

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(43) 国际公布日
2012 年 2 月 16 日 (16.02.2012)

PCT

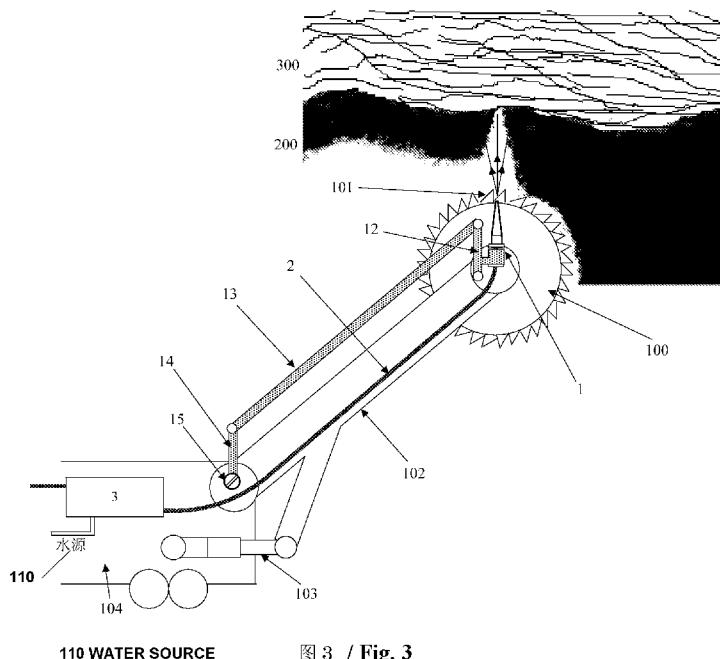
(10) 国际公布号
WO 2012/019474 A1

- (51) 国际专利分类号:
E21C 35/08 (2006.01) *E21C 35/187* (2006.01)
E21C 35/10 (2006.01) *E21C 25/06* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2011/074240
- (22) 国际申请日: 2011 年 5 月 18 日 (18.05.2011)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201010251520.1 2010 年 8 月 12 日 (12.08.2010) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 浙江大学 (ZHEJIANG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 388 号, Zhejiang 310058 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 卢建刚 (LU, Jiangang) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 388 号, Zhejiang 310058 (CN)。 郑剑锋 (ZHENG, Jianfeng) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 388 号, Zhejiang 310058 (CN)。 孙优贤 (SUN, Youxian) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 388 号, Zhejiang 310058 (CN)。
- (74) 代理人: 浙江杭州金通专利事务所有限公司 (ZHEJIANG HANGZHOU JINTONG PATENT AGENCY CO., LTD.); 中国浙江省杭州市下城区武林广场省科协大楼 19 层, Zhejiang 310003 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

[见续页]

(54) Title: METHOD, SYSTEM, AND PROBE FOR RECOGNIZING COAL-ROCK INTERFACE

(54) 发明名称: 煤岩界面识别方法、识别系统及识别探头



110 WATER SOURCE

图 3 / Fig. 3

(57) Abstract: A method, a system, and a probe (1) for recognizing the coal-rock interface are disclosed. High-pressure water jet is sprayed toward the coal seam above a roadway, wherein, the water jet can penetrate a coal seam but can not penetrate a rock formation. The reflected flow which is reflected by the coal seam or the rock formation applies different acting force to a nozzle (6), and the acting force is monitored by a controller in real time. The controller determines the distance between the upper end of picks of a coal wining machine and the coal-rock interface based on the monitoring result, achieving automatic height adjustment of the rocker arm of the coal wining machine. The method, the system and the probe for recognizing the coal-rock interface have advantages of low cost, high adaptability, high reliability and safe quality.

[见续页]

根据细则 4.17 的声明:

— 发明人资格(细则 4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(57) 摘要:

一种煤岩界面识别方法、识别系统及识别探头(1)被公开。高压水射流向巷道上方的煤层喷射,其中,该水射流能够穿透煤层而不能穿透岩层。被煤层或岩层反射的反射流对喷嘴(6)施加不同的作用力,控制器实时监测该作用力。控制器根据监测结果判断采煤机截齿上端与煤岩界面的距离,实现采煤机摇臂自动调高。该煤岩界面识别方法、识别系统及识别探头具有低成本、高适应性、高可靠性、本质安全的优点。

说明书

煤岩界面识别方法、识别系统及识别探头

技术领域

本发明涉及一种煤岩界面识别方法，基于该方法的识别系统及识别探头。

背景技术

在煤矿井下开采过程中，需要判别煤层与岩层的分界面，以此为依据控制采煤机摇臂的升降。

目前，国内采煤机滚筒高度的控制基本上都采用人工操作，即采煤机司机依靠自己的视觉和听觉来判断滚筒是否切割到顶板岩石而作出相应的调节。然而，实际操作中，司机的眼睛距离滚筒顶端有一定的距离，且工作面上充满煤尘，能见度极低；与此同时，滚筒切割煤层产生很大噪声，煤层被切割后不断地散落下来也产生噪声，加之采煤机本身的机械振动，在较大空间的工作面上上述各种噪声还会产生回声，导致工作面上既看不清也听不清，即使经验丰富的采煤机司机也很难在滚筒切割至顶板岩石的瞬间迅速做出准确判断。因此为了避免切割至顶板岩石，我国现在大都采取保守开采的方式，实际的采出率较低，而目前的技术水平也很难对剩余的大量煤炭资源进行二次开采，造成严重的资源浪费。同时，现行的这种操作方法也严重制约了采煤工作面自动化水平的提高，所以开发煤岩界面识别技术具有重要意义。

煤岩界面识别技术是实现采煤机自动化的关键技术之一。可靠的煤岩界面识别系统在经济效益和安全作业两方面都具有突出的优点，它不仅可以使采煤机具有自动追踪煤岩界面的能力，提升煤矿井下采煤自动化水平，提高采煤作业效益，而且还能有效地提高采出率，减少那些在选煤过程中必须除去的矸石，提高煤炭品质和运输效率，减轻设备磨损情况，减少设备维修量和停机时间，并可使作业人员远离危险工作面，实现工作面无人化等。

