



(21)申请号 201810172141.X

(22)申请日 2018.03.01

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108398447 A

(43)申请公布日 2018.08.14

(73)专利权人 武汉工程大学

地址 430205 湖北省武汉市东湖新技术开发区光谷一路206号

(72)发明人 刘煦晴 杨浦 韦薇蓓 袁浩
付超 邓慧敏

(74)专利代理机构 北京金智普华知识产权代理有限公司 11401

代理人 杨采良

(51)Int.Cl.

G01N 23/203(2006.01)

(56)对比文件

CN 104174505 A,2014.12.03,

CN 104755914 A,2015.07.01,

CN 104487829 A,2015.04.01,

CN 104380088 A,2015.02.25,

EP 3062096 B1,2017.10.11,

CN 102084229 A,2011.06.01,

CN 104870986 A,2015.08.26,

CN 103776855 A,2014.05.07,

CN 105954307 A,2016.09.21,

王传龙.铅渣中有价金属铜铁铅锌锑综合回收工艺及机理研究.《中国博士学位论文全文数据库 工程科技I辑》.2017,(第07期),

审查员 李婷

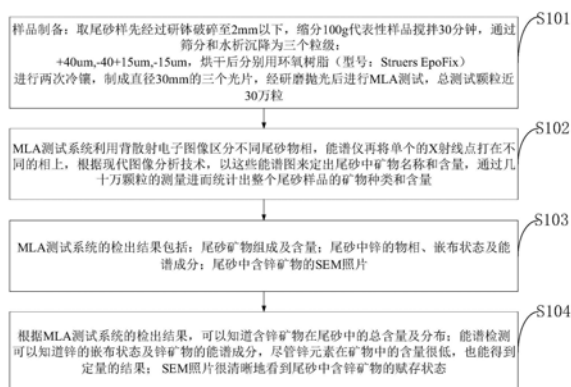
权利要求书1页 说明书13页 附图13页

(54)发明名称

一种金铜矿尾砂中锌元素的嵌布特征分析方法

(57)摘要

本发明属于尾矿检测分析技术领域,公开了一种金铜矿尾砂中锌元素的嵌布特征分析方法,选取鄂东某铜金矿浮选分级后排入尾矿库的压滤尾砂采用了MLA测试鉴定其中的主要岩相,主要由方解石、石英、菱铁矿、绿泥石、钙铁榴石、钾长石6种矿物组成,占到总量的70%以上;方解石、石英、钙铁榴石、钾长石无锌元素赋存;尾砂中元素锌主要赋存于绿泥石中,占比高达67.13%,且主要存在于-15um的微细粒级中,在其它矿物中的含量占比依次为菱铁矿18.23%、尖晶石11.30%、闪锌矿2.75%、褐铁矿0.59%。本发明得出了锌元素在尾砂中的物相构成和嵌布特征,为尾砂的综合利用提供了科学依据。



1. 一种金铜矿尾砂中锌元素的炭布特征分析方法,其特征在于,所述金铜矿尾砂中锌元素的炭布特征分析方法包括:

MLA测试系统利用背散射电子图像区分不同尾砂物相,能谱仪再将单个的X射线点打在不同的相上;以能谱仪的能谱图定出尾砂中矿物名称和含量;

利用MLA测试系统检出尾砂矿物组成及含量、尾砂中锌的物相、嵌布状态及能谱成分、尾砂中含锌矿物的SEM照片;

根据MLA测试系统的检出结果,分析含锌矿物在尾砂中的总含量及分布;

MLA测试系统利用背散射电子图像区分不同尾砂物相前,需进行:

样品制备:取尾砂样先经过研钵破碎至小于2mm;缩分100g代表性样品搅拌30分钟,通过筛分和水析沉降为三个粒级:+40 μm , -40+15 μm , -15 μm ;烘干后分别用环氧树脂进行两次冷镶,制成直径30mm的三个光片,经研磨抛光后进行MLA测试,总测试颗粒30万粒;

锌在尾砂含锌矿物中的分布形态有:

绿泥石中的锌为 $\text{A}_6[\text{Z}_4\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{O})_8$ 八面体片阳离子构型赋存,其中,A为Mg、Fe、Al、Zn共生八面体阳离子;

尖晶石中的锌为 $\text{ZnO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 八面体结构赋存;

菱铁矿、褐铁矿、闪锌矿中均以共生的闪锌矿 ZnS 四面体的状态赋存。

2. 一种执行权利要求1所述金铜矿尾砂中锌元素的炭布特征分析方法的金铜矿尾砂中锌元素的炭布特征分析系统。

一种金铜矿尾砂中锌元素的炭布特征分析方法

技术领域

[0001] 本发明属于尾矿检测分析技术领域,尤其涉及一种金铜矿尾砂中锌元素的炭布特征分析方法。

背景技术

[0002] 锌是有色金属选矿尾砂中存在的一种含量相对较大的污染类元素,在浮选法得到的尾砂中,锌的含量约为200-300 $\mu\text{g/g}$ (0.02%~0.03%),大于其它污染性元素砷、铅、铬、镉、镍等的含量。在常规的浸出实验、淋溶试验中,均很难检测锌的溶出,一些研究工作者将尾砂定位为一般工业固体废物,而鉴于一些污染元素的化学检出,又使人们对尾砂综合利用不能放心。只有了解锌元素在尾砂中的物相构成和炭布特征,才可能解释这一现象并寻求铜尾砂中锌元素特征,为尾砂的综合利用提供科学依据。

[0003] 目前,业内常用的现有技术:

[0004] 尾砂中锌元素的物相构成和炭布特征是影响锌元素释放、迁移、转化的重要因素,是判断其在尾砂中稳定性的重要依据。国内外采用的Tessier和BCR以及其改进方法可分析锌元素在尾砂中的化学形态,但无法测定锌元素的物相构成和炭布特征;X射线衍射(XRD)技术主要用于分析含量大、出峰明显物质的物相,但无法定量分析,对于含量小于5%或是分散程度大、晶型不完整的物质,不能检出;故尾砂中含量不大的锌元素不适合上述方法。

[0005] 近年来,MLA检测技术在矿物学研究中的应用为我们提供了机遇。MLA (Mineral Liberation Analyser)是自动矿物分析仪的简称,它是目前世界上最先进的工艺矿物学参数自动定量分析测试系统。该系统是X射线能谱仪、扫描电镜和MLA软件的连用,由一台FEI扫描电镜和一个或两个EDAX能谱构成,其基本工作原理首先利用背散射电子图像区分不同物相,能谱仪再将单个的X射线点打在不同的相上,根据现代图像分析技术,以这些能谱图来定出矿物名称和含量,通过几十万颗粒的测量进而统计出整个样品的矿物种类和含量。所以MLA的结果是以矿物形式表示的。MLA测试系统多用于目标矿物的研究,未见该系统用于矿石中伴生的微量污染元素的研究。

[0006] 综上所述,现有技术存在的问题:

[0007] 目前用于赋存状态的研究方法有Tessier法、BCR法以及两者的改进方法,这些方法只能测定化学形态,X射线衍射(XRD)技术常用于物相研究,对于分析含量大、出峰明显物质的物相较有优势,现有技术对于尾砂中含量不大的污染元素的物相构成和炭布特征均无法测定,不能为尾砂的综合利用提供科学依据。

[0008] 现有技术测试存在的缺陷:

[0009] 现有技术测试的是尾砂中锌元素的化学形态和部分出峰较明显的含锌矿物,不能全面反映尾砂中锌的物相构成和炭布特征。因此,现有技术不能为金铜矿尾砂综合利用的环境安全提供可靠的科学依据。

[0010] 环境和地矿工作者因尾砂中污染元素含量微小,对其物相和炭布特征鲜见有研究的报道,金铜矿尾砂中锌元素的炭布特征分析系统也未见有文献报道。

[0011] 解决上述技术问题的意义:

[0012] 本发明获得了含锌矿物在尾砂中的总含量及分布、锌在矿物中的嵌布状态及能谱成分、清晰地含锌矿物赋存状态的SEM照片,为金铜矿尾砂综合利用的环境安全提供可靠的科学依据。其优势是现有技术不可比的。

发明内容

[0013] 针对现有技术存在的问题,本发明提供了一种金铜矿尾砂中锌元素的嵌布特征分析方法。

[0014] 本发明是这样实现的,一种金铜矿尾砂中锌元素的嵌布特征分析方法,所述金铜矿尾砂中锌元素的嵌布特征分析方法包括:

[0015] (1) 样品制备:取尾砂样先经过研钵破碎至2mm以下,缩分100g代表性样品搅拌30分钟,通过筛分和水析沉降为三个粒级:+40 μ m,-40+15 μ m,-15 μ m,烘干后分别用环氧树脂(型号:Struers EpoFix)进行两次冷镶,制成直径30mm的三个光片,经研磨抛光后进行MLA测试,总测试颗粒近30万粒。

[0016] (2) MLA测试系统利用背散射电子图像区分不同尾砂物相,能谱仪再将单个的X射线点打在不同的相上,根据现代图像分析技术,以这些能谱图来定出尾砂中矿物名称和含量,通过几十万颗粒的测量进而统计出整个尾砂样品的矿物种类和含量。

