

(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 2020/199289 A1

(51) 国际专利分类号:
G01N 23/207 (2006.01) *G01N 23/2005* (2018.01)
G01N 23/2055 (2018.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/084650

(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:
201910272838.9 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, Shucai); 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)。
余腾飞 (YU, Tengfei); 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)。 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)。 林鹏
(LIN, Peng); 中国山东省济南市历下区经十路
17923 号, Shandong 250061 (CN)。 潘东东 (PAN,

(54) Title: VEHICLE-MOUNTED LITHOLOGICAL AND ADVERSE GEOLOGICAL PRECURSOR FEATURE RECOGNITION SYSTEM AND METHOD

(54) 发明名称: 车载式岩性与不良地质前兆特征识别系统及方法

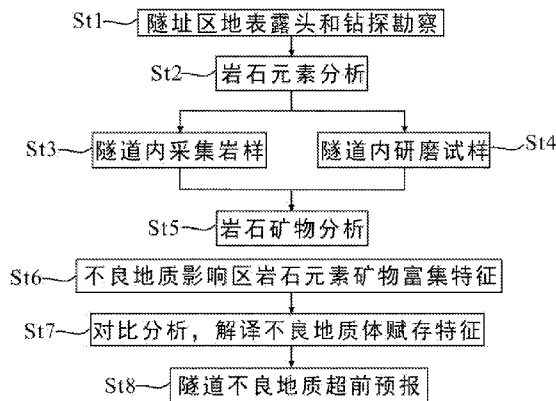


图 2

St1 Tunnel site area surface outcrop and drilling survey
St2 Rock element analysis
St3 Inside tunnel sample collection
St4 Tunnel interior sample grinding
St5 Rock mineral analysis
St6 Adversely geologically affected area element and mineral enrichment features
St7 Comparative analysis to interpret adverse geological occurrence features
St8 Tunnel adverse geology advance forecast

(57) Abstract: A vehicle-mounted lithological and adverse geological precursor feature recognition system and method, wherein a vehicle (1) is used for carrying a navigation positioning module (2), a rock element testing module (3), a rock sampling module (5), a rock sample automatic grinding module (6), a rock mineral testing module (8) and a control and data analysis module (9), the rock sampling module (5) and the rock sample automatic grinding module (6) automatically grinding samples for testing, the rock element testing module (3) and the rock mineral testing module (8) testing rock elements and mineral amounts, the control and data analysis module (9) comparing adversely geologically affected area element and mineral enrichment patterns inside and outside a tunnel, and matching with a typical adverse geological element and mineral enrichment feature database, to predict lithological changes and adverse geological occurrence features in front of a face.

(57) 摘要: 一种车载式岩性与不良地质前兆特征识别系统及方法, 利用车辆 (1) 承载有导航定位模块 (2)、岩石元素测试模块 (3)、岩石取样模块 (5)、岩样自动研磨模块 (6)、岩石矿物测试模块 (8) 和控制与数据分析模块 (9), 岩石试样取样模块 (5) 和研磨模块 (6) 可自动研磨出测试所需试样, 岩石元素测试模块 (3) 和岩石矿物测试模块 (8) 可对岩石元素和矿物含量进行测试, 控制与数据分析模块 (9) 通过对比隧道洞内和洞外不良地质影响区元素和矿物富集规律, 并和典型不良地质体元素和矿物富集特征数据库相匹配, 预报掌子面前方岩性变化与不良地质体赋存特征。

Dongdong); 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 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))。

车载式岩性与不良地质前兆特征识别系统及方法

技术领域

本公开涉及隧道车载式超前地质预报技术领域，具体涉及一种车载式岩性与不良地质前兆特征识别系统及方法。

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。

深埋特长隧道修建过程中常遭遇大规模突水突泥灾害，隧道突水突泥灾害的发生常与地层岩性和断层破碎带、蚀变带、岩溶等不良地质体相关，地层岩性和不良地质体的赋存特征很大程度上决定了隧道突水突泥灾害的特性和规模，因此准确识别地层岩性和不良地质体的赋存特征是准确开展针对性超前地质预报的前提。据发明人了解，传统超前地质预报方法对隧道内地层岩性识别往往依赖前期钻探勘察成果，而勘察资料和隧道开挖实际揭露情况有较大差别，进而造成超前地质预报精度不够。

