

(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
2020 年 10 月 8 日 (08.10.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/199290 A1

- (51) 国际专利分类号:
E21D 9/00 (2006.01) *G01N 23/04* (2018.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/084654
- (22) 国际申请日: 2019 年 4 月 26 日 (26.04.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910271921.4 2019年4月4日 (04.04.2019) CN
- (71) 申请人: 山东大学 (SHANDONG UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国山东省济南市历下区经十路
17923号, Shandong 250061 (CN)。
- (72) 发明人: 李术才 (LI, Shucan); 中国山东省济南市
历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。

许振浩 (XU, Zhenhao); 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。谢辉辉 (XIE, Huihui); 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。余腾飞 (YU, Tengfei); 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。石恒 (SHI, Heng); 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。王文扬 (WANG, Wenyang); 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。潘东东 (PAN, Dongdong); 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。林鹏 (LIN, Peng); 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。

(74) 代理人: 济南圣达知识产权代理有限公司 (JINAN SHENGDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY)

(54) **Title:** TBM-MOUNTED ADVANCE GEOLOGICAL FORECAST SYSTEM AND METHOD BASED ON RECOGNITION OF LITHOLOGY AND UNFAVORABLE GEOLOGICAL PRECURSOR CHARACTERISTICS

(54) 发明名称: 基于岩性与不良地质前兆特征识别的TBM搭载式超前地质预报系统及方法

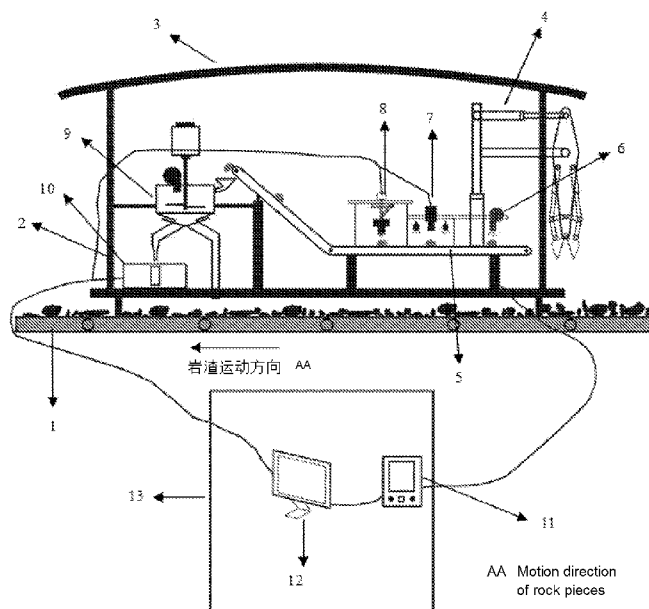


图 1

(57) **Abstract:** The present disclosure provides a TBM-mounted advance geological forecast system and method based on recognition of lithology and unfavorable geological precursor characteristics. Said system comprises a base (2), the base (2) is provided on a TBM main conveyor belt (1), a telescopic mechanical gripper (4), a conveyor belt system (5), a crushing device (10), a control system (12) and a comprehensive data analysis platform (13) are sequentially provided on the base, and a drying mechanism (6), an image recognition device and an X-ray fluorescence analysis device (9) are sequentially provided above the conveyor belt system (5) to apply surface drying, lithology recognition and X-ray fluorescence analysis to a rock to be detected respectively. Information fusion and correction are

CO., LTD.); 中国山东省济南市经十路17703号华特广场B308室, Shandong 250061 (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

performed by using a neural network according to an extracted mark image capable of reflecting unfavorable geological information, an unfavorable geological sensitive element and unfavorable geological mineral enrichment information in the rock, and then analysis is performed to obtain the change of lithology and unfavorable geological occurrence characteristics in front of a tunnel face, achieving an advance tunnel geological forecast based on smart recognition of lithology and unfavorable geological precursor characteristics.

(57) 摘要: 本公开提供了一种基于岩性与不良地质前兆特征识别的TBM搭载式超前地质预报系统及方法, 包括基座(2), 基座(2)设置于TBM主传送带(1)上, 其上依次设置有可伸缩机械抓手(4)、传送带系统(5)、粉碎装置(10)、控制系统(12)和数据综合分析平台(13), 传送带系统(5)上方依次设置有烘干机构(6)、图像识别装置和X射线荧光分析装置(9), 分别对待测岩块施加表面烘干、岩性识别和X射线荧光分析, 依据所提取岩石中能够反映不良地质信息的标志图像、不良地质敏感元素及不良地质矿物富集信息利用神经网络进行信息融合与修正, 进行分析, 得到掌子面前方岩性变化与不良地质赋存特征, 实现基于岩性与不良地质前兆特征智能识别的隧道超前地质预报。

基于岩性与不良地质前兆特征识别的TBM搭载式超前地质预报系统及方法

技术领域

本公开涉及一种基于岩性与不良地质前兆特征识别的 TBM 搭载式超前地质预报系统及方法。

背景技术

本部分的陈述仅仅是提供了与本公开相关的背景技术信息，不必然构成在先技术。

当深长隧道的长径比达到或超过 600~1000 时，按照国际通行惯例应优先采用 TBM 施工方法，国际上公认 TBM 施工方法具有掘进速度快、施工扰动小、成洞质量高、综合经济社会效益高等优势。但 TBM 施工方法又对地质条件的适应能力较差，在 TBM 施工中经常遭遇突水突泥、塌方、大变形等灾害，导致掘进机卡机、损坏、报废甚至人员伤亡的重大事故。为了降低 TBM 施工中遭遇上述事故的风险，最有效的解决方法就是采用超前地质预报技术提前探明掌子面前方不良地质情况，根据前方的地质情况预先制定合理的处置措施和施工预案，规避和预防重大灾害事故的发生。

隧道施工过程中，在出现断层破碎带、溶洞、暗河以及淤泥带之前，一般都会出现各自的前兆标志，这些标志的出现，常常预示前述不良地质体已经临近。然而，隧道内一线施工人员多缺乏良好的地质知识，不能及时的对不良地质前兆特征进行有效识别，从而酿成一些灾害的发生。同时，TBM 施工对地层岩性要求较高，除了关注前方可能存在的不良地质外，还要关注掘进路线上地层岩性的变化，以便及时改进 TBM 的施工参数，从而保证安全快速施工。

目前，在 TBM 隧道施工过程实施超前地质预报方法很多，主要是以地球物理探测方法为主，如地震波法、电阻法、红外探水等，且也已经出现了部分 TBM 搭载设备。但是据发明人了解，从地质分析的角度开展超前地质预报，在识别突水突泥等灾害的不良地质前兆特征方面，现有的预报系统及方法不可以实时了解 TBM 掘进路线上围岩岩性、矿物及元素种类及含量的变化情况，并预测掘进面前方地质条件变化情况。

