



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116752995 A

(43) 申请公布日 2023. 09. 15

(21) 申请号 202310878491.9 *E21D 11/05* (2006.01)

(22) 申请日 2023.07.18 *E21D 11/02* (2006.01)

(71) 申请人 中交二公局东萌工程有限公司 *E21D 11/08* (2006.01)

地址 710000 陕西省西安市高新区信息大道2号企业壹号公园19号 *E21D 11/38* (2006.01)

E21D 11/40 (2006.01)

E21D 9/087 (2006.01)

(72) 发明人 李亚隆 毛锦波 张斌斌 安佩娟
赵红刚 曾煜 陈永刚 于海涛

(74) 专利代理机构 成都精点专利代理事务所
(普通合伙) 51338

专利代理师 王记明

(51) Int. Cl.

E21D 11/10 (2006.01)

E21D 11/15 (2006.01)

E21D 11/18 (2006.01)

E21D 11/28 (2006.01)

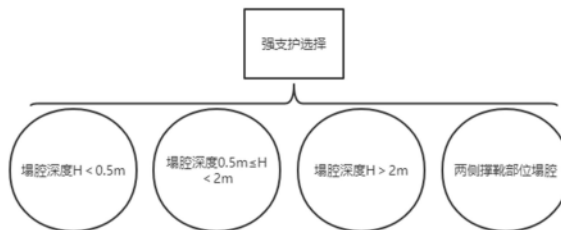
权利要求书3页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

一种敞开式TBM全断面掘进机盾尾顶部坍塌的
的施工方法

(57) 摘要

本发明提供了一种敞开式TBM全断面掘进机盾尾顶部坍塌的的施工方法,通过超前钻孔分析刀盘前方掌子面的围岩状况,从而调整掘进支护参数。针对掘进过程中盾尾坍塌形成的塌腔采取相应的支护方式。同时针对坍塌掉块严重的地层在上一榀型钢拱架上密排长条状钢板,发挥钢筋排的作用,实现了无钢筋排的敞开式TBM快速安全通过褶皱带等复杂地层,从而使得TBM安全快速通过长距离褶皱带,进而提高掘进效率,减少施工安全风险及掉块坍塌对机械设备的损伤,撑靴上部坍塌导致塌腔采取“强支护后充填”的技术措施,撑靴处塌腔采取“先临时充填后,后永久充填”的技术措施,确保敞开式TBM安全、高效的掘进。



1. 一种敞开式TBM全断面掘进机盾尾顶部坍塌的施工方法,其特征在于,包括如下措施:

探测撑靴(6)处上部坍塌导致的坍塌深度,根据不同深度和位置对应不同强支护处置措施,具体如下:

I:当盾尾撑靴(6)顶部以上范围内掘进过程中坍塌形成坍塌深度 $H < 0.5\text{m}$ 时,坍塌的处置措施为:

第N循环掘进完成后脱出盾尾清理坍塌内部渣体,L1区应急喷混系统(5)对第N循环坍塌裸露围岩进行初喷射混凝土(22)封闭,敷设钢筋网片(24)、安装第N循环型钢拱架(23),第N循环型钢拱架(23)与第N-1循环型钢拱架(23)采用环向连接筋(25)错位焊接牢固,采用喷混区湿喷机(12)喷射混凝土(22)至设计内弧面,所述第N循环型钢拱架(23)与第N-1循环型钢拱架(23)间环向连接筋(25)间距为B,且 $B \leq 100\text{cm}$,所述第N循环型钢拱架(23)与第N-1循环型钢拱架(23)间距L与敞开式TBM每循环掘进行程 L' 相等;

II:当盾尾撑靴(6)顶部以上范围内掘进过程中坍塌形成坍塌深度 $0.5\text{m} \leq H < 2\text{m}$ 处理措施为:

S1:第N循环脱出盾尾后清理坍塌内部渣体,L1区应急喷混系统(5)对第N循环坍塌裸露围岩进行初喷射混凝土(22)封闭,敷设n层密钢筋网片(24),安装第N循环型钢拱架(23),第N循环型钢拱架(23)与第N-1循环型钢拱架(23)间连接筋(25)采用条形钢构件(25)代替,其中 $n \geq 2$,所述条形钢构件(25)长度与第N循环型钢拱架(23)、第N-1循环型钢拱架(23)间距相等,所述条形钢构件(25)为HW型钢或槽钢,所述型钢拱架(23)环向间距为B,且 $B \leq 80\text{cm}$;

S2:第N循环坍塌内安装注浆导管(20)、透气管(21),所述注浆导管(20)、透气管(21)梅花形布置与第N循环型钢拱架(23)焊接,所述注浆导管(20)、透气管(21)距坍塌顶围岩面距离为B,其中 $B \leq 10\text{cm}$,所述注浆导管(20)、透气管(21)兼有注浆与透气功能;

S3:堵塞注浆导管(20)、透气管(21)尾部,L1区应急喷混系统(5)对第N循环坍塌支护喷射混凝土(22),所述喷射混凝土(22)厚度 $\geq 10\text{cm}$;

S4:随着敞开式TBM向前掘进,第N循环坍塌支护至喷混区湿喷机(12)后,连接喷射混凝土(22)管路经过注浆导管(20)对第N循环坍塌内进行混凝土分层回填(19)至坍塌顶部,随后采用喷混区湿喷机(12)喷射混凝土(22)至内弧面,所述混凝土分层回填(19)顺序为由两侧至中间、由底至高;

S5:采用监测设备对其进行密实度检测,根据监测结果判断是否需要注浆封堵,并持续进行监控量测;

III:当盾尾撑靴(6)顶部以上范围内掘进过程中坍塌形成坍塌深度 $H > 2\text{m}$,且掘进过程中盾尾围岩持续坍塌掉块现象时,处理措施为:

S1:采用条形钢板(26)代替钢筋网片(24),第N循环型钢拱架(23)安装完成后,在第N循环型钢拱架(23)外翼板环向密排焊接条形钢板(26),所述条形钢板(26)尺寸为 $L \times B \times h$,纵向 \times 环向 \times 厚度,其中L与敞开式TBM掘进行程相等,B由型钢拱架(23)的外弧度确定, $h \leq 8\text{mm}$,所述条形钢板(26)长度方向一端焊接在第N循环型钢拱架(23)外翼板处,一端伸入敞开式TBM护盾(2)内侧,且与在护盾内侧预先安装好的第N+1循环型钢拱架外翼板紧贴;

所述条形钢板(26)端部焊接的环向弧度范围根据盾尾脱出围岩的坍塌程度确定;

S2: 敞开式TBM向前掘进第N+1循环时, 条形钢板(26)及预先安装好的第N+1循环型钢拱架缓慢脱出护盾(2)内侧, 拦截盾尾掉落的石块, 第N+1循环掘进完成后, 拱架拼装机撑紧第N+1循环型钢拱架使其与条形钢板紧贴围岩, 并且将条形钢板与拱架外翼缘焊接牢固, 依次完成第N+2环、第N+n循环的条形钢板(26)及型钢拱架(23), 所述第N+n循环型钢拱架(23)外翼板的1/2与条形钢板(26)端部焊接;

S3: 待S2结束后, 在第N+n循环型钢拱架(23)与第N循环型钢拱架(23)之间采用多个条形钢构件(25)件焊接牢固, 所述条形钢构件(25)为HW型钢或槽钢, 且间距 $B \leq 60\text{cm}$;

S4: 第N+n循环、第N循环条形钢板(26)部位打孔, 安装注浆导管(20)、透气管(21), 所述注浆导管(20)、透气管(21)梅花形布置与型钢拱架(23)焊接, 所述注浆导管(20)、透气管(21)距塌腔顶围岩面距离为B, 其中 $B \leq 10\text{cm}$, 所述注浆导管(20)、透气管(21)兼有注浆与排气功能;

