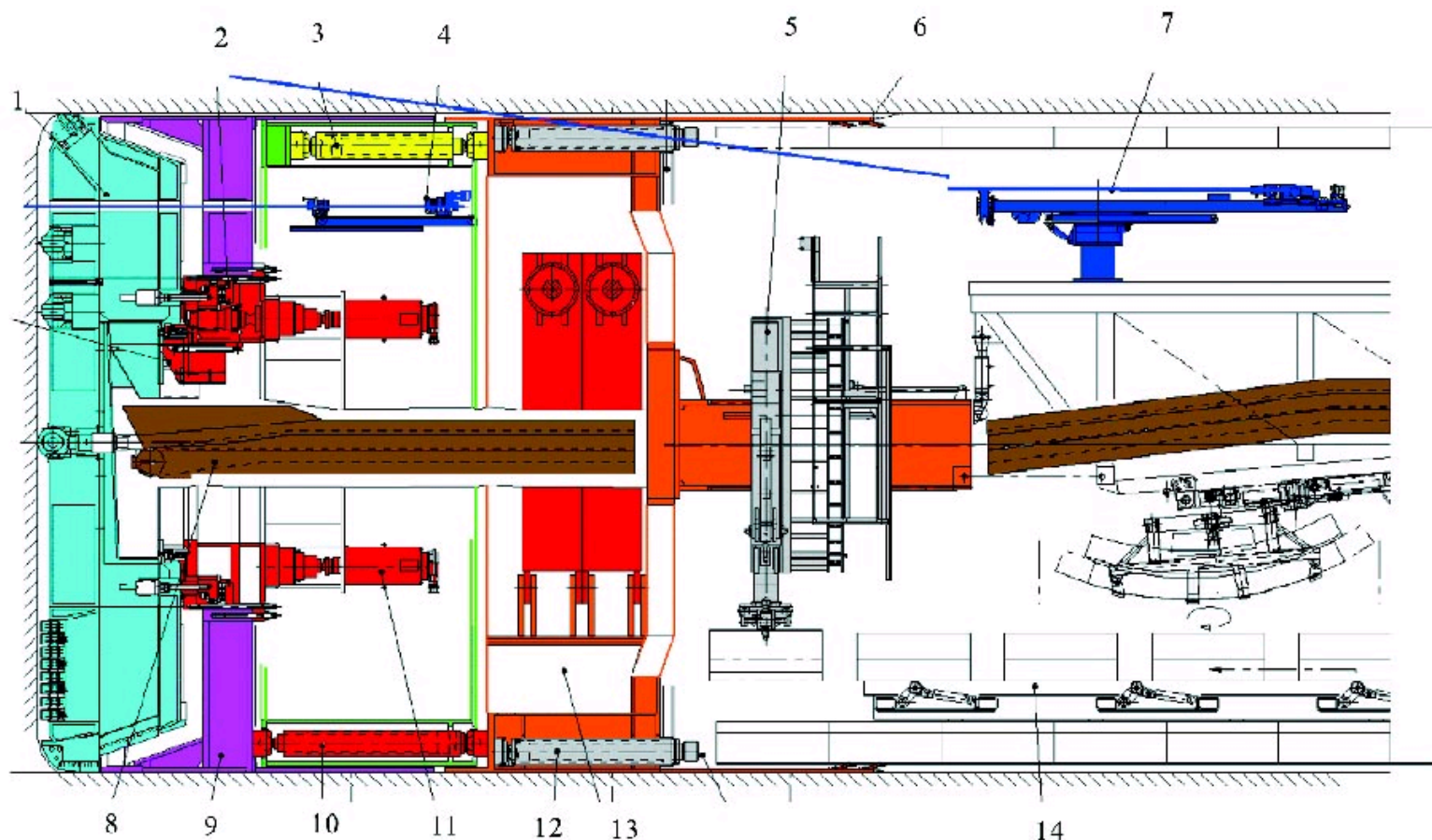


【2006年 第2期--施工技术】---青海引大济湟调水总干渠工程引水隧洞TBM——建筑机械杂志社

【查看评论】 点击数: 2082



1.刀盘 2.主轴承 3.主推进油缸 4. 多功能钻机 5.管片安装机 6.盾尾密封 7.超前钻机
8.皮带机 9.前盾 10.伸缩油缸 11.刀盘驱动 12. 辅助推进油缸 13.支承盾 14.管片输送机