发明内容

本公开为了解决上述问题，提出了一种基于岩性与不良地质前兆特征识别的 TBM 搭载式超前地质预报系统及方法，本公开可实时了解 TBM 掘进路线上围岩岩性、矿物及元素种类及含量的变化情况，并预测掘进面前方地质条件变化情况及可能存在的不良地质。

根据一些实施例，本公开采用如下技术方案：

一种基于岩性与不良地质前兆特征识别的 TBM 搭载式超前地质预报系统，包括基座，所述基座设置于 TBM 主传送带上，其上依次设置有可伸缩机械抓手、传送带系统、粉碎装置、控制系统和数据综合分析平台，其中：

所述可伸缩机械抓手用于将所述 TBM 主传送带的待测岩块并放置在传送带系统上，所述传送带系统上方依次设置有烘干机构、图像识别装置和 X 射线荧光分析装置，分别对待测岩块施加表面烘干、岩性识别和 X 射线荧光分析；

所述粉碎装置设置于传送带系统的末端，对待测岩块进行粉碎，粉碎装置出口的粉末颗粒可直接落入下方设置的 X 射线衍射分析装置的样品舱中；

所述控制系统控制所述可伸缩机械抓手、传送带系统、粉碎装置、图像识别装置、X 射线荧光分析装置及 X 射线衍射分析装置的动作；

所述数据综合分析平台，被配置为接收图像识别装置、X 射线荧光分析装置和 X 射线衍射分析装置的采集结果，依据所提取岩石中能够反映不良地质信息的标志图像、不良地质敏感元素及不良地质矿物富集信息利用神经网络进行信息融合与修正，进行分析，得到掌子面前方岩性变化与不良地质赋存特征，实现基于岩性与不良地质前兆特征智能识别的隧道超前地质预报。

本公开搭载于 TBM 上，可以实时分析 TBM 掘进工作过程中岩性及不良地质前兆特征的变化。基于采集到的岩石图像信息，应用卷积神经网络，通过卷积层和最大池化层对岩石的颜色、纹理和形状等图像特征进行提取与表征；同时结合光谱分析技术可识别岩石中矿物及元素含量的变化，建立起敏感元素与特征矿物和不良地质影响区地质前兆特征之间的定量表征关系。

同时，本公开利用基座设置于 TBM 上，利用单独的传送带进行分析工作，并不干扰 TBM 的本身工作，实现掘进、分析和预报的一体化、集成化。

作为进一步的限定，所述基座上面设置有防护棚。防护棚能够有效防止其他干扰因素。

防护棚焊接坐落于基座上方，由四个角钢作为棚顶支撑，棚顶形状为拱形，材质为不锈钢板，可防止隧道拱顶的落石、渗水等破坏基座上的仪器部件。防护棚的两侧由钢化玻璃板遮挡，并用紧固螺栓将其固定在支撑角钢上。

作为进一步的限定，所述基座由角钢构成，基座轮廓为长方形，焊接于主控室附近的 TBM 传送带上方，主要为该系统的其他部件提供支撑作用。

作为进一步的限定，所述可伸缩式机械抓手，包括电动液压立柱、支撑杆、电动液压臂、机械臂、电动液压杆、摇杆、连杆以及抓斗，电动液压立柱垂直焊接在基座上，用来安装电动液压臂和支撑杆，可上下伸缩，用来控制整个机械抓手装置的升降，所述支撑杆一端垂直固定连接在电动液压立柱上，一端与机械臂用销轴连接，所述电动液压臂一端连接在电动液压立柱上，一端与机械臂用销轴连接，所述抓斗有两个，并用销轴对称安装在机械臂的前端，同时在抓斗前端安装有斗齿，与抓斗相对应，电动液压伸缩杆有两个，分别用摇杆和连杆相连接，用来控制抓斗的张开与闭合。

作为进一步的限定，所述机械臂的前端与抓斗相连处固定安装有激光轮廓测量仪，用来对 TBM 传送带上的岩块大小进行量测，当测量到的岩块大小符合所设定范围时，将该信号传输至控制系统控制机械抓手对该岩块进行抓取。

作为进一步的限定，所述抓斗中还安装有高压喷头，高压喷头通过水管与外置的水泵相连，当抓斗抓取岩块后，高压喷头会自动喷水对抓取岩块进行冲洗，以确保抓取岩块表面无其他渣粉的污染。

作为进一步的限定，所述传送带系统安装在基座上部的防护棚内，包括传送带、滚筒、伺服电机及位移传感器，所述滚筒有至少两个，所述传送带缠绕在滚筒上，所述伺服电机驱动滚筒，以驱动传送带的运动，位移传感器用来测定传送带上待测岩块的传送位移，位移传感器和伺服电机均与控制系统通讯。

作为进一步的限定，所述烘干机构为烘干机，对所抓取的待测岩块进行风干，当传送带系统将待测岩块传送到烘干机正下方时，控制系统开始控制烘干机进行工作，释放出热风吹到待测岩块表面，在一定时间后，烘干机停止工作，待测岩块的表面被烘干。

作为进一步的限定，所述图像识别装置包括图像采集装置、照明装置和图像识别系统，所述图像采集装置为数码相机，被配置为拍摄待测岩块的高清图

像，照明装置包括若干个工业照明光源，安置于图像采集装置旁，图像识别系统应用深度学习技术，使用卷积神经网络智能识别模型训练已有岩石标本库中的岩石图像，与已建立的岩石标本库图像对比，进行信息融合与分析，最终可以给出初步的岩性识别结果，当图像采集装置拍摄到待测岩块图像时，会将采集到的图像传输至数据综合分析平台。

作为进一步的限定，所述X射线荧光分析装置包括驱动电机、底盘、连杆、电动液压杆、销轴、球铰和X射线荧光分析仪，驱动电机与底盘相连接，控制整个底盘的旋转，所述底盘与连杆、底盘与电动液压杆之间用销轴相连接，连杆与电动液压杆之间固定连接，X射线荧光分析仪与连杆的另一端用球铰相连接，从而控制X射线荧光分析仪从不同的角度对下方待测岩块进行检测，所述X射线荧光分析仪会发射出X射线并照射到待测岩块上，并接收产生的次级特征X射线，给出待测岩块中元素种类及其含量，并将该结果传输至数据综合分析平台。

作为进一步的限定，所述粉碎装置包括电机、粉碎舱、粉碎轴、粉碎刀、进料口、斗舱、出料口、筛网、阀门和吹风机，电机安装在整个粉碎装置的上部，负责提供高速旋转的动力，伺服电机轴部连接有粉碎轴，粉碎轴的前端安装有粉碎刀，且粉碎轴和粉碎刀都设置在粉碎舱内，在粉碎舱的一侧设有进料口，传送带系统上的样品可自动掉落到进料口，从而进入粉碎舱，所述粉碎舱的下部安装有一层筛网，粉碎过程中筛网过滤后的颗粒会落入粉碎舱下方设置的斗舱中，所述斗舱下部有两个出料口，一个为粉料出料口，一个为废料出料口，粉料出口的粉末颗粒可直接落入下方的X射线衍射分析装置的样品舱中，废料出口的废料直接掉入下方的TBM主传送带上，且在两个出料口处各有一个阀门，所述吹风机安装在粉碎舱的上部。