S5: 随着敞开式TBM的掘进, 第N循环塌腔支护、第N+n循环塌腔支护至喷混区湿喷机(12)后, 连接喷射混凝土(22)管路经注浆导管(20)对第N循环、第N+n循环塌腔内进行混凝土分层回填(19), 随后采用喷混区湿喷机(12)喷射混凝土(22)至内弧面, 所述混凝土分层回填(19)顺序为由两侧至中间、由底至高, 所述混凝土分层回填(19)高度至少高于型钢拱架(23)最高点N, 其中N为不为零的自然数, 所述塌腔剩余空间采用轻质材料(27)填充密实;

S6: 第N循环、第N+n循环塌腔支护喷射混凝土(22)至设计内弧面;

IV: 当两侧撑靴(6)部位塌腔时, 处置措施为:

当塌腔深度 $H < 0.5\text{m}$ 时, 塌腔间隔一定间距敷设密钢筋网片(24), L1区应急喷混系统(5)分层喷射混凝土(22)至设计内弧面, 所述喷射混凝土(22)强度为早强混凝土;

当塌腔深度 $H \geq 0.5\text{m}$ 时, 塌腔处采用沙袋、枕木临时充填, 表面敷设 $L \times B \times h$, 纵向 \times 环向 \times 厚度, 的条形钢板(26), 待两侧撑靴(6)安全通过后, 塌腔至喷混区湿喷机(12)处分层喷射混凝土(22)至设计内弧面。

2. 根据权利要求1所述的一种敞开式TBM全断面掘进机盾尾顶部坍塌的施工方法, 其特征在于, 钢筋网片(24)的施工步骤如下:

S1. 钢筋网片(24)、连接筋(25)这些钢构件在钢筋场集中加工成型, MSV多功能胶轮车(17)经敞开式TBM后配套台车运输至物料升降平台(11);

S2. 启动物料升降平台(11), 将钢筋网片(24)、连接筋(25)这些钢构件提升至L1主梁顶上的旋转吊机(10)处, 旋转吊机(10)提升至主梁, 人工运输至指定区域进行安装;

S3. 将第N循环钢筋网片(24)一端与第N-1循环钢筋网片(24)的一端搭接并且焊接, 所述钢筋网片(24)的搭接长度 ≥ 30 倍钢筋直径;

S4. 拱架拼装机(3)拼装第N循环型钢拱架(23), 撑圆紧贴钢筋网片(24)使其紧贴岩面;

上述的撑靴(6)及撑靴(6)底部以下范围内的钢筋网片(24), 在撑靴(6)经过该部位后, 喷混区湿喷机(12)喷射混凝土(22)之前安装。

3. 根据权利要求1所述的一种敞开式TBM全断面掘进机盾尾顶部坍塌的施工方法, 其特征在于, 型钢拱架(23)安装步骤如下:

S1. 型钢拱架(23)在钢筋场集中加工, MSV多功能胶轮车(17)经敞开式TBM后配套台车运输至仰拱吊机(9)处, 经仰拱吊机(9)运输至服务梁(28)处, 再经服务梁(28)运至拱架拼装机(3)处;

S2. 型钢拱架(23)由N节段型钢拼装而成,第N节段与第N+1节段端头设置连接板,用M个螺栓连成整体,拱架拼装机(3)抓举头抓起第N节段并旋转,腾出第N+1节段安装位置,再安装第N+1节段并旋转,依次安装完第N+n节段,其中 $M \geq 4$,N为不为零的自然数;

S3. 撑紧装置将拼装好的型钢拱架(23)移出至指定位置,并撑圆紧贴岩面并安装加筋肋,上紧连接板螺母,所述第N循环、第N+1循环型钢拱架(23)接头错开至少50%;

S4. 安装第N循环、第N+1循环、第N+n循环之间的环向连接筋(25),撑靴(6)、撑靴(6)底部连接筋(25)在撑靴(6)过去后,喷混区湿喷机(12)喷射混凝土(22)之前安装。

4. 根据权利要求1所述的一种敞开式TBM全断面掘进机盾尾顶部坍塌的施工方法,其特征在于,上述的注浆封堵步骤为:

S1. 仰拱块(8)在预制场集中正向预制,采用MSV多功能胶轮车(17)经敞开式TBM后配套台车运输至仰拱吊机(9)处,所述第N块仰拱块(8)在运输之前安装好止水条;

S2. 清理第N块仰拱块(8)安装区,安装垫块,仰拱吊机(9)起吊经过旋转安装至指定位置;

S3. 安装第N块与第N-1块仰拱块(8)之间的螺栓并拧紧;

S4. 连接注浆管路进行注浆封堵;

仰拱块(8)的安装与钢筋网片(24)、型钢拱架(23)施工互不干扰,可独立进行。

一种敞开式TBM全断面掘进机盾尾顶部坍塌的施工方法

技术领域

[0001] 本发明属于长大隧道TBM施工技术领域,具体涉及一种敞开式TBM全断面掘进机盾尾顶部坍塌的施工方法。

背景技术

[0002] 在山岭长大隧道建设中敞开式TBM已经得到普遍应用,其施工技术日益成熟,尤其是针对II级、III级、IV级、V级稳定性好坚硬地层能充分发挥其快速掘进的优势,但是在掘进过程中TBM通常会穿越褶皱带,由于围岩松软、岩石破碎、裂隙发育,掘进过程中护盾顶部通常伴有坍塌掉块、形成大小不等的塌腔,危及施工安全,损坏机械设备;撑靴处发生坍塌,导致撑靴无法均匀受力,导致撑靴打滑无法掘进,需要经过临时支护后方可顺利通过;同时坍塌的渣体掉落至护盾底部,需要投入大量的人力进行清渣,耽误掘进工期。

[0003] 尤其是在两种岩性交叉过渡阶段,岩石呈镶嵌状块状结构,整体性较差,稳定性差,坍塌更为严重,影响TBM的快速掘进。尤其针对没有钢筋排支护功能的敞开式TBM在掘进时存在更大的安全风险。

发明内容

[0004] 本发明提供了一种敞开式TBM全断面掘进机盾尾顶部坍塌的施工方法,解决了无钢筋排功能但具有压铸、敞开式功能TBM穿越褶皱带的施工方法,通过掘进过程中盾尾坍塌形成的塌腔采取相应的支护方式,同时针对坍塌掉块严重的地层在上一榀型钢拱架上密排长条状钢板,发挥钢筋排的作用,实现了无钢筋排的敞开式TBM快速安全通过褶皱带等复杂地层,从而使得TBM安全快速通过长距离褶皱带,进而提高掘进效率,减少施工安全风险及掉块坍塌对机械设备的损伤。

[0005] 本发明通过下述技术方案实现:

一种敞开式TBM全断面掘进机盾尾顶部坍塌的施工方法,具体内容如下:

探测撑靴处上部坍塌导致的塌腔深度,根据不同深度和位置对应不同强支护处置措施,具体如下:

I:当盾尾撑靴顶部以上范围内掘进过程中坍塌形成塌腔深度 $H < 0.5\text{m}$ 时,塌腔的处置措施为:

第N循环掘进完成后脱出盾尾清理塌腔内部渣体,L1区应急喷混系统对第N循环塌腔裸露围岩进行初喷射混凝土封闭,敷设钢筋网片、安装第N循环型钢拱架,第N循环型钢拱架与第N-1循环型钢拱架采用环向连接筋错位焊接牢固,采用喷混区湿喷机喷射混凝土至设计内弧面,所述第N循环型钢拱架与第N-1循环型钢拱架间环向连接筋间距为B,且 $B \leq 100\text{cm}$,所述第N循环型钢拱架与第N-1循环型钢拱架间距L与敞开式TBM每循环掘进行程L'相等;

II:当盾尾撑靴顶部以上范围内掘进过程中坍塌形成塌腔深度 $0.5\text{m} \leq H < 2\text{m}$ 处理措施为:

S1:第N循环脱出盾尾后清理塌腔内部渣体,L1区应急喷混系统对第N循环塌腔裸露围岩进行初喷射混凝土封闭,敷设n层密钢筋网片,安装第N循环型钢拱架,第N循环型钢拱架与第N-1循环型钢拱架间连接筋采用条形钢构件代替,其中 $n \geq 2$ 。所述条形钢构件长度与第N循环型钢拱架、第N-1循环型钢拱架间距相等,所述条形钢构件可为HW型钢或槽钢。所述型钢拱架环向间距为B,且 $B \leq 80\text{cm}$;

S2:第N循环塌腔内安装注浆导管、透气管,所述注浆导管、透气管梅花形布置与第N循环型钢拱架焊接,所述注浆导管、透气管距塌腔顶围岩面距离为B,其中 $B \leq 10\text{cm}$,所述注浆导管、透气管兼有注浆与透气功能;

S3:堵塞注浆导管、透气管尾部,L1区应急喷混系统对第N循环塌腔支护喷射混凝土,所述喷射混凝土厚度 $\geq 10\text{cm}$;

S4:随着敞开式TBM向前掘进,第N循环塌腔支护至喷混区湿喷机后,连接喷射混凝土管路经过注浆导管对第N循环塌腔内进行混凝土分层回填至塌腔顶部,随后采用喷混区湿喷机喷射混凝土至内弧面,所述混凝土分层回填顺序为由两侧至中间、由底至高;

S5:采用监测设备对其进行密实度检测,根据监测结果判断是否需要注浆封堵,并持续进行监控量测;

III:当盾尾撑靴顶部以上范围内掘进过程中坍塌形成塌腔深度 $H > 2\text{m}$,且掘进过程中盾尾围岩持续坍塌掉块现象时,处理措施为:

S1:采用条形钢板代替钢筋网片,第N循环型钢拱架安装完成后,在第N循环型钢拱架外翼板环向密排焊接条形钢板,所述条形钢板尺寸为 $L \times B \times h$ (纵向 \times 环向 \times 厚度),其中L与敞开式TBM掘进行程相等,B由型钢拱架的外弧度确定, $h \leq 8\text{mm}$,所述条形钢板长度方向一端焊接在第N循环型钢拱架外翼板处,一端伸入敞开式TBM护盾内侧,且与在护盾内侧预先安装好的第N+1循环型钢拱架外翼板紧贴。

[0006] 所述条形钢板端部焊接的环向弧度范围根据盾尾脱出围岩的坍塌程度确定;

S2:敞开式TBM向前掘进第N+1循环时,条形钢板及预先安装好的第N+1循环型钢拱架缓慢脱出护盾内侧,拦截盾尾掉落的石块,第N+1循环掘进完成后,拱架拼装机撑紧第N+1循环型钢拱架使其与条形钢板紧贴围岩,并且将条形钢板与拱架外翼缘焊接牢固,依次完成第N+2环、第N+n循环的条形钢板及型钢拱架,所述第N+n循环型钢拱架外翼板的1/2与条形钢板端部焊接;

S3:待S2结束后,在第N+n循环型钢拱架与第N循环型钢拱架之间采用多个条形钢构件焊接牢固,所述条形钢构件可为HW型钢或槽钢,且间距 $B \leq 60\text{cm}$;

S4:第N+n循环、第N循环条形钢板部位打孔,安装注浆导管、透气管,所述注浆导管、透气管梅花形布置与型钢拱架焊接,所述注浆导管、透气管距塌腔顶围岩面距离为B,其中 $B \leq 10\text{cm}$,所述注浆导管、透气管兼有注浆与排气功能;

S5:随着敞开式TBM的掘进,第N循环塌腔支护、第N+n循环塌腔支护至喷混区湿喷机后,连接喷射混凝土管路经注浆导管对第N循环、第N+n循环塌腔内进行混凝土分层回填,随后采用喷混区湿喷机喷射混凝土至内弧面,所述混凝土分层回填顺序为由两侧至中间、由底至高,所述混凝土分层回填高度至少高于型钢拱架最高点N,其中N为不为零的自然数,所述塌腔剩余空间采用轻质材料填充密实;

S6:第N循环、第N+n循环塌腔支护喷射混凝土至设计内弧面。

[0007] IV:当两侧撑靴部位塌腔时,处置措施为:

当塌腔深度 $H < 0.5\text{m}$ 时,塌腔间隔一定间距敷设密钢筋网片,L1区应急喷混系统分层喷射混凝土至设计内弧面,所述喷射混凝土强度为早强混凝土;

当塌腔深度 $H \geq 0.5\text{m}$ 时,塌腔处采用沙袋、枕木临时充填,表面敷设 $L \times B \times h$ (纵向 \times 环向 \times 厚度)的条形钢板,待两侧撑靴安全通过后,塌腔至喷混区湿喷机处分层喷射混凝土至设计内弧面。

[0008] 优选的,钢筋网片的施工步骤如下:

S1. 钢筋网片、连接筋等钢构件在钢筋场集中加工成型,MSV多功能胶轮车经敞开式TBM后配套台车运输至物料升降平台;

S2. 启动物料升降平台,将钢筋网片、连接筋等钢构件提升至L1主梁顶上的旋转吊机处,旋转吊机提升至主梁,人工运输至指定区域进行安装;

S3. 将第N循环钢筋网片一端与第N-1循环钢筋网片的一端搭接并且焊接,所述钢筋网片的搭接长度 ≥ 30 倍钢筋直径;

S4. 拱架拼装机拼装第N循环型钢拱架,撑圆紧贴钢筋网片使其紧贴岩面;

上述的撑靴及撑靴底部以下范围内的钢筋网片,在撑靴经过该部位后,喷混区湿喷机喷射混凝土之前安装。

[0009] 优选的,型钢拱架安装步骤如下:

S1. 型钢拱架在钢筋场集中加工,MSV多功能胶轮车经敞开式TBM后配套台车运输至仰拱吊机处,经仰拱吊机运输至服务梁处,再经服务梁运至拱架拼装机处;

S2. 型钢拱架由N节段型钢拼装而成,第N节段与第N+1节段端头设置连接板,用M个螺栓连成整体,拱架拼装机抓举头抓起第N节段并旋转,腾出第N+1节段安装位置,再安装第N+1节段并旋转,依次安装完第N+n节段,其中 $M \geq 4$,N为不为零的自然数;

S3. 撑紧装置将拼装好的型钢拱架移出至指定位置,并撑圆紧贴岩面并安装加筋肋,上紧连接板螺母,所述第N循环、第N+1循环型钢拱架接头错开至少50%;

S4. 安装第N循环、第N+1循环、第N+n循环之间的环向连接筋,撑靴、撑靴底部连接筋在撑靴过去后,喷混区湿喷机喷射混凝土之前安装。

[0010] 优选的,上述的注浆封堵步骤为:

S1. 仰拱块在预制场集中正向预制,采用MSV多功能胶轮车经敞开式TBM后配套台车运输至仰拱吊机处,所述第N块仰拱块在运输之前安装好止水条;

S2. 清理第N块仰拱块安装区,安装垫块,仰拱吊机起吊经过旋转安装至指定位置;

S3. 安装第N块与第N-1块仰拱块之间的螺栓并拧紧;

S4. 连接注浆管路进行注浆封堵;

上述仰拱块的安装与钢筋网片、型钢拱架施工互不干扰,可独立进行。

[0011] 本发明与现有技术相比,有如下的优点和有益效果:

1. 针对敞开式TBM穿越褶皱带坍塌地层提出了三种强支护方式和当两侧撑靴部位塌腔时的支护方式,过程中根据盾尾坍塌掉块的情况及形成塌腔的大小而灵活采用,降低了坍塌掉块地层由于初期支护强度不够而发生初期支护变形甚至坍塌的风险。

[0012] 2. 针对无钢筋排功能或者钢筋排强度不足以抵抗坍塌渣体的压力的敞开式TBM,提出了在上榫型钢拱架外翼板处密排焊接条形钢板,随着敞开式TBM的掘进,条形钢板后移

