

# MB266 - 395 敞开式 TBM 底部清渣系统性能的提升与改进

赵伟<sup>1</sup>, 贺东泽<sup>2</sup>

(1. 四川二滩国际工程咨询有限责任公司, 四川 成都 611130; 2. 中铁隧道股份有限公司, 河南 郑州 450000)

**摘要:**在敞开式 TBM 隧道施工中,掘进过程伴随仰拱块、轨排铺设需要进行前部清渣,当遇到不良地层时,主机区域下部积渣严重且清理费时,严重制约施工进度。以引汉济渭岭南 TBM 工程为依托,详细介绍了遇到不良地层如岩爆、坍塌等问题导致底部积渣严重、而原设计的底部清渣系统表现出设计不合理、效率低下时进行的有针对性的设计、性能提升改进过程,实现了快速、连续清渣的功能,对类似工程具有一定的指导意义。

**关键词:**TBM;底部;清渣;性能提升;改进

**中图分类号:**TV7;TV554+.2;TV53

**文献标识码:**B

**文章编号:**1001-2184(2018)05-0150-04

## 1 概述

全断面岩石掘进机(TBM)在长大隧道施工中具有快速、安全、高效等特点。但其在掘进速度较快时,若设备前部渣土、石块清理速度跟不上,则导致仰拱块、轨排铺设不及时而制约施工进度。在不良地层段发生岩爆、围岩坍塌时,其表现的更为严重,清理时需耗费大量的人力、物力。笔者以引汉济渭岭南 TBM 工程段为依托,对国际知名设备厂家生产的敞开式 TBM 以设备性能提升改进为出发点,研究并解决了 TBM 施工过程中遇到的清渣缓慢、费时、不连续现象,效果较好。

引汉济渭岭南 TBM 工程段隧道全长 18.275 km,隧道直径为 8.02 m。岩性以花岗岩、石英岩为主,具有围岩强度高、石英含量高、完整性好的特点,TBM 掘进过程中速度缓慢,渣料形态多为片状或粉状,且时常伴有岩爆、顶部坍塌掉块现象,导致主梁下部积渣严重。该敞开式 TBM 设备配置的原底部清渣系统采用斗式挖渣器将洞底积渣清至渣斗内部,由机车牵引平板车运输至洞内 TBM 组装洞,再由轮胎式平板车倒运至洞外弃渣场。原设计的清渣系统距离隧洞底部仰拱块安装位置过远,约为 5 m,对清渣范围无法有效覆盖且对底部施工排水、刀具运输造成干扰,实际施工过程中使用效率低下,多以人工清渣为主,从而造成效率缓慢,耗费了大量时间,影响施工进度。

## 2 清渣系统改进方式的探讨

收稿日期:2018-04-30

针对清渣效率低的问题,施工单位进行了多种方式的尝试,如渣渣系统清渣、人工清渣、人工+斗式提升机清渣,但效果甚微,无法有效缓解清渣环节给施工生产造成的工序耽误,耗费了大量的人力、物力。最后,根据 MB266 - 395 敞开式 TBM 设备本身附属设备配置情况及设备尺寸空间,结合已有的施工经验,拆除了其左侧闲置未用的砂浆拌制系统及部分护栏、支架,重新设计了一台(套)具备提升功能的皮带机,渣土经该皮带机输送、卸料装置转载运输至 TBM 设备桥架皮带机,最终通过连续皮带机、支洞固定皮带机将 TBM 主梁底部的积渣输送至洞外弃渣场。

## 3 清渣系统的技术改进方案

### 3.1 皮带机的选型与设计

根据施工过程中出现的底部积渣容量以及工序要求对皮带机进行设计,需详细设计带速、输送能力、带宽等参数能否达到要求,实施现场施工管理,实现快速、有效地清除底部积渣。经详细核算,该台(套)皮带机技术参数见表 1。

经对现场安装空间尺寸校核得知,该皮带机呈 17°的坡度由清渣处架设至桥架皮带机处,其坡度完全满足使用要求,现场铺设仰拱块时平均每块的清渣量为 3 m<sup>3</sup>(约为 8 t)。该清渣皮带机的架设可以做到掘进过程中不间断清渣。

