



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117828397 B

(45) 授权公告日 2024.07.12

(21) 申请号 202311816245.7

G01N 21/25 (2006.01)

(22) 申请日 2023.12.26

G01N 21/3563 (2014.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G06F 18/213 (2023.01)

申请公布号 CN 117828397 A

G06F 18/25 (2023.01)

(43) 申请公布日 2024.04.05

(56) 对比文件

(73) 专利权人 山东大学

CN 101551471 A, 2009.10.07

地址 250061 山东省济南市历下区经十路  
17923号

CN 101887012 A, 2010.11.17

审查员 高琳

(72) 发明人 许振浩 韩涛 周振发 林鹏

余腾飞 刘福民 邵瑞琦 李珊

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

专利代理师 周凌云

(51) Int. Cl.

G06F 18/24 (2023.01)

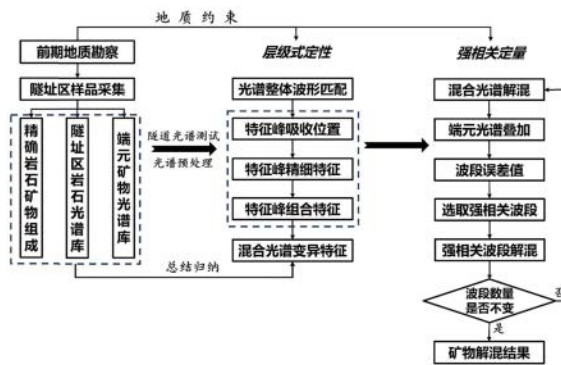
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法及系统

(57) 摘要

本发明提出协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法及系统,涉及岩石矿物定性定量识别技术领域。包括采集隧址区岩石样品,获取精确矿物识别结果,建立隧址区岩石光谱库和端元矿物光谱库;获取隧道岩石光谱数据;利用融合后光谱数据整体波形与隧址区岩石光谱库中的数据初步匹配;利用岩石光谱的特征峰谱带位置和特征峰特征,基于端元矿物光谱库对矿物种类进行精细判识;建立光谱变异特征与矿物种类的关联,对无法通过精细判识确定的隧道岩石矿物种类进行辅助判识,完成隧道岩石矿物的层级式定性;选取强相关性波段,并不断进行解混模型的迭代实现矿物的准确定量反演,完成定量识别。本发明实现了多元光谱协同的矿物定性定量识别。



1. 协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法,其特征在于,包括以下步骤:

采集隧址区岩石样品,获取精确矿物识别结果,建立隧址区岩石光谱库和端元矿物光谱库,并获取岩石中不同矿物混合后的光谱变异特征;

沿隧道掘进方向获取隧道岩石光谱数据,将两个波段的光谱数据进行融合,利用融合后光谱数据的整体波形与隧址区岩石光谱库中的数据进行初步匹配,确定隧道岩石的大致矿物组合情况;

所述将两个波段的光谱数据进行融合是通过联合可见光-近红外波段与热红外波段实现对矿物识别种类的全覆盖;

利用岩石光谱的特征峰谱带位置和特征峰精细特征与组合特征,基于端元矿物光谱库对矿物种类进行精细判识;

建立光谱变异特征与矿物种类的关联,对无法通过精细判识确定的隧道岩石矿物种类进行辅助判识,完成隧道岩石矿物的层级式定性;

对隧道岩石光谱解混,利用端元矿物的纯净光谱逆向反推,选取强相关性波段,利用强相关性波段重新进行解混迭代,直至强相关性波段数量不变,完成对矿物的定量识别。

2. 如权利要求1所述的协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法,其特征在于:

对获取的隧址区岩石样品采用实验室内精确矿物识别方法进行识别,获取精确矿物识别结果;

利用地物波谱仪和傅里叶变化红外光谱仪对隧址区岩石样品进行光谱测试,建立隧址区岩石光谱库;

从现有的光谱库中搜集精确矿物识别结果中纯净矿物的光谱数据,或通过购置纯净矿物、用光谱仪采集光谱数据,建立端元矿物光谱库。

3. 如权利要求1所述的协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法,其特征在于,沿隧道掘进方向获取隧道岩石光谱数据,具体为:

对隧道沿线洞壁及掌子面进行全面测试,选择具有代表性点位作为测试选点,测试范围覆盖掌子面,获取隧道岩石光谱数据。

4. 如权利要求1所述的协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法,其特征在于,所述特征峰精细特征包括特征峰形态、特征峰对称性、特征峰是否为双峰或多峰,所述特征峰组合特征为多个特征峰的组合形式。

