

# 西秦岭特长隧道连续皮带机出碴施工技术关键技术

许金林, 徐 赞, 王艳波

(中铁隧道集团二处有限公司, 河北 三河 065201)

**摘要:**以新建兰渝铁路西秦岭隧道同步衬砌下的特长连续皮带机出碴为研究背景,介绍连续皮带机出碴体系与同步衬砌体系的矛盾并提出解决方案,创造性地引入连续分碴器自动切换装车技术以实现连续皮带机出碴与工程车转运2作业工序的无缝衔接;同时,阐述特长连续皮带机转场方案及皮带收放装置在解决出碴体系中途转场过程中如何实现无损伤快速回收、释放皮带难题的应用。实践证明:上述工艺和技术在经济性、连续性、安全性、施工工效、劳动强度等方面都能够更加合理地辅助现场施工,对于推动我国尚处于起步阶段的连续皮带机出碴技术发展具有较强的参考和指导意义。

**关键词:**西秦岭隧道; TBM; 连续皮带机; 出碴体系; 转场技术; 同步衬砌; 连续分碴器; 皮带收放装置

中图分类号: U 455.4

文献标志码: B

文章编号: 1672-741X(2011)06-0678-08

## Key Technology of Mucking by Continuous Conveyor Belt: Case Study on West Qinling Extra-long Tunnel

XU Jinlin, XU Zan, WANG Yanbo

(The 2nd Engineering Co., Ltd. of China Railway Tunnel Group, Sanhe 065201, Hebei, China)

**Abstract:** Continuous conveyor belt mucking system and synchronous lining system are adopted in the construction of West Qinling tunnel on Lanzhou-Chongqing railway. The conflicts between the continuous conveyor belt mucking system and the synchronous lining system are presented and solutions are proposed. Automatic muck branching device is adopted, which achieves smooth muck transfer between the continuous conveyor belt mucking system and the truck transporting system. Automatic belt releasing and withdrawing device is applied in the works, which achieves successful belt releasing and withdrawing. The practice shows that the conveyor belt mucking technology is helpful to the tunneling in terms of economy, continuity, safety, efficiency and working intensity. The paper can provide reference for the development of continuous conveyor belt mucking technology in China.

**Key words:** West Qinling tunnel; TBM; continuous conveyor belt; mucking system; transferring technology; synchronous lining; muck branching device; belt releasing and withdrawing device

### 0 引言

从我国人口众多、资源有限、客货运输强度大的具体国情出发,更多地发展铁路、引导人们选择铁路运输方式是减少资源占用的有效方略。随着隧道施工水平的不断提高,铁路隧道的施工能力不断加强,设计时往往采用特长、长大隧道代替过去的隧道群,且隧道长度记录不断刷新。敞开式硬岩掘进机(TBM)以其在长大隧道施工中快速、高效、安全、环保、集成化程度高等独特优势应用越来越普遍。连续皮带机出碴方式作为3种TBM可供选择的配套出碴方式(汽车运输出碴、轨道矿车出碴、连续皮带机出碴)中最经济、便捷和高效的一种<sup>[1-3]</sup>,是未来TBM施工隧道出碴的发展趋势,具有广阔的推广和应用前景。

连续皮带机出碴体系的引入,可以实现同步快速出碴,保证TBM的有效掘进时间,确保掘进进度。文献[4-7]介绍了连续皮带机出碴技术在辽宁大伙房水库输水一期工程 and 关角隧道斜井施工中的成功应用并进行了比较系统的总结;但是,西秦岭隧道施工采用如此长距离的连续皮带机出碴且中途TBM步进通过斜井钻爆段后连续皮带机需要整体转场并实现由正洞转入斜井出碴在国内尚属首次。连续皮带机在长距离斜井内如何布置、在出碴过程中如何实现与同步衬砌体系互不干扰、将碴体输送至洞外后如何实现与转运工程车无缝衔接以避免二次装碴作业、中途转场期间如何实现皮带快速无损伤收放等仍然是崭新的课题,不断完善长距离连续皮带机出碴体系对于该技术的改

收稿日期: 2011-07-22; 修回日期: 2011-10-25

作者简介: 许金林(1975—),男,江苏如皋人,1999年毕业于西南交通大学机电一体化专业,本科,高级工程师,现从事隧道工程盾构、TBM施工管理工作。

进和提高有着重要而长远的意义。

### 1 工程概况

兰渝铁路西秦岭隧道工程位于新建铁路兰渝线中段,地处甘肃省东南部重镇——陇南市境内,全长 28.236 km,是目前国内铁路建设史上的第二长隧道,也是国内TBM施工断面最大、距离最长的铁路隧道。

根据设计要求,西秦岭隧道采用钻爆法和 TBM 掘进联合施工,其中隧道出口在围岩较好的地段分 2 段采用 TBM 掘进:第 1 段长 5 594 m(DIK421 + 239 ~ DIK415 + 645),第 2 段长 7 340 m(DIK410 + 930 ~ DIK403 + 590),2 掘进段之间设罗家理斜井 1 座,其正洞段(DIK415 + 645 ~ DIK410 + 930)采用钻爆法施工。TBM 施工区段划分如图 1 所示。