### 3.2 皮带机清渣系统的布置与安装

#### 3.2.1 皮带机系统的布置与安装

清渣皮带机安装于设备掘进方向左侧,由仰

表 1 清渣皮带机性能参数表

名称	参数	备注
带速	最大为 2.3 m/s	根据驱动流量可调
输送能力	最大为 200 t/h	根据驱动压力可调
带宽	610 mm	
工作压力	最大为 200 bar	
爬坡能力	最大为 17°	
外形尺寸	800 mm × 600 mm × 25 000 mm	

拱块铺设极限位置呈 17°角延伸至 TBM 桥架皮带机处。皮带机自从动端向驱动端方向 6 105 mm 处设置铰接装置,将清渣皮带分为固定和可提升两部分<sup>[1]</sup>,从动端在未使用时可以提升至除尘柜下方,以便于仰拱块的安装,具体安装情况见图 1~图 2。

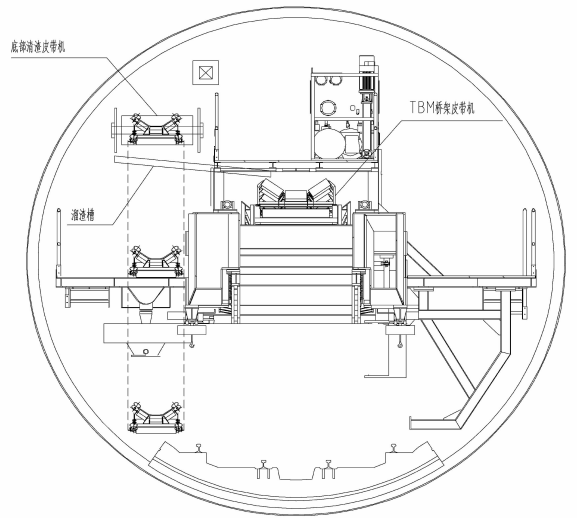


图 1 清渣皮带机安装示意图(主视)

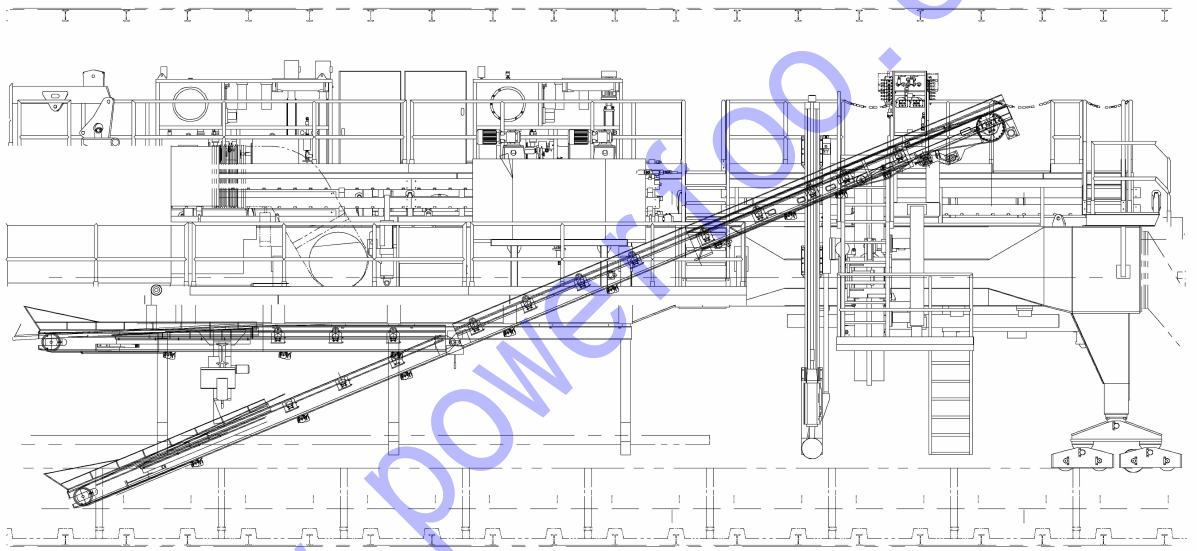


图 2 清渣皮带安装示意图(侧视)

### 3.2.2 皮带机附属设备的安装

皮带机框架定位完成后,进行焊接固定并安装皮带机附属设施以及加设的安全保护措施:

