

# TBM 在超长隧洞工程施工中的转场

姚志国, 杜士斌, 揣连成 (辽宁水利土木工程咨询有限公司, 辽宁沈阳110003)

**摘要** 在没有国内外直接经验可以借鉴的情况下, 大伙房水库输水工程3台TBM先后成功转场。实践表明, 前一阶段施工段的高精度贯通及其在正常施工中设备性能测试数据的采集、转场方案的编制, 特别是TBM设备检修计划的编制及严格执行是实现TBM顺利转场的基础和重要保证。

**关键词** 大伙房水库输水工程; TBM; 转场; TBM设备检修; 超长隧洞工程

中图分类号 TV62 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)19-05984-02

## Redeployment of TBM in Construction of Ultra Long Tunnel

YAO Zhi-guo et al (Liaoning Water Conservancy and Civil Engineering Consultative Limited Corporation, Shenyang, Liaoning 110003)

**Abstract** Under the condition of no direct practice at home and abroad, the ultra long tunnel project carried on three TBM redeployments successively. The TBM redeployment practice indicated that the perforation with high precision in the former working section, the collection of performance test data and the establishment of redeployment scheme, especially the establishment and the strict enforcement of TBM equipment maintenance plan were the base and the guarantee of the realization of TBM redeployment successfully.

**Key words** Water distribution engineering of Dahufang reservoir; TBM; Tunneling; TBM equipment overhaul; Ultra long tunnel project

在超长隧洞工程中, 采用TBM施工的优越性非常明显。近年来, 采用TBM施工的隧洞工程越来越多。大伙房水库输水工程隧洞长达85.3 km, 开挖洞径8.0 m, 其中长达60 km的洞段同时采用3台TBM进行施工<sup>[1]</sup>。经多方研究论证, 该工程TBM单机掘进长度按20 km左右控制<sup>[2]</sup>。由于受到TBM设备本身各系统及其部件的使用寿命、效率变化以及出渣、通风、供电、供水等条件的制约, TBM单机连续完成20 km的掘进非常困难。实践证明在各TBM施工段设置中间施工支洞是最好的解决措施<sup>[3]</sup>。TBM完成一段掘进施工后进行转场、综合检修, 确保TBM及其施工辅助系统连续高效地完成下一段施工任务。国外TBM施工采用该方式的并不多见, 国内也属首次。目前, 大伙房水库输水工程3台TBM承担的3个施工标段均已先后成功地完成一次转场。至此, 3台TBM均已全部完成从“组装 调试 试掘进 正常掘进 转场 再掘进”的完整循环, 标志着TBM施工技术在大伙房水库输水工程建设中的应用已进入成熟阶段。

## 1 转场工作的内容

在超长隧洞工程TBM施工段中间, 设置施工支洞的主要目的在于便于进行TBM检修, 确保单机掘进长度, 缩短供电、通风、出渣距离, 节省投资, 已完掘进段可先行二次模筑混凝土衬砌。这样既可保证施工质量, 又可缩短工期<sup>[3]</sup>。设置中间施工支洞, 导致TBM在施工过程中的转场问题。

在超长隧洞工程施工中, TBM设备及各施工系统在完成前一施工段掘进及支护工作后, 转移至下一工作面, 谓之TBM转场; 从前一施工段贯通开始至下一段开始掘进, 这段时间称之为转场期; 转场前的准备工作和转场期间的所有工作, 均称为转场工作。转场的设施除TBM主机、辅助设备及后配套系统外, 还包括连续皮带机系统、支洞及转渣皮带机系统、高压供电系统、通风除尘系统、材料人员运输系统、供排水系统等。转场工作主要内容有TBM步进、检修、调试, 辅助系统设备的拆卸、运输、检修、安装、调试、TBM及其他各系统的空载运行调试等。其中, TBM主机设备, 尤其是主轴承

的检修, 是整个转场工作的关键。此外, 转场前的土建工程和基础设施准备、技术准备、人员组织和材料设备准备, 尽管不占转场直线工期, 但对各项转场工作能否顺利进行的影 响至关重要。TBM转场工作主要内容及过程见图1。

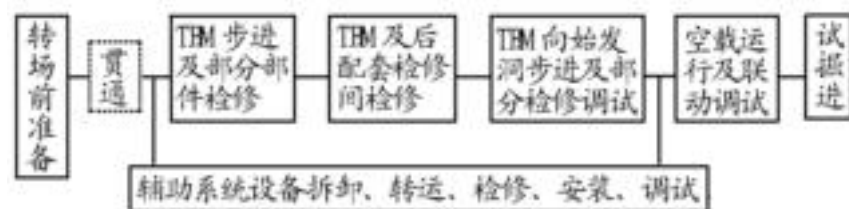


图1 TBM转场工作程序

## 2 转场前的准备工作

TBM转场是一个系统工程。转场前准备工作的关键是要做好TBM转场方案的施工组织设计。转场方案主要包括场区和洞室布置、土建工程和基础设施建设、部件检修区域划分、详细编制设备检修计划、关键部件磨损程度和寿命的评估、拆卸运输及存放组装计划的编制、转场的组织机构及人员培训、检修机器具和材料的物资准备、质量和安全保障措施等。比较而言, TBM转场的工作量及其繁杂的程度不亚于TBM的洞内组装。因此, 编制好转场方案, 是顺利实现TBM转场的重要保证。