应用于采煤机上的指导摇臂升降的煤岩界面识别系统主要采用界面测量型。从 20 世

纪 50 年代起, 世界各主要产煤国如美国、德国、英国、澳大利亚等愈加重视这一领域的研究工作, 已经形成了一些成果, 例如: 基于煤岩自然 γ 射线辐射特性的 NGR (Natural Gamma Radiation) 传感器法, 此法在理论层面比较成熟且已有几种成型的产品在国外某些矿井使用。此法根据顶板岩石中的 γ 射线在穿透煤层后的衰减规律, 通过测量经过衰减后的 γ 射线强度来确定煤层厚度, 由此来确定煤岩界面。该方法要求顶板岩石必须含有放射性元素。因此该方法对于页岩顶板 (含有放射性元素) 有较好的适应性, 而对于砂岩顶板 (放射性元素含量较少) 则无法应用。该方法在英国有 50% 的矿井可以使用, 在美国有 90% 的矿井可以使用; 而在我国仅有 18% 左右的矿井可以应用, 因而难以在我国大范围推广使用。另外, 红外温度检测法也曾一度被认为是具有前途的界面识别方法, 该方法利用高灵敏度的红外线测温仪监测开采过程中滚筒截齿附近地质体的表面温度。由于煤层与岩石层通常存在显著的机械强度反差, 截割不同层面所产生的热量不同, 导致滚筒截齿附近地质体的表面温度的升高程度不同, 据此来判断是否截割到煤岩界面。该方法的不足之处在于, 只有当滚筒已经切割到岩层时才会生效, 不仅会损坏刀具, 而且切割岩层产生的火花会对井下安全造成极大威胁; 另外, 采煤机滚筒上通常装有喷雾装置用于给截齿和煤层冷却降温, 也对滚筒截齿附近地质体表面温度的实时准确测量造成了较大困难。除此以外, 还有一些其他方法如: 人工 γ 射线法、应力截齿分析法、振动分析法等, 目前主要停留在理论研究阶段, 尚未形成实用技术与产品。

综上所述, 到目前为止, 尽管各国的研究人员对煤岩界面探测系统提出了种种构想, 但多数方案还处于研究和试验阶段, 其可靠性、实用性、安全性等尚未得到充分验证。同时由于地质条件的复杂性等种种原因, 一些已经应用的识别技术的使用范围则受到严重限制, 使用环境稍有变化就会效果变差甚至完全失效, 比如: 自然 γ 射线法, 对于页岩顶板效果较好, 而对于砂岩顶板则几乎不能使用。

发明内容

本发明首先要解决的技术问题是提供一种煤岩界面识别方法, 其适应性广, 能实时识别煤岩界面, 并为系统化地解决采煤机摇臂调高控制、使井下采煤过程真正实现采煤机自

动化提供必要的条件。为此，本发明采用以下技术方案：所述方法在采煤机的滚筒附近或滚筒中提供射流，所述射流向上方的煤层喷射，所述射流具有的能量可以切割穿透所述煤层而不能穿透煤层后的岩石层，所述射流的喷嘴与滚筒同步升高；

获得射流被所述岩石层反射的反射流对喷嘴的作用力值，并实时传送给控制装置，根据该作用力的大小测算滚筒是否已接近煤岩界面，如已接近煤岩界面，则控制采煤机摇臂下降；

所述射流的介质可以是水；或以水为主体，并含有诸如聚丙烯酰胺、聚氧化乙烯加树脂等添加剂。

在采用上述技术方案的基础上，本发明还可采用以下进一步的技术方案：它利用反射流对喷嘴的作用力能使喷嘴有向后退缩的趋势或向后位移，采用压力传感器或位移传感器进行感知以获得所述作用力值。

本发明另一个所要解决的技术问题是提供一种能够实现上述方法进行煤岩界面识别并进而控制采煤机摇臂工作的煤岩界面识别系统。为此，本发明采用以下技术方案：它设有识别探头、控制器；所述识别探头设有指向滚筒上方煤层的射流喷嘴，所述射流喷嘴处在滚筒附近或滚筒中并可与滚筒同步升降，所述识别探头设有压力传感器或位移传感器的敏感元件，用来感知射流被煤层后的岩石层所反射的反射流对所述喷嘴的作用力或感知因该作用力而使喷嘴后退位移的距离，经转换元件处理后实时将信号传送给控制器；所述控制器根据所述压力传感器或位移传感器的与反射流作用力值对应的信号，经比较，控制采煤机摇臂驱动装置工作，所述识别系统还设有射流压力的调节装置。

一般地，所述喷嘴指向正上方或与正上方有一定偏角，只要采煤机的滚筒在接近被其采掘的煤层后的煤岩界面时，反射流的作用力能作用于喷嘴或与喷嘴相连的部件即可。

在采用上述技术方案的基础上，本发明还可采用以下进一步的技术方案：

所述识别探头设置在采煤机摇臂上。

所述识别系统在采煤机摇臂上设有平行铰链四连杆，所述四连杆的其中一杆为固定杆，安装所述喷嘴所需要的安装座固定在与所述固定杆处于对边位置的杆上，所述摇臂为

上述两杆之外的四连杆中的另一杆。

所述喷嘴卡在压力传感器或位移传感器的敏感元件上。

所述敏感元件为垫圈状，所述敏感元件放在喷嘴的安装座上，所述喷嘴具有垂直于喷射方向的凸出环，所述喷嘴穿过所述敏感元件插入安装座，所述凸出环卡在所述敏感元件上。

本发明再一个所要解决的技术问题是提供实现上述方法的煤岩界面识别探头。为此，本发明采用以下技术方案：它设有射流喷嘴，所述识别探头还设有压力传感器或位移传感器的敏感元件，用来感知射流被煤层后的岩石层所反射的反射流对所述喷嘴的作用力或感知因该作用力而使喷嘴后退位移的距离。

在采用上述技术方案的基础上，本发明还可采用以下进一步的技术方案：

所述喷嘴卡在压力传感器或位移传感器的敏感元件上。

所述敏感元件为垫圈状，所述敏感元件放在喷嘴的安装座上，所述喷嘴具有垂直于喷射方向的凸出环，所述喷嘴穿过所述敏感元件插入安装座，所述凸出环卡在所述敏感元件上。

水射流技术是近几十年迅速发展的一项新技术。它以水为工作介质，通过增压设备和特定形状的喷嘴产生高速射流束，具有极高的能级密度，可以用于清洗、切割、钻孔、采掘、破碎等作业，具有清洁、无热效应、能量集中、易于控制、效率高、成本低、操作安全、使用方便等特点，特别适用于操作环境恶劣，以及要求严格防火、防爆等敏感或危险工作场合，能够有效改善工作环境，降低和防止危险事故的发生。

本发明的理论基础是：

1、水射流在处于不同的驱动压力等级下时，具有的能量不同，因此产生的切割或破碎效果也不同。驱动压力越高，水流具有的能量越高，切割能力越强，可以切割或穿透更坚硬的材料；

