(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105089500 A
(43)申请公布日 2015.11.25

(21)申请号 201510579846.X

(22)申请日 2015.09.11

(71)申请人 重庆大学
地址 400030 重庆市沙坪坝区沙正街174号
申请人 平顶山天安煤业股份有限公司

(72)发明人 葛兆龙 卢义玉 吴建亭 夏彬伟
王玉杰 邓凯 杨继东 程玉刚
高建成 吕旭明

(74)专利代理机构 重庆华科专利事务所 50123
代理人 康海燕

(51)Int.Cl.
E21B 7/18(2006.01)
E21B 7/04(2006.01)

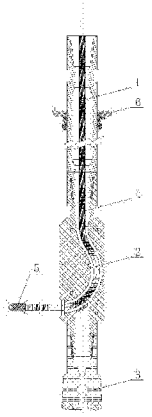
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

煤矿井下水力喷射树状钻孔组合钻具

(57)摘要

本发明涉及一种煤矿井下水力喷射树状钻孔组合钻具，该装置包括钻杆、导向器、钻头、高压软管、自进式钻头和刻度盘六部分。钻杆与导向器前端通过螺纹连接，钻头与导向器尾端通过螺纹连接；钻杆、导向器、钻头的配合使用，能够同时完成扩孔和导向器送入两个步骤；扩孔完成后，使用高压软管和自进式钻头在煤层中钻进树状钻孔；树状钻孔的分布的均匀性由刻度盘控制。本发明主要作用是钻进煤层树状钻孔的母孔以及钻进树状钻孔，实现煤层的均匀增透。本发明结构简单，操作方便，适合在低透气煤层瓦斯抽采过程中钻进树状钻孔时使用。



CN 105089500 A

1.煤矿井下水力喷射树状钻孔组合钻具，包括钻杆 (1)、导向器 (2)、钻头 (3)、高压软管 (4)、自进式钻头 (5) 和转向刻度盘 (6)；其特征在于：钻杆 (1)、导向器 (2) 和钻头 (3) 依次连接，在扩孔时配合使用；高压软管 (4)、自进式钻头 (5) 和转向刻度盘 (6) 在钻进树状钻孔时使用，在钻杆与钻机前端连接的卡盘上安装有转向刻度盘 (6)，导向器 (2) 的转动角度通过转向刻度盘 (6) 控制，自进式钻头 (5) 连接在高压软管 (4) 前端，钻进树状钻孔时经由钻杆 (1) 并通过导向器 (2) 导向，依靠喷嘴射流产生自进力钻出树状孔；

所述钻杆 (1) 直径大小与煤矿井下瓦斯抽采常用钻杆的直径大小一致，其外径为 73mm，内径 50mm；钻杆前后螺纹均按照国家标准设计，便于连接；钻杆内部为光滑的通孔，高压软管能顺利通过；

所述导向器 (2) 的直径大小为 100-150mm；

所述导向器 (2) 上端为具有内螺纹的钻杆连接部 (2.1)，下端为具有外螺纹的钻头连接部 (2.10)，两个连接部中都有上下贯通的通孔；

所述导向器 (2) 内有双曲率转弯导向轨道，其宽度为高压软管前端喷嘴宽度的 2 倍，范围在 20-50mm 之间，转弯半径为 75-150mm，属超短半径径向水平井导向器；

所述导向轨道的入口方向和出口方向的轨道轴线相互垂直，即从轴向进、径向出，整个导向轨道从入口到出口依次包括轴向直管段 (2.2)、第一圆弧段 (2.3)、斜管段 (2.4) 和第二圆弧段 (2.5)；

所述轴向直管段 (2.2) 其长度为 30-50mm，钻杆连接部 (2.1) 的通孔通过一斜向的收缩段过渡到该轴向直管段 (2.2)；

所述第一圆弧段 (2.3) 的圆弧弧度 $a = 10° -30°$，直径 75-150mm；

所述斜管段 (2.4) 与两圆弧段相切，连接第一圆弧段 (2.3) 和第二圆弧段 (2.5)；

所述第二圆弧段 (2.5) 的圆弧弧度 $b = a+90°$，直径 75-130mm；在第二圆弧段 (2.5) 的底部分布有细孔 (2.7)，使导向器轨道的高压水流能够通过细孔经连接部分 (2.10) 的通孔到达钻头 (3)；第二圆弧段 (2.5) 的末端是导向轨道出口位置，安装有空心螺环 (2.8)，在使用组合钻具进行扩孔时，圆形水泥块 (2.9) 固定在空心螺环 (2.8) 上，封住导向轨道出口；

所述导向轨道的壁上设有四个滚轮 (2.6)，滚轮半径大小为 4-5mm，突出于轨道壁约 2mm；且在第一圆弧段 (2.3) 上布置一个滚轮、在第二圆弧段 (2.5) 上布置三个滚轮；

所述钻头 (3) 大小与煤矿井下瓦斯抽采常用钻头大小一致，钻螺纹为标准螺纹，便于与导向器连接；钻头内部有与导向器连接部分 (2.10) 连通的流道 (3.1)，使水流能够通过导向器后再通过钻头进行排渣，钻头内流道由上向下逐渐缩小，并在中间位置有一段增大的空间，形成空化结构 (3.2)，使用于排渣的水流兼具辅助破岩的效果，提升破岩效率；钻孔产生的煤渣从钻头环空排出。

2.根据权利要求 1 所述的煤矿井下水力喷射树状钻孔组合钻具，其特征在于，所述自进式钻头包括钻头体和钻头体上的中心自激振荡喷嘴 (5.2)、边喷嘴 (5.3)、中部喷嘴 (5.4) 和后部喷嘴 (5.5)，钻头体具有前部平台 (5.1) 和内部空腔 (5.7)；所述钻头体前部为球形，球形前端面为一平台 (5.1)，在平台中心即自进式钻头轴线上设置中心自激振荡喷嘴 (5.2)，在平台上围绕中心自激振荡喷嘴 (5.2) 四周均匀布置具有张角 α 和偏角 β 的边喷嘴 (5.3)；钻头体中部均匀分布有在横截面中具有偏向角 θ 的中部喷嘴 (5.4)，横截面是