发明内容

本公开为了解决上述问题，提出了一种车载式岩性与不良地质前兆特征识别系统及方法，本公开能够获取隧道掌子面岩性和不良地质前兆特征信息，主要包括岩石特征矿物和元素含量变化规律，从而对掌子面前方不良地质体的类型进行预报。

根据一些实施例，本公开采用如下技术方案：

一种车载式岩性与不良地质前兆特征识别系统，包括车辆，所述车辆上设置有导航定位模块、岩石元素测试模块、岩石取样模块、岩样自动研磨模块、岩石矿物测试模块和控制与数据分析模块，其中：

所述导航定位模块固定在车辆的前端，被配置为控制承载车辆行进的距离和速度，并根据隧道内测试位置的不同实现自动导航与定位；

所述岩石元素测试模块包括可旋转支架，以及设置在所述支架上的 X 荧光光谱分析仪，以测试岩石元素及其百分比含量；

所述岩石取样模块包括取样钻机、可伸缩式旋转支撑架，以获取隧道不良地质影响区岩样，可伸缩式旋转支撑架可以调整岩样的位置，将岩样自动送入研磨模块中；

所述岩样自动研磨模块对岩样进行研磨，研磨后的岩石试样进入岩石矿物测试模块进行矿物测试；

所述岩石矿物测试模块包括 X 射线衍射分析仪，用于测试隧道不良地质影响区岩石矿物富集变化规律，测试结果为 X 射线衍射图谱；

所述控制与数据分析模块接收岩石元素测试模块和岩石矿物测试模块，对 X 射线衍射图谱进行拟合分析，得到矿物名称及其百分比含量，结合岩石元素测试模块测得的元素名称及百分比含量，从而得出隧道不良地质影响区元素和矿物富集变化规律。

本公开利用车载方式，可以在工程中任意行走，且利用各部分之间的配合，可以快速采集隧道不良地质体影响区岩石元素和矿物富集特征，并进行智能化分析。

作为进一步的限定，所述岩石元素测试模块的可旋转支架为可伸缩结构，可伸缩结构顶端设置有元素分析仪，设置于车辆顶端，用于测试隧道不良地质影响区岩石元素富集变化规律，测试结果为元素名称及其百分比含量，测试数据通过信号传输线传输至控制与数据分析模块中。

作为进一步的限定，所述可伸缩式旋转支撑固定在承载车辆顶端，用于获取隧道不良地质影响区岩样，采集的岩样可通过可伸缩式旋转支撑调整位置将岩样自动送入研磨模块中。

作为进一步的限定，所述岩样自动研磨模块包括研磨机和玻璃漏斗，由控制与数据分析模块控制，利用研磨机将岩样自动研磨至 200 目，所述研磨机底部安装有阀板门，并连接玻璃漏斗，打开阀板门，研磨好的岩石试样通过玻璃漏斗进入岩石矿物测试模块进行矿物测试。

作为进一步的限定，所述岩石矿物测试模块包括 X 射线衍射分析仪，用于测试隧道不良地质影响区岩石矿物富集变化规律，测试结果为 X 射线衍射图谱，测试数据通过信号传输线传输至控制与数据分析模块中。

作为进一步的限定，所述控制与数据分析模块通过基于最小二乘法的 Rietveld 方法对 X 射线衍射图谱进行拟合分析，得到矿物名称及其百分比含量，结合岩石元素测试模块测得的元素名称及百分比含量，从而得出隧道不良地质影响区元素和矿物富集变化规律。

作为进一步的限定，所述控制与数据分析模块存储有典型不良地质体元素和矿物富集特征数据库，能够实现数据库实时补充和动态更新。

基于上述系统的工作方法，包括以下步骤：

控制车辆停在隧道轴线掌子面后方距离 L 处，启动岩石元素测试模块，将元素分析仪紧贴拱顶测点，进行岩石元素信息测试，测试数据包括元素名称及其百分比含量，测试结果将自动录入控制与数据分析模块中；

升降取样钻机，对拱顶测点进行取样，取得的岩样进入岩样自动研磨模块；

将岩样研磨均匀至设定目，岩石试样粉末传送至岩样矿物测试模块进行矿物含量测试；

测试岩石试样粉末的 X 射线衍射图谱，基于最小二乘法的 Rietveld 方法对 X 射线衍射图谱进行分析，从而得到该处岩样的主要矿物名称及其百分比含量；

承载车向前行驶距离 S ，其中 $L=n*S$ ， n 为大于 1 的整数，重复上述步骤，直至车辆等间距行驶至隧道掌子面处，从而得到隧道洞内不良地质体影响区各元素和矿物富集变化规律，实现对掌子面前方不良地质体的超前预报。

