.319m，右线3015.627m，盾构隧道埋深8.2~44.66m。

本区间采用2台复合式土压平衡盾构机，左线掘进至702环时，参数出现异常，开仓检查发现中心刀箱体出现不同程度裂纹，需要进行修复，修复过程需要人员

站在刀盘前方作业，为满足刀盘维修要求需在刀盘修复区域开挖洞室，见图1，修复洞室的开挖尺寸为：宽度2.6m，高度2.8m，深度1m。

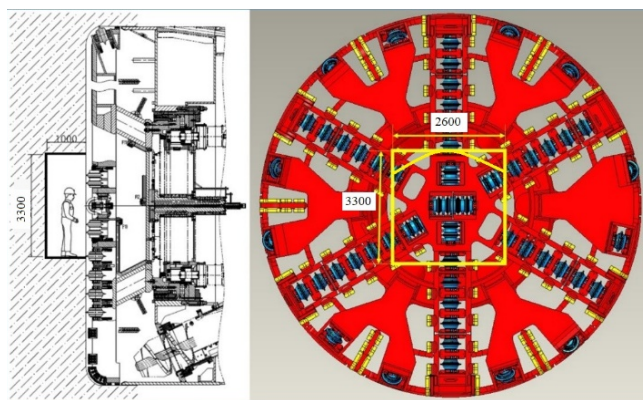


图1 维修洞室示意图

（二）地质概况

受成岩环境及构造作用的影响，该地区基岩风化极不均匀，普遍存在差异风化现象，局部中等~微风化岩凸起侵入隧道洞身范围内，花岗岩残积土及全强风化带内分布有球状风化体（孤石）。此外沉积岩中存在抗风化能力强的硬夹层等，从而使隧道断面上下、左右软硬不均，对盾构施工极为不利。

盾构左线702环位于福荣路下方，周边无建筑物。本次常压开仓刀盘修复所处位置地面标高约为4.19~4.2m，地势较为平坦。

常压开仓掌子面地层为中、微风化花岗岩，存在1个强风化花岗岩夹层，为确定地层情况，在刀盘前1m位置布置了5个钻探孔，进一步确定地层情况，根据补勘情况，掌子面为中、微风化花岗岩，10点~12点位置存在强风化花岗岩夹层，中风化围岩强度为60~80MPa，微风化围岩强度为80~115MPa，其中开挖洞室顶部中、微风化围岩厚度为3m。

（三）工程难点

地层整体硬度较大，且软硬不均、夹杂孤石，对盾构刀盘的磨损较为严重，盾构在软硬不均地层掘进时，由于掌子面强度差异大，硬岩对刀具的撞击极易造成刀具磨损严重、非正常损坏、刀具脱落等现象，因而造成掘进受阻、刀盘磨耗。刀盘受力不均致使主轴承受损或

主轴承密封被破坏，其次在相同的刀盘转速和推进速度下，下部进度慢，上部的土层过度扰动，会造成隧顶土层松弛或塌陷；千斤顶的推力不均匀还可能导致管片衬砌错台、开裂；软硬不均地层容易引起盾构施工曲线偏离设计方向，盾构掘进控制难度大，工况转换频繁等。

三、维修洞室开挖施工技术

(一) 准备工作

首先为了便于维修洞室开挖和维修人员进入刀盘仓内，将刀盘中心区域割除，割除范围为黄线标注以内范围，见图2。

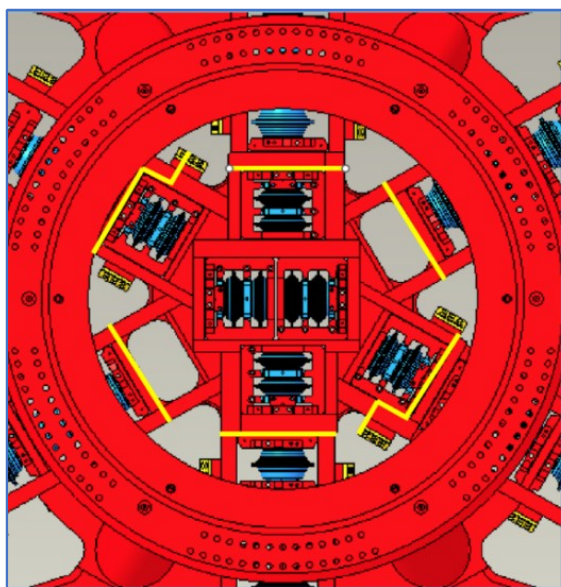


图2 刀盘割除范围示意图

(二) 洞室开挖工艺

(1) 总体施工筹划

刀盘中心区域割除完成后便可开始洞室开挖作业，由于作业空间受限，采用2台水钻进行开挖作业，总体分为2个阶段施工，每阶段开挖进尺为50cm，采用工字钢门式架支护形式进行防护。见图3。