作为进一步的限定，所述X射线衍射分析装置包括X射线衍射分析仪和样品舱，所述样品舱具有上、下开口，且在上开口上方安装有吹风机，且上、下开口均有开关进行控制相应开口的开闭。

基于上述系统的预报方法，包括以下步骤：

启动系统，获取TBM掘进过程中采集到的岩石图像信息、岩石中元素种类及含量信息、岩石中矿物种类及含量信息；

基于采集到的岩石图像信息，应用卷积神经网络，通过卷积层和最大池化层对岩石的颜色、纹理和形状等图像特征进行提取与表征；

将提取与表征出的岩石图像特征信息与采集到的岩石元素种类及含量、岩石矿物种类及含量进行信息融合，并输入到岩石智能识别系统中已经训练好的岩石图像自动识别与分类模型中进行分析对比，最后给出待测岩块的岩石名称、不良地质标志以及准确率；

对采集到的大量岩石元素种类及含量进行数据对比与分析，应用数据挖掘技术提取出其不良地质敏感元素，并定量研究其变化规律；

对采集到的大量岩石矿物种类及含量进行数据对比与分析，应用数据挖掘技术提取出不良地质特征矿物，并定量研究其变化规律；

在连续测量一定掘进距离的岩样后，将所提取岩石中能够反映不良地质信息的标志图像、不良地质敏感元素及不良地质矿物富集信息利用神经网络进行信息融合与修正，与基于数据挖掘技术所建立起的不良地质前兆特征定量表征关系数据库相对比、分析，从而给出掌子面前方岩性变化与不良地质赋存特征，实现基于岩性与不良地质前兆特征智能识别的隧道超前地质预报。

与现有技术相比，本公开的有益效果为：

1) 本公开通过控制系统控制所述可伸缩机械抓手、传送带系统、粉碎装置、图像识别装置、X射线荧光分析装置及X射线衍射分析装置的次序动作，可实现工作的全自动化和连续性。

2) 本公开集合了图像识别技术及光谱分析技术，可对岩性进行准确快速识别，利用光谱分析技术可识别岩石中矿物及元素含量的变化，建立起敏感元素与特征矿物和不良地质影响区地质前兆特征之间的定量表征关系。

3) 本公开与TBM搭载，利用单独的传送带进行分析工作，并不干扰TBM的本身工作，可实时分析TBM掘进工作过程中岩性及不良地质前兆特征的变化。

5) 本公开能够将不良地质信息的标志图像、不良地质敏感元素及不良地质矿物富集信息利用神经网络进行信息融合，再与基于数据挖掘技术所建立起的不良地质前兆特征定量表征关系数据库相对比、分析，可以给出掌子面前方岩性变化与不良地质赋存特征，从而最终实现基于岩性与不良地质前兆特征智能识别的隧道超前地质预报。

附图说明

构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本申请的进一步理解，本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请，并不构成对本申请的不当限定。

图 1 是本公开的构示意图；

图 2 是可收缩机械抓手结构图；

图 3 是抓斗三维结构图；

图 4 是 X 射线荧光分析装置图；

图 5 是研磨装置结构图；

图 6 是 X 射线衍射分析仪结构示意图；

其中 1.TBM 主传送带；2.基座；3.防护棚；4.可收缩机械抓手；5.传送带系统；6.烘干机；7.图像采集装置；8.照明装置；9.X 射线荧光分析装置；10.粉碎装置；11.X 射线衍射分析装置；12.控制系统；13.数据综合分析平台；14.TBM 主控室；15.电动液压立柱；16.电动液压臂；17.机械臂；18.支撑杆；19.电动液压杆；20.摇杆；21.连杆；22.销轴；23.抓斗；24.斗齿 25.高压喷头；26.激光轮廓测量仪；27.伺服电机；28.销轴；29.底盘 30.电动液压杆；31.连杆；32.球铰；33.X 射线荧光分析仪；34.伺服电机；35.粉碎轴；36.进料口；37.粉碎舱；38.粉碎刀；39.筛网；40.斗舱；41.阀门；42.粉末出料口；43.废料出料口；44.吹风机。

具体实施方式：

下面结合附图与实施例对本公开作进一步说明。

应该指出，以下详细说明都是例示性的，旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明，本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也意图包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

在本公开中，术语如“上”、“下”、“左”、“右”、“前”、“后”、“竖直”、“水平”、

“侧”、“底”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，只是为了便于叙述本公开各部件或元件结构关系而确定的关系词，并非特指本公开中任一部件或元件，不能理解为对本公开的限制。

本公开中，术语如“固接”、“相连”、“连接”等应做广义理解，表示可以是固定连接，也可以是一体地连接或可拆卸连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连。对于本领域的相关科研或技术人员，可以根据具体情况确定上述术语在本公开中的具体含义，不能理解为对本公开的限制。

一种基于岩性与不良地质前兆特征智能识别的基于岩性与不良地质前兆特征识别的TBM搭载式超前地质预报系统及方法，包括基座、防护棚、可伸缩机械抓手、传送带系统、烘干机、图像采集装置、X射线荧光分析装置、粉碎装置、X射线衍射分析装置、控制系统和数据综合分析平台。基座主要为该系统的其他部件提供支撑作用，防护棚焊接坐落于基座上方，可防止隧道拱顶的落石、渗水等破坏基座上的仪器部件。可伸缩机械抓手能实现对待测岩块的抓取，以及完成对待测岩块的冲洗工作。烘干机负责将冲洗好的待测岩块烘干，随后图像采集装置完成对待测岩块图像的采集工作，并将图像信息传输至数据综合分析平台中的岩石智能识别系统。X射线荧光分析装置能够实现对岩块中元素种类及含量的识别，X射线衍射装置能够实现对由粉碎装置处理后的粉末进行衍射分析，并给出待测岩块中矿物种类及含量结果，最后将这些测试结果传输到数据综合分析系统中进行信息融合与修正，并给出岩性特征的识别结果。

在连续测量一定掘进距离的岩样后，数据综合分析平台将所提取的岩石中能够反映不良地质信息的标志图像、不良地质敏感元素及不良地质矿物富集信息利用神经网络进行信息融合与修正，再与基于数据挖掘技术所建立起的不良地质前兆特征定量表征关系数据库相对比、分析，从而给出掌子面前方岩性变化与不良地质赋存特征，最终实现基于岩性与不良地质前兆特征智能识别的隧道超前地质预报。同时，随着TBM掘进工作的不断推进，该数据综合分析平台中的信息不断完善，最终的岩性识别结果和隧道超前地质预报结果会得到不断的修正，并趋于准确。