[0017] (3) MLA测试系统的检出结果包括:尾砂矿物组成及含量;尾砂中锌的物相、嵌布状态及能谱成分;尾砂中含锌矿物的SEM照片。

[0018] (4) 根据MLA测试系统的检出结果,可以知道含锌矿物在尾砂中的总含量及分布;能谱检测可以知道锌的嵌布状态及锌矿物的能谱成分,尽管锌元素在矿物中的含量很低,也能得到定量的结果;SEM照片很清晰地看到尾砂中含锌矿物的赋存状态。

[0019] (5) MLA测试系统提供的检出信息可得到如下分析结论:

[0020] 采用MLA测试鉴定铜金矿的岩相:主要有方解石(34.451%)、石英(10.579%)、菱铁矿(8.819%)、绿泥石(7.542%)、钙铁榴石(6.635%)、钾长石(3.707%)6种岩相,这6种矿物占到总量的70%以上。其中,方解石、石英、钙铁榴石、钾长石无锌元素赋存;

[0021] 尾砂中元素锌主要赋存于绿泥石中,占比高达67.13%,且主要存在于-15 μ m的微细粒级中;锌元素在其它矿物中的含量占比依次为菱铁矿(18.23%)、尖晶石(11.30%)、闪锌矿(2.75%)、褐铁矿(0.59%)。

[0022] 进一步,所述金铜矿尾砂中锌元素的嵌布特征分析方法还包括:

[0023] 采用MLA测试鉴定金铜矿的岩相:主要由方解石、石英、菱铁矿、绿泥石、钙铁榴石、钾长石6种岩相组成,其中,方解石、石英、钙铁榴石、钾长石无锌元素赋存;

[0024] 元素锌赋存于绿泥石占比67.13%,且存在于-15 μ m的微细粒级中;元素锌赋存于菱铁矿占比为18.23%、尖晶石11.30%、闪锌矿2.75%、褐铁矿0.59%。

[0025] 判断依据:

[0026] (1) 根据MLA测试结果,尾砂矿物组成及含量见表2所示,尾砂中的主要矿物有:方解石(34.451%)、石英(10.579%)、菱铁矿(8.819%)、绿泥石(7.542%)、钙铁榴石(6.635%)、钾长石(3.707%),这6种矿物占到总量的70%以上。

[0027] (2) 由矿物能谱检测成分表(表3~表7)可知,元素锌主要赋存于闪锌矿、绿泥石、

褐铁矿、尖晶石和菱铁矿5种矿物中,锌元素在这5种矿物中的平均含量:闪锌矿(47.77%)、绿泥石(0.1%)、褐铁矿(0.04%)、尖晶石(11.29%)、菱铁矿(0.02%)。尾砂中含量较大的方解石、石英、钙铁榴石、钾长石能谱分析未检测到锌元素。从表2可知,闪锌矿、绿泥石、褐铁矿、尖晶石、菱铁矿在尾砂中的总含量:闪锌矿0.0004%、绿泥石7.542%、褐铁矿0.186%、尖晶石0.01%、菱铁矿8.819%。

[0028] (3) 从表2可知,5种含锌矿物在尾砂中占比较大的是绿泥石和菱铁矿,绿泥石主要存在于-15 μm 的微细粒级中(在-15 μm 的比例是12.135%,明显高于其他粒级的比例。);从表7可知,菱铁矿含锌元素的比例明显比绿泥石低(菱铁矿0.02%,绿泥石0.1%),只有绿泥石的1/5,故锌元素主要赋存于绿泥石中。

[0029] (4) 尾砂中元素锌主要赋存于绿泥石中,占比高达67.13%,锌元素在其它矿物中的含量占比依次为菱铁矿(18.23%)、尖晶石(11.30%)、闪锌矿(2.75%)、褐铁矿(0.59%)。

[0030] 进一步,绿泥石中的锌为 $\text{A}_6[\text{Z}_4\text{O}_{10}](\text{OH},\text{O})_8$ 八面体片阳离子构型(A为Mg、Fe、Al、Zn共生八面体阳离子)赋存;

[0031] 尖晶石矿物中的锌为 $\text{ZnO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ 八面体结构状态赋存;菱铁矿、褐铁矿、闪锌矿中均是以共生的闪锌矿 ZnS 四面体的状态赋存。

[0032] 判断依据:

[0033] (1) 绿泥石的一般化学式可表示为 $\text{A}_{4-6}[\text{Z}_4\text{O}_{10}](\text{OH},\text{O})_8$,其晶体结构由带负电荷的2:1型结构单元层 $\text{A}_3[\text{Z}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ 与带正电荷的八面体片 $\text{A}_3(\text{OH})_6$ 交替组成【即 $\text{A}_3[\text{Z}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2\cdot\text{A}_3(\text{OH})_6$ 构型】。其中Z代表四面体片阳离子,通常为Si和Al,偶而还可有 Fe^{3+} 或B;A代表八面体片阳离子,一般以Mg、 Fe^{2+} 、Al及 Fe^{3+} 为主,有时还可有 Mn^{2+} 、Ni、Zn、Li、Cr、V或Cu,它们相互间均是类质同像构型。根据表4能谱分析,绿泥石的主要化学组成为:Fe(32.58%)、Si(13.07%)、Al(10.43%)、Mg(5.27%)、O(37.42%)、Zn(0.1%),MLA测试得到的绿泥石矿物的分子式为: $\text{Mg}_{1.55}\text{Fe}_{3.35}(\text{K}_6\text{Ca}_7\text{TiV}_{0.1}\text{Mn}_{1.2}\text{Zn}_{0.9})_{0.01}\text{Al}(\text{Al}_{1.2}\text{Si}_{2.8}\text{O}_{10})(\text{OH})_8$,仍然保持 $\text{A}_3[\text{Z}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2\cdot\text{A}_3(\text{OH})_6$ 构型,故判断尾砂绿泥石矿物中的锌是与主阳离子Mg、Fe、Al共生的 $\text{A}_6[\text{Z}_4\text{O}_{10}](\text{OH},\text{O})_8$ 八面体片阳离子构型,其中A为Mg、Fe、Al、Zn共生八面体阳离子。

[0034] (2) 尖晶石是镁铝氧化物组成的矿物,因为含有镁、铁、锌、锰等等元素,它们可分为很多种。锌尖晶石是尖晶石系列矿物中的一种,它是锌铝氧化物矿物,其晶体呈八面体结构,一般化学式为 ZnAl_2O_4 ,尖晶石矿物中锌是以八面体结构 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4(\text{ZnO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3)$ 状态赋存。根据表6能谱分析,尖晶石的主要化学组成为:Fe(9.78%)、Si(0.19%)、Al(31.59%)、Mg(7.52%)、O(39.02%)、Zn(11.29%),MLA测试得到的尖晶石矿物的分子式为: $\text{Mg}_{0.51}\text{Fe}^{2+}_{0.2}\text{Zn}_{0.28}(\text{Si}_{11}\text{Mn}_{14})_{0.001}\text{Al}_{1.91}\text{Fe}^{3+}_{0.08}\text{O}_4$,与尖晶石的一般化学式相比含有少量杂元素,且含量较低,故尾砂尖晶石矿物中的锌主要还是以 $\text{ZnAl}_2\text{O}_4(\text{ZnO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3)$ 八面体结构状态赋存。

[0035] (3) 闪锌矿的化学成分为 ZnS ,四面体晶体结构。根据表3能谱分析,尾砂中闪锌矿的主要化学组成为:Zn(47.74%)、S(49.81%)、Cd(0.17%)、Fe(0.42%)、Si(0.56%)、Al(0.1%),很明显尾砂中闪锌矿的锌以 ZnS 四面体的状态赋存。

[0036] (4) 菱铁矿是铁的碳酸盐矿物,成分为 FeCO_3 ,其常见的共生矿物有:石英、黄铁矿、褐铁矿、针铁矿、黄铜矿、闪锌矿、冰晶石、方铅矿、重晶石、方解石、白云石、萤石等。因此,菱铁矿中的锌是属于共生的闪锌矿赋存,锌的化学形态为 ZnS 。

[0037] (5) 褐铁矿的主要成分是氧化铁,其化学式为 $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$,与菱铁矿类似,常与闪锌矿共生,根据表5能谱分析,尾砂中褐铁矿的主要化学组成为:Fe (65.53%)、Zn (0.04%)、S (0.01%)、Si (1.61%)、O (31.19%)、Al (0.98%),故褐铁矿中的锌也是属于共生的闪锌矿赋存,锌的化学形态为ZnS。

[0038] 本发明另一目的在于提供一种金铜矿尾砂中锌元素的炭布特征分析系统。

[0039] 本发明的优点及积极效果为:

[0040] 本发明提供的金铜矿尾砂中锌元素的炭布特征分析方法首次将MLA测试技术运用于尾砂中微量污染元素(如锌元素)炭布特征的研究,为金铜矿尾砂综合利用的环境安全提供可靠的科学依据。这是现有技术无法做到的。一种金铜矿尾砂中锌元素的炭布特征分析系统,破解了金铜矿尾砂中锌元素的赋存状态,对预测该元素在尾砂中的稳定性提供了科学依据。