5. 如权利要求1所述的协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法,其特征在于,对矿物进行定量识别,具体为:

a) 对岩石光谱进行解混,初步获取矿物含量;

b) 利用端元矿物光谱库获取端元矿物的纯净光谱,基于获取的矿物含量,按照混合光谱解混的规则进行逆向反推,获取计算岩石光谱;

c) 求解实测岩石光谱和计算岩石光谱每个波段的误差值;

d) 根据误差大小情况,选取满足误差范围的波段作为强相关性波段;

e) 利用强相关波段进行解混,获取新的矿物含量;

f) 迭代上述步骤b) - e),直至强相关性波段的数量不变结束。

6. 如权利要求5所述的协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法,其特征在于,所述解混方法包括线性解混方法与非线性解混方法。

7. 如权利要求1所述的协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法,其特征在于,在采集隧址区岩石样品之前,还包括:

对隧道沿线进行前期地质勘察,调查隧道地表以及洞内的地质信息,为矿物定性识别提供地质信息约束。

8. 协同多元光谱的隧道岩石矿物识别系统,其特征在于:执行时实现如权利要求1-7任一项所述的协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法,包括:

光谱库建立模块,被配置为:采集隧址区岩石样品,获取精确矿物识别结果,建立隧址区岩石光谱库和端元矿物光谱库,并获取岩石中不同矿物混合后的光谱变异特征;

定性识别模块,被配置为:沿隧道掘进方向获取隧道岩石光谱数据,将两个波段的光谱数据进行融合,利用融合后光谱数据的整体波形与隧址区岩石光谱库中的数据进行初步匹配,确定隧道岩石的大致矿物组合情况;

利用岩石光谱的特征峰谱带位置和特征峰精细特征与组合特征,基于端元矿物光谱库对矿物种类进行精细判识;

建立光谱变异特征与矿物种类的关联,对无法通过精细判识确定的隧道岩石矿物种类进行辅助判识,完成隧道岩石矿物的层级式定性;

定量识别模块,被配置为:对隧道岩石光谱解混,利用端元矿物的纯净光谱逆向反推,选取强相关性波段,利用强相关性波段重新进行解混迭代,直至强相关性波段数量不变,完成对矿物的定量识别。

9. 计算机可读存储介质,其上存储有程序,其特征在于,该程序被处理器执行时实现如权利要求1-7任一项所述的协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法中的步骤。

10. 电子设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的程序,其特征在于,所述处理器执行所述程序时实现如权利要求1-7任一项所述的协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法中的步骤。

## 协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于隧道内岩石矿物定性定量识别技术领域,尤其涉及协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法及系统。

### 背景技术

[0002] 本部分的陈述仅仅是提供了与本发明相关的背景技术信息,不必然构成在先技术。

[0003] 近些年,我国的隧道建设逐步向地质情况复杂的地区挺进。发明人发现,复杂的地质情况常导致断层、岩溶、蚀变带等不良地质的发育,若不加以及时判识,将极有可能导致地质灾害的产生,如突水突泥、塌方、围岩大变形等,严重影响现场施工安全和进度。

[0004] 隧道围岩的矿物异常现象常被用作断层等不良地质识别的标志,并可以识别不良地质的性质,已在相关领域中得到广泛应用。然而现有的矿物测试方法主要有镜下薄片法、X射线衍射、红外光谱等方法,镜下薄片和X射线衍射方法需要复杂的样品制备(磨粉或切片),且镜下薄片测试对环境要求高,隧道内的灰尘和黑暗极大影响判识结果准确性。因此,上述方法无法适应现场快速施工要求。

[0005] 红外光谱法测试速度快、环境适应性强,可在隧道恶劣环境中获取围岩的光谱信息,但现有光谱的解译方法精度低、效率差,无法通过围岩的光谱特征准确识别矿物种类和反演矿物含量,难以对实际工程施工提供技术指导。

### 发明内容

[0006] 为克服上述现有技术的不足,本发明提供了协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法及系统,实现了多元光谱协同的矿物定性定量识别,对于提高隧道围岩矿物识别的效率和精度以及保障隧道快速安全施工具有重要意义。

[0007] 为实现上述目的,本发明的一个或多个实施例提供了如下技术方案:

[0008] 本发明第一方面提供了协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法。

[0009] 协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法,包括以下步骤:

[0010] 采集隧址区岩石样品,获取精确矿物识别结果,建立隧址区岩石光谱库和端元矿物光谱库,并获取岩石中不同矿物混合后的光谱变异特征;

[0011] 沿隧道掘进方向获取隧道岩石光谱数据,将两个波段的光谱数据进行融合,利用融合后光谱数据的整体波形与隧址区岩石光谱库中的数据进行初步匹配,确定隧道岩石的大致矿物组合情况;

