

不良地质条件下盾构机脱困及防范措施分析

刘道俊^{1,2} 陈俊俊² 张平² 范涛^{1,2} 张云² 闫革^{1,2}

1.武汉市汉阳市政建设集团有限公司 湖北武汉 430050; 2.武汉钟鑫建设集团有限公司 湖北武汉 430050

摘要:在盾构施工过程中,受不良地质条件等不利因素影响,盾体卡壳的现象时有发生。结合武汉市轨道交通19号线工程项目,系统性分析了盾构机掘进过程中发生盾体卡壳的原因,结合地质特征、设备情况、卡壳现象等工程实际情况,采取了主动铰接分段推拉、辅助油缸增加推力、土仓适当欠压减少反推力、盾体注入润滑剂等脱困措施,同时针对性制定了不良地质条件下盾构机防卡壳预防措施。

关键词:土压平衡;盾构;卡壳;脱困;防范

中图分类号: U455.1 **文献标识码:** A

引言

作为地下工程领域最先进的方法之一,盾构施工具有掘进快、质量优、安全高等诸多优点^[1]。但是在盾构施工过程中,由于不良地质条件复杂性、盾构机自身故障、操作方法不当等原因^[2],盾体卡壳的现象时有发生^[3-6],这严重影响了地铁隧道工程施工。

本文结合武汉市轨道交通19号线工程项目某区间盾构机掘进过程中发生盾体卡壳的现象,通过分析事件发生的原因并结合工程实际,采取一套可实施的技术措施完成盾构机成功脱困,同时针对性制定了不良地质条件下盾构机防卡壳预防措施。

1 工程概况

1.1 工程地质情况

武汉市轨道交通19号线工程项目起于武汉火车站,终于高新二路站,线路长约23.3公里,设站7座。施工区间最大覆土为23.4m,最小覆土为8.06m,区间隧道底板最大埋深约10.5m,最小埋深约15.5m。盾构所处地层自上而下岩层分别为:10-2粉质黏土夹碎石、20d-1强风化粉砂岩、20d-2中风化粉砂岩。盾构机卡壳地层20d-2中风化粉砂岩,属较软岩。岩土物理力学参数如下表所示。

表1 岩石物理力学参数

层号	名称	承载力特征/kPa	压缩模量/MPa	基本承载力/kPa	极限承载力/kPa
10-2	粉质黏土夹碎石	200	30	200	500
20d-1	强风化粉砂岩	450	44.5	400	900
20d-2	中风化粉砂岩	1000	近不可压缩	1200	3000

1.2 设备情况

1.2.1 盾体尺寸

本工程采用海瑞克主动铰接盾构机,刀盘、前盾、中盾、尾盾直径依次减小,以满足盾构在曲线掘进。盾构机尺寸参数如表2所示。

表2 盾体尺寸参数

类型	项目	参数/mm
前盾	直径	7480
	长度	3700

中盾	直径	7470
	长度	2475
	铰链	770
盾尾	直径	7450
	长度	3505

1.2.2 刀具配置

刀盘采用6辐条+6面板的设计形式,刀盘配备如表3所示,其中刮刀刀高140mm、滚刀刀高183mm。

表3 刀具配置参数

刀具类型	中心刀具	正面滚刀	边缘滚刀	刮刀	四联边缘刮刀	三联边缘刮刀	注水保护刀
数量	6(双联)	24	12	42	6	6	6

1.2.3 推进及铰接系统

盾构机推进系统包括16组,共计32个,布置方式为上部3组,右部4组,下部5组、左部4组,各分区均可独立控制,满足隧道掘进纠偏要求。系统配备内置式行程及速度传感器。推进系统额定总推力48672kN,推进速度0~80mm/min可调,推进行程为2300mm。

铰接系统为主动铰接方式,配备14个单缸千斤顶,分别位于

左上(4个)、右上(4个)、右下(3个)、左下(3个)四个区域,各分区均配备4套千斤顶内置式行程及速度传感器。铰接系统额定总推力34636kN,行程为300mm。

2 卡壳情况及原因分析

2.1 卡壳过程情况

盾构机掘进至914环,进行停机检查,此时处于20d-2中风化

粉砂岩地层,土仓压力平均 1.5bar,推进油缸推力 38135kN(正常约 16000kN)和铰接挤压力 24358kN(正常约 12000kN)。随后推力系统由 38135kN 逐渐增加至 43852kN,刀盘扭矩由 1559kN·m 逐渐降低至 710kN·m,且伸缩铰接无明显推进速度。开舱进行检查发现,周围岩面与盾体外壁贴合紧密,判断为盾体发生卡壳现场。

2.2 原因分析

岩层中盾构机卡壳原因一般分为地质条件、设备情况和施工条件。结合工程项目实际情况,在开舱检查刀具,发现最外缘两把 47 号边缘滚刀均无磨损,因此排除开控轮廓的原因,如图 2 所示。而在检查掌子面,发现刀盘正面岩体较破碎,掉块形成部分空腔,如图 3 所示。同时增加推力无明显推进速度,如图 4 所示。综上所述,基本分析盾构机卡壳是在地质条件和施工条件共同作用下发生的,即盾体周围岩破碎,且同步注浆材料充填凝固包裹。