[0041] 本发明得出了锌元素在尾砂中的物相构成和炭布特征,为尾砂的综合利用提供了科学依据。

[0042] (1) 通过本发明的分析方法,得出:尾砂中的主要矿物有方解石、石英、菱铁矿、绿泥石、钙铁榴石、钾长石6种,占到总量的70%以上。其中,方解石、石英、钙铁榴石、钾长石无锌元素赋存。

[0043] 尾砂中元素锌主要赋存于绿泥石中,占比高达67.13%,且主要存在于-15 μm 的微细粒级中;锌元素在其它矿物中的含量占比依次为菱铁矿(18.23%)、尖晶石(11.30%)、闪锌矿(2.75%)、褐铁矿(0.59%)。

[0044] 绿泥石中的锌以 $\text{A}_6[\text{Z}_4\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{O})_8$ 八面体片阳离子构型(A为Mg、Fe、Al、Zn共生八面体阳离子)存在,尖晶石矿物中锌是以 ZnAl_2O_4 ($\text{ZnO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)八面体结构状态赋存,在菱铁矿、褐铁矿、闪锌矿中均是以共生的闪锌矿即ZnS四面体的状态赋存。

[0045] (2) 现有技术的分析结果:

[0046] 1) 取尾砂样使用改进的BCR连续提取法进行提取,得到锌元素的化学形态分析结果:尾砂中弱酸提取态的锌约为8.316 $\mu\text{g/g}$,占比约为5.102%;可还原态的锌约为9.891 $\mu\text{g/g}$,占比约为6.069%;可氧化态的锌约为9.668 $\mu\text{g/g}$,占比约为5.932%;残渣态的锌约为162.986 $\mu\text{g/g}$,占比约为82.897%。由此可知尾砂矿中锌的形态分布主要为弱酸提取态<可氧化态<可还原态<<残渣态。其中残渣态含量最多,占总量的82.897%以上,尾砂中锌主要以残渣态存在。残渣态中的锌较为稳定,在自然条件下不易释放。尾砂中锌元素化学形态分析见表1,锌元素各化学形态所占比例见表2。

[0047] 表11尾砂中锌元素化学形态分析

[0048]

矿样号	编	含量 ($\mu\text{g/g}$)				
		弱酸提取态	可还原态	可氧化态	残渣态	四形态之和
尾矿	1#	8.343	7.898	8.927	136.658	161.826
	2#	8.874	13.792	12.931	126.093	161.690
	3#	7.731	7.981	7.147	142.581	165.440
	均值	8.316	9.891	9.668	135.111	162.986

[0049] 表2锌元素各化学形态所占比例

[0050]

		各形态含量的比例(%)			
矿样	编号	弱酸提取态	可还原态	可氧化态	残渣态
尾矿	1#	5.156	4.881	5.516	84.447
	2#	5.488	8.530	7.997	77.984
	3#	4.673	4.824	4.320	86.183
	均值	5.102	6.069	5.932	82.897

[0051] 2) 取尾砂样使用XRD检测,经图谱分析得到的结果:尾矿矿物成分主要为石英及方解石,同时出现少量的特征峰,经匹配检索分析发现尾砂中含有少量的绿泥石、闪锌矿、方铅矿、透辉石、钙铁榴石等,但矿物中的锌无法定量;图谱显示的含锌矿物为闪锌矿和绿泥石,其他含锌矿物未在图谱中找到,因此,XRD技术检测物相的局限性较大,尾砂中锌元素含量微小的矿物无法检出,且无法定量。

[0052] 3) 现有技术测试存在的缺陷:

[0053] 现有技术测试的是尾砂中锌元素的化学形态和部分出峰较明显的含锌矿物,不能全面反映尾砂中锌的物相构成和嵌布特征。因此,现有技术不能为金铜矿尾砂综合利用的环境安全提供可靠的科学依据。

[0054] (3) 总结:现有技术的分析结果显示,尾砂中的锌主要以残渣态存在,残渣态中的锌较为稳定,在自然条件下不易释放;本分析方法及系统得到的结果是锌在尾砂的矿物中赋存状态都属于难溶的晶体结构,一般具有较好的稳定性;故两种信息均显示尾砂中的锌有较好的稳定性,所以模拟自然状态的浸出实验、淋溶试验都难以使其溶出。但在酸性条件下,尾砂中的锌可能从晶格中以离子态溶出,形成对环境的污染。

[0055] (4) 一种金铜矿尾砂中锌元素的嵌布特征分析方法及系统与现有技术相比,获得了含锌矿物在尾砂中的总含量及分布、锌在矿物中的嵌布状态及能谱成分、清晰地含锌矿物赋存状态的SEM照片,其优势是现有技术不可比拟的。

附图说明

[0056] 图1是本发明实施例提供的金铜矿尾砂中锌元素的嵌布特征分析方法流程图。

[0057] 图2是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中闪锌矿SEM照片一。

[0058] 图3是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中闪锌矿SEM照片二。

[0059] 图4是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中闪锌矿SEM照片三。

[0060] 图5是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中闪锌矿SEM照片四。

[0061] 图6是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中绿泥石SEM照片一。

[0062] 图7是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中绿泥石SEM照片二。

[0063] 图8是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中褐铁矿SEM照片一。

[0064] 图9是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中褐铁矿SEM照片二。

[0065] 图10是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中尖晶石SEM照片一。

[0066] 图11是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中尖晶石SEM照片二。

[0067] 图12是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中菱铁矿SEM照片一。

[0068] 图13是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中菱铁矿SEM照片二。

具体实施方式

[0069] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0070] 本发明选取鄂东某铜金矿浮选分级后排入尾矿库的压滤尾砂采用了MLA测试鉴定其中的主要岩相,主要由方解石、石英、菱铁矿、绿泥石、钙铁榴石、钾长石6种矿物组成,占到总量的70%以上。其中,方解石、石英、钙铁榴石、钾长石无锌元素赋存。能谱分析结果表明:尾砂中元素锌主要赋存于绿泥石中,占比高达67.13%,且主要存在于-15 μm 的微细粒级中,在其它矿物中的含量占比依次为菱铁矿(18.23%)、尖晶石(11.30%)、闪锌矿(2.75%)、褐铁矿(0.59%)。绿泥石中的锌以 $\text{A}_6[\text{Z}_4\text{O}_{10}](\text{OH},\text{O})_8$ 八面体片阳离子构型(A为Mg、Fe、Al、Zn共生八面体阳离子)、尖晶石矿物中锌以 $\text{ZnO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 八面体结构状态赋存,菱铁矿、褐铁矿、闪锌矿中均是以共生的闪锌矿即 ZnS 四面体的状态赋存。锌再尾砂中的上述赋存状态在一般自然条件具有较好的稳定性,但在酸性条件下则可能从晶格中以离子态溶出,形成对环境的污染。

[0071] 下面结合附图及具体实施例对本发明的应用原理作进一步描述。

[0072] 图1所示,本发明实施例提供的金铜矿尾砂中锌元素的嵌布特征分析方法包括:

[0073] S101:样品制备:取尾砂样先经过研钵破碎至2mm以下,缩分100g代表性样品搅拌30分钟,通过筛分和水析沉降为三个粒级:+40 μm , -40+15 μm , -15 μm ,烘干后分别用环氧树脂(型号:Struers EpoFix)进行两次冷镶,制成直径30mm的三个光片,经研磨抛光后进行MLA测试,总测试颗粒近30万粒。

[0074] S102:MLA测试系统利用背散射电子图像区分不同尾砂物相,能谱仪再将单个的X射线点打在不同的相上,根据现代图像分析技术,以这些能谱图来定出尾砂中矿物名称和含量,通过几十万颗粒的测量进而统计出整个尾砂样品的矿物种类和含量。

[0075] S103:MLA测试系统的检出结果包括:尾砂矿物组成及含量;尾砂中锌的物相、嵌布状态及能谱成分;尾砂中含锌矿物的SEM照片。

[0076] S104:根据MLA测试系统的检出结果,可以知道含锌矿物在尾砂中的总含量及分布;能谱检测可以知道锌的嵌布状态及锌矿物的能谱成分,尽管锌元素在矿物中的含量很低,也能得到定量的结果;SEM照片很清晰地看到尾砂中含锌矿物的赋存状态。

[0077] MLA测试系统提供的检出信息可得到如下分析结论:

[0078] 采用MLA测试鉴定铜金矿的岩相:主要有方解石(34.451%)、石英(10.579%)、菱铁矿(8.819%)、绿泥石(7.542%)、钙铁榴石(6.635%)、钾长石(3.707%)6种岩相,这6种矿物占到总量的70%以上。其中,方解石、石英、钙铁榴石、钾长石无锌元素赋存;

[0079] 尾砂中元素锌主要赋存于绿泥石中,占比高达67.13%,且主要存在于-15 μm 的微细粒级中;锌元素在其它矿物中的含量占比依次为菱铁矿(18.23%)、尖晶石(11.30%)、闪锌矿(2.75%)、褐铁矿(0.59%)。

[0080] 本发明采用MLA测试鉴定铜金矿的岩相;主要由方解石、石英、菱铁矿、绿泥石、钙铁榴石、钾长石6种岩相后,其中,方解石、石英、钙铁榴石、钾长石无锌元素赋存;