[0012] 利用岩石光谱的特征峰谱带位置和特征峰精细特征与组合特征,基于端元矿物光谱库对矿物种类进行精细判识;

[0013] 建立光谱变异特征与矿物种类的关联,对无法通过精细判识确定的隧道岩石矿物种类进行辅助判识,完成隧道岩石矿物的层级式定性;

[0014] 对隧道岩石光谱解混,利用端元矿物的纯净光谱逆向反推,选取强相关性波段,利

用强相关性波段重新进行解混迭代,直至强相关性波段数量不变,完成对矿物的定量识别。

[0015] 本发明第二方面提供了协同多元光谱的隧道岩石矿物识别系统。

[0016] 协同多元光谱的隧道岩石矿物识别系统,包括:

[0017] 光谱库建立模块,被配置为:采集隧址区岩石样品,获取精确矿物识别结果,建立隧址区岩石光谱库和端元矿物光谱库,并获取岩石中不同矿物混合后的光谱变异特征;

[0018] 定性识别模块,被配置为:沿隧道掘进方向获取隧道岩石光谱数据,将两个波段的光谱数据进行融合,利用融合后光谱数据整体波形与隧址区岩石光谱库中的数据进行初步匹配,确定隧道岩石的大致矿物组合情况;

[0019] 利用岩石光谱的特征峰谱带位置和特征峰精细特征与组合特征,基于端元矿物光谱库对矿物种类进行精细判识;

[0020] 建立光谱变异特征与矿物种类的关联,对无法通过精细判识确定的隧道岩石矿物种类进行辅助判识,完成隧道岩石矿物的层级式定性;

[0021] 定量识别模块,被配置为:对隧道岩石光谱解混,利用端元矿物的纯净光谱逆向反推,选取强相关性波段,利用强相关性波段重新进行解混迭代,直至强相关性波段数量不变,完成对矿物的定量识别。

[0022] 本发明第三方面提供了计算机可读存储介质,其上存储有程序,该程序被处理器执行时实现如本发明第一方面所述的协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法中的步骤。

[0023] 本发明第四方面提供了电子设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的程序,所述处理器执行所述程序时实现如本发明第一方面所述的协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法中的步骤。

[0024] 以上一个或多个技术方案存在以下有益效果:

[0025] (1) 本发明提供了一种协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法及系统,通过联合可见光-近红外波段与热红外波段实现了矿物识别种类的全覆盖,实现了多元光谱协同的矿物定性定量识别,为不良地质识别提供更丰富的矿物异常标志,提高了不良地质识别的准确性,提高了隧道内矿物识别的效率,并通过量化的数据消除了主观因素对不良地质识别结果的影响。

[0026] (2) 本发明通过充分挖掘围岩光谱特征,将多特征进行深层次联合进行矿物识别,矿物定性的光谱判据层层递进,各判据互相验证,将矿物光谱知识充分融入到识别过程中,并考虑了混合矿物光谱特征的变异性,有效避免光谱的多解性,提高了岩石光谱数据的可解性和准确性。

[0027] (3) 本发明提出的定量方法基于逆向思维,推理过程具有扎实的理论基础,通过量化的误差降低波段选取的主观性,保证模型的客观准确性,并通过解混的强相关波段的不断迭代达到最优的解混效果,实现了隧道内矿物的快速量化识别以及不良地质识别由定性到定量的跨越。

[0028] 本发明附加方面的优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

## 附图说明

[0029] 构成本发明的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示

意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。

[0030] 图1为第一个实施例的方法流程图。

[0031] 图2为钠长石与高岭石混合后热红外波段的变异特征图。

[0032] 图3为地物波谱仪与傅里叶变换红外光谱仪掌子面测点图。

[0033] 图4为隧道围岩的光谱实测数据图。

[0034] 图5为实测岩石光谱与计算岩石光谱的波段误差图。

### 具体实施方式

[0035] 应该指出,以下详细说明都是示例性的,旨在对本发明提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本发明所属技术领域的普通技术人员通常理解相同含义。

[0036] 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发明的示例性实施方式。

[0037] 在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0038] 本发明提出的总体思路:

[0039] 本发明提供了一种协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法及系统,通过前期的地质勘察为围岩光谱的定性解译提供地质约束,充分利用光谱的特征信息,选取“光谱整体波形-特征峰吸收谱带-特征峰精细特征-特征峰组合特征-混合光谱变异特征”的指标,形成层级式矿物定性方法实现矿物种类识别,进而通过选取强相关性波段,并不断进行解混模型的迭代实现矿物的准确定量反演,为不良地质识别提供矿物异常标志。

