(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 115045677 B
(45)授权公告日 2023.08.29

(21)申请号 202210554935.9
(22)申请日 2022.05.20
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 115045677 A
(43)申请公布日 2022.09.13
(73)专利权人 中国矿业大学
地址 221116 江苏省徐州市大学路1号
(72)发明人 江红祥 朱真才 刘送永 张晓迪 李洪盛 司垒 许少毅 赵慧贺
(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200
专利代理师 王美章
(51)Int.Cl.
E21D 9/10(2006.01)

(56)对比文件
CN 206625842 U,2017.11.10
CN 107387104 A,2017.11.24
CN 112483108 A,2021.03.12
CN 202527758 U,2012.11.14

审查员 张樱

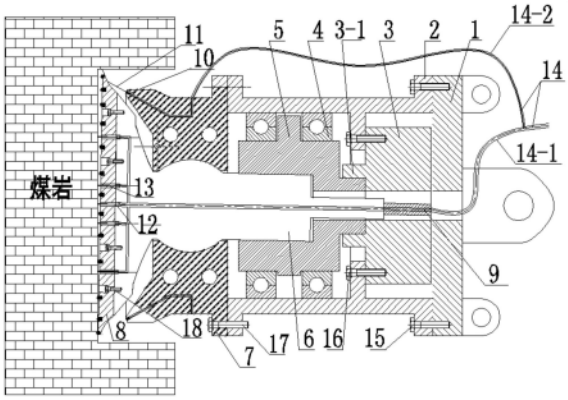
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构及使用方法

(57)摘要

本发明公开了一种双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构及使用方法，包括：机架，以及设置在机架上的驱动装置、切割组件，切割组件包括：偏心套筒、旋回体、高压水射流单元，偏心套筒设置在旋回体与驱动装置之间，偏心套筒内部设置有斜内孔，斜内孔与旋回体配合连接，斜内孔的轴线与偏心套筒的轴线之间存在夹角，旋回体的中段设置有限位件，限位件用于抵消作用于旋回体的轴向力，高压水射流单元，在钻孔、铣削工作时通过高压水射流降低钻孔和破岩难度；通过偏心套筒内孔偏斜使钻铣滚刀旋回振荡运动，使钻铣滚刀接触路径短磨损小、温度低，避免钻铣滚刀过度磨损，通过高压水射流单元的设置降低了破岩难度，提高了坚硬岩体的破碎效率。



CN 115045677 B

1.一种双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构,包括:

机架,以及设置在机架上的,

驱动装置,与所述机架之间固定连接,

切割组件,所述切割组件连接于所述驱动装置的驱动端,

其特征在于,所述切割组件包括:

偏心套筒,设置在旋回体与驱动装置之间,所述偏心套筒内部设置有斜内孔,所述斜内孔与旋回体配合连接,所述斜内孔的轴线与偏心套筒的轴线之间存在夹角,使铣削轴上的钻铣刀头进行旋回振荡铣削破岩;

旋回体,所述旋回体一端与驱动装置驱动连接,另一端设置有钻铣刀头,所述旋回体的中段设置有限位件,所述限位件用于抵消作用于旋回体的轴向力,

第一高压水射流单元,与高压水管连接,包括设置在钻铣刀头上的射流喷嘴,通过喷嘴形成射流与钻铣刀头共同完成煤岩钻孔;

所述偏心套筒通过支撑轴承安装在壳体内部,偏心套筒的中部设置有偏心块,所述偏心块的轴线与偏心套筒的轴线之间存在偏心距,偏心套筒的右端设置有中通孔;

所述斜内孔的内表面设有耐磨涂层I,所述偏心套筒的两端设有卡簧槽,所述卡簧槽定位设置支撑轴承;

所述第一高压水射流单元包括:摆动射流喷嘴、第一内部流道、高压水管支路I;所述第一内部流道设置在旋回体的内部,第一内部流道包括主流道、支流道;所述摆动射流喷嘴与第一内部流道的支流道连通,所述高压水管支路I与第一内部流道的主流道连通,所述第一内部流道的主流道与支流道在旋回体的左端连通,高压水管支路I与主流道之间设置有旋转密封件;

所述切割组件还包括第二高压水射流单元,所述第二高压水射流单元包括边缘射流喷嘴、第二内部流道、高压水管支路II,所述第二内部流道周向设置在旋回体支撑座的外侧;

所述边缘射流喷嘴与第二内部流道的出口连通,所述高压水管支路II与第二内部流道的进口连通。

2.根据权利要求1所述的双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构,其特征在于,所述旋回体中的限位件为中部球体,其与偏心套筒的斜内孔间隙配合安装,所述中部球体的表面设有耐磨涂层III和储存润滑脂的螺旋凹槽II;

所述旋回体还包括:

输入段,其与偏心套筒的斜内孔间隙配合安装,所述输入段的表面设有耐磨涂层II和储存润滑脂的螺旋凹槽I;

