



(21) 申请号 202310591083.5

(22) 申请日 2023.05.24

(71) 申请人 山西焦煤集团化工有限责任公司

地址 032399 山西省吕梁市孝义市新义街
道赵家庄村(封赵路11号)

(72) 发明人 吴宪宇 李鹏 段晓武 李欣慰

李涛 刘文魁 薛鹏 郝荣光

(74) 专利代理机构 重庆西南华渝专利代理有限公司

公司 50270

专利代理师 陈丽梅

(51) Int.Cl.

E21D 9/00 (2006.01)

E21D 9/10 (2006.01)

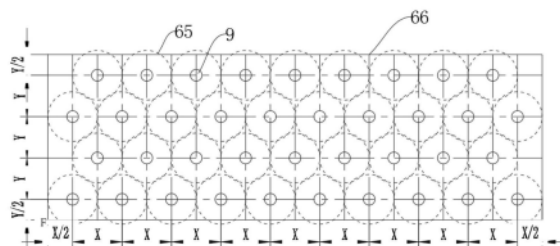
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

一种采掘工作面过构造深孔预裂爆破布设结构

(57) 摘要

本发明涉及煤矿井下钻探技术领域,具体涉及一种采掘工作面过构造深孔预裂爆破布设结构,采用不耦合连续装药结构;爆破孔间呈正三角形布置,通过松动爆破裂隙扩展半径确定孔距、排距、排数、列数,孔深为工作面至构造距离 L 与构造长度 B 之和; L 为工作面钻进至少首次煤岩交接止, B 为第首次煤岩交接与第二次煤岩交接止;本发明的有益效果为通过松动爆破裂隙扩展半径确定孔距、排距、排数、列数,并通过不耦合连续装药结构增加煤体内裂隙的产生和扩展,降低煤岩体内的应力集中程度和采场的稳定性,从而实现较少爆破孔产生最佳的爆破效果;通过随钻测量对钻杆位置和倾斜角度实时监测,从而提高钻孔准确度和精度高特点,有助于提高预裂爆破的效果。



1. 一种采掘工作面过构造深孔预裂爆破布设结构, 其特征在于, 采用不耦合连续装药结构; 爆破孔间呈正三角形布置, 孔距 X 、排距 Y 、排数 h 、列数 a 满足以下要求:

$$\text{根据松动爆破裂隙扩展半径 } r_t = r_b \left(\frac{\nu P_r}{(1 - \nu) S_t} \right)^{1/\alpha}$$

式中: r_t —裂隙扩展半径;

$$P_r \text{—应力波初始径向应力峰值, } P_r = \frac{1}{8} \rho_0 D^2 \left(\frac{r_c}{r_b} \right)^6 n;$$

ν —泊松比; α —应力波衰减系数; D —炸药爆速; ρ_0 —炸药密度;

r_c —药卷半径; r_b —爆破孔半径; S_t —岩体抗拉强度; n —压力增大系数; 采掘工作面宽度 A , 高度 H ,

则 $a = \text{ROUNDUP}(A/(2r_t - r_b), 0)$, 即 $A/(2r_t - r_b)$ 向上取整, 孔距 $X = A/a$

$h = \text{ROUNDUP}(H/(2r_t - r_b), 0)$, 即 $H/(2r_t - r_b)$ 向上取整, 排距 $Y = H/h$;

以构造截面上的 F 点 $(0, 0)$ 为 X 轴、 Y 轴的起点建立直角坐标系, 分别在 $[(2m+0.5)X, (2n+0.5)Y]$ 、 $[(k*X, (2t-0.5)Y)]$ 处施工钻孔, $m=0, 1, 2, 3, \dots$,

$n=0, 1, 2, 3, \dots$, $k=1, 2, 3, \dots$, $t=1, 2, 3, \dots$;

$(2m+0.5)X < A$, $(2n+0.5)Y < H$, $k*X < A$, $(2t-0.5)Y < H$;

孔深为工作面至构造距离 L 与构造长度 B 之和; L 为工作面钻进至少首次煤岩交接止, B 为第首次煤岩交接与第二次煤岩交接止。

2. 如权利要求1所述的采掘工作面过构造深孔预裂爆破布设结构, 其特征在于, 不耦合装药结构包括被筒防爆消焰器(18)、被筒炸药(19)、起爆药包(20)和电雷管(21); 被筒防爆消焰器(18)设置在爆破孔(9)的内端; 被筒炸药(19)逐节连接至构造长度 B 后被推送至爆破孔(9)并紧临被筒防爆消焰器(18); 在被筒炸药(19)后部装入2个起爆药包(20), 每个起爆药包(20)并联接入2枚电雷管(21); 全段被筒炸药(19)的内部敷设有导爆索(22); 导爆索(22)长出起爆药包(20)外端; 电雷管(21)连接导线引出爆破孔(9)外, 爆破孔(9)的外部进行封孔设置。

3. 如权利要求2所述的采掘工作面过构造深孔预裂爆破布设结构, 其特征在于, 爆破孔(9)直径为94mm, 被筒炸药(19)外径为45mm-70mm。

4. 如权利要求3所述的采掘工作面过构造深孔预裂爆破布设结构, 其特征在于, 被筒炸药(19)外径为63mm。

5. 如权利要求2至4中任一权利要求所述的采掘工作面过构造深孔预裂爆破布设结构, 其特征在于, 被筒炸药(19)每节长度为800mm-900mm。

6. 如权利要求2至4中任一权利要求所述的采掘工作面过构造深孔预裂爆破布设结构, 其特征在于, 被筒炸药(19)包括药芯(49)和外包在药芯(49)上的被筒(48), 被筒(48)的两端分别设有连接头, 两端的连接头上分别设有能够相互啮合的内外螺纹。

7. 如权利要求5所述的采掘工作面过构造深孔预裂爆破布设结构, 其特征在于, 被筒炸药(19)包括药芯(49)和外包在药芯(49)上的被筒(48), 被筒(48)的两端分别设有连接头,