2、适当控制水射流的能量，使其可以穿透煤层而不能穿透煤层后的岩层，此时射流

冲击煤层和岩层时会出现不同的现象。水流打在相对松软的煤层上时，煤层被击穿，煤块掉落下来，与此同时，水流的巨大能量几乎被吸收掉，所以击中煤层后的水流速度迅速变小，另外由于煤层破碎后呈不规则形状并四处飞溅，水流冲击煤层后方向散乱，不会集中向某一个方向反射。而当煤层被全部击穿后，水射流开始冲击到岩层上，由于水流的能量不足以击穿岩层（会对岩层造成冲蚀，然而是一个很慢的过程），且岩层相对煤层质地致密平整，所以水流冲击到岩层后将以很大的速度被反射回来。假设射流作用于岩层表面，反射后速度大小不变，为 v_1 （由于岩层坚硬致密，这种近似假设是合理的），且绝大部分以与入射方向完全相反的角度（即方向改变 180 度）反射回来，反射回来的射流作用在入射射流上形成一个冲击力，这个冲击力最终作用在喷嘴。由动量定理：

$$F \cdot \Delta t = m v_2 - m v_1$$

式中， v_1 为被反射回来的水流的初始速度， v_2 为 0， F 为反射回来的水流受到的力。由作用力等于反作用力原理可知，上式中 F 值就等于反射回来的射流作用在喷嘴上的冲击力。上式又可简化为：

$$F = -\rho \cdot q \cdot v_1$$

$$F = -F$$

式中， F 为喷嘴受到的冲击力，方向与射流入射方向相反； ρ 为射流介质水的密度； q 为射流体积流量。

射流打到岩层后，喷嘴开始逐渐感受到反射水流的冲击力。喷嘴距离岩层越近，射流在被反射前的速度损失越小，即冲击岩层的速度就越大，被反射回来的速度 v_1 也就越大，则由上式可知，反射回来的水流对喷嘴造成的冲击力越大。

本发明正是利用以上原理。由于煤层和岩石层的强度差别很明显，因此容易找到一个压力范围，在此范围的某压力下，水射流具有的能量可以切割穿透煤层，但不能切割穿透岩石层。水射流喷嘴被安装在滚筒附近，其顶端与滚筒截齿顶端基本在同一高度上，喷嘴指向正上方或斜上方，详细的安装方法在具体实施方式中介绍。水射流喷嘴随采煤机摇臂逐渐升高时，高压水流不断将其上部的煤层击穿破碎。当接近顶板岩石层时，水射流将顶

板岩石下的煤层完全穿透，水流开始冲击到顶板岩石上。由于水射流的能量不足以穿透岩石，根据理论基础 2 的内容，喷嘴受到向下的冲击力会随摇臂的升高而越来越大，压力传感器或位移传感器的敏感元件感受喷嘴所受到的反射流作用力，将信号实时传送给识别系统的控制器。由于工作过程中射流压力调节装置可使射流压力恒定，喷嘴与岩层之间每一个确定的距离都必在压力传感器上对应一个基本确定的压力值（同理，若采用位移传感器，则是对应一个基本确定的位移值）。以压力传感器为例，假设开采过程要求保留 x 厘米顶煤，则当喷嘴距离顶板岩石为 x 厘米时，压力传感器必有一基本确定的压力值 y 。当控制器发现压力传感器提供的压力信号达到 y 时，即表明此时水射流喷嘴也即滚筒顶端与顶板岩石仅有 x 厘米的距离，即发出命令，摇臂停止升高。

综上，本发明提供了一种煤岩界面识别方法、利用此方法实现摇臂调高自动控制的识别系统及识别探头，可以使煤炭开采过程实现高采出率，低机械磨损，提高采煤过程的自动化程度，同时有效提高作业面的安全系数，改善作业面的环境。

具体的，本发明的上述技术方案具有如下特点：

- 1、能以水作为探测介质，相比 γ 射线法等方法，成本低廉、方便可靠、操作安全；
- 2、探测过程不会产生火花，无热效应，因此不受瓦斯浓度的限制，可降低和防止危险事故发生；
- 3、由于煤层围岩的硬度普遍大于煤层，所以本发明所提供的方法、装置和系统适用范围广，可以不受煤岩层其他物理化学特性的影响；
- 4、保留顶煤的厚度可以根据不同矿井的具体情况调整，而且调整操作非常简便；
- 5、探测过程不涉及复杂的数据处理，可以充分保证探测结果与控制决策的实时性；
- 6、由于水为柔性介质，其冲击岩层时不会产生像机械机构切割岩层时所产生的剧烈震动，同时也有效降低截齿切割岩层的剧烈震动可能引发塌方等事故的潜在危险；
- 7、水射流同时具有冷却降温、清洁除尘的作用，可延长截齿的使用寿命，有效改善作业面的环境。

附图说明

- 图 1 是煤岩界面识别系统的结构示意图；
- 图 2 是煤岩界面识别探头的分解图；
- 图 3 是煤岩界面识别系统在采煤机上的安装结构局部示意图；
- 图 4 是煤岩界面识别系统在双滚筒采煤机上完整的安装结构示意图；
- 图 5 是采煤机摇臂自动调高控制系统软件流程图。

图中的附图标号分别表示如下：1、煤岩界面识别探头，2、高压输水管，3、高压水发生设备，4、压力传感器或位移传感器的转换元件，5、控制器，6、喷嘴，7、喷嘴凸出环，8、压力传感器或位移传感器的敏感元件，9、敏感元件输出信号线，10、安装座，11、喷嘴尾部的固定卡环，12~14、平行四连杆机构的杆件，15、起锁定杆件 14 作用的可松紧部件，16、右侧煤岩界面识别系统的高压水阀门，17、左侧煤岩界面识别系统的高压水阀门，100、滚筒，101、滚筒截齿，102、摇臂，103、摇臂升降液压缸，104、采煤机机身，200、顶部煤层，300、顶板岩石层。

具体实施方式

1、水射流驱动压力和喷嘴的选择

水射流的水力参数主要包括射流驱动压力、流量或喷嘴直径、功率。其中，对于任何水射流系统来说，合理选择一个驱动压力等级是个关键性问题。根据水射流的相关文献，一些常用的压力等级如下表所示。