旋回体左端,其设有内螺纹孔I,通过内螺纹孔I与钻铣刀头连接;

旋回体右端,其设有内螺纹孔II,所述内螺纹孔II与旋转密封件配合安装。

3.根据权利要求1所述的双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构,其特征在于,所述旋回体支撑座还包括:

凹球槽,其表面设有耐磨涂层IV;

通孔I,周向设置于旋回体支撑座的左侧,旋回体支撑座通过所述通孔I与壳体连接;

通沉孔I,设置于旋回体支撑座的左侧,所述通沉孔I用于紧固旋回体支撑座的螺栓。

4.根据权利要求1所述的双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构,其特征在于,所述

斜内孔与偏心套筒轴线之间的夹角为0.5°至3°。

5.根据权利要求1所述的双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构，其特征在于，所述驱动装置为中通马达，所述钻铣刀头为钻铣滚刀，所述钻铣滚刀包括多块扇形滚刀可拆卸固定在旋回体的左端，所述扇形滚刀的边缘镶嵌有合金齿I；所述扇形滚刀的中间区域设有通沉孔II、通孔II；所述扇形滚刀的端面规则排列镶嵌合金齿II。

6.一种根据权利要求1-5中任一所述双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构的使用方法，其特征在于，包括以下步骤：

(1)启动驱动装置，由驱动装置带动偏心套筒进行旋转，偏心套筒的斜内孔旋转带动旋回体和钻铣刀头一同旋回摆动；

(2)在驱动装置启动时，打开高压水管的开关，高压射流分别通过高压水管支路I和高压水管支路II进入旋回体中的第一内部流道和旋回体支撑座中的第二内部流道；

(3)在所述高压水管支路I中，高压射流依次流经旋转密封件、第一内部流道，最后从摆动射流喷嘴处形成摆动射流；连接架向左侧移动时，摆动射流与钻铣刀头共同完成煤岩钻孔；

(4)在所述高压水管支路II中，高压射流流经第二内部流道，从边缘射流喷嘴处形成边缘射流，边缘射流冲击钻铣刀头的表面形成与铣削方向一致的射流，进行钻孔后，连接架向上或向下移动，钻铣刀头和边缘射流共同完成煤岩铣削。

一种双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构及使用方法

技术领域

[0001] 本发明涉及地下空间工程的隧道开挖、煤炭与矿产采掘领域，具体涉及一种双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构及使用方法。

背景技术

[0002] 随着我国对煤炭能源需求的不断增加，因岩巷掘进困难而导致采掘比例失调成为制约我国煤矿开采的主要原因。而如今而随着采煤机械化开采的成熟应用，开采效率得到了极大的提高，采掘比例失衡的现象变得更加突出，硬岩掘进机械装备已经成为制约矿井煤炭开采和巷道掘进协同进行的“瓶颈”。特别对于普氏硬度系数 的坚硬岩石，施工时对掘进工作机构及其安装刀具的冲击、磨损加大，加上空间限制，掘进装备的工作环境更为恶劣，导致截割机构在硬煤岩巷掘进效果较差，掘进成本高。

[0003] 在现有的技术中，煤矿巷道掘进多采用钻爆法和机械截齿破岩，其中钻爆法虽然效率高，对地层的适用性强，但其粉尘、毒气排放量大，还容易造成瓦斯爆炸之类重大事故，因此不利于矿体资源安全高效绿色开采，而煤矿掘进机常用的截齿破碎硬岩难度大、负载大，截齿易损坏而需频繁更换，岩巷掘进效率低、成本高，井下试验证实截齿切削破岩方式难以实现硬岩巷道的经济掘进。

发明内容

[0004] 发明目的：为了克服现有技术中存在的不足，本发明提供一种双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构及使用方法，通过偏心套筒内孔偏斜使钻铣滚刀旋回振荡运动，使得钻铣滚刀接触路径短磨损小、温度低，避免钻铣滚刀过度磨损，通过高压水射流单元的设置降低了破岩难度，提高了坚硬岩体的破碎效率。

[0005] 为实现上述目的，本发明采用的技术方案为：一方面，提供一种双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构，包括：机架，以及设置在机架上的，

[0006] 驱动装置，与所述机架之间固定连接，

[0007] 切割组件，所述切割组件驱动连接于所述驱动装置的驱动端，

[0008] 其特征在于，所述切割组件包括：

[0009] 偏心套筒，设置在旋回体与驱动装置之间，所述偏心套筒内部设置有斜内孔，所述斜内孔与旋回体配合连接，所述斜内孔的轴线与偏心套筒的轴线之间存在夹角，使铣削轴上的钻铣刀头进行旋回振荡铣削破岩；