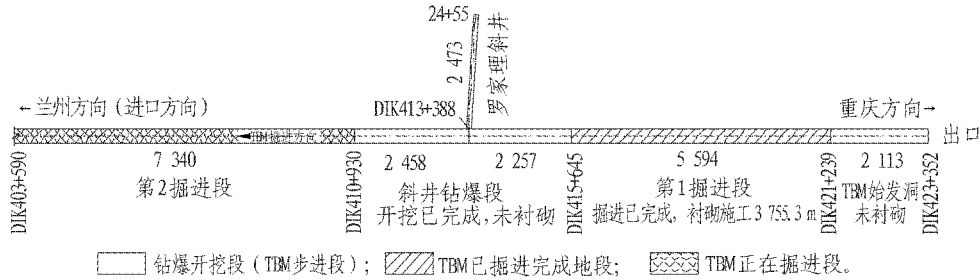


图 1 TBM 施工区段划分(单位:m)

Fig. 1 Layout of tunnel sections driven by TBM(m)

罗家理斜井位于陇南市武都区洛塘镇椒园村闹院子,采用直墙型断面,洞口里程桩号为斜 24 + 55,长 2 473 m,与左线正洞相交里程为 DIK413 + 388,与重庆方向相交角度为 85°58'52",综合坡度为 -11.09%,洞口外为 3% 的反坡,进洞后,每 280 m 为 11.9% 的坡度,相接 20 m 为 2% 的缓坡段。

通过出碴方案比选,西秦岭隧道出碴方式选用钢丝绳芯阻燃输送带连续出碴。连续皮带按照 600 m/卷捆扎进场,在使用时进行硫化连接。

### 2 特长连续皮带机出碴体系

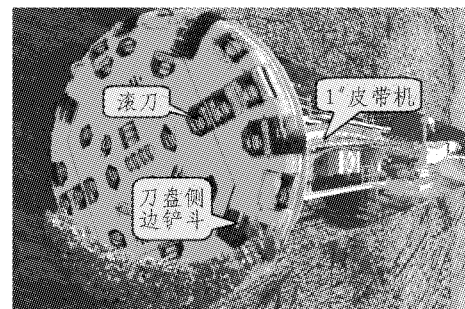
#### 2.1 连续皮带机出碴技术

TBM 掘进时,刀盘在主轴承的作用下转动带动滚刀在掌子面上旋转刻划出一道道同心圆,随着滚刀力量的不断加大,岩石被滚刀挤碎并脱落。脱落的岩石被旋转到隧道底部的刀盘侧边铲斗输送到位于主梁内部的 1# 皮带上(见图 2),通过 2# 桥架皮带机、3# 转载皮带机,碴体被输送到 4# 出碴连续皮带上运出洞外。

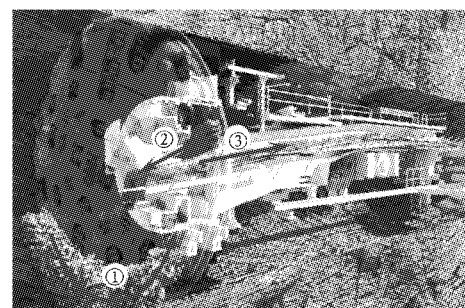
随着 TBM 的向前推进,连续皮带机支架被安装在侧墙上不断向前延伸。连续皮带仓及主驱动安设在隧道洞口附近,皮带仓单次可储存 600 m 的连续皮带,随着 TBM 的掘进,皮带在恒扭矩电机的控制下不断向外释放,当释放完毕后,通过硫化橡胶高温热焊技术将新一段 600 m 的皮带接入存储仓中,硫化一次一般需 10 h 左右。

连续皮带机桥架在 TBM 步进段和掘进段采用 2 种不同的支撑方式<sup>[8]</sup>,在 TBM 步进段(钻爆施工段)采用竖向固定支撑法将竖向支撑杆直接支撑在边墙基础上,横向支撑杆固定在与桥架横梁水平位置对应边墙上;在 TBM 掘进段则采用三角斜向支撑法将支架分

别固定在与横梁水平位置对应和同一法线位置高出边基顶面 30 cm 处的边墙上,如图 3 所示。2 种方式皮带机支架均通过膨胀螺栓连接固定,间距 4.5 m。



(a)



(b)

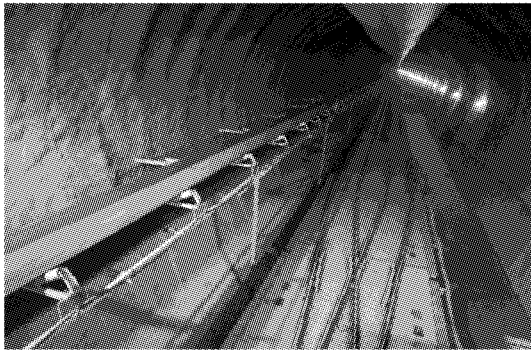
图 2 TBM 出碴示意图

Fig. 2 Sketch of muck flow direction in TBM tunneling

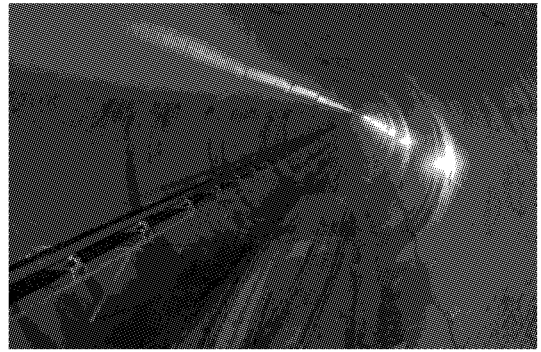
#### 2.2 连续皮带机中途转场技术

##### 2.2.1 连续皮带机总体转场方案

第 1 掘进阶段时,连续皮带机承载碴体后穿越 1#,2# 同步衬砌台车直接输送至隧道出口,通过转载皮带机横跨整个洞外作业场地转运至分碴器位置,通过连续分碴器自动分流装车后由转运工程车运输至弃碴场。