常用的水射流压力等级

适用场合	驱动压力/MPa
水射流清洗矿车	35~70
水射流切割煤层	35~70

水射流切割砂岩或花岗岩	70~100
水射流切割大理岩或玄武岩	100~150
水射流在硬岩内钻孔	250~300

由此可见，选取一个可以切割穿透煤层而不能切割岩层的驱动压力是不难的，当然还要结合喷嘴的参数。根据矿井的围岩情况不同，可以设定不同的驱动压力值。

根据水射流的相关文献，这里不加推导的给出如下表达式：

$$v_i = 44.7\sqrt{p}$$

$$q_i = 2.1d^2\sqrt{p}$$

$$P = 16.67pq_i = 35.01d^2p^{3/2}$$

式中， v_i 为射流流速，m/s； p 为射流压力，MPa； q_i 为射流体积流量，L/min； d 为喷嘴出口直径，mm； P 为射流功率，W。

可见，射流功率是喷嘴直径和驱动压力的函数，且射流功率对喷嘴直径的变化比对压力大的变化敏感的多。因此需要根据具体的煤岩层情况，通过试验，综合选择驱动压力和喷嘴直径，以达到水射流可以穿透煤层而不能穿透煤层后的岩石层，同时能量效率较高，冲击力变化容易测取的效果。在允许的范围内，尽量使喷嘴直径较大，这样冲击力的变化更容易测取。

2、煤岩界面识别系统构成与识别过程

煤岩界面识别系统设有识别探头 1、控制器 5；所述识别探头设有指向上方的射流喷嘴，所述射流喷嘴处在滚筒附近或滚筒中并可与滚筒同步升降，所述识别探头设有压力传感器或位移传感器的敏感元件，用来感知射流被煤层后的岩石层所反射的反射流对所述喷嘴的作用力或感知因该作用力而使喷嘴后退位移的距离，经传感器的转换元件处理后实时将信号传送给控制器；所述控制器根据所述压力传感器或位移传感器的与反射流作用力值对应的信号，经比较，控制采煤机摇臂驱动装置工作，所述识别系统还设有射流压力的调

节装置。

如图 1 所示，附图标号 1 为煤岩界面识别探头，附图标号 2 为高压输水管，附图标号 3 为高压水发生设备，附图标号 4 为压力传感器或位移传感器的转换元件，附图标号 5 为控制器。其中，高压水发生设备 3 含有射流压力的调节装置，具有射流压力调节的功能。

图 2 是煤岩界面识别系统识别探头 1 的分解图。如图 2 所示，喷嘴 6 通过垂直于喷射方向的喷嘴凸出环 7 卡在压力传感器或位移传感器的敏感元件 8 上，敏感元件 8 通过敏感元件输出信号线 9 与转换元件 4 连接。敏感元件 8 呈垫圈状，置于喷嘴的安装座 10 上。喷嘴 6 依次穿过敏感元件 8 与安装座 10 后，通过喷嘴尾部的固定卡环 11 固定在安装座 10 上。安装座 10 固定在杆件 12 上。

如图 3 所示，煤岩界面识别探头 1 通过一个保持方向的机构安装在滚筒 100 附近，使识别探头 1 中的喷嘴 6 始终能指向所需喷射的方向，该方向一般为正上方或与正上方有一定偏角的斜上方，只要采煤机的滚筒在接近被其采掘的煤层后的煤岩界面时，反射流的作用力能作用于喷嘴或与喷嘴相连的部件即可。保持方向的机构在下一小节介绍。喷嘴 6 顶端与滚筒截齿 101 顶端基本在同一高度上。水射流喷嘴 6 随采煤机滚筒 100 逐渐升高时，高压水流不断将其上部的煤层击穿破碎。当接近顶板岩石层 300 时，水射流将顶板岩石下的顶部煤层 200 完全穿透，水流开始冲击到顶板岩石层 300 上。由于水射流的能量不足以穿透岩石，根据理论基础 2 的内容，喷嘴受到向下的冲击力会随摇臂 102 的升高而越来越大。喷嘴 6 受到的力通过其上的凸出环 7 传递给压力传感器或位移传感器的敏感元件 8，然后通过转换元件 4 实时传送给控制器 5。由于工作过程中水射流增压装置的压力恒定，喷嘴与岩层之间每一个确定的距离都必在压力传感器上对应一个基本确定的压力值（同理，若采用位移传感器，则是对应一个基本确定的位移值）。以压力传感器为例，假设开采过程要求保留 x 厘米顶煤保留厚度，则当喷嘴顶端距离顶板岩石为 x 厘米时，压力传感器必有一基本确定的压力值 y 。当控制器发现压力传感器提供的压力信号达到 y 时，即表明此时水射流喷嘴也即滚筒顶端与顶板岩石仅有 x 厘米的距离，即发出命令，摇臂 102 停止升高。

显然，如果喷嘴顶端略低于滚筒截齿 101 顶端而存在高度差 z 厘米，则压力值 y 应以喷嘴顶端距离顶板岩石为 $(x+z)$ 厘米时的压力传感器测量值为准。

3、保持方向的机构的设计

参照图 1、2、3。摇臂 102 是以采煤机上的固定支点为圆心，在液压缸 103 的伸缩作用下做弧线运动完成升降动作的。因此，如果将煤岩界面识别探头 1 及其喷嘴 6 固定安装在摇臂顶部，则当摇臂升降时，水射流喷嘴方向将不能始终指向上方的巷道顶部，而是随摇臂做弧线运动，使得识别系统不能正常工作。因此，必须设计一个机构，当摇臂做弧线升降动作时，装在其上面的煤岩界面识别探头 1 及其喷嘴 6 能够始终指向上方或具有某一偏角的斜上方，以保证系统正常工作。

本发明利用平行铰链四连杆机构实现这一功能。平行铰链四连杆机构是铰链四连杆机构的一种特殊形式，对边两两平行。如图 3 所示，杆件 12、13、14 与摇臂 102 共同构成平行铰链四连杆机构。图 3 中的摇臂 102 是直的，实际的采煤机摇臂由于考虑到应力分布的合理性等因素可能不是直的，通过令杆件 13 与摇臂 102 两端铰接点的连线平行，即令杆件 12 和 14 长度相等，则杆件 12、13、14 与摇臂 102 仍然构成平行铰链四连杆机构。其中杆件 14 通过可松紧部件 15 进行固定，在采煤机工作时杆件 14 的位置与方向均固定不变，不能转动；停机时可以将可松紧部件 15 松开，调整杆件 14 的角度然后锁死，以适应斜煤层开采时煤层的不同斜角。作为平行铰链四连杆机构其中一杆的摇臂 102 在液压缸 103 的作用下做弧线运动，当摇臂升降时，根据平行铰链四连杆机构的原理，杆件 12 始终与杆件 14 保持平行；喷嘴 6 的安装座 10 固定在杆件 12 上（如图 2 所示），这样就保证了水射流喷嘴 6 始终指向正上方或与正上方呈一定所需偏角的斜上方，使得系统可以适应斜煤层开采等各种工况，获得理想的工作状态。

