

地铁工程土压平衡式盾构机施工工艺及设备管理

程 虎

中交隧道工程局有限公司 江苏 南京 210001

摘 要: 论述土压平衡盾构施工技术, 对比在特殊地段和关键工程中使用该施工技术的情况, 剖析土压平衡盾构机常见故障的原因和具体解决办法, 为设备的正常运行和维护保养提供参考。

关键词: 土压平衡盾构; 设备管理; 施工技术

中图分类号: U231.3; U455.43 文献标识码: B

1 土压平衡式盾构机施工原理

在土压平衡式盾构施工过程中, 刀盘切削处理后所形成的碴土通过刀盘进口被传送到土仓结构内部, 在仓内部件搅拌处理后形成流塑状, 盾构设备中的油缸会产生一定的推力, 这些推力借助土仓中的碴土、隔板和单盘传输到设备前端的掌子面里, 使得地下水压力与土压之间保持着平衡的状态, 掌子面始终处于稳定的状态中, 螺旋机进入到土仓里, 借助螺旋机转动将土渣排出。

2 工程概况

南村站至中央风机房线路段从南向北不断拓展, 一直到达中间风机房。从南村站中引出的线路先后从池塘和农田中穿过, 在里程YDK17+310~YDK17+340段穿越深度为2.5m的市头村, 与隧道间距为8m, 随后线路开始向北延伸, 并从市头村的建筑物中穿过, 在里程YDK18+200~YDK18+800位置处, 从珠江沔窖水道穿过, 随后到达对岸风机房位置处。线路平面中最小曲线直径为700m, 单面坡是南村站至中央风机房段线路的主要纵断面形式, 坡度最大值为27‰。

3 分析重点施工工艺

3.1 处理盾构机密封防水问题

南村站至中央风机房线路段盾构机在进入砂层以前, 需要完成以下几点工作内容。(1) 将盾尾3道密封钢刷更换掉, 使盾尾密封性得到保证。(2) 在对铰接密封进行调校时, 对密封圈进行及时更换, 保证铰接密封的性能保持在最佳状态。(3) 将泡沫管道疏通好, 使得泡沫剂喷注系统一直处于最佳的工作状态中。(4) 对刀具和刀盘进行及时的更换, 在砂层地段掘进施工时, 不能对刀具实施更换作业。(5) 在盾尾清理时, 需要使用到大量的编织袋和排污泵, 能够快速清理干净掘进施工产生的废料。

3.2 处理洞口端头

隧道穿过的地层类型包括震旦系微风化混合花岗岩、震旦系中风化混合花岗岩、震旦系强风化混合花岗岩、震旦系全风化混合花岗岩、砂质黏性土等, 区域性北亭断层位于左线ZDK17+415~ZDK17+496和右线YDK17+415~YDK17+496

范围。详细分析地质情况后, 结合施工场地的条件, 使用注浆加固联合局部劈裂注浆的加固方法来处理南端头。

3.3 创建土压平衡掘进模式

对于典型砂层地段掘进施工来说, 土压平衡模式下的土压值设置为0.18~0.23MPa, 刀盘转速设置为1~1.5r/min, 推力控制在1500t以内。盾构机掘进施工时, 在创建土压平衡时, 主要表现为2种情况: ①在推进速度保持不变的情况下, 确保土仓压力满足设计标准时, 以螺旋机出口位置的碴样含水量、外观和螺旋机扭矩数据为依据, 对螺旋机的开启度和转速进行合理调整。在对碴土排放量进行控制时, 需要使用碴土车科学管控出土量, 使土仓压力与挖掘面水压力保持平衡。②在闸门开启度和螺旋输送机转速不变的前提下, 不断提升盾构机的推动力, 高效控制刀盘的转速, 使土仓的压力不断增加^[1]。以岩土勘察报告中地层参数为基础, 结合静止土压力理论开展计算工作, 从而准确获取砂层地段典型断面盾构机底部垂直土压力, 其最终值为312kN/m², 静止侧压力系数值设置为0.7。经过详细运算后获得水平土压力值, 取值为219kN/m², 刀盘面积达到31m²。以该参数作为计算依据, 全面分析盾构机与地层间的摩擦力、盾构机砂土层掘进施工的推进力和盾构机牵引后配套之间的摩擦力以后, 得出盾构机土压平衡模式掘进推力值保持在1350t左右最佳。