作为进一步的限定，获取隧址区地层岩性、地形地貌、地质构造、不良地质现象和水文地质条件资料，将得到的隧洞内不良地质体影响区岩性、元素和矿物富集变化规律与资料信息进行对比、验证，并和典型不良地质体元素和矿物富集特征数据库相匹配。

作为进一步的限定，匹配方法包括以下三个方面：

1) 若越趋近隧道掌子面，部分或全部黏土矿物含量逐渐增加，隧道围岩中石英和长石主要矿物的含量相应减少，隧道掌子面前方可能存在断层破碎带，对应矿物或元素含量的变化量越大，断层破碎带活动性越强，其在上下盘的影响范围越大；

2) 若越趋近隧道掌子面，矿物的含量明显增加，对元素含量逐渐增加，则

隧道掌子面前方可能存在蚀变带，对应矿物或元素含量的变化量越大，蚀变作用越强烈，且其影响范围也越大；

3) 在可溶岩地区，若越趋近隧道掌子面，岩石中方解石、白云石、菱铁矿或菱锰矿矿物的百分含量减少，对应元素含量也相应减少，表明该处发生较强的水岩相互作用-溶滤作用，则隧道掌子面前方可能含有岩溶。

与现有技术相比，本公开的有益效果为：

本公开可快捷采集隧道不良地质体影响区岩石元素和矿物富集特征，并进行智能化分析；

本公开可补充存储隧道不良地质体影响区元素和矿物富集变化规律数据，实现数据库的动态更新。

本公开可以实现地表钻孔编录和隧道洞内不良地质体影响区岩性、元素和矿物富集特征的数字化、立体化。

本公开利用获取隧址区地层岩性、地形地貌、地质构造、不良地质现象和水文地质条件资料，将得到的隧洞内不良地质体影响区岩性、元素和矿物富集变化规律与资料信息进行对比、验证，可以保证结果的准确性，也可以根据验证结果修正处理过程。

本公开基于最小二乘法的 Rietveld 方法，通过不断调整峰形参数和结构参数，将理论计算所得衍射强度数据以一定的衍射峰函数曲线与实验强度数据拟合，直到两者的差值达到最小。该方法可克服粉末衍射线重叠、衍射数据少的弊端，使衍射图谱中的重叠峰分离，进而显著提高岩石粉末矿物含量分析的准确度。

本公开提出的车载式岩性与不良地质前兆特征识别方法，通过综合考虑岩石元素与矿物含量信息，可得出岩石元素及矿物与岩性、不良地质前兆特征之间的对应关系，克服单一的元素或矿物信息不足以有效判别岩性与不良地质前兆特征的困难，从而实现岩性与不良地质的高准确率识别。

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是本公开的车载式超前地质预报系统结构示意图；

图2为本公开的超前地质预报方法流程图；

图3为本公开的超前地质预报方法测试过程示意图。

其中 1.承载车辆、2.导航定位模块、3.岩石元素测试模块、4.可伸缩式旋转支撑、5.岩石取样模块、6.岩样自动研磨模块、7.玻璃漏斗、8.岩石矿物测试模块、9.控制与数据分析模块、10.阀板门、11.信号传输线。

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，以下详细说明都是示例性的，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。

本公开提供一种车载式岩性与不良地质前兆特征识别系统及方法。利用测试车辆前部搭载导航定位模块，控制测试车的行驶方向和距离，可根据需求自动导航与定位。岩石试样取样模块和研磨模块可自动研磨出测试所需试样，岩石元素测试模块和岩石矿物测试模块可对岩石元素和矿物含量进行测试，控制与数据分析模块通过对比隧道洞内和洞外不良地质影响区元素和矿物富集规律，并和典型不良地质体元素和矿物富集特征数据库相匹配，预报掌子面前方岩性变化与不良地质体赋存特征。同时本发明还公开了所述识别系统的使用方法。本发明可用于隧道超前地质预报，该车载式超前地质预报系统可快捷采集和智能化分析岩石元素和矿物富集特征，可实现地表钻孔编录和隧道洞内不良地质体影响区岩性、元素和矿物富集特征的数字化、立体化和动态更新。