指过中部喷嘴的轴线且与钻头轴线垂直的平面；钻头体后端为开口端，设有内螺纹（5.6）用于连接高压软管，其侧壁上均匀布置有与钻头体轴线呈锥角 Φ 的后部喷嘴（5.5），钻头体的内部空腔（5.7）为前段圆锥形和后段圆柱形的组合空腔，圆锥形段的锥度为φ；

所述平台（5.1）的半径 R2 为 2.5mm—4.0mm，边喷嘴（5.3）的数目为 3—6 个，喷嘴直径为0.5mm—1.2mm，围绕平台中心的分布半径R1 为1.0mm-2.0mm，张角 α 在 15°—30° 之间，偏角 β 在 60°—90° 之间；边喷嘴设定是：在内部空腔（5.7）圆锥形段的前端面上距钻头轴线一定距离确定一点为边喷嘴起点，将过边喷嘴起点且与钻头轴线平行的直线定义为直线一，直线一和钻头轴线所确定的平面定义为平面一；以直线一为基线，先在平面一内向远离钻头轴线的方向偏转一定角度，此角度设定为张角 α；此时将喷嘴轴线定义为直线二；再将直线二以边喷嘴起点为原点，以直线一为旋转轴，旋转一定锥角，所得的喷嘴轴线定义为直线三，即为边喷嘴的实际轴线，此时将直线二和直线三在自进式钻头横截面上投影的夹角设定为偏角 β；所有边喷嘴都按此方法均匀布置，且偏转的角度和方向均一致；

所述中部喷嘴（5.4）的数目为3—6个，喷嘴直径为0.5mm—1.2mm，偏向角 θ 在30°—45° 之间，偏向角 θ 是指中部喷嘴的轴线与径向半径的夹角；

所述后部喷嘴（5.5）的数目为6—8个，喷嘴直径为0.5mm—1.5mm，轴向锥角 Φ 在 10°—30° 之间，轴向锥角 Φ 是指后部喷嘴的轴线与钻头轴线的夹角。

所述钻头的整体长度范围为 14mm—18mm，外径范围为 10mm—14mm。

3. 根据权利要求 2 所述的煤矿井下水力喷射树状钻孔组合钻具，其特征在于：所述自激振荡喷嘴（5.2）依次由上游喷嘴（5.8）、自激振荡腔（5.9）和下游喷嘴（5.10）组成；自激振荡腔长度 L 为上游喷嘴直径 d1 的 2.3 ～ 3.3 倍，下游喷嘴直径 d2 为上游喷嘴直径 d1 的 1.2 ～ 1.3 倍；自激振荡腔（5.9）的主体为圆柱形腔，其直径为上游喷嘴直径 d1 的 18 倍；腔体的纵剖面为上下对称的平行四边形，腔体上下游喷嘴碰撞壁为锥形面，且上游喷嘴碰撞壁凸向上游，下游喷嘴碰撞壁凹向下游。

煤矿井下水力喷射树状钻孔组合钻具

技术领域

[0001] 本发明涉及煤矿井下钻孔技术，具体涉及在低透气煤层瓦斯抽采过程中自进式钻进树状钻孔时使用的钻具。

背景技术

[0002] 我国很多煤层具有低渗透率等特点，常规方法难以对低渗透率的煤层进行有效的瓦斯抽采，如何增加煤层透气性是解决低透气性煤层瓦斯抽采难题的关键。

[0003] 水力化技术作为一种有效的储层增透技术，为解决煤层低渗问题提供了可行的方法，是增加煤层渗透率的有效途径。水力化技术是以高压水作为动力，使储层内原生裂隙扩大延伸或者人为形成新的孔洞、槽缝、裂隙等，促使岩体产生位移，达到储层卸压增渗的目的，如水射流割缝（或扩孔、钻孔）、水力压裂等。水力喷射树状钻孔煤层增透技术作为一种新型的水力化增透技术，以高压水为动力，使自进式钻头先在岩层母孔中前进，在到达煤层预定位置后，通过导向器导向，从而钻凿出垂直的树状子孔，以达到使煤层增透的效果。水力喷射树状钻孔煤层增透技术是高效、安全的瓦斯预抽方式，具有缩短钻孔总长度，进而节约钻孔成本缩短钻孔时间；实现低渗透率煤层的均匀增透；钻孔不会产生火花与煤尘，增加工作的安全性，改善工作环境等优点。

[0004] 目前用于煤矿井下水力喷射树状钻孔的钻具是分开独立的。由于要实现高压软管在导向器内的转向，母孔必须满足一定的直径要求，因此，在使用普通钻头钻进钻完母孔后，需要用扩孔钻头进行扩孔。煤矿现有扩孔钻头虽然可以钻出满足要求的孔，但由于钻孔与导向器的送入是单独进行的，往往会花费许多时间、增加工作量，并且，母孔在导向器下放过程中也可能存在塌孔的情况。

[0005] 另外，现在的导向器对导向轨道设计不合理，一是通常只有一个曲率，高压软管转弯时较为困难；二是未对转向导向轨道宽度做出合理设计，存在导向孔过小使高压软管钻头卡住，过大则不能起到实际约束作用的问题。此外，现在的导向器对钻进树状钻孔时的排渣问题考虑不足，导向器环空小，不能顺利排渣，从而影响钻头的顺利前进。

[0006] 还有，煤矿井下水力喷射树状钻孔需要自进式钻头，且自进式钻头需要与导向器配合，现在的钻头存在以下问题：1）钻头或喷嘴结构复杂，尺寸大，转向能力差，寿命短；2）长距离钻孔时水射流破岩钻进效率低；3）所钻孔眼尺寸小，易卡钻头，且排渣困难；4）旋转射流钻头由于旋转射流中心能量低，破岩效果差，容易在钻孔中心形成凸台，阻碍钻头推进；5）钻头产生的自进力小，孔眼轨迹不易控制，容易钻偏孔。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于针对现有技术存在的上述不足，提供一种煤矿井下水力喷射树状钻孔组合钻具，其将钻杆、导向器、钻头、高压软管、自进式钻头以及刻度盘进行合理组合，并优化了钻杆结构，减小了高压软管通过的阻力；优化了导向器结构，使导向器能够与钻头配合使用；优化了钻头结构，提高钻进效率；选取了合适的高压软管，优化了高压软管

