

# TBM穿越断层蚀变岩带卡机事故综合处置

张欣

新疆水利水电勘测设计研究院地质勘察研究所

**摘要:** TBM具有安全高效掘进的特点,在地下工程领域得到了广泛的应用。但当TBM穿越地质条件复杂的地层时,由于设备对地层条件的变化较为敏感,往往会影响TBM在掘进效率上的优势。本文以新疆某引水工程为工程实例,针对TBM穿越蚀变岩带出现的塌方卡机事故进行了综合处置方案的研究。结果表明,可将刀盘推力、扭矩以及皮带机出渣情况的异常变化作为判定塌方卡机风险概率的前兆信息。通过对刀盘前方、护盾顶部进行注浆加固,并在TBM掘进时采取“三低一连续”的施工原则,对围岩进行加强支护,最终TBM顺利通过蚀变岩带。研究成果为TBM穿越蚀变岩带的施工提供了宝贵经验。

**关键词:** TBM; 蚀变岩带; 塌方; 卡机

## 一、引言

随着我国基础设施建设进程的一步推进,地下隧道领域越来越呈现出深埋超长和大直径的趋势。目前来说,在地质条件较好的情况下,对于深埋长大隧道的开挖主要是利用硬岩隧道掘进机(TBM)来进行。而TBM在掘进过程中,会出现卡机现象。尤其是当TBM穿越软弱围岩、地下水发育区域或断层破碎带时,经常会面临塌方问题,导致卡机甚至停工的风险。如果不及及时发现并处理这些问题必将给TBM的施工带来极大的隐患。本文以新疆某引水工程为工程实例,针对TBM穿越蚀变岩带发生的塌方卡机事故进行了综合处置方案的研究。

## 二、工程概况

本文以新疆某引水工程为研究背景,TBM掘进段施工里程全长8806m,该段位于低山丘陵区,地形略起伏、开阔,相对高差约100m。岩性主要为华力西期花岗岩、黑云母角闪斜长岩,次块状-块状构造,岩石坚硬,较完整。洞内出水主要以裂隙水为主,个别地段存在少量涌水。

目前已掘进至8248m里程处,该段岩性为华力西期花岗岩,开挖揭露围岩为华力西期粗粒花岗岩,肉红色,块状结构,坚硬岩。该段至上游处发育一条与洞轴线小角度相交的断层蚀变岩带,产状 $15^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{NW}/65^{\circ}\sim 75^{\circ}$ ,带宽 $3.0\sim 5.0\text{m}$ ,带内主要为断层角砾岩和碎裂岩,夹少量断层泥,结构松散,影响带宽 $20\sim 30\text{m}$ ,地下水发育,围岩遇水软化作用明显,容易崩解成砂。蚀变岩带出现在水流方向右侧边墙撑靴部位,向掌子面方向延伸,此段地下水发育,呈线状流水状态,约 $15\sim 20\text{m}^3/\text{h}$ 。

## 三、TBM塌方卡机事故

### (一) TBM卡机过程

TBM掘进至8248m里程处,掘进参数突然发生变化:推力 $5000\text{KN}\sim 8000\text{KN}$ 、贯入度 $7\sim 14\text{mm}/\text{r}$ 、扭矩 $5000\sim 6500\text{kN}\cdot\text{m}$ ,皮带出渣增大,洞渣为肉红色泥沙,黏性较大,随后刀盘被卡死。相关人员立即进入刀盘查看,刀盘已进入断裂带,护盾底部、刀盘刀仓及刀盘内出渣口均被泥沙堵死。

次日上午,组织TBM专家及技术人员对设备状态进行分析,制定脱困方案。首先采用人工对刀盘内的洞渣进行清理,然后对刀盘前方、护盾上方破碎岩石开展化学灌浆进行固结,最后尝试脱困。

上述方案实施15日后完成,刀盘顺利脱困掘进,掘进 $2.3\text{m}$ 后,皮带压力突然增大,扭矩报警,电机电流报警。刀盘已经完全被塌方石渣堆积,松散渣体已经充盈铲斗,刀盘前方和侧向不同程度被塌落石渣的大块体楔嵌,前方塌方情况和空腔大小不明。随后采取不同措施多次脱困尝试,均未成功,最终判定TBM被卡。