两端的连接头上分别设有能够相互啮合的内外螺纹。

8.如权利要求2、3、4或7所述的采掘工作面过构造深孔预裂爆破布设结构,其特征在于,电雷管(21)为瞬发电雷管或同段毫秒电雷管。

9.如权利要求5所述的采掘工作面过构造深孔预裂爆破布设结构,其特征在于,电雷管(21)为瞬发电雷管或同段毫秒电雷管。

10.如权利要求6所述的采掘工作面过构造深孔预裂爆破布设结构,其特征在于,电雷管(21)为瞬发电雷管或同段毫秒电雷管。

一种采掘工作面过构造深孔预裂爆破布设结构

技术领域

[0001] 本发明涉及一种煤矿井下钻探技术领域,具体涉及一种采掘工作面过构造深孔预裂爆破布设结构。

背景技术

[0002] 综采机开挖方法已经在煤矿岩巷开挖中得到了推广使用,对于普式硬度系数小于6的软岩巷道而言,综采机能够顺利进行切割,实现较高的掘进效率。然而当回采工作面遇到较硬构造岩层需要强行推进时,由于介质的强度和硬度等力学参数发生了很大的变化,比如当遇到坚固性大于6的硬岩,综采机在切割时截齿等材料消耗会非常严重,设备损坏率高,推进速度也很缓慢。针对这种情况,在综采机开挖之前,通常采用预裂爆破方法,通过对硬岩层进行钻孔、装药爆破,炸药在炮孔内爆炸时,会产生强大的冲击波和高压气体并猛烈冲击炮孔壁四周的岩体,使得周围的岩体破碎和开裂,降低断面岩体的坚固程度,以提升综采机作业效率、减少锯齿损耗。但现阶段主要还是采用小直径的深孔爆破法如专利CN202210670144.2、CN202210367639.8及浅孔爆破法如专利CN202121613247.2。由于小直径的深孔爆破松动效果略差、浅孔爆破松动介质范围较小,爆破循环次数较多,布孔作业时间长,使得布孔效率较低,生产成本大幅度上升,且因爆破次数多而带来的安全风险也大幅度的上升。

[0003] 为此,如何在过构造结构中减少爆破次数、提高布孔效率并设置较少的爆破孔产生最佳的爆破效果成果有待解决的问题。

发明内容

[0004] 为解决现有技术中预裂爆破存在的爆破循环次数较多,布孔作业时间长,使得布孔效率较低,生产成本大幅度上升且因爆破次数多而带来的安全风险也大幅度的上升的问题,提出一种采掘工作面过构造深孔预裂爆破布设结构,它具有爆破次数少、布孔效率高、预裂爆破效果好、安全性高的特点。

[0005] 一种采掘工作面过构造深孔预裂爆破布设结构,其特征在于,采用不耦合连续装药结构;爆破孔间呈正三角形布置,孔距X、排距Y、排数h、列数a满足以下要求:

[0006] 根据松动爆破裂隙扩展半径 $r_t = r_b \left(\frac{\nu P_r}{(1 - \nu) S_t} \right)^{1/\alpha}$

[0007] 式中: r_t —裂隙扩展半径;

[0008] P_r —应力波初始径向应力峰值, $P_r = \frac{1}{8} \rho_0 D^2 \left(\frac{r_c}{r_b} \right)^6 n$;

[0009] ν —泊松比; α —应力波衰减系数; D —炸药爆速; ρ_0 —炸药密度;

- [0010] r_c —药卷半径; r_b —爆破孔半径; S_t —岩体抗拉强度; n —压力增大系数;
- [0011] 采掘工作面宽度 A ,高度 H ,
- [0012] 则 $a=\text{ROUNDUP}(A/(2r_t-r_b),0)$,即 $A/(2r_t-r_b)$ 向上取整,孔距 $X=A/a$
- [0013] $h=\text{ROUNDUP}(H/(2r_t-r_b),0)$,即 $H/(2r_t-r_b)$ 向上取整,排距 $Y=H/h$;
- [0014] 以构造截面上的 F 点 $(0,0)$ 为 X 轴、 Y 轴的起点建立直角坐标系,分别在 $[(2m+0.5)X, (2n+0.5)Y]$ 、 $[(k*X, (2t-0.5)Y)]$ 处施工钻孔, $m=0,1,2,3\cdots$,
- [0015] $n=0,1,2,3\cdots, k=1,2,3,\cdots, t=1,2,3,\cdots$;
- [0016] $(2m+0.5)X<A, (2n+0.5)Y<H, k*X<A, (2t-0.5)Y<H$;
- [0017] 孔深为工作面至构造距离 L 与构造长度 B 之和; L 为工作面钻进至少首次煤岩交接止, B 为第首次煤岩交接与第二次煤岩交接止。
- [0018] 进一步地,不耦合装药结构包括被筒防爆消焰器、被筒炸药、起爆药包和电雷管;被筒防爆消焰器设置在爆破孔的内端;被筒炸药逐节连接至构造长度 B 后被推送至爆破孔并紧临被筒防爆消焰器;在被筒炸药后部装入2个起爆药包,每个起爆药包并联接入2枚电雷管;全段被筒炸药的内部敷设有导爆索;导爆索长出起爆药包外端;电雷管连接导线引出爆破孔外,爆破孔的外部进行封孔设置。
- [0019] 进一步地,爆破孔直径为94mm,被筒炸药外径为45mm-70mm。
- [0020] 进一步地,被筒炸药外径为63mm。
- [0021] 进一步地,被筒炸药每节长度为800mm-900mm。
- [0022] 进一步地,被筒炸药包括药芯和外包在药芯上的被筒,被筒的两端分别设有连接头,两端的连接头上分别设有能够相互啮合的内外螺纹。
- [0023] 进一步地,电雷管为瞬发电雷管或同段毫秒电雷管。
- [0024] 本发明的有益效果在于:
- [0025] 1、通过松动爆破裂隙扩展半径确定孔距、排距、排数、列数,并通过不耦合连续装药结构增加煤体内裂隙的产生和扩展,降低煤岩体内的应力集中程度和采场的稳定性,从而实现较少爆破孔产生最佳的爆破效果;2、本方案为了保证预裂爆破的效果,采用了不耦合连续装药结构,被筒炸药与爆破孔径向之间留有一定空隙。当爆炸气体膨胀,爆轰波通过空气介质再将其压力传给孔壁岩石时,能起到对爆炸冲击波的缓冲作用,不仅削弱了作用于爆破孔的初始压力峰值,而且使压力均匀分布,并延长了爆炸气体的作用时间,从而有利于改善爆破效果,可以使炸药能量得到较为充分的利用。爆炸气体膨胀可以增加煤体内裂隙的产生和扩展,有利于降低煤岩体内的应力集中程度和采场的稳定性;3、利用大直径爆破孔和不耦合连续装药结构,并且通过先将被筒炸药逐节连接至构造长度后送入爆破孔内,具有结构简单,方便将炸药放入深孔中的特点;利用2枚电雷管起爆起爆药包,能够保证起爆药包爆轰完全,并由导爆索提高炸药的传爆速度,降低发生拒爆的概率,保证安全稳定性;4、通过随钻测量对钻杆位置和倾斜角度实时监测,能够通过定向钻头对钻孔方向进行调整,从而提高钻孔准确度和精度高特点,有助于提高预裂爆破的效果。