3.4 正常掘进施工

(1) 选择与控制掘进模式。在土压平衡状态下, 土柱压力值与地下静水压力的总和构成了土仓土压力值, 使用压力传感器完成测量施工。在调节控制过程中, 要对螺旋输送机出土速度和施工推进速度进行合理管控。在半敞开的施工情况下, 借助压缩空气对刀盘正面的水土压力进行稳定, 松散土柱压力值与静水压力值的总和构成了气压控制标准值。(2) 改良碴土。从地层的实际情况出发, 将膨润土浆或是泡沫剂注入到土仓中, 借助土仓中刀盘和搅拌棒的旋转, 使碴土混合得更加均匀, 从而使碴土的流动性得到改善, 将刀盘扭矩控制到最小, 使刀具磨损得到有效控制。(3) 盾构机姿态与线型控制。在开展盾构机和管片的水平和垂直位置实时监测工作时, 需要使用到自动导向系统, 对线路的校正数据、管片的准确位置和盾构机准确位置进行确定。采取分

作者简介: 程虎, 1986.12, 汉, 男, 湖北襄阳, 工程师, 本科, 研究方向: 轨道交通。

区控制策略来对油缸的不同行程进行推进,使盾构机的姿态得以控制,使用超挖刀或者是铰接油缸来完成纠偏任务。采取刀盘反转或者是盾体上的稳定器来防止盾构机滚动,依据导向系统的测量结果来排列管片,在选择管片类型时,借助排列软件系统选择实际线型,显著提升拼装施工精度,将线路的拟合误差控制到标准范围之内^[2]。(4)制作与拼装管片。在场外的工厂中预制管片,管片预制主要使用钢模,用蒸汽完成养护施工,管片检测完全符合设计标准后,运送到施工现场完成拼装施工。盾构机掘进施工1.5m以后,停止掘进施工,开始拼装管片,使用弯螺栓将管片连接在一起,纵向搭接3/4后将封顶楔形块推入。(5)运输。在水平运输过程中,使用单线编组列车轨道运输,轨距为90cm,使用35t交直流变频电机车牵引平板管片车、砂浆车和碴车,掘进拼装一个循环以后,使用列车完成运输。在垂直运输过程中,使用45t悬臂式双梁门吊完成出土施工,使用12.5t门吊下料施工。(6)环形间隙注浆。管片背后环形间隙采取注浆的方式填充,注浆材料以外加剂、粉煤灰、黏土、砂和水泥混合而成,注浆压力保持在0.4MPa,注浆量是环形间隙体积的1.5倍以上。在同步注浆补充时,使用管片吊装孔完成二次双液注浆施工,高效地管控地层沉降,使填充密实性满足设计标准。(7)测量监控。地表布点测量横向和纵向沉降值时,需要将观测点布设在建筑变形位置处,使用全站仪和精密水准仪完成测量施工。将地下水水位观测孔和地层位移观测孔布设在恰当的位置,施工过程中完成监测任务,快速分析和处理测量数据,为后续施工做好充分的准备工作。

3.5 盾构空载过站

在盾构主机过站时,需要在始发架上放置盾构机,使用钢板将盾构机和接收架焊接起来,将滚杠放置在受架底部位置处,滚杠在钢板上移动完成盾构机和接收机移动。前盾体移动要与后配拖车相背离,后配套过站整体托运时,在先行铺设的轨道上借助牵引设备完成拖动。