**2.1 场区和洞室布置** 转场前该支洞的场区布置只要能够满足施工即可。转场后该支洞场区即成为TBM工区。因此, 必须按照满足TBM施工功能需要, 对场区进行改建或扩建。为满足TBM施工及转场检修需要, 在贯通部位主洞内设置具有各自功能的扩大洞室(图2)。



图2 TBM转场主洞布置示意

**2.1.1 TBM检修间。** 专供TBM主机和大件拆卸、检修、安装所用。TBM检修间除要考虑TBM检修必须的空间外, 还要考虑下一段掘进施工的物料转运以及连续皮带机主驱动、排水设施等的布置。在TBM转场中, 是否要设置TBM检修间, 可根据TBM运行、检测、评估情况而定。

**2.1.2 TBM 步进通过段。**TBM 步进通过段布置在检修间的上、下游侧。设置该段的目的是：供主机步进通过；为其他设备、系统提供检修场地；考虑物料的存放空间以及拌和系统、机车停放、检修、充电、配电设备、积水池等的布置。若采用投料竖井供料，则还应考虑储料、转运空间。

**2.1.3 TBM 始发洞。**始发洞是在TBM完成现场组装或在转场完成检修后，使其具备正常掘进条件而设置的。这些条件主要是通过撑靴撑紧洞壁，为TBM掘进提供足够的推力和扭矩，同时为TBM的姿态和方位控制提供满足掘进要求的初始条件。

**2.1.4 TBM 贯通接应段。**该段是专门为接应前一段TBM掘进贯通而设计的。根据TBM贯通前的测量控制成果，估算贯通误差，确定该段的扩挖尺寸(该工程按扩挖10 cm设计)。

**2.2 土建工程和基础设施建设** 在转场工作开始前，应完成下列土建工程和基础设施建设：支洞钻爆开挖、支护及底板混凝土施工，主洞钻爆开挖、支护、底板混凝土硬化及TBM步进轨道铺设，主洞检修间侧墙混凝土施工及桥式起重机轨道铺设，始发洞撑靴部位混凝土衬砌，贯通接应段扩挖及其底板处理；洞内附属设施桥式起重机安装、供排水系统、供配电工程、污水沉淀池、连续皮带机及其附属设备安装洞室及预埋件的施工、转渣皮带架基础及结构安装、洞顶起吊锚杆的预设等；洞外配电设施的安装、转渣皮带机及通风机基础施工；支洞运输轨道的铺设，风、水、电管线的架设、照明及支洞皮带机支架的安装等。

**2.3 检修区域划分** 鉴于TBM设备庞大，配套系统庞杂，洞内场地狭小，转场检修必须根据部件所在部位、重量、存放所需空间及转场进度安排，充分利用原洞内扩大洞室、转场洞内扩大洞室及洞外车间，分区进行。对于特重部件的拆卸和安装，如水平支撑关节轴承更换、撑靴稳定油缸更换、鞍架检修、主轴承及密封检查、主驱动拆卸重量大、起吊困难部件的检修，均安排在检修间内进行。对于能够通过导链拆装的主机各系统及辅助设备，可安排在始发洞内检修。在步进过程中，可进行导向、监视、瓦斯检测及除尘系统检修。连续皮带机、步进机构、电瓶机车等可在原主机安装间检修。凡拆安运输方便或暂不进洞的部件或设备，尽可能地安排在洞外车间检修。

**2.4 详细编制设备检修计划** 在具备TBM现场组装和施工运行经验的基础上，贯通前对TBM各部位进行系统检查并进行功能测试。据此，详细编制设备检修计划。设备检修计划应按系统编制；每个系统按部件编制；每个部件应列出其检修内容，包括拆卸、检修、安装、测试的工艺技术要求 and 更换的标准；对关键部件的检修，要指明工序要点，提出安全保证措施、质量保证措施及注意事项；对电、液、机等专业性强的液压系统、润滑系统、电器设备和特种螺栓紧固等专门提出特殊的要求。

迄今为止，尚无TBM转场的直接经验可以借鉴。为此，该工程的3台TBM在转场前，均成立了转场工作的组织机构，配备了专业和工作人员，进行了转场方案的培训、TBM步进技术培训、连续皮带机拆机技术培训以及TBM主机、辅助设备、皮带机设备及电气设备的检修维护技术培训。详细编