附图说明

- [0026] 图1为深孔预裂爆破系统的爆破孔布设平面示意图;
- [0027] 图2为深孔预裂爆破系统的爆破孔布设示意图;

[0028] 图3为不耦合连续装药的结构示意图；
[0029] 图4为被筒炸药的结构示意图；
[0030] 图5为本发明中定向钻进系统的结构示意图；
[0031] 图6为本发明中定向钻机的结构示意图；
[0032] 图7为防喷分离装置的结构示意图；
[0033] 图8为电子水辫的结构示意图；
[0034] 图9为通缆钻杆的结构示意图；
[0035] 图10为定向钻头的结构示意图；
[0036] 图中：1、定向钻机；2、电子水辫；3、通缆钻杆；4、孔底螺杆钻具；5、定向钻头；6、随钻测量探管；7、动力源；8、供水管；9、爆破孔；10、防爆空压机；101、防喷分离装置；11、集尘罩；12、排气口；13、排水口；14、排渣口；15、过滤装置；16、矿井瓦斯抽采管；17、矿井水池；18、被筒防爆消焰器；19、被筒炸药；20、起爆药包；21、电雷管；22、导爆索；23、出流口；24、固定端；25、旋转端；26、进流口；27、通讯端口；28、第一流道；29、轴承；30、绝缘层；31、第一导体；32、杆体；33、内螺纹；34、外螺纹；35、刚性连接材料；36、绝缘材料；37、第二导体；38、第二流道；39、弹性导体；40、凹槽；41、矿井排渣运输系统；42、防爆计算机；43、压风监控系统；44、被筒牵引绳；45、爆破母线；46、封孔材料；47、起爆器；48、被筒；49、药芯；50、脚线护套管；51、螺旋槽；52、钻头体；53、第三流道；54、底盘；55、动力装置；56、稳钻机构；57、调姿机构；58、主机；59、俯仰回转组件；60、升降座；61、履带；62、升降油缸；63、通孔；65、松动爆破裂痕扩展范围；66、工作面；67、构造。

具体实施方式

[0037] 下面结合实施例对本发明一种采掘工作面过构造深孔预裂爆破布设结构作进一步说明。

[0038] 以下所称孔内、孔底、孔口均指钻孔的不同位置，爆破孔亦指钻孔。

[0039] 爆破孔9是垂直于采掘工作面近水平的直线孔，100m偏移不大于1m。在长的距离内难免发生偏斜的情况，即钻孔的实际空间位置偏离设计空间位置，尤其在过复杂构造时，由于岩石的各向异性在钻头处产生歪倒力矩使粗径钻具倾斜而导致孔斜；或者在钻进软硬夹层时，钻头处产生钻压差或钻头沿岩石节理面滑移等，深孔钻进一旦偏斜过大将导致无法装药，即使能够装填完毕，预裂爆破的效果下降甚至完全失败。具体影响包括：1、断层面的位置不准确：当钻孔出现偏斜时，预裂孔的断层面位置将不再准确，无法达到预期设计的爆破效果。这会导致断层面的拉裂力量不足，最终导致爆炸后的岩石未能形成预期的裂缝。2、爆炸能量的浪费：预裂爆破需要精心设计和计算，以确保爆炸能量足够均匀地传播，形成预期的断层裂纹。当钻孔偏斜时，由于能量的波动性，爆炸能量会被浪费在不必要的区域上，而不是形成预期的裂缝。3、安全风险增加：预裂爆破作业需要高精度的钻孔操作，通常是在高风险的工作环境中进行。如果钻孔偏斜，爆炸能量会被随意传播，可能会对周围地质环境或人员造成安全风险。因此本发明采用了精准钻孔装置进行深孔钻进。

[0040] 如图1、图2所示，一种采掘工作面过构造深孔预裂爆破布设结构，采用不耦合连续装药结构；爆破孔间呈正三角形布置，孔距X、排距Y、排数h、列数a满足以下要求：

[0041] 根据松动爆破裂隙扩展半径 $r_t = r_b \left(\frac{\nu P_r}{(1 - \nu) S_t} \right)^{1/\alpha}$

[0042] 式中： r_t —裂隙扩展半径；

[0043] P_r —应力波初始径向应力峰值， $P_r = \frac{1}{8} \rho_0 D^2 \left(\frac{r_c}{r_b} \right)^6 n$ ；

[0044] ν —泊松比；由地质勘探获取，范围0.2-0.3，实施例中取0.28；

[0045] α —应力波衰减系数，由泊松比计算 $2 - \nu / (1 - \nu) = 1.61$ ；

[0046] D —炸药爆速，由炸药制造商提供3800m/s-4500m/s，实施例取4200m/s；

[0047] ρ_0 —炸药密度，由炸药制造商提供1050kg/m³-1250kg/m³，实施例取1100kg/m³；

[0049] r_c —药卷半径=0.063/2=0.0315m；

[0050] r_b —爆破孔半径，爆破孔直径设计为Φ94mm，=0.094/2=0.047m；

[0051] S_t —岩体抗拉强度，由地质勘探获取，计算时换算为pa，实施例取9MPa；

[0052] n —压力增大系数，范围8-9，实施例取10；

[0053] 根据实施例计算结果： $r_t=0.79m$ ；裂隙扩展孔距理论值等于

[0054] $2r_t - r_b = 1.54m$ ；

[0055] 采掘工作面宽度A，高度H，

[0056] 则 $a = \text{ROUNDUP}(A / (2r_t - r_b), 0)$ ，即 $A / (2r_t - r_b)$ 向上取整，孔距 $X = A/a$

[0057] $h = \text{ROUNDUP}(H / (2r_t - r_b), 0)$ ，即 $H / (2r_t - r_b)$ 向上取整，排距 $Y = H/h$ ；

[0058] 以构造截面上的F点(0,0)为X轴、Y轴的起点建立直角坐标系，分别在 $[(2m+0.5)X, (2n+0.5)Y]$ 、 $[(k \cdot X, (2t-0.5)Y)]$ 处施工钻孔， $m=0, 1, 2, 3, \dots$ ，