图1 双护盾TBM结构示意图

表 1 双护盾 TBM 主要技术参数

开挖直径/mm	5930
刀盘驱动功率/kW	6 x 286=1716
刀盘转速/(r/min)	0 ~ 7.8
刀盘额定扭矩/kNm	4000(3.9 r/min)
脱困扭矩/kNm	5200
主推进系统总推力/kN	25000
辅助推进系统总推力/kN	34000
最大掘进速度/(mm/min)	100
支撑靴	最大支撑力45000kN; 最大对地压力4MPa
刀具数量	中心刀6把, 正滚刀41把, 边滚刀3把, 扩挖刀1把
总装机功率/kW	2810

施工技术 CONSTRUCTION TECHNOLOGY

青海引大济湟调水总干渠工程引水隧洞TBM
崔 原
(中铁隧道集团有限公司, 河南 洛阳 471009)

1 工程概况

引大济湟工程是青海省内引大通河水穿越大坂山补给水资源紧缺的湟水河的长距离调水工程, 由石头峡水库、调水总干渠、黑泉水库、湟水北干渠、西干渠等工程组成。
引水隧洞是调水总干渠工程中最关键的工程, 全长24.17km, 隧洞进口段3025m采用钻爆法施工; 出口段先采用钻爆法施工1200m, 然后采用TBM施工19.94km。TBM施工洞段采用预制钢筋混凝土管片衬砌, 每环6块, 管片外径5.7m, 内径5m, 宽1.5m, 采用错缝拼装。管片与围岩之间的空隙用豆砾石充填并进行豆砾石回填灌浆。
引水隧洞穿越的地质主要为: 泥岩夹砂岩、煤线及含碳泥砂岩、砂砾岩、泥质粉砂岩、碎裂岩及破碎层状岩、断层泥、泥岩、砂岩互层夹煤线、褶皱岩、侵入花岗闪长岩体、变质安山岩、片岩夹团块砂质结晶灰岩及薄层状厚度2~15m大理岩、破碎花岗片麻岩、石英岩、石英片麻岩、角闪石英片岩、花岗片麻岩等。岩石强度变化大, 最小饱和抗压强度为5MPa, 最大饱和抗压强度为160MPa。隧洞中存在断层及破碎影响带、高水压富水地段、煤气瓦斯地层、高地应力、硬岩岩爆、软岩塑性变形等不良地质。

2 TBM类型的选择

2.1 TBM类型的选择

TBM根据支护形式分为敞开式、双护盾式、单护盾式等三种类型。敞开式常用于硬岩施工; 单护盾式常用于软岩及破碎围岩等不稳定地层施工; 而双护盾TBM则既可用于硬岩, 又可用于软岩, 尤其能安全穿过断层破碎地带。
TBM选型应从安全性、可靠性、经济性等方面综合考虑, 所选择的机型应适应工程地质及水文地质条件。本工程岩性复杂, 岩石强度变化大, 且隧洞中存在断层及破碎影响带等上述不良地质, 因此适宜使用双护盾TBM施工。施工中使用了1台德国维尔特公司制造的(? .93m双护盾TBM), 其结构如图1所示, 主要技术参数见表1。