4、识别系统在双滚筒采煤机上的安装

目前综合机械化采煤普遍采用的是双滚筒采煤机，这一节叙述煤岩界面识别系统在双滚筒采煤机上的安装问题。

由于双滚筒采煤机作业时通常是前滚筒割顶煤，后滚筒割底煤。一般而言，只需前滚筒的一套煤岩界面识别系统处于工作状态即可，所以两套煤岩界面识别系统可以共用一组高压水发生设备 3，如图 4 所示。采煤机向右行进时，右侧滚筒作为前滚筒实施割顶煤，左侧滚筒作为后滚筒实施割底煤，所以阀门 16 打开，阀门 17 关闭，右侧煤岩界面识别系统工作。当采煤机右行至巷道末端而准备折返时，左侧滚筒升高作为前滚筒实施割顶煤，右侧滚筒降低作为后滚筒实施割底煤，此时先打开阀门 17，然后关闭阀门 16，右侧煤岩界面识别系统停止工作，左侧煤岩界面识别系统启动。当采煤机左行至巷道末端而准备折返时，重复上述左右识别系统的切换操作。切换左右识别系统时，两侧阀门 16 与 17 不可同时关闭，以免对高压水发生设备造成巨大冲击。此处的两个阀门 16 与 17 也可用一个三通阀替代，实现类似的打开阀门与关闭阀门操作。

5、水的回收利用与节水方案

在坡度较小、较平坦的作业面上，水射流长时间喷射会造成水的淤积，尤其是喷射流量较大的情况下。粘土质矿层受到水的浸泡后可能引发一系列的问题，美国就曾发生过两起水采矿井因水淤积造成塌方的矿难事故。另外，由于作业过程中水射流长时间的喷射将会消耗不少水资源。所以从安全和节约两个角度考虑，可以对喷射水做适当的回收处理并循环使用。回收方案比较简单，当作业面出现积水情况后，用专用的泵将其抽走，经过沉降和多级过滤后可以作为识别系统的水源被再次利用。这样既保证了安全又节约了资源。

另外一项可选的节水方案是，喷嘴只在采煤机摇臂上升同时滚筒截齿快接近顶板岩石层时才喷射高压水流，而在其他时刻（如：在采煤机摇臂下降过程中或滚筒截齿远离顶板岩石层时）停止喷射高压水流。

6、采煤机摇臂自动调高控制

基于上述的煤岩界面识别系统，即可实现采煤机摇臂自动调高控制。实施方案涉及的硬件设备有：上述的煤岩界面识别系统和负责摇臂升降的液压系统。

实施方案的基本思想是：煤岩界面识别系统喷射水射流，摇臂上升过程中，当滚筒与顶板岩层距离达到设定的保留厚度时，控制器会立刻监测到并向液压系统发出命令，摇臂

即开始下降，当摇臂下降到最低位置后，液压系统开始将摇臂向上升，进入下一循环。控制器的决策控制过程由软件实现。

在某个巷道开采之前，首先确定该巷道的围岩类型及硬度，可以通过现场试验的方法，确定一组可以穿透煤层而不能穿透岩石层的水射流压力等级并选择合适的喷嘴。然后，根据需保留顶煤的厚度，现场实验确定压力传感器（或位移传感器）的阈值。即当喷嘴与岩层距离刚好达到保留厚度时，记录此时传感器的输出值，并将该值写入控制器的决策控制软件中。喷嘴顶端如果略低于滚筒截齿 101 顶端而存在高度差，则顶煤保留厚度的参数应增加上述高度差给予补偿。

控制器 5 的决策控制软件流程图如图 5 所示。控制系统启动后，首先进行系统初始化，然后启动高压水发生设备 3，识别系统开始喷射水射流，控制器 5 随即开始读入压力传感器（或位移传感器）的数据。当滚筒与岩层的距离达到顶煤保留厚度时，即传感器的数据达到阈值时，控制器立刻向液压系统发出命令，液压缸 103 收缩，摇臂 102 开始下降。摇臂下降至最低位置之后开始上升，进入下一循环。

上述具体实施方式用来解释说明本发明，仅为本发明的优选实施例而已，而不是对本发明进行限制，在本发明的精神和权利要求的保护范围内，对本发明作出的任何修改、等同替换、改进等，都落入本发明的保护范围。

权利要求书

1、煤岩界面识别方法，其特征在于所述方法在采煤机的滚筒附近或滚筒中提供射流，所述射流向上方的煤层喷射，所述射流具有的能量可以切割穿透所述煤层而不能穿透煤层后的岩石层，所述射流的喷嘴与滚筒同步升高；所述射流的介质可以是水或以水为主体；

获得射流被所述岩石层反射的反射流对喷嘴的作用力值，并实时传送给控制装置，根据该作用力的大小测算滚筒是否已接近煤岩界面，如已接近煤岩界面，则控制采煤机摇臂下降。

2、如权利要求 1 所述的煤岩界面识别方法，其特征在于它利用反射流对喷嘴的作用力能使喷嘴有向后退缩的趋势或向后位移，采用压力传感器或位移传感器进行感知以获得所述作用力值。

3、实现权利要求 1 所述方法的煤岩界面识别系统，其特征在于它设有识别探头、控制器；所述识别探头设有指向上方的射流喷嘴，所述射流喷嘴处在滚筒附近或滚筒中并可与滚筒同步升降，所述识别探头设有压力传感器或位移传感器的敏感元件，用来感知射流被煤层后的岩石层所反射的反射流对所述喷嘴的作用力或感知因该作用力而使喷嘴后退位移的距离，并实时将信号传送给控制器；所述控制器根据所述压力传感器或位移传感器的与反射流作用力值对应的信号，经比较，控制采煤机摇臂驱动装置工作，所述识别系统还设有射流压力的调节装置。

4、如权利要求 3 所述的煤岩界面识别系统，其特征在于所述识别探头设置在采煤机摇臂上。

5、如权利要求 4 所述的煤岩界面识别系统，其特征在于它在采煤机摇臂上提供平行铰链四连杆，所述四连杆的其中一杆为固定杆，安装所述喷嘴所需要的安装座固定在与所述固定杆处于对边位置的杆上，所述摇臂为上述两杆之外的四连杆中的另一杆。

