

关于特长隧道 TBM 掘进施工技术研究

张 伟

额尔齐斯河投资开发（集团）有限公司 830000

摘 要：新时期下，城市化进程的加速和交通需求的增长，越来越多的特长隧道项目被提上日程。然而，由于特长隧道的复杂性和风险性，传统手工掘进方法已经无法满足工程建设需求，因此特长隧道 TBM 掘进施工技术的研究显得尤为重要。

鉴于此，结合特长隧道的施工特点，在对 TBM 掘进施工技术优点掌握的基础上，深入分析该技术的具体应用。

关键词：特长隧道；TBM 掘进施工技术；应用

特长隧道 TBM 掘进施工技术是一种以机械设备为主导的隧道掘进方法，通过使用隧道掘进机（TBM）进行连续掘进，可以提高施工效率和质量。特长隧道 TBM 掘进施工技术在国内外已经得到广泛应用，取得了显著成果。但在技术应用期间，因为特长隧道复杂，而 TBM 掘进施工技术在应对地质条件复杂、设备性能限制等存在薄弱性。对此，应该对 TBM 掘进施工技术深入分析与研究，加大技术优化和创新力度。

一、特长隧道施工特点

特长隧道施工条件复杂，施工难度大，周期长，对施工技术有较高要求，具体分析如下：

(1) 技术要求高。与普通的隧道施工相比，特长隧道长度通常超过 5 公里，因此对施工技术要求较高^[1]。在施工中，需要利用先进的技术和设备，诸如使用先进的掘进机械、激光测量技术、无人机等，确保施工的精度和效率。

(2) 复杂的地质条件。特长隧道施工通常穿越各种地质条件，包括岩层、软土、断层等^[2]。因此，施工团队要根据具体地质情况，采取合适的施工方法和安全措施，提升地质灾害等风险应对能力。

(3) 施工周期长。由于特长隧道的长度较长，因此需要花费大量的时间建设^[3]。在施工期间，施工团队应具备良好的耐心和持久力，始终保持高效率的施工进度，及时解决施工过程中遇到的问题。

(4) 施工规模大。特长隧道施工需要大规模的人员和设备协同作业。因此，在施工阶段，施工人员要严格遵循施工准则与流程，确保施工过程的协调性和安全性。

二、特长隧道 TBM 掘进施工技术应用优势

TBM 是全断面隧道掘进机的简称，指的是将包括岩体的地质作为对象，装有撑靴，依靠撑靴获得掘进反力。该技术是一种高效、安全的隧道建设方法，优点主要体现在高效快速、安全可靠、适应性强和环保节能等方面。将 TBM 掘进施工技术应用在隧道建设，尤其是特长隧道施工中，不仅可以提高工程质量和效率，也能城市交通等基础设施建设提供可靠支持。

(1) 高效快速。TBM 作为一种机械化施工设备，可以同时掘进、支护和排水等工作，有助于了施工效率和质量的提升。与传统的爆破法相比，将 TBM 应用在特长隧道施工中，可以每天掘进几十米，甚至上百米，有利于施工工期的缩短。

(2) 安全可靠。TBM 掘进过程中，施工人员可以在隧道外部操作，避免直接接触潜在危险的工作环境，整个施工过程的安全性高^[4]。同时，TBM 还能实现土层支护的自动化，减少人为错误造成的事故风险，提升了特长隧道施工的可靠性，具体如图 1 所示为刀具破岩机理示意图。

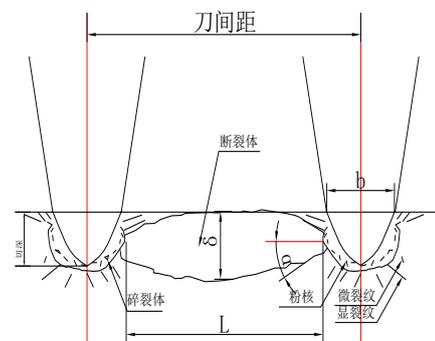


图 1 刀具破岩机理示意图

(3) 适应性强。TBM 可以应用于各种地质条件下的隧道施工, 包括软土、硬岩、砂砾等不同地层, 能够自动调整掘进速度和刀盘的转速, 以适应不同地质环境, 提升隧道施工的适应性和灵活性。