[0010] 旋回体，所述旋回体一端与驱动装置驱动连接，另一端设置有钻铣刀头，所述旋回体的中段设置有限位件，所述限位件用于抵消作用于旋回体的轴向力，

[0011] 第一高压水射流单元，与高压水管连接，包括设置在钻铣刀头上的射流喷嘴，通过喷嘴形成射流与钻铣刀头共同完成煤岩钻孔。

[0012] 作为本发明的一种优选实施方式：所述偏心套筒通过支撑轴承安装在壳体内部，偏心套筒的中部设置有偏心块，所述偏心块的轴线与偏心套筒的轴线之间存在偏心距，偏

心套筒的右端设置有中通孔。

[0013] 作为本发明的一种优选实施方式:所述斜内孔的内表面设有耐磨涂层I,所述偏心套筒的两端设有卡簧槽,所述卡簧槽定位设置支撑轴承。

[0014] 作为本发明的一种优选实施方式:所述第一高压水射流单元包括:摆动射流喷嘴、第一内部流道、高压水管支路I;所述第一内部流道设置在旋回体的内部,第一内部流道包括主流道、支流道;所述摆动射流喷嘴与第一内部流道的支流道连通,所述高压水管支路I与第一内部流道的主流道连通,所述第一内部流道的主流道与支流道在旋回体的左端连通,高压水管支路I与主流道之间设置有旋转密封件。

[0015] 作为本发明的一种优选实施方式:所述切割组件还包括第二高压水射流单元,所述第二高压水射流单元包括边缘射流喷嘴、第二内部流道、高压水管支路II,所述第二内部流道周向设置在旋回体支撑座的外侧;所述边缘射流喷嘴与第二内部流道的出口连通,所述高压水管支路II与第二内部流道的进口连通。

[0016] 作为本发明的一种优选实施方式:所述旋回体中的限位件为中部球体,其与偏心套筒的斜内孔间隙配合安装,所述中部球体的表面设有耐磨涂层III和储存润滑脂的螺旋凹槽II;

[0017] 所述旋回体还包括:

[0018] 输入段,其与偏心套筒的斜内孔间隙配合安装,所述输入段的表面设有耐磨涂层II和储存润滑脂的螺旋凹槽I。

[0019] 旋回体左端,其设有内螺纹孔I,通过内螺纹孔I与钻铣刀头连接。

[0020] 旋回体末端,其设有内螺纹孔II,所述内螺纹孔II与旋转密封件配合安装。

[0021] 作为本发明的一种优选实施方式:所述旋回体支撑座还包括:

[0022] 凹球槽,其表面设有耐磨涂层IV。

[0023] 通孔I,周向设置于旋回体支撑座的左侧,旋回体支撑座通过所述通孔I与壳体连接。

[0024] 通沉孔I,设置于旋回体支撑座的左侧,所述通沉孔I用于紧固旋回体支撑座的螺栓。

[0025] 作为本发明的一种优选实施方式:所述斜内孔与偏心套筒轴线之间的夹角为0.5°至3°。

[0026] 作为本发明的一种优选实施方式:所述驱动装置为中通马达,所述钻铣刀头为钻铣滚刀,所述钻铣滚刀包括多块扇形滚刀可拆卸固定在旋回体的左端,所述扇形滚刀的边缘镶嵌有合金齿I;所述扇形滚刀的中间区域设有通沉孔II、通孔II;所述扇形滚刀的端面规则排列镶嵌合金齿II。

[0027] 另一方面,根据双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构的使用方法,包括以下步骤:

[0028] (1)启动驱动装置,由驱动装置带动偏心套筒进行旋转,偏心套筒的斜内孔旋转带动旋回体和钻铣刀头一同旋回摆动;

[0029] (2)在驱动装置启动时,打开高压水管的开关,高压射流分别通过高压水管支路I和高压水管支路II进入旋回体内部流道和旋回体支撑座内部流道;

[0030] (3)在所述高压水管支路I中,高压射流依次流经旋转密封件、旋回体内部流道,最

后从摆动射流喷嘴处形成摆动射流;连接架向左侧移动时,摆动射流与钻铣刀头共同完成煤岩钻孔;

[0031] (4)在所述高压水管支路II中,高压射流流经旋回体支撑座内部流道,从边缘射流喷嘴处形成边缘射流,边缘射流冲击钻铣刀头的表面形成与铣削方向一致的射流,进行钻孔后,连接架向上或向下移动,钻铣刀头和边缘射流共同完成煤岩铣削。

[0032] 本发明相比现有技术,具有以下有益效果:

[0033] 1.通过偏心套筒内孔偏斜使钻铣滚刀旋回振荡运动,钻铣滚刀与岩体非连续接触使得钻铣滚刀接触路径短磨损小、温度低,避免钻铣滚刀过度磨损,实现岩体高效钻铣。