6、如权利要求 3、4 或 5 所述的煤岩界面识别系统，其特征在于所述喷嘴卡在压力传感器或位移传感器的敏感元件上。

7、如权利要求 6 所述的煤岩界面识别系统，其特征在于所述敏感元件呈垫圈状，所述敏感元件放在喷嘴的安装座上，所述喷嘴具有垂直于喷射方向的凸出环，所述喷嘴穿过所述敏感元件插入安装座，所述凸出环卡在所述垫圈状敏感元件上。

8、实现权利要求 1 所述方法的煤岩界面识别探头，其特征在于它设有射流喷嘴，所述识别探头还设有压力传感器或位移传感器的敏感元件，用来感知射流被煤层后的岩石层所反射的反射流对所述喷嘴的作用力或感知因该作用力而使喷嘴后退位移的距离。

9、如权利要求 8 所述的煤岩界面识别探头，其特征在于所述喷嘴卡在压力传感器或位移传感器的敏感元件上。

10、如权利要求 9 所述的煤岩界面识别探头，其特征在于所述敏感元件呈垫圈状，所述敏感元件放在喷嘴的安装座上，所述喷嘴具有垂直于喷射方向的凸出环，所述喷嘴穿过所述敏感元件插入安装座，所述凸出环卡在所述垫圈状敏感元件上。