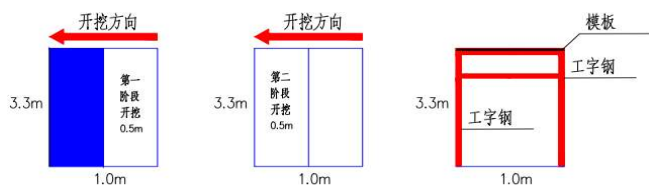


图3 施工总体步骤

第一阶段首先进行顶部及两侧咬合钻孔施工，判断地层情况，若地层情况较差存在夹层，封闭钻孔预埋钢管进行注浆，若地层情况良好，则施工剩余钻孔，钻孔完成后破除孔与孔之间连接岩柱，整平掌子面，第一阶段施工完成，第二阶段施工步骤与第一阶段相同。两阶

段施工完成后，对掌子面进行支护施工，支护采用内部张贴3mm厚钢板，然后施做两道门字框架，门字框采用I12工字钢，支护完成后开始后续刀盘维修作业。

(2) 施工工艺流程

施工准备→作业平台搭建→测量定位→掌子面检测孔→周边咬合孔施工→根据地层情况判断是否需要加固注浆→内部孔施工→破除内部岩柱→重复上述步骤完成剩余进尺施工→施工内部支撑→完成洞室开挖作业。

(3) 施工工艺

1) 作业平台搭建

在刀盘中心高度1.5m的位置焊接两道槽钢，在槽钢上放置走道板作为作业平台，作业平台周围采用1.2m高护栏进行封闭。

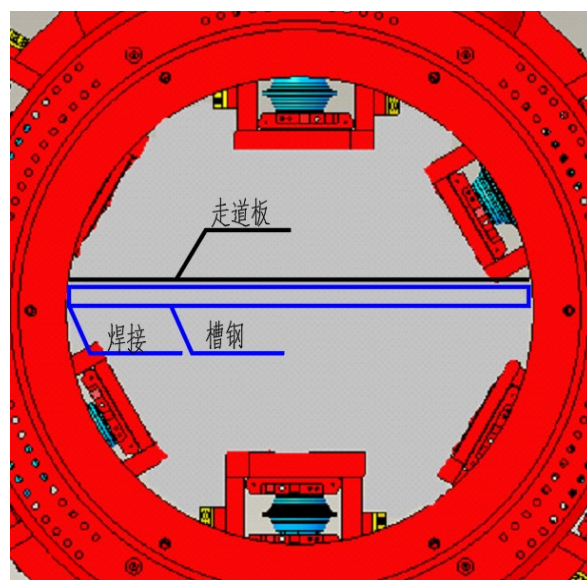


图4 作业平台示意图

2) 测量定位

根据洞室开挖尺寸确定开挖轮廓线，并标到掌子面上。

3) 掌子面检测孔施工

在开挖洞室范围内布置4个检测孔（直径110mm），检测孔深度不小于2m，判断掌子面前方围岩情况。

4) 周边咬合孔施工

顶部及两侧边孔采用咬合钻孔，孔径为110mm，孔间距为100mm，钻孔深度为500mm，钻孔顺序为先顶部边孔，再两侧边孔，钻孔过程中根据芯样判断岩层情况，若存在土状风化夹层，则采用快速水泥封闭钻孔，预埋 $\Phi 48$ 钢管作为后续注浆预留管，注浆采用单液浆，水灰比为1:1，注浆压力控制在1.5~2MPa，注浆完成后方可进行后续作业。