### (二) 现场脱困方案实施原则

TBM卡机后,现场通过咨询相关专家以及相邻标段类似情况处理方式,一致认为“化学注浆是TBM脱困的有效手段”。

## 四、塌方卡机综合处置方案

### (一) 塌方处理

#### (1) 刀盘前方固结注浆

根据刀盘前面围岩破碎情况,利用面刀、边刀、铲齿等空间,打设 $\phi 32$ 玻璃钢自进式中空锚杆,进行化学灌浆。锚杆长度 $3\text{m}\sim 3.5\text{m}$ ,打设范围及角度根据现场实际情况确定,固结厚度约 $2\text{m}$ 。

#### (2) 护盾顶部固结注浆

在尾护盾朝掌子面方向,打设 $\phi 32$ 自进式中空注浆锚杆,进行固结注浆,锚杆长度 $9\sim 11\text{m}$ ,打设范围拱顶 $120^{\circ}$ ,注浆孔与岩面角度为 $3^{\circ}\sim 7^{\circ}$ ,环向间距 $0.3\text{m}$ ,实施过程中根据实际情况灵活布置,锚杆头部 $3\text{m}$ 范围开设注浆孔,孔径 $6\text{mm}$ ,间距 $30\text{cm}$ 。

### (二) TBM脱困过程

(1) 对刀盘周边进行人工清渣,以减小刀盘瞬间启动阻力,降低刀盘驱动扭矩;

(2) 为防止出渣量过大,导致皮带压死,封堵出渣斗 $3\sim 4$ 个(共8个出渣斗),控制出渣量。

(3) 启动刀盘,尝试后退刀盘,查看护盾是否卡住,尝试转动刀盘;

(4) 刀盘启动后,掘进速度控制在 $10\text{mm}/\text{min}$ ,刀盘转速控制在 $2\text{转}/\text{min}$ ,贯入度控制在 $5\text{mm}/\text{转}$ ,其余掘进参数按现场情况灵活调整。

(5) 在TBM刀盘脱困后,通过断层期间,掘进时严格执行“三低一连续”的施工原则,即低推力,低贯入度,低转速,连续掘进。

### (三) 穿越蚀变岩带支护措施

(1) 开始掘进后,出护盾部位采用HW150型钢进行支护,拱架间距 $30\text{cm}$ ,钢拱架采用槽钢进行连接,槽钢间距 $0.5\sim 1\text{m}$ ,全环布置。护盾槽孔内安装 $\phi 20$ 钢筋排,每孔 $3\sim 4$ 根。

(2) 出护盾后,化学灌浆固结层上部尚有大量松散体,影响隧洞安全,径向打设 $\phi 32$ 自进式中空注浆锚杆,进行固结注浆,锚杆长度 $3\sim 5\text{m}$ ,环向间距 $1\text{m}$ 。

(3) 松散体全部固结后,空腔部位径向打设 $\phi 42$ 小导管,导管伸至塌腔顶部下方 $10\text{cm}$ ,回填轻质材料。

根据已揭露的地质情况,刀盘脱困后,后续掘进还在蚀变岩带,按照超前预固结、短进尺、强支护、连续均衡施工的原则进行控制,稳扎稳打,步步为营,直至顺利通过蚀变岩带。

## 五、结论

本文以新疆某引水工程为研究背景,分析了TBM穿越蚀变岩带塌方卡机的过程,并针对现场TBM塌方卡机事故进行了综合处置方案的研究,得到如下结论:

(1) TBM穿越蚀变岩带遭遇塌方卡机事故前会出现刀盘推力、扭矩以及皮带机出渣情况的异常变化,可以作为判定塌方卡机风险概率的前兆信息,并结合相应超前钻探、超前预报手段及时进行围岩注浆加固和TBM操作参数调整。

(2) 通过对刀盘前方、护盾顶部进行注浆加固,并在TBM掘进时采取“三低一连续”的施工原则,即低推力,低贯入度,低转速,连续掘进,对围岩进行加强支护,最终TBM顺利通过蚀变岩带。

## 参考文献

- [1] 温森与徐卫亚,深埋隧洞TBM卡机事故风险分析.长江科学院院报,2008(05)
- [2] 徐虎城,断层破碎带敞开式TBM卡机处理与脱困技术探析.隧道建设(中英文),2018.38(S1).
- [3] 王新,引汉济渭输水隧洞TBM卡机处理方案研究.陕西水利,2017(03)
- [4] 赵鹏涛,深埋长输水隧洞TBM卡机事故分析及处理措施.人民长江,2011.42(17)