[0040] 实施例一

[0041] 本实施例公开了协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法。

[0042] 如图1所示,协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法,包括:

[0043] (1) 进行前期地质勘察,充分调查隧址区的地质特征,为矿物定性识别提供地质信息约束;

[0044] (2) 采集隧址区岩石样品,采用实验室内精确矿物识别方法,获取准确的矿物组成信息,并通过地物波谱仪和傅里叶变化红外光谱仪进行光谱测试,建立隧址区岩石光谱库,并根据岩石矿物识别结果建立端元矿物光谱库;

[0045] (3) 通过步骤(2)获取的岩石矿物信息、光谱数据以及光谱库,探明岩石中不同矿物混合后的光谱变异特征,辅助判识矿物种类;

[0046] (4) 采用地物波谱仪和傅里叶变换红外光谱仪沿隧道掘进方向进行大量测试,获取隧道岩石的光谱数据;

[0047] (5) 对获取的岩石光谱数据进行预处理,提升数据的质量,突出光谱特征,提高光谱分析精度;

[0048] (6) 对获取的数据进行矿物定性识别:a) 首先对两个波段的光谱数据进行数据集融合,利用光谱的整体波形,根据前期建立已知岩石矿物成分的岩石光谱库进行匹配,进行矿物共生组合的初步判识;b) 再分别根据岩石光谱的其他特征,如“特征峰谱带位置(峰值处的波长)→特征峰的精细特征(特征峰形态、特征峰对称性、特征峰是否为双峰或多峰等特征)→特征峰的组合特征(多个特征峰的组合形式)”进行矿物种类的精细判识;c) 对于难

以通过上述特征进行判识的矿物,通过步骤(3)中探明的矿物混合变异规律知识(某种矿物发生混合后特征峰谱带发生偏移或特征峰形态发生变化等)进行辅助判识,使变异后非典型的光谱特征(发生偏移的特征峰位置或特征峰的形态等)与矿物种类建立关系,进行辅助判识;

[0049] (7)通过步骤(6)获得隧道围岩的矿物组成信息后,进行矿物的定量识别:a)首先进行解混以初步获取混合光谱中每种矿物光谱的贡献比例,即矿物的含量;b)利用端元矿物的纯净光谱,按照步骤a)中解混后的含量按照混合光谱解混的规则进行逆向反推,计算获取岩石光谱,称为计算岩石光谱;c)求解实测岩石光谱和计算岩石光谱每个波段的误差值;d)根据误差大小情况,选取满足误差范围的波段作为强相关性波段;e)再利用强相关波段进行解混;f)以上方法不断进行迭代,直至强相关性波段的数量不变结束。

[0050] 更为具体的,包括:

[0051] (1)对某隧道沿线进行前期地质勘察,调查隧道地表以及洞内的地质信息,为矿物定性识别提供地质信息约束;

[0052] 所述地质信息主要包括隧道沿线地表穿越地层的岩性、历史发生的地质作用类型、不良地质的位置等信息;

[0053] 所述进行前期地质勘察的方法包括纵向钻进、地表采样、航空电磁物探等方法;

[0054] 其中,对隧道沿线进行勘察,探明该隧道沿线地层为花岗岩地层,历史未发生重大的地质构造运动,但在隧道洞口前方200m左右位置有一规模较小断层,有粘土矿物产生。

[0055] (2)采集隧址区岩石样品,采用实验室内精确矿物识别方法,获取准确的矿物组成信息,并通过地物波谱仪和傅里叶变化红外光谱仪进行光谱测试,建立隧址区岩石光谱库,并根据岩石矿物识别结果建立端元矿物光谱库;

[0056] 采集隧址区演示样品,即将步骤(1)中地质勘查所采集的岩芯、岩块等具有证明性的样品收纳编号;

[0057] 采用实验室内精确矿物识别方法,包括但不限于镜下薄片法、X射线衍射法等其他方法;

[0058] 通过地物波谱仪及傅里叶变换红外光谱仪测试,测试时需选择样品平整面,防止漏光等一系列降低数据质量的可能;

[0059] 建立端元光谱库,即将获取精确矿物识别结果后,将这些矿物的可见光-近红外及热红外波段的光谱收集,建立隧道现场的端元矿物光谱库;

[0060] 建立端元矿物光谱库的方法包括从现有的USGS波谱库、JHU波谱库、ASU波谱库等光谱库中搜集,或通过购置纯净矿物,然后用光谱仪采集,建立端元矿物光谱库。

