

# 断层破碎带盾构机脱困技术

## Shield Machine Escape Technology in Fault Fracture Zone

李星宸

Xingchen Li

北京市燃气集团有限责任公司 中国·北京 100083

Beijing Gas Group Co., Ltd., Beijing, 100083, China

**摘要:**本工程通过喷射混凝土填充空隙及支护的方式结合进仓排孤石的方式有效处理了刀盘卡困问题,最终顺利通过了断层破碎带,可为今后类似的盾构穿越断层破碎带提供一定的参考依据。

**Abstract:** This project has effectively dealt with the problem of cutter head jamming through the method of filling the gaps and supporting with shotcrete combined with the method of arranging boulders in the warehouse, and finally passed the fault fracture zone smoothly, which can be used for similar shields to cross the fault fracture zone in the future. Provide a certain reference basis.

**关键词:**带盾;脱困;技术

**Keywords:** belt shield; relief; technology

**DOI:** 10.36012/etr.v2i11.2902

## 1 工程概况

北段隧道工程地处门头沟区军庄镇,位于西山凹陷西北部的北京西山褶皱隆起区,包括整个北京西山地区及山前隐伏地带。盾构机推进 278 环 1.0m 时,刀盘间歇性卡顿,出渣全部为碎石,最大粒径为 50 \* 60cm,掘进时前方有涌水(经量测涌水量为 432m<sup>3</sup>/d);调整参数开始掘进 279 环时发现刀盘转动 40°左右后卡死。停机段隧道埋深:29m。

## 2 卡困过程

盾构机在掘进 278 环 1.0m 时,刀盘间歇性卡顿,出渣全部为碎石,最大粒径为 50 \* 60cm,掘进时前方有涌水(经量测涌水量为 432m<sup>3</sup>/d);开始掘进 279 环时发现刀盘转动 40°左右后卡死。

处置过程如下:

①掘进 278 环卡死,考虑到刀盘间歇性卡顿,时时水量 18m<sup>3</sup>/h。处置措施:缩回铰接、排水、泄压出土,将本环完成拼装。

②掘进 279 环,刀盘旋转角度最后仅为 1/4 圈,时时水

量 18m<sup>3</sup>/h。刀盘卡死。处置措施:暂时按照刀盘与下部搅拌棒位置被较硬石块卡死处理。

③确定舱内土压、水位后开舱观察土体稳定程度。观察结果:土舱内碎石土为半舱、掌子面及四周碎石土有水流出、掌子面自稳性较差,且有不同于周围层状风化层的孤石若干,刀盘外部区域 1.5m 以上孤石不少于 4 块。处置措施:开舱安排专人观察岩体自稳情况 12 小时。

④间隔 2 日掌子面塌落 1.5m 石块 \* 1,顶部塌落 0.6m 石块 \* 1。

处置措施:开始对刀盘面板进行支护、边支护边破碎面板与外部岩体间隙内石块。(6)完成舱内及掌子面与刀盘间隙中的孤石、碎石清理,尝试旋转刀盘,刀盘可旋转 1/2,在水的冲刷下掌子面及拱顶有坍塌、碎石继续堆积至刀盘面板。