(a) TBM 步进段采用竖向固定支撑法



(b) TBM 掘进段采用三角斜向支撑法

图3 支架固定方法示意图

Fig. 3 Fixing of conveyor belt by brackets

第1掘进阶段与罗家理斜井钻爆段重庆端贯通后,空推TBM前行20m左右使撑靴进入罗家理斜井钻爆段,安装步进机构,步进同时施作边基填充、边墙基础并拆除第1阶段出碴皮带系统。连续皮带机采用皮带收放装置在洞口按照600m/卷收卷成进场时形状,皮带收卷完并在皮带控制室、变电室拆除后,将主驱动放在洞

口300t龙门吊范围内,待3#衬砌台车通过罗家理斜井三岔口后,主驱动、皮带仓等通过轨道运输至第2掘进阶段安装位置重新安装。TBM步进通过罗家理斜井三岔口150m后,开始在TBM尾部安装出碴皮带机支架,并逐级完善第2掘进阶段的连续皮带机出碴系统。连续皮带机中途转场工序转换流程如图4所示。

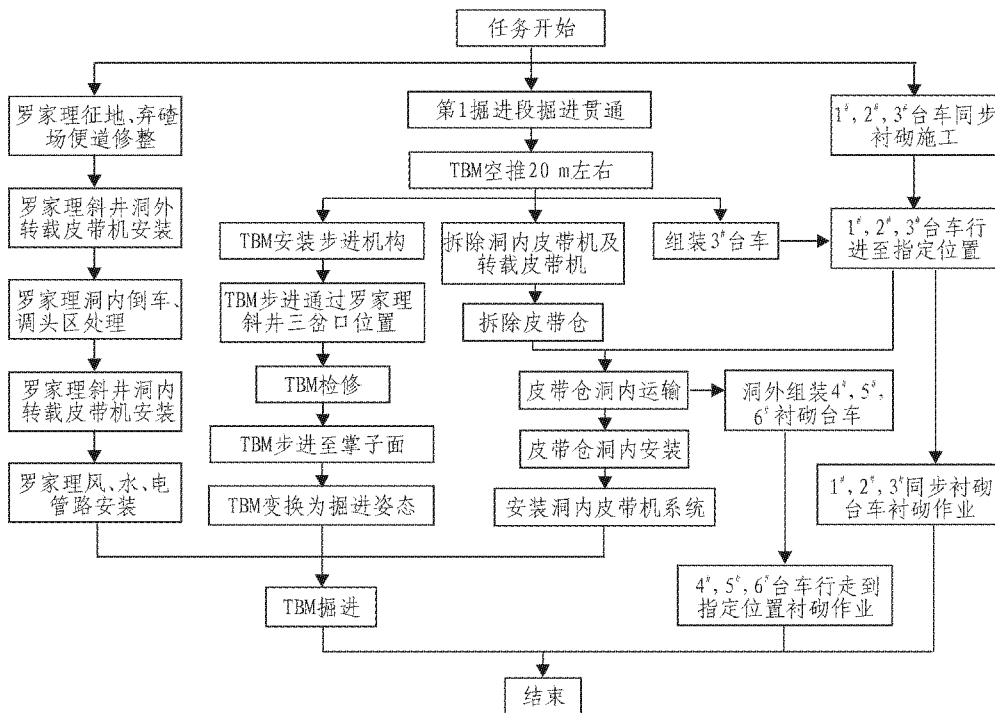


图4 工序转换流程图

Fig. 4 Flowchart of construction process conversion

2.2.2 主驱动等大件器械的洞内运输

洞内连续皮带机主驱动宽3122mm,高2940mm,质量为30余t,TBM步进通过罗家理斜井段后需要从正洞出口运输至斜井与正洞“三岔口”处。鉴于采用汽车通过斜井运输存在一定的危险性且运至目的地后卸车及汽车退出困难等实际情况,决定从正洞采用无轨运输。运输时在主驱动底部安设临时走行轮,将四轨双线运输轨道的外侧2条轨道作为走行轨道,并在主驱动安

放位置处铺设临时轨道,通过机车牵引把主驱动一次运输到位。主驱动就位后,用千斤顶将主驱动顶起后拆除临时轨道并完成主驱动的就位。

皮带仓、转碴器等可在洞外拆卸并编号后采用平板运输车逐件运输。为满足主驱动等大件器械对运输净空及主驱动等安装的需要,主驱动运输前应将1#,2#,3#同步衬砌台车及台架走行通过“三岔口”皮带仓安装位置。



### 2.3 第2掘进阶段连续皮带机布置方案

#### 2.3.1 整体出碴方案

第2掘进阶段时,4#连续皮带机承载碴体后穿越1#、2#、3#同步衬砌台车将碴体输送至斜井“三岔口”位置,通过5#斜井转载皮带机穿越罗家理斜井输送至洞外,经6#洞外转载皮带机直接翻越山体,并经7#延伸皮