(4) 环保节能。在特长隧道施工期间, 加强对 TBM 的应用, 在掘进过程中, 不会因为爆破产生振动和噪音, 对周围环境的影响较小^[5]。此外, TBM 也可以减少土方开挖和运输的需求, 降低能源的消耗和空气污染。与传统爆破方式相比, TBM 的环保节能优点显著。

三、特长隧道 TBM 掘进施工技术的应用

1. 前期准备

在特长隧道施工过程中, TBM 是一种较为可行且先进的隧道施工方法, 可以提高施工效率。在对该技术应用之前, 应该将前期准备工作做好, 确保后续工作能顺利进行。在施工前, 需要详细勘察隧道周围情况, 包括地质条件、地下水位、地下管线等, 对收集的资料仔细分析与研究, 明确 TBM 掘进施工的可行性, 灵活制定施工方案。结合隧道的长度、直径以及地质条件等因素, 选择合适的 TBM 设备, 同时与供应商建立合作关系, 保证设备的质量和供货时间。TBM 掘进施工要有专业的操作人员及技术团队, 熟悉 TBM 设备的操作及维护流程, 具备应对可能出现问题及风险的能力。施工计划的制定要注重安全防护、施工进度、工期安排、材料供应等因素。安全管理措施在指定时, 应该有明确的应急预案, 以便施工期间的安全与质量能达到既定要求。

2. TBM 掘进方案设计

为保证 TBM 掘进工作能顺利推进, 还要做好施工方案的设计工作, 对围岩状态合理分析、选择可行的掘进参数。

(1) 围岩状态分析。在对特长隧道进行掘进前, 要结合工程地质图纸及周围实际情况, 深入分析与研究, 对工程地质条件合理判断, 明确围岩状态。结合分析结果, 选择可行且合理的掘进位置和 TBM 运行参数。依照结构及受力大小, 对围岩强度、刚度准确计算, 保证能达到既定规范和要求。围岩的应力强度如果超过极限阈值上限, 会出现岩体屈服的情况, 岩体截面会被外在荷载作用干扰, 岩体形态有明显的塑性变形, 最终导致围岩原本平衡下降, 围岩结构出现变形问题。并且当岩体无法承载接受到的荷载强度时, 岩体会发生坍塌等情况, 致使施工安全性下降。对此, 在本次研究中, 采取强度计算准则进行判断, 保证围岩截面的平均应

力可以在既定范围, 同时能满足围岩的屈服强度需求。

(2) 掘进参数选择。在掘进参数选择方面, 需要结合围岩状态分析的结果, 依照 TBM 掘进技术特点及施工条件, 选择可行的参数, 包括刀盘转速、推进速度、刀盘刀具形状、数量等, 具体如图表 1 所示。合理的选择掘进参数, 对特长隧道掘进效率的提高有促进作用, 也能让施工风险降低。

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

(3) 边缘屈服准则。在施工方案设计过程中, 需要制定合适的边缘屈服准则。在 TBM 掘进环节, 为确保隧道周围围岩的稳定性, 可以结合围岩的强度和变形特性, 对边缘屈服准则的合理设定。其中, 准则涵盖边坡稳定性、岩体的变形及破坏等方面要求, 保证隧道周围的围岩不会因为掘进施工而出现失稳或者塌陷的问题。

(4) 部分发展塑性准则。在 TBM 掘进过程中, 根据围岩的塑性特性和变形行为, 确定合适的部分发展塑性准则, 具体包括岩体的塑性变形、剪切开裂和岩层的压实等方面的要求, 保证在掘进期间, 围岩能变形能始终把控在合理范围内, 不会出现严重变形或者破坏的情况。

3. TBM 安装

在 TBM 安装前, 选择合适的 TBM 类型和规格, 结合特长隧道的设计要求, 确定 TBM 的尺寸与性能。同时将 TBM 的各种配套设备与工具准备好, 包括电源、液压系统、控制系统等。将 TBM 运输到施工现场后, 要完成设备的组装, 将 TBM 的各个组件依照顺序进行组装, 包括主体机械部分、刀盘、支撑系统等, 同时进行各个部件的调试与测试, 保证 TBM 正常、稳定运行。在对 TBM 安装过程中, 要将设备放在特长隧道的起点位置, 准确定位。通常情况下, 可以利用导线和测量仪等工具定位, 确保 TBM 在施工期间可以严格依照设计要求完成掘进工作。在 TBM 安装结束后, 应该安排技术进行各个部件的连接与调试, 将 TBM 与供水、排水等系统连接, 保证其能平稳运转, 之后对 TBM 的各项功能测试与调试, 包括刀盘的旋转、推进系统的工作等, 让 TBM 可以在使用过程中稳定运行。在 TBM 中安装结束后, 还要开展安全检查与培训工作, 满足相关安全标准与要求。