2.2 双护盾TBM的工作原理

双护盾TBM, 又称伸缩护盾式TBM, 具有两种掘进模式。
(1) 双护盾掘进模式。在围岩稳定性较好的地层中掘进时, 位于后护盾的撑靴紧撑在洞壁上, 为刀盘掘进提供反力, 在主推进油缸的作用下, 使TBM向前推进。TBM作业循环为: 掘进与安装管片→撑靴收回换步→再支撑→再掘进与安装管片, 见图2。双护盾掘进模式适用于稳定性较好的硬岩地层, 在此模式下, 掘进与安装管片同时进行, 施工速度快。
(2) 单护盾掘进模式。单护盾掘进模式适应于不稳定及不良地质地段。在软弱围岩地层中掘进时, 洞壁不能提供足够的支撑反力。这时, 不再使用支撑靴与主推进系统, 伸缩护盾处于收缩位置, 双护盾TBM相当于1台简单的盾构。刀盘的推力由辅助推进油缸支撑在管片上提供, 掘进与管片安装不能同步。作业循环为: 掘进→辅助油缸回收→安装管片→再掘进。

3 对双护盾TBM的设计要求

3.1 刀盘对地质的适应性

引水隧洞穿越地质条件复杂、围岩强度变化大, 要求刀盘设计和刀具配置既能适应硬岩掘进, 又能适应软岩掘进, 且刀盘和刀具应具有高的耐磨性能, 以减少刀具更换频次, 实现连续快速掘进。
(1) 刀盘设计成顺时针方向旋转时进行开挖, 反转时遇到破碎地层或不稳定地层, 为了使刀盘脱困所用。刀盘装有背装式盘型滚刀, 可在刀盘的保护下进行更换。内凹式刀座和刀盘作成一体, 使得滚刀刀圈只有一小部分超前刀盘表面, 以防止在破碎地层中大块的岩石卡住刀盘。
(2) 刀盘采用封闭式设计, 能有效地支撑掌子面, 有利于防止在围岩稳定性较差的地层出现围岩大面积坍塌, 为作业人员在刀盘内检查、更换刀具提供了安全保障。刀盘设计有1个人孔, 作业人员可通过人孔进入掌子面, 排除障碍物。

- (3) 刀盘上设计有用于喷水降尘的喷嘴。高压水通过刀盘中心的旋转接头和预设管路进入喷嘴，通过喷嘴喷出形成水雾对刀具降温，并对刀盘的切削过程进行降温。
- (4) 采用偏心刀盘设计，刀盘轴线偏离TBM轴线20mm布置，以增大上部开挖尺寸，有利于在断层或断裂带及软岩塑性变形地段的掘进，但底拱不宜超挖，以防止TBM低头。同时在软岩塑性变形地段，还可使用扩挖刀增大开挖直径，以防TBM被卡。
- (5) 设计有刀盘提升装置，提升量为35mm，刀盘的提升通过提升油缸实现。可以在软岩塑性变形地段或有膨胀岩存在时进一步扩大开挖直径。
- (6) 刮板和铲斗沿刀盘外围均布，用来把岩碴从隧洞底部移至顶部，然后沿着溜碴槽到达主机皮带机上方的溜碴槽。铲斗开口和刮板朝刀盘中央扩展少许长度，以使大量岩碴在落至隧洞底部之前能进入刀盘，这样可减少围岩的二次破碎，从而避免刀具的非正常损坏。刮板上用螺栓固定了耐磨钢板，在需要时可以更换。
- (7) 在刀盘外围后部设置耐磨层，刀盘面板焊接耐磨格条，增强刀盘在硬岩掘进时的耐磨性能。
- (8) 配置的盘型滚刀可有效地破碎最大抗压强度为300MPa的岩石，具有良好的耐磨性能。采用了刀具磨损自动检测技术，能自动监控刀具磨损程度，避免因刀具超量磨损而损坏刀盘。
- (9) 刀盘设置10个直径为110mm的预留孔，其中8个在周边，2个在刀盘中心。多功能钻机可以通过预留孔在掌子面钻孔并进行注浆加固地层。
- (10) 在出碴漏斗上方设计一个液压操控闸门，一旦出现涌水时，可朝皮带机方向关闭出闸漏斗，以避免涌水流入隧道。