阻挡护盾顶部坍塌石渣,施工安全可靠,安全风险低,避免了掘进过程中坍塌掉块的石渣对人员和设备的损伤,从而提高敞开式TBM在褶皱带掘进的效率。

[0013] 3. 针对敞开式TBM后配套台车内空间狭小,一般车辆无法来取自如,敞开式TBM在掘进过程中型钢拱架、钢筋网片、仰拱块等物料运输采用MSV多功能胶轮车来完成。MSV多功能胶轮车具有双头驾驶的功能,来去自如,方便快捷,不受后配套台车净空的限制,为敞开式TBM的掘进提供了可靠的物料运输保障。

附图说明

[0014] 此处所说明的附图用来提供对本发明实施例的进一步理解,构成本申请的一部分,并不构成对本发明实施例的限定。在附图中:

图1为本发明流程图;

图2为本发明实施例中敞开式TBM示意图;

图3为本发明实施例中敞开式TBM示意图中A的放大图;

图4为本发明实施例中敞开式TBM示意图中B的放大图;

图5为本发明实施例中敞开式TBM示意图中C的放大图;

图6为本发明实施例中敞开式TBM锚杆钻机示意图;

图7为本发明实施例中敞开式TBM左右侧撑靴示意图;

图8为本发明实施例中MSV多功能胶轮车示意图;

图9为本发明实施例中连续皮带机设置横断面图I;

图10为本发明实施例中连续皮带机设置横断面图II;

图11为本发明实施例中塌腔0.5m~2m支护示意图;

图12为本发明实施例中塌腔深度2m及以上支护示意图。

[0015] 图中:1-刀盘、2-护盾、3-拱架拼装机、4-锚杆钻机、5-应急喷混系统、6-撑靴、7-后支撑、8-仰拱块、9-仰拱吊机、10-旋转吊机、11-物料升降平台、12-喷混区湿喷机、13-1号台车主控室、14-混凝土输送泵、15-混凝土罐、16-混凝土罐吊机、17-MSV多功能胶轮车、18-连续皮带机、19-混凝土分层回填、20-注浆导管、21-透气管、22-喷射混凝土、23-型钢拱架、24-钢筋网片、25-条形钢构件、25-连接筋、26-条形钢板、27-轻质材料、28-服务梁。

具体实施方式

[0016] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,下面结合实施例和附图,对本发明作进一步的详细说明,本发明的示意性实施方式及其说明仅用于解释本发明,并不作为对本发明的限定。需要说明的是,本发明已经处于实际研发使用阶段。

[0017] 如图1-图12所示,一种敞开式TBM全断面掘进机盾尾顶部坍塌的施工方法,包括如下步骤:

探测撑靴处上部坍塌导致的塌腔深度,根据不同深度和位置对应不同强支护处置措施,具体如下:

I:当盾尾撑靴顶部以上范围内掘进过程中坍塌形成塌腔深度 $H < 0.5\text{m}$ 时,塌腔的处置措施为:

第N循环掘进完成后脱出盾尾清理塌腔内部渣体,L1区应急喷混系统对第N循环塌

腔裸露围岩进行初喷射混凝土封闭,敷设钢筋网片、安装第N循环型钢拱架,第N循环型钢拱架与第N-1循环型钢拱架采用环向连接筋错位焊接牢固,采用喷混区湿喷机喷射混凝土至设计内弧面,所述第N循环型钢拱架与第N-1循环型钢拱架间环向连接筋间距为B,且 $B \leq 100\text{cm}$,所述第N循环型钢拱架与第N-1循环型钢拱架间距L与敞开式TBM每循环掘进行程L'相等;

II:当盾尾撑靴顶部以上范围内掘进过程中坍塌形成塌腔深度 $0.5\text{m} \leq H < 2\text{m}$ 处理措施为:

S1:第N循环脱出盾尾后清理塌腔内部渣体,L1区应急喷混系统对第N循环塌腔裸露围岩进行初喷射混凝土封闭,敷设n层密钢筋网片,安装第N循环型钢拱架,第N循环型钢拱架与第N-1循环型钢拱架间连接筋采用条形钢构件代替,其中 $n \geq 2$ 。所述条形钢构件长度与第N循环型钢拱架、第N-1循环型钢拱架间距相等,所述条形钢构件可为HW型钢或槽钢。所述型钢拱架环向间距为B,且 $B \leq 80\text{cm}$;

S2:第N循环塌腔内安装注浆导管、透气管,所述注浆导管、透气管梅花形布置与第N循环型钢拱架焊接,所述注浆导管、透气管距塌腔顶围岩面距离为B,其中 $B \leq 10\text{cm}$,所述注浆导管、透气管兼有注浆与透气功能;

S3:堵塞注浆导管、透气管尾部,L1区应急喷混系统对第N循环塌腔支护喷射混凝土,所述喷射混凝土厚度 $\geq 10\text{cm}$;

S4:随着敞开式TBM向前掘进,第N循环塌腔支护至喷混区湿喷机后,连接喷射混凝土管路经过注浆导管对第N循环塌腔内进行混凝土分层回填至塌腔顶部,随后采用喷混区湿喷机喷射混凝土至内弧面,所述混凝土分层回填顺序为由两侧至中间、由底至高;

S5:采用监测设备对其进行密实度检测,根据监测结果判断是否需要注浆封堵,并持续进行监控量测;

III:当盾尾撑靴顶部以上范围内掘进过程中坍塌形成塌腔深度 $H > 2\text{m}$,且掘进过程中盾尾围岩持续坍塌掉块现象时,处理措施为:

S1:采用条形钢板代替钢筋网片,第N循环型钢拱架安装完成后,在第N循环型钢拱架外翼板环向密排焊接条形钢板,所述条形钢板尺寸为 $L \times B \times h$ (纵向 \times 环向 \times 厚度),其中L与敞开式TBM掘进行程相等,B由型钢拱架的外弧度确定, $h \leq 8\text{mm}$,所述条形钢板长度方向一端焊接在第N循环型钢拱架外翼板处,一端伸入敞开式TBM护盾内侧,且在护盾内侧预先安装好的第N+1循环型钢拱架外翼板紧贴。

[0018] 所述条形钢板端部焊接的环向弧度范围根据盾尾脱出围岩的坍塌程度确定;

S2:敞开式TBM向前掘进第N+1循环时,条形钢板及预先安装好的第N+1循环型钢拱架缓慢脱出护盾内侧,拦截盾尾掉落的石块,第N+1循环掘进完成后,拱架拼装机撑紧第N+1循环型钢拱架使其与条形钢板紧贴围岩,并且将条形钢板与拱架外翼缘焊接牢固,依次完成第N+2环、第N+n循环的条形钢板及型钢拱架,所述第N+n循环型钢拱架外翼板的1/2与条形钢板端部焊接;

S3:待S2结束后,在第N+n循环型钢拱架与第N循环型钢拱架之间采用多个条形钢构件焊接牢固,所述条形钢构件可为HW型钢或槽钢,且间距 $B \leq 60\text{cm}$;

S4:第N+n循环、第N循环条形钢板部位打孔,安装注浆导管、透气管,所述注浆导管、透气管梅花形布置与型钢拱架焊接,所述注浆导管、透气管距塌腔顶围岩面距离为B,其

中 $B \leq 10\text{cm}$,所述注浆导管、透气管兼有注浆与排气功能;

S5:随着敞开式TBM的掘进,第N循环塌腔支护、第N+n循环塌腔支护至喷混区湿喷机后,连接喷射混凝土管路经注浆导管对第N循环、第N+n循环塌腔内进行混凝土分层回填,随后采用喷混区湿喷机喷射混凝土至内弧面,所述混凝土分层回填顺序为由两侧至中间、由底至高,所述混凝土分层回填高度至少高于型钢拱架最高点N,其中N为不为零的自然数,所述塌腔剩余空间采用轻质材料填充密实;

S6:第N循环、第N+n循环塌腔支护喷射混凝土至设计内弧面。

[0019] IV:当两侧撑靴部位塌腔时,处置措施为:

当塌腔深度 $H < 0.5\text{m}$ 时,塌腔间隔一定间距敷设密钢筋网片,L1区应急喷混系统分层喷射混凝土至设计内弧面,所述喷射混凝土强度为早强混凝土;

当塌腔深度 $H \geq 0.5\text{m}$ 时,塌腔处采用沙袋、枕木临时充填,表面敷设 $L \times B \times h$ (纵向 \times 环向 \times 厚度)的条形钢板,待两侧撑靴安全通过后,塌腔至喷混区湿喷机处分层喷射混凝土至设计内弧面。

[0020] 优选的,钢筋网片的施工步骤如下:

S1.钢筋网片、连接筋等钢构件在钢筋场集中加工成型,MSV多功能胶轮车经敞开式TBM后配套台车运输至物料升降平台;

S2.启动物料升降平台,将钢筋网片、连接筋等钢构件提升至L1主梁顶上的旋转吊机处,旋转吊机提升至主梁,人工运输至指定区域进行安装;

S3.将第N循环钢筋网片一端与第N-1循环钢筋网片的一端搭接并且焊接,所述钢筋网片的搭接长度 ≥ 30 倍钢筋直径;

S4.拱架拼装机拼装第N循环型钢拱架,撑圆紧贴钢筋网片使其紧贴岩面;

上述的撑靴及撑靴底部以下范围内的钢筋网片,在撑靴经过该部位后,喷混区湿喷机喷射混凝土之前安装。

[0021] 优选的,型钢拱架安装步骤如下:

S1.型钢拱架在钢筋场集中加工,MSV多功能胶轮车经敞开式TBM后配套台车运输至仰拱吊机处,经仰拱吊机运输至服务梁处,再经服务梁运至拱架拼装机处;

S2.型钢拱架由N节段型钢拼装而成,第N节段与第N+1节段端头设置连接板,用M个螺栓连成整体,拱架拼装机抓举头抓起第N节段并旋转,腾出第N+1节段安装位置,再安装第N+1节段并旋转,依次安装完第N+n节段,其中 $M \geq 4$,N为不为零的自然数;

S3.撑紧装置将拼装好的型钢拱架移出至指定位置,并撑圆紧贴岩面并安装加筋肋,上紧连接板螺母,所述第N循环、第N+1循环型钢拱架接头错开至少50%;

S3.安装第N循环、第N+1循环、第N+n循环之间的环向连接筋,撑靴、撑靴底部连接筋在撑靴过去后,喷混区湿喷机喷射混凝土之前安装。

[0022] 优选的,上述的注浆封堵步骤为:

S1.仰拱块在预制场集中正向预制,采用MSV多功能胶轮车经敞开式TBM后配套台车运输至仰拱吊机处,所述第N块仰拱块在运输之前安装好止水条;

S2.清理第N块仰拱块安装区,安装垫块,仰拱吊机起吊经过旋转安装至指定位置;

S3.安装第N块与第N-1块仰拱块之间的螺栓并拧紧;

S4.连接注浆管路进行注浆封堵;

上述仰拱块的安装与钢筋网片、型钢拱架施工互不干扰,可独立进行。

实施例

[0023] 如图2至图12所示,新疆某22.13km级特长隧道,地处高寒高海拔地区,隧道采用“3洞+4竖井”设计方案,中导洞采用敞开式TBM法掘进,设计开挖直径8430mm,总机长度285m,该设备具备压注与敞开式掘进的功能,因此护盾2加长至10m取消了钢筋排的设计。

[0024] 隧道出口端敞开式TBM掘进10.801km,依次穿越中风化花岗斑岩、大理岩夹砂质板岩、花岗岩。其中穿越中天山褶皱影响带3576m,主要为大理岩夹砂纸版,较坚硬岩呈块状镶嵌状构造,过程中遭遇坍塌54次,全部发生在两侧撑靴6顶部,其中最大的塌腔为13m×7.3m×6m(纵向×环向×深度),同时伴随轻微卡顿,处理塌腔用时7天。

[0025] 本实施例中敞开式TBM包括刀盘1、护盾2、拱架拼装机3、锚杆钻机4、应急喷混系统5、撑靴6、后支撑7、仰拱块8、仰拱吊机9、旋转吊机10、物料升降平台11、喷混区湿喷机12、1号台车主控室13、混凝土输送泵14、混凝土罐15、混凝土罐吊机16、MSV多功能胶轮车17、连续皮带机18、混凝土分层回填19、注浆导管20、透气管21、喷射混凝土22、型钢拱架23、钢筋网片24、条形钢构件25、连接筋25、条形钢板26、轻质材料27、服务梁28。

[0026] 本实施例为54次坍塌中塌腔最大的一次,其中坍塌发生在两侧撑靴6顶部,塌腔为13m×7.3m×6m(纵向×环向×深度),同时伴随轻微卡顿。

[0027] 此时由于塌腔深度超过2m,因此使用了第Ⅲ种强支护方式,其步骤如下:

S1:采用条形钢板26代替钢筋网片24,第N循环型钢拱架23安装完成后,在第N循环型钢拱架23外翼板环向密排焊接条形钢板26,所述条形钢板26尺寸为L×B×h(纵向×环向×厚度),其中L与敞开式TBM掘进行程相等,B由型钢拱架23的外弧度确定, $h \leq 8\text{mm}$,所述条形钢板26长度方向一端焊接在第N循环型钢拱架23外翼板处,一端伸入敞开式TBM护盾2内侧,且与在护盾2内侧预先安装好的第N+1循环型钢拱架23外翼板紧贴。

[0028] 所述条形钢板26端部焊接的环向弧度范围根据盾尾脱出围岩的坍塌程度确定;

S2:敞开式TBM向前掘进第N+1循环时,条形钢板26及预先安装好的第N+1循环型钢拱架23缓慢脱出护盾2内侧,拦截盾尾掉落的石块,第N+1循环掘进完成后,拱架拼装机3撑紧第N+1循环型钢拱架23使其与条形钢板26紧贴围岩,并且将条形钢板26与拱架外翼缘焊接牢固,依次完成第N+2环、第N+n循环的条形钢板26及型钢拱架23,所述第N+n循环型钢拱架23外翼板的1/2与条形钢板26端部焊接;

S3:待S2结束后,在第N+n循环型钢拱架23与第N循环型钢拱架23之间采用多个条形钢构件25件焊接牢固,所述条形钢构件25可为HW型钢或槽钢,且间距 $B \leq 60\text{cm}$;

S4:第N+n循环、第N循环条形钢板26部位打孔,安装注浆导管20、透气管21,所述注浆导管20、透气管21梅花形布置与型钢拱架23焊接,所述注浆导管20、透气管21距塌腔顶围岩面距离为B,其中 $B \leq 10\text{cm}$,所述注浆导管20、透气管21兼有注浆与排气功能;

S5:随着敞开式TBM的掘进,第N循环塌腔支护、第N+n循环塌腔支护至喷混区湿喷机12后,连接喷射混凝土22管路经注浆导管20对第N循环、第N+n循环塌腔内进行混凝土分层回填19,随后采用喷混区湿喷机12喷射混凝土22至内弧面,所述混凝土分层回填19顺序为由两侧至中间、由底至高,所述混凝土分层回填19高度至少高于型钢拱架23最高点N,其中N为不为零的自然数,所述塌腔剩余空间采用轻质材料27填充密实;

S6:第N循环、第N+n循环塌腔支护喷射混凝土22至设计内弧面,上述的连续皮带机18通过砂浆锚杆配合导链悬挂于洞顶正上方。

[0029] 上述的钢筋网片24的施工步骤如下:

S1.钢筋网片24、连接筋25等钢构件在钢筋场集中加工成型,MSV多功能胶轮车17经敞开式TBM后配套台车运输至物料升降平台11。

[0030] S2.启动物料升降平台11,将钢筋网片24、连接筋25等钢构件提升至L1主梁顶上的旋转吊机10处,旋转吊机10提升至主梁,人工运输至指定区域进行安装。