[0059] $n=0, 1, 2, 3, \dots$ ， $k=1, 2, 3, \dots$ ， $t=1, 2, 3, \dots$ ；

[0060] $(2m+0.5)X < A$ ， $(2n+0.5)Y < H$ ， $k \cdot X < A$ ， $(2t-0.5)Y < H$ ；

[0061] 孔深为工作面至构造距离L与构造长度B之和；L为工作面钻进至少首次煤岩交接止，B为第首次煤岩交接与第二次煤岩交接止。药卷半径即为被筒炸药半径。

[0062] 如图3、图4所示，不耦合装药结构包括被筒防爆消焰器18、被筒炸药19、起爆药包20和电雷管21，被筒防爆消焰器18设置在孔底；被筒炸药19逐节连接至构造67长度后被推送至孔内并紧临被筒防爆消焰器18；在被筒炸药19后部装入两个起爆药包20，每个起爆药包20并联接入两个枚电雷管21；全段被筒炸药19的内部敷设有导爆索22；导爆索22长出起爆药包20外端；电雷管21连接导线引出孔外，孔外进行封孔设置。

[0063] 在本实施例中，爆破孔孔位呈三角设置。爆破孔的直径为94mm，被筒炸药19外径为45mm-70mm；

[0064] 利用大直径爆破孔和不耦合连续装药结构，并且通过先将被筒炸药19逐节连接至构造67长度后送入爆破孔内，具有结构简单，方便将炸药放入深孔中的特点；利用2枚电雷管21起爆起爆药包20，能够保证起爆药包20爆轰完全，并由导爆索22提高炸药的传爆速度，降低发生拒爆的概率，保证安全稳定性。其中被筒炸药19包括药芯49和外包在药芯49外部

的被筒48,被筒48的两端分别设有连接头,两端的连接头上分别设有能够相互啮合的内外螺纹,从而使被筒炸药19能够逐节相连,保持多节药芯49整体的连续性,实现炸药在爆破孔方向均匀分布,保证爆破的均衡稳定,提高装药效率。

[0065] 被筒48采用消焰剂制成,其内部的消焰剂主要为有机盐类;被筒48和被筒48消焰器内的消焰剂能够阻止炸药中可燃成分与氧气化学反应,同时又能够提高可燃气体的点火温度,使可燃气体不易被点燃。利用其阻化和吸热共同作用减少爆炸火焰、降低火焰持续时间,从而降低爆炸性气体爆炸的可能性,增加安全冗余度。在本实施例中,被筒炸药19每节长度800mm-900mm。药芯49过短,需多次连接增加工作量,药芯49过长,可能导致药芯49不能装入。因钻孔用钻杆常用长度1000~3000mm长,根据其抗弯曲性能,选择被筒炸药19长度800mm-900mm能够确保药芯49能被装入并减少连接次数。

[0066] 本方案预裂爆破装置为了保证预裂爆破的效果,采用了不耦合连续装药结构,被筒炸药19与爆破孔径向之间留有一定空隙。当爆炸气体膨胀,爆轰波通过空气介质再将其压力传给孔壁岩石时,能起到对爆炸冲击波的缓冲作用,不仅削弱了作用于爆破孔的初始压力峰值,而且使压力均匀分布,并延长了爆炸气体的作用时间,从而有利于改善爆破效果,可以使炸药能量得到较为充分的利用。爆炸气体膨胀可以增加煤体内裂隙的产生和扩展,有利于降低煤岩体内的应力集中程度和采场的稳定性。通过钻凿大直径深爆破孔,装填大直径被筒炸药19,可以增加单次爆破松动深度,利用炸药爆炸产生的冲击波、应力波在介质中的动作用和爆炸气体膨胀静作用的联合总效果,使爆破孔周围岩石破裂而不产生抛掷的控制爆破,从而达到增加回采工作面66岩石裂隙的效果,能够减少设备损耗,提高综采效率,降低生产成本,实现工作面66安全、快速推进,同时避免强行推进过程中切割粉尘过大,提高职工职业健康防护。

[0067] 电雷管21为瞬发电雷管21或同段毫秒电雷管21;在本实施例中,在被筒炸药19后部装入个起爆药包20,每个起爆药包20并联接入2枚同段毫秒电雷管21。由于在深孔爆破中,当炸药的敏感度低时,电雷管21不能直接起爆,需要使用起爆药包20进行起爆,起爆药包20由电雷管21起爆。电雷管21为同段煤矿许用毫秒电雷管21,2枚同段电雷管21能够保证同时起爆,保证起爆药包20爆轰完全,从而使起爆药包20充分释出爆炸能量,平均释出能量相对值提高,利用起爆药包20瞬间分解时对周围产生的能量引爆导爆索22,导爆索22的爆速一般不小于5600m/s,由导爆索22传爆,可同时起爆多节被筒炸药19。

[0068] 电雷管21的脚线外侧设有脚线护套管50,电雷管21连接导线引出孔口外,孔口外封堵有封孔材料46。电雷管21脚线缠住起爆药包20,并将脚线扭结成短路,避免静电或杂散电流意外引爆电雷管21,导爆索22超过起爆药包20外端1m-2m。

[0069] 在本实施例中,脚线护套管50使电雷管21脚线悬空,不与导电体相接触,用于对电雷管21进行防护,避免线路在回填过程中遭受破坏,电雷管21脚线在连接时要连紧、接牢,并用防水胶布密封接头,且端头进行短路连接;封堵长度视爆破点煤体强度确定,一般为5m-10m。爆破孔填塞完成后,将各爆破孔起爆用的电雷管21导线串联接入爆破母线45和起爆器47,爆破母线45要求绝缘良好,并且悬空吊挂。

[0070] 在其它实施例中,在被筒48之间的连接处还套装有居中环,居中环能够让被筒炸药19居于爆破孔中部,不耦合装药在被筒炸药19与爆破孔壁之间形成一定体积的环形间隙,能够有效降低爆轰波的初始压力,保护孔壁完整避免周围岩体过分粉碎,延长路爆破应

力波和爆生气体作用时间,有利于预裂缝扩展。

[0071] 还包括有被筒牵引绳44,被筒牵引绳44连接被筒防爆消焰器18,被筒牵引绳44长度超过爆破孔深度,即大于L+B的长度。被筒牵引绳44连接被筒防爆消焰器18被推送至孔底;当炸药被筒48卡孔无法继续进入钻孔深部时,可以利用牵引绳将被筒48拽出。