[0081] 元素锌赋存于绿泥石占比67.13%,且存在于-15 μm 的微细粒级中;元素锌赋存于菱铁矿占比为18.23%、尖晶石11.30%、闪锌矿2.75%、褐铁矿0.59%。

[0082] 绿泥石中的锌为 $A_6[Z_4O_{10}](OH, O)_8$ 八面体片阳离子构型(A为Mg、Fe、Al、Zn共生八面体阳离子)；

[0083] 尖晶石中的锌为 $ZnO \cdot Al_2O_3$ 八面体结构状态赋存；

[0084] 菱铁矿、褐铁矿、闪锌矿中均是以共生的闪锌矿 ZnS 四面体的状态赋存。

[0085] 判断依据：

[0086] (1) 绿泥石的一般化学式可表示为 $A_{4-6}[Z_4O_{10}](OH, O)_8$ ，其晶体结构由带负电荷的2:1型结构单元层 $A_3[Z_4O_{10}](OH)_2$ 与带正电荷的八面体片 $A_3(OH)_6$ 交替组成【即 $A_3[Z_4O_{10}](OH)_2 \cdot A_3(OH)_6$ 构型】。其中Z代表四面体片阳离子，通常为Si和Al，偶而还可有 Fe^{3+} 或B；A代表八面体片阳离子，一般以Mg、 Fe^{2+} 、Al及 Fe^{3+} 为主，有时还可有 Mn^{2+} 、Ni、Zn、Li、Cr、V或Cu，它们相互间均是类质同像构型。根据表4能谱分析，绿泥石的主要化学组成为：Fe(32.58%)、Si(13.07%)、Al(10.43%)、Mg(5.27%)、O(37.42%)、Zn(0.1%)，MLA测试得到的绿泥石矿物的分子式为： $Mg_{1.55}Fe_{3.35}(K_6Ca_7TiV_{0.1}Mn_{1.2}Zn_{0.9})_{0.01}Al(Al_{1.2}Si_{2.8}O_{10})(OH)_8$ ，仍然保持 $A_3[Z_4O_{10}](OH)_2 \cdot A_3(OH)_6$ 构型，故尾砂绿泥石矿物中的锌为 $A_6[Z_4O_{10}](OH, O)_8$ 八面体片阳离子构型(A为Mg、Fe、Al、Zn共生八面体阳离子)。

[0087] (2) 尖晶石是镁铝氧化物组成的矿物，因为含有镁、铁、锌、锰等等元素，它们可分为很多种。锌尖晶石是尖晶石系列矿物中的一种，它是锌铝氧化物矿物，其晶体呈八面体结构，一般化学式为 $ZnAl_2O_4$ ，尖晶石矿物中的锌是以 $ZnAl_2O_4(ZnO \cdot Al_2O_3)$ 八面体结构状态赋存。根据表6能谱分析，尖晶石的主要化学组成为：Fe(9.78%)、Si(0.19%)、Al(31.59%)、Mg(7.52%)、O(39.02%)、Zn(11.29%)，MLA测试得到的尖晶石矿物的分子式为： $Mg_{0.51}Fe^{2+}_{0.2}Zn_{0.28}(Si_{11}Mn_{14})_{0.001}Al_{1.91}Fe^{3+}_{0.08}O_4$ ，与尖晶石的一般化学式相比含有少量杂元素，且含量较低，故尾砂尖晶石矿物中的锌主要还是以 $ZnAl_2O_4(ZnO \cdot Al_2O_3)$ 八面体结构状态赋存。

[0088] (3) 闪锌矿的化学成分为 ZnS ，四面体晶体结构。根据表3能谱分析，尾砂中闪锌矿的主要化学组成为：Zn(47.74%)、S(49.81%)、Cd(0.17%)、Fe(0.42%)、Si(0.56%)、Al(0.1%)，很明显尾砂中闪锌矿的锌以 ZnS 四面体的状态赋存。

[0089] (4) 菱铁矿是铁的碳酸盐矿物，成分为 $FeCO_3$ ，其常见的共生矿物有：石英、黄铁矿、褐铁矿、针铁矿、黄铜矿、闪锌矿、冰晶石、方铅矿、重晶石、方解石、白云石、萤石等。因此，菱铁矿中的锌是属于共生的闪锌矿赋存，锌的化学形态为 ZnS 。

[0090] (5) 褐铁矿的主要成分是氧化铁，其化学式为 $FeO(OH) \cdot nH_2O$ ，与菱铁矿类似，常与闪锌矿共生，根据表5能谱分析，尾砂中褐铁矿的主要化学组成为：Fe(65.53%)、Zn(0.04%)、S(0.01%)、Si(1.61%)、O(31.19%)、Al(0.98%)，故褐铁矿中的锌也是属于共生的闪锌矿赋存，锌的化学形态为 ZnS 。

[0091] 下面结合具体分析对本发明作进一步描述。

[0092] 本发明实施例提供的金铜矿尾砂中锌元素的埃布特征分析方法，包括：

[0093] 采用MLA测试鉴定金铜矿的岩相：主要由方解石、石英、菱铁矿、绿泥石、钙铁榴石、钾长石6种岩相组成，其中，方解石、石英、钙铁榴石、钾长石无锌元素赋存；

[0094] 元素锌赋存于绿泥石占比67.13%，且存在于-15 μm 的微细粒级中；元素锌赋存于菱铁矿占比为18.23%、尖晶石11.30%、闪锌矿2.75%、褐铁矿0.59%。

[0095] 判断依据：

[0096] (1) 根据MLA测试结果，尾砂矿物组成及含量见表2所示，尾砂中的主要矿物有：方

解石 (34.451%)、石英 (10.579%)、菱铁矿 (8.819%)、绿泥石 (7.542%)、钙铁榴石 (6.635%)、钾长石 (3.707%)，这6种矿物占到总量的70%以上。

[0097] (2) 由矿物能谱检测成分表(表3~表7)可知，元素锌主要赋存于闪锌矿、绿泥石、褐铁矿、尖晶石和菱铁矿5种矿物中，锌元素在这5种矿物中的平均含量：闪锌矿 (47.77%)、绿泥石 (0.1%)、褐铁矿 (0.04%)、尖晶石 (11.29%)、菱铁矿 (0.02%)。尾砂中含量较大的方解石、石英、钙铁榴石、钾长石能谱分析未检测到锌元素。从表2可知，闪锌矿、绿泥石、褐铁矿、尖晶石、菱铁矿在尾砂中的总含量：闪锌矿 0.0004%、绿泥石 7.542%、褐铁矿 0.186%、尖晶石 0.01%、菱铁矿 8.819%。

[0098] (3) 从表2可知，5种含锌矿物在尾砂中占比较大的是绿泥石和菱铁矿，绿泥石主要存在于-15 μm 的微细粒级中(在-15 μm 的比例是12.135%，明显高于其他粒级的比例。)；从表7可知，菱铁矿含锌元素的比例明显比绿泥石低(菱铁矿 0.02%，绿泥石 0.1%)，只有绿泥石的1/5，故锌元素主要赋存于绿泥石中。

[0099] (4) 尾砂中元素锌主要赋存于绿泥石中，占比高达67.13%，锌元素在其它矿物中的含量占比依次为菱铁矿 (18.23%)、尖晶石 (11.30%)、闪锌矿 (2.75%)、褐铁矿 (0.59%)。

[0100] 下面结合实验部分对本发明作进一步描述。

[0101] 1. 实验部分

[0102] 1.1 样品的选取

[0103] 选取鄂东某铜金矿7、8两月浮选分级后排入尾矿库的压滤尾砂用于测试。

[0104] 1.2 分析方法

[0105] 用相关标准分析方法测定尾砂的化学成分和元素含量。

[0106] 1.3 MLA测试：MLA测试送样由广州有色金属研究院协作完成。

[0107] (1) 仪器型号：FEI MLA650

[0108] (2) 测试条件参数：20KV，高真空模式，BSED探头。

[0109] (3) 样品制备：来样先经过研钵破碎至2mm以下，缩分100g代表性样品搅拌30分钟，通过筛分和水析沉降为三个粒级：+40 μm ，-40+15 μm ，-15 μm ，烘干后分别用环氧树脂(型号：Struers EpoFix)进行两次冷镶，制成直径30mm的三个光片，经研磨抛光后进行MLA测试，总测试颗粒近30万粒。

[0110] 下面结合结果分析对本发明作进一步描述与讨论

[0111] 2 结果分析

[0112] 2.1 实验结果

[0113] 2.1.1 尾砂样品主要成分及元素的含量见表1。

[0114] 压滤尾砂化学成分见表1。

[0115] 表1 尾砂样品化学成分

[0116] Table 1 The chemical composition of the tailings samples

[0117]

样品	主要成分（计量单位： %）													
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	S	TFe	烧失量		
含量	23.91	0.195	5.735	4.635	4.09	19.825	2.17	0.59	0.97	1.045	12.435	21.905		
样品	有用及有害元素（计量单位： μ g/g）													
	Au	Ag	Cu	Mn	Pb	Zn	Co	Ni	Cr	Mo	Cd	P	As	Hg
含量	0.11	1.4	710	1382	15.05	161.5	25.35	9.7	51.05	8.31	0.37	368	21.4	0.158