4 设备管理常见问题及处理办法

4.1 刀盘卡死

(1)刀盘不能伸缩,需要使用反转的方式处理,反转速度不能过快,防止齿面、保险轴和减速箱出现损坏的情况。如依然不能启动,使用加气压的方式后退盾构机,使刀盘从困境中解脱出来。(2)如果刀盘能够伸缩,在刀盘伸缩过程中,即可从困境中解脱。(3)使用变频电机驱动,使用主动式铰接的形式,使得刀盘快速收回。

4.2 卡盾壳

如属于被动铰的情况,增加推力以后即可脱离困境。盾构机的铰接油缸力不大,在推进油缸的作用下,铰接油缸就会出现拉长的情况,盾尾保持不动,需要使用拉杆来取代铰接油缸,承受推进油缸产生的拉力。如属于主动铰接的情况,使用铰接掘进的施工方法,推进施工借助铰接油缸完成,铰接油缸与推进油缸共同拖拽盾壳,使其脱出困境。

4.3 螺旋机卡死

螺旋机卡死后,通常会借助螺旋机的伸缩功能处理,伸缩螺旋机的螺旋带,将碎石与螺旋机叶片间的接触长度缩短,从而使摩擦力相应减小。在伸缩情况下,禁止采取正反转的方式来摆脱困境,否则会使碎石彻底卡死螺旋机,陷入无法脱困的窘境。

4.4 刀具磨损严重

定期做好刀具的更换和检查工作,使刀具的过度磨损问题得到预防。检查刀具过程中,在复合地层和硬岩中检查十分关键,定期检查刀具,提前发现刀具的异常情况,并采取积极的措施处理,将刀具过度磨损的情况控制到最低。如果其中1把刀出现损坏,旁边2把刀的破岩压力就会随之增加,加快了刀具的损坏速度,导致刀具出现大面积损坏,此时需要立即更换刀具,这就增加了额外的经济支出。没有刮刀保护的滚刀容易出现快速损坏的情况,滚刀破碎的岩石被刮刀清理干净,可为滚刀创造良好的施工环境。

4.5 前盾部分

(1)整体锈蚀。整体清洁,法兰面除锈防护,表面除锈,打磨清根,涂装。(2)主驱动系统检修进行保压测试,存放时间超过半年。建议对主驱动进行拆检,拆检主轴承,根据检查结果进行维修;检查内外密封和跑道磨损情况,内、外密封气密性试验,并出具图文保压报告(3)中心回转体检修进行保压测试,中心回转体被拆除。表面除锈、涂装;各通道气密性测试,并出具图文保压报告,根据测试结果参考是否更换密封,定位回装补齐缺失部件。(4)减速机更换齿轮油。对减速机水腔进行保压试验;检修减速机齿轮油液位管,更换齿轮油,更换损坏的压力表。(5)前仓门检修,维护保养。仓门密封检查,检查油缸活塞杆有无划痕,油缸做压力测试,检查接近开关外观是否正常。(6)土仓搅拌棒轻微磨损。检查土仓门密封,对仓门转轴润滑,螺栓孔清理,清理卫生同时做好防护,刨除开裂的被动搅拌棒并进行对位焊接,更换变形的被动搅拌棒,存在磨损的搅拌棒进行补焊,补齐更换缺失部件。(7)齿轮油系统磁性滤芯需清洗。磁性滤芯检查清洗,更换高压滤芯,齿轮油钎焊式热交换器两道腔体气密性测试,排查齿轮油无压力情况,更换损坏部件,齿轮油泵进行重新固定。(8)管路凌乱部分管路磨损或缺失(待维修时再次确认数量)。各管路疏通,径向孔疏通,检查球阀密封情况,黄油润滑球头;所有软管用保鲜膜缠绕;检查检测腔液位管,保证其清晰可见;管线捆扎均匀,补齐缺失损坏管路。

4.6 管片拼装机

(1)整体锈蚀。整体清洁,变形部位校正,除锈,涂装。(2)抓举头尼龙板磨损4块。更换磨损尼龙板,检查限位块。(3)回转支承检修。检查线槽、油管是否磨损;检修提升拖链、旋转拖链、内部电缆;更换旋转马达齿轮油。(4)行走轮、行走梁检修。检查行走轮磨损情况,磨损严