[0072] 封孔采用封孔材料46或封孔器进行封堵,封孔材料46为黄泥、水炮泥、黏土炮泥或不燃性、可塑性材料制成的炮泥。在本实施例中,封孔材料46为水炮泥,水泡泥在炸药高温作用下变成气体能够进一步加强气楔致裂效应。在其它实施例中,封孔还可以采用封孔器。

[0073] 本方案采用了不耦合连续装药结构,被筒炸药19与爆破孔径向之间留有一定空隙。当爆炸气体膨胀,爆轰波通过空气介质再将其压力传给孔壁岩石时,能起到对爆炸冲击波的缓冲作用,不仅削弱了作用于爆破孔的初始压力峰值,而且使压力均匀分布,并延长了爆炸气体的作用时间,从而有利于改善爆破效果,可以使炸药能量得到较为充分的利用。爆破产生的能量可以增加煤体内裂隙的产生和扩展,有利于降低煤岩体内的应力集中程度。爆破孔填塞完成后,将各爆破孔起爆导线串联接入爆破母线45,采用孔内并联,孔外串联的起爆网络爆破,可以减少爆破次数。结合ANSYS/LS-DYNA有限元动态模拟分析软件,可以确定不耦合装药系数、爆破孔深度、装药量、爆破孔间距等最佳爆破参数。通过钻凿大直径深爆破孔,装填大直径被筒炸药19,可以增加单次爆破松动深度,利用炸药爆炸产生的冲击波、应力波在介质中的动作用和爆炸气体膨胀静作用的联合总效果,使爆破孔周围岩石破裂而不产生抛掷的控制爆破,从而达到增加回采工作面66岩石裂隙的效果,能够减少设备损耗,提高综采效率,降低生产成本,实现工作面66安全、快速推进。

[0074] 如图5、图6所示,采掘工作面过构造的深孔预裂爆破精准钻孔装置包括定向钻机1、电子水辫2、通缆钻杆3、孔底螺杆钻具4、定向钻头5、随钻测量探管6、用于驱动孔底螺杆钻具4的动力源7;定向钻机1用于控制通缆钻杆3旋转给进,通缆钻杆3的一端与定向钻机1传动连接;另一端连接孔底螺杆钻具4,孔底螺杆钻具4与钻头传动连接;随钻测量探管6设置在通缆钻杆3上;电子水辫2的出流口23与通缆钻杆3后端连通,进流口26与供水管8连接;送风器的一端与电子水辫2连通,另一端连接有防爆空压机10;钻孔深度为工作面66至构造67距离与构造67长度之和;钻孔完成后,向爆破孔内装入不耦合装药结构。通过随钻测量对钻杆位置和倾斜角度实时监测,能够通过定向钻头对钻孔方向进行调整,从而提高钻孔准确度和精度高特点,有助于提高预裂爆破的效果。

[0075] 如图6所示,定向钻机1包括底盘54、主机58、动力装置55、稳钻机构56和调姿机构57,调姿机构57连接在底盘54上,主机58安装在调姿机构57上,主机58包括旋转给进机构;动力装置55包括防爆电机和液压泵,用于输出液压油供钻机及各机构运行。底盘54由液压马达驱动,用于定向钻机1自动行驶。动力装置55包括防爆电动机和液压泵,用于输出液压油供钻机各机构运行。

[0076] 稳钻机构56为设置在底盘54上向上和向下设置的液压油缸,动力装置55提供液压动力,使液压油缸伸长,用于抵紧巷道地面和顶板,在钻进过程中起到稳定定向钻机1和钻杆的作用。

[0077] 旋转给进机构包括液压马达、减速箱体、给进油缸,给进油缸是液压系统中作往复直线运动的执行机构,液压马达的驱动轴经过减速箱体调整转速后,驱动给进油缸往复直线运动,用于钻进以及孔底造斜时控制造斜方向。在本实施例中,旋转给进机构可以为

CN202110264181.9中的类型。

[0078] 调姿机构57包括升降座60、俯仰回转组件59以及安装于底盘54上的升降油缸62，升降座60固定安装在升降油缸62的运动部上；俯仰回转组件的固定部与升降座60连接，转动部与钻机主机58连接，以便俯仰回转组件调节钻机主机58的钻孔俯仰角。

[0079] 升降座60固定安装于升降油缸62的运动部上，升降油缸62驱动升降座60沿着底盘54的高度方向上下运动，进而带动俯仰回转组件与钻机主机58相对于底盘54升降，实现对钻机主机58钻孔高度的调节；调姿机构57用于主机58的钻孔高度和钻孔俯仰角，配合钻机的钻孔程序实现定位钻孔自动化作业。

[0080] 通缆钻杆3又被称为定向钻杆，钻杆内的通缆装置用于随钻测量数据的传输，它是孔底测斜单元与孔口测斜设备之间的信号传输装置，是保证定向钻进顺利实施的重要配套钻具。在本实施例中，通缆钻杆3的型号为但不限于益矿YKDRILL通缆钻杆3。

[0081] 钻孔作业需要严格按照爆破设计要求，掌握好孔位、孔深和角度。通过随钻测量探管6能够将测点的钻孔轨迹数据、孔深记录数据、角度数据等通过通缆钻杆3反馈到孔口外的防爆计算机42。水辫用来连接钻机和水管的接头，在钻机想煤岩层钻孔过程中，供水管8中的承压水自电子水辫2进入通缆钻杆3，水再通过通缆钻杆3从钻头喷入钻孔，可以降尘，若连接高压水，还可以进行水力冲孔。当钻机起钻后，送风器利用防爆空压机10产生的压风将孔内残渣吹清，用于保证后续装药顺畅。

[0082] 如图7所示，防喷分离装置101包括安装于通缆钻杆3后端孔口处的集尘罩11以及气水渣分离装置，集气罩连接有排气口12、排水口13和排渣口14，在集气罩的通孔63与排气口12、排水口13之间均设有过滤装置15，排气口12与矿井瓦斯抽采管16连接；排水口13与矿井水池17连接；排渣口14与矿井排渣运输系统41连接。