[0118] 2.1.2尾砂矿物组成及含量

[0119] 主要硫化矿物有黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿,少量辉铜矿和辉钼矿,极少量的闪锌矿和方铅矿。脉石矿物以方解石、石英、菱铁矿、绿泥石、钙铁榴石等为主。

[0120] 表2 尾砂矿物组成及含量(%)

[0121] Table 2 The mineral composition and content tailings(%)

[0122]

矿物	黄铁矿	磁黄铁矿	黄铜矿	斑铜矿	辉铜矿	闪锌矿	方铅矿	辉钼矿	石英
总含量	0.314	0.006	0.027	0.015	0.001	0.0004	<0.001	0.001	10.579
+40 um	0.230	0.003	0.079	0.037	0.003	0.0018	<0.001	<0.001	15.119
-40+15 um	0.295	0.012	0.021	0.010	<0.001	<0.0001	<0.001	<0.001	11.858
-15 um	0.366	0.003	0.004	0.006	<0.001	<0.0001	<0.001	0.001	7.662
矿物	钠长石	斜长石	钾长石	白云母	黑云母	金云母	透辉石	普通角闪石	绿帘石
总含量	1.413	2.769	3.707	0.286	0.363	2.456	2.326	0.410	0.922
+40 um	1.713	3.791	4.937	0.333	0.360	1.641	2.682	0.776	1.621
-40+15 um	1.065	2.406	3.653	0.282	0.556	2.499	2.934	0.461	1.105
-15 um	1.455	2.465	3.133	0.266	0.260	2.832	1.821	0.202	0.480
矿物	电气石	钙铝榴石	钙铁榴石	符山石	粒硅镁石	绿泥石	镁绿泥石	伊利石	蒙脱石
总含量	0.025	2.798	6.635	0.235	0.006	7.542	0.218	0.949	3.770
+40 um	0.022	2.731	8.534	0.375	0.011	2.767	0.130	0.779	1.159
-40+15 um	0.045	2.171	6.579	0.369	0.004	3.383	0.260	0.971	1.615
-15 um	0.015	3.170	5.735	0.094	0.005	12.135	0.239	1.020	6.215
矿物	高岭土	萤石	方解石	白云石	菱铁矿	磁铁矿	褐铁矿	富钛钛铁矿	金红石
总含量	2.273	0.099	34.451	2.338	8.819	3.651	0.186	0.034	0.108
+40 um	0.832	0.101	33.883	3.192	7.371	4.175	0.254	0.018	0.075
-40+15 um	1.003	0.100	37.163	2.975	10.530	5.021	0.182	0.008	0.115
-15 um	3.666	0.098	33.260	1.574	8.603	2.652	0.156	0.055	0.121
矿物	榍石	锆石	磷灰石	尖晶石	锡石	重晶石			
总含量	0.072	0.010	0.122	0.010	0.001	0.005			
+40 um	0.068	0.008	0.147	0.014	0.000	0.003			
-40+15 um	0.068	0.009	0.194	0.017	0.000	0.014			
-15 um	0.077	0.011	0.071	0.004	0.001	0.002			

。

[0123] 2.1.3矿物中锌的嵌布状态及能谱成分

[0124] 含量相对较高的主要矿物黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿均不存在元素锌的嵌布,元素锌主要赋存于闪锌矿、绿泥石、褐铁矿、尖晶石、菱铁矿中。

[0125] (1) 闪锌矿

[0126] 闪锌矿能谱检测成分见表3。

[0127] 表3 闪锌矿能谱检测成分表(%)

[0128] Table 3 The ingredient list of sphalerite spectroscopy detecting(%)

[0129]

序号	Al	Si	S	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Cd
1	0.05	0.30	49.61	0.40	0.11	1.57	0.05	0.00	47.83	0.08
2	0.01	0.32	49.51	0.38	0.09	1.64	0.00	0.49	47.45	0.11
3	0.50	0.77	49.82	0.94	0.00	0.45	0.00	0.24	47.22	0.06
4	0.00	0.38	49.86	0.58	0.01	0.52	0.00	0.00	48.54	0.11
5	0.08	0.50	49.85	0.53	0.00	0.40	0.00	0.00	48.52	0.13
6	0.08	0.42	49.63	0.32	0.00	1.93	0.00	0.62	46.89	0.11
7	0.10	0.56	49.81	1.10	0.00	0.42	0.10	0.00	47.74	0.17
8	0.02	0.35	50.00	0.86	0.00	0.71	0.07	0.00	47.97	0.03
平均	0.11	0.45	49.76	0.64	0.03	0.96	0.03	0.17	47.77	0.10

[0130] (2) 绿泥石

[0131] 绿泥石能谱检测成分见表4。

[0132] 表4 绿泥石能谱检测成分表(%)

[0133] Table 4 The ingredient list of chlorite spectroscopy detecting(%)

[0134]

序号	O	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Mn	Fe	Zn
1	39.84	10.37	8.64	16.02	0.00	4.33	0.74	0.40	0.00	0.17	19.49	0.00
2	37.00	3.30	11.82	12.30	0.00	0.03	0.38	0.15	0.09	0.02	34.71	0.20
3	39.21	11.09	9.07	14.30	0.00	0.85	0.17	0.12	0.00	0.70	24.49	0.00
4	36.89	4.56	10.99	12.24	0.00	0.01	0.41	0.02	0.00	0.02	34.71	0.14
5	40.00	9.24	10.95	14.94	0.00	0.11	0.42	0.00	0.00	0.03	24.22	0.09
6	37.37	3.91	9.58	14.26	0.00	0.02	0.23	0.02	0.00	0.05	34.45	0.11
7	36.39	3.58	11.19	11.78	0.00	0.01	0.24	0.04	0.00	0.09	36.61	0.09
8	35.68	2.19	10.65	11.70	0.00	0.06	0.29	0.01	0.00	0.03	39.38	0.00
9	35.78	2.54	10.34	11.94	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.05	38.97	0.13
10	37.39	3.30	10.21	14.03	0.00	0.22	0.63	0.15	0.00	0.08	33.99	0.00
11	34.64	3.52	9.53	10.17	0.00	0.03	1.65	0.02	0.00	0.18	40.04	0.22
12	38.36	8.38	8.02	14.86	0.00	0.03	0.64	0.02	0.00	0.11	29.57	0.00
13	37.59	4.13	12.98	12.09	0.00	0.02	0.31	0.02	0.00	0.01	32.73	0.13
14	37.78	3.60	12.06	12.41	0.60	0.01	0.36	0.04	0.00	0.03	32.79	0.33
平均	37.42	5.27	10.43	13.07	0.04	0.41	0.48	0.07	0.01	0.11	32.58	0.10

[0135] (3) 褐铁矿

[0136] 褐铁矿能谱检测成分见表5。

[0137] 表5 褐铁矿能谱检测成分表(%)

[0138] Table 5 The ingredient list of limonite spectroscopy detecting(%)

[0139]

序号	O	Mg	Al	Si	S	Ca	Ti	Mn	Fe	Zn
1	31.17	0.05	0.95	1.62	0.00	0.28	0.00	0.00	65.94	0.00
2	31.08	0.04	0.81	1.54	0.00	0.29	0.00	0.00	66.23	0.00
3	31.28	0.14	1.03	1.77	0.00	0.22	0.00	0.00	65.55	0.00
4	31.19	0.16	0.73	1.76	0.00	0.24	0.00	0.29	65.43	0.20
5	30.75	0.05	0.43	1.12	0.00	0.24	0.00	0.00	67.41	0.00
6	31.13	0.38	0.68	1.62	0.00	0.23	0.09	0.19	65.43	0.26

[0140]

7	31.30	0.06	0.95	1.91	0.00	1.40	0.06	0.03	64.30	0.00
8	31.41	0.30	1.63	1.40	0.13	0.42	0.00	0.00	64.70	0.00
9	31.07	0.00	0.93	1.43	0.00	0.56	0.13	0.00	65.88	0.00
10	30.53	0.10	0.47	0.64	0.00	0.38	0.00	0.00	67.87	0.00
11	30.87	0.03	0.81	1.13	0.00	0.72	0.00	0.00	66.45	0.00
12	32.29	0.11	0.64	3.92	0.00	0.34	0.40	0.01	62.28	0.00
13	31.43	0.02	2.63	1.02	0.00	0.32	0.12	0.01	64.46	0.00
平均	31.19	0.11	0.98	1.61	0.01	0.43	0.06	0.04	65.53	0.04

[0141] (4) 尖晶石

[0142] 尖晶石能谱检测成分见表6。

[0143] 表6 尖晶石能谱检测成分表(%)

[0144] Table 6 The ingredient list of spinel spectroscopy detecting(%)

[0145]

序号	O	Mg	Al	Si	Ca	Mn	Fe	Zn
1	38.30	6.84	30.34	0.21	0.13	0.54	13.82	9.83
2	38.61	6.33	31.76	0.08	0.10	0.42	9.28	13.43
3	39.95	10.06	31.68	0.27	0.15	0.60	9.12	8.16
4	39.95	8.37	33.02	0.20	0.15	0.31	6.85	11.15
5	38.29	6.00	31.14	0.18	0.20	0.47	9.84	13.88
平均	39.02	7.52	31.59	0.19	0.15	0.47	9.78	11.29