[0034] 2. 通过使用旋回振荡破岩阻力小,同时产生轴向和径向激振力,充分利用煤岩不抗拉特性,破岩效率高。

[0035] 3. 通过高压水射流,在钻孔工作时轴向摆动射流能降低钻孔难度,边缘射流预先对岩石割缝后利于旋回振荡钻铣滚刀对岩石进行破碎,大大的降低了破岩难度,提高了坚硬岩体的破碎效率。

[0036] 4.通过在旋回体上设置螺栓固定的旋回体支撑座,便于旋回体安装与更换;通过在钻铣滚刀上使用镶齿合金提高钻铣滚刀耐磨性和使用寿命;扇形滚刀模块化设计,便于选择性更换磨损的扇形滚刀,更加便捷有效的进行钻铣工作。

附图说明

[0037] 图1是本发明双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构剖视图;

[0038] 图2是本发明偏心套筒剖视图;

[0039] 图3是本发明旋回体剖视图;

[0040] 图4是本发明旋回体支撑座剖视图;

[0041] 图5 是本发明钻铣滚刀剖视及左视图;

[0042] 图中:1为连接架、2为壳体、3为中通马达、4为支撑轴承、5为偏心套筒、6为旋回体、7为旋回体支撑座、8为钻铣滚刀、9为旋转密封件、10为边缘射流喷嘴、11为边缘射流、12为摆动射流喷嘴、13为摆动射流、14为高压水管、15为螺栓I、16为螺栓III、17为螺栓II、18为螺栓IV、3-1为输出端、5-1为右端、5-2为斜内孔、5-3为偏心块、5-4为偏心距、5-5为夹角、5-6为中通孔、5-7为耐磨涂层I、5-8为卡簧槽、6-1为输入段、6-2为中部球体、6-3为左端、6-4为第一内部流道、6-4-1为主流道、6-4-2为分支流道、6-5为末端、6-6为内螺纹孔II、6-7为耐磨涂层II、6-8为耐磨涂层III、6-9为内螺纹孔I、6-10为螺旋凹槽I、6-11为螺旋凹槽II、7-1为第二内部流道、7-2为凹球槽、7-3为耐磨涂层IV、7-4为通孔I、7-5为通沉孔I、8-1为扇形滚刀、8-2为合金齿I、8-3为通沉孔II、8-4为通孔II、8-5为合金齿II、14-1为高压水管支路I、14-2为高压水管支路II。

具体实施方式

[0043] 下面结合附图和具体实施例,进一步阐明本发明,应理解这些实例仅用于说明本发明而不用于限制本发明的范围,在阅读了本发明之后,本领域技术人员对本发明的各种等价形式的修改均落于本申请所附权利要求所限定的范围。

[0044] 一种双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构,包括:机架,以及设置在机架上的

驱动装置、切割组件。所述驱动装置与所述机架之间固定连接。所述驱动装置的驱动端与所述切割组件驱动连接，所述切割组件包括：偏心套筒、旋回体、高压水射流单元。

[0045] 偏心套筒设置在旋回体与驱动装置之间，所述偏心套筒内部设置有斜内孔，所述斜内孔与旋回体配合连接，所述斜内孔的轴线与偏心套筒的轴线之间存在夹角。

[0046] 旋回体所述旋回体一端与驱动装置驱动连接，另一端设置有钻铣刀头，所述旋回体的中段设置有限位件，所述限位件用于抵消作用于旋回体的轴向力。

[0047] 第一高压水射流单元，与高压水管连接，包括射流喷嘴设置在钻铣刀头上，通过喷嘴形成射流与钻铣刀头共同完成煤岩钻孔。

[0048] 实施例1

[0049] 如图1所示，本实施例为一种双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构，主要包括连接架1、壳体2、中通马达3、支撑轴承4、偏心套筒5、旋回体6、旋回体支撑座7、钻铣滚刀8、旋转密封9、边缘射流喷嘴10、边缘射流11、摆动射流喷嘴12、摆动射流13、高压水管14。其中，机架包括：连接架1、壳体2、旋回体支撑座7，所述连接架1、壳体2、旋回体支撑座7依次分别通过螺栓I15、螺栓II17联接。

[0050] 驱动装置为中通马达3，通过螺栓III16安装在壳体2内部，中通马达3输出端3-1与偏心套筒5右端5-1通过花键连接。偏心套筒5通过支撑轴承4安装在壳体2内部，旋回体6输入段6-1与偏心套筒5斜内孔5-2配合安装，旋回体6中的中部球体6-2与旋回体支撑座7配合安装，使得旋回体，钻铣滚刀8通过螺栓IV18固定在旋回体6左端6-3，所述中部球体6-2为限位件，通过中部球体6-2抵消滚刀的轴向力。

[0051] 第一高压水射流单元包括：摆动射流喷嘴12、第一内部流道6-4、高压水管支路I14-1，高压水管支路I14-1、旋转密封9、旋回体6第一内部流道6-4依次相通，安装在旋回体6左端的摆动射流喷嘴12形成摆动射流13轴向超前切割煤岩体。

