

厄瓜多尔 CCS 水电站双护盾 TBM 针对大断层脱困采取的施工技术

杨弦, 周长虹

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 都江堰 611830)

摘要:针对厄瓜多尔 CCS 水电站双护盾 TBM 在掘进过程中遇到的断层破碎带, 提出了处理和解决的措施并予以实施, 取得了较好的效果, 可为今后双护盾硬岩掘进机施工提供借鉴。

关键词:双护盾 TBM; 断层破碎带; 脱困; 施工技术; 厄瓜多尔 CCS 水电站

中图分类号:TV52; TV554

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2015)02-0021-04

1 工程概述

Coca Codo Sinclair 水电站(简称 CCS)位于南美洲厄瓜多尔共和国 Napo 和 Sucumbios 省内, 总装机容量为 1 500 MW。主要建筑物包括首部枢纽、输水隧洞、调蓄水库、压力管道、地下厂房与发电系统等。CCS 项目输水隧洞总长度为 24.8 km, 纵坡为 0.173%, 为无压明流洞, 设计引水流量为 222 m³/s, 采用全衬砌结构形式。输水隧洞采用 2 台双护盾掘进机同时施工, 一台从 2A 支洞(隧洞桩号 9+878.18)向上游掘进至 1#支洞出洞, 长约 9.8 km, 另外一台隧洞掘进机从输水隧洞出口(调节水库库区内)至 2B 支洞(隧洞桩号 11+032.95), 长约 13.79 km; 在 TBM 施工洞段, 开挖直径为 9.1 m, 混凝土管片衬砌采用左右环 6+1 形式(又称万能管片), 管片的内径为 8.2 m, 厚度为 0.3 m, 每环管片的长度为 1.8 m, 管片外侧回填豆砾石和砂浆并灌注水泥浆。

根据项目前期地质勘查得知, 输水隧洞桩号 11+500~21+000 埋深 200~500 m, 围岩岩性为侏罗系-白垩系迷萨华林地层(J-km), 山顶分布白垩系奥林地层(Kh)砂岩和那波地层(Kn)石灰岩及泥灰岩。该段发育 5 条断层。

2 双护盾 TBM 掘进施工及断层破碎带对其产生的影响

2.1 双护盾 TBM 掘进施工原理

双护盾掘进机有双护盾和单护盾两种掘进模式。在掘进施工过程中, 需根据地质图、石渣、前序掘进参数、超前地质探测结果等对掌子面围岩

状态做出准确判断, 据此选择相应的掘进模式及掘进参数。

双护盾模式应用于围岩条件较好的情况下掘进, 倚靠支撑盾上的支撑靴支撑在洞壁上, 在掘进的同时可完成在尾盾拼装管片、豆砾石回填等作业, 实现掘进与管片安装同步作业。

单护盾模式应用于断层、围岩破碎带及软岩条件下的掘进, 撑靴全部收回, 主推进油缸也收回, 前盾和支撑盾作为一个整体, 掘进过程中辅助推进油缸顶紧已经拼装好的管片提供推力, TBM 掘进时无法安装管片, 只有待管片拼装及换步调向等工序完成后方可继续掘进。

2.2 断层破碎带对 TBM 掘进施工的影响

鉴于该隧洞处于高地应力区内, 构造运动剧烈, 断层较发育, 易产生地应力聚集, 岩体可能会发生变形、崩解等破坏现象。TBM 在掘进过程中遇到围岩不稳定而导致快速变形或大体积坍塌, 使得围岩体容易卡住 TBM 刀盘而使其无法转动, 从而严重影响施工进度。

3 TBM 掘进时遇到的 K16+127 大断层破碎带

2013 年 12 月 9 日, TBM 采用单护盾模式掘进至桩号 K16+127.41 时刀盘前方突遇塌方, 大量渣料瞬间超过皮带机的运渣能力, 导致皮带供电系统故障, 不能运行, 大量岩渣外溢, 掉落于回程皮带和 TBM 后配套内, 小火车轨道被埋不能运输, TBM 被迫停止掘进。事发后, 采取了在刀盘内钻孔实施化学灌浆和水泥灌浆并封堵护盾与主轴承之间的间隙以防止浆液流出的措施。但在实际灌浆中, 浆液还是从护盾部位流入刀盘, 甚至出

收稿日期: 2015-02-15

现了浆液直接流入护盾外的情况,灌浆的效果达不到预期的固结目的。

项目部对 TBM 通过大断层的处理方案进行了充分研究、讨论,决定采用左右各开挖一条旁洞进入断层破碎带,之后根据实际揭露的围岩地质情况确定揭顶开挖位置,采用导洞揭顶开挖及管棚法处理断层破碎带,直到揭顶开挖至满足 TBM 掘进条件为止。