具体的，一种基于岩性与不良地质前兆特征智能识别的基于岩性与不良地质前兆特征识别的TBM搭载式超前地质预报系统，如图1所示，具体包括基座

2、防护棚 3、可收缩机械抓手 4、传送带系统 5、烘干机 6、图像采集装置 7、照明装置 8、X 射线荧光分析装置 9、粉碎装置 10、X 射线衍射分析装置 11、控制系统 12 和数据综合分析平台 13。

基座 2 主要由角钢构成，基座轮廓为长方形，焊接于主控室附近的 TBM 传送带上方，主要为该系统的其他部件提供支撑作用。

防护棚 3 焊接坐落于基座上方，由四个角钢作为棚顶支撑，棚顶形状为拱形，材质为不锈钢板，可防止隧道拱顶的落石、渗水等破坏基座上的仪器部件。防护棚 3 的前后面由钢化玻璃板遮挡，并用紧固螺栓将其固定在支撑角钢上。

如图 2 所示，可伸缩式机械抓手 4 主要由电动液压立柱 15、支撑杆 18、电动液压臂 16、机械臂 17、电动液压杆 19、摇杆 20、连杆 21 以及抓斗 23 组成。电动液压立柱 15 垂直焊接在基座 2 上，用来安装电动液压臂 16 和支撑杆 18，可上下伸缩，用来控制整个机械抓手装置的升降。支撑杆 18 一端垂直固定连接在电动液压立柱 15 上，一端与机械臂 17 用销轴连接。电动液压臂 16 一端连接在电动液压立柱 15 上，一端与机械臂 17 用销轴连接。如图 3 所示，在抓斗的前端安装有斗齿 24，除了有确保岩块容易抓取外，在抓斗闭合后进行岩块冲洗时，使冲洗后的水和岩渣流出。在机械臂的前端与抓斗 23 相连处固定安装有激光轮廓测量仪 25，用来对 TBM 传送带上的岩块大小进行量测，当测量到的岩块大小符合所设定范围时，可将该信号传输至控制系统控制机械抓手对该岩块进行抓取。在抓斗中还安装有高压喷头 26，高压喷头通过水管与外置的水泵相连，当抓斗抓取岩块后，高压喷头 26 会自动喷水对抓取岩块进行冲洗，以确保抓取岩块表面无其他渣粉的污染。

传送带系统 5 安装在基座上部的防护棚内，包括传送带、滚筒、伺服电机及位移传感器。烘干机 6 放置于系统传送带的上方 5cm 高度处，主要是对所抓取的待测岩块进行风干。伺服电机负责驱动传送带的运动，位移传感器用来测定传送带上待测岩块的传送位移，两者再与控制系统相结合，可实现对待测岩块位移的实时控制。

烘干机 6 放置于系统传送带的上方 5cm 高度处，主要是对所抓取的待测岩块进行风干。当传送带系统将待测岩块传送到烘干机 6 正下方时，控制系统开始控制风干机进行工作，释放出热风吹到待测岩块表面，在一定时间后，烘干

机停止工作，待测岩块的表面被烘干。传送带系统又开始工作，将待测岩块继续向前传送。

图像识别装置主要由图像采集装置 7、照明装置 8 和图像识别系统组成。图像采集装置 7 为高清数码相机，主要负责拍摄待测岩块的高清图像，并将信息传输至数据综合分析平台 13 中。照明装置 8 主要由两个工业照明光源组成，安置于图像采集装置内部两侧处。在本实施例中，图像识别系统是一个基于 Windows 系统所开发出的岩石智能识别软件，该软件应用深度学习技术，使用卷积神经网络智能识别模型训练已有岩石标本库中的岩石图像，与已建立的岩石标本库图像对比，进行信息融合与分析，最终可以给出初步的岩性识别结果。当图像采集装置拍摄到待测岩块图像时，会将采集到的图像传输至岩石智能识别系统中，同时，传送带又继续工作，将待测岩块传送到 X 射线荧光分析装置下方。

如图 4 所示，X 射线荧光分析装置 9 主要由伺服电机 27、底盘 29、连杆 31、电动液压杆 30、销轴 28、球铰 32、X 射线荧光分析仪 33 构成，伺服电机 27 与底盘 29 相连接，可以控制整个底盘 29 的旋转。底盘 29 与连杆 31、底盘 29 与电动液压杆 30 之间用销轴相连接，连杆 31 与电动液压杆 30 之间固定连接，X 射线荧光分析仪与连杆 31 的另一端用球铰 32 相连接，从而可控制 X 射线荧光分析仪从不同的角度对下方待测岩块进行检测。X 射线荧光分析仪发射出 X 射线并照射到待测岩块上，并接收产生的次级特征 X 射线，给出待测岩块中元素种类及其含量，并将该结果传输至数据综合分析平台 13 中。

如图 5 所示，粉碎装置 10 由粉碎机构成，粉碎机主要包括伺服电机 34、粉碎舱 37、粉碎轴 35、粉碎刀 38、进料口 36、斗舱 40、出料口 42 和 43、筛网 39、阀门 41 和吹风机 44 组成，伺服电机 34 安装在整个装置的上部，负责提供高速旋转的动力。伺服电机 34 轴部连接有粉碎轴 35，粉碎轴 35 的前端又安装有粉碎刀 38，且粉碎轴 35 和粉碎刀 38 都在粉碎舱 37 内。在粉碎舱 37 的一侧设有进料口 36，传送带系统上的样品可自动掉落到进料口 36，从而进入粉碎舱 37。在粉碎舱 37 的下部安装有一层较厚的 200 目筛网 39，粉碎过程中小于 200 目的颗粒会自动调入下方的斗舱 40 中。在斗舱 40 下部有两个出料口 42、43，一个为粉料出料口，一个为废料出料口，粉料出口的粉末颗粒可直接落入

下方的X射线衍射分析仪的样品舱中，废料出口的废料直接掉入下方的TBM主传送带上，且在两个出料口处各有一个阀门。吹风机44安装在粉碎舱37的上部，主要负责将粉碎舱37及筛网39中的残余废料吹扫干净。可将待测岩块研磨成粉末，为X射线衍射装置11提供试验材料。

X射线衍射分析装置11主要由X射线衍射分析仪构成，如图6所示，其主要结构包括X射线管、X射线检测器、测角仪、样品舱、数据采集系统及数据处理分析系统。样品舱具有上、下开口，且在上开口上方安装有小型吹风机，装样时上开口打开，工作时上下开口闭合，测试完成后下开口打开，吹风机开始工作并将样品舱中的岩粉吹扫到TBM主传送带上运移走。