前端自进式钻头的结构；设计了刻度盘，使树状钻孔能够均匀分布。

[0008] 本发明的技术解决方案如下：

[0009] 煤矿井下水力喷射树状钻孔组合钻具包括钻杆、导向器、钻头、高压软管、导向刻度盘以及自进式钻头。

[0010] 其中，钻杆、导向器和钻头依次连接，在扩孔时配合使用。高压软管、自进式钻头和刻度盘在钻进树状钻孔时使用，在钻杆与钻机前端连接的卡盘上安装有转向刻度盘，刻度盘一端固定在钻杆上且随钻杆转动，另一端固定在钻机卡盘上，导向器的转动角度通过刻度盘控制，自进式钻头连接在高压软管前端，钻进树状钻孔时经由钻杆并通过导向器导向，依靠喷嘴射流产生自进力钻出树状孔。

[0011] 所述钻杆直径大小与煤矿井下瓦斯抽采常用钻杆的直径大小一致，其外径为73mm，内径 50mm；钻杆前后螺纹均按照国家标准设计，便于连接；钻杆内部为光滑的通孔，高压软管能顺利通过。

[0012] 所述导向器的直径大小为 100-150mm。导向器上端为具有内螺纹的钻杆连接部，下端为具有外螺纹的钻头连接部，两个连接部都有上下贯通的通孔。导向器内有双曲率转弯导向轨道，其宽度为高压软管前端喷嘴宽度的 2 倍，范围在 20-50mm 之间，转弯半径为75-150mm，属超短半径径向水平井导向器。

[0013] 所述导向轨道的进口方向和出口方向的轨道轴线相互垂直，即从轴向进、径向出，整个导向轨道从进口到出口依次包括轴向直管段、第一圆弧段、斜管段和第二圆弧段。

[0014] 所述轴向直管段其长度为 30-50mm，钻杆连接部的通孔通过一斜向的收缩段过渡到该轴向直管段。

[0015] 所述第一圆弧段的圆弧弧度 $a = 10° -30°$，直径 75-150mm。

[0016] 所述斜管段与两圆弧段相切，连接第一圆弧段和第二圆弧段。

[0017] 所述第二圆弧段的圆弧弧度 $b = a+90°$，直径 75-130mm；在第二圆弧段的底部分布有细孔，且使导向器轨道的高压水流能够通过细孔经连接部分的通孔到达钻头；第二圆弧段的末端是导向轨道出口位置，安装有空心螺环，在使用组合钻具进行扩孔时，圆形水泥块固定在空心螺环上，封住导向轨道出口。

[0018] 所述导向轨道的壁上设有四个滚轮，滚轮半径大小为 4-5mm，突出于轨道壁约2mm；且在第一圆弧段上布置一个滚轮、在第二圆弧段上布置三个滚轮。

[0019] 所述钻头大小与煤矿井下瓦斯抽采常用钻头大小一致，钻螺纹为标准螺纹，便于与导向器连接；钻头内部有与导向器连接部分连通的流道，使水流能够通过导向器后再通过钻头，以便进行排渣，钻头内流道由上向下逐渐缩小，并在中间位置有一段增大的空间，形成空化结构，能够使用于排渣的水流兼具辅助破岩的效果，提升破岩效率；钻孔产生的煤渣从钻头环空排出。

[0020] 所述自进式钻头连接在高压软管前端。自进式钻头包括钻头体和钻头体上的中心自激振荡喷嘴、边喷嘴、中部喷嘴和后部喷嘴，钻头体具有前部平台和内部空腔。所述钻头体前部为球形，球形前端面为一平台，在平台中心即自进式钻头轴线上设置中心自激振荡喷嘴，在平台上围绕中心自激振荡喷嘴四周均匀布置具有张角 α 和偏角 β 的边喷嘴；钻头体中部均匀分布有在横截面中具有偏向角 θ 的中部喷嘴，横截面是指过中部喷嘴的轴线且与钻头轴线垂直的平面；钻头体后端为开口端，设有内螺纹用于连接高压软管，其侧壁上

均匀布置有与钻头体轴线呈锥角 Φ 的后部喷嘴，钻头体的内部空腔为前段圆锥形和后段圆柱形的组合空腔，圆锥形段的锥度为φ。本自进式钻头的中心自激振荡喷嘴和边喷嘴能够破碎煤岩体；中部喷嘴能够在自进式钻头钻进过程中向钻孔垂直喷射高速射流，使自进式钻头与钻孔壁保持一定距离，达到对钻头扶正的效果，避免钻偏；后部喷嘴能够为自进式钻头前进提供一定的反推力，并在钻进树状钻孔时带动高压软管一起穿过钻杆和导向器，并破碎导向器出口处的圆形水泥块，最终进行树状钻孔钻进。导向器的转动角度通过刻度盘来控制，钻杆转动时带动导向器一起转动，刻度盘则能够显示钻杆转动角度，从而得到导向器的转动角度，为树状钻孔的均匀分布提供保证。

[0021] 采用本发明所述的组合钻具，在低位巷向煤层预先使用普通钻头钻孔，成孔后使用本发明所述钻具进行扩孔，形成自进式水力喷射树状钻孔的母孔，再利用高压软管和自进式钻头在煤层预定位置钻进煤层树状钻孔，实现煤层的均匀增透。

[0022] 本发明具有以下特点：

[0023] 1、所述组合钻具将钻杆、导向器、钻头、高压软管、自进式钻头以及刻度盘进行合理组合，能同时完成树状钻孔母孔钻进与导向器的带入，即通过钻头扩孔，钻进之后不需退钻安装导向器，可直接进行煤层树状钻孔的钻进，节约了由于退钻、导向装置单独送入所产生的时间，并减轻工作量。

[0024] 2、组合钻具所用钻杆大小与煤矿常用钻杆大小一致，从而方便钻杆使用与加工；钻杆内部为光滑的通孔，高压软管能顺利通过。

[0025] 3、组合钻具的钻杆、导向装置、钻头的相互连接采用标准螺纹，方便加工与使用。既可将钻杆、钻头单独作为扩孔钻头使用，也可加上导向装置，为树状钻孔钻进提供导向轨道。