4 施工布置

4.1 施工风水电系统

利用 TBM 自带风水电系统为旁洞和导洞开挖提供支持。

4.2 通风散烟

旁洞最长开挖约 15 m,可以不考虑旁洞内的散烟,直接利用 TBM 自带风机由主洞内散烟。导洞开挖期间两旁洞已贯通,可形成循环通风条件,从 TBM 自带风机接 $\phi 600$ 帆布风筒进入左侧旁洞,另一侧旁洞作为循环通风出口。

4.3 其他

利用 TBM 工业广场现有设备与资源。

5 施工顺序

TBM 脱困施工顺序见图 1。

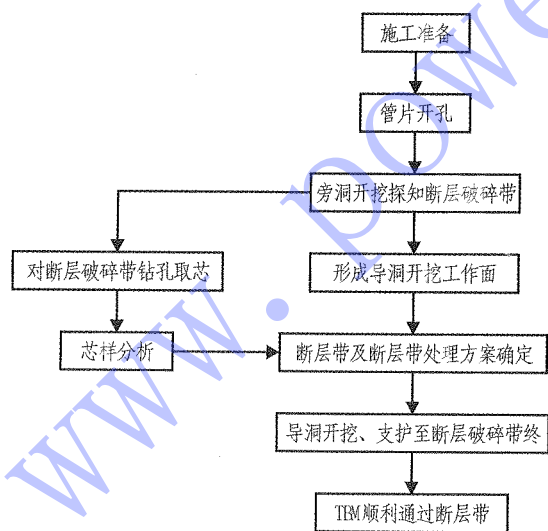


图 1 TBM 脱困施工顺序图

6 施工方案

6.1 施工准备

(1)对位于旁洞进口附近的 TBM 设备进行必要的拆除或转移。

(2)采用 I16 工字钢与拟开洞高程搭设刚性

保护平台兼做作业平台。平台顶部满铺 10 cm \times 10 cm 木枋,并采用铁丝与平台进行可靠固定。平台两端采用钢管设置高度约为 1.5 m 的栏杆并采用木板或钢板封闭,防止人员坠落受伤和大块炮渣掉落损伤设备。平台中间设 1 m \times 1 m 的溜渣孔,溜渣孔上方采用 $\phi 25$ 钢筋按 20 cm \times 20 cm 设置过滤网,防止卸渣时大块的渣料损坏皮带。

(3)对所有已安装管片背部充填豆粒石至饱满。

(4)采用 $\phi 25$ 锚杆对 4 791 ~ 4 795 环上所有上半部分的管片进行锁定。钻孔位置利用管片上的操作孔,尽量减小对管片的损坏。采用螺栓加垫板的方式锁定管片。

6.2 旁洞施工

6.2.1 管片开孔

利用风镐或电镐按图 2 所示在第 4 793 环对 AL、BL 和 FL 管片进行部分拆除并切断钢筋,露出岩面。

6.2.2 旁洞开挖

旁洞开挖采用人工手风钻钻孔,浅孔弱爆破,循环进尺为 0.8 ~ 1.2 m,周边光面爆破,线装药密度为 127 g/m。进口位置先进行两茬掏槽爆破,再进行崩落孔和周边孔爆破,逐步形成旁洞开挖工作面,并朝刀头方向延伸旁洞。开挖出渣采用人工手推车将炮渣运至操作平台的溜渣孔, TBM 连续皮带系统运渣至洞外。

6.2.3 旁洞支护

旁洞支护需根据围岩情况确定支护类型和顺序。IV 类围岩根据需要采用自进式超前锚杆固结灌浆,开挖后首先喷 3 ~ 5 cm 厚混凝土封闭、围岩再钻设 $\phi 25$ 系统锚杆并挂网,挂网后补喷混凝土 0 ~ 15 cm 厚; V 类围岩采用自进式锚杆进行超前固结,至少每三个循环进行一次超前固结灌浆。开挖后首先喷 3 ~ 5 cm 厚混凝土封闭围岩,再挂网并安设工字钢拱架,最后钻设系统锚杆并补喷厚 10 ~ 15 cm 的混凝土。具体开挖支护情况见图 2。

6.3 对断层破碎带实施钻孔取芯

在两侧旁洞内各进行一个钻孔取芯,钻孔取芯长度贯穿整个断层破碎带且至少要有长度 10 m 的、RQD(岩石完整系数)大于或等于 60% 的良好岩石,根据取芯成果对导洞施工方案进行优化。

6.4 导洞施工

根据左、右旁洞开挖后揭露出的岩石情况,将左、右旁洞拐点确定在输水隧洞桩号 K16 + 134.