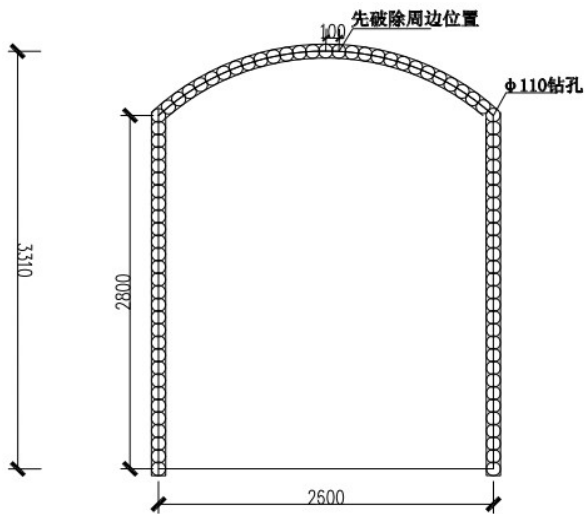


图5 周边钻孔示意图

5) 内部孔施工

内部钻孔采用梅花形布置，孔间距为160mm×160mm，施工顺序自上向下进行。

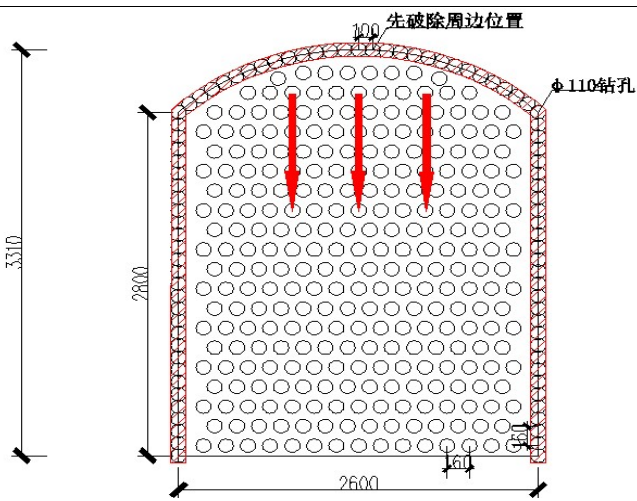


图6 内部钻孔示意图

6) 破除内部岩柱

钻孔施工完成后，打通两侧咬合孔形成联通通道，然后从两侧向中间位置依次敲除剩余岩柱，最后采用风镐破除凸起岩体。

7) 重复上述4-6工序完成第二阶段洞室开挖作业。

8) 施工内部支撑

洞室开挖完成后，采用快速水泥抹平四周开挖面，然后在四周铺设3mm厚钢板，采用膨胀螺栓固定。钢板铺设完成后，在内部施工两道门式架，门式架采用12#工字钢，门式架之间采用钢管交叉焊接。

四、施工安全控制措施

(一) 现场安全防护

(1) 做好个人防护，穿戴好安全帽、劳保鞋、安全带、工作手套等劳保用品。

(2) 现场照明设施齐全，配置合理，确保作业过程光线充足。

(3) 加强施工过程中的监控量测，及时反馈量测信息。

(二) 有限空间作业安全措施

(1) 在进入洞室前，首先对洞室进行气体检测，根据实际情况先测定氧气、有害气体、可燃气体、粉尘的浓度，符合要求后方可进入。

(2) 若发现气体检测不合格，严禁进仓作业，并强制通风，直到气体检测合格。

(3) 动火作业时洞室门口放置焊烟净化器，使用前检查是否可正常使用。

(4) 对洞室施工过程中及时进行洒水降尘，施工过程中严禁明火。

(三) 掌子面坍塌应急预案

(1) 事故发生后，现场管理人员应立即疏散人员。

(2) 洞内处理措施：若发现渗漏水，可对掌子面喷射快硬水泥封闭；若发现涌泥，立即停止开仓，关闭舱门，建立仓压；及时向土仓内注入高浓度的膨润土，充分填充土体中可能存在的孔洞。

(3) 组织测量人员对地面实施监控，每2-4小时测量一次，以便判断沉降的变化趋势。

(4) 洞外处理措施：及时上报安全事故，对事故现场和附近道路进行围闭，悬挂警示标志，对沉降处进行注浆加固，固结松散土质。

五、结论与讨论

(1) 刀盘维修洞室开挖方案需根据地质条件来确定，不可盲目开仓。

(2) 刀盘维修洞室应分阶段开挖，并采用钢板+工字钢门式架的方式进行支撑，可保证维修洞室的稳定，降低对周围环境的影响。

参考文献

[1] 钱七虎. 水下隧道工程实践面临的挑战、对策及思考[J]. 隧道建设, 2014, 34(6): 503-507.
 [2] 张宗喜, 辛振省. 复杂地层泥水盾构开仓换刀施工技术研究[J]. 铁道工程学报, 2013(3): 62-65.
 [3] 于宝敏, 季玉国. 国内盾构开仓技术现状与风险管控[J]. 隧道建设(中英文), 2018, 38(4): 165-175.