控制系统12，主要接收来自可伸缩机械抓手4、传送带系统5、烘干机6、图像采集装置7、照明装置8、X射线荧光分析装置9和粉碎装置10的控制信息，控制以上各装置的工作和停止。

数据综合分析平台13包括基于图像及光谱技术的岩性智能识别系统、不良地质前兆特征数据库以及超前地质预报系统。平台13安装在TBM主控室14中，和以上各装置间用数据连接线相连。

基于岩性与不良地质前兆特征智能识别的基于岩性与不良地质前兆特征识别的TBM搭载式超前地质预报系统，具体实施过程包括以下步骤：

(1) 在TBM开始掘进且切削下来的岩渣被TBM主传送带1传送到该系统装置的下方后，在TBM主控室14按下整个系统的工作按钮，该系统开始工作。

(2) 首先是可伸缩机械抓手4开始工作，机械臂17的前端，与抓斗23连接处安装的激光轮廓测量仪对TBM传送带上的岩块大小进行量测，随后选取一块符合系统所设定大小范围的岩块进行抓取。在抓取岩块后，高压喷头25会自动喷水对抓斗中的岩块进行冲洗，冲洗完成后，电动液压臂16和电动液压杆19开始伸缩和移动并将待测岩块放到传送带系统5上。

(3) 当岩块运移到烘干机6的正下方时，传送带系统5停止工作，控制系统12开始控制烘干机6进行工作，吹出热风，在2分钟后，待测岩块的表面即被烘干，烘干机停止工作。

(4) 当传送带系统5再次开始工作，将待测岩块传送到图像采集装置7的下方时。传送带系统5再次停止工作，照明装置8开始亮灯，图像采集装置对

待测岩块连续拍照，且将所采集到的照片传输至数据综合分析平台 13 的岩性智能识别系统中。

(5) 传送带系统 5 继续工作，将待测岩块传送到 X 射线荧光分析装置 9 下方后再次停止工作，此时 X 射线荧光分析装置 9 开始工作，首先是伺服电机 27 和电动液压杆 30 控制 X 射线荧光分析的照射方向，对下方的待测岩块进行不同部位的多次照射，最终给出待测岩块中元素种类及其含量，并将该结果传输至数据综合分析平台 13 中。

(6) 待测岩块完成 X 射线荧光分析后，传送带系统 5 继续工作，并将待测岩块会送进粉碎装置 10 的进料口中，随后粉碎机开始工作，首先是粉末出料口 42 的阀门打开，废料出料口 43 的阀门闭合。在粉碎过程中，从筛网 39 中落下的粉末颗粒会自动调入 X 射线衍射分析仪中的样品舱中。当样品舱中的粉末达到一定量后，粉碎机停止工作，粉末出料口 42 的阀门闭合，废料出料口 43 的阀门打开，筛网会被抽出，吹风机 44 同时开始进行吹扫工作，将剩余的废料从废料出料口吹扫到下方的 TBM 主传送带 1 上。

(7) 在落入样品舱的岩粉达到一定量后，样品舱的开口闭合，X 射线衍射分析装置 11 开始工作，随后给出待测岩块中矿物种类及其含量，并将该结果传输至数据综合分析平台 13 中。测试完成后下，样品舱的下开口打开，吹风机开始工作并将样品舱中的岩粉吹扫到 TBM 主传送带 1 上运移走。

(8) 数据综合分析平台 13 根据图像智能识别系统给出岩性特征、X 射线荧光分析装置给出的岩样中各元素的种类及含量结果以及 X 射线衍射分析装置 11 给出的矿物种类及含量结果，与已建立的岩石图像、元素与矿物标准数据库对比分析，最后给出待测岩块精确的岩性识别结果。

(9) 在连续测量一定掘进距离的岩样后，将所提取的岩石中能够反映不良地质信息的标志图像、不良地质敏感元素及不良地质矿物富集信息利用神经网络进行信息融合与修正，再与基于数据挖掘技术所建立起的不良地质前兆特征定量表征关系数据库相对比、分析，从而给出掌子面前方岩性变化与不良地质赋存特征，最终实现基于岩性与不良地质前兆特征智能识别的隧道超前地质预报。

以上所述仅为本申请的优选实施例而已，并不用于限制本申请，对于本领域的技术人员来说，本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

上述虽然结合附图对本公开的具体实施方式进行了描述，但并非对本公开保护范围的限制，所属领域技术人员应该明白，在本公开的技术方案的基础上，本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本公开的保护范围以内。

权利要求书

1、一种基于岩性与不良地质前兆特征识别的 TBM 搭载式超前地质预报系统，其特征是：包括基座，所述基座设置于 TBM 主传送带上，其上依次设置有可伸缩机械抓手、传送带系统、粉碎装置、控制系统和数据综合分析平台，其中：

所述可伸缩机械抓手用于将所述 TBM 主传送带的待测岩块并放置在传送带系统上，所述传送带系统上方依次设置有烘干机构、图像识别装置和 X 射线荧光分析装置，分别对待测岩块施加表面烘干、岩性识别和 X 射线荧光分析；

所述粉碎装置设置于传送带系统的末端，对待测岩块进行粉碎，粉碎装置出口的粉末颗粒可直接落入下方设置的 X 射线衍射分析装置的样品舱中；

所述控制系统控制所述可伸缩机械抓手、传送带系统、粉碎装置、图像识别装置、X 射线荧光分析装置及 X 射线衍射分析装置的动作；

所述数据综合分析平台，被配置为接收图像识别装置、X 射线荧光分析装置和 X 射线衍射分析装置的采集结果，依据所提取岩石中能够反映不良地质信息的标志图像、不良地质敏感元素及不良地质矿物富集信息利用神经网络进行信息融合与修正，进行分析，得到掌子面前方岩性变化与不良地质赋存特征，实现基于岩性与不良地质前兆特征智能识别的隧道超前地质预报。

2、如权利要求 1 所述的一种基于岩性与不良地质前兆特征识别的 TBM 搭载式超前地质预报系统，其特征是：所述基座上面设置有防护棚，防护棚焊接坐落于基座上方，由角钢作为棚顶支撑，棚顶形状为拱形，材质为不锈钢板，防护棚的两侧由钢化玻璃板遮挡，并用紧固螺栓将其固定在支撑角钢上。

3、如权利要求 1 所述的一种基于岩性与不良地质前兆特征识别的 TBM 搭载式超前地质预报系统，其特征是：所述基座由角钢构成，基座轮廓为长方形，焊接于主控室附近的 TBM 传送带上方，主要为该系统的其他部件提供支撑作用。