(1) 安装皮带机上下托辊及托辊支架:托辊及支架安装时应注意使托辊与皮带机的中心线垂直、托辊安装水平。

(2) 安装集料斗及溜渣槽:集料斗及溜渣槽的安装一定程度上是为了提高清渣的快捷性、方便性,该项设施根据现场人员清渣状态选择最优高度。

(3) 皮带硫化:按照硫化皮带工艺流程完成画线、剥带、打磨、成型、硫化等工序,打磨的胶料

表面必须清洗干净,胶浆应涂抹均匀,皮带接头清洗、刷胶浆后一定要充分烘干,成型时应反复确认其中心线是否一致,在保温直至降到规定温度的过程中要保持压力,不可卸压。如在保温过程中有降压现象出现,则应及时补压等<sup>[2]</sup>。

(4) 提升油缸的安装:由于皮带机为缓坡爬升,且在运行过程中活动端坡度与固定端需保持一致、避免二次斜坡的出现,需在现场反复收放调整油缸限位,做到回收状态时不影响掘进设备的运行状态,伸出状态时方便清渣并使皮带机处于最优运行状态。

(5) 安全保护措施:安设警示牌,皮带机铰接处安装防护胶皮以及防偏滚筒,防止皮带出现错

位溜渣现象<sup>[3]</sup>。

### 3.2.3 皮带机系统的驱动方式及控制系统

皮带机的驱动及提升采用液压动力方式,设计参数为:压力 240 bar,流量 180 L/min;皮带机可提升段采用油缸进行提升和下放工作,以保证皮带机在运行时的稳定性和收放工作的方便性。

### 3.3 实施步骤

皮带机增设的工作流程见图3。

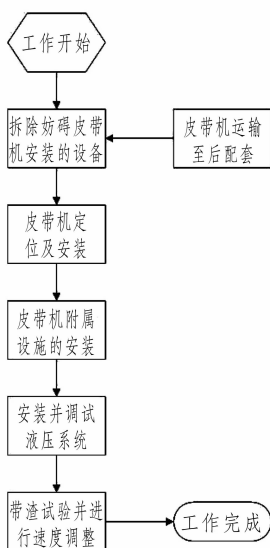


图3 皮带机安装流程图

详细步骤:

- (1) 拆除制约皮带机安装的附属设备;
- (2) 驱动端及从动端皮带机的定位工作;
- (3) 安装铰接及提升装置;
- (4) 皮带机位置校核后进行固定;
- (5) 安装进渣斗及溜渣槽;

(6) 安装皮带支架、托辊及硫化皮带;

(7) 安装并调试液压系统;

(8) 启动皮带机进行带渣试验及运行速度调整;

(9) 工作完成。

### 3.4 清渣皮带机运行与维护要点

在清渣皮带机日常运转过程中,需安排专人对其负责,观察其运行状态和日常保养工作,重点如下<sup>[5]</sup>:

(1) 检查皮带跑偏情况并及时纠正。

(2) 日常清理皮带底部积渣,避免其对皮带运行造成影响。

(3) 检查输送带损坏情况并及时修补。

(4) 对驱动滚筒、从动滚筒、导向滚筒轴承加注润滑油脂。

(5) 检查滚筒是否有噪声、强振动、过热、液压油泄漏等情况。

(6) 检查刮板座是否有松动、断裂、磨损情况发生。

(7) 做好铰接位置及油缸链接处的润滑工作。

(8) 检查滚筒支架有无损坏变形。

(9) 严格按照操作规程操作。

## 4 技术改进前后性能对比分析

经对性能提升改进后近1个月时间的运行及使用效果进行对比分析得知:现阶段清渣效率有明显提升,比以往“人工+渣斗”方式清渣速度增快近3倍。隧道内的有轨运输车以及平板车运行负荷明显减小,油品消耗有所降低,详细性能对比情况见表2。

表2 技术改进前后性能对比分析表

项目	原设计	改进前	改进后
操作方式	挖机+渣斗	人工+渣斗	人工+皮带机
清渣效率	$\leq 2.1 \text{ m}^3/\text{h}$	$\leq 2 \text{ m}^3/\text{h}$	$\geq 5 \text{ m}^3/\text{h}$
优缺点	1、清渣范围有限,清渣进度缓慢 2、妨碍 TBM 部分施工工序 3、运输距离长,成本高 4、在运输繁忙阶段,因清渣不及时易对施工造成制约 5、洞外渣斗清理对设备及人员造成浪费	1、运输距离长、成本高 2、机车持续运行时间长,对机车损耗严重 3、人工清渣以及渣斗倒运需求人员最少为4人 4、在运输繁忙阶段,因清渣不及时易对施工造成制约 5、洞外渣斗清理对设备及人员造成浪费	1、TBM 掘进过程中清渣无需渣斗,清渣快速并可与掘进同步 2、减少了机车运行次数,降低了配套设备消耗 3、每2~3人为一组,可做到掘进过程持续清渣 4、减少了洞外对渣斗的清理工作 5、连续皮带停运过程时,亦可通过点动模式将渣土输送至输送带上,真正实现了清渣不间断,不耽误工序时间