[0031] S3.将第N循环钢筋网片24一端与第N-1循环钢筋网片24的一端搭接并且焊接。所述钢筋网片24的搭接长度 ≥ 30 倍钢筋直径。

[0032] S4.拱架拼装机3拼装第N循环型钢拱架23,撑圆紧贴钢筋网片24使其紧贴岩面。

[0033] 上述的撑靴6及撑靴6底部以下范围内的钢筋网片24,在撑靴6经过该部位后,喷混区湿喷机12喷射混凝土22之前安装。

[0034] 上述的型钢拱架23安装步骤如下:

S1.型钢拱架23在钢筋场集中加工,MSV多功能胶轮车17经敞开式TBM后配套台车运输至仰拱吊机9处,经仰拱吊机9运输至服务梁28处,再经服务梁28运至拱架拼装机3处。

[0035] S2.型钢拱架23由N节段型钢拼装而成,第N节段与第N+1节段端头设置连接板,用M个螺栓连成整体,拱架拼装机3抓举头抓起第N节段并旋转,腾出第N+1节段安装位置,再安装第N+1节段并旋转,依次安装完第N+n节段。其中 $M \geq 4$,N为不为零的自然数。

[0036] S3.撑紧装置将拼装好的型钢拱架23移出至指定位置,并撑圆紧贴岩面并安装加筋肋,上紧连接板螺母。所述第N循环、第N+1循环型钢拱架23接头错开至少50%。

[0037] S4.安装第N循环、第N+1循环、第N+n循环之间的环向连接筋25。撑靴6、撑靴6底部连接筋25在撑靴6过去后,喷混区湿喷机12喷射混凝土22之前安装

上述的注浆封堵步骤为:

S1.仰拱块8在预制场集中正向预制,采用MSV多功能胶轮车17经敞开式TBM后配套台车运输至仰拱吊机9处。所述第N块仰拱块8在运输之前安装好止水条。

[0038] S2.清理第N块仰拱块8安装区,安装垫块。仰拱吊机9起吊经过旋转安装至指定位置。

[0039] S3.安装第N块与第N-1块仰拱块8之间的螺栓并拧紧。

[0040] S4.连接注浆管路进行注浆封堵。

[0041] 上述仰拱块8的安装与钢筋网片24、型钢拱架23、系统锚杆、喷射混凝土22施工互不干扰,可独立进行。

[0042] 最终在使用本发明所述的方法下,处理塌腔用时7天,减少了坍塌石块的掉落,及对机械设备的损伤,提高了掘进效率,提高了安全程度。以上所述的具体实施方式,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施方式而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