带机被输送至弃碴场,用装载机进行整平。

#### 2.3.2 长距离斜井皮带布置

斜井皮带主驱动安设在斜井洞口位置,由于皮带整体较长且为上坡运输,在斜井12+14.70位置扩挖洞室段安设附属驱动。连续皮带机由正洞转入斜井及在斜井内布置情况如图5所示。

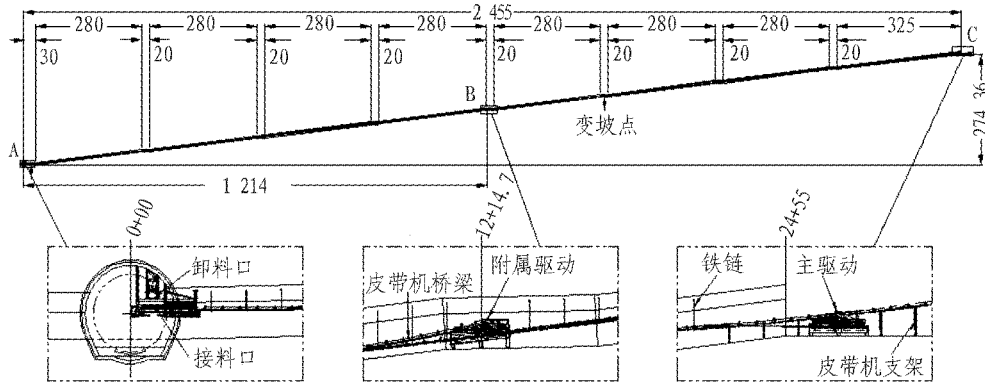


图5 连续皮带机在斜井内的布置(单位:m)

Fig.5 Arrangement of continuous conveyor belt in inclined shaft (m)

斜井内连续皮带机桥架通过铁链悬挂在斜井洞顶上(见图6),固定点采用长20cm、尾部带有连接钩的膨胀螺栓。为防止软连接方式的连续皮带机桥架在出碴时抖动造成构件损伤甚至连接松脱,桥架下方每间隔20m设置一道竖向支撑杆,底部通过膨胀螺栓固定。

为保证6#转载皮带机维护和检修期间TBM仍然能够正常掘进出碴,在5#、6#连续皮带机转碴器位置安装1个小型分碴器,分碴器的1个分碴口指向6#转载皮带机,另一个分碴口指向临时弃碴场。在6#转载皮带机维护和检修期间,只需要切换分碴器的切换挡板,使碴体落到临时弃碴场地上用转运工程车转运即可。

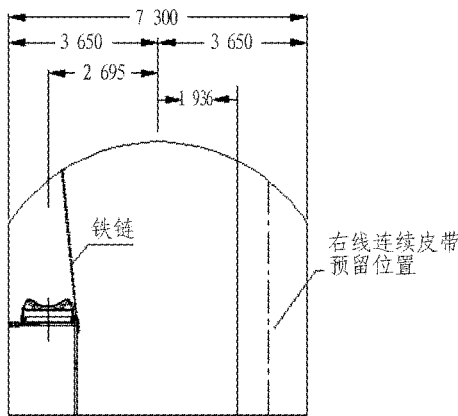


图6 斜井内皮带固定方式(单位:mm)

Fig.6 Fixing of continuous conveyor belt in inclined shaft (mm)

#### 2.3.3 皮带洞外布置技术

碴体被斜井皮带机输送出洞外后,经转碴器落到洞外6#转载皮带机上,6#转载皮带机主驱动安设在山顶弃碴场外边缘的混凝土基础平台上,皮带机最大爬升坡度20°,翻越山顶后以7%下坡,横跨河流、便道,总长度约284m。跨河段采用三跨钢桁架梁形式,全长60.2m,在皮带整体约1/2位置处利用便道边的一处自然平台整平后安装张紧装置,此处无宽桥架支腿,张紧装置重锤箱等总质量为5.8t。6#皮带机布置如图7所示。

7#延伸皮带机主要担负将运输到山顶的碴体向弃碴场内部输送,主驱动电机同样安设在山顶位置。随着TBM的不断向前推进,为满足弃碴的需要,7#延伸皮带机除主驱动电机位置不变外,皮带机支架等也将随着碴场的不断填筑逐渐向碴场内部延伸。

### 3 连续皮带机穿越同步衬砌台车技术

#### 3.1 采用同步衬砌施工技术是确保工期的必然选择

以往的铁路隧道TBM施工中,通常采用掘进完成后再进行衬砌的施工方法,如秦岭隧道等。而西秦岭隧道工程作为兰渝铁路全线重点控制性工程,总工期61.5个月,能否按时完工将直接关系到兰渝铁路全线能否按照计划实现通车。根据实施性施工组织的安排<sup>[9]</sup>,在TBM掘进结束2个月后,全洞的衬砌工作也要结束,这就要求衬砌作业必须与TBM掘进同步进行,且衬砌速度要与掘进速度相匹配。

#### 3.2 衬砌体系

根据衬砌净空设计,同步衬砌台车及作业台架通过尺寸优化采用不占用仰拱预制块上运输轨道、在边墙基础电缆沟底上另设行走轨道的方式进行设计,与运输线路互不干扰,减少在运输中采用浮放道岔双线变单线的难题。衬砌台车及作业台架下部净空满足双

