

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利说明书

(10) 申请公布号 CN 110043267 A

(43) 申请公布日 2019.07.23

(21) 申请号 CN201910271921.4

(22) 申请日 2019.04.04

(71) 申请人 山东大学

地址 250061 山东省济南市历下区经十路 17923 号

(72) 发明人 许振浩 谢辉辉 余腾飞 石恒 王文扬 潘东东 林鹏

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司

代理人 李琳

(51) Int. CI

权利要求说明书 说明书 幅图

(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

(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，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，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，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。

法律状态

法律状态公告日

法律状态信息

法律状态

权利要求说明书

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。

<Claim>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。

说明书

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 隧道施工过程中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

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/337046144060010005>