[0026] 4、组合钻具的导向器半径短、高压软管通过的阻力小。

[0027] 5、导向器前端连接的钻头为空化钻头，导向装置的导向轨道与前端连接的钻头的流道连通，高压水通过流道后，能以较低水压力进行辅助的破岩，增加钻进效率。

[0028] 6、自进式钻头为一体化结构，设计相对简单，钻头尺寸小，钻头寿命长，破岩效果好，钻孔尺寸大，不会形成凸台，钻头不易钻偏。并且，泵产生的高压流体经过高压软管进入自进式钻头，将分为四股射流，使自进式钻头具有很好的分级破岩的功能。

[0029] 7、组合钻具的高压软管在工作状态时，能够依靠高压水产生的向前推力和高压水对煤体的破碎能力钻进树状钻孔。

[0030] 8、通过刻度盘对导向器出口方向的调整，能够实现树状钻孔的均匀分布，更好的提高煤层透气性。

[0031] 可见本发明涉及的组合钻具适合在低透气煤层瓦斯抽采过程中钻进树状钻孔时使用，主要作用是在扩孔形成树状钻孔的母孔的同时，将导向装置带入至煤层预定位置，并利用高压软管和自进式钻头在煤层中钻进树状钻孔，从而提高煤层透气性。

附图说明

[0032] 图 1 所示是本发明的钻具示意图；

[0033] 图 2 所示是本发明的钻杆结构示意图；

[0034] 图 3 所示是本发明的导向器结构示意图；

[0035] 图 4 导向器上供水流通过的细孔；

[0036] 图 5 所示是本发明的导向器所用空心螺环和圆形水泥块；

[0037] 图 6 所示是本发明的钻头结构示意图；

[0038] 图 7 所示是本发明的钻头结构端面图；

[0039] 图 8 所示是本发明自进式钻头的左视图；

[0040] 图 9 所示是本发明自进式钻头的 A—A 剖面图；

[0041] 图 10 所示是本发明自进式钻头的 B—B 剖面图；

[0042] 图 11 所示是本发明自进式钻头的中心自激振荡喷嘴剖面的放大图；

[0043] 图 12 所示是本发明自进式钻头边喷嘴偏角和张角的示意图；

[0044] 图 13 所示是本发明自进式钻头与传统的只带有轴向张角钻头的破岩效果的对比图；

[0045] 图 14 所示是本发明的刻度盘主视图；

[0046] 图 15 所示是本发明的刻度盘侧面剖面图。

具体实施方式

[0047] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步说明。

[0048] 如图 1 所示，本发明提出的组合钻具包括钻杆 (1)、导向器 (2)、钻头 (3)、高压软管 (4)、自进式钻头 (5) 和转向刻度盘 (6) 等。钻杆 (1)、导向器 (2) 和钻头 (3) 依次连接，在扩孔时配合使用。高压软管 (4)、自进式钻头 (5) 和转向刻度盘 (6) 在钻进树状钻孔时使用。转向刻度盘一端固定在钻杆上且随钻杆转动，另一端固定在钻机卡盘上，导向器 (2) 的转动角度通过转向刻度盘控制。本发明的高压软管 (4) 前端安装有自进式钻头 (5)，高压软管能够承受一定的高压，并且具有一定柔韧性。

[0049] 如图 2 所示，钻杆 (1) 的直径大小与煤矿井下瓦斯抽采常用钻杆的直径大小一致，其外径为 73mm，内径 50mm。钻杆前后螺纹均按照国家标准设计，便于连接，钻杆内部为光滑的通孔，高压软管能顺利通过。该钻杆有利于准确将导向器送到指定位置，并带动导向器转向。

[0050] 如图 3 所示，导向器 (2) 上端为钻杆连接部 (2.1)，下端为钻头连接部 (2.10)，它们的螺纹为标准螺纹，大小与所连接的钻杆和钻头螺纹相符，两个连接部内都有上下贯通的通孔。

[0051] 导向器 (2) 内设有对高压软管导向的导向轨道，导向轨道的入口方向和出口方向的轨道轴线相互垂直，即从轴向进、径向出，整个导向轨道从进口到出口依次包括轴向直管段 (2.2)、第一圆弧段 (2.3)、斜管段 (2.4) 和第二圆弧段 (2.5)，它们的具体设计是：

[0052] 轴向直管段 (2.2) 长度为 30-50mm，钻杆连接部 (2.1) 的通孔下端通过一斜向的收缩段过渡到该轴向直管段 (2.2)。

[0053] 第一圆弧段 (2.3) 的圆弧弧度 $a = 10° -30°$，直径 75-150mm。

[0054] 斜管段 (2.4) 与两圆弧段相切，连接第一圆弧段 (2.3) 和第二圆弧段 (2.5)。

[0055] 第二圆弧段 (2.5) 的圆弧弧度 $b = a+90°$，直径 75-130mm。结合图 4 可见，在第二圆弧段 (2.5) 底部分布有细孔 (2.7)，与连接部分 (2.10) 内的通孔连通，在使用组合钻具进行扩孔时，高压水流能够通过导向器轨道后再通过细孔 (2.7) 和连接部分 (2.10) 的通孔

到达钻头，这样可以使高压水流在行使排渣功能时，能以较低水压力进行辅助的破岩，增加钻进效率。结合图 5 可见，第二圆弧段 (2.5) 的末端是导向轨道出口位置，安装有空心螺环 (2.8)，空心螺环为空心内六角结构，且圆环外刻有安装螺纹。在使用组合钻具进行扩孔时，空心螺环 (2.8) 上固定圆形水泥块 (2.9)，用于封住导向轨道出口。因此，导向器的空心螺环和圆形水泥块应在扩孔时使用，并在扩孔前安装。圆形水泥块在组合钻具钻进时能够将导向器出口处密封，使导向器轨道的高压水流能够通过轨道上的细孔到达钻头。圆形水泥块的强度虽然可以承受组合钻具钻进过程中使用的高压水的压力，但是自进式钻头能够将圆形水泥块破碎并通过导向器。