线机车通行要求;风管设在衬砌台车及作业台架中上部的 $\phi 2.2\text{ m}$ 风管滑行托盘中,满足随时通风的需要<sup>[10]</sup>。

由于需要满足TBM通过时对隧道净空的要求,出口钻爆段及罗家理斜井钻爆段在隧道开挖结束后只施

作初期支护,待TBM步进通过后才可以进行二次衬砌作业。因此,在第2阶段TBM正常掘进期间不仅要紧跟TBM进行软弱围岩衬砌支护,还要进行TBM预备洞的衬砌施工。根据生产及工期需要,共投入衬砌台车6部,其具体配置情况见表1。

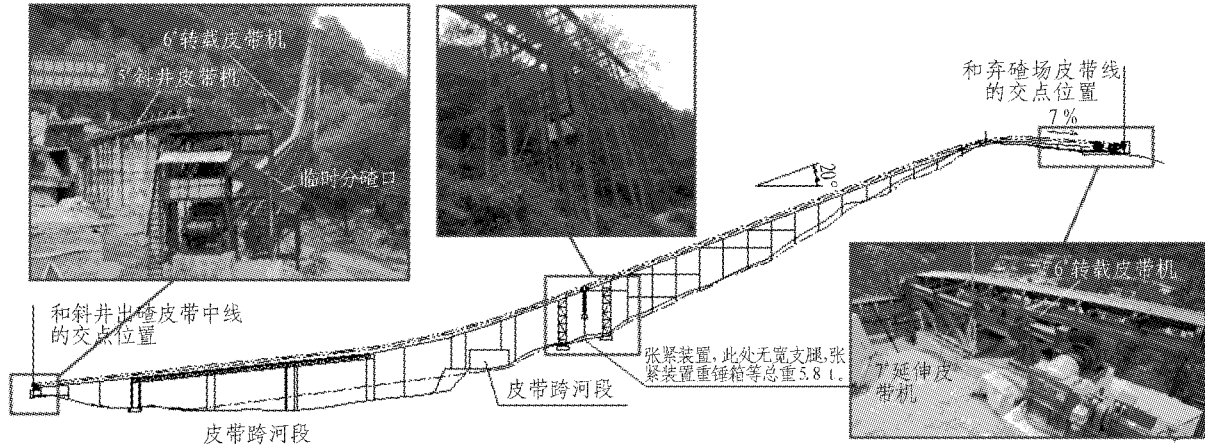


图7 6#转载皮带机布置

Fig. 7 Arrangement of No. 6 continuous belt conveyor

表1 第2掘进阶段衬砌台车配置情况

Table 1 Arrangement of lining formwork jumbos in the 2nd boring phase

台车名称	台车类型	长度/m	作业区段及里程	作业总长度/m
1#, 2#	同步衬砌台车	16	第2掘进段(DIK410 + 930 ~ DIK403 + 590)	7 340
3#		12	罗家理斜井钻爆段三岔口至兰州端(DIK413 + 388 ~ DIK410 + 930)	2 458
4#		12	罗家理斜井钻爆段三岔口至重庆端(DIK415 + 645 ~ DIK413 + 388)	2 257
5#	衬砌台车	16	第1掘进段1#, 2#同步衬砌台车衬砌滞后TBM掘进部分补空	1 838
6#		12	出口钻爆段及TBM始发洞(DIK423 + 352 ~ DIK421 + 239)	2 113

### 3.3 出渣体系与同步衬砌体系的矛盾

衬砌作业作为隧道施工中至关重要的一个环节,衬砌的质量将直接影响到整个隧道的施工质量,其各个环节都必须严格要求。由于TBM连续出渣皮带机最多时必须穿过1#, 2#, 3#同步衬砌台车及配套作业台架,因此,同步衬砌台车及台架结构如何设计才能保证防水材料铺设、衬砌混凝土浇筑及修补与出渣互不干扰且在连续皮带机出渣工况下衬砌混凝土凝固质量不受动载振动影响,成为出渣体系与同步衬砌体系的主要矛盾。

### 3.4 解决方案

考虑到同步衬砌台车、台架行走时需拆除位于其前方的皮带机支架,台车、台架设计时,在二者之间设置具有纵向自由度的拉门式伸缩台架,并在三者第1

平层的一侧设置托架轴承滑道(见图8),作为台车行走时皮带机支架拆除后连续皮带机的支撑,台车前行时拉伸拉门式台架,行至下一衬砌段并在作业台架完成施工任务后,收缩拉门式台架,当最后1组台架前行至与其尾部的第1组皮带机支架距离达到4.5 m时,安装1组皮带机支架。这样,无论衬砌台车和作业台架是在行走状态还是作业期间,均不会影响正常的皮带机出渣,达到真正的同步。

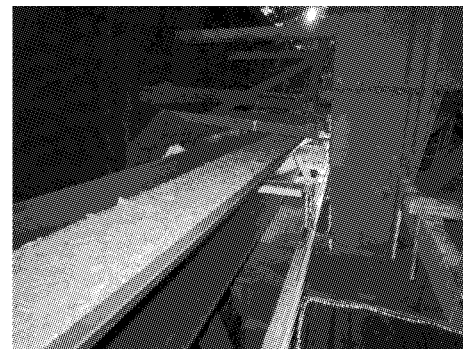


图8 连续皮带机穿越同步衬砌台车示意图

Fig. 8 Continuous conveyor belt passing through synchronous lining formwork jumbo