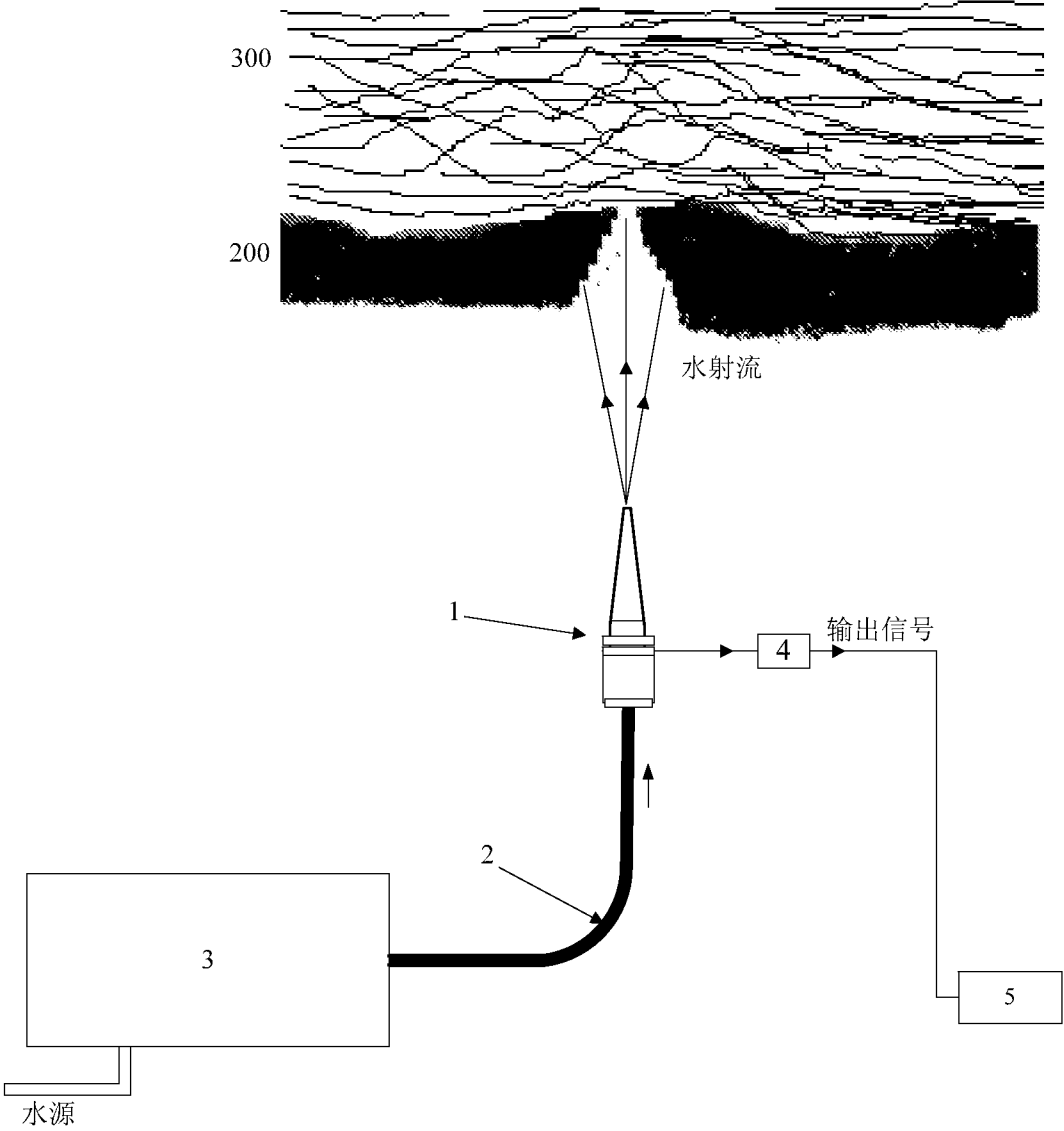


图 1

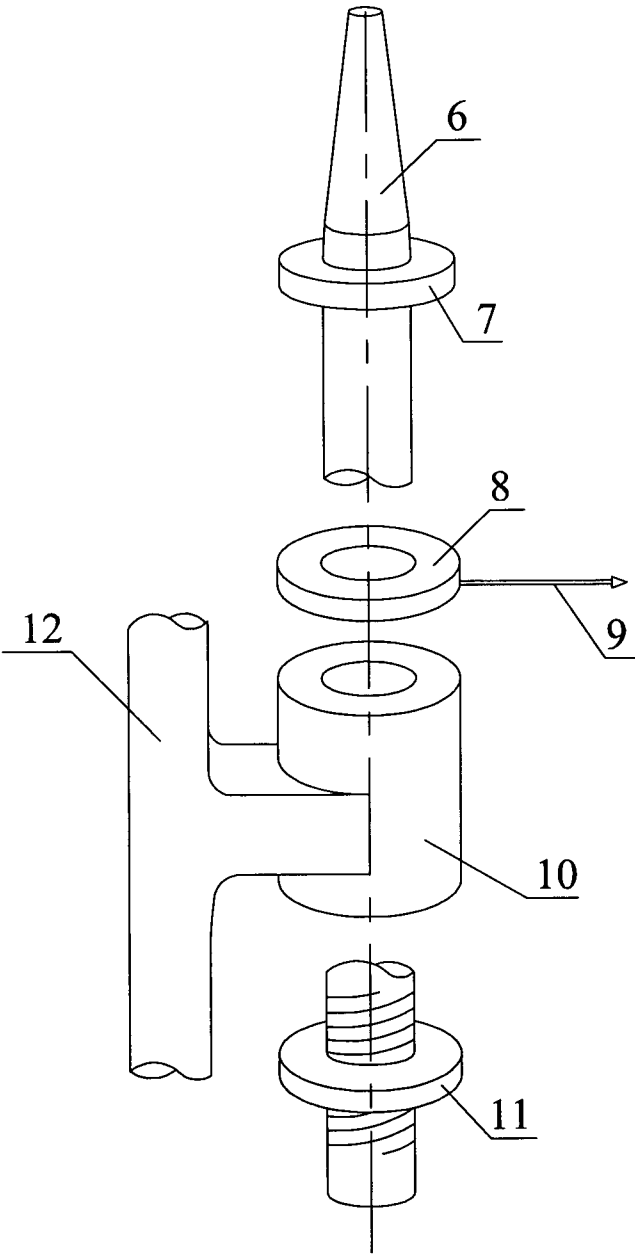


图 2

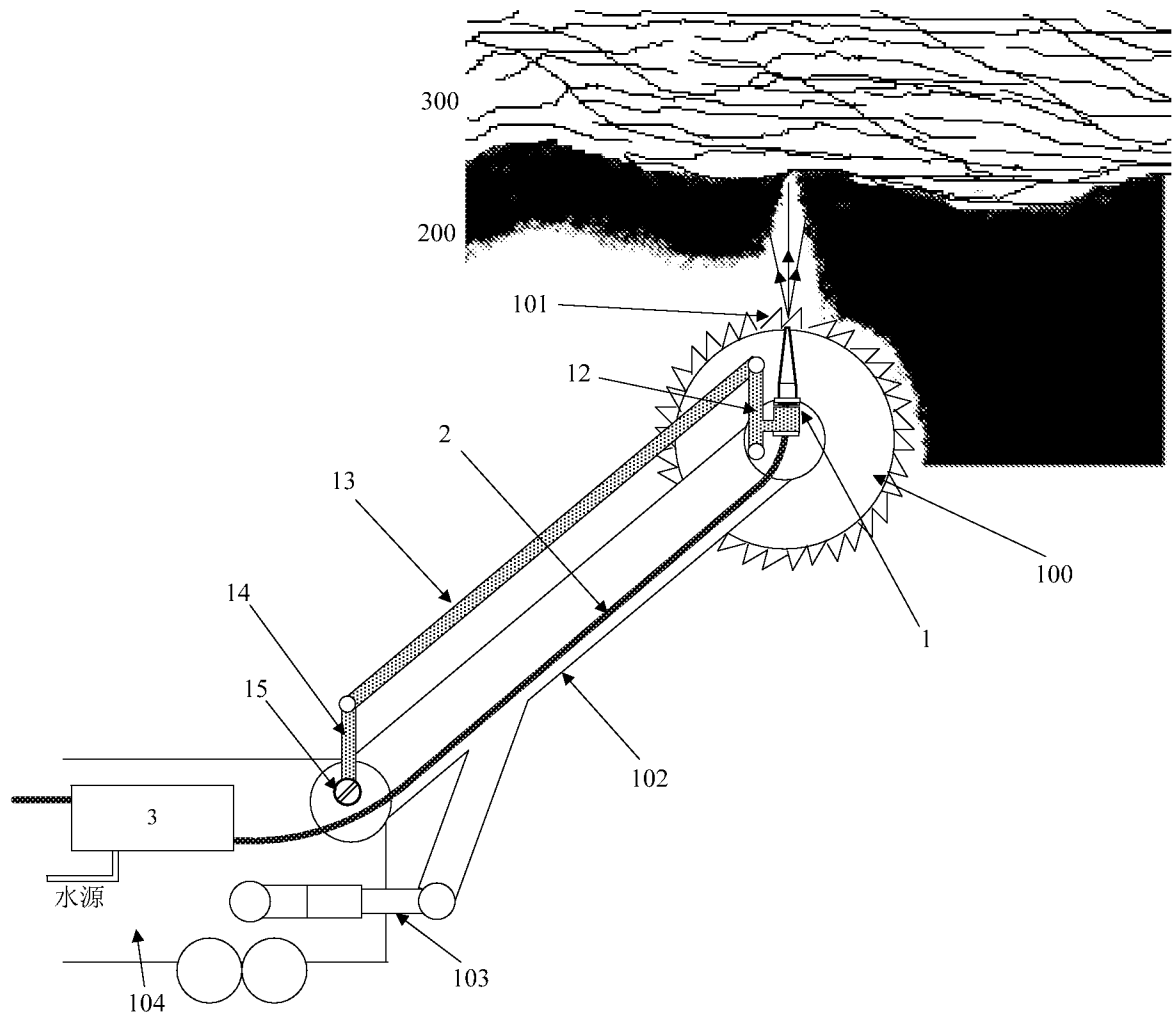


图 3

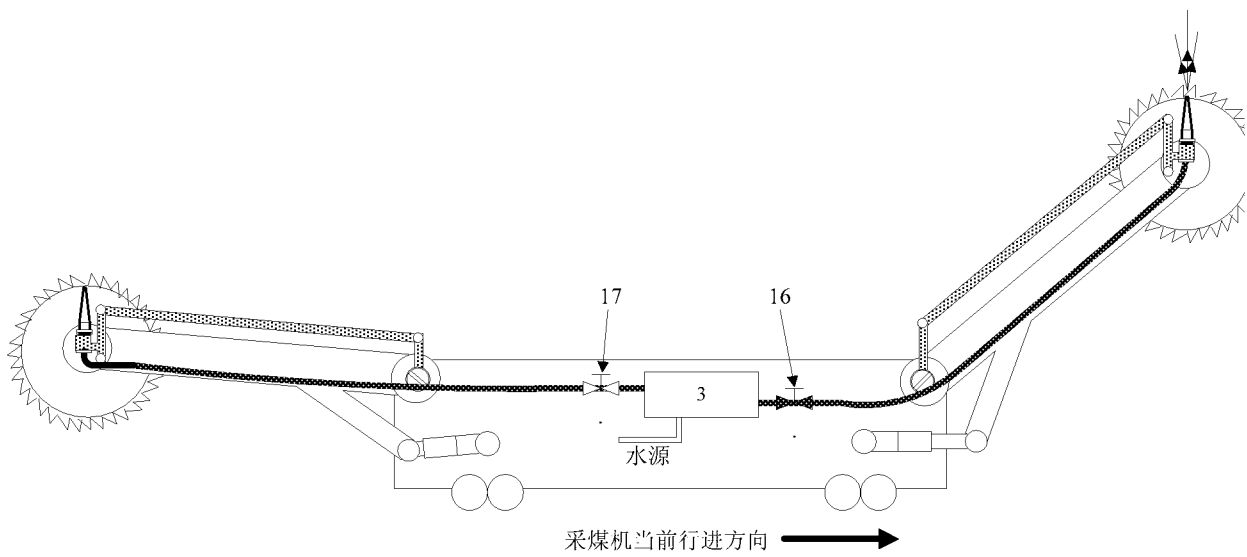


图 4

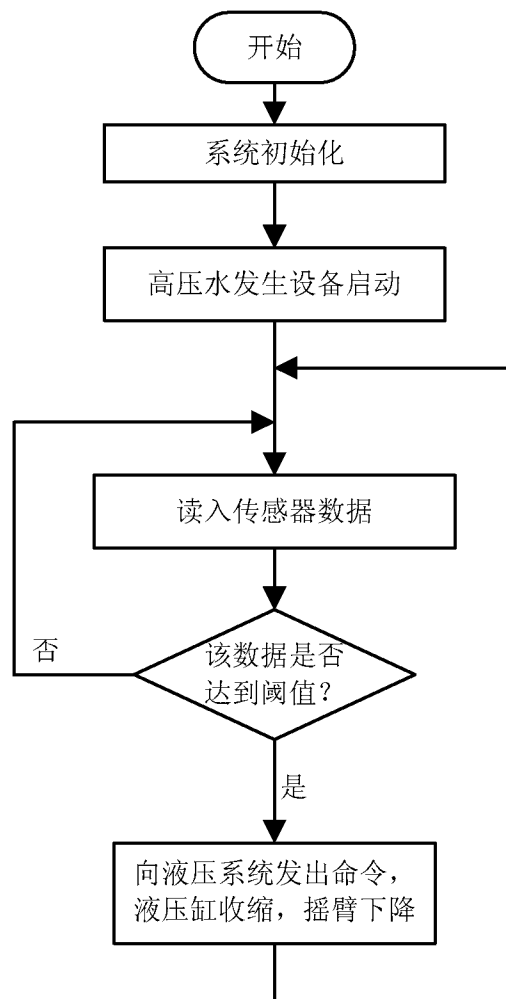


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/074240

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: E21C, G01

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, EPODOC, CNKI, CNPAT: coal, rock, interface, boundary, jet, reflect+, nozzle?, force

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN101922290A (UNIV ZHEJIANG) 22 Dec. 2010 (22.12.2010) claims 1-10, figs.1-5	1-10
A	QIN, Jianqiu et al. "SENSING TECHNIQUE FOR RECOGNIZING COAL-ROCK INTERFACE", Colliery Mechanical & Electrical Technology, Feb. 1993, the whole document	1-10
A	CN101663462A (BUCYRUS DBT EURO GMBH) 03 Mar. 2010 (03.03.2010) the whole document	1-10
A	SU1511400A1 (MO GEOLOGORAZVEDOCH INST) 30 Sep.1989 (30.09.1989) the whole document	1-10
A	SU1382951A1 (SKOCHINSKII MINING INST) 23 Mar.1988 (23.03.1988) the whole document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim (S) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 10 Jun.2011 (10.06.2011)	Date of mailing of the international search report 30 Jun. 2011 (30.06.2011)
Name and mailing address of the ISA/CN The State Intellectual Property Office, the P.R.China 6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China 100088 Facsimile No. 86-10-62019451	Authorized officer JIAO,Hongfang Telephone No. (86-10)62085408

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2011/074240

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN101922290A	22.12.2010	none	
CN101663462A	03.03.2010	DE202007006122U	26.06.2008
		WO2008131867A	06.11.2008