[0056] 同时，在导向轨道的壁上设有四个滚轮 (2.6)，滚轮半径大小为 4-5mm，突出于轨道壁约 2mm，在第一圆弧段 (2.3) 上布置一个滚轮、在第二圆弧段 (2.5) 上布置三个滚轮，作用是辅助高压软管的钻头正确导向，同时能够有效减小高压软管通过的阻力。

[0057] 如图 6 和图 7 所示，导向器前端连接的钻头 (3) 大小与煤矿井下瓦斯抽采常用钻头大小一致，钻螺纹为标准螺纹，便于与导向器连接。该钻头整体导向装置的一部分，能够在母孔成孔不够规则和有阻碍的情况下更容易将导向装置送入母孔，同时能够完成小幅度的扩孔。钻头内部有与导向器的钻头连接部 (2.10) 通孔连通的流道 (3.1)，使水流能够通过导向器后再通过钻头，以便进行排渣。钻头内流道由上向下逐渐缩小，并在中间位置有一段增大的空间，形成空化结构 (3.2)，能够使用于排渣的水流兼具辅助破岩的效果，提升破岩效率。使用本钻头，导向装置的导向轨道与前端连接的钻头的流道连通，高压水通过流道后，能以较低水压力进行辅助的破岩，增加钻进效率。

[0058] 如图 8 至图 12 所示，自进式钻头包括钻头体和钻头体上的中心自激振荡喷嘴 (5.2)、边喷嘴 (5.3)、中部喷嘴 (5.4) 和后部喷嘴 (5.5)。自进式钻头 (5) 前部为球形，前端为一平台 (5.1)，平台 (5.1) 减小了钻头的整体尺寸，便于在平台上钻出中心自激振荡喷嘴 (5.2) 和边喷嘴 (5.3)，其半径 R2 为 2.5mm—4.0mm。自激振荡喷嘴 (5.2) 四周均匀布置具有一定张角 α 和偏角 β 的边喷嘴 (5.3)。

[0059] 如图 12 所示，对张角 α 和偏角 β 的定义为：在内部空腔圆锥形段的前端面上距钻头轴线一定距离确定一点为边喷嘴起点 c，将过边喷嘴起点 c 且与钻头轴线 oo′ 平行的直线 cc′ 定义为直线一，直线一和钻头轴线所确定的平面 oo′ d′ d 定义为平面一；以直线一为基线，先在平面一内向边射流出口方向向远离钻头轴线的方向偏转一定角度，此角度设定为张角 α，此时将喷嘴轴线 ce 定义为直线二；再将直线二以边喷嘴起点为原点，以直线一为旋转轴，旋转一定锥角，所得的喷嘴轴线 cf 定义为直线三，即为前喷嘴的实际轴线，此时将直线二和直线三在自进式钻头横截面上的投影 e c′ 和 f c′ 的夹角设定为偏角 β。所有边喷嘴都按此方法均匀布置，且偏转的角度和方向均一致。边喷嘴 (5.3) 的数目为 3—6 个，喷嘴直径为 0.5mm—1.2mm，分布半径 R1 为 1.0mm-2.0mm，张角 α 在 15°—30° 之间，最优为 25°，偏角 β 在 60°—90° 之间，最优为 360°/n(n 指边喷嘴个数)。分布半径 R1 是指边喷嘴射流出口中心到钻头轴线的距离。

[0060] 钻头中部均匀分布有在横截面中具有一定偏向角 θ 的中部喷嘴 (5.4)，如图 10 所示，横截面是指过中部喷嘴的轴线且与钻头轴线垂直的平面，偏向角 θ 是指中部喷嘴的轴线与径向半径的夹角。结合图 10 可见，中部喷嘴 (5.4) 的数目为 3—6 个，喷嘴直径为 0.5mm—1.2mm，偏向角 θ 在 30°—45° 之间。中部喷嘴的主要作用是扶正作用，破岩修孔

作用较弱，同时其射流的反冲力产生的力矩能使钻头拧紧。

[0061] 钻头后端为开口端，内部设有内螺纹 (5.6) 用于连接高压软管，其上面均匀布置有与轴线呈一定锥角 Φ 的后部喷嘴 (5.5)，如图 9 所示，锥角 Φ 是指后部喷嘴的轴线与钻头轴线的夹角；后部喷嘴 (5.5) 的数目为 6—8 个，喷嘴直径为 0.5mm—1.5mm，轴向锥角 Φ 在 10°—30° 之间，最优为 25°。

[0062] 结合图 9 可见，钻头内部是锥角为φ的圆锥体和圆柱体的组合空腔 (5.7)，组合空腔圆锥段的锥角在 20°—45° 之间，该锥角φ的选取原则是使射流的局部损失最小，加工方便。

[0063] 结合图 11 可见，中心自激振荡喷嘴 (5.2) 布置在自进式钻头轴线上，依次由上游喷嘴 (5.8)、自激振荡腔 (5.9) 和下游喷嘴 (5.10) 组成。自激振荡腔长度 L 一般为上游喷嘴直径 d1 的 2.3 ～ 3.3 倍，下游喷嘴直径 d2 一般为上游喷嘴直径 d1 的 1.2 ～ 1.3 倍。自激振荡腔 (5.9) 的主体为圆柱形腔，其直径为上游喷嘴直径 d1 的 18 倍；腔体的纵剖面为上下对称的平行四边形，腔体上下游喷嘴碰撞壁为锥形面，且上游喷嘴碰撞壁凸向上游，下游喷嘴碰撞壁凹向下游。