制并严格按照TBM转场方案和设备检修计划执行，是实现TBM顺利转场的基础。

### 3 关于主轴承和密封组件的检修

TBM主机的关键部件是主轴承。从理论上讲，所谓TBM的寿命，指主轴承的运转小时数。鉴于在掘进途中更换主轴承相当困难，其概率也极低，因此TBM设计基本不考虑掘进中途更换主轴承。目前，仅有1台TBM在掘进过程中更换过主轴承。确保TBM掘进长度内不更换主轴承的原则是严格执行维修保养制度，掌握齿轮油的维护标准，适时更换齿轮油。在掘进期间，应注意刀盘的磨损和疲劳损坏<sup>[1]</sup>。

主轴承及其滚道、保持架、大齿圈与小齿轮轴等部件，通过内外唇型密封严密，可有效防止润滑油外泄及外部粉尘颗粒进入。而轴承部件的磨损或损伤，则可通过前一阶段掘进运行期间按规定进行的油样分析、振动分析、镜检观察、轴向间隙测量等，对主轴承的运行状况及其机械磨损或损伤情况作出可靠的判断。

鉴于主轴承的重要性，在转场检修期间是否需要对其进行拆卸检修，既是一个关系重大、又是一个难以作出而又必须作出的决策。经过现场国内外专家及制造厂商对上述信息资料的综合分析和评估，对该工程2台TBM的主轴承作出不进行拆卸检修的决策。对其组件只进行以下项目的检查：

检查外密封组件，若需要则更换；检查外耐磨板，若需要则更换；检查内密封组件，若需要则更换；检查内耐磨板，若需要则更换；检查刀盘螺栓紧固情况及齿圈磨损状况。有一台TBM在首段掘进过程中发现异常。油样检测分析表明，主轴承故障严重，决定在转场期间对其进行拆卸检查。检查发现，轴承滚柱、滑道、保持架、齿轮齿、密封等均受到严重磨损，无法继续使用。为此，决定更换主轴承及密封组件。由此说明，在超长隧洞工程TBM施工段设置中间施工支洞的必要性。

### 4 顺利转场的前提

在TBM掘进贯通前，要高度重视测量控制工作。超长隧洞贯通控制测量是一个系统工程。为了实现高精度的贯通，在TBM施工中建立、完善了高精度的测量控制体系。即，大区域施工平面控制网采用GPS技术测设，精确可靠；洞内采用大边长、多测回的双向闭合导线控制，确保TBM激光导向系统的工作条件和环境；严密监控，及时、正确地进行掘进方向和TBM姿态调整；严格实行承包商、监理工程师和业主聘用专业机构的“三级测量控制复核制”<sup>[4]</sup>。3台TBM已分别于2005年12月26日、2006年9月9日和2006年12月20日实现了高精度的贯通。表1表明，贯通接应段扩大洞室按

表1 TBM贯通精度

贯通点	相向贯通 长度 km	误差名称	允许误差	实际误差
			mm	mm
TBM(10 <sup>#</sup> - 11 <sup>#</sup> )	13.8	横向	±320	70
		纵向	±320	20
		竖向	±125	30
TBM(15 <sup>#</sup> - 14 <sup>#</sup> )	10.3	横向	±250	58
		纵向	±250	33
		竖向	±100	17
TBM(出口- 16 <sup>#</sup> )	9.5	横向	±250	28
		纵向	±250	20
		竖向	±100	11

(上接第5985页)

扩挖10 cm设计是合适的。TBM掘进高精度的贯通,是确保顺利进行TBM转场的前提。

## 5 结语

TBM转场是个系统工程。在没有国内外直接经验可以借鉴的情况下,该工程先后成功、顺利地进行了3台TBM的转场。TBM转场的实践表明: TBM掘进高精度的贯通,是确保顺利进行TBM转场的前提; 编制好详细的转场方案,是确保顺利实现TBM转场的重要保证; 详细编制并严格执行设备检修计划,是确保TBM正常运行的基础; 在TBM转场期间,必须根据正常掘进期间TBM工况和检测成果作出主轴承要否进行拆卸检修的决策; 该工程TBM

转场检修的实践,证明了在超长隧洞工程TBM施工段设置中间施工支洞的必要性。

目前,3台TBM均已全部完成从“组装 调试 试掘进 正常掘进 转场 再掘进”的完整循环,标志着TBM施工技术在大伙房水库输水工程建设中的应用已进入成熟阶段。

## 参考文献

- [1] 魏永庆,杜士斌. 大断面超长输水隧洞的施工特点[J]. 水利水电技术,2006(3):8-11.
- [2] 卜丽华,杜业彦,杜士斌. 超长隧洞TBM单机掘进长度的确定[J]. 水利建设与管理,2005(3):25-26.
- [3] 姚志国,杜士斌. 超长隧洞TBM施工段设置中间施工支洞的必要性[J]. 水利水电技术,2006(4):30-31.
- [4] 杜士斌,王世霏,李强. 超长隧洞TBM施工贯通测量控制措施[J]. 辽宁测绘,2006(2):43-45.