具体的，如图1所示，车载式岩性与不良地质前兆特征识别系统包括承载车辆1、导航定位模块2、岩石元素测试模块3、可伸缩式旋转支撑4、岩石取

样模块 5、岩样自动研磨模块 6、玻璃漏斗 7、岩石矿物测试模块 8、控制与数据分析模块 9、阀板门 10 和信号传输线 11。

其中，所述承载车辆 1 为具有行走机构的车辆，使用现有的预报车即可，在此不再赘述。

导航定位模块 2，固定在承载车前部，用于控制承载车辆行进的距离和速度，并可根据隧道内测试位置的不同实现自动导航与定位；

岩石元素测试模块包括 X 荧光光谱分析仪 3 和可伸缩式旋转支撑 4，X 荧光光谱分析仪固定在可伸缩式旋转支撑上，可伸缩式旋转支撑固定在承载车辆顶端，用于测试隧道不良地质影响区岩石元素富集变化规律，测试结果为元素名称及其百分比含量，测试数据通过信号传输线 11 传输至控制与数据分析模块中；

岩石取样模块包括取样钻机 5、可伸缩式旋转支撑 4，取样钻机固定在可伸缩式旋转支撑上，可伸缩式旋转支撑固定在承载车辆顶端，用于获取隧道不良地质影响区岩样，采集的岩样可通过可伸缩式旋转支撑调整位置将岩样自动送入研磨模块中；

岩样自动研磨模块包括研磨机 6、玻璃漏斗 7，由控制与数据分析模块控制，可自动研磨岩样至 200 目，岩样研磨模块底部安装有阀板门 10，并连接玻璃漏斗，打开阀板门，研磨好的岩石试样可通过玻璃漏斗进入岩石矿物测试模块进行矿物测试；

岩石矿物测试模块 8 包括 X 射线衍射分析仪，用于测试隧道不良地质影响区岩石矿物富集变化规律，测试结果为 X 射线衍射图谱，测试数据通过信号传输线传输至控制与数据分析模块中；

控制与数据分析模块 9 通过基于最小二乘法的 Rietveld 方法对 X 射线衍射图谱进行拟合分析，得到矿物名称及其百分比含量，结合岩石元素测试模块测得的元素名称及百分比含量，从而得出隧道不良地质影响区元素和矿物富集变化规律，该模块存储有典型不良地质体元素和矿物富集特征数据库，且该模块具有存储功能，可实现数据库实时补充和动态更新。

如图 2 所示，车载式岩性与不良地质前兆特征识别方法，包括以下步骤：

(1) 开展隧址区地表露头和钻孔勘察，主要包括隧址区地层岩性、地形地貌、地质构造、不良地质现象和水文地质条件等资料，将该资料录入控制与数据分析模块中；

(2) 如图 3 所示，将测试车停在隧道轴线掌子面后方距离 L 处，启动岩石元素测试模块，可伸缩旋转式支撑将元素分析仪紧贴拱顶测点，进行岩石元素信息测试，测试时间约 1min，测试数据包括元素名称及其百分比含量，测试结果将自动录入控制与数据分析模块中；

(3) 启动岩石取样模块，取样钻机通过可伸缩式旋转支撑对 (2) 中拱顶测点进行取样，取样质量约 50g，取得的岩样通过钻机外部套管进入岩样自动研磨模块；

(4) 启动岩样自动研磨模块，将 (3) 中的岩样研磨均匀至 200 目，打开自动研磨模块底部阀板门，并连接玻璃漏斗，打开阀板门，岩石试样粉末通过玻璃漏斗传送至岩样矿物测试模块进行矿物含量测试；

(5) 启动岩石矿物测试模块，测试时间约 5min，测试结果为该处岩样的 X 射线衍射图谱，控制与数据分析模块通过基于最小二乘法的 Rietveld 方法对 X

射线衍射图谱进行分析，从而得到该处岩样的主要矿物名称及其百分比含量；

(6)如图3所示，启动导航定位模块，承载车向前行驶距离 S (其中 $L=n*S$ ， n 为大于1的整数)，重复以上(2)~(5)步骤，直至测试车等间距(S)行驶至隧道掌子面处，从而得到隧道洞内不良地质体影响区(L)岩性、元素和矿物富集变化规律，该变化规律将及时自动保存至数据控制与分析系统中；

(7)控制与数据分析模块通过将步骤(6)中隧洞内不良地质体影响区岩性、元素和矿物富集变化规律和步骤(1)工程地质勘察成果对比、验证，并和典型不良地质体元素和矿物富集特征数据库相匹配；