因连续皮带机与同步衬砌台车穿插作业,为确保同步衬砌作业人员的人身安全,避免安全事故的发生,在连续皮带机支架上安装警报器和警示灯。连续皮带机开机前10 min必须提前电话告知各部同步衬砌台车作业人员,前5 min开启警报装置预警(警报器鸣笛、警示灯闪烁),提示现场施工人员注意安全并远离皮带运行区域,5 min后再次通过警报装置示警后开机。

### 3.5 应用效果

在第1掘进段(2010年6月25日至2011年5月28日)施工过程中,TBM累计掘进5 594 m,在穿越2 000余m软弱、破碎围岩的情况下实现平均月掘进进度508 m,并创造直径10 m以上同类TBM施工月掘进进度841.8 m、周掘进进度235 m的2项世界纪录。通过科学有效的施工组织、积极合理的现场管理,同步衬砌技术在施工工程中成功克服与风、水、电、通讯管线及连续皮带机出碴相干扰等难题,2部同步衬砌台车(2010年9月6日开始)累计完成同步衬砌3 755.3 m,平均426.7 m/月,基本实现与TBM掘进速度相匹配,同时也印证了同步衬砌施工技术选择和实施的科学性。

## 4 连续分碴器自动切换装车技术

### 4.1 连续分碴器构造及作业原理

为适应TBM大断面快速掘进出碴量大、对碴料及时转运的需求,保证连续皮带机出碴与转运工程车之间实现无缝衔接,研究采用在连续出碴皮带机与转运工程车之间设计连续分碴器,使之将碴料连续自动分流到转运工程车上。

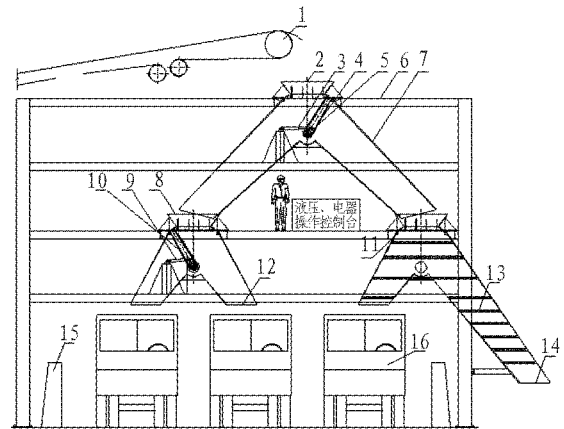
连续分碴器主要由操作控制系统、主分碴机构、子分碴机构及框架组成,见图9。根据连续皮带机运转速度及出碴量,设计采用主分碴机构和子分碴机构2级相连,在主分碴机构和子分碴机构上均设置液压切换板。为防止碴料冲击对挡板的机械磨损,在主分碴机构、子分碴机构内部及液压切换挡板上加设耐磨钢板。连续分碴器下设3条正常转运车道和1条应急转运车道,当1台转运工程车接满碴料后,操作主分碴机构或子分碴机构切换板液压油缸动作,将切换板由原停放终端位置换位到另一个终端位置,碴料通过切换板切换到停放在另一条转运车道的空车内,如此循环,实现连续不间断分碴。

为避免露天安放的连续分碴器在使用时碴料中有

水或在严寒地区冬季施工时机构内部出现冻结情况,在主分碴器、子分碴器易冻结部位的外壳上设置外覆电加热板(如图9中13所示)。

### 4.2 应用效果

连续分碴器自动切换装车技术的成功应用解决了以往连续皮带机将碴料直接卸到堆料场,再用挖掘机和装载机将碴料装到转运工程车上无法实现无缝衔接转运的难题。3条正常转运车道和1条应急转运车道的设置可以有效解决转运工程车在进出分碴器时需暂停分碴的技术难题,实现转运工程车彼此互不干扰,即便分碴器出现故障需要维修时仍可以提供接料口;减少了机械的投入和对施工场地的占用,费用也更经济。连续分碴器自动切换装车技术和传统装车技术对比见表2及图10。



1—连续给料装置(出碴口);2—主分碴器受料接口;3—主分碴器切换液压油缸;4—主分碴器切换板;5—切换轴端密封;6—结构钢架;7—主分碴器梭槽;8—子分碴器受料口;9—子分碴器切换液压油缸;10—子分碴器切换板;11—限位板;12—子分碴卸料口;13—外覆电加热板;14—应急卸料口;15—混凝土防撞护墩;16—转运工程车。

2)主分碴器、左侧子分碴器显示结构内部情况;右侧子分碴器显示结构外部情况。

图9 连续分碴器构造图

Fig.9 Structure of muck branching device

表2 技术对比

Table 2 Comparison and contrast between conventional muck loading and muck loading by means of muck branching device

类型	机械配备	资金投入	优势	劣势
传统装车技术	装载机1台,挖掘机1台,转运工程车28台	弃碴平台6万元,装载机1.6万元/月,挖掘机2.7万元/月;按平均月掘进450m,总计约129.6万元(不含机械油料费)	出碴不受转运工程车是否在场影响,可以大量蓄碴,集中转运	需要较大作业场地;机械投入大且费用高;转运工程车进出场地转运要暂停装车
连续分碴器装车技术	连续分碴器1部,辅助装载机1台,转运工程车28台	连续分碴器40.5万元(含运费),装载机0.4万元/月;总计约52万元(不含连续分碴器电费、机械油料费)	连续皮带机出碴与转运工程车之间无缝衔接,减少装车时间;转运工程车进出装碴场地彼此互不影响	应急存储场地较小;转运工程车补空要及时,对车辆调度体系提出更高的要求

