

# 论新疆 TBM 掘进施工工艺及措施

张 伟

新疆额尔齐斯河投资开发(集团)有限公司 新疆乌鲁木齐 830000

**摘 要:** TBM隧洞掘进机在国内长引水隧洞工程中广泛应用。因其施工安全、高效、快速以及自动化程度高等优点,成为隧道施工的首选。其中敞开式TBM掘进机在水利工程施工中应最为广泛,以新疆某引水隧道为研究背景,表现TBM独特的开挖方式,为国内同类水利工程施工提供了参考。

**关键词:** TBM掘进; TBM掘进方向的控制

## On the construction technology and measures of Xinjiang TBM tunneling

Wei Zhang

(Xinjiang Erqisi River Investment and Development (Group) Co., LTD., Ulumuqi, Xinjiang 830000)

**Abstract:** The TBM tunnel boring machine has been widely used in domestic long-distance water diversion tunnel projects. With its advantages of safety, efficiency, speed, and high degree of automation, it has become the first choice for tunnel construction. Among them, the open-type TBM tunnel boring machine is the most widely used in water conservancy engineering construction. Taking a certain water diversion tunnel in Xinjiang as the research background, this paper shows the unique excavation method of TBM, providing a reference for similar domestic water conservancy engineering construction.

**Keywords:** TBM tunneling; Control of tunneling direction of TBM

### 一、TBM 掘进施工工艺特点

(1) 掘进速度快: TBM掘进机可连续作业掘进,同时完成掘进、出渣、初期支护等施工作业,一次成型,效率高,掘进速度快;

(2) 施工质量高: 为避免围岩爆破引起的扰动,掘进机采用机械破岩,有效减少了混凝土衬砌工程的成形量,洞壁完整光滑,超挖量小;

(4) 安全文明施工: TBM施工有效改善了工人的工作条件,减少了人工劳动,避免了爆破施工造成的人员伤亡,减少了事故;

(5) 环保施工: 既有效减少了长隧道斜井等附属设施,又减少了对环境的破坏,粉尘、碎渣、施工环境良好;

(6) 出渣能力强:TBM施工段采用连续带式输送机进行结渣,保证TBM开挖效率最大化;

(7) 高度系统化: 作为一个整体, TBM系统的所有子系统应同时运行并相互关联。任何链路故障或不协调都会导致整个系统的故障。

(8) 初期支护速度快: 同时开挖和初期支护,可有效减少围岩暴露时间,强调新奥隧道的施工原则;

(9) 制导精度高: TBM导向和实时监控采用国际知名的导向系统;及时/随时调整隧道方向,确保隧道轴线在允许偏差范围内;

(10) 高度智能化: TBM主机监控系统可通过可视化系统显示TBM开挖过程中的机械运行参数和运行状态,实现对TBM运行的实时监控并传输给地面管理部门;

(11) 对施工管理人员的高质量要求: TBM是电气工程、机械工程、地质工程和隧道施工的综合施工设备。为了高质量地完成施工任务,要求施工管理人员具备较高的施工管理技能和全面的施工管理知识。

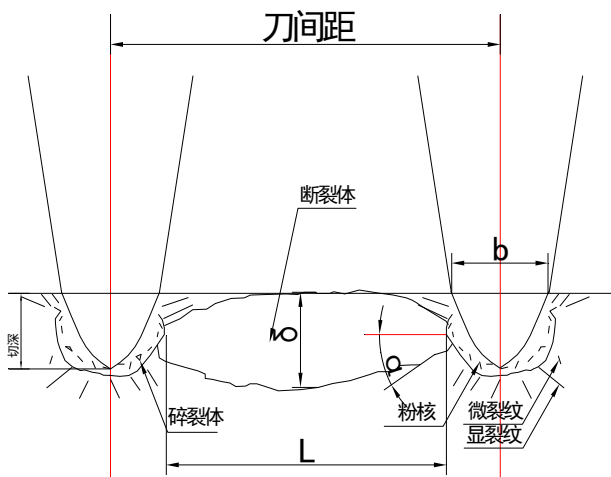


图1刀具破岩机理示意图

(3) 综合经济效益好: 超长隧洞施工速度快,工期短,经济效益和社会效益大大提高,运营后可持续降低运营维护成本;