[0061] 本实施例中,将地质勘查所采集的样品按里程、坐标等信息进行编号,采用X射线衍射的方法对矿物进行识别,结果表明大部分岩石内部含有钾长石、钠长石、白云母、高岭石、伊利石等矿物,并通过两种光谱技术对上述纯净矿物进行光谱测试,建立端元矿物光谱库。

[0062] (3)通过步骤(2)获取的岩石矿物信息、光谱数据以及光谱库,探明岩石中不同矿物混合后的光谱变异特征,辅助判识矿物种类;

[0063] 矿物混合变异特征,指多种矿物混合后,它们的混合光谱特征会出现偏移、湮没等一系列与纯净矿物光谱特征不符的现象;

[0064] 探明不同矿物混合的光谱变异特征对于将矿物混合后的非典型特征与矿物种类建立联系具有积极作用。

[0065] 本实施例中,以钠长石与高岭石混合为例,在近红外波段无明显变异现象,在热红外波段,钠长石的特征峰原位于9616nm,混合后向短波方向发生偏移,其余部分特征被湮没,高岭石可从9899nm以及10950nm/10972nm处的特征证实,如图2所示。

[0066] (4) 采用地物波谱仪和傅里叶变换红外光谱仪沿隧道掘进方向进行大量测试,获取隧道岩石的光谱数据;

[0067] 采用地物波谱仪和傅里叶变换红外光谱仪沿隧道掘进方向测试,测试时仪器探头需与岩石或围岩的平整面完全接触,并压紧,防止漏光等影响数据精度的现象发生。

[0068] 本实施例中,选择人工或将仪器搭载到机器人上对隧道沿线洞壁及掌子面进行全面测试,测试选点应选择具有代表性点位,测试范围覆盖掌子面,如图3所示。

[0069] (5) 对获取的岩石光谱数据进行预处理,提升数据的质量,突出光谱特征,提高光谱分析精度;

[0070] 对获取的岩石光谱数据进行预处理,其中预处理方法包括但不限于多元散射校正、微分、平滑、包络线去除等方法;

[0071] 本实施例中,步骤(4)获取围岩的全波段光谱数据后,首先进行SG平滑,去除噪声,然后通过多元散校正排除体积散射的影响,同时对近红外数据进行包络线去除,对热红外数据做基线校正,突出其吸收反射特征。

[0072] (6) 对获取的数据进行矿物定性识别:

[0073] a) 首先对两个波段的光谱数据进行数据集融合,利用光谱的整体波形,根据前期建立已知岩石矿物成分的岩石光谱库进行匹配,进行矿物共生组合的初步判识;

[0074] b) 再分别根据岩石光谱的其他特征,如“特征峰谱带位置(峰值处的波长)→特征峰的精细特征(特征峰形态、特征峰对称性、特征峰是否为双峰或多峰等特征)→特征峰的组合特征(多个特征峰的组合形式)”进行矿物种类的精细判识;

[0075] c) 对于难以通过上述特征进行判识的矿物,通过步骤(3)中探明的矿物混合变异规律知识(某种矿物发生混合后特征峰谱带发生偏移或特征峰形态发生变化等)进行辅助判识,使变异后非典型的光谱特征(发生偏移的特征峰位置或特征峰的形态等)与矿物种类建立关系,进行辅助判识。

[0076] 步骤a)中,对两个波段的光谱数据进行融合,融合的方法包括但不限于累加融合(CF)、等权融合(ERF)、外积融合(OPF)等。

[0077] 本实施例中,我们:

[0078] a) 采用等权融合的方法将预处理后的两个波段的岩石光谱数据进行数据集融合,相对于其他方法,在减少数据维度的同时不遗漏吸收反射特征,利用融合后的数据与建立的隧址区岩石光谱库进行初步匹配,确定大致矿物组合情况,初步判断为钾长石、高岭石与蒙脱石混合,光谱数据如图4;

[0079] b) 首先通过特征峰吸收位置与端元光谱库进行综合判识,通过9480nm反射峰可以判断含有钾长石,10972nm反射峰无法识别高岭石与蒙脱石,三种矿物光谱在热红外波段反射特征位置如表1;

[0080] 表1:三种矿物光谱在热红外波段反射特征位置

矿物	主要反射峰位置(nm)及成因分配
蒙脱石 (Mnt)	8242(CF), 8913(Si[Al,Fe]O <sub>4</sub> 振动), 9446(Si-O-Si伸缩振动), 10972(Al <sub>2</sub> OH弯曲振动)
[0081] 高岭石 (Kln)	8154(CF), 8839和9413(Si[Al,Fe]O <sub>4</sub> 振动), 9899(Si-O-Si非对 称平面内伸缩振动), 10972(Al <sub>2</sub> OH弯曲振动)
钾长石 (Kfs)	7867(CF), 8571(Si-O伸缩振动), 9480(Si-O-Al伸缩振动), 9845(Si-O伸缩振动) 13023和13793([Si, Al]-O振动和Si-O-Si键振动)