进施工工作保质保量完成,需要对混凝土喷护设备不断优化和改进。根据特长隧道施工特点,运用智能技术,设计湿喷智能控制系统,主要由液压机械臂、行走装置等组成,保证TBM掘进施工过程中,仰拱喷射混凝土工作能同步展开,增强操作的便捷性,减少施工人员和机械设备的投入。与现浇仰拱混凝土相比,TBM掘进施工可以有效缩短施工时间。

(6) 监测、支护与掘进管理。在TBM掘进过程中,需要对隧道的稳定性密切监测。在此过程中可以安装监测仪器,或者定期检查和评估,根据监测结果,及时采取支护措施,如喷射混凝土衬砌或安装钢支撑等。同时,在TBM掘进过程中,应该展开全面的施工管理,包括监控TBM的运行状态、控制切削速度和前进速度、调整刀盘的姿态等,保证施工作业能顺利推进。此外,及时处理设备故障和应对其他施工难题,提升施工效率^[6]。

5. 安全高效拆除TBM

在TBM掘进施工作业完成后,要进行全面的安全评估与规划,合理拆除TBM,确保不会对人员及周围环境造成影响。同时根据实际情况,制定详细且可行的拆除计划,包括拆除顺序、使用的工具、设备等。利用专业的切割工具及设备,包括钻孔机、切割机等,结合TBM结构及材料特点,准确且安全切割。在切割期间,应该保证不会对TBM本身及周围结构造成破坏。在TBM拆除环节,要安排专门的人员监控和指导,确保操作安全与高效。工作人员要经过专门的培训,熟悉TBM的结构与操作要点。在拆除时,注意排除引起火灾以及爆炸的危险因素,完善工作区域的通风和消防设施,严格遵循消防安全操作规程。根据拆除计划,逐步拆除TBM的各个部分,对施工进度灵活安排,让工作的开展更为连贯、高效。在TBM拆除工作结束后,组织施

工人员对拆除场地清理与整理,确保没有遗留的危险物品及垃圾。

四、结束语

综合而言,在特长隧道工程建设,TBM掘进施工技术的合理应用,对交通发展和基础设施建设具有重要意义。在本次研究中,本文通过对TBM掘进施工技术优势的分析,在结合特长隧道施工特点与基础上,探究TBM掘进施工技术的具体运用,并提出了提升施工效率和质量的对策,诸如减少超载故障、及时更换刀具等,保证施工作业能有序且顺利推进,达到对我国隧道施工水平整体提升的目的。

参考文献

- [1] 谢文强,刘泽,常文江等.高海拔特长隧道长距离独头掘进施工通风技术[J].中国铁路,2023(01):82-89.
- [2] 何平.特长公路隧道建设中单头快速掘进施工技术[J].工程建设与设计,2022(04):80-83.
- [3] 李林辉.复杂地质环境下全断面隧道掘进机快速施工技术[J].建筑施工,2020,42(10):1945-1948.
- [4] 杨晓锋.特长公路隧道单头快速掘进施工技术研究[J].工程技术研究,2020,5(04):77-78.
- [5] 邓科,刘彬,王不凡等.特长公路隧道单头快速掘进施工技术研究[J].重庆建筑,2019,18(11):58-60.
- [6] 李典璜,阎启汉.西康线秦岭特长隧道TBM施工情况及问题探讨[A].中国岩石力学与工程学会地下工程分会、中国土木工程学会隧道及地下工程分会、台湾隧道协会.第一届海峡两岸隧道与地下工程学术与技术研讨会论文集(下册)[C].中国岩石力学与工程学会地下工程分会、中国土木工程学会隧道及地下工程分会:中国岩石力学与工程学会,1999:50-53.