



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111257352 B

(45) 授权公告日 2022. 02. 22

(21) 申请号 202010100162.8

G01N 23/2255 (2018.01)

(22) 申请日 2020.02.18

B82Y 15/00 (2011.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 彭亚东

申请公布号 CN 111257352 A

(43) 申请公布日 2020.06.09

(73) 专利权人 中山大学

地址 510275 广东省广州市新港西路135号

(72) 发明人 曹建劲 陆美曲 胡乖

(74) 专利代理机构 广州专理知识产权代理事务  
所(普通合伙) 44493

代理人 王允辉

(51) Int. Cl.

G01N 23/00 (2006.01)

G01N 23/2206 (2018.01)

G01N 23/225 (2018.01)

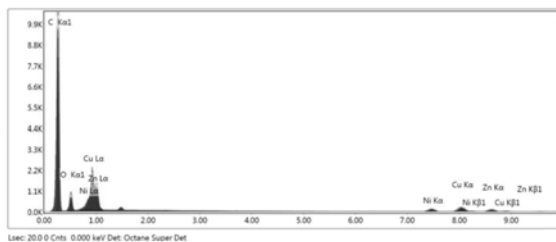
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种利用单一纳米微粒的化学成分数据预测  
测隐伏矿床的方法

(57) 摘要

本发明属于地质勘察的技术领域,具体涉及  
一种利用单一纳米微粒的化学成分数据预测隐  
伏矿床的方法。所述方法包括如下步骤:采集被  
检样品,将被检样品制备成测试样品,采用探针  
技术分析测试样品中的单一纳米微粒,并对单  
一纳米微粒中的元素进行定性和定量分析,根据  
分析得到的化学成分数据预测隐伏矿床。通过  
对测试样品中的元素进行定性和定量分析,根  
据得到化学成分数据预测隐伏矿床,可以实现  
找矿数据由半定量到定量的质的飞跃,获得更  
精确、更丰富的关于隐伏矿体的信息,降低找  
矿成本。



1. 一种利用单一纳米微粒的化学成分数据预测隐伏矿床的方法,其特征在于,所述方法包括如下步骤:采集被检样品,将被检样品制备成测试样品,利用探针技术分析测试样品中的单一纳米微粒,并对单一纳米微粒中的元素进行定性和定量分析,根据分析得到的化学成分数据预测隐伏矿床;

所述将被检样品制备成测试样品的方法包括,取树脂负载在玻璃片上,将地下水样品用喷雾的方法喷在树脂上,水分自然干后继续喷雾十次,使得样品中的纳米微粒均匀吸附在树脂上,最后根据仪器需求在树脂上镀碳膜;

所述探针技术包括场发射电子探针、纳米离子探针以及原子探针;

所述被检样品包括地下水、土壤固气体、动物、植物以及断层泥;

所述单一纳米微粒为单颗粒形式的纳米级微粒和/或近纳米级纳米微粒;

所述元素还包括同位素;

所述化学成分包括主量元素、微量元素以及稀土元素;

所述化学成分数据包括元素组合数据、同位素含量数据和同位素比值数据;

所述化学成分数据还包括元素和同位素在单一纳米微粒的空间分布。

2. 由权利要求1所述的预测隐伏矿床的方法,其特征在于,所述预测隐伏矿床的依据还包括单一纳米微粒的形态、大小、聚合关系以及超微结构构造。

## 一种利用单一纳米微粒的化学成分数据预测隐伏矿床的方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于地质勘察的技术领域,具体涉及一种利用单一纳米微粒的化学成分数据预测隐伏矿床的方法。

### 背景技术

[0002] 随着社会经济的快速发展,现有的地表资源已经不能满足国民经济的发展需求,为满足快速发展的经济对矿产资源的需求,开展对深部隐伏矿体的勘探已是当务之急,隐伏矿床由于其埋藏深度大、露头较少的特点给找矿工作带来了许多困难,尤其是一些覆盖层较厚的地区。

[0003] 地球物理和地球化学是探矿常用的办法,地球物理探矿法无法直接获得矿化异常信息,地球化学探矿法所依据的元素异常可以有多种背景原因,两种探矿方法的数据结果都有多解性。纳米或接近纳米级微粒特征的找矿方法一经提出,引起了地学领域的相关研究者们的广泛关注。

[0004] 现有专利201010154422.6公开了一种地气微粒找矿方法,201310000879.5公开了一种利用含碳微粒寻找隐伏矿床的方法,201410347067.2公开了一种水微粒地球化学找矿方法及其应用,以及201410763148.0公开的一种利用生物内部纳米微粒寻找隐伏矿床的方法,所公开的专利中纳米微粒的化学成分是由配置在透射电镜上的能谱获取的,为半定量数据,它不利于我们对隐伏矿体做更精确的预测。

### 发明内容

[0005] 针对以上问题,本发明的目的在于提供一种利用单一纳米微粒的化学成分数据预测隐伏矿床的方法,可以实现找矿的单一纳米微粒化学成分数据由半定量转变为定量的质的飞跃。

[0006] 本发明的技术内容如下:

[0007] 一种利用单一纳米微粒的化学成分数据预测隐伏矿床的方法,所述方法包括如下步骤:采集被检样品,将被检样品制备成测试样品,利用探针技术分析测试样品中的单一纳米微粒,并对单一纳米微粒中的元素进行定性和定量分析,根据分析得到的化学成分数据预测隐伏矿床;

[0008] 所述探针技术包括但不限于场发射电子探针、纳米离子探针以及原子探针;

[0009] 所述被检样品包括但不限于地下水、土壤固气体、动物、植物以及断层泥;

[0010] 所述单一纳米微粒包括为单颗粒形式的纳米级微粒和/或近纳米级纳米微粒;

[0011] 所述元素还包括同位素;

[0012] 所述化学成分包括主量元素、微量元素以及稀土元素;

[0013] 所述化学成分数据包括元素组合数据、同位素含量数据和同位素比值数据;

[0014] 所述化学成分数据包括元素和同位素在单一纳米微粒的空间分布;

[0015] 所述预测隐伏矿床的依据还包括单一纳米微粒的形态、大小、聚合关系以及超微

结构构造。

[0016] 所述被检样品制备成测试样品的方法包括：把地下水、土壤固气体、断层泥、动物、植物样品制成(或采集并固化成)固体样品，将其切割成适合仪器测试的规格，抛光和镀导电膜，用场发射电子探针和纳米离子探针分析，或者，把纳米微粒负载在载体上用场发射电子探针和纳米离子探针分析。原子探针将固体样品制成针尖状分析；

[0017] 例如，将地下水样品制成场发射电子探针测试样品：取树脂负载在玻璃片上，负载在玻璃片上的树脂层尽可能薄，将地下水样品用喷雾的方法喷到树脂上，水分自然干之后继续喷雾，将以上步骤重复十次以上，使得地下水样品中的纳米微粒均匀吸附在树脂上，根据实验仪器需要，选择在收集样品的树脂上镀碳膜；

[0018] 也可根据申请专利201810715754.3“一种用于透射电镜分析的液体纳米微粒样品的制备方法”所述的方法制成透射电镜样品，即在高纯水清洗过的100ml烧杯中装入80ml水样，用干净的镊子夹住覆有碳支持膜的透射电镜载网放入水样中，保持载网在水样中的状态并来回缓慢移动约30分钟，利用载网本身的吸附能力使得水样中的纳米微粒粘附在载网上，之后，在收集样品的透射电镜载网上镀上碳膜以增加样品导电性后用场发射电子探针分析。

[0019] 本发明的有益效果如下：

[0020] 本发明利用单一纳米微粒的化学成分数据预测隐伏矿床的方法，通过对待测试样品所含单一纳米微粒中的元素进行定性和定量分析，根据所得到化学成分数据预测隐伏矿床，可以实现找矿数据由半定量到定量的质的飞跃，获得更精确、更丰富的关于隐伏矿体的信息，降低找矿成本。

## 附图说明

[0021] 图1为实施例的康家湾铅锌硫多金属矿床地下水样品中的微粒形貌图；

[0022] 图2为实施例的康家湾铅锌硫多金属矿床地下水样品中的微粒能谱图。

## 具体实施方式

[0023] 以下通过具体的实施案例以及附图说明对本发明作进一步的描述，应理解这些实施例仅用于说明本发明而不用于限制本发明的保护范围，在阅读了本发明之后，本领域技术人员对本发明的各种等价形式的修改均落于本申请所附权利要求所限定。

[0024] 若无特殊说明，本发明的所有原料和试剂均为常规市场的原料、试剂。

[0025] 实施例一种利用单一纳米微粒的化学成分数据预测隐伏矿床的方法：

[0026] 1) 采集被检样品：选择矿区，选择合适的采样时间和采样位置，以采集最佳自然样品，所述被检样品包括但不限于地下水、土壤固气体、动物、植物以及断层泥；

[0027] 2) 将野外采集的自然样品制成能直接用于测试的待测试样品；

[0028] 3) 利用场发射电子探针技术分析测试样品中的单一纳米微粒，并对纳米微粒中的元素进行定量分析；

[0029] 4) 先用EDS(能谱)对单一纳米微粒进行定性分析，确定所含元素，后用WDS(波谱)对单一纳米微粒进行定量分析；

[0030] 5) 利用通过定性以及定量分析得到的化学成分数据预测隐伏矿床，还可以根据单

一纳米微粒的形态、大小、聚合关系以及超微结构构造进行预测。

[0031] 具体操作如下：

[0032] a) 选择矿区：在国家自然科学基金41873044、41473040的资助下，以湖南省常宁市水口山矿田东北部的康家湾铅锌硫多金属矿床作为研究对象，目前该矿床主要以地下开采为主。康家湾铅锌硫多金属矿床属于大型铅锌矿床，主要矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、自然金和自然银等矿物，其中Pb、Zn、S、Fe为主要成矿元素，本实施例选择已探明但未被开采的100~108号勘探线内无人污染的区域作为工作区域；