[0064] 自进式钻头的整体长度范围为 14mm—18mm，外径范围为 10mm—14mm。

[0065] 本发明的自进式钻头能将高压水分为四股射流，使本钻头具有分级破岩的功能：

[0066] 首先，一部分流体通过中心自激振荡喷嘴，依靠喷嘴的自激振荡腔室，将连续射流转变为脉冲射流，提高了中心射流的瞬时打击力，率先产生中心破碎坑。在其原理为：上游喷嘴完成腔内射流束的形成，其几何参数、加工精度等将影响射流束的流动特性和剪切层初始分离的位置、扰动大小等。自激振荡腔能形成反馈路径，能根据不同的长度和直径对频率进行选择。当由剪切层放大的扰动尖峰到达下游碰撞壁时，与之发生碰撞，由于该处射流的局部横截面积大于下游出口的截面积，受速度的影响，在这里会产生一个压力瞬变。该瞬变以声速沿射流轴心向上游反射，在上游喷嘴出再产生压力瞬变，进而在这里生成一个强大的扰动，该扰动又随剪切层向下游输运，并被放大，到达下游时又发生碰撞，产生压力瞬变。如此往返重复，构成正反馈闭合回路，形成自激振荡。在这过程中流体能量得到聚集，然后间断性地释放出来，就形成瞬时能量比连续射流能量高几倍的脉冲射流。具体的产生机理见自激振荡脉冲射流的产生机理。

[0067] 接着，一部分流体通过具有一定张角和偏角的边喷嘴，产生的射流具有三维速度：轴向速度、径向速度和环向速度，使岩石不只发生冲击破坏，还有剪切拉伸破坏，而且在钻进过程中，钻头与岩石之间的靶距是由远到近的动靶距，与传统的只有张角的钻头的破岩效果相比，其破岩效果如图 13 所示：带有偏角和张角的钻头所产生的冲蚀孔能有效地形成中心连通孔，因为自进式钻头的钻进过程是由远到近的动态的过程，即动靶距的过程，所以不同钻进时刻水射流的作用点是变化的。对只带张角的钻头，其射流作用点的轨迹为过中心的直线，而对带偏角和张角的钻头，其作用点轨迹为螺旋线，所以其轨迹线更长，且破坏面积更大，更容易使各射流所导致的破碎坑形成钻孔，从而破岩效果好，能围绕中心破碎坑继续破岩钻进，形成一个先导孔，使钻头前进。

[0068] 然后，经过在横截面中具有一定偏向角的中部喷嘴而形成的射流具有径向分速度和切向分速度（切向速度是指沿钻头圆周壁的切线方向的分速度。），射流的径向速度可以使钻头始终悬空，具有扶正作用，保持钻头和高压管的钻进平衡，在一定程度上能防止钻头

钻偏；切向速度可以对先导孔周围的岩石进行切割破坏，对钻孔进行再次扩孔，并且修正钻孔，使钻孔形状更规整。

[0069] 最后，另一部高压流体将通过与钻头轴线呈一定锥角的后部喷嘴，产生的射流将为钻头和高压管的钻进提供自推力，并进一步扩孔。此外，由于后部喷嘴的数量相对较多，大量向后的射流具有很好的排渣功能，向后的射流与轴线具有相同的夹角，夹角越小，产生射流的反冲力越大，但是随着锥角的减小，射流出口方向与进口方向偏转角增大，局部压力损失增大，射流速度减小，从而降低了自进力，故锥角一般在 10° —30° 之间。

[0070] 参见图 14、图 15，在钻杆与钻机前端连接的卡盘上安装有转向刻度盘 (6)，导向器 (2) 的转动角度通过转向刻度盘控制。转向刻度盘是在扩孔完成后，钻进树状钻孔时使用，使用时转向刻度盘一端固定在钻杆上且随钻杆转动，另一端固定在钻机卡盘上。通过转向刻度盘可读出钻杆旋转角度，转向刻度盘可在 360° 范围内读数，钻杆旋转角度即导向器旋转角度，合理的控制旋转角度能实现树状钻孔的均匀分布。

[0071] 本发明所述组合钻具的工作原理为：在低位巷向煤层预先使用普通钻头钻孔，成孔后使用本发明所述钻具进行扩孔，形成自进式水力喷射树状钻孔的母孔，再利用高压软管和自进式钻头在煤层预定位置钻进树状钻孔，实现煤层的均匀增透。

[0072] 本发明的使用过程如下：

[0073] ①使用前，首先在要进行瓦斯预抽的地方使用普通钻头钻孔。

[0074] ②将导向器 (2) 与钻杆 (1) 通过钻杆连接部分 (2.1) 连接，再将钻头 (3) 与导向器 (2) 通过钻头连接部分 (2.10) 连接，并依次将圆形水泥块 (2.9)、空心螺环 (2.8) 安装在导向器轨道出口处。

[0075] ③随后使用组合钻具的钻头 (3) 进行扩孔，组合钻具在扩孔的同时能够将导向器 (2) 带入至母孔中的预定位置，省去了扩孔后退钻以及导向器的送入等工序。

[0076] ④到达预定位置后将高压软管 (4) 和自进式钻头 (5) 从钻杆 (1) 中送入，使它们依次经过钻杆和导向器，在到达导向器出口处时，自进式钻头将圆形水泥块破碎，进行树状钻孔的钻进。

[0077] ⑤通过刻度盘 (6) 的读数控制导向器出口方向，在同一平面多次且均匀的钻孔。完成后在同一母孔其他平面进行相同钻孔，最终形成树状钻孔。

[0078] 以上所述仅为本发明示意性的具体实施方式，并非用以定本发明的范围，在本发明公开的技术及方案的基础上，本领域的技术人员能根据本专利公开的技术内容，不需要创造性的劳动就可以对其中的一些技术特征作出一些修改和变化，这些修改和变化均在本发明的保护范围内。