[0082] 通过近红外光谱中2200nm附近的非对称双峰,可以判断含有高岭石,并且在1400与1900nm处没有呈现斜坡状吸收特征以及没有2210nm处的吸收特征,结合热红外波段没有蒙脱石的特征反射峰位置,判断岩石中不存在蒙脱石;

[0083] c) 通过变异规律,9881nm处的反射峰确认为高岭石,验证步骤a)、b)中的判别结果。

[0084] (7) 通过步骤(6)获得隧道围岩的矿物组成信息后,进行矿物的定量识别:

[0085] a) 首先进行解混以初步获取混合光谱中每种矿物光谱的贡献比例,即矿物的含量;

[0086] b) 利用端元矿物的纯净光谱,按照步骤a)中解混后的含量按照混合光谱解混的规则进行逆向反推,计算获取岩石光谱,称为计算岩石光谱;

[0087] c) 求解实测岩石光谱和计算岩石光谱每个波段的误差值;

[0088] d) 根据误差大小情况,选取满足误差范围的波段作为强相关性波段;

[0089] e) 再利用强相关波段进行解混;

[0090] f) 以上方法不断进行迭代,直至强相关性波段的数量不变结束。

[0091] 所述步骤a)及e)的解混方法,包含线性解混与非线性解混方法。

[0092] 本实施例中:

[0093] 我们通过(6)确定岩石中含有钾长石和高岭石两种矿物;

[0094] 遵循(7)中a)步骤从端元矿物光谱库中选取钾长石和高岭石两种矿物的光谱,对岩石光谱进行线性解混,获取两种矿物的相对含量;

[0095] b) 将两种端元矿物的光谱与其相对含量按照下列公式进行线性叠加,获取岩石的计算光谱其中W代表岩石光谱, $a_n$ 代表第n种端元矿物的含量, $f_n$ 代表第n种端元矿物的纯净光谱。

$$[0096] \quad W = a_1 f_1 + a_2 f_2 + \dots + a_n f_n$$

[0097] (c) 获取岩石的计算光谱后,计算其与岩石实测光谱每个波段的误差值(图5);

[0098] (d) 综合考虑每个波段的误差值,我们发现在8 $\mu$ m~12 $\mu$ m之间误差较高,因此不宜作为强相关性波段,初步选取5 $\mu$ m~8 $\mu$ m作为强相关性波段;

[0099] e) 将5 $\mu$ m~8 $\mu$ m波段的光谱数据进行线性解混,再次获取每种端元矿物含量;

[0100] (f) 以上流程不断迭代,直至选取的相关性波段数量不变为止。

[0101] 实施例二

[0102] 本实施例公开了协同多元光谱的隧道岩石矿物识别系统。

[0103] 协同多元光谱的隧道岩石矿物识别系统,包括:

[0104] 光谱库建立模块,被配置为:采集隧址区岩石样品,获取精确矿物识别结果,建立隧址区岩石光谱库和端元矿物光谱库,并获取岩石中不同矿物混合后的光谱变异特征;

[0105] 定性识别模块,被配置为:沿隧道掘进方向获取隧道岩石光谱数据,将两个波段的光谱数据进行融合,利用融合后光谱数据的整体波形与隧址区岩石光谱库中的数据进行初步匹配,确定隧道岩石的大致矿物组合情况;

[0106] 利用岩石光谱的特征峰谱带位置和特征峰精细特征与组合特征,基于端元矿物光谱库对矿物种类进行精细判识;

[0107] 建立光谱变异特征与矿物种类的关联,对无法通过精细判识确定的隧道岩石矿物种类进行辅助判识,完成隧道岩石矿物的层级式定性;

[0108] 定量识别模块,被配置为:对隧道岩石光谱解混,利用端元矿物的纯净光谱逆向反推,选取强相关性波段,利用强相关性波段重新进行解混迭代,直至强相关性波段数量不变,完成对矿物的定量识别。

[0109] 实施例三

[0110] 本实施例的目的是提供计算机可读存储介质。

[0111] 计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现如本公开实施例1所述的协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法中的步骤。

[0112] 实施例四

[0113] 本实施例的目的是提供电子设备。

[0114] 电子设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的程序,所述处理器执行所述程序时实现如本公开实施例1所述的协同多元光谱的隧道岩石矿物识别方法中的步骤。