		MX2009009973A	29.10.2009
		CZ20090596A	10.03.2010
		DE112008000670T	22.04.2010
		US2010117439A	13.05.2010
		CO6241178A	20.01.2011
SU1511400A1	30.09.1989	none	
SU1382951A1	23.03.1988	none	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/074240

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E21C 35/08 (2006.01)i

E21C 35/10 (2006.01)i

E21C 35/187 (2006.01)i

E21C 25/06 (2006.01)i

A. 主题的分类

参见附加页

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: E21C, G01

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

WPI, EPODOC, CNKI, CNPAT: 煤, 岩, 界面, 边界, 射流, 反射, 喷嘴, 力, coal, rock, interface, boundary, jet, reflect+, nozzle?, force

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN101922290A (浙江大学) 22.12 月 2010 (22.12.2010) 权利要求 1-10、附图 1-5	1-10
A	秦剑秋等, 煤岩界面识别传感技术, 煤矿机电, 1993 年 2 月, 全文	1-10
A	CN101663462A (布西鲁斯 DBT 欧洲有限公司) 03.3 月 2010 (03.03.2010) 全文	1-10
A	SU1511400A1 (MO GEOLOGORAZVEDOCH INST) 30.9 月 1989 (30.09.1989) 全文	1-10
A	SU1382951A1 (SKOCHINSKII MINING INST) 23.3 月 1988 (23.03.1988) 全文	1-10

☐ 其余文件在 C 栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

10.6 月 2011 (10.06.2011)

国际检索报告邮寄日期

30.6 月 2011 (30.06.2011)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

受权官员

焦红芳电话号码: (86-10) **62085408**

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2011/074240

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN101922290A	22.12.2010	无	
CN101663462A	03.03.2010	DE202007006122U	26.06.2008
		WO2008131867A	06.11.2008
		MX2009009973A	29.10.2009
		CZ20090596A	10.03.2010
		DE112008000670T	22.04.2010
		US2010117439A	13.05.2010
		CO6241178A	20.01.2011
SU1511400A1	30.09.1989	无	
SU1382951A1	23.03.1988	无	

A. 主题的分类

E21C 35/08 (2006.01)i

E21C 35/10 (2006.01)i

E21C 35/187 (2006.01)i

E21C 25/06 (2006.01)i