

# 厄瓜多尔 CCS 项目双护盾 TBM 不良地质段施工

周江锋, 张长万

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610072)

**摘要:**双护盾 TBM 在应用过程中,经常会因多种不良地质条件所约束。阐述了双护盾隧洞掘进机在不良地质条件下施工所遇到的典型问题,并以厄瓜多尔引水隧洞双护盾 TBM 施工为例,对涌水、断层破碎带、塌方等影响双护盾 TBM 的不良地质条件进行了分析研究,从宏观和微观的角度出发,提出了 TBM 通过不良地质洞段的方案和措施,可为今后双护盾硬岩掘进机施工提供借鉴。

**关键词:**引水隧洞;双护盾 TBM;不良地质;施工技术;CCS 项目

**中图分类号:**TV7;TV554;TV554+.2

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2014)04-0068-03

## 1 概述

近年来,隧洞掘进机 TBM(Tunnel Boring Machine)以其高效、安全、环保的优点,越来越多地被国内许多大型交通、水利隧洞工程项目所采用。但在实践中,TBM 施工法是有其使用条件的。以中国水利水电第十工程局有限公司为例,其在厄瓜多尔 CCS 项目引水隧洞施工中,曾创造出月最高进尺 1 000.41 m,最高日进尺 45 m 的辉煌业绩,但是在 TBM 掘进中也遇到了许多困难。自 2012 年 9 月 TBM 进洞正式开始掘进以来,由于不良地质条件造成的种种问题始终困扰着 TBM 效率的发挥,在项目部领导以及员工的共同努力下,不惜一切代价,在施工第一年即达到月平均进尺 700 m,创造了奇迹。

在 TBM 掘进过程中,也遇到了各种各样的岩石问题。在此有必要对双护盾 TBM 施工中遇到的问题进行分析与研究,以寻求对策,尽快解难;同时,总结经验,为在建和拟建工程提供参考。笔者以厄瓜多尔 CCS 项目引水隧洞为例,对双护盾 TBM 在不良地质条件洞段进行的施工进行分析与研究。

## 2 CCS 项目

### 2.1 工程概况

厄瓜多尔 CCS 项目引水隧洞工程是中国在海外项目中的一个重点工程,全长 24 km,同时有两台 TBM 掘进,其中中国水电十局承担其中的 13.77 km,采用一台海瑞克公司生产的双护盾全

断面掘进机,TBM 开挖直径为 9 m,成洞直径为 8.8 m,开挖后采用预制管片衬砌和豆砾石回填灌浆。

### 2.2 地质情况

CCS 项目引水隧洞岩石主要为海底火山喷发出来的岩浆堆积而成的火山岛,至今已有很久的历史,该条块岩石古老,历经构造变动并在强烈的近东西向的构造应力作用下出现岩石涌水、岩体破碎,地质条件比较复杂。

### 2.3 掘进机的基本情况

该掘进机的主要技术参数如表 1 所示。为了应对开挖中不可预见的断层等地质条件,采用了双护盾设计,同时配备了超前钻机,可以对机头前方 30 m 进行地质钻孔勘测,也可以用来对掌子面前方进行注浆加固。

表 1 技术参数表

项目名称	指标参数
开挖直径/m	9.11
滚刀尺寸/mm	19
切削盘推力/kN	16 300
切削盘转速/ $r \cdot \text{min}^{-1}$	5.5

## 3 施工中遇到的主要问题及采取的对策

### 3.1 大量涌水

厄瓜多尔 CCS 项目引水隧洞在 TBM 施工时,遇见了较大的地下水问题。地下水给施工带来了很大的困难,特别是在围岩破碎的情况下,形势会更加糟糕,严重影响施工进度并增加工程成本。项目部对地下涌水采取的有效措施为:

#### 3.1.1 超前排水

收稿日期:2014-07-07

超前将前方地下水释放。采取 TBM 自带的超前钻机打排水孔,视水量大小可打数量不同和管径不同的排水孔;同时,增加洞内排水泵的数量,及时将释放的水排出洞内。

### 3.1.2 超前注浆堵水

在施工过程中并不是所有隧洞的涌水都能通过钻孔排水和辅助坑排水达到目的。对于深埋长隧洞,其涌水量往往较大、水压较高,若采用排水法使含水围岩中的地下水排出或水压降低,一方面需要较长时间,而且局部地带因高压水的喷射还会诱发大规模的崩塌或产生岩爆;另一方面,由于上覆土层中地下水位下降还会产生一系列的环境问题,如地面坍塌、水源枯竭等。在这些情况下,必须采用注浆方式堵塞住围岩中地下水的活动通道,以保证施工顺利进行。TBM 使用自带的超前钻机在 TBM 前上方连续打孔,环状排列,然后采用高压灌注水泥浆或聚氨酯材料进行化学注浆,待注浆材料凝固后,可在 TBM 前上方形成环状止水环,因此而止水或改变水流的效果。TBM 掘进时掌子面遇到涌水时的情况见图 1。



图 1 涌水洞段照片

### 3.2 断层破碎带

断层是地壳在构造运动中岩体所受构造应力作用超过其强度而发生较大错断和明显位移的地质现象。因此,破裂面两侧的岩体构造裂隙发育、岩体十分破碎、完整性差且岩石强度还相应降低,透水性急剧增强,断裂面还常构成危险的滑动面。TBM 在掘进过程中,由于遇到围岩坍塌,挤压围岩等,使得围岩体容易卡住 TBM 刀盘,使 TBM 刀盘无法转动,机身无法向前掘进。CCS 项目曾遇到多次断层带,有时 1 d 仅掘进 10 m 左右;又如

TBM 在断裂构造带上掘进时,因卡机和躲闪塌方,造成 TBM 停机两次,好在均很快解决了卡机问题,加大推力,使得 TBM 向前掘进。断层破碎带围岩见图 2。

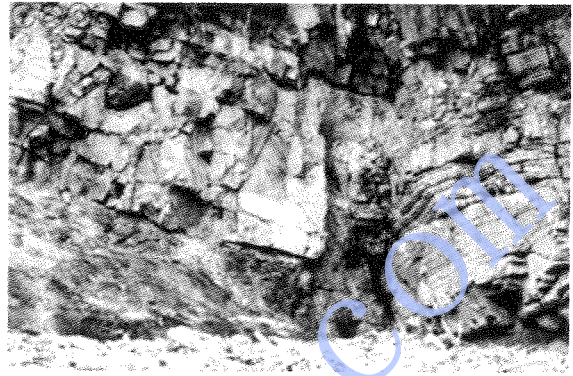


图 2 断层破碎带

在施工过程中,由于没有很好地对开挖前方的地质条件进行预报,因此出现了许多不可预见的断层破碎带,给工程带来了很大的困难。

对于 TBM 在断层破碎带中的施工采取的不当施工措施有:

(1) 施工中不对前方进行超前勘探,因此而没有超前采取措施,从而造成 TBM 通过时受阻。

(2) TBM 在通过断层破碎带的推进参数不合理,对前方岩体扰动过大。

(3) TBM 受阻后没有立即采取措施,造成刀盘前方坍塌进一步发展,最终导致 TBM 受阻。

因此,在 TBM 被困后,应根据出渣情况及 TBM 的施工参数判断该地层的基本特点、断层破碎带的规模,做出判断是否需要进行人工开挖还是采取超前处理措施,分别采取加固措施或人工开挖脱困。

### 3.3 双护盾 TBM 被压、卡机采取的脱困技术方案与分析

双护盾 TBM 掘进的最大特点就是掘进速度快,施工环境安全,而且掘进、出渣、衬砌和回填灌浆等多道工序同步进行,隧洞一次成型。但如果地质条件复杂,所遇到的围岩不稳定而导致快速变形或大体积塌方时,TBM 机头就会被卡住,从而严重影响施工进度和成洞质量,若采用的处理方法不当,解困不及时,TBM 机身在长期受力的情况下必然会变形、受损,从而造成重大的经济损失,也会给以后的工作带来巨大的困难。在厄瓜多尔 CCS 项目施工中,突遇围岩快速变形,导致

TBM被围岩紧紧抱住而不能移动,后因处理恰当正确,在短时间内即使TBM恢复了正常掘进,避免了重大损失。

厄瓜多尔CCS项目在遇到塌方情况时岩石结构松散,强度极低,在TBM全断面掘进中,很有可能出现卡机故障。

#### (1)事故发生情况及解决方案。

在2013年4月,TBM在无异常情况下,突然机身不能向前移动,在检查完机械、液压、电气方面等都没有问题的情况下,立即在刚脱离护盾的几环管片上从灌浆孔处量测管片与围岩的间隙,发现几环管片间隙很小,遂确认卡机,最后改变了掘进参数,加大了推力,解决了TBM卡机问题,使TBM顺利通过。