## 5 特长连续皮带快速无损收放技术

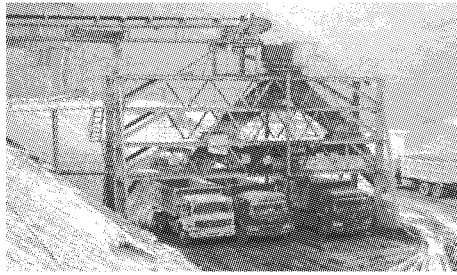
### 5.1 皮带收放装置构造及作业原理

皮带收放装置按照西秦岭隧道所采用连续皮带特

点设计,由2部相同的皮带收放机组成,其主要构造如图11所示。

每部皮带收放机采用1台转速1 440r/min、功率





(a)连续分碴器自动切换装车技术



(b)传统挖掘机、装载机配合装车技术

图10 连续分碴器自动切换装车技术与传统装车技术对比

Fig. 10 Pictures of conventional muck loading and muck loading by means of muck branching device

7.5 kW 的三相异步电动机带动 1 台转速范围为 125 ~ 1 250 r/min、额定转矩 14.7 N·m 的电磁调速电动机,电磁调速电动机通过带轮传递动力带动减速机旋转,减

速机通过波动式简易联轴器带动链轮通过链条驱动 3 个驱动滚轮同时旋转,从而使滚轮带动皮带绕轴旋转。

试验阶段发现单纯依靠皮带收放装置卷收皮带而无外力辅助拉紧皮带时,皮带收放装置自身的动力系统无法拖动洞内 10 余 km 的连续皮带。因此,需要调整电机相序使连续皮带驱动电机反向旋转,并调整主减速驱动变频器频率限制其最高转速,使主驱动喂带的转速尽量与皮带收放机转速相匹配。

皮带在卷收过程中由于多种原因会出现跑偏情况,使卷出的皮带参差不齐。为避免这一情况,在卷带机内侧增设限位滚筒,皮带限位滚筒采用螺栓固定并可适当调节以适应不同皮带宽度的需求。西秦岭隧道连续皮带宽度 914 mm,因此,调节限位滚筒外缘间距为 1 000 mm。

5.2 应用效果

第 1 阶段掘进结束后,连续皮带长度达到(2 113 m + 5 594 m + 600 m) × 2,即 16 614 m(约 28 卷),经过现场准备与调试,仅用 6 d 时间完成全部连续皮带回收、打包、入库任务,用 7 d 时间完成第 2 掘进阶段正洞 2 458 m、斜井 2 473 m 的皮带铺装工作,大大提高了工作效率,减轻了作业人员的劳动强度。具体人员配置情况如表 3 所示。

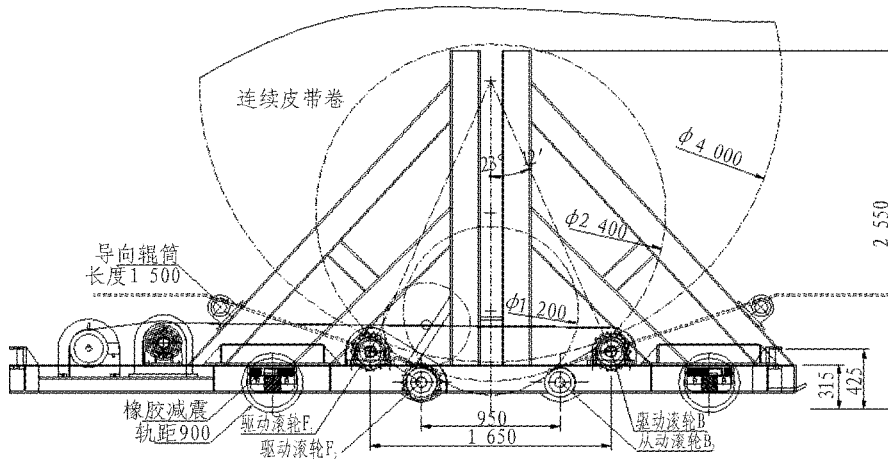


图 11 皮带收放装置构造图(单位:mm)

Fig. 11 Structure of belt releasing and withdrawing device(mm)

表 3 单班作业人员配置

Table 3 Labors for one working shift

职务	人数	工作职责
班长	1	作业人员的组织和协调
主驱动操作手	2	操作主驱动变频器,控制驱动转速,由电气人员承担
皮带收放机操作手	2	操作皮带收放机
洞内巡视人员	2	检查皮带收放过程中连续皮带支架及沿途管线情况
门吊司机	1	皮带卷吊装
运输司机、调车员	2	皮带卷运输
辅助人员	5	配合皮带收放过程中各项附属工作

此外,由于皮带收放装置由 2 部相同的皮带收放机组成(2 部皮带收放机配合使用工作效率更佳,并可有效增加单卷连续皮带的回收长度),每部皮带收放机配置有独立的驱动系统,如果运输空间没有限位要求(如穿越台车等)也可单独完成卷带作业,实现不同方式的皮带卷打包。皮带收放机底部设置走行轮对,可通过机车牵引移动,从而使皮带收放机不仅具备收放皮带的功能,同时也可完成皮带运输工作。