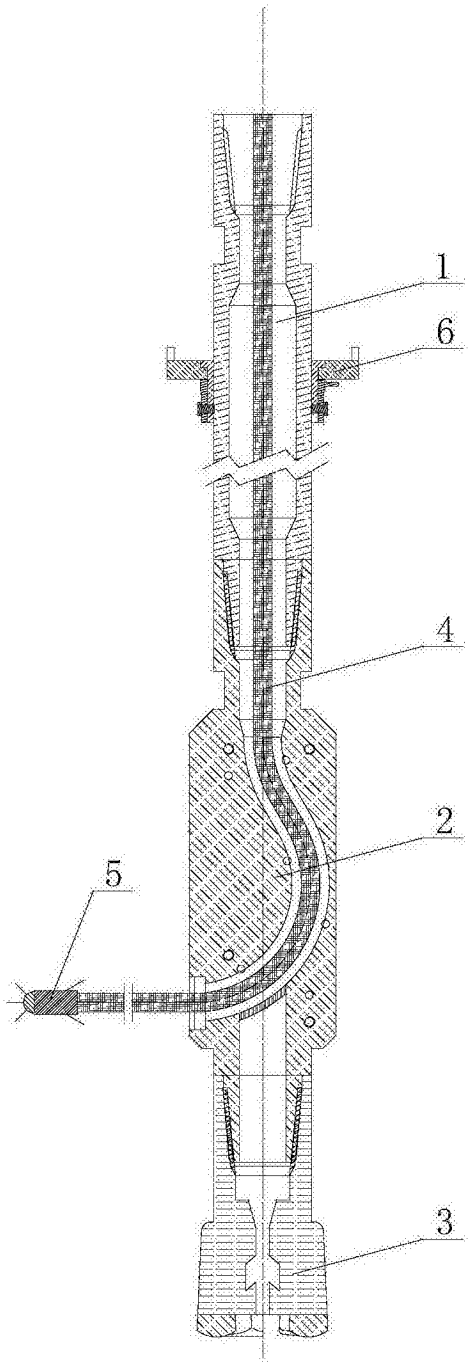


图 1

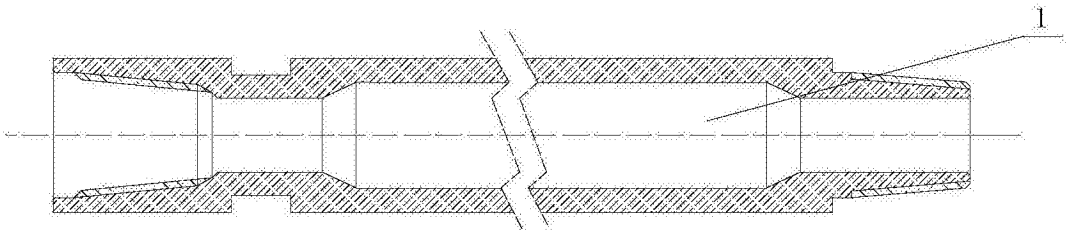


图 2

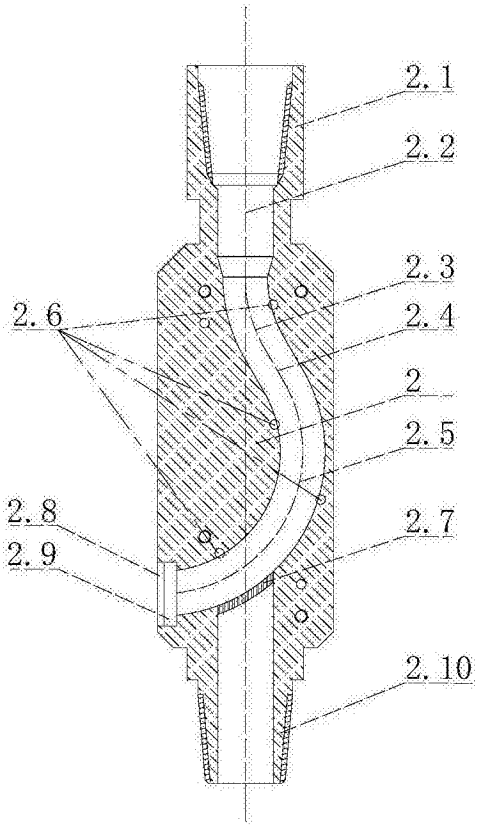


图 3

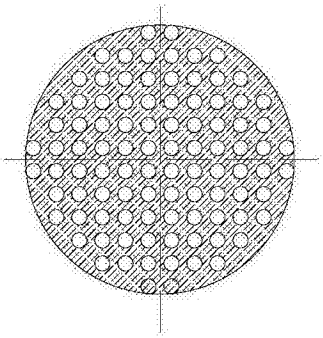


图 4

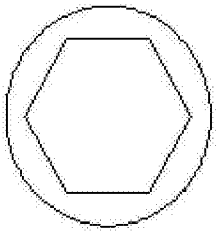


图 5

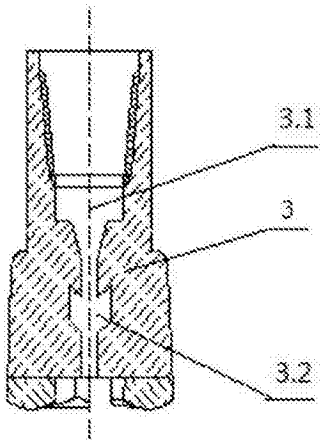


图 6

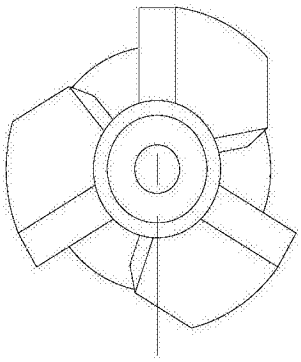


图 7

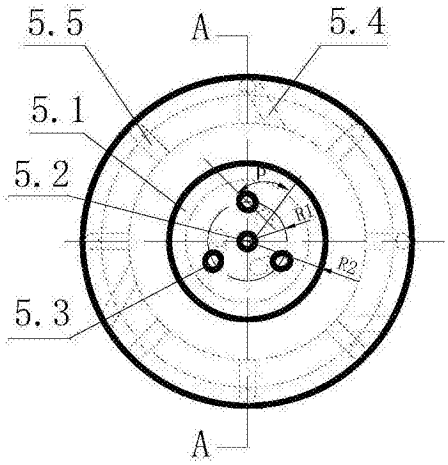