步骤(7)中匹配方法包括以下三个方面：

1)若越趋近隧道掌子面，伊利石、绿泥石、高岭石、蒙脱石、伊蒙混层等中的部分或全部黏土矿物含量逐渐增加，而隧道围岩中石英和长石主要矿物的含量相应减少，对应Mg、P、Fe、Mn等元素含量逐渐增加，Na、Si、K等元素含量相应减少，则隧道掌子面前方可能存在断层破碎带，对应矿物或元素含量的变化量越大，断层破碎带活动性越强，其在上下盘的影响范围越大；

2)若越趋近隧道掌子面，黑云母、绢云母、绿帘石、绿泥石、碳酸盐等矿物的含量明显增加，对应Fe、Mg等元素含量逐渐增加，而Na、Si等元素含量逐渐减少，则隧道掌子面前方可能存在蚀变带，对应矿物或元素含量的变化量越大，蚀变作用越强烈，且其影响范围也越大；

3)在可溶岩地区，若越趋近隧道掌子面，岩石中方解石、白云石、菱铁矿、菱锰矿等矿物的百分含量减少，对应Ca、Mg、Fe、Mn等元素含量也相应减少，表明该处发生较强的水岩相互作用-溶滤作用，则隧道掌子面前方可能含有岩溶。

(8) 最终实现对掌子面前方不良地质体的超前预报。

本领域内的技术人员应明白，本公开的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本公开可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本公开可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质（包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等）上实施的计算机程序产品的形式。

本公开是参照根据本公开实施例的方法、设备（系统）、和计算机程序产品的流程图和 / 或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和 / 或方框图中的每一流程和 / 或方框、以及流程图和 / 或方框图中的流程和 / 或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

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、一种车载式岩性与不良地质前兆特征识别系统，包括车辆，其特征是：所述车辆上设置有导航定位模块、岩石元素测试模块、岩石取样模块、岩样自动研磨模块、岩石矿物测试模块和控制与数据分析模块，其中：

所述导航定位模块固定在车辆的前端，被配置为控制承载车辆行进的距离和速度，并根据隧道内测试位置的不同实现自动导航与定位；

所述岩石元素测试模块包括可旋转支架，以及设置在所述支架上的 X 荧光光谱分析仪，以测试岩石元素及其百分比含量；

所述岩石取样模块包括取样钻机、可伸缩式旋转支撑架，以获取隧道不良地质影响区岩样，可伸缩式旋转支撑架可以调整岩样的位置，将岩样自动送入研磨模块中；

所述岩样自动研磨模块对岩样进行研磨，研磨后的岩石试样进入岩石矿物测试模块进行矿物测试；

所述岩石矿物测试模块包括 X 射线衍射分析仪，用于测试隧道不良地质影响区岩石矿物富集变化规律，测试结果为 X 射线衍射图谱；

所述控制与数据分析模块接收岩石元素测试模块和岩石矿物测试模块，对 X 射线衍射图谱进行拟合分析，得到矿物名称及其百分比含量，结合岩石元素测试模块测得的元素名称及百分比含量，从而得出隧道不良地质影响区元素和矿物富集变化规律。

2、如权利要求 1 所述的一种车载式岩性与不良地质前兆特征识别系统，其特征是：所述岩石元素测试模块的可旋转支架为可伸缩结构，可伸缩结构顶端设置有元素分析仪，设置于车辆顶端，用于测试隧道不良地质影响区岩石元素

富集变化规律，测试结果为元素名称及其百分比含量，测试数据通过信号传输线传输至控制与数据分析模块中。

3、如权利要求 1 所述的一种车载式岩性与不良地质前兆特征识别系统，其特征是：所述可伸缩式旋转支撑固定在承载车辆顶端，用于获取隧道不良地质影响区岩样，采集的岩样可通过可伸缩式旋转支撑调整位置将岩样自动送入研磨模块中。

4、如权利要求 1 所述的一种车载式岩性与不良地质前兆特征识别系统，其特征是：所述岩样自动研磨模块包括研磨机和玻璃漏斗，由控制与数据分析模块控制，利用研磨机将岩样自动研磨至 200 目，所述研磨机底部安装有阀板门，并连接玻璃漏斗，打开阀板门，研磨好的岩石试样通过玻璃漏斗进入岩石矿物测试模块进行矿物测试。

5、如权利要求 1 所述的一种车载式岩性与不良地质前兆特征识别系统，其特征是：所述岩石矿物测试模块包括 X 射线衍射分析仪，用于测试隧道不良地质影响区岩石矿物富集变化规律，测试结果为 X 射线衍射图谱，测试数据通过信号传输线传输至控制与数据分析模块中。