[0052] 第二高压水射流单元包括：边缘射流喷嘴10、第二内部流道7-1、高压水管支路II14-2，高压水管支路II14-2与旋回体支撑座7第二内部流道7-1连通，周向安装在旋回体支撑座7左端的边缘射流喷嘴10形成边缘射流11冲击钻铣滚刀8折射超前切割煤岩体。

[0053] 连接架1向左侧移动以及偏心套筒5回转造成的旋回体6旋回摆动，共同使钻铣滚刀8旋回振荡钻孔煤岩；类似地，连接架1上下移动以及偏心套筒5回转造成的旋回体6旋回摆动，共同使钻铣滚刀8铣削煤岩。

[0054] 实施例2

[0055] 如图2所示，本实施例的双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构在实施例1的基础上做进一步改进，所述偏心套筒5右端5-1设有外花键与中通马达3输出端3-1的内花键配合连接，偏心套筒5内部设有大直径的斜内孔5-2与旋回体6输入端6-1配合间隙配合安装，偏心套筒5中部设有偏心块5-3，偏心块5-3为了使旋转的偏心套筒有周期激振力，也即旋回运动的滚刀也有周期激振力，偏心套筒5两端设有卡簧槽5-8定位支撑轴承4，偏心块5-3与偏心套筒5轴线之间存在偏心距5-4，斜内孔5-2与偏心套筒5轴线之间存在夹角5-5，偏心套筒5右端设有中通孔5-6，斜内孔5-2内表面设有耐磨涂层I5-7。旋回振荡破岩阻力小，同时产生轴向和径向激振力，充分利用煤岩不抗拉特性，破岩效率高。

[0056] 实施例3

[0057] 如图3所示，本实施例的双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构在实施例2的基

础上做进一步改进，所述旋回体6中部设有输入段6-1与偏心套筒5的斜内孔5-2间隙配合安装，斜内孔5-2与偏心套筒5轴线之间的夹角5-5取值范围0.5°至3°。中部球体6-2与旋回体支撑座7球副连接，旋回体6的左端6-3设有内螺纹孔I6-9与钻铣滚刀8连接，旋回体6的第一内部流道6-4的主流道6-4-1、分支流道6-4-2分别与旋转密封9和摆动射流喷嘴12连接，旋回体6的末端6-5设有内螺纹孔II6-6安装旋转密封9，输入段6-1和中部球体6-2表面分别设有耐磨涂层II6-7和耐磨涂层III6-8，输入段6-1和中部球体6-2表面分别设有储存润滑脂的螺旋凹槽I6-10和螺旋凹槽II6-11。偏心套筒5通过偏斜使钻铣滚刀8进行旋回振荡运动，钻铣滚刀8与岩体非连续接触，钻铣滚刀8接触路径短磨损小、温度低，避免钻铣滚刀8过度磨损。

[0058] 实施例4

[0059] 如图4所示，本实施例的双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构在实施例3的基础上做进一步改进，所述旋回体支撑座7左侧设有第二内部流道7-1，第二内部流道7-1进、出口分别与高压水管14、边缘射流喷嘴10连通，旋回体支撑座7内部设有凹球槽7-2与旋回体6的中部球体6-2间隙配合，凹球槽7-2表面设有耐磨涂层IV7-3，旋回体支撑座7左侧设有周向布置的通孔I7-4用于连接壳体2，旋回体支撑座7左侧设有通沉孔I7-5用于两块旋回体支撑座7的螺栓紧固，旋回体支撑座7圆周角一般取180°。避免使用旋转密封，便于旋回体安装与更换。

[0060] 实施例5

[0061] 如图5所示，本实施例的双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构在实施例4的基础上做进一步改进，所述钻铣滚刀8由3~4块扇形滚刀8-1通过螺栓IV18紧固在旋回体6的左端组成，所述的扇形滚刀8-1扇形角一般取60°或90°，扇形滚刀8-1边缘镶嵌合金齿I8-2，扇形滚刀8-1中间区域设有通沉孔II8-3、通孔II8-4分别用于螺栓紧固和摆动射流13穿过，扇形滚刀8-1端面按照一定规律镶嵌合金齿II8-5。镶齿合金提高钻铣滚刀耐磨性和使用寿命；扇形滚刀模块化设计，便于选择性更换磨损的扇形滚刀。

[0062] 该双模式高压水射流辅助旋回振荡钻铣机构的使用方法，包括以下步骤：

[0063] (1)启动中通马达3，由中通马达3带动偏心套筒5进行旋转，偏心套筒5的斜内孔5-2旋转带动旋回体6和钻铣滚刀8一同旋回摆动；

[0064] (2)在中通马达3启动时，打开高压水管14的开关，高压射流分别通过高压水管支路I14-1和高压水管支路II14-2进入旋回体6中的第一内部流道6-4和旋回体支撑座7中的第二内部流道7-1；

