

TBM 洞内滑轨式步进施工技术

钟汶均¹, 吴涛², 徐曼玲², 焦永春³

(1. 中国人民武装警察部队 水电第九支队, 四川 成都 611130;

2. 中国人民武装警察部队 水电第八支队, 重庆 401320; 3. 中国人民武装警察部队 水电第三总队, 四川 成都 611130)

摘要:以西藏旁多水利枢纽灌溉输水洞开敞式 TBM 为例,介绍了 TBM 预埋滑轨步进原理、工作流程、步进中遇到的问题及采取的措施与对策,最终实现了 TBM 安全、快速、经济的步进施工。

关键词:旁多水利枢纽;开敞式 TBM;滑轨式步进

中图分类号:TV554;TV52;TV554+.2

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)04-0027-02

TBM(Full Face Rock Tunnel Boring Machine)为全断面隧道掘进机的简称,较传统钻爆方式在长隧道施工中具有无可比拟的优越性能,其将会得到愈来愈广泛的运用。TBM 组装、调试完成后,整机步入始发洞实现掘进的过程为步进施工,其步进的快慢直接影响到 TBM 功能的发挥。国内近年来所运用的 TBM 其步进施工技术根据各自组装、步进条件主要采取以下几种类型:(1)洞内组装,油缸推进+弧形滑道+局部滑行支撑架的步进方式;(2)洞内组装,电机驱动+整体支撑托架的步进方式;(3)洞外组装,油缸推进+轨道滚轮小车定位、支撑的步进方式。笔者介绍了西藏旁多水利枢纽灌溉输水洞采用洞内组装、油缸推进+预埋滑轨及防偏方式步进取得了较好的效果。

1 工程概况

旁多水利枢纽工程地处拉萨河中游河段,是拉萨河干流水电梯级开发的龙头水库,工程开发以灌溉、发电为主,兼顾防洪及供水。工程区全线位于海拔 4 000 m 以上,被誉为“西藏三峡”。该工程灌溉输水洞为无压隧洞,主洞全长 16.827 km,纵坡 1‰,其中主洞中间段的 9.96 km 选用德国海瑞克公司生产的开敞式 TBM,开挖直径为 4 m,设备总长为 190.5 m,整机重量约 450 t。

设备在#2 支洞(主洞与外界的通道)与主洞交叉段的组装洞进行组装。由于该处的地质条件无法满足就地始发要求,遂将始发位置由设备组装洞端部向前方调整,最终 TBM 需要步进 150 m,属于近距离步进。

收稿日期:2016-07-12

2 步进原理

主机部分的重心施压主要集中于前部刀盘及护盾,后部为后支腿支撑,其底部均为弧面。步进段采用弧形混凝土底板,弧形面使 TBM 姿态稳定,不产生横向翻滚并提供导向约束,促使 TBM 沿弧形中心线方向前行。在底板弧形面设置滑轨,从而有效地减少了主机端步进摩擦阻力。

TBM 的步进使用两组步进油缸(25 t×4,行程 1.2 m),以焊接在滑轨道上的推力支座的反作用力推动整机向前步进。由于步进油缸的总推力大于整机与轨道间的摩擦阻力,故在推进油缸的作用下实现 TBM 沿滑轨向前步进。

3 TBM 步进方案及流程

3.1 步进段土建施工

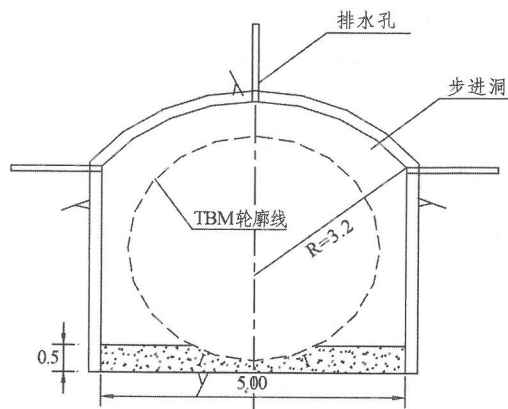


图1 步进洞示意图

步进洞设置于 TBM 组装洞靠始发位置侧,要求洞室开挖及混凝土弧形底板必须在 TBM 组装之前完成。根据方案设计,步进洞采用城门洞形,成型尺寸为 5 m×5 m,底板采用 50 cm 厚 C25 混凝土

土,其中间在弧形面 45°位置预埋了两根滑轨,滑轨采用 I40 工字钢,外露底板混凝土弧形面高约 2~3 cm,两侧底板与弧形面混凝土同步施工,一次性成型。步进洞结构及滑轨断面见图 1、2。