6、如权利要求 1 所述的一种车载式岩性与不良地质前兆特征识别系统，其特征是：所述控制与数据分析模块通过基于最小二乘法的 Rietveld 方法对 X 射线衍射图谱进行拟合分析，得到矿物名称及其百分比含量，结合岩石元素测试模块测得的元素名称及百分比含量，从而得出隧道不良地质影响区元素和矿物富集变化规律。

7、如权利要求 1 所述的一种车载式岩性与不良地质前兆特征识别系统，其

特征是：所述控制与数据分析模块存储有典型不良地质体元素和矿物富集特征数据库，能够实现数据库实时补充和动态更新。

8、基于权利要求 1-7 中任一项所述的系统的工作方法，其特征是：包括以下步骤：

控制车辆停在隧道轴线掌子面后方距离 L 处，启动岩石元素测试模块，将元素分析仪紧贴拱顶测点，进行岩石元素信息测试，测试数据包括元素名称及其百分比含量，测试结果将自动录入控制与数据分析模块中；

升降取样钻机，对拱顶测点进行取样，取得的岩样进入岩样自动研磨模块；

将岩样研磨均匀至设定目，岩石试样粉末传送至岩样矿物测试模块进行矿物含量测试；

测试岩石试样粉末的 X 射线衍射图谱，基于最小二乘法的 Rietveld 方法对 X 射线衍射图谱进行分析，从而得到该处岩样的主要矿物名称及其百分比含量；

承载车向前行驶距离 S ，其中 $L=n*S$ ， n 为大于 1 的整数，重复上述步骤，直至车辆等间距行驶至隧道掌子面处，从而得到隧道洞内不良地质体影响区各元素和矿物富集变化规律，实现对掌子面前方不良地质体的超前预报。

9、如权利要求 8 所述的工作方法，其特征是：获取隧址区地层岩性、地形地貌、地质构造、不良地质现象和水文地质条件资料，将得到的隧洞内不良地质体影响区岩性、元素和矿物富集变化规律与资料信息进行对比、验证，并和典型不良地质体元素和矿物富集特征数据库相匹配。

10、如权利要求 8 所述的工作方法，其特征是：匹配方法包括以下三个方面：

1) 若越趋近隧道掌子面, 部分或全部黏土矿物含量逐渐增加, 隧道围岩中石英和长石主要矿物的含量相应减少, 隧道掌子面前方可能存在断层破碎带, 对应矿物或元素含量的变化量越大, 断层破碎带活动性越强, 其在上下盘的影响范围越大;

2) 若越趋近隧道掌子面, 矿物的含量明显增加, 对元素含量逐渐增加, 则隧道掌子面前方可能存在蚀变带, 对应矿物或元素含量的变化量越大, 蚀变作用越强烈, 且其影响范围也越大;

3) 在可溶岩地区, 若越趋近隧道掌子面, 岩石中方解石、白云石、菱铁矿或菱锰矿矿物的百分含量减少, 对应元素含量也相应减少, 表明该处发生较强的水岩相互作用-溶滤作用, 则隧道掌子面前方可能含有岩溶。