[0065] (3)在所述高压水管支路I14-1中，高压射流依次流经旋转密封件9、第一内部流道6-4，最后从摆动射流喷嘴12处形成摆动射流13；连接架1向左侧移动时，摆动射流13与钻铣刀头8共同完成煤岩钻孔；

[0066] (4)在所述高压水管支路II14-2中，高压射流流经第二内部流道7-1，从边缘射流喷嘴处形成边缘射流11，边缘射流11冲击钻铣刀头8的表面形成与铣削方向一致的射流，进行钻孔后，连接架向上或向下移动，钻铣刀头8和边缘射流11共同完成煤岩铣削。

[0067] 以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出：对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

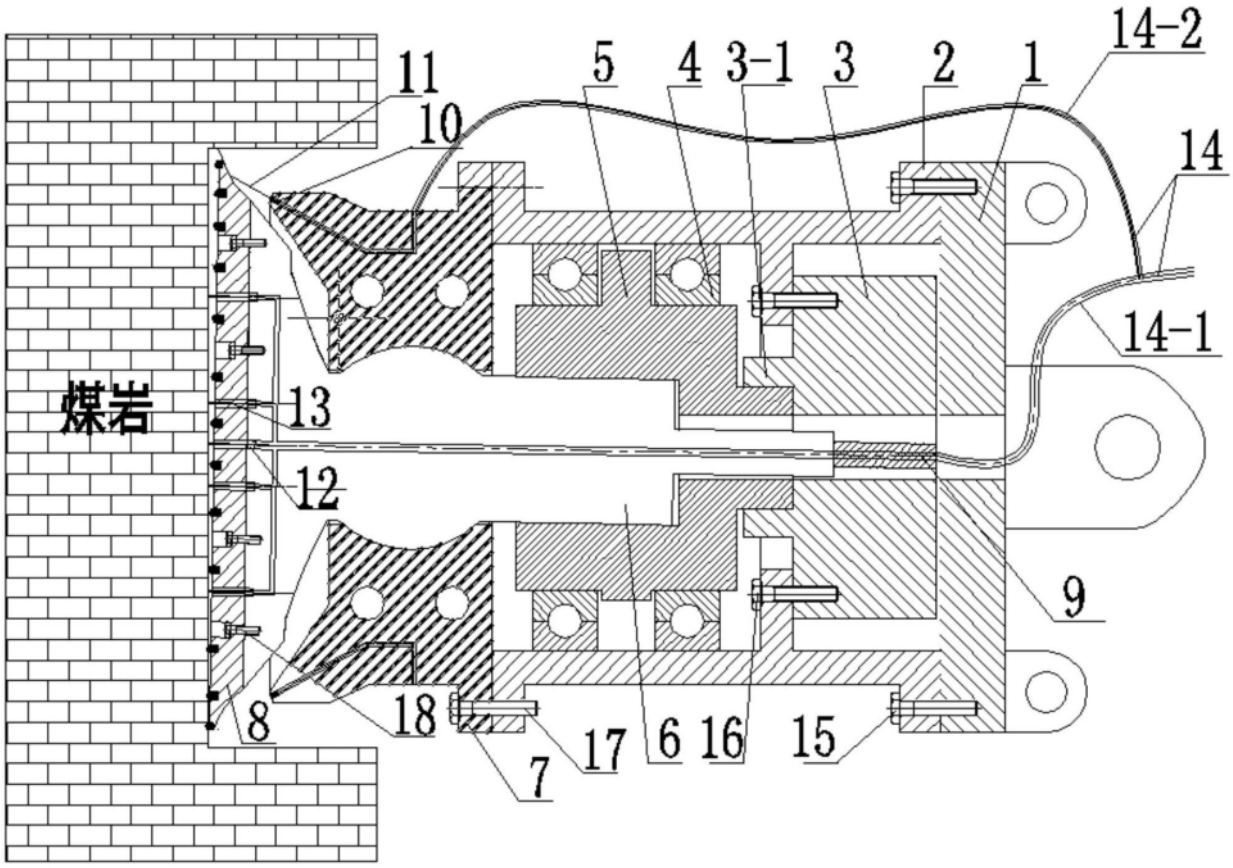

11
10
5
4
3-1
3
2
1
14-2
14
14-1
煤岩
13
12
9
8
18
17
6
16
15
7