[0083] 由于钻杆连通了送风器，送风器向孔内送风吹清残渣，电子水辫2向孔内送水降尘、冲孔；因此残渣、灰尘、瓦斯、废水会从孔口处喷出，防喷分离装置101用于防止孔内物质喷出伤人，同时自动收集废水、瓦斯、残渣、灰尘，改善工作现场环境。集尘罩11能够起到对残渣、灰尘的收拢作用并防止其四散喷出，收拢的残渣通过排渣口14进入到矿井排渣运输系统41排走；瓦斯气体通过过滤装置15过滤到灰尘后，通过排气口12排入瓦斯抽采管中排出，灰尘落入排渣口14；排水口13通过过滤装置15过滤掉残渣和灰尘后排入矿井水池17。在本实施例中，过滤装置15为相应目数的金属滤网。

[0084] 如图8所示，电子水辫2包括固定端24和旋转端25，固定端24设有进流口26和通讯端口27，固定端24和旋转端25有贯通的第一流道28，固定端24和旋转端25经轴承29旋转连接，固定端24和旋转端25内部设有绝缘层30，绝缘层30内设有第一导体31，第一导体31与通讯端口27连接，通讯端口27连接防爆计算机42。电子水辫2一端与水管或风管连接，另一端通过螺纹与通缆钻杆3连接，是外界冲洗液进入钻杆和传输信号的过渡装置，是定向钻进随钻测量必需的配套设备，具有信号传输、输送孔底马达所需动力介质等作用，与定向钻机1配套使用。

[0085] 如图9所示，通缆钻杆3包括杆体32，杆体32两端设有相互啮合的内螺纹33、外螺纹34，杆体32内设有刚性连接材料35，刚性连接材料35内部填充绝缘材料36，绝缘材料36内部设有第二导体37，刚性连接材料35外与杆体32内壁间有贯通的第二流道38，第二导体37一端为弹性导体39，另一端设有与弹性材料配套的凹槽40；杆体32外径 $\Phi 73\text{mm}$ ，长度1000~

3000mm;杆体32外部还设有螺旋槽51。随钻测量探管6包含磁方位传感器和倾角传感器;

[0086] 固定端24的进流口26与矿用供水管8连通,进流口26还可以输入泥浆、压缩空气作为孔底马达的动力,同时也能将孔内钻屑排出孔外。旋转端25与通缆钻杆3的后端连通;电子水辫2的第一流道28与通缆钻杆3的第二流道38连通。绝缘层30用于避免水与第一导体31连通,第一导体31用于与通缆钻杆3的弹性导体39连接;弹性导体39与第二导体37、钻杆的导体外壳连接,磁方位传感器和倾角传感器与钻杆的导体外壳、第二导体37与连接,用于随钻信号传输。

[0087] 如图10所示,定向钻头5包括钻头体52,后端外径 $\Phi 73\text{mm}$,且设有与钻杆外螺纹34先啮合的内螺纹33,前端外径 $\Phi 94\text{mm}$,前端设有PDC金刚石复合片及硬质合金,PDC金刚石复合片及硬质合金置于前端外圆上及前端端面,钻头前端还设有多个与后端贯通的第三流道53,第三流道53通缆钻杆3的第二流道38连通,用于输入水、输入泥浆、压缩空气,同时将孔内钻屑向后排。

[0088] 孔底螺杆钻具4具体为带弯头的液动螺杆马达或风动螺杆马达;孔底螺杆钻具4工作过程中,钻头回转破碎岩石,而整个钻具不回转;通过更换定向弯接头体或下万向节外管,使孔底螺杆钻具4弯曲调整定向,在钻压的作用下,将使钻头对孔壁四周产生不等的侧向力,从而实现保持定向钻进。

[0089] 本方案的使用方法为:

[0090] 步骤S1:地质勘探:获取岩体抗拉强度和泊松比,以及构造的宽度、高度、厚度等参数;

[0091] 步骤S2:定向钻孔:

[0092] 定向钻机采用 $\Phi 73-94$ 有线随钻测量通缆钻杆($\Phi 94$ 为切屑刃外径, $\Phi 73$ 指配接 $\Phi 73$ 钻杆)钻头施工定向钻孔;

[0093] 步骤S3:验孔、探孔、清孔;

[0094] 验孔使用ZKXG100型矿用轨迹检测装置对爆破孔的角度、长度、轨迹等参数进行校验并记录校验结果。为保证装药顺畅,当钻机起钻后,用压风将孔内残碴吹清,并用连接杆对爆破孔进行探孔,记录钻孔深度;

[0095] 步骤S4:装药;

[0096] 装药采用被筒药芯,每节长度为800mm或900mm,外径为 $\Phi 63$,总装药长度B;具体根据各矿使用炸药规格而定。最先装入被筒防爆消焰器,然后逐根对接被筒药芯逐步送入孔内。装药时,每两节被筒之间采用接头进行连接,多节被筒之间通过接头连接后,能够保持多节药包整体的连续性。装药前探孔可以有效避免卡孔问题的发生;同时,万一遇到卡孔问题时,也可以有相应的预防措施般情况下,装药前将最里端被筒消焰器端头扎孔并穿入高强度牵引绳,牵引绳长度超过钻孔深度,当炸药被筒卡孔无法继续进入钻孔深部时,可以利用牵引绳将被筒拽出。

[0097] 步骤S5:封堵;

[0098] 使用专用高粘度胶装封孔材料或高压专用封孔器进行封堵;

[0099] 步骤S6:起爆网络连接;

[0100] 各爆破孔填塞完成后将各导线串联接入母线网路。爆破母线必须绝缘良好,并且悬空吊挂。爆破母线要达到300m长以达到远距离起爆的要求,并且中间无接头。

- [0101] 步骤S7:起爆网络电阻检测
- [0102] 在封堵过程中随测电阻情况,发现异常,及时处理;
- [0103] 步骤S8:实施警戒;
- [0104] 步骤S9:起爆;采用MFB200型起爆器起爆,起爆前先在安全地点测量电阻情况,无异常后方可起爆;
- [0105] 步骤S10:爆后检查。
- [0106] 以下为本方案的实施案例:
- [0107] XX煤业XX掘进工作面深孔预裂爆破作业
- [0108] 爆破孔直径为 $\phi 94\text{mm}$,孔深设计25m(如穿孔过程中未穿至设计孔深就发现煤岩交接的,则立即停钻,孔深按照实际孔深选取),装药采用被筒药柱,每孔被筒药柱为23个,装药量36.8kg(1.6kg/被筒),封堵6.6m。
- [0109] 为控制爆破振动,采用2、3、4段煤矿许用电雷管起爆。连线方式为孔内并联,孔外串联。