3.2 刀盘驱动方式的选择

变频驱动具有可靠性高、传动效率高、能耗少、针对不同的围岩具有良好的调速性能和破岩能力等优点，因此刀盘驱动选用变频电机驱动方式。

在硬岩区，地质稳定、均匀的地层采用高转速，以获得较高的掘进速度；在软岩区，地质不均、不稳定地层采用低转速，以获得较高的扭矩，同时可以更好地保护刀具，保持掘进的连续性。

3.3 良好的操作性

主司机在主控室内可以完成TBM掘进的泵站启动、推进、调向、换步、刀盘转动、油脂的注入控制等主要操作和参数控制。管片安装机的操作采用无线遥控方式，豆砾石回填和水泥浆注入过程的操作和参数控制全部在一个操作面板上完成，其过程由PLC自动控制。

3.4 长距离掘进的适应性

TBM连续掘进距离长达19.965km，其具有以下特点以满足长距离掘进的要求：

- (1) TBM关键部件的设计寿命。主轴承和主驱动组件的设计寿命都大于15000h，可连续掘进20km以上，能满足本工程的需要。
- (2) 技术先进性。TBM采用了变频控制技术、电液控制技术及激光导向技术，由PLC可编程控制器直接控制。同时，还可通过网络进行远程监控。TBM的数据采集系统可记录TBM操作全过程的所有参数。
- (3) 故障信息采集功能。TBM具有故障自动诊断和显示功能，能保证在最短的时间内排除故障，为连续快速掘进创造了条件。
- (4) 精确的方向控制能力。TBM主推进油缸和辅助推进油缸均分为4组，能分区域单独控制，使TBM具有良好的转向和纠偏性能。装备的PPS导向系统能精确反映TBM主机的方位和姿态，使主司机能精确地控制TBM的掘进方向。

3.5 不良地质地段的适应性

3.5.1 富水地段掘进的适应性

引水隧洞穿过多个水文地质单元和含水层，隧洞涌水量较大，最大涌水量为3.84m³/s，正常涌水量约1.23m³/s。TBM具有以下特点以保证涌水及高水压地段施工的顺利进行：

- (1) 地质预报。涌水预报采用红外探测为主、超前地质钻探为辅的综合超前地质预报方法。TBM配置1台可360°范围内工作的液压驱动超前钻机，用于超前地质预报工作。
- (2) 堵、排结合防水。TBM主机区域配置2台大流量(100m³/h)潜水泵，将水抽至位于TBM后配套台车上的污水箱内，后配套布置2台流量为200m³/h水泵，其中1台备用，分别与回水管和污水箱连接，紧急情况下可用作排水使用。同时TBM配置超前钻机，可以利用超前钻机钻孔，利用注浆设备进行超前地层加固堵水。

3.5.2 断层破碎带掘进的适应性

断层破碎带是隧洞围岩失稳和出现地质灾害的突出地段，容易引起塌方和大量涌水，甚至突发性涌水，因此TBM对断层破碎带的掘进适应性尤为重要。

- (1) 单护盾掘进模式。TBM具有双护盾和单护盾模式掘进功能，在断层破碎带掘进时，TBM采用单护盾模式掘进，保障施工安全。
- (2) 超前地层加固。利用超前地质预报系统对断层破碎带进行超前地质预报，利用红外探水仪和TBM配置的超前钻机探水，利用TBM配置的超前钻机和注浆设备对地层进行超前加固。