图 8

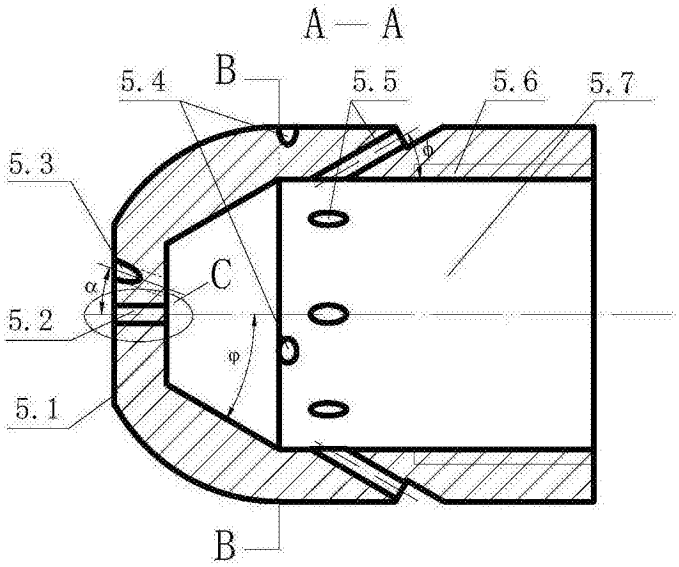


图 9

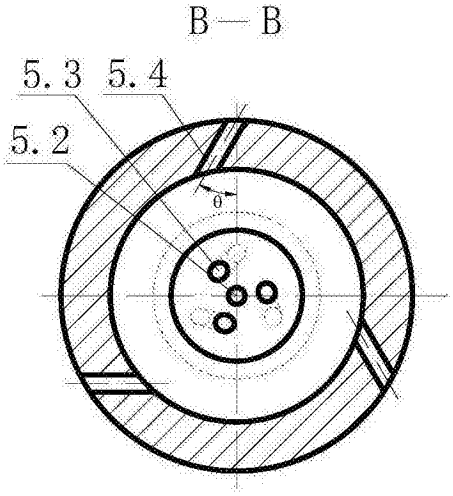


图 10

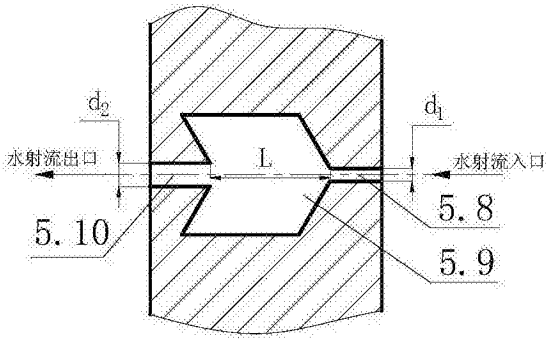


图 11

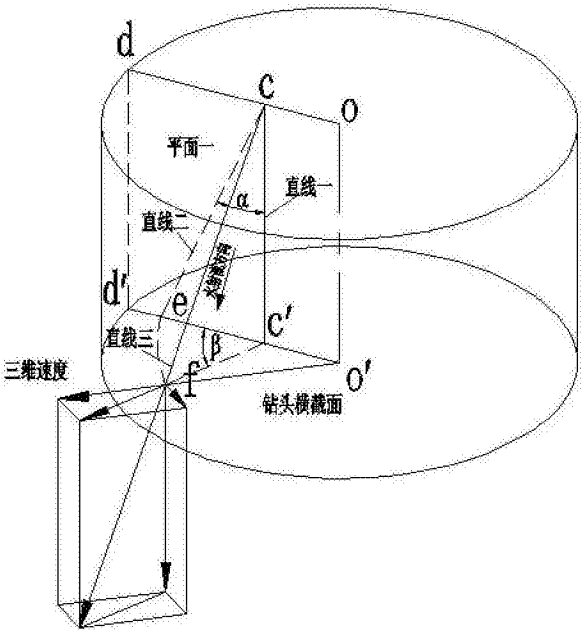


图 12

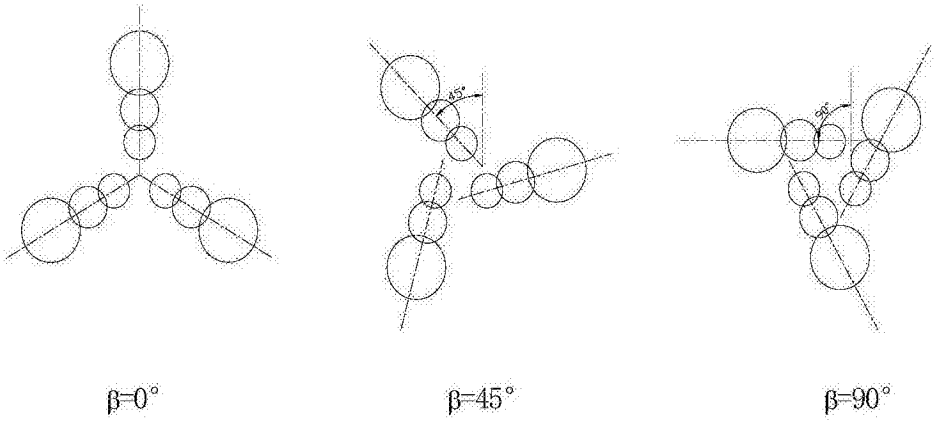


图 13

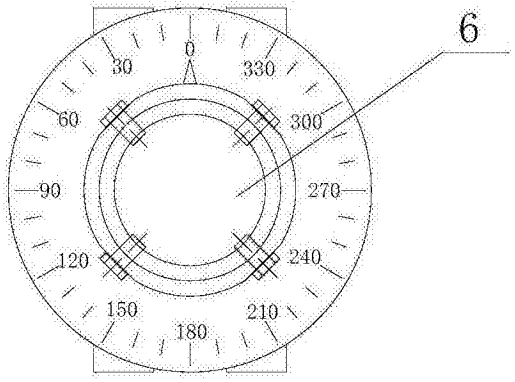


图 14

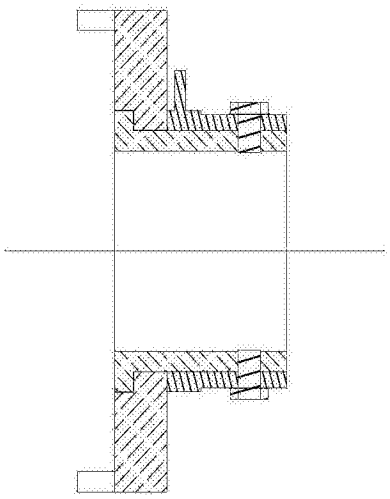


图 15