处置措施:暂停刀盘旋转,咨询相关专家处理方案。

## 3 脱困技术措施

### 3.1 施工流程

**【作者简介】**李星宸(1988~),男,北京人,汉族,本科,中级工程师,从事燃气工程管理/非开挖施工技术/燃气场站技术研究。

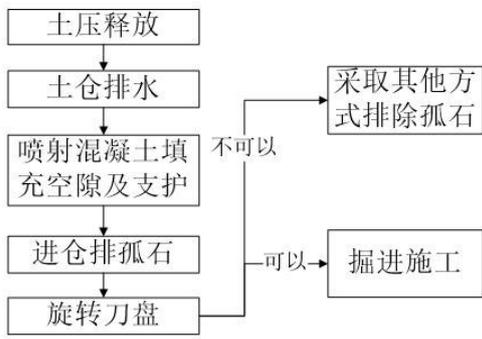


图1 孤石排除流程图

### 3.2 土仓排水

目前盾构机前方存在裂隙水,盾构机停机期间,通过螺旋输送机排至隧道内,以维持盾构机前方水位不会超过入仓门底,造成无法开仓。

土仓内排水采用4台5.5KW水泵,将土仓及前方存水尽快排出,确保水位不影响下一工序施工。

### 3.3 空隙回填及掌子面支护

回填盾构机前方空隙及刀盘下部掌子面支护全部采用喷射C20素混凝土方式。

### 3.4 施喷前的准备

喷射作业前应检查掌子面需填充部位,清除靠近刀盘位置松动石块;埋设控制喷射混凝土厚度的标志;作业区有足够的通风、照明装置;调整好喷射机的风压、水压,做好准备。

### 3.5 预埋注浆管

锚喷回填空隙前,在现状刀盘前方空隙底部设置1排PVC注浆管。用以锚喷回填空隙后,对底部强风化岩进行注浆加固。

采用Φ32PVC管,每根注浆管长3.5m,并在端部2m范围内注浆管周布孔(孔距100mm-200mm,孔眼直径为8mm)。注浆管间距300mm。注浆管端头封死,以确保注浆时达到设计压力,达到加固土体的目的。

### 3.6 回填空隙喷射作业

喷射作业应分层进行,喷射顺序由上而下,先对空隙顶部及底部进行锚喷混凝土施工,喷射压力控制在0.12~0.15MPa,一次喷射厚度,不易超过5cm;每层混凝土喷射的时间间隔为30min;若在终凝1小时后再进行喷射时,喷层表面应用风水清洗;喷射混凝土至上部时,应确保填实密实。

喷射混凝土时,喷射手应控制水灰比,在0.40~0.45,此时喷层无干斑和滑移流淌现象,尽量减少喷射混凝土材料的回弹损失,严禁使用回弹料。喷射混凝土应加强喷水养护,以防风干裂口。

### 3.7 刀盘前方支护施工

对刀盘前方裸露岩石进行遮挡及支护,防止松动石块滚落至仓内,对施工人员造成伤害,同时隔离刀盘面板与前方锚喷面作业中的接触面,防止锚喷混凝土二次卡死刀盘。

### 3.8 强风化岩注浆加固

#### 3.8.1 注浆配合比

采用水泥浆—水玻璃双液浆,注浆材料为普通硅酸盐水泥和水玻璃(浓度40Be),浆液配合比初步确定:水泥浆液:水玻璃溶液=1:1~1:0.3(体积比)。

经过多次实验,按配合比注浆,凝固时间为35s,满足施工需求。

#### 3.8.2 注浆量及压力

注浆量:水泥用量按平均水灰比0.9计算。

根据勘察报告,土状、块状强风化砂岩孔隙比为0.7,孔隙率为 $0.7/(1+0.7)=0.412$ 。

Q—隧道每延米注浆量(L);

v—加固土体积(m<sup>3</sup>);

n—孔隙率;

β—浆液填充系数,强风化砂岩取0.6;

α—浆液损耗系数,一般取1.15~1.30。

注浆压力0.2~0.5MPa;

浆液注入速度7~10 L/min

注浆量最少为30m<sup>3</sup>,实际注浆量通过现场试验来确定;同时也应加强各方面的监测,以便指导注浆。

#### 3.8.3 注浆步骤

①在注浆孔上先安装逆止阀,再装上带有D50球阀的注浆头。

②打开球阀阀门,使用冲击钻打穿管片壁后保护层或将钢钎插入孔口管内部,用大锤击打钢钎,打穿管片,拔出钻杆或钢钎,关闭球阀。

③接上三通及水泥浆管和水玻璃管。

④先注纯水水泥浆液1min后,打开水玻璃阀进行混合注入。

⑤封孔时,用纯水玻璃液与水泥浆液混合注入。

⑥封孔后,立即清洗注浆管并清洗注浆设备。

⑦在一个孔注浆完结后应等待5~10分钟后,打开阀门确认有无渗漏水现象,如果水很大,应再次注入浆液,至无水流出时可终孔,方可拆下管片注压浆口上的球阀,并将注浆孔用手孔盖封严。

### 3.9 喷射混凝土的防水措施

#### 3.9.1 对受喷面进行处理

喷射混凝土前先将土仓内存水排出,从而保证喷射混凝土不带水作业,不改变喷射混凝土的配合比。

#### 3.9.2 对使用材料严格控制

喷射混凝土使用材料主要有水泥、砂、石、水,对这些材料规格质量都应严格控制。其中石子最大粒径不大于15mm。

#### 3.9.3 合理选用外加剂

为了提高喷射混凝土的早期强度和防水性能,喷射混凝土时一般都须添加一定数量的外加剂。(下转第77页)

响运营和维护的效率。针对上述问题,有关部门实施了综合管理和整改措施,并制定了明确的沟通标准和原则,以确保沟通符合统一的标准。然后建立了一种标准的通信语言,以确保及时有效的通信,这对于解决问题非常重要。只有协调两者,才能更好地提高运行,维护和修理的效率。