3.5.3 岩爆地段掘进的适应性

引水隧洞最大埋深1028m，平均埋深约480m，埋深大于600m的隧洞长约10km，埋深大于900m隧洞长2.7km，为深埋长隧洞，局部存在岩爆。TBM掘进后的掌子面较圆顺，不易发生应力集中。在刀盘上设计喷水装置，喷水对掌子面岩石起到软化的作用。在预测的地应力高、易发生岩爆地段，利用TBM配置的超前钻机钻孔，在钻孔中注水湿化岩石，通过喷水对掌子面岩石起到软化作用，提前将应力释放。同时，通过管片安装、豆砾石回填和水泥浆灌注，使TBM快速支护并通过岩爆地段。

3.5.4 在软岩塑性变形地段掘进的适应性

在隧洞埋深较大、地质软弱、地应力较大的岩层中，易发生围岩塑性变形，TBM具有以下特点：

- (1) 刀盘偏心20mm布置，同时刀盘设置扩挖刀，能增大TBM开挖直径，为TBM在围岩变形量小的情况下快速通过围岩变形地段预留了变形量。
- (2) 在围岩变形量大时，可利用TBM配置的超前钻机和注浆设备加固地层。

3.5.5 易塌方地段掘进的适应性

引水隧洞将穿越易塌方地段，TBM采用以下设计：

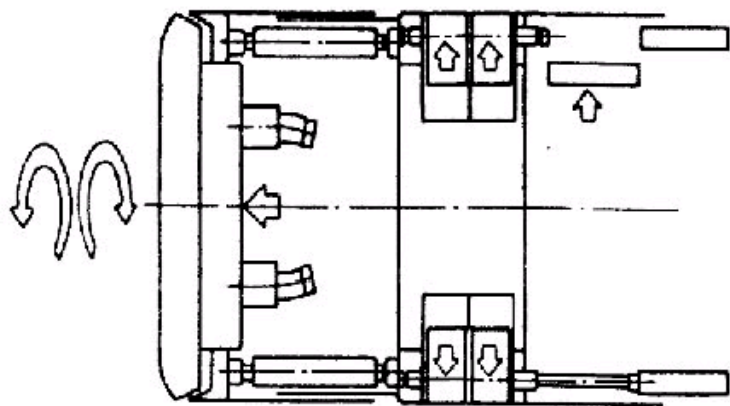
- (1) 采用封闭式刀盘有效地支撑掌子面，防止围岩发生大面积坍塌。
- (2) 高强度的结构设计和足够的推力及扭矩储备能保证TBM不易被坍塌的围岩损坏或卡住。
- (3) 撑靴压力能根据地质条件调整，以免支撑力过大而破坏洞壁岩石。

3.5.6 瓦斯地层掘进的适应性

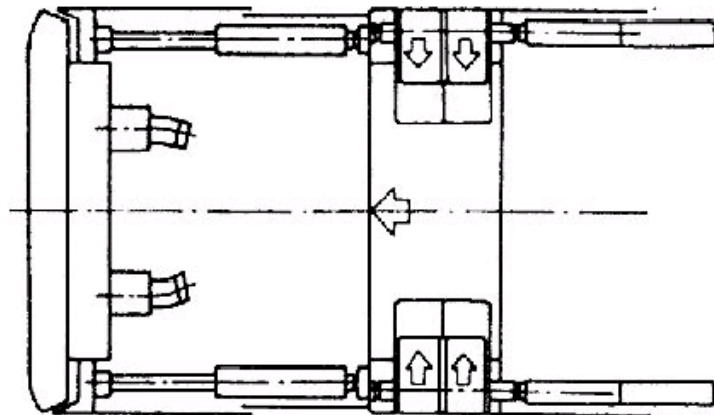
引水隧洞将穿越瓦斯地层，TBM采用以下设计：

- (1) 超前探测及卸压。TBM配置地质预报仪和超前钻机，能根据需要对可能的瓦斯聚集煤层采用超前钻探检验其浓度，并对聚集的瓦斯采取打孔卸压的方法卸压并稀释。
- (2) 瓦斯监测系统。TBM配置瓦斯监测系统，监测器采集的数据与TBM数据采集系统相连，并输入PLC控制系统。当瓦斯浓度达到一级警报临界值时，瓦斯警报器发出警报；当瓦斯浓度达到二级警报临界值时，TBM自动停止工作，并启动防爆应急设备，通过通风机对瓦斯气体进行稀释。