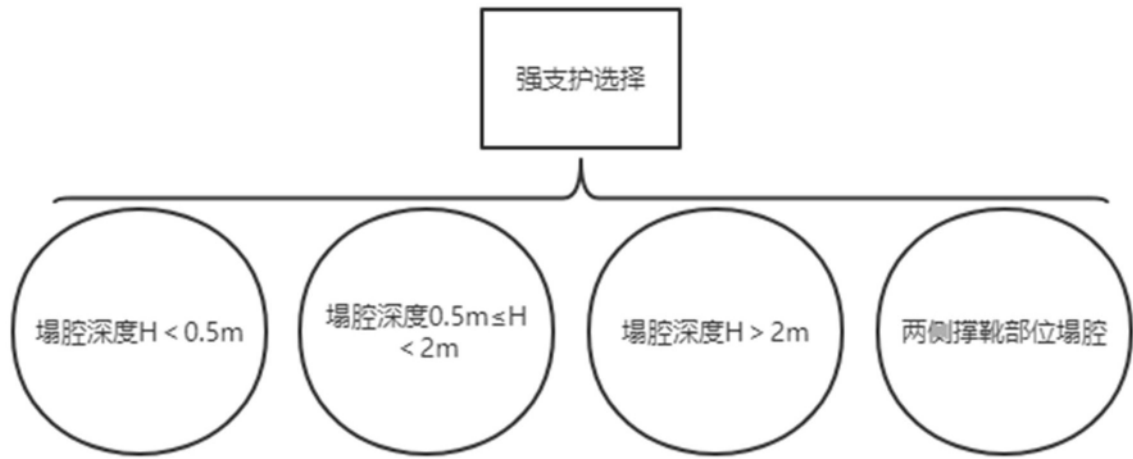


图1

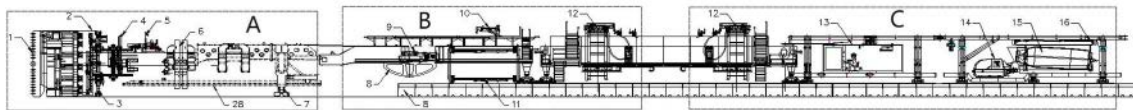


图2

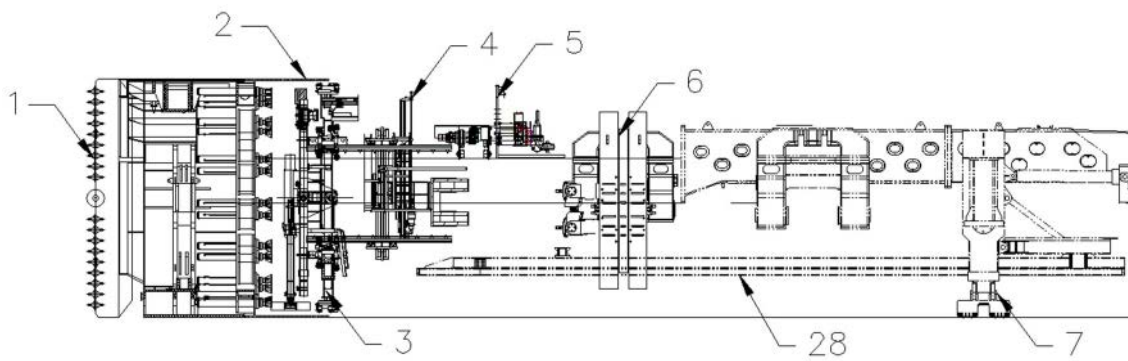


图3

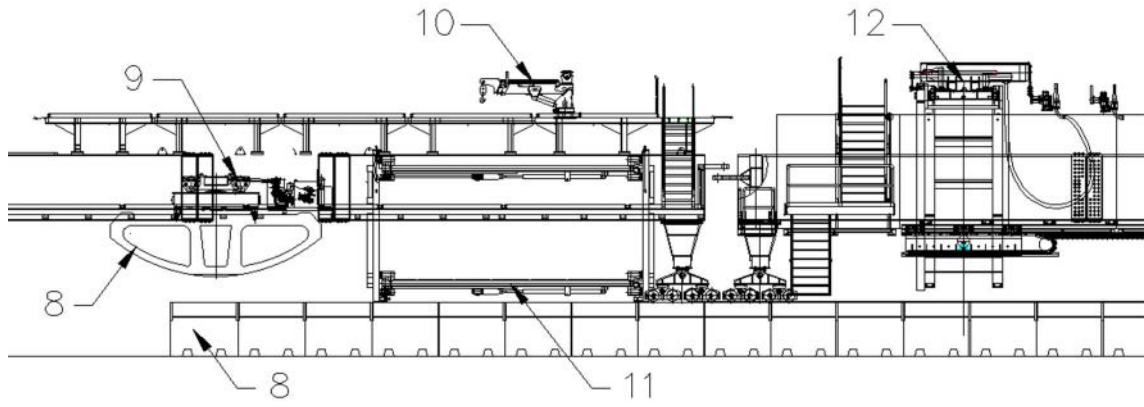


图4

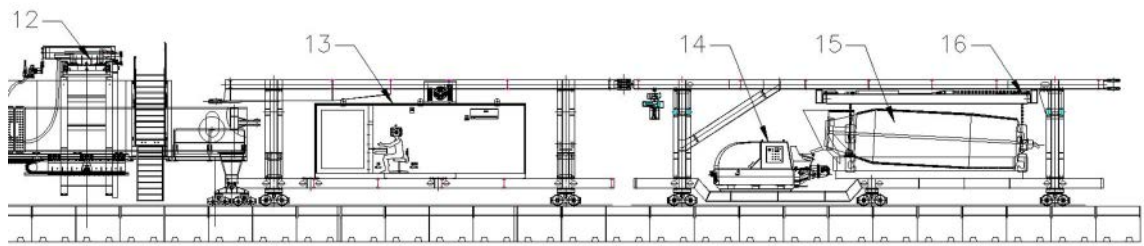


图5

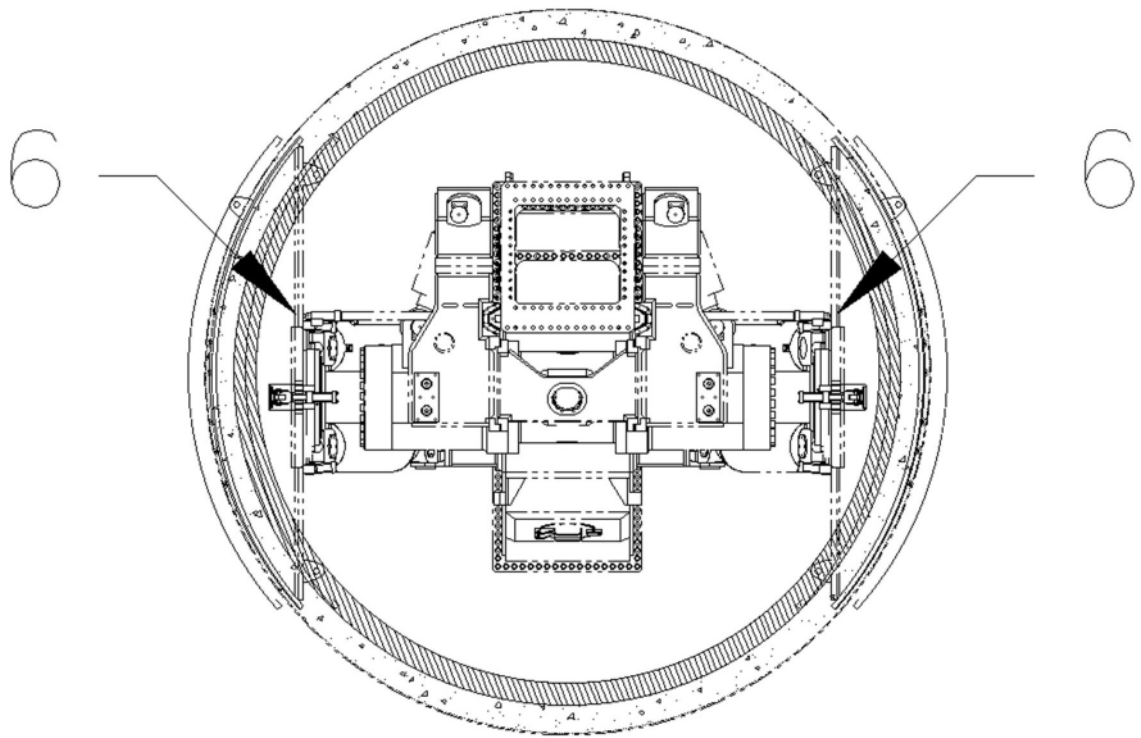


图6