重则更换,做好润滑防护;行走梁清洁并涂抹黄油润滑。

(5)大齿圈、小齿轮检查。检查外部唇形密封是否磨损,拆检主轴承,检查轴承辊子和棍子面情况,齿圈做着色探伤。(6)液压系统抓举头微调阀组被拆除。所有压力进行压力试验,补齐更换缺失阀块并进行通调试。

4.7 螺旋输送机

(1)耐磨块保养。维修时拆解第一节螺机套筒,再次核实合金块磨损数量,更换磨损崩块严重的合金块,筒体耐磨层补焊。(2)前后闸门保养。拆解检查T型密封、尼龙条、铜条,对损坏部件进行更换;检查位置接近开关外观是否完好;检查闸门关闭后间隙。(3)伸缩套需保养。用液压泵站检查伸缩动作,保养、防护。(4)螺机轴探伤。对螺机轴焊缝处进行MT I级或UT II级探伤。(5)螺机筒体保养。根据螺机筒壁厚度检测结果,视情况进行补焊,补齐缺失管路,对堵塞的管路进行疏通。(6)驱动减速箱液位管老化。更换液位管,更换齿轮油。(7)油缸检修。油缸防尘密封检查,前后闸门油缸、伸缩油缸保压实验。(8)土压传感器委外标定。土压传感器标定,补齐缺失配件。

4.8 皮带输送机及通风系统

(1)二次风机检修。检修、电机绝缘检测,电机润滑、补齐缺失的风扇叶,补齐连接螺栓。(2)风筒硬质风筒变形,软连接缺失。打磨涂装,校正硬风筒,核实数量;清点检查视情况更换软连接。(3)主、从动轮检修。主、从动轮委外包胶,检查被压轮磨损量,根据结果确定是否重新包胶,轴承润滑。(4)刮板精刮刮泥板老化。更换磨损的合金刮板、聚氨酯刮板。(5)其他部分皮带机架固定装置损坏,左、右两侧拉线钢丝绳缺失($\varnothing 4\text{mm}$ L=120m)、羊角螺栓全部缺失。更换磨损严重、缺失的拖辊、缓冲托辊、

挡棍;补齐螺栓、挡泥板;更换防跑偏开关;检查皮带机后端张紧调节葫芦,更换从动端张紧葫芦,皮带架变形部位进行校正恢复。

4.9 设备桥

(1)吊机左侧双轨梁行走梁梁体外侧缓冲垫缺失,左侧双轨梁起升电机挂板缺失。更换损坏的防撞块,补齐缺失配件;检查十字限位、提升限位弹簧、提升链条袋、导向轮,根据检查结果更换;链条清洗涂抹齿轮油,拆解检查上下导链轮磨损情况、视情况更换;润滑关节轴承;整理控制柜线缆,柜内卫生清理,放置干燥剂。(2)泡沫系统泡沫发生器需清洗,流量计、马达阀需检修。拆解观察窗及泡沫发生器,清洗内部滚珠;补齐更换损坏部件,流量计用薄膜防护^[3]。(3)气体检测仪委外检测。全部委外检测,出具检测报告。

5 结语

地铁工程项目施工过程中,使用平衡式盾构施工技术,加快了施工进度,显著提升了整个工程施工的稳定性和安全性,能可靠保证隧道工程的施工质量与设计标准一致,将安全事故的发生概率控制到最低,使整个工程项目建设的社会效益和经济效益得到明显提升。

参考文献:

- [1]王昊宇.复合地层超大直径泥水气压平衡盾构施工第四代常压换刀技术应用研究[J].隧道建设,2017(S1):143-148.
- [2]曾华波.复合地层土压平衡盾构施工应用技术研究[D].河海大学,2006.
- [3]汪波.无水砂卵石地层土压平衡盾构施工泡沫应用技术[C].城市地下空间开发与地下工程施工技术高层论坛论文集,2004:142-144+165.