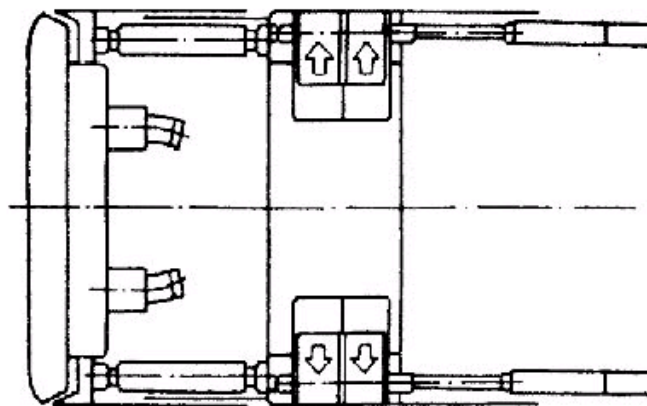
21世纪是隧道与地下工程的世纪。中国地域广阔，隧道及地下工程建设正处于蓬勃发展时期。TBM作为特长隧道的大型专用机械，其选型正确与否，无论是对于TBM施工的技术水平，还是对于TBM施工的成本和效益，均起着举足轻重的关键作用。



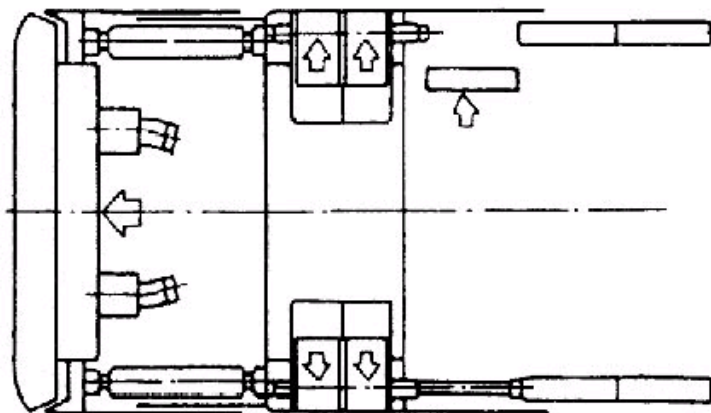
a 掘进与安装管片



b 撑靴收回换步



c 再支撑



d 再掘进与安装管片

图 2 双护盾掘进模式

[【查看评论】](#)

选择期刊 年 期 选择内容

搜 索

施工技术--其它相关内容

-  [钢结构五连跨桁架吊装技术\(上\)](#) (建筑机械杂志社) (2006年 第3期)
-  [钢结构五连跨桁架吊装技术\(下\)](#) (建筑机械杂志社) (2006年 第3期)
-  [旋挖工法在民用建筑桩施工中的应用——建筑机械杂志社](#) (2006年 第1期)
-  [南水北调中线一期穿黄工程盾构选型——建筑机械杂志社](#) (2005年 第12期)
-  [建筑机械刮起绿色风](#) (建筑机械杂志社) (2005年 第8期)
-  [非开挖可控冲击矛的技术现状](#) (2005年 第5期)
-  [路面摊铺与石屑撒布一体化施工工艺](#) (2005年 第4期)
-  [Super Top 工法登陆上海](#) (2005年 第1期)
-  [走进武汉天兴洲大桥](#) (2004年 第12期)
-  [铲运机土方运输施工分析——访郑州宇通重工总工程师徐永庭](#) (2004年 第12期)
-  [热沥青混合料在施工过程中的不均匀性及其质量控制](#) (2004年 第11期)
-  [热沥青混合料在施工过程中的不均匀性及其质量控制](#) (2004年 第10期)