[0033] b) 选择合适的采样时间和采样位置：湖南省夏季7~8月，高温多雨，矿床有断裂发育，地下水与地表水之间补给良好，本实施例选择在7~8月期间沿100~108号勘探线用聚乙烯瓶采集地下水样品；

[0034] c) 选择最佳自然样品：水作为地球化学信息优良的载体，普遍存在自然界中，本实施例选定的工作区域雨量充沛、水源充足，矿床发育多条断裂，为地下水提供了优良的天然通道，因此，本实施例选取矿床地下水为目标样品；

[0035] d) 将采集的样品制成测试样品：方法1：取树脂负载在玻璃片上，负载在玻璃片上的树脂层尽可能薄，将地下水样品用喷雾的方法喷到树脂上，水分自然干之后继续喷雾，将以上步骤重复十次以上，使得地下水样品中的纳米微粒均匀吸附在树脂上，根据实验仪器需要，选择在收集样品的树脂上镀碳膜；

[0036] 方法2：也可根据申请专利201810715754.3“一种用于透射电镜分析的液体纳米微粒样品的制备方法”所述的方法制成透射电镜样品，即在高纯水清洗过的100ml烧杯中装入80ml水样（地下水样品），用干净的镊子夹住覆有碳支持膜的透射电镜载网放入水样中，保持载网在水样中的状态并来回缓慢移动约30分钟，利用载网本身的吸附能力使得水样中的纳米微粒粘附在载网上，之后，在收集样品的透射电镜载网上镀上碳膜以增加样品导电性后用场发射电子探针分析；

[0037] e) 用EDS对单一纳米微粒进行定性分析，确定所含元素：在型号为EPMA-8050G的场发射电子探针上进行实验，该电子探针同时具备背散射电子、EDS以及WDS，相关参数如下：背散射电子相分辨率 $\leq 20\text{nm}$ 、放大倍数为40倍~40万倍、加速电压为0.5~30kV、分析成分的范围在4Be~92U，本实施例用背散射电子的模式寻找地下水样品中的单一纳米微粒，如图1所示，在该微粒选择微粒位置用EDS分析，获取相关数据如图2，由图2可知，可以看出元素Ni、C、Cu、Zn、O特征峰较明显，除了载网（C-Ni网）的化学组分背景值以外，能检测到的元素只有Cu、Zn和O；

[0038] f) 用WDS对单一微粒进行定量分析：对单一微粒中的所确定的元素进行定量，根据能谱测试得到的成分数据以CuO和ZnO为标样对微粒进行定量分析，即得到单一微粒精确量的化学成分；

[0039] 用电子探针ZAF对元素定量数据进行修正，结果如表1：

[0040] 表1康家湾铅锌硫多金属矿床地下水单一微粒化学成分

	成分	重量百分比	原子百分比
[0041]	CuO	6.432	63.008
	ZnO	3.863	36.992
	总量	10.296	100

[0042] g) 通过定性以及定量分析得到的化学成分数据预测隐伏矿床:由背散射电子图片的数据可以清楚看到纳米微粒的形态、大小等信息,而根据表1所得结果发现,本实施例的地下水样品中单一微粒成分中的Cu、Zn在隐伏矿体中均具有较高的含量,因此本实施例有效地采集了与矿床存在有直接联系的微粒的数据。此外,该微粒中同时检测到了两种与隐伏矿体相关的金属组分,在一定程度上可以反映深部矿体中含此两种元素的矿石矿物存在空间上的伴生关系,可应用于预测隐伏矿床。



图1

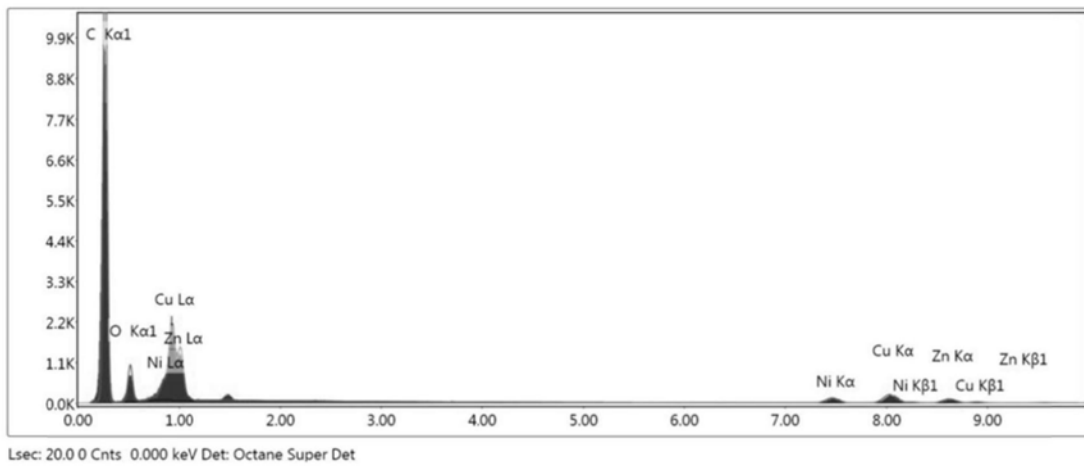


图2