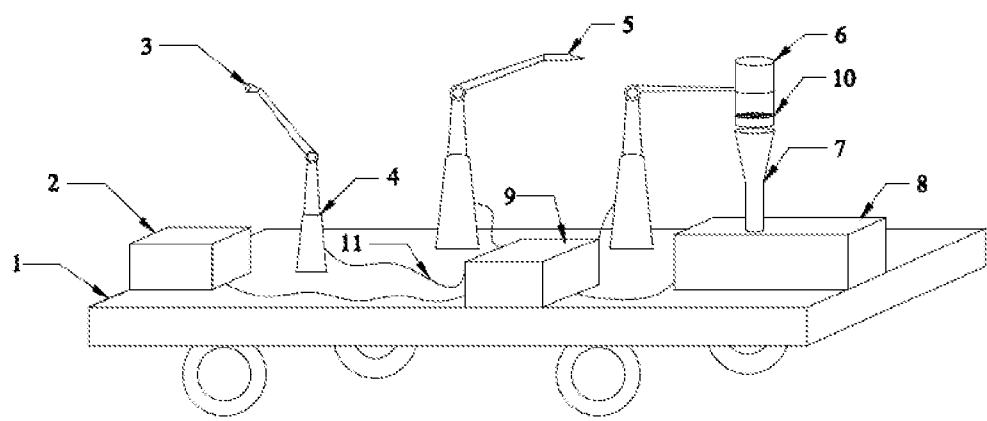


图 1

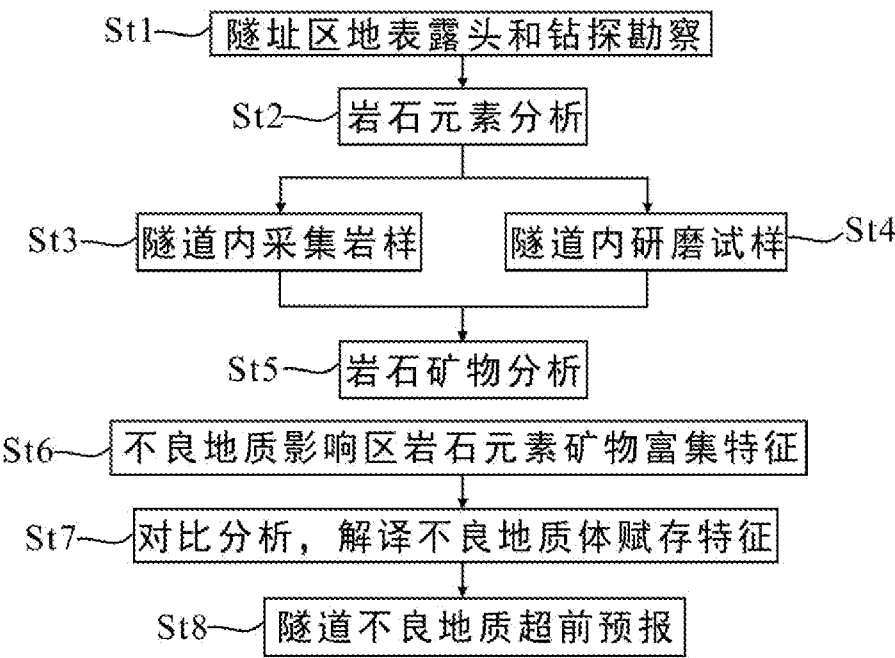


图 2

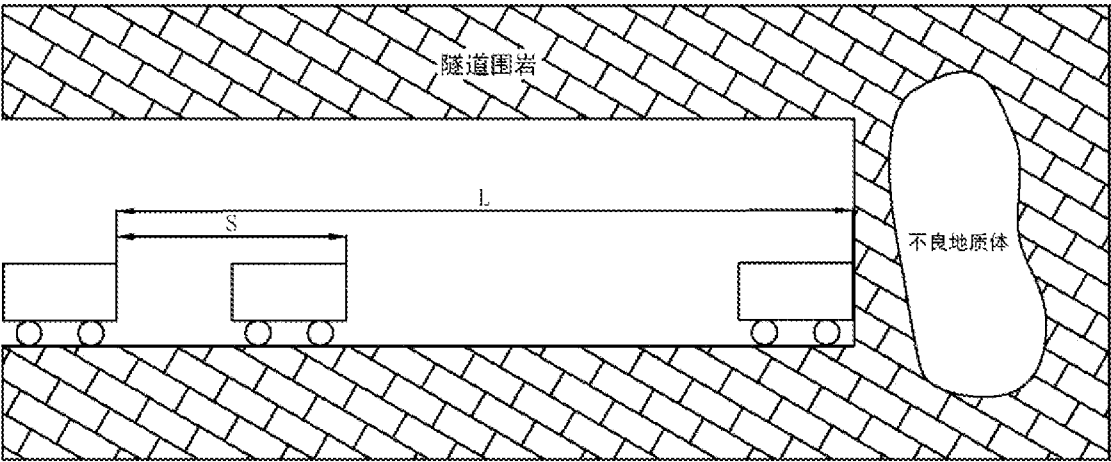


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/084650

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 23/207(2006.01)i; G01N 23/2055(2018.01)i; G01N 23/2005(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)

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)

CNKI, CNABS, CNTXT, SIPOABS, DWPI: 车载, 移动, 地质, 岩石, 识别, 监测, 分析, vehicle, geological, rock, identif+, analysis