#### (2)TBM被困后采取的初步判断方法。

根据其他工程TBM卡机经验及此次TBM被卡情况,在施工中,工程技术人员应当密切注意TBM各系统的运转情况,若发现有以下几种情况出现,应当初步确定有围岩快速变形或大体积塌方的可能,应当迅速进行相应的处理。

- ①掘进速度下降,加大推力,效果不明显;
- ②后护盾移动困难;
- ③后支撑和前支撑不能正常伸出;
- ④豆砾石回填明显变少。

#### 4 问题产生的原因及分析

(1)厄瓜多尔位于赤道上的岛屿都是远古时代由海底火山喷发出来的岩浆堆积而成的火山岛,至今已有很久的历史,该条块岩石古老,历经构造变动众多,岩石涌水、破碎,地质条件比较复杂,对隧洞的稳定非常不利,因此,岩体的完整性及强度表现较差;另一方面,在构造和溶蚀的共同作用下,岩石整体结构破坏加上地下水的作用,使得围岩变得十分松散,围岩体的地质条件更差,从而给TBM掘进施工过程造成了许多困难,在项目部领导及员工的共同努力下,解决了TBM在施工

过程中的种种问题,使TBM恢复了正常运行。

(2)由于前期提供的地形地质资料与TBM掘进时遇到的岩石情况有所差异以及对地质条件的了解不够充分,没有及时采取措施,故在遇到不良岩石情况时,要及时了解岩石情况,避免TBM出现各种问题,以保证TBM正常运行。

#### 5 结语

笔者在厄瓜多尔CCS项目工作1年时间里,根据双护盾TBM的施工实践,得到了以下几点认识:

(1)TBM施工是一种新型、先进的隧洞施工机械,已被越来越多的大型交通、水利隧洞工程项目所采用。

(2)双护盾TBM隧洞掘进机虽然具有安全、优质高效等很多优点,但也存在对地质条件较为敏感的问题,所以,在隧洞施工前期,一定要从本地区地质条件的客观实际出发,做好各项技术指标的分析及比较,选择合理的施工开挖方法,顺利并且在规定的时间内完成工程项目。

(3)在遇到地质条件较差时,应尽量多的采取超前地质预报,时刻了解掌子面前方的地质情况,采取合理的掘进参数以及掘进方法,以保证TBM快速通过不良地质洞段。

(4)由于TBM涉及很多知识,如机械、液压、PLC控制、地质等,因此,在TBM施工过程中,需要各个专业紧密配合,解决TBM在掘进当中遇到的各种问题。

(5)对于双护盾TBM,在其掘进施工过程中,应尽量缩短掘进机机身和刀头,通过增设扩挖设备等措施来减少护盾摩擦力,防止卡机事故发生。

#### 作者简介:

周江锋(1989-),男,河南安阳人,技术员,从事水利水电工程施工技术工作;

张长万(1965-),男,四川大竹人,副总经理,高级工程师,学士,从事国际工程施工技术与管理工。 (责任编辑:李燕辉)

## 四川电网“十二五”投资过千亿

“十二五”期间,国网四川省电力公司加大电网投入,加快电网发展,截至8月底,累计完成电网投资1 013.5亿元,突破1 000亿元大关。“十二五”期间,国网四川电力建成投产了溪洛渡、向家坝、锦屏等特大型水电站配套送出工程,巴中、内江、乡城、茂县Ⅱ(路平)500千伏等数座变电站和“新甘石”联网工程等重点项目,正在建设中的川藏联网工程预计将在年内投运。从电网建设的成效来看,一是积极推进特高压及配套和水电送出工程建设,在消纳四川水电的同时为国家电网公司整体利益作出了贡献;二是投入近400亿元实施无电地区、藏区电网、农网升级及地震灾后重建等项目建设,有力彰显了央企社会责任;三是支撑省内用电市场发展,全社会用电量从2010年的1 549.01亿千瓦时增长到2013年的1 948.9亿千瓦时,增长25.82%。