## 5 总结与探讨

不同工况下 TBM 附属设备系统的配置和适

用性对工程施工具有非常重要的作用,其适应与否对 TBM 施工的工效有直接影响。对此,当施工

过程中表现出不适应性问题时,应及时组织专家论证,找出并找准原因,制定系统的方案和措施,全面彻底地进行改进,以提高设备的使用性能及适应性,确保 TBM 顺利施工。

对该台 TBM 进行的底部清渣系统的性能提升改进取得了较好的效果。笔者认为:在 TBM 选型或设计联络阶段,应对附属设备的配置和适应性进行系统的分析。

#### 参考文献:

(上接第 28 页)

平均进尺达到 60 m/月,远远超过目前国内渗水竖井 30 m/月的平均强度,竖井施工在方案调整后较计划工期提前两个月完成,取得了较好的效果,值得在类似工程中推广应用。

#### 作者简介:

(上接第 61 页)

#### 4.4.5 混凝土脱模与养护

在边顶拱衬砌混凝土强度达到设计强度的 30% 以上时方可拆模。

边顶拱混凝土采用人工洒水养护,应在混凝土浇筑完毕 12~18 h 内开始,洒水养护时间应不低于 14 d。

#### 5 结 语

在春堂坝水电站 5# 下游、6# 上游引水隧洞边顶拱混凝土衬砌施工中,应用双钢模台车期间,月平均浇筑长度不低于 400 m,其中 5# 洞下游边顶拱衬砌单月高峰强度达到 480 m,6# 洞上游边顶拱衬砌单月高峰强度达到 624 m,创造了沃日河流域类似工程边顶拱衬砌最高纪录。通过该标段

(上接第 68 页)

#### 4 结 语

综上所述,自然环境对于工程机械设备的运用效率有较大的影响,尤其是在高海拔地区。因此,在工程建设过程中,如果不注重高海拔地区环境因素对于机械的影响,将会使设备的使用成本严重上升,效率大打折扣。所以,相关的施工企业应正确认识和分析施工所在地区的环境因素并采取具有针对性的防护措施,使机械设备发挥出最大功效,进而提升施工效率,保证工程的顺利进行。

#### 参考文献:

- [1] 钢结构设计规范,GB-50017-2003[S].
- [2] 带式输送机安全规范,GB 14784-2013[S].
- [3] 张利平. 液压控制系统及设计(液压系统设计丛书)[M]. 北京:化学工业出版社,2006.

#### 作者简介:

赵 伟(1966-),男,四川中江人,高级工程师,从事水利水电工程施工管理及咨询服务工作以及 TBM 施工现场监理及技术管理工作;

贺东泽(1986-),男,四川富顺人,工程师,学士,从事隧道工程施工现场技术管理工作. (责任编辑:李燕辉)

袁 赞(1985-),男,湖北宜昌人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

林伟明(1978-),男,黑龙江绥化人,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

谢剑波(1976-),男,四川西充人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作. (责任编辑:李燕辉)

双钢模台车的成功应用,迅速在该工程其它标段进行推广应用,确保了该项目乃至整个工程节点目标的顺利实现。该技术具有很好的推广和使用价值,笔者亦希望今后类似的隧洞工程施工借鉴和参考。

#### 作者简介:

李 明(1975-),男,四川自贡人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

张 永(1976-),男,四川广元人,工程师,从事水利水电工程施工技术及管理工作;

段科峰(1986-),男,山西襄汾人,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

袁 赞(1985-),男,湖北宜昌人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作. (责任编辑:李燕辉)

- [1] 余林啸. 重型柴油机在不同海拔高度的燃烧与排放特性研究[D]. 北京:北京理工大学,2014.

- [2] 朱振夏. 增压柴油机高原环境下的供油与进气调节研究[D]. 北京:北京理工大学,2015.

#### 作者简介:

谢 军(1973-),男,四川崇州人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;

陈国贵(1986-),男,贵州遵义人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;

翟翔超(1984-),男,湖北洪湖人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作. (责任编辑:李燕辉)