4、如权利要求 1 所述的一种基于岩性与不良地质前兆特征识别的 TBM 搭载式超前地质预报系统，其特征是：所述可伸缩式机械抓手，包括电动液压立柱、支撑杆、电动液压臂、机械臂、电动液压杆、摇杆、连杆以及抓斗，电动液压立柱垂直焊接在基座上，用来安装电动液压臂和支撑杆，可上下伸缩，用来控制整个机械抓手装置的升降，所述支撑杆一端垂直固定连接在电动液压立

柱上，一端与机械臂用销轴连接，所述电动液压臂一端连接在电动液压立柱上，一端与机械臂用销轴连接，所述抓斗有两个，并用销轴对称安装在机械臂的前端，同时在抓斗前端安装有斗齿，与抓斗相对应，电动液压伸缩杆有两个，分别用摇杆和连杆相连接，用来控制抓斗的张开与闭合；

或，所述机械臂的前端与抓斗相连处固定安装有激光轮廓测量仪，用来对 TBM 传送带上的岩块大小进行量测，当测量到的岩块大小符合所设定范围时，将该信号传输至控制系统控制机械抓手对该岩块进行抓取；

或，所述抓斗中还安装有高压喷头，高压喷头通过水管与外置的水泵相连，当抓斗抓取岩块后，高压喷头会自动喷水对抓取岩块进行冲洗，以确保抓取岩块表面无其他渣粉的污染。

5、如权利要求 1 所述的一种基于岩性与不良地质前兆特征识别的 TBM 搭载式超前地质预报系统，其特征是：所述传送带系统安装在基座上部的防护棚内，包括传送带、滚筒、伺服电机及位移传感器，所述滚筒有至少两个，所述传送带缠绕在滚筒上，所述伺服电机驱动滚筒，以驱动传送带的运动，位移传感器用来测定传送带上待测岩块的传送位移，位移传感器和伺服电机均与控制系统通讯。

6、如权利要求 1 所述的一种基于岩性与不良地质前兆特征识别的 TBM 搭载式超前地质预报系统，其特征是：所述图像识别装置包括图像采集装置、照明装置和图像识别系统，所述图像采集装置为数码相机，被配置为拍摄待测岩块的高清图像，照明装置包括若干个工业照明光源，安置于图像采集装置旁，图像识别系统应用深度学习技术，使用卷积神经网络智能识别模型训练已有岩石标本库中的岩石图像，与已建立的岩石标本库图像对比，进行信息融合与分析，最终可以给出初步的岩性识别结果，当图像采集装置拍摄到待测岩块图像时，会将采集到的图像传输至数据综合分析平台。

7、如权利要求 1 所述的一种基于岩性与不良地质前兆特征识别的 TBM 搭载式超前地质预报系统，其特征是：所述 X 射线荧光分析装置包括驱动电机、底盘、连杆、电动液压杆、销轴、球铰和 X 射线荧光分析仪，驱动电机与底盘相连接，控制整个底盘的旋转，所述底盘与连杆、底盘与电动液压杆之间用销

轴相连接，连杆与电动液压杆之间固定连接，X射线荧光分析仪与连杆的另一端用球铰相连接，从而控制X射线荧光分析仪从不同的角度对下方待测岩块进行检测，所述X射线荧光分析仪会发射出X射线并照射到待测岩块上，并接收产生的次级特征X射线，给出待测岩块中元素种类及其含量，并将该结果传输至数据综合分析平台。

8、如权利要求1所述的一种基于岩性与不良地质前兆特征识别的TBM搭载式超前地质预报系统，其特征是：所述烘干机构为烘干机，对所抓取的待测岩块进行风干，当传送带系统将待测岩块传送到烘干机正下方时，控制系统开始控制风干机进行工作，释放出热风吹到待测岩块表面，在一定时间后，烘干机停止工作，待测岩块的表面被烘干。

9、如权利要求1所述的一种基于岩性与不良地质前兆特征识别的TBM搭载式超前地质预报系统，其特征是：所述粉碎装置包括电机、粉碎舱、粉碎轴、粉碎刀、进料口、斗舱、出料口、筛网、阀门和吹风机，电机安装在整个粉碎装置的上部，负责提供高速旋转的动力，伺服电机轴部连接有粉碎轴，粉碎轴的前端安装有粉碎刀，且粉碎轴和粉碎刀都设置在粉碎舱内，在粉碎舱的一侧设有进料口，传送带系统上的样品可自动掉落到进料口，从而进入粉碎舱，所述粉碎舱的下部安装有一层筛网，粉碎过程中筛网过滤后的颗粒会落入粉碎舱下方设置的斗舱中，所述斗舱下部有两个出料口，一个为粉料出料口，一个为废料出料口，粉料出口的粉末颗粒可直接落入下方的X射线衍射分析装置的样品舱中，废料出口的废料直接掉入下方的TBM主传送带上，且在两个出料口处各有一个阀门，所述吹风机安装在粉碎舱的上部；

或，所述X射线衍射分析装置包括X射线衍射分析仪和样品舱，所述样品舱具有上、下开口，且在上开口上方安装有吹风机，且上、下开口均有开关进行控制相应开口的开闭。

10、基于权利要求1-9中任一项所述的系统的预报方法，其特征是：包括以下步骤：

启动系统，获取TBM掘进过程中采集到的岩石图像信息、岩石中元素种类及含量信息、岩石中矿物种类及含量信息；

基于采集到的岩石图像信息，应用卷积神经网络，通过卷积层和最大池化层对岩石的颜色、纹理和形状等图像特征进行提取与表征；

将提取与表征出的岩石图像特征信息与采集到的岩石元素种类及含量、岩石矿物种类及含量进行信息融合，并输入到岩石智能识别系统中已经训练好的岩石图像自动识别与分类模型中进行分析对比，最后给出待测岩块的岩石名称、不良地质标志以及准确率；

对采集到的大量岩石元素种类及含量进行数据对比与分析，应用数据挖掘技术提取出其不良地质敏感元素，并定量研究其变化规律；

对采集到的大量岩石矿物种类及含量进行数据对比与分析，应用数据挖掘技术提取出不良地质特征矿物，并定量研究其变化规律；

在连续测量一定掘进距离的岩样后，将所提取岩石中能够反映不良地质信息的标志图像、不良地质敏感元素及不良地质矿物富集信息利用神经网络进行信息融合与修正，与基于数据挖掘技术所建立起的不良地质前兆特征定量表征关系数据库相对比、分析，从而给出掌子面前方岩性变化与不良地质赋存特征，实现基于岩性与不良地质前兆特征智能识别的隧道超前地质预报。