[0146] (5) 菱铁矿

[0147] 菱铁矿能谱检测成分见表7。

[0148] 表7 菱铁矿能谱检测成分表(%)

[0149] Table 7 The ingredient list of siderite spectroscopy detecting(%)

[0150]

序号	C	O	Mg	Al	Si	Ca	Ti	Mn	Fe	Zn
1	10.58	42.66	0.54	0.06	0.24	5.69	0.00	0.27	39.96	0.00
2	10.48	41.83	0.05	0.05	0.18	0.34	0.00	0.05	47.01	0.00
3	10.42	42.39	1.05	0.10	0.11	5.00	0.00	0.01	40.91	0.00
4	10.96	43.40	0.94	0.15	0.19	4.58	0.00	0.48	39.21	0.07
5	10.80	43.12	1.68	0.10	0.39	1.13	0.00	0.25	42.53	0.00
6	10.66	42.82	1.73	0.01	0.20	2.27	0.00	0.68	41.63	0.00
7	10.77	43.19	2.83	0.00	0.18	0.79	0.00	0.61	41.49	0.14
8	10.66	42.67	1.85	0.00	0.12	0.93	0.00	0.51	43.15	0.09
9	11.11	44.94	1.80	1.22	1.31	1.27	0.17	0.44	37.74	0.00
10	10.93	43.77	1.85	0.11	0.30	5.97	0.00	0.13	36.94	0.00
11	10.71	42.79	1.59	0.04	0.16	1.60	0.00	0.28	42.81	0.00
12	10.61	42.56	1.57	0.03	0.15	1.34	0.00	0.21	43.55	0.00
13	10.38	42.24	1.41	0.06	0.26	1.91	0.08	0.51	43.16	0.00
14	10.33	42.01	1.47	0.02	0.17	1.08	0.00	0.72	44.20	0.00
15	11.00	43.77	1.67	0.43	0.61	0.87	0.00	0.46	41.20	0.00
平均	10.69	42.94	1.47	0.16	0.30	2.32	0.02	0.37	41.70	0.02

[0151] 2.2分析

[0152] 2.2.1尾砂中的主要矿物及其量比

[0153] 由表2可见,尾砂中的主要矿物有:方解石(34.451%)、石英(10.579%)、菱铁矿(8.819%)、绿泥石(7.542%)、钙铁榴石(6.635%)、钾长石(3.707%),这6种矿物占到总量的70%以上。这6种矿物中,方解石、石英、钙铁榴石、钾长石不含锌。

[0154] 2.2.2尾砂中锌赋存矿物及含量规律

[0155] 能谱分析结果表明,尾砂中元素锌主要赋存于绿泥石中,占比高达67.13%,虽然能谱检测锌元素在绿泥石样品中含量不高,但因绿泥石总量大,故锌主要赋存于绿泥石中。从表2可见,绿泥石主要存在于-15 μm 的微细粒级中;锌元素在其它矿物中的含量占比依次为菱铁矿(18.23%)、尖晶石(11.30%)、闪锌矿(2.75%)、褐铁矿(0.59%)。

[0156] 2.2.3尾砂中矿物锌赋存状态:

[0157] (1) 绿泥石中锌的形态

[0158] 绿泥石矿物是热液蚀变、中-低温变质作用、成岩成矿作用过程中常见的蚀变矿物之一,不同的地质环境中,阳离子等晶体化学置换特征不同,一般化学式可表示为 $A_{4-6}[Z_4O_{10}](OH, O)_8$,其中Z代表四面体片阳离子,通常为Si和Al,偶而还可有 Fe^{3+} 或B;A代表八面体片阳离子,一般以Mg、 Fe^{2+} 、Al及 Fe^{3+} 为主,有时还可有 Mn^{2+} 、Ni、Zn、Li、Cr、V或Cu,它们相互间均是类质同像构型。MLA测试得到的绿泥石矿物的分子式为: $Mg_{1.55}Fe_{3.35}(K_6Ca_7TiV_{0.1}Mn_{1.2}Zn_{0.9})_{0.01}Al(Al_{1.2}Si_{2.8}O_{10})(OH)_8$,仍然保持 $A_3[Z_4O_{10}](OH)_2 \cdot A_3(OH)_6$ 构型,故判断尾砂绿泥石矿物中的锌是与主阳离子Mg、Fe、Al共生的 $A_6[Z_4O_{10}](OH, O)_8$ 八面体片阳离子构型(A为Mg、Fe、Al、Zn共生八面体阳离子)。

[0159] (2) 菱铁矿中锌的形态

[0160] 菱铁矿的成因主要有二。其一,在低氧的情况下藉生物作用形成,产自沉积岩中,大多带有来自生物的有机组份,例如(黑色)页岩、煤层等;其二,形成于中温至低温的热液矿脉内,常见于变质沉积岩中,是热液堆积后形成的脉石共生矿物,其常见的共生矿物有:石英、黄铁矿、褐铁矿、针铁矿、黄铜矿、闪锌矿、冰晶石、方铅矿、重晶石、方解石、白云石、萤石等。因此,菱铁矿中的锌是属于共生的闪锌矿赋存,锌的化学形态为ZnS。

[0161] (3) 尖晶石中锌的形态

[0162] 尖晶石是镁铝氧化物组成的矿物,因为含有镁、铁、锌、锰等等元素,它们可分为很多种。锌尖晶石是尖晶石系列矿物中的一种,它是锌铝氧化物矿物,其晶体呈八面体结构,化学式为 $ZnAl_2O_4$,其中锌的赋存状态为ZnO。

[0163] (4) 闪锌矿中锌的形态

[0164] 闪锌矿中的锌是ZnS。MLA检测尾砂中闪锌矿SEM照片如图2-图5。

[0165] (5) 褐铁矿中锌的形态

[0166] 与菱铁矿类似,褐铁矿中的锌是属于共生的闪锌矿赋存,锌的化学形态为ZnS。

[0167] 2.2.4尾砂中锌的稳定性和对环境的污染特征

[0168] (1) 尾砂中锌元素赋存状态的稳定性分析

[0169] 经对尾砂进行MLA能谱检测和岩相分析,锌元素在尾砂的绿泥石矿物中是以 $A_6[Z_4O_{10}](OH, O)_8$ 八面体阳离子构型(A为Mg、Fe、Al、Zn共生八面体阳离子)状态赋存,在尖晶石矿物中是以 $ZnAl_2O_4$ (ZnO)八面体结构状态赋存,在菱铁矿、褐铁矿、闪锌矿中均是以共生的闪锌矿即ZnS四面体的状态赋存。这些赋存状态在一般自然条件下都属于难溶的晶体结构,具有较好的稳定性,故模拟自然状态的浸出实验、淋溶试验都难以使其溶出。

[0170] (2) 在酸性条件下,尾砂中的锌可能从晶格中以离子态溶出,形成对环境的污染。

[0171] 下面结合具体分析对本发明作进一步描述。

[0172] (1) 尾砂中的主要矿物方解石、石英、菱铁矿、绿泥石、钙铁榴石、钾长石6种,占到总量的70%以上。其中,方解石、石英、钙铁榴石、钾长石无锌元素赋存。

[0173] (2) 尾砂中元素锌主要赋存于绿泥石中,占比高达67.13%,且主要存在于-15 μ m的微细粒级中;锌元素在其它矿物中的含量占比依次为菱铁矿(18.23%)、尖晶石(11.30%)、闪锌矿(2.75%)、褐铁矿(0.59%)。

[0174] (3) 绿泥石中的锌以 $A_6[Z_4O_{10}](OH, O)_8$ 八面体片阳离子构型(A为Mg、Fe、Al、Zn共生八面体阳离子)存在,尖晶石中的锌是以 $ZnAl_2O_4$ ($ZnO \cdot Al_2O_3$)八面体结构状态赋存,在菱铁矿、褐铁矿、闪锌矿中均是以共生的闪锌矿即ZnS四面体的状态赋存。

[0175] (4) 锌在尾砂的矿物中赋存状态都属于难溶的晶体结构,一般具有较好的稳定性,故模拟自然状态的浸出实验、淋溶试验都难以使其溶出。但在酸性条件下,尾砂中的锌可能从晶格中以离子态溶出,形成对环境的污染。

[0176] 图2是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中闪锌矿SEM照片一。闪锌矿(Sphalerite)呈微细-极微细粒状嵌布于方解石(Calcite)中。

[0177] 图3是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中闪锌矿SEM照片二。闪锌矿(Sphalerite)呈细粒状半包含于方解石(Calcite)中。

[0178] 图4是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中闪锌矿SEM照片三。粗细不等的闪锌矿(Sphalerite)呈粒状分布于菱铁矿(Siderite)中。

[0179] 图5是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中闪锌矿SEM照片四。闪锌矿(Sphalerite)呈微细粒状半包含于白云石(Dolomite)中。

[0180] 图6是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中绿泥石SEM照片一。绿泥石(Chlorite)呈单体颗粒。

[0181] 图7是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中绿泥石SEM照片二。绿泥石(Chlorite)呈浸染状分布于方解石(Calcite)中。

[0182] 图8是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中褐铁矿SEM照片一。褐铁矿(Limonite)中分布方解石(Calcite)和菱铁矿(Siderite)。