[0115] 以上实施例二、三和四的装置中涉及的各步骤与方法实施例一相对应,具体实施方式可参见实施例一的相关说明部分。术语“计算机可读存储介质”应该理解为包括一个或多个指令集的单个介质或多个介质;还应当被理解为包括任何介质,所述任何介质能够存储、编码或承载用于由处理器执行的指令集并使处理器执行本发明中的任一方法。

[0116] 本领域技术人员应该明白,上述本发明的各模块或各步骤可以用通用的计算机装置来实现,可选地,它们可以用计算装置可执行的程序代码来实现,从而,可以将它们存储在存储装置中由计算装置来执行,或者将它们分别制作成各个集成电路模块,或者将它们中的多个模块或步骤制作成单个集成电路模块来实现。本发明不限制于任何特定的硬件和软件的结合。

[0117] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述,但并非对本发明保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本发明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发明的保护范围以内。

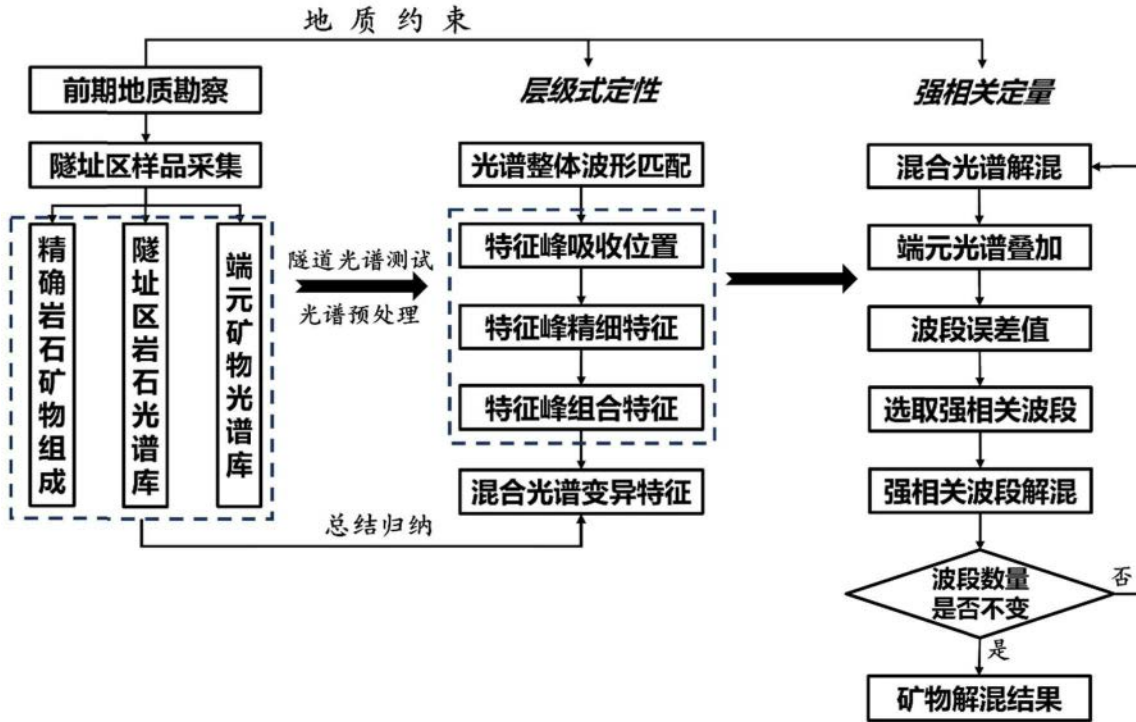


图1

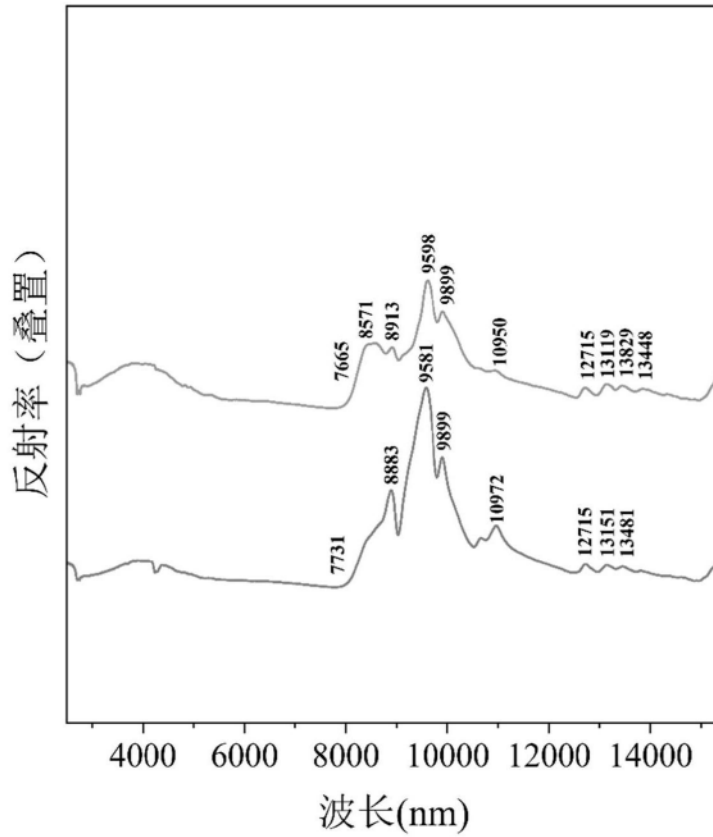


图2

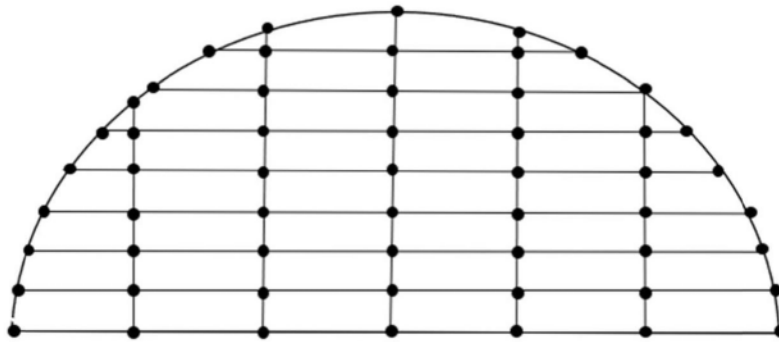


图3

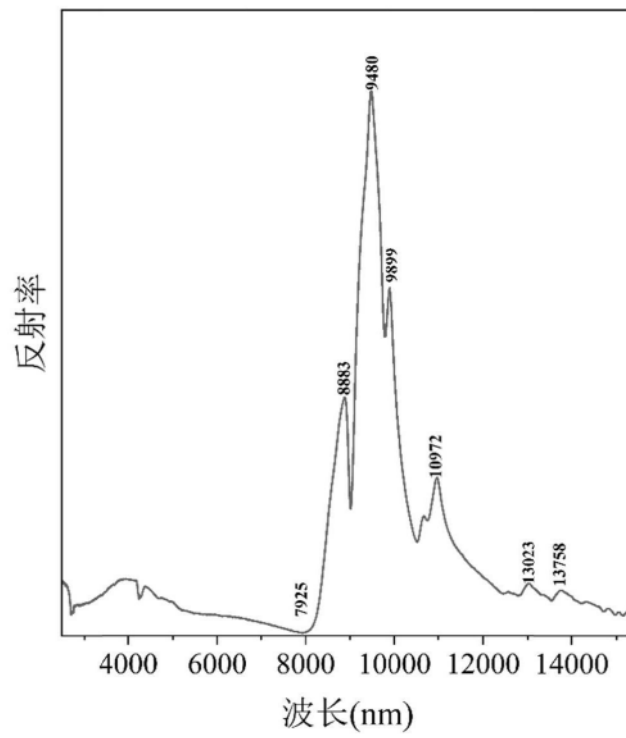


图4

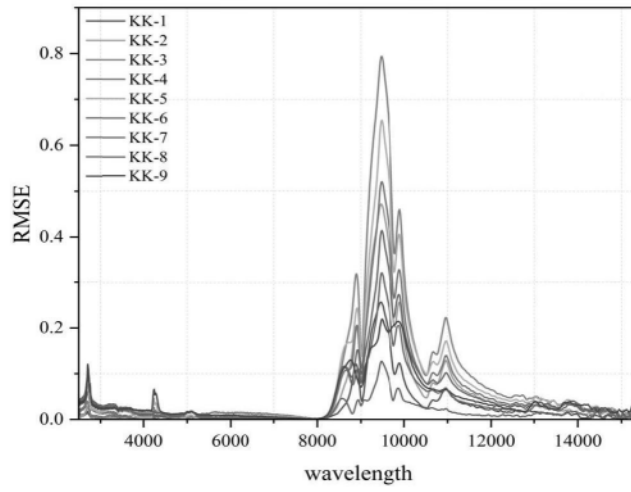


图5