### 二、TBM 掘进程序

### 2.1 TBM掘进施工工艺流程

敞开式TBM掘进施工工艺流程见下图2:

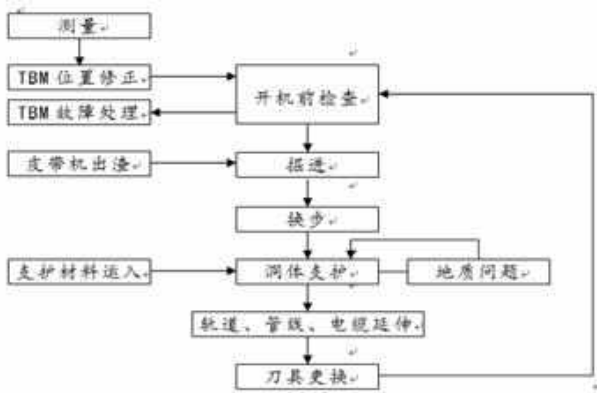


图2 敞开式TBM掘进施工工艺流程图

### 2.2 进工序流程

硬岩掘进工序流程见图3。

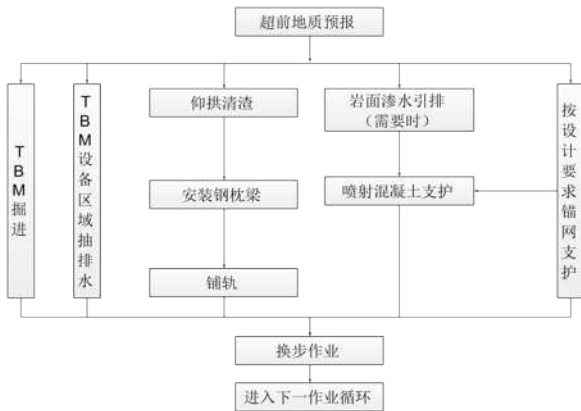


图3 硬岩掘进工序流程图

### 2.3 碎围岩掘进工序流程

软弱破碎围岩掘进工序流程见图4。

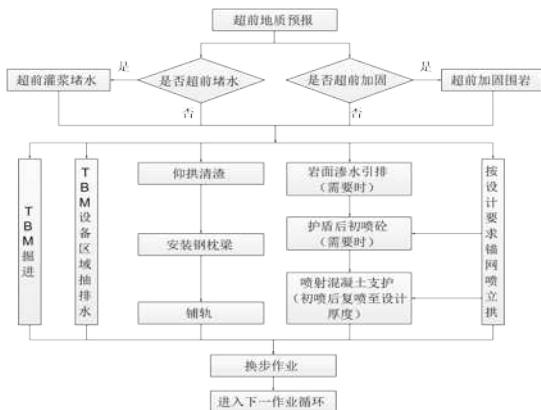


图4 软弱破碎围岩掘进工序流程图

## 三、TBM掘进参数选择

根据类似TBM施工经验并结合厂家设计提供参数，初拟不同围岩条件下其掘进参数如下表3.1

表1 不同岩石强度TBM掘进参数预估表

岩性	类别	岩石饱和抗压强度 MPa	掘进速度 mm/min
隧洞浅埋段及断层影响带、断层破碎带	V	<30	<40
石炭系上统喀喇额尔齐斯组 (C3k) 凝灰岩、凝灰质砂岩	IV、III	50~80	85~120

根据类似工程经验，在以下不同围岩类型中掘进参数选择如下:

#### 3.1 II类围岩

常以接近刀盘额定推力的推进速度推进在围岩节理不发育，整体性、稳定性较好地段。

#### 3.2 III类围岩

此类围岩稳定性和整体性都较好，适合TBM掘进机掘进。推进速度可选择范围较大，在最佳掘进速度段时，可选取掘进速度最快，刀具损耗最小的掘进方式。

#### 3.3 IV、V类围岩

IV类和V类在断裂带中很常见。断层破碎带中的物质主要为碎裂岩、断层泥和结构角砾岩、碎石和结构片岩等。这类围岩稳定性和完整性较差，常伴有大规模崩塌。为减少对岩体的破坏，通常使用低刀头速度：0~2r/min。同时，刀头的推进速度不应太高，以减少刀具损坏，并确保刀头对围岩的扰动较小。

## 四、TBM掘进作业

### 4.1 设备掘进作业循环

主要依靠由刀盘、机头架与大梁、支撑和推进装置组成的掘进系统，在TBM设备掘进时，正常作业循环步骤见下图5。

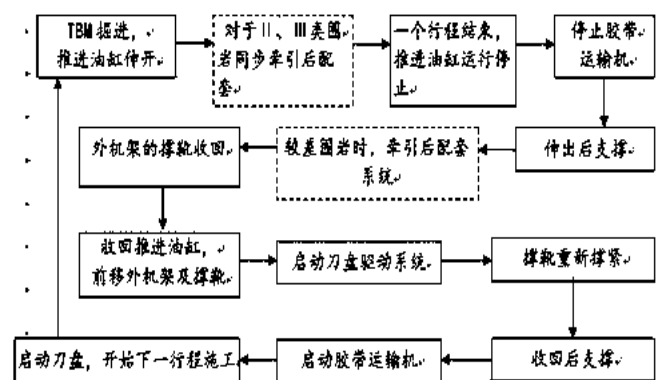


图5 TBM设备掘进作业循环步骤流程图

(1) 在操作开始时, 支撑单元位于工作单元的前面, 引导装置靠近墙壁。此时, TBM设备完全对齐, 后支架升起, 切割旋转, 液压缸伸出, 工作部件在一个冲程内向前移动;

(2) 驱动冲程终止, 步长准备更改。此时, 切割盘停止旋转, 支架延伸至孔底部, 以承受TBM装置后端的重力, 水平支撑油缸缩回;

(3) 推回油缸主支架, 驱动液压缸反向供油提供的支架可自由准备换步, 从而缩回活塞杆, 带动水平防尘罩和外框向前移动;

(4) 水平支护靴向外延伸, 然后接触围岩收紧, 从孔底提升支护, 并对准TBM设备;

(5) 返回(1), 启动刀头, 刀头再次旋转, TBM设备准备进入下一个循环。

#### 4.2 TBM设备的原理和步长变化

4.2.1 换步原理: 阶跃变化根据推油缸的行程进行。也就是说, 当推进油缸推动一个冲程时, TBM装置将打破岩石并驱动一个循环冲程, 每个冲程约为1.80m。在循环冲程之后立即执行阶跃变化操作。在循环结束时, 停止挖掘, 将刀头向后移动2~3cm, 降低主框架, 使其牢固, 并恢复水平引导。水平导向器向前移动一个循环距离, 然后根据导向系统提供的主框架位置参数调整TBM装置。调整完成后, 行李箱达到一定压力, 主机架恢复正常。匹配完成后, 拖动并向前移动一段距离以继续下一个挖掘周期。当工作支持系统辅助工作量较小时, 可根据具体情况同步主机移动和工作支持系统。

##### 4.2.2 换步措施

更换TBM设备时, 采取以下措施缩短更换时间:

(1) 应在行程结束时或行程开始前几分钟拉动后支撑系统, 或在具有良好围岩的地层中, 主机和后支撑系统应同时移动;