[0183] 图9是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中褐铁矿SEM照片二。褐铁矿(Limonite)呈单体颗粒。

[0184] 图10是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中尖晶石SEM照片一。尖晶石(Spinel)中半包含微细粒磁铁矿(Magnetite)颗粒。

[0185] 图11是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中尖晶石SEM照片二。粗细不等的尖晶石(Spinel)呈粒状分布于金云母(Phlogopite)中。

[0186] 图12是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中菱铁矿SEM照片一。菱铁矿(Siderite)呈单体颗粒。

[0187] 图13是本发明实施例提供的MLA检测尾砂中菱铁矿SEM照片二。菱铁矿(Siderite)中嵌布大量方解石(Calcite)。

[0188] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

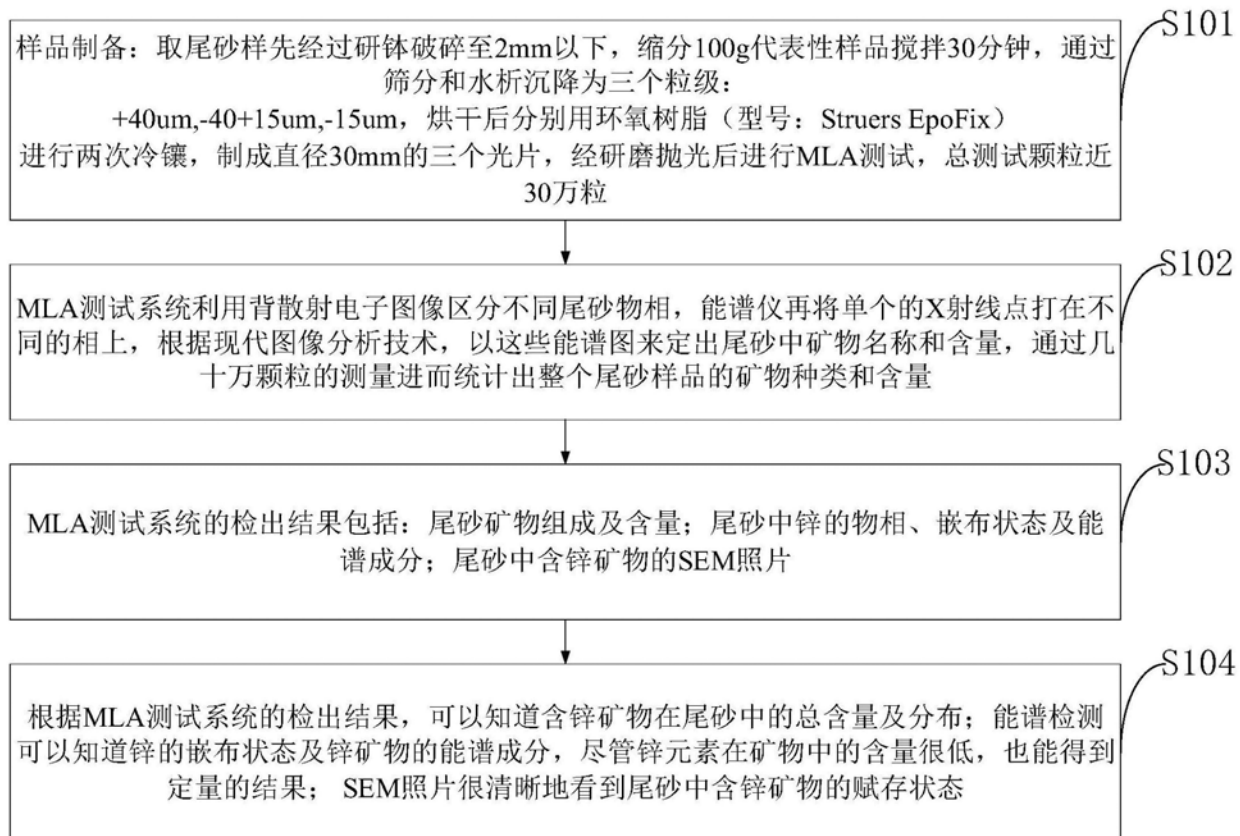


图1

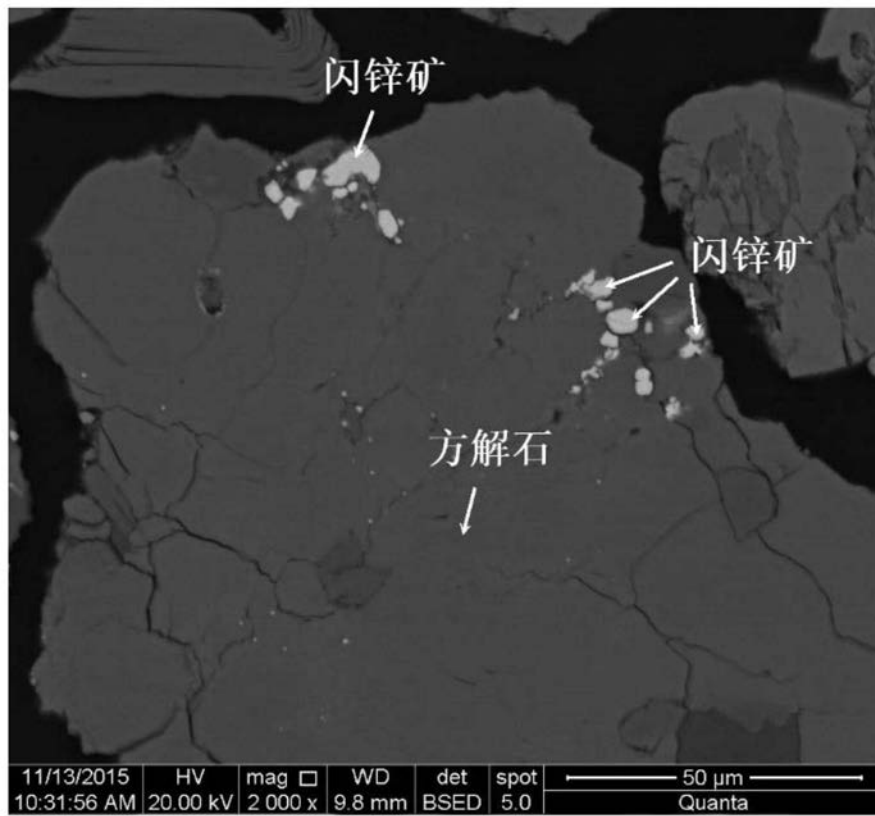


图2

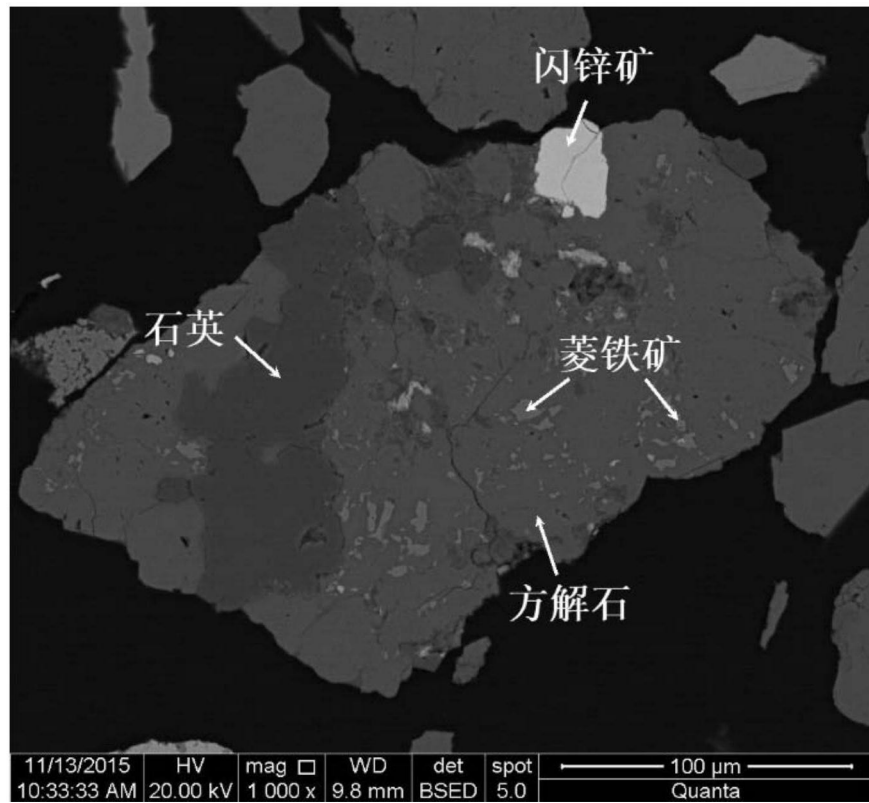


图3

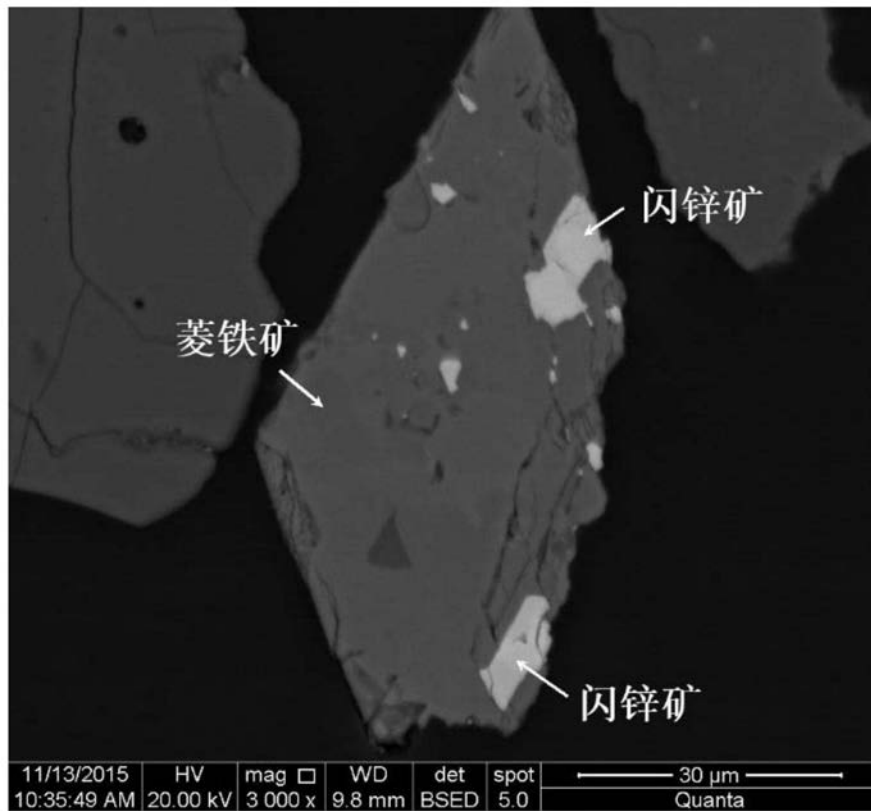


图4

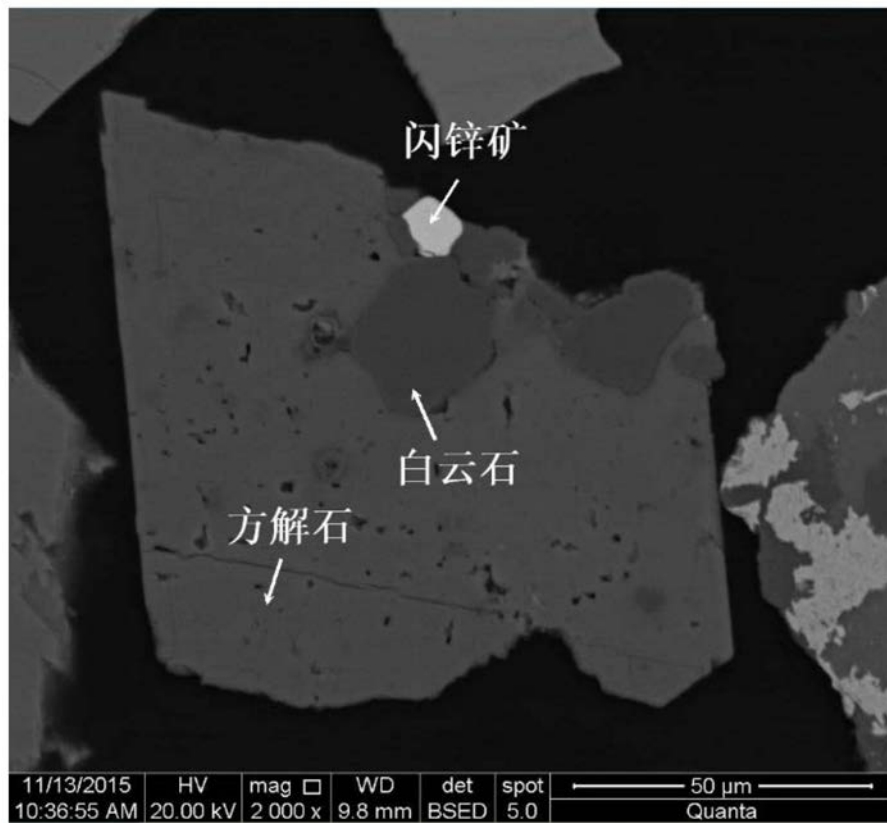


图5

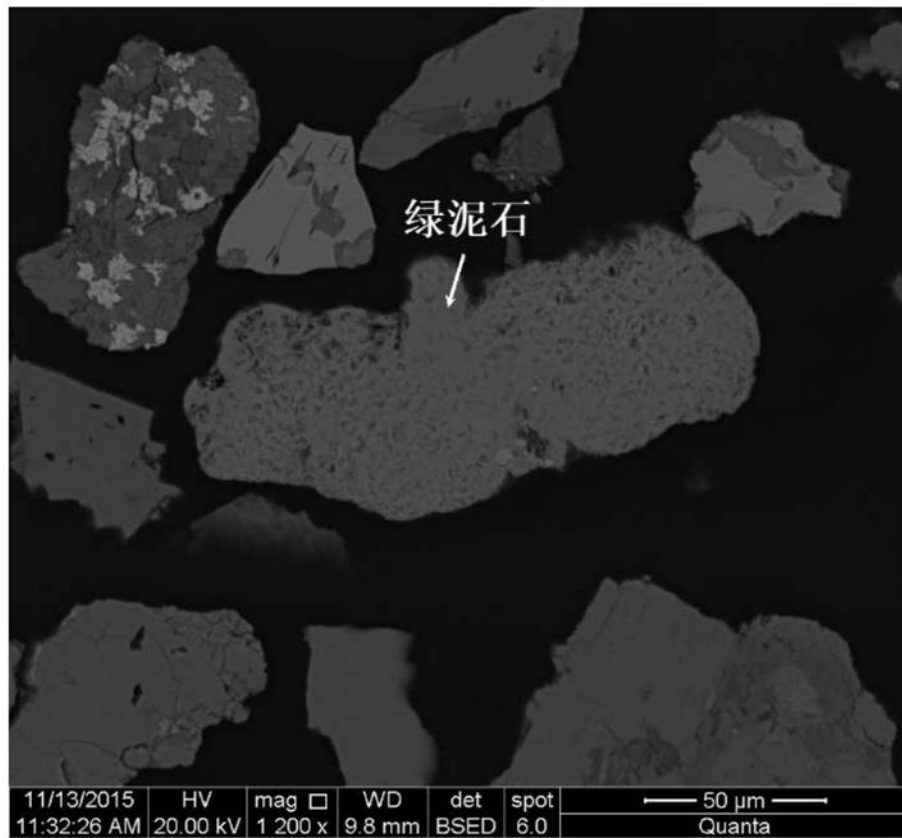


图6

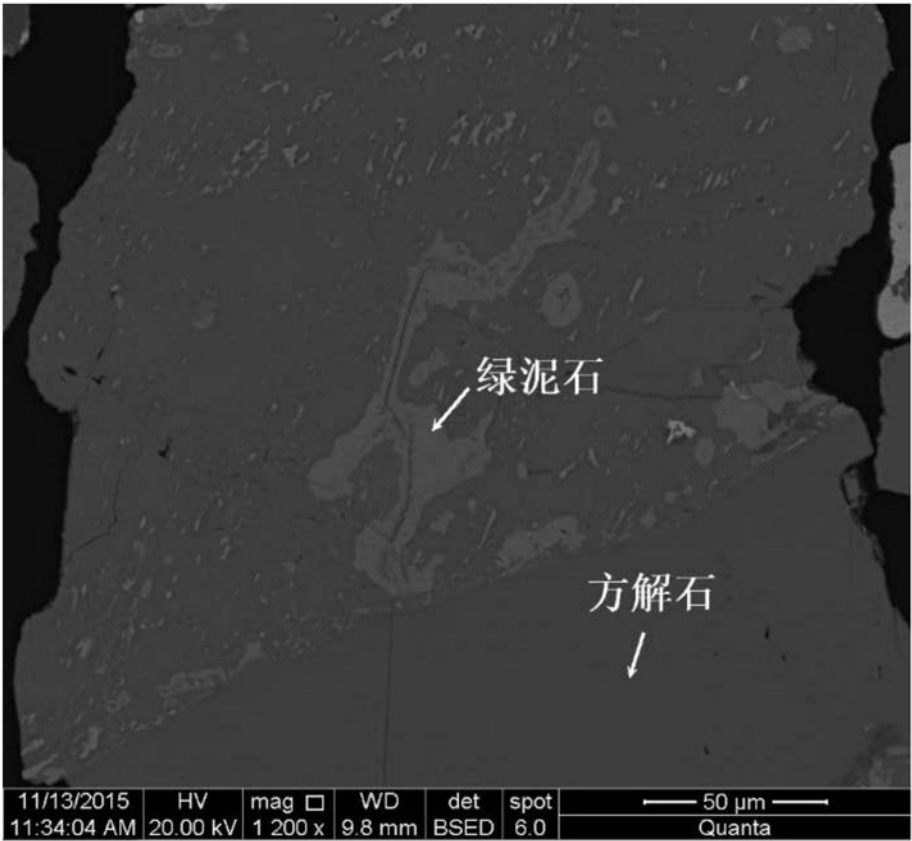


图7