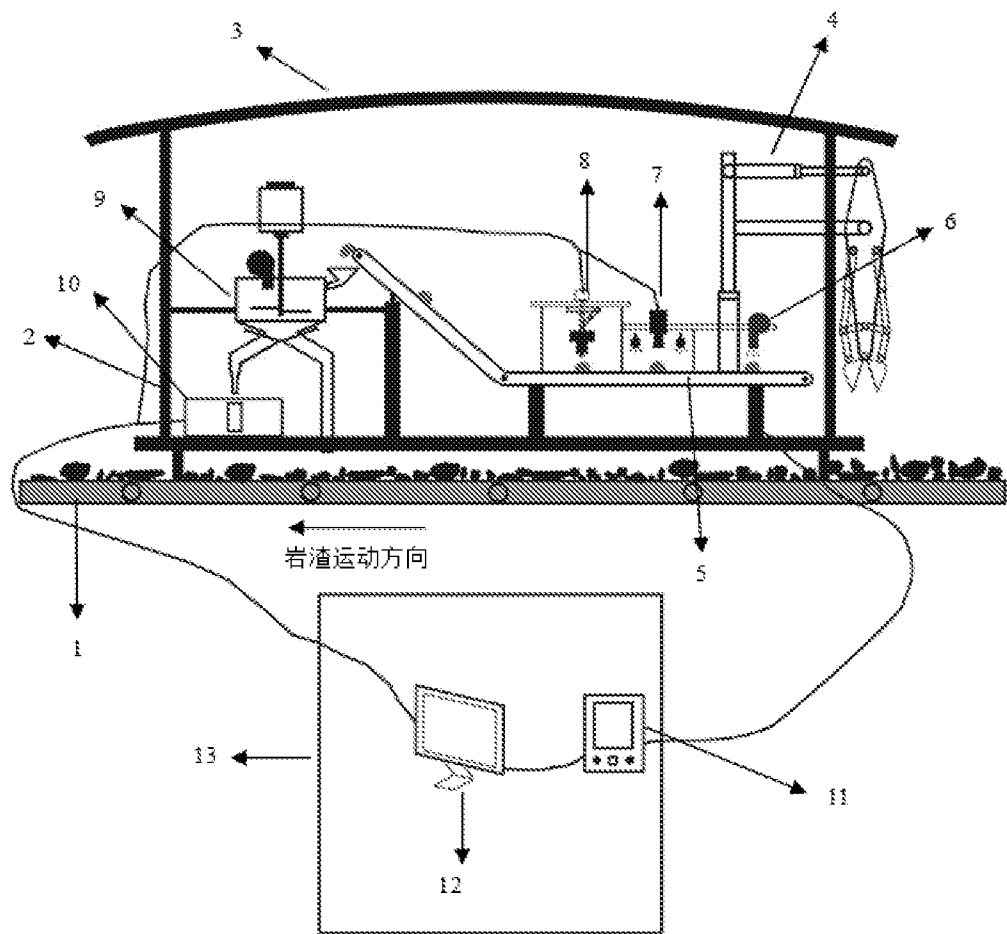


图 1

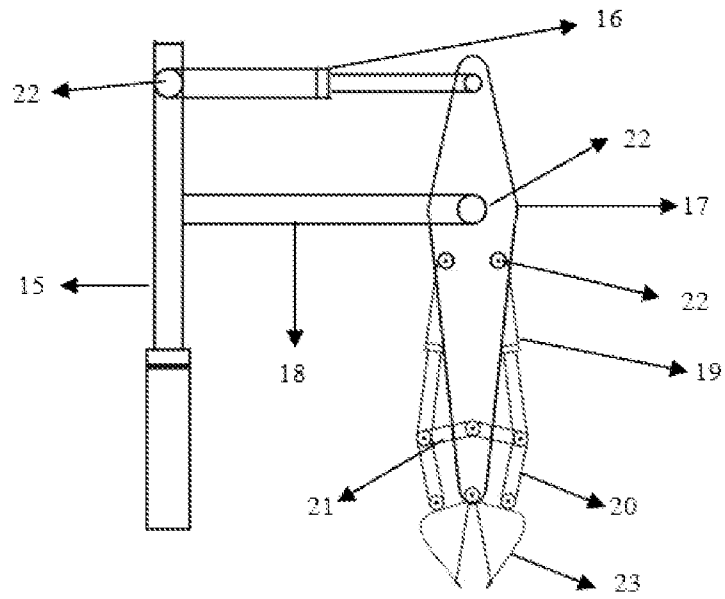


图 2

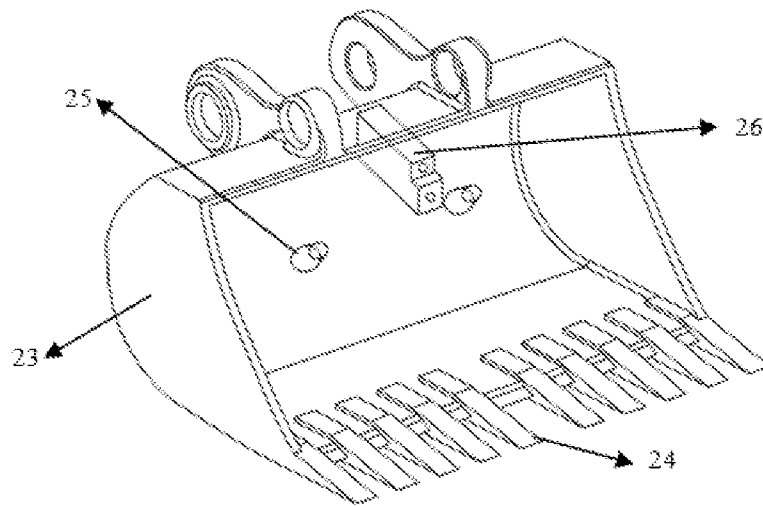


图 3

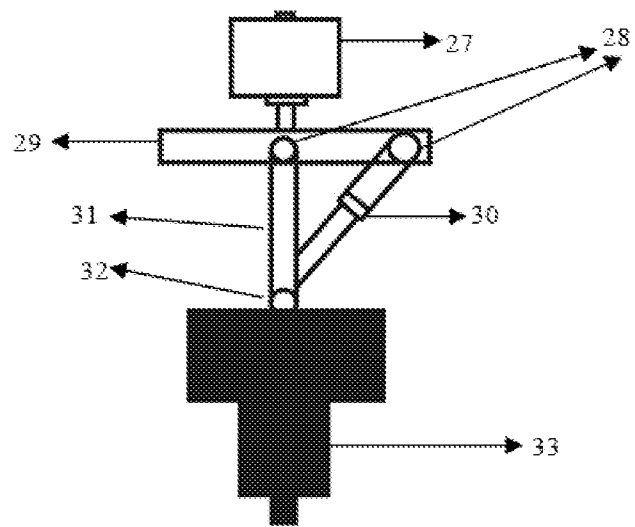


图 4

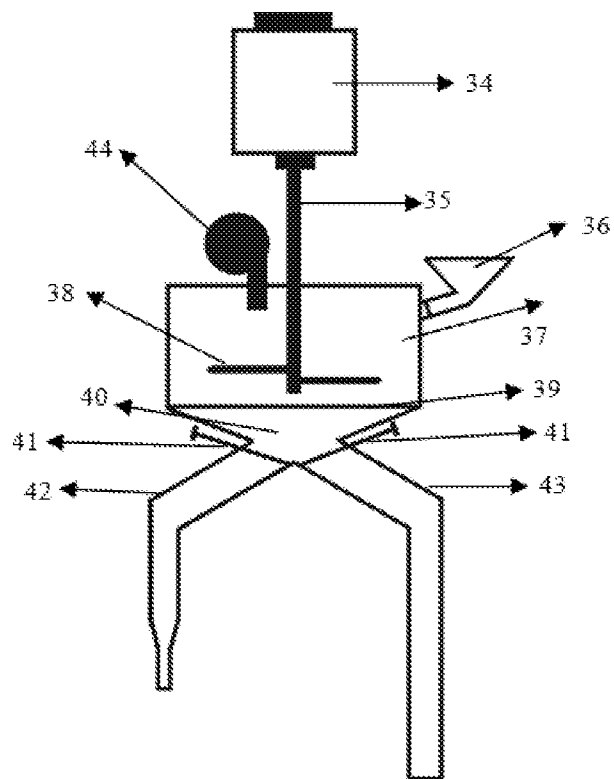


图 5

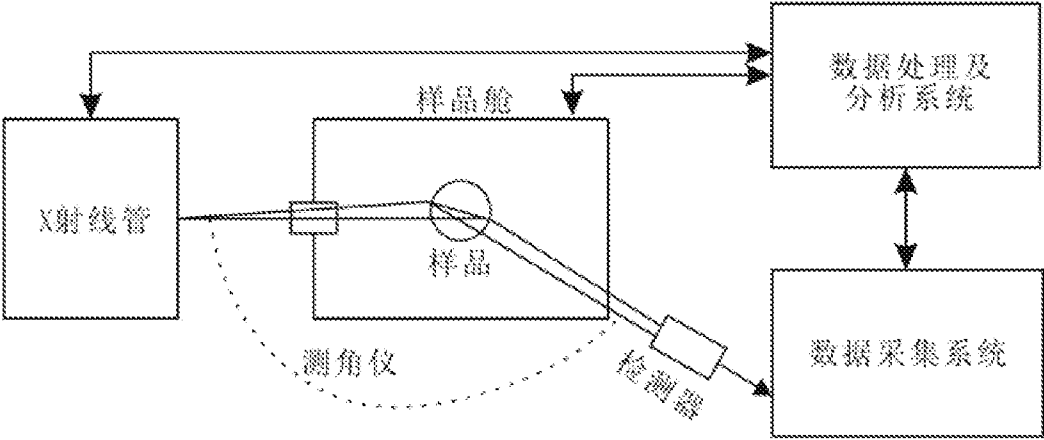


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/084654

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E21D 9/00(2006.01)i; G01N 23/04(2018.01)i

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)

E21D; G01N

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)

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI: 超前地质预报, X射线, 不良地质, 数据分析, 抓手, 粉碎, 隧道掘进, 掘进机, 识别, 分析, 岩性识别, 岩石, 岩块, forecast+, precast+, predict+, tunnel+, tbm, rock, ray, analys+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 206740654 U (OIL & GAS SURVEY, CGS et al.) 12 December 2017 (2017-12-12) description, paragraphs 24-41, and figures 1-5	1-10
Y	CN 107608005 A (TONGJI UNIVERSITY) 19 January 2018 (2018-01-19) description, paragraphs 6-37, and figures 1-6	1-10
A	CN 103308454 A (WANG, Hong) 18 September 2013 (2013-09-18) entire document	1-10
A	CN 205786410 U (SINOPEC PETROLEUM ENGINEERING TECHNOLOGY SERVICE CO., LTD. et al.) 07 December 2016 (2016-12-07) entire document	1-10
A	CN 103698806 A (SHANDONG UNIVERSITY) 02 April 2014 (2014-04-02) entire document	1-10
A	CN 205786402 U (SHANGHAI CHINA PETROLEUM INSTRUMENT CO., LTD.) 07 December 2016 (2016-12-07) entire document	1-10
A	US 2018106708 A1 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP.) 19 April 2018 (2018-04-19) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“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

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 December 2019

Date of mailing of the international search report

02 January 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/084654

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	206740654	U	12 December 2017	None			