#### 4.7 接受良好的教育并鼓励员工提高专业技能

电力公司必须注意对运维人员的培训和管理,使人员能够不断提高自身的技能水平,以逐步优化和整合运维一体化的相关工作。在对员工进行培训时,重点必须是培训实用的技术,这些技术不仅要全面,而且要仔细,以便经过培训的员工可以满足业务发展的主要需求并实现更好的集成管理工作。

## 5 结束语

35kV 变电站作为我国电力系统的重要组成部分,是提高我国整体电力运营效率的重要枢纽。尽管我国已开始采

(上接第 59 页)外加剂的品种和用量也直接影响喷射混凝土的防水效果,必须合理选择。

#### 3.9.10 进仓排孤石

盾构机前方碎石区支护完成后,安排人员进入土仓,进行土仓内碎石清理及刀盘前段碎石清理工作(刀盘前方约 20cm),同时采用喷射混凝土(10cm 后)进行支护。

#### 3.9.11 旋转刀盘

前方碎石区域全部支护完成及刀盘区域碎石清理完成后,进行刀盘旋转,按照正常掘进模式进行盾构隧道掘进施工。

## 4 卡困原因分析及后续施工措施

### 4.1 地质条件偏差

停机段围岩等级主要为 V 级围岩,围岩构成主要为 P1 中风化~强风化砂岩等,断层破碎带岩体呈角砾碎石状松散结构,块状镶嵌结构,易塌方、掉块。该段详勘与实际情况有所偏差,同时受地面条件影响未能及时有效补勘,造成地质情况掌握情况相对滞后。

### 4.2 断层破碎带困难预估不足

虽然在施工前做了有效的详勘,但并未针对多层破碎带开展孤石探测技术,这也造成了后续孤石处理时较为被动,严重制约了隧道工期。

### 4.3 后续施工措施

#### 4.3.1 刀具更换

将刀盘更换刀具的部位旋转到最佳换刀位置,在更换刀具部位上方安装手拉葫芦,下方安装换刀作业支撑木板,将刀具及刀座清洗干净,用工具松开刀具螺栓取出刀具,测

取纠正和行动,作为 35kV 管理的一部分,但实际上仍然有一些行动。问题只有通过解决这些问题,才能确保电力系统的逐步稳定性。这也反映了电力系统的标准和创新模式以及新的电力系统管理。通过详细的标准和管理上的变化进行分析,希望本文对那些在管理 35kV 变电站方面遇到问题的同事们有所启发,并共同促进我国电网产业的发展。

## 参考文献

- [1] 郑永峰. 变电站运维一体化管理模式探讨[J]. 中国高新技术企业, 2016, 22: 130-131.
- [2] 彭红霞, 盛瑞明, 王智杰, 朱中华. 变电站运维一体化管理模式探讨[J]. 中国电力教育, 2014, 31: 74-75.
- [3] 郭建峰. 运维一体化模式下变电站事故处理的新思考[J]. 科技创新导报, 2015, 09: 1.
- [4] 吴新发. 探析 35kV 变电站二次设备的检修维护及管理[J]. 电子世界, 2015, 17: 57-58.

量并记录刀具磨损量,将刀具通过人闸运送出去,然后将须更换的刀具运送进去,按拆刀的相反步骤将刀具装好、拧紧至设计扭矩值。

#### 4.3.2 掘进施工的控制措施

- ①根据地质条件的监测结果进一步优化掘进参数。
- ②正常推进阶段采用 90m 试掘进阶段掌握的最佳施工参数。
- ③推进过程中,严格控制好推进里程,不断将人工测量结果地电子测量系统的数据进行比较,发现问题及时调整,将偏差控制在误差范围内。
- ④根据技术交底设定的参数推进,推进出土与衬砌背后注浆同步进行。不断完善施工工艺,控制施工后地表最大变形量在+10~-30mm 之内。
- ⑤做好施工记录。

## 5 结语

鉴于该隧道施工在断层破碎带中的卡困经验,足以看出孤石对盾构施工的影响,孤石探测最好在地质勘探期间完成,以避免盾构施工期间突发性遭遇孤石,从而造成工期延长、设备损坏、经济损失等负面影响。同时,设计方应当优化设计线路,尽量避开断层破碎带地区,施工单位也应当提前策划做好断层破碎带的补充勘探,相关单位应当做好盾构掘进通过断层破碎带的过程监测。

## 参考文献

- [1] 白伟等《盾构隧道孤石地层探测及处理关键技术》[M]. 中国铁道出版社, 2018.