图1

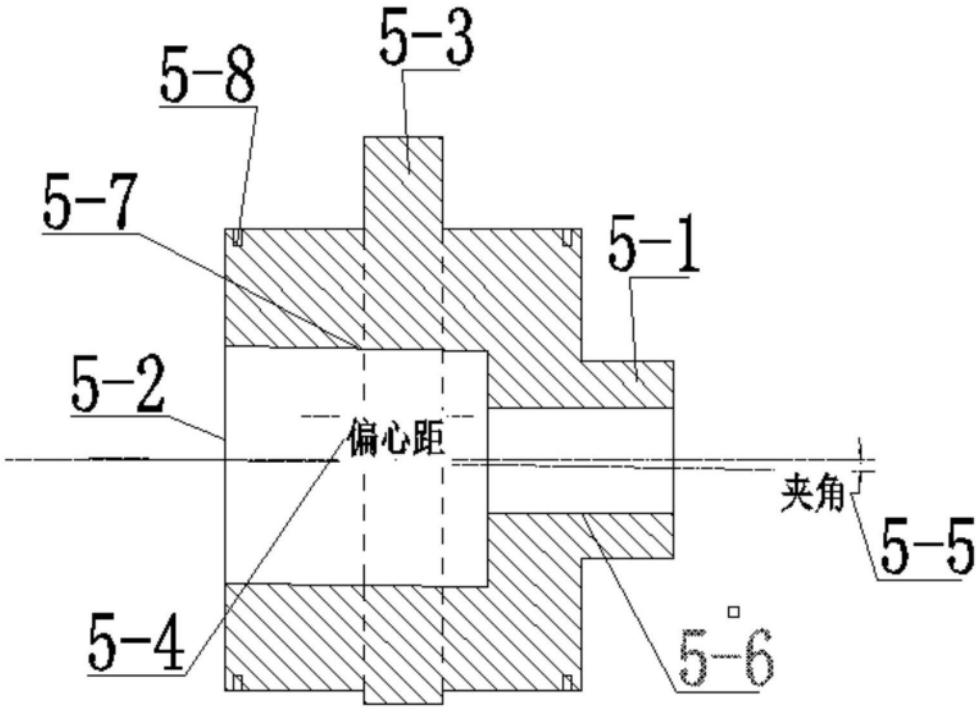

5-3
5-8
5-7
5-1
5-2
偏心距
夹角
5-5
5-4
5-6

图2

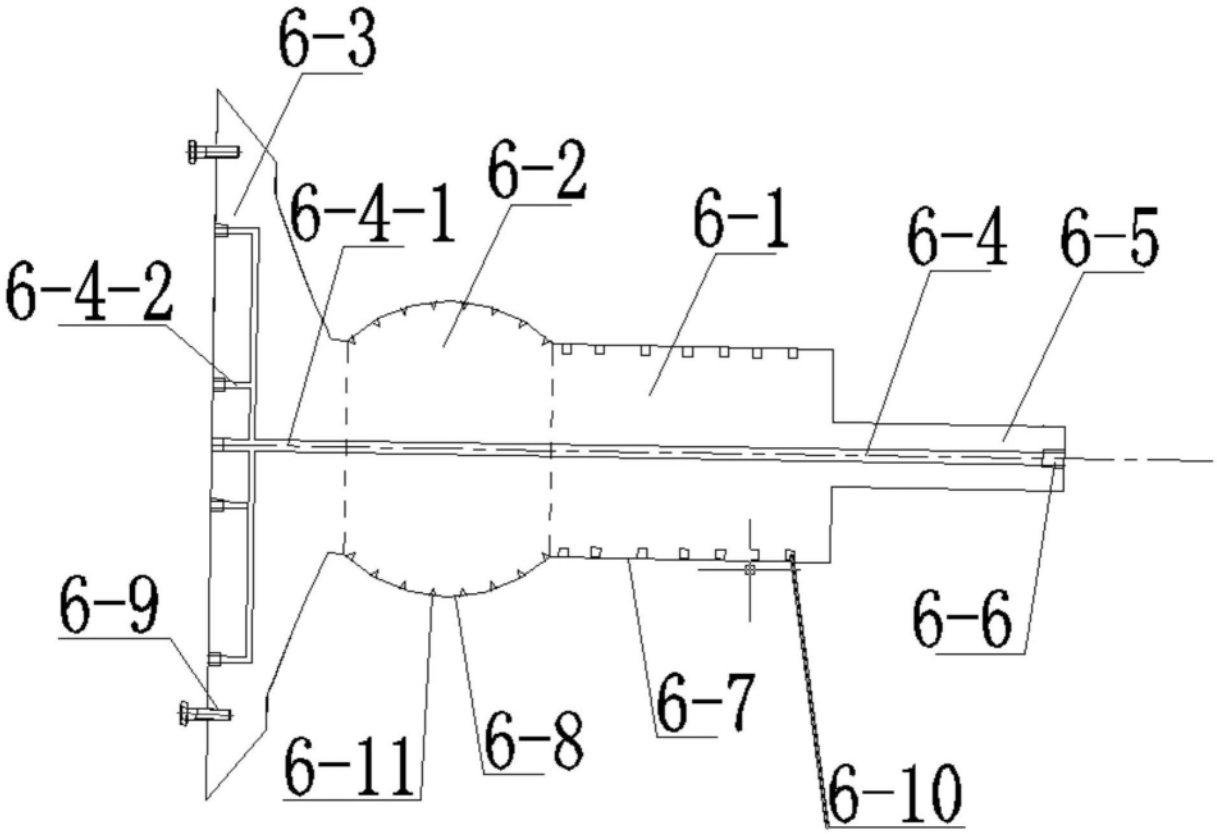


图3

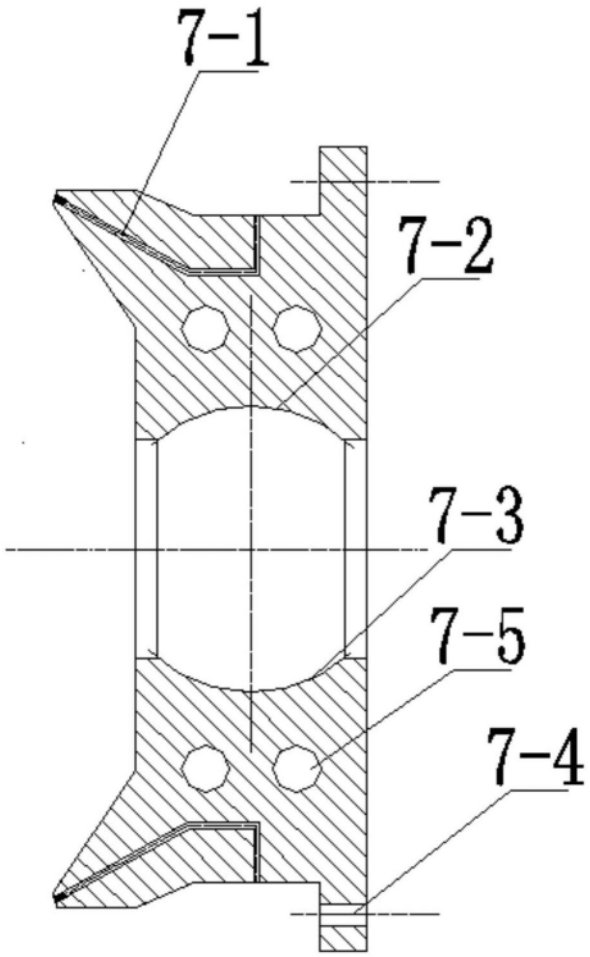


图4

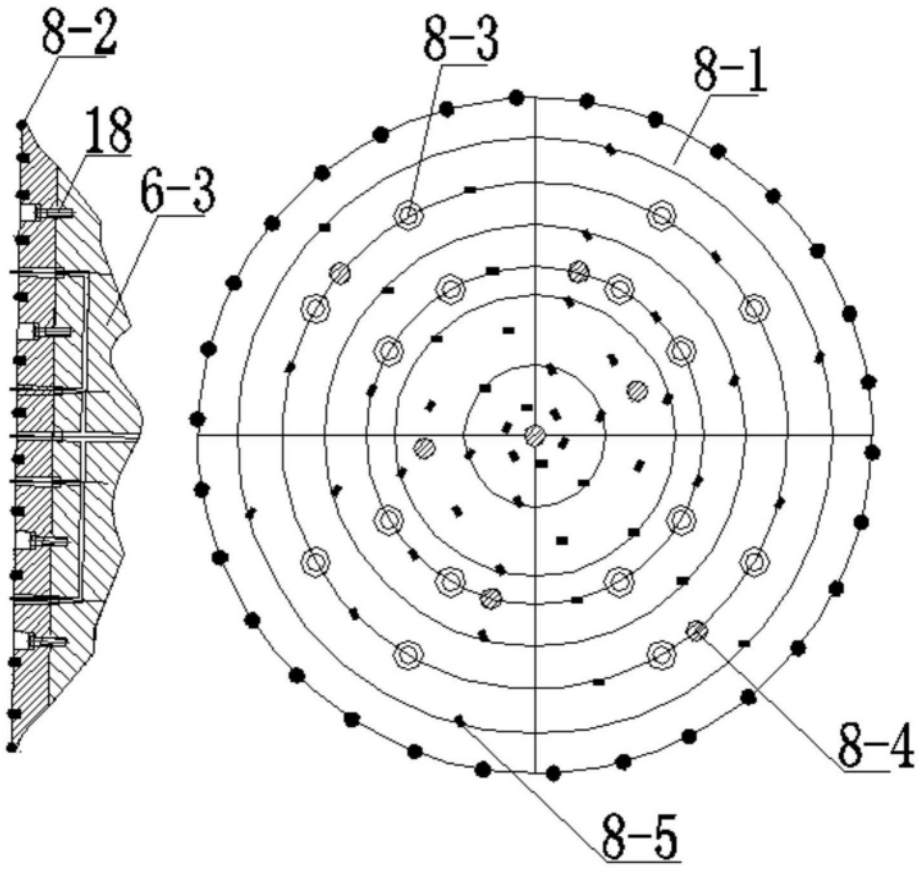


图5