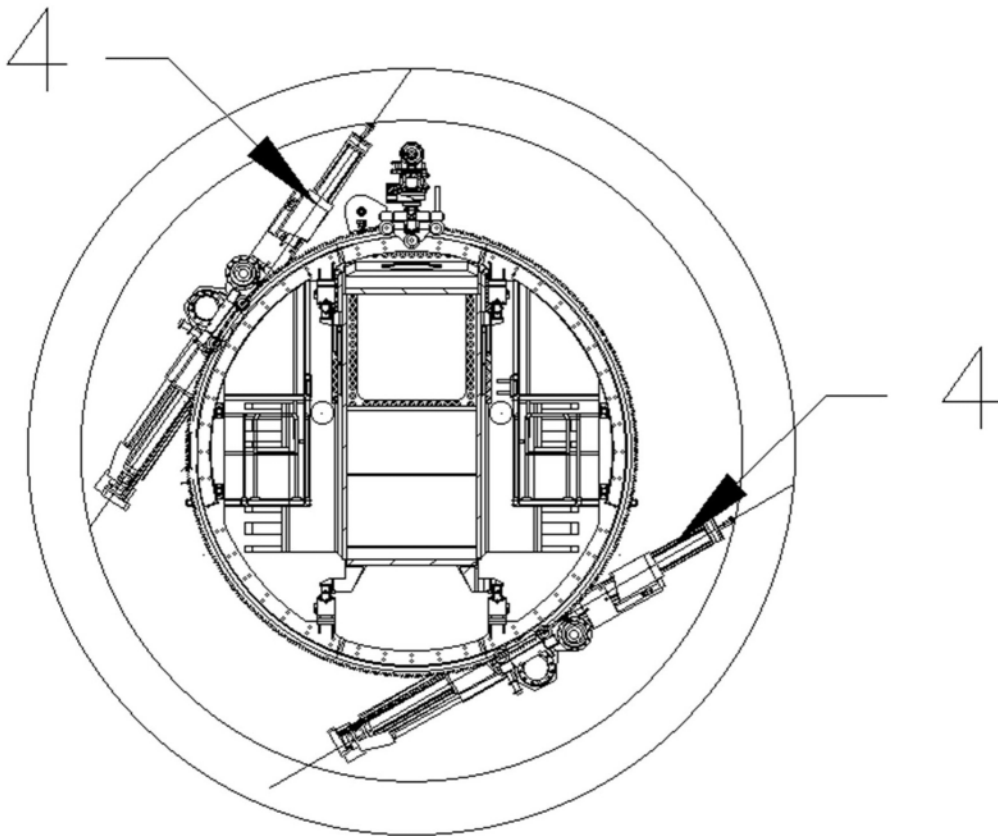


图7

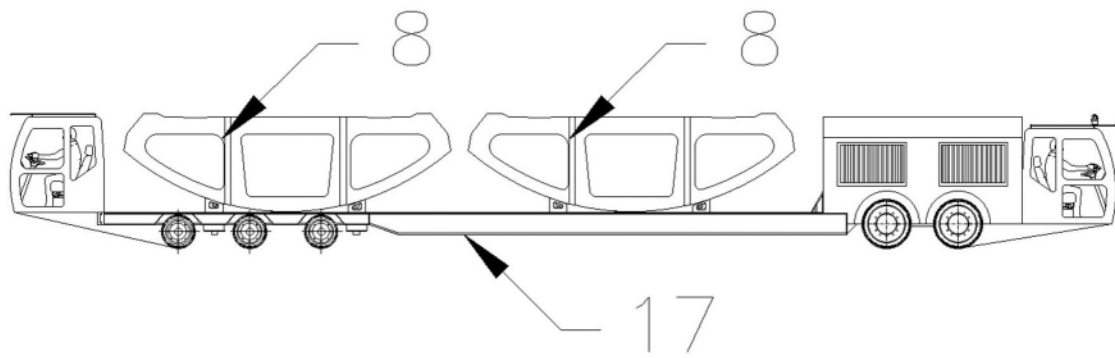


图8

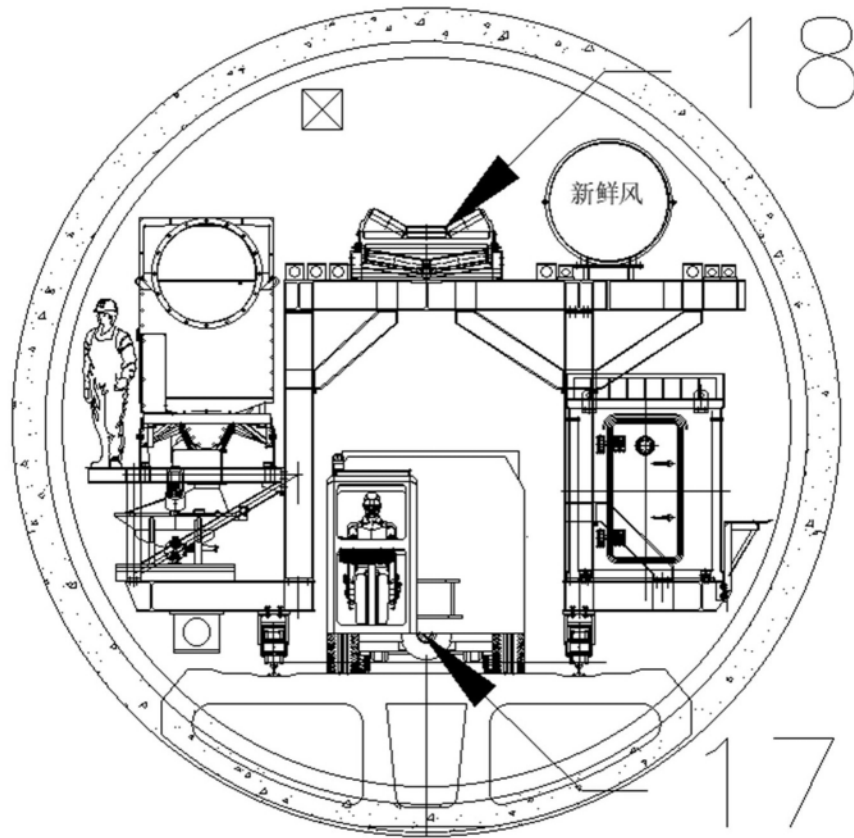


图9

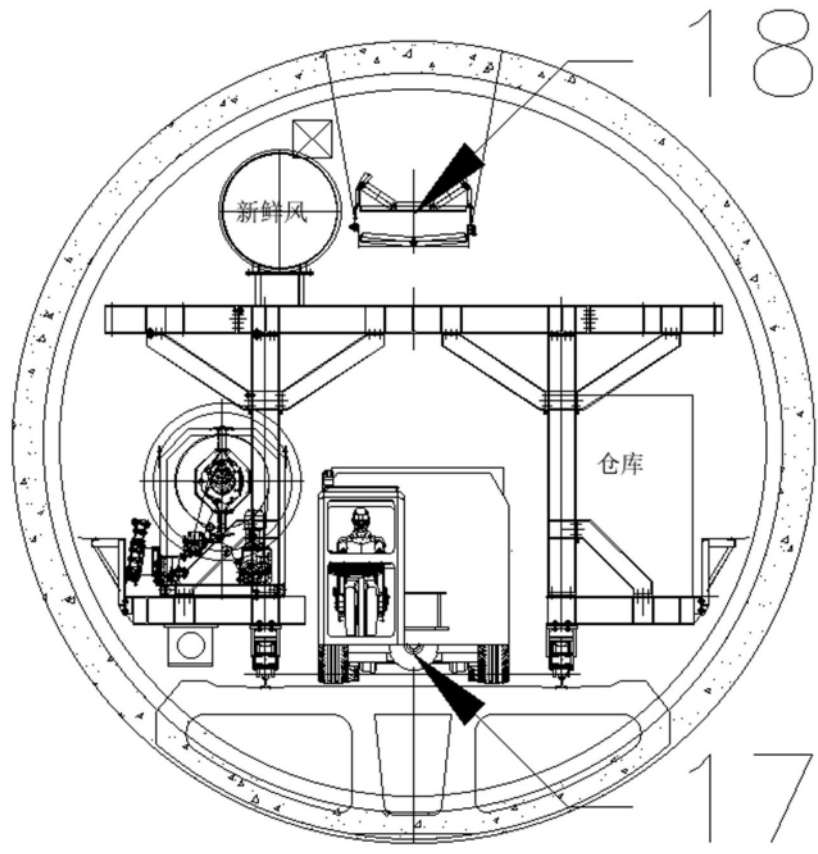


图10

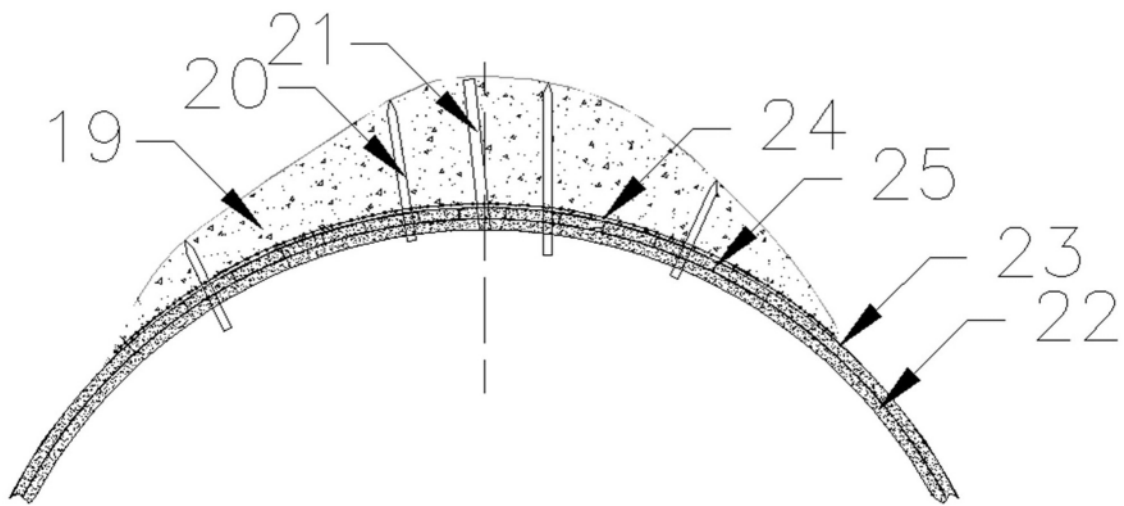


图11

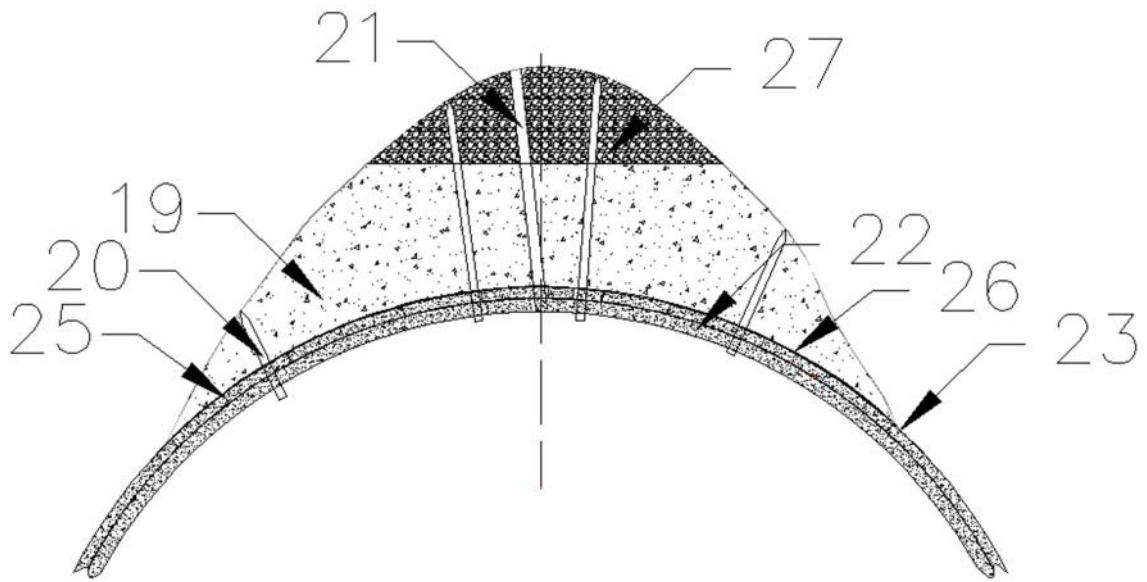


图12