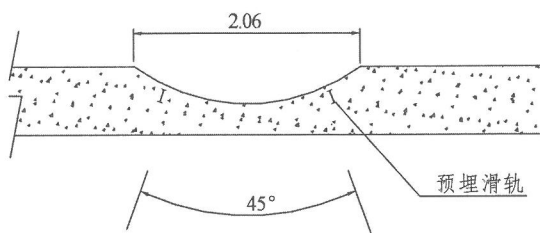


图 2 步进洞底板滑轨断面图

3.2 步进前的准备

步进前的准备工作具体为:

(1)盾体与后支撑间连接。采用 DYWIDAG 张紧拉杆将盾体和后支撑连接固定,防止在推进装置和后支撑间出现张紧力的作用。

(2)后支撑安装滑靴。在后支撑的底部支撑脚处安装滑靴,实现滑靴在预埋滑轨上跟进,以减少主机后侧施压端与地面的摩擦阻力。

(3)安装推进装置。推力架安装于底护盾后面,焊接在预埋滑轨上,用于支撑液压油缸,推进盾体前行。液压动力由 TBM 液压动力系统提供。

在完成以上 3 个步骤后即可进行第一个步进行程(图 3)。

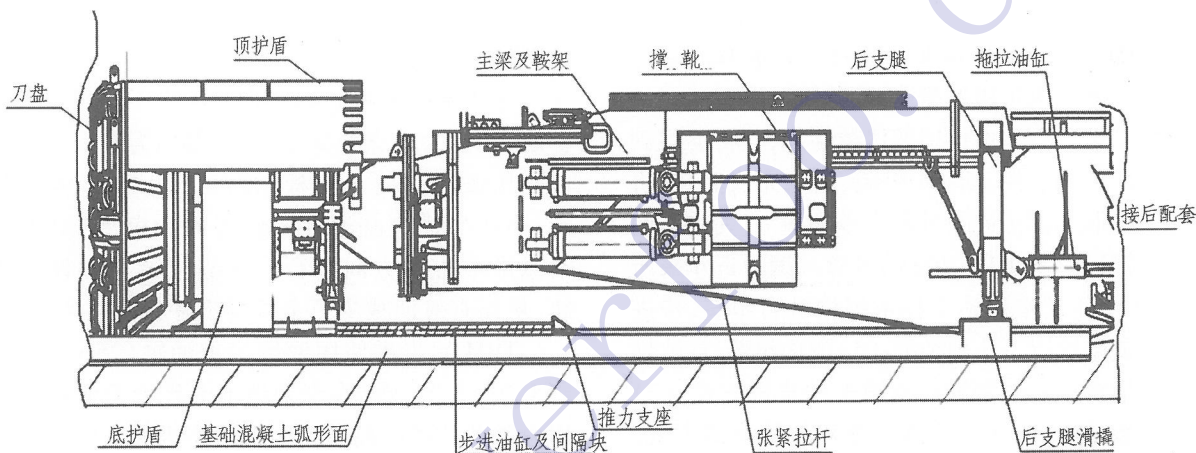


图 3 步进机结构示意图

3.3 步进施工

在推力支座支撑推力下,步进油缸将盾体推向始发洞。油缸由比例阀控制,在完成第一个油缸行程后,收回油缸;在已收回的油缸的间隙处放置一块长度为 1.1 m 的钢结构间隔块,油缸顶紧中间支撑,继续推动盾体步进;在完成第二个行程后,收回油缸,将间隔块向后推至与推力支架相接,在步进油缸和间隔块的轨道上放置长度为 1 m 的圆柱支撑,油缸顶紧中间支撑,继续推动盾体步进;在完成第三个行程后,将 1 m 长的圆柱支撑取出,更换成长度为 2 m 的圆柱支撑,步进完成第四个行程。由此方式重复第三、第四个行程直至推力支座达到后支腿滑靴处。综上所述,每焊接一次推力支座可以完成六次步进行程,实现总推进达 6 m。为防止圆柱支撑滑动,可将其点焊到轨道和间隔块上。

在完成一个步进循环后,将推力支座切割,焊

接至下一个步进循环支座处;将滑轨上原推力支座及固定圆柱支撑的焊点磨平,以便于后面后支腿滑靴和滑橇台车的通过。推进期间,在滑轨上涂抹润滑油脂,很大程度上能够减小摩擦阻力。

当撑靴位置进入始发洞、撑紧在边墙上时,调整主机使其处于掘进姿态,此时,所有的步进设备可以拆除。

4 步进中遇到的问题及采取的对策

(1)TBM 主机出现偏斜。偏斜原因分析:一方面是由于弧形面及滑轨施工测量定位偏差,两侧滑轨高差过大;另一方面是因为设备自身重心不居中;另外,还存在后配套台车的影响。为满足步进需要,在现场采取了必要的防偏、纠偏措施:①滑橇防偏,在刀盘护盾及后支腿偏斜一侧焊接防偏滑橇,支撑于步进洞水平底板,防止主机跑偏;②撑靴调偏,主机偏斜一侧,在撑靴与墙壁间