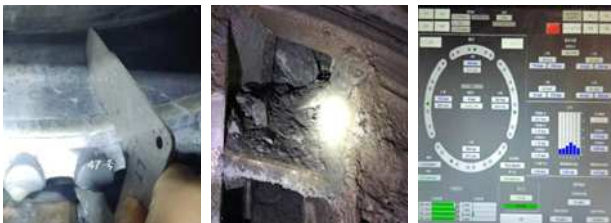


图 1 刀具磨损情况 图 2 掌子面情况 图 3 盾构参数情况

3 卡壳脱困处理措施

3.1 主动铰接分段推拉

在盾体与管片间产生轻微卡壳现象时。采用小幅度摆尾同时增加推力的方式,即主动铰接分段推进,可以减轻滚刀破除岩层提供的正面压力,同时可以提供拉盾尾的惯性力。在盾体脱困后,及时恢复铰接油缸。

3.2 辅助油缸增大推力

盾体卡壳严重情况时,如果在最大推力仍无法脱困,可采用增加额外油缸推力进行助推。本工程在 4 个点位增加 400T、在 6 个点位增加 300T 和在 1 个点位增加 200T 辅助油缸,利用管片提供反力顶推油缸支座,使盾尾与外部管片产生相对移动,实现盾尾脱困。

脱困过程需要考虑管片最大承受能力,并在在接触处增设钢板及橡胶垫,防止管片破损。盾构机推力恢复正常,辅助油缸停止施加推力并进行拆除。

3.3 土仓适当欠压

盾构位于 20d-2 中风化粉砂岩层,掌子面短时间内具备一定自稳性。土层适当欠压以减轻正面反推力,有利于脱困。

3.4 盾体注入润滑剂

在盾体径向孔注入膨润土浆液、黄油等润滑剂,通过注浆压力疏松盾体外周,同时起到润滑土体的作用,以利于盾体脱困。

4 预防措施

4.1 停机前措施

- (1) 停机前制定完善的停机方案并尽量避免停机;
- (2) 停机前严格控制土压力、壁后注浆、推进速度等参数,尽量减小对周围土体的扰动;

- (3) 停机前推进 20cm,采用膨润土代替同步浆液注入盾尾;
- (4) 在同步浆液的初凝时间内,约 5-6 小时内掘进 50~100mm;掘进过程尽量减少注浆和出土。

4.2 停机期间措施

(1) 停机时间超过 24 小时以上时,密切注意仓内土压力的变化,在平均土压力低于 2.0bar 时,通过注入膨润土浆液维持开挖面的稳定。

(2) 如果停机时间超过 3 天,需要定期做小距离的推动(每隔 2 小时向前推进 20mm),并动态控制仓内渣量,避免盾构机被困。

(3) 停机期间,保证土仓平均压力 2.0bar 以上,同时旋转刀盘,充分混合浆液与砂土,在开挖面和刀盘形成泥皮,稳定开挖面。

(4) 保证电源不间断供应,同时持续监测地表沉降数值,发生异常时及时采取必要措施。

(5) 停机期间严格控制二次注浆安全距离,距离盾尾不得小于 20 环。

5 结论

在地铁盾构施工过程中,地质的认识是基础,设备的管理是关键,人员的施工管理是核心,三者缺一不可。本文在总结武汉市轨道交通 19 号线工程项目某区间盾构机卡壳原因的基础上,采取了主动铰接分段推拉、辅助油缸增加推力、土仓适当欠压减少反推力、盾体注入润滑剂等脱困措施,同时针对性制定了不良地质条件下盾构机防卡壳预防措施,为后续盾构施工提供经验支持。

参考文献:

- [1]傅鑫晖,赵红岗,袁杰等.不良地质条件下盾构机的脱困技术[J].工业建筑,2023,53(S2):447-450.
 - [2]李丰果.全断面硬岩地层盾构卡机原因分析与脱困措施[J].西部探矿工程,2022,34(01):200-202.
 - [3]高利琴,杜明芳,卢海陆,等.地铁隧道侧穿施工对近邻高铁桥影响的数值分析[J].科技和产业,2021,21(11):264-268.
 - [4]贾鹏.土压平衡盾构机脱困措施分析[J].四川水泥,2024,(01):263-265+274.
 - [5]李春胜.地质状况对地铁隧道盾构法施工工艺的影响及风险控制[J].建设监理,2021,(05):54-57.
 - [6]李锁在,郭仁亮,孙博,等.盾构下穿胶济铁路路基沉降规律与变形控制[J].科技和产业,2022,22(08):398-403.
- 基金项目:武汉市汉阳市政建设集团有限公司科研项目(JTZ DKT-2024-04)
- 作者简介:刘道俊(1983—),男,湖北,武汉市汉阳市政建设集团有限公司,高级工程师,硕士,研究方向为地铁隧道施工技术;通信作者:闫革(1989—),男,河北,武汉市汉阳市政建设集团有限公司,工程师,博士,研究方向为地铁隧道施工、建筑材料及装配式。