编号	爆破孔直径/mm	爆破孔深度/m	装药直径/mm	装药长度/m	堵塞长度/m	药量/kg	雷管段别
[0110] 1	94	25	63	18.4	6.6	36.8	2
2	94	25	63	18.4	6.6	36.8	3
3	94	25	63	18.4	6.6	36.8	4

- [0111] 爆后效果如下:
- [0112] 1、爆后检查时孔口有少许裂隙。爆破后矿方人员在掘进期间跟踪观察,封泥段无明显爆破效果,爆破段有明显裂隙,掘进过程中岩石易截割。
- [0113] 2、截齿损耗减少:截齿损耗大幅降低,割煤机过全岩段时,岩石以小块状剥落较为明显,截齿消耗率降低40%左右,且减少了人工更换截齿的停机时间。
- [0114] 3、割煤效率提高:工作面日进尺能够提高30%,提高了采煤效率。
- [0115] 4、降低安全风险:工作面在进入全岩段后,基本无须进行浅眼爆破作业,在很大程度上降低了安全风险。并且深孔预裂爆破施工过程中无盲炮、冲孔现象发生,未对施工工作面顶、底板造成破坏,爆破振动控制在安全范围值以内。
- [0116] 5、粉尘浓度降低:通过深孔爆破后,割煤机在进入全岩段后无须强行推进,大大降低了粉尘,为职工职业健康提供了保障。采用深孔预裂松动爆破的方法预先对回采工作面推进过程中将要遇到的坚硬岩石进行弱化,即在超前工作面一定距离对岩体进行预裂松动爆破,以保证综采工作面能够顺利通过爆破区域。