87。从左、右旁洞向中间径向开挖,逐步形成上部导洞圆掌子面;向前领进开挖导洞穿过断层破碎带,直至其进入较好的围岩洞段为止。

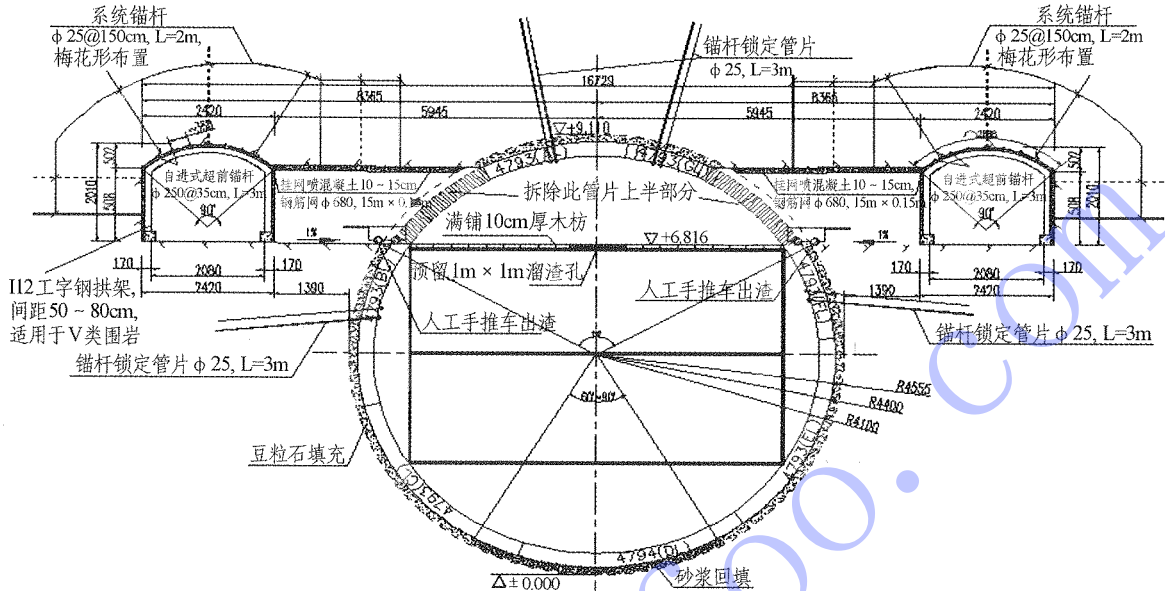


图 2 旁洞开挖、支护图

6.4.1 超前管棚施工

考虑到导洞地质条件差,开挖前对导洞顶拱 120°范围内采用手风钻施工自进式锚杆(φ25@35 cm, L=6 m, 外插角约 10°)并固结灌浆,形成超前管棚,每 3 个循环进行一次超前锚杆固结灌

浆施工。

6.4.2 导洞的开挖、支护施工

(1)导洞分 I、II、III、IV、V、VI 部分开挖、支护,见图 3。

(2)导洞开挖采用人工手风钻钻孔装药爆破

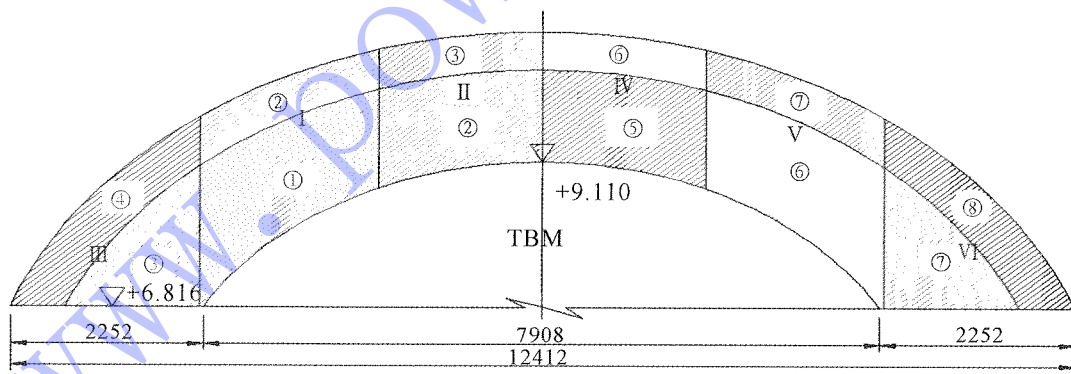


图 3 导洞开挖分部示意图

(小药量、短进尺、弱爆破),人工、小型装载机配合出渣,每循环进尺约 1 m。爆破装药量控制情

况见表 1。(3)导洞的开挖与支护。

表 1 爆破参数表

炮孔类型	炮孔直径 /mm	炮孔深度 /m	间距 /cm	排距 /cm	药卷直径 /mm	每孔装药 /g
掏槽孔	42	1.2	40	70	32	70
辅助孔	42	1	50	50	32	50
光爆孔	42	1	40	/	25	45