CN	107608005	A	19 January 2018	CN	107608005	B	30 April 2019
CN	103308454	A	18 September 2013	None			
CN	205786410	U	07 December 2016	None			
CN	103698806	A	02 April 2014	CN	103698806	B	07 January 2015
CN	205786402	U	07 December 2016	None			
US	2018106708	A1	19 April 2018	WO	2016186691	A1	24 November 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/084654

A. 主题的分类

E21D 9/00(2006.01)i; G01N 23/04(2018.01)i

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)

E21D; G01N

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))

CNPAT, CNKI, EPDOC, WPI:超前地质预报, X射线, 不良地质, 数据分析, 抓手, 粉碎, 隧道掘进, 掘进机, 识别, 分析, 岩性识别, 岩石, 岩块, forecast+, precast+, predict+, tunnel+, tbm, rock, ray, analys+

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
Y	CN 206740654 U (中国地质调查局油气资源调查中心 等) 2017年 12月 12日 (2017 - 12 - 12) 说明书第24-41段、图1-5	1-10
Y	CN 107608005 A (同济大学) 2018年 1月 19日 (2018 - 01 - 19) 说明书第6-37段、图1-6	1-10
A	CN 103308454 A (王宏) 2013年 9月 18日 (2013 - 09 - 18) 全文	1-10
A	CN 205786410 U (中石化石油工程技术服务有限公司 等) 2016年 12月 7日 (2016 - 12 - 07) 全文	1-10
A	CN 103698806 A (山东大学) 2014年 4月 2日 (2014 - 04 - 02) 全文	1-10
A	CN 205786402 U (上海科油石油仪器制造有限公司) 2016年 12月 7日 (2016 - 12 - 07) 全文	1-10
A	US 2018106708 A1 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP.) 2018年 4月 19日 (2018 - 04 - 19) 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

2019年 12月 10日

国际检索报告邮寄日期

2020年 1月 2日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

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

卢岩

电话号码 86-10-53961021

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/084654

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	206740654	U	2017年 12月 12日	无	
CN	107608005	A	2018年 1月 19日	CN 107608005	B 2019年 4月 30日
CN	103308454	A	2013年 9月 18日	无	
CN	205786410	U	2016年 12月 7日	无	
CN	103698806	A	2014年 4月 2日	CN 103698806	B 2015年 1月 7日
CN	205786402	U	2016年 12月 7日	无	
US	2018106708	A1	2018年 4月 19日	WO 2016186691	A1 2016年 11月 24日