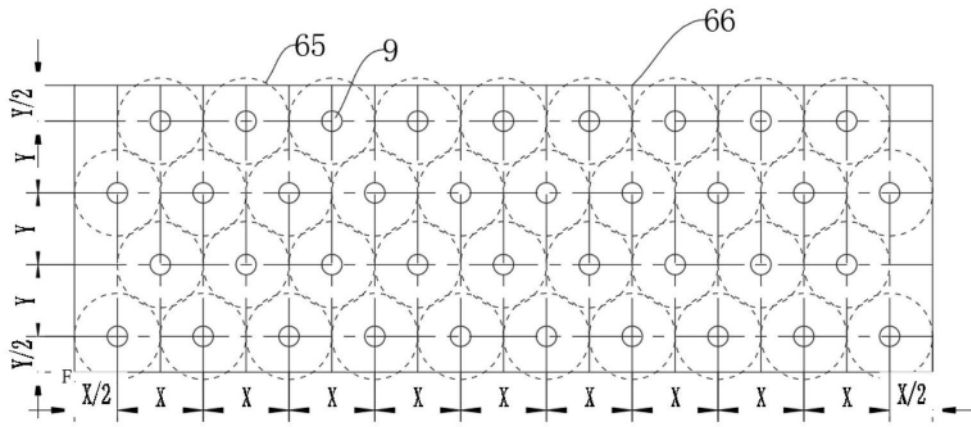


图1

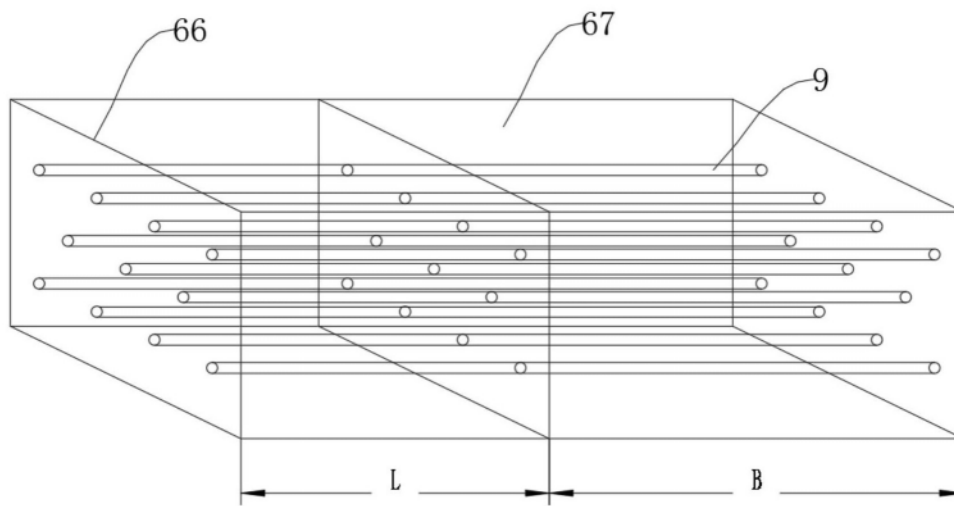


图2

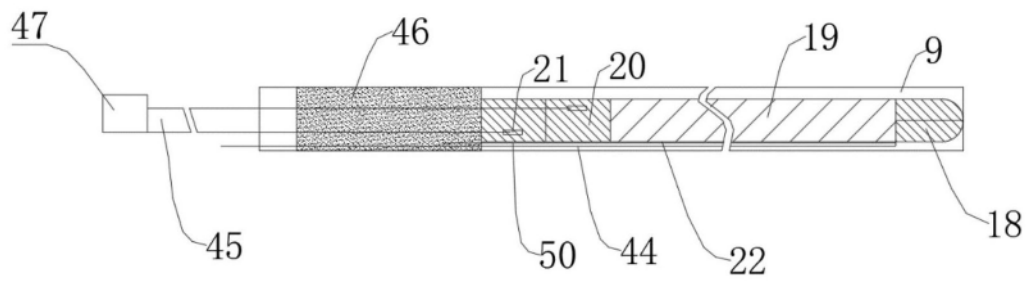


图3

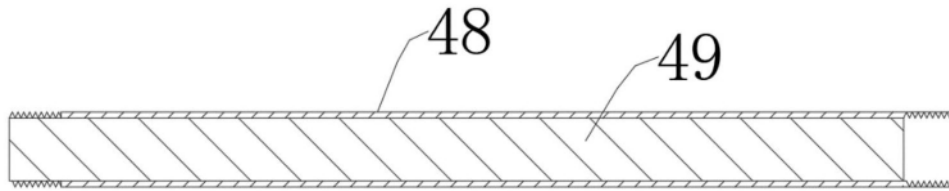


图4

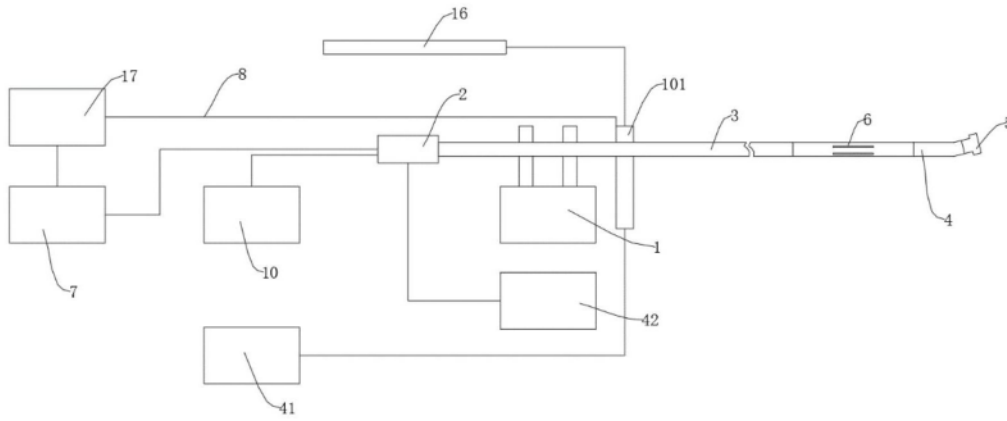


图5

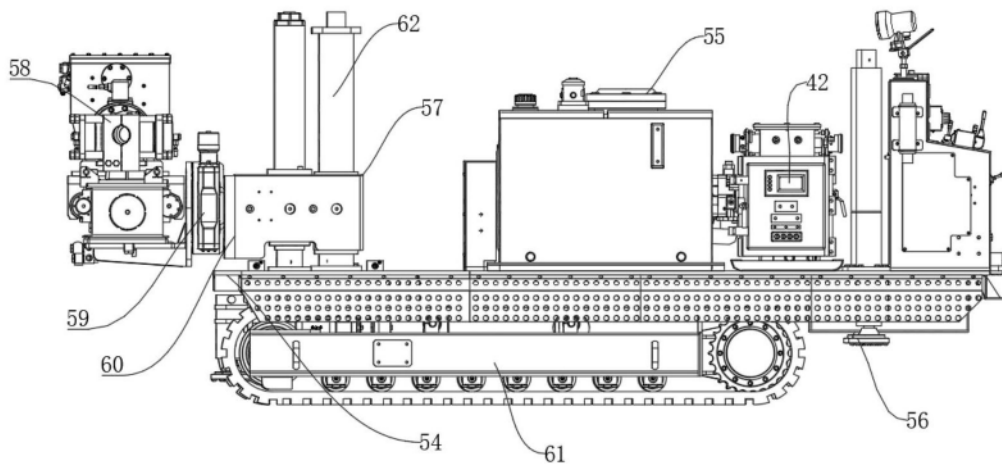


图6

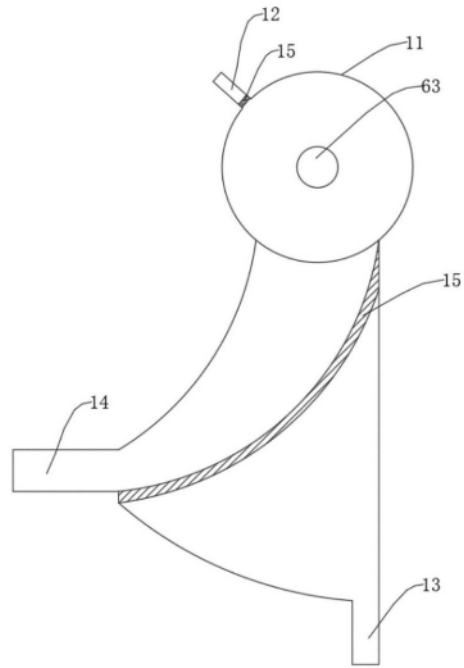


图7

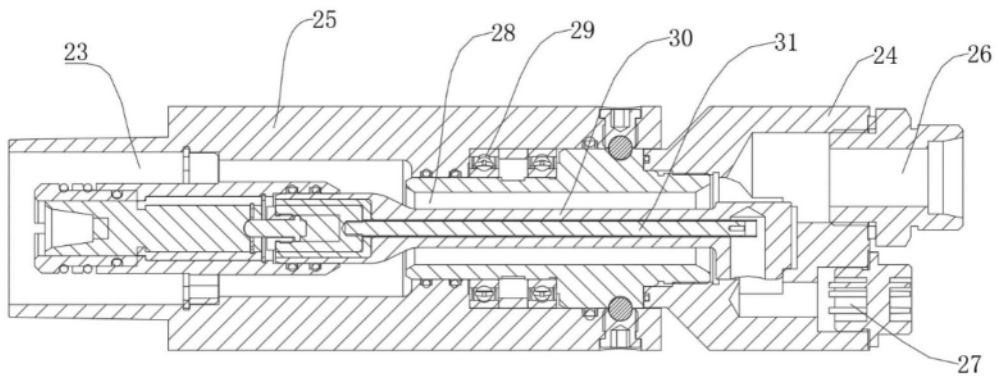


图8

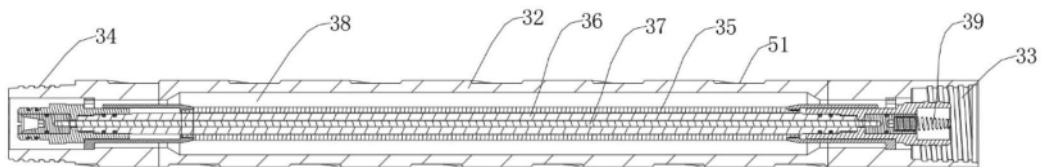


图9

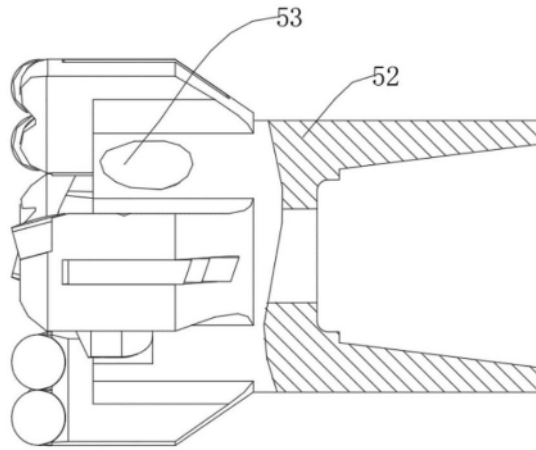


图10