(下转第 58 页)

度为 160 ~ 180 mm(泵送)、粉煤灰掺量 30%、水泥用量 245 kg。

3.4.2 预埋冷却水管通水冷却降温措施

根据温控方案,对底拱和边顶拱进行通制冷水冷却,投入冷水机组将水制冷,制冷温度以混凝土温度与水温之差不大于 22 ℃ 为准进行控制,一般在 7 ℃ ~ 21 ℃ 之间。

(1)冷却水站的布置。冷却水站内设置一台微机控制螺杆式冷却机组,机组型号为 W - PLSLGF500 III,冷却机组提供 100 m³/h 的冷却循环水流,冷却机组水泵最大扬程为 50 m。冷却水管按 1 m 间距布置,单根长度控制在 150 m,通水流量按 2 m³/h 控制,通水时间为 15 ~ 21 d。单仓底拱布置一根冷却水管,单仓边顶拱布置两根冷却水管。

(2)冷却水管的布置。底拱冷却水管埋设在混凝土中部,通过 φ25 竖向架立钢筋支撑(间排距 1 m × 1 m)、水平架立筋固定(沿水管走向全程布置),冷却水管使用 φ25 PE 管,水平间距为 1 m,单根水管长度按不大于 150 m 控制,按照顺水流方向呈蛇形布置。

边顶拱冷却水管埋设从分缝线上升 24 cm 后开始铺设,将其布置在衬砌层厚的中部,通过 φ25 横向架立钢筋支撑(间排距 1 m × 1 m),水平架立筋固定(沿水管走向全程布置),固定型式为活动连接,确保在浇筑前将水管放置在内层钢筋处,防止影响混凝土入仓和进人振捣施工等。浇筑时将其移动到中部,以利通水冷却,冷却水管使用 φ25

(上接第 28 页)

隙垫木方,通过撑靴的支撑作用力实现调偏;③辅助调偏,两侧步进油缸调整伸长差以及后支腿偏斜方向一侧的支撑千斤顶等方式调偏。

(2)摩擦阻力大影响步进速度。经分析,摩擦阻力大是由多因素引起的,主要为:①受刀盘侧重力作用造成预埋滑轨变形而导致接触面混凝土摩擦力增加;②防偏、纠偏措施增加了步进阻力;③受后配套 1 - 5#台车影响。为实现步进要求,首先,在滑轨面焊接钢板以增加厚度,并在阻力较大的接触面涂抹润滑脂;其次,设置后配套拖拉油缸,主要方式为首先主机步进,后配套拖拉油缸伸出,后配套不动;而后,主机不动,后配套拖拉油缸收回,牵引后配套前行。该方案极大地解决了主

PE 管,水管间距为 1 m,按照顺水流方向呈蛇形布置。底拱冷却水管从与边顶拱分缝位置引出,边顶拱冷却水管从端头施工缝处引出。

3.4.3 预埋冷却水管通水冷却降温措施

建立健全温度控制管理体系。成立混凝土温控小组,负责混凝土温控措施的实施、做好各项温控记录、分析温控记录数据并调整温控措施参数(特别是通水冷却参数)、处理所遇到的各种特殊情况;实行混凝土温度控制及主要温控指标预警预控制度,严格仓面工艺设计和施工管理。

严格按照设计要求做好温控记录。温控记录派专人负责,做好出机口温度、浇筑温度、环境温度、常温水水温、通水水温、冷却水管出口水温、混凝土内部温度等各种温度记录,为温控分析提供及时、准确、详细的数据。

4 结 语

溪洛渡水电站右岸泄洪洞有压段混凝土施工方法得当,底拱采用刮轨工艺和翻模工艺,按照先底部、后两侧的顺序组织施工,边顶拱采用钢模台车施工,采取合理的温控措施,较好地解决了圆形断面混凝土裂缝问题,保证了混凝土浇筑体型,具有十分重要的实用价值。

作者简介:

林芳芳(1985-),女,安徽天长人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
成义娟(1985-),女,贵州遵义人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
秦 洋(1986-),男,湖北洪湖人,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

机与后配套步进阻力叠加的问题,收到了较好的效果。

5 结 语

该工程为小直径、近距离 TBM 步进,现场采用预埋滑轨 + 油缸推进的步进方案并结合步进过程中所遇到的问题进行了分析、处置,最终实现了 TBM 安全、快速、经济的步进施工,所取得的经验希望能为类似条件的 TBM 步进施工提供参考。

作者简介:

钟汶均(1978-),男,四川南充人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
吴 涛(1983-),男,四川成都人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
徐曼玲(1982-),女,天津市人,工程师,硕士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
熊永春(1986-),男,青海西宁人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)