(2) 加强II、III类围岩支护施工效率, 力争一次性完成初期支护和铺轨任务, 减少辅助施工延误时间;

(3) 加强超前地质预报精度, 严格控制开挖施工方向, 缩短TBM设备方向调整时间;

(4) 在带式输送机启动过程中, 可同时启动刀头声光报警系统;

(5) 在步骤转换过程中, 操作员应严格履行职责。在尽可能缩短踏板更换时间的前提下, 操作员应严格遵守操作

程序, 以提高工作效率。一般来说, 在良好的地质条件和正常的激光制导系统下, 更换时间约为五分钟。

#### 4.3 正常运行施工

(1) 切割头后部的横向导向靴支撑在洞穴壁上, 并牢固地固定在洞穴壁的岩石表面上。同时, 侧支架的位置与楔块牢固锁定, 楔块推动传递到墙上的反作用力, 以锁定驱动器的水平方向。同时, 调整前支架以锁定垂直行驶方向(即斜坡)。

(2) 水平防尘罩定位后, 推动液压缸, 旋转工具头开始驱动。在驱动过程中, 刀头上的每个滚刀都会产生一个切削力, 使手掌面上的周围岩石破碎, 产生直径约10厘米的碎屑。

根据TBM设备“扭矩-速度”曲线的基本性能, 在不利地质条件下, 采用低速和高扭矩切割软岩。在高速低扭矩切削围岩的条件下, 硬质岩石具有较高的强度。如果头部卡住, 使用释放扭矩或头部反转。在施工过程中, 根据围岩的不同情况, 调整相应的施工参数。

(4) 工具的推力由推进缸提供, 推力反作用力传递给水平支撑靴, 水平支撑靴由水平支撑缸紧紧支撑在洞穴壁上, 推进筒的推力直接传递到洞壁。刀头驱动系统驱动刀具旋转。产生的反向扭矩通过水平支撑板从顶架、主梁和滑块、靴架和支撑臂传递到洞壁。

(5) 掘进结束, 初始支撑完成后, 将撑靴收回, TBM设备的重量由后支架支撑。TBM设备及其支撑系统通过收回牵引筒, 用撑靴重新支撑井壁, 向前移动到新的驱动位置。在前行程结束时, 挤压水平支撑液压油缸。此时TBM机组操作人员应调整TBM机组轴向, 通过激光定向锁定系统控制推力缸方向, 启动新的掘进行程。

## 五、结论

水利工程长隧道施工需要不断优化和提高TBM的性能, 以满足水利工程建设中各种工程的需要。TBM的发展趋势总结如下:一是TBM需要适应各种不利的地质条件。从发展趋势来看, 它将趋于两极化。不仅要设计出适合复杂地质条件的高成本、多功能掘进机, 而且要生产出适合简单地质条件的简单、廉价的掘进机。其次, 目前由于流量的需要, 水工隧道需要使用较大的断面, 预计未来TBM的发展将会更大。因此, 大直径TBM的设计、制造、部件运输和装配是技术发展的主要趋势。第三, 全自动TBM是未来的发展方向。第四, 随着计算机硬件和软件的快速发展, TBM计算机优化设计

与施工系统也是发展方向。第五,主要用于工业和民用管道建设的微型TBM正在迅速发展。

**参考文献:**

[1]任召臣,姚炜东,邱照辉.大断面岩巷快速掘进施工组织 and 工艺[J].技术与市场,2017,24(06)

[2]张照宇.复杂条件下煤巷分层掘进施工工艺探析[J].山东煤炭科技.2022,40(03)

[3]李欢.大断面煤层巷道掘进施工工艺优化[J].技术与市场.2017,24(06)

[4]刘东良.大断面岩巷快速掘进施工工艺研究[J].煤炭科技.2018,(02)

[5]张启.连续采煤工作面掘进施工工艺探讨[J].华北科技学院学报.2003,(01)