## 6 结论与讨论

特长连续皮带机出碴技术在兰渝铁路西秦岭隧道成功应用并在技术和设备革新方面均取得了长足的进步,主要可归纳为以下几点:

1) TBM 掘进与钻爆法联合施工铁路隧道,连续皮带机出碴穿越斜井钻爆段皮带机系统整体转场技术,成功实现了皮带机在长距离、大坡度斜井中的科学布置情况及大件设备进洞。

2) 实现了连续皮带机出碴与同步衬砌施工互不干扰、并行开展,提高了隧道施工进度,减少了围岩暴露时间、实现及时封闭从而提高施工期间隧道安全系数;此外,对于缩短长大隧道建设总工期成效显著。

3) 连续分碴器自动切换装车技术作为“中转站”在皮带机出碴与工程车转运 2 作业工序无缝衔接方面起到了至关重要的作用,在经济性、场地占用、装车效率等方面都明显优于传统的装车技术。

4) 由 2 部皮带收放机组成的皮带收放装置既可以实现皮带快速无损回收并完成打包作业,又可以实现皮带洞内运输和快速释放,效率高、效果好且作业人员劳动强度低,其独有的预防皮带卷收过程跑偏功能、平稳调速功能以及多滚轮驱动并根据皮带卷直径自动切换驱动系统功能也是其他皮带收放工艺所无法比拟的。

连续皮带机出碴技术以出碴效率高、设备投入少、施工干扰小、环保性能好、维护成本低等显著特点不断推动其在长大隧道 TBM 配套施工中的发展,但连续皮带机出碴技术在我国尚处于起步阶段,隧道施工距离长、建设工期短等实际情况对未来 TBM 长大隧道施工提出了更高的要求,这就需要铁路建设者们根据实际建设需求,通过摸索和实践在施工中不断开发、总结、完善和细化连续皮带机出碴技术环节,形成更加科学、成熟、实用的出碴体系。

### 参考文献 (References):

- [1] 戴润军,杨永强.西秦岭隧道连续皮带机出碴下的同步衬砌施工组织管理[J].隧道建设,2011,31(4):494-499. (DAI Runjun, YANG Yongqiang. Construction organization management for synchronous lining casting in the case of continuous belt conveyor mucking system: Case study on West Qinling tunnel[J]. Tunnel Construction, 2011, 31(4): 494-499. (in Chinese))
- [2] 韩广有,张乐诗,张忠武. TBM 开挖石碴运输方式的选择[J]. 水利水电技术, 2006, 37(4): 42-43. (HAN Guangyou, ZHANG Leshi, ZHANG Zhongwu. Transportation of excavated spoil from tunneling with TBM [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2006, 37(4): 42-43. (in Chinese))
- [3] 齐梦学,邓勇,王雁军,等. 敞开式 TBM 施工出碴方式对比分析[J]. 工程机械, 2009, 40(9): 52-56. (QI Mengxue, DENG Yong, WANG Yanjun, et al. Comparative analysis of spoil discharging modes for open type TBM construction [J]. Construction Machinery and Equipment, 2009, 40(9): 52-56. (in Chinese))
- [4] 陈永辉,李建伟. 关角隧道传统出碴方式与皮带输送机出碴方式的比较研究[J]. 科技信息, 2009(8): 280-281.
- [5] 唐志林,曲长海,陈铁仁. 大伙房水库输水工程隧洞连续皮带机出碴技术[J]. 水利水电技术, 2006, 37(3): 34-35. (TANG Zhilin, QU Changhai, CHEN Tieren. Spoil disposal technique of belt conveyer for tunneling of water conveyance project of Dahuofang reservoir [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2006, 37(3): 34-35. (in Chinese))
- [6] 王智远,伍智勇. 连续皮带机配套 TBM 出碴技术探讨[J]. 隧道建设, 2011, 31(1): 138-143. (WANG Zhiyuan, WU Zhiyong. Technology of mucking by continuous belt conveyors in TBM tunneling [J]. Tunnel Construction, 2011, 31(1): 138-143. (in Chinese))
- [7] 刘学霸. 皮带机出碴技术在斜井隧道施工中的应用[J]. 山西建筑, 2010, 36(13): 289-290. (LIU Xueba. Application of spoil disposal technique with belt conveyer in inclined shaft tunnel construction [J]. Shanxi Architecture, 2010, 36(13): 289-290. (in Chinese))
- [8] 徐双永,苏睿. 西秦岭隧道 TBM 掘进同步衬砌技术[J]. 现代隧道技术, 2011, 48(2): 1-4. (XU Shuangyong, SU Rui. Synchronized lining with TBM driving in West Qinling tunnel [J]. Modern Tunnelling Technology, 2011, 48(2): 1-4. (in Chinese))
- [9] 中铁隧道集团有限公司. 新建兰州至重庆铁路西秦岭特长隧道工程 XQLS2 标实施性施工组织设计[R]. 洛阳: 中隧集团有限公司, 2008.
- [10] 徐双永,陈大军. 西秦岭隧道皮带机出碴 TBM 同步衬砌技术方案研究[J]. 隧道建设, 2010, 30(2): 115-119. (XU Shuangyong, CHEN Dajun. Belt conveyor mucking technology and synchronous lining technology for West Qinling tunnel bored by TBMs [J]. Tunnel Construction, 2010, 30(2): 115-119. (in Chinese))