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 101082277 A (CHONGQING BRANCH OF BEIJING HONOURIC PETROLEUM TECHNOLOGY CO., LTD.) 05 December 2007 (2007-12-05) description, p. 2, lines 4-19	1-10
A	CN 102495434 A (CHENGDU CHANGDATONG UNDERGROUND ENGINEERING TECHNOLOGY DEVELOPMENT CO., LTD.) 13 June 2012 (2012-06-13) entire document	1-10
A	CN 204405872 U (SHANDONG UNIVERSITY) 17 June 2015 (2015-06-17) entire document	1-10
A	CN 107505344 A (CHINA NATIONAL OFFSHORE OIL CORPORATION et al.) 22 December 2017 (2017-12-22) entire document	1-10
A	CN 103399354 A (CHINA CONSTRUCTION FOURTH ENGINEERING DIVISION CO., LTD. et al.) 20 November 2013 (2013-11-20) entire document	1-10
A	US 2019064039 A1 (GEOSERVICES EQUIPEMENTS) 28 February 2019 (2019-02-28) 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

23 December 2019

Date of mailing of the international search report

08 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/CN2019/084650

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	101082277	A	05 December 2007	None	
CN	102495434	A	13 June 2012	None	
CN	204405872	U	17 June 2015	None	
CN	107505344	A	22 December 2017	None	
CN	103399354	A	20 November 2013	CN 103399354	B 10 August 2016
US	2019064039	A1	28 February 2019	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/084650

A. 主题的分类 G01N 23/207(2006.01)i; G01N 23/2055(2018.01)i; G01N 23/2005(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) 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)) CNKI, CNABS, CNTXT, SIPOABS, DWPI:车载, 移动, 地质, 岩石, 识别, 监测, 分析, vehicle, geological, rock, ident- tify+, analysis																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 101082277 A (北京奥能瑞科石油技术有限公司重庆分公司) 2007年 12月 5日 (2007 - 12 - 05) 说明书第2页第4-19行</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102495434 A (成都畅达通地下工程科技发展有限公司) 2012年 6月 13日 (2012 - 06 - 13) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 204405872 U (山东大学) 2015年 6月 17日 (2015 - 06 - 17) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107505344 A (中国海洋石油总公司等) 2017年 12月 22日 (2017 - 12 - 22) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103399354 A (中国建筑第四工程局有限公司等) 2013年 11月 20日 (2013 - 11 - 20) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2019064039 A1 (GEOSERVICES EQUIPEMENTS) 2019年 2月 28日 (2019 - 02 - 28) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 101082277 A (北京奥能瑞科石油技术有限公司重庆分公司) 2007年 12月 5日 (2007 - 12 - 05) 说明书第2页第4-19行	1-10	A	CN 102495434 A (成都畅达通地下工程科技发展有限公司) 2012年 6月 13日 (2012 - 06 - 13) 全文	1-10	A	CN 204405872 U (山东大学) 2015年 6月 17日 (2015 - 06 - 17) 全文	1-10	A	CN 107505344 A (中国海洋石油总公司等) 2017年 12月 22日 (2017 - 12 - 22) 全文	1-10	A	CN 103399354 A (中国建筑第四工程局有限公司等) 2013年 11月 20日 (2013 - 11 - 20) 全文	1-10	A	US 2019064039 A1 (GEOSERVICES EQUIPEMENTS) 2019年 2月 28日 (2019 - 02 - 28) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	CN 101082277 A (北京奥能瑞科石油技术有限公司重庆分公司) 2007年 12月 5日 (2007 - 12 - 05) 说明书第2页第4-19行	1-10																					
A	CN 102495434 A (成都畅达通地下工程科技发展有限公司) 2012年 6月 13日 (2012 - 06 - 13) 全文	1-10																					
A	CN 204405872 U (山东大学) 2015年 6月 17日 (2015 - 06 - 17) 全文	1-10																					
A	CN 107505344 A (中国海洋石油总公司等) 2017年 12月 22日 (2017 - 12 - 22) 全文	1-10																					
A	CN 103399354 A (中国建筑第四工程局有限公司等) 2013年 11月 20日 (2013 - 11 - 20) 全文	1-10																					
A	US 2019064039 A1 (GEOSERVICES EQUIPEMENTS) 2019年 2月 28日 (2019 - 02 - 28) 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 23日		国际检索报告邮寄日期 2020年 1月 8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 范敏 电话号码 (86-10)62085160																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/084650

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	101082277	A	2007年 12月 5日	无	
CN	102495434	A	2012年 6月 13日	无	
CN	204405872	U	2015年 6月 17日	无	
CN	107505344	A	2017年 12月 22日	无	
CN	103399354	A	2013年 11月 20日	CN 103399354	B 2016年 8月 10日
US	2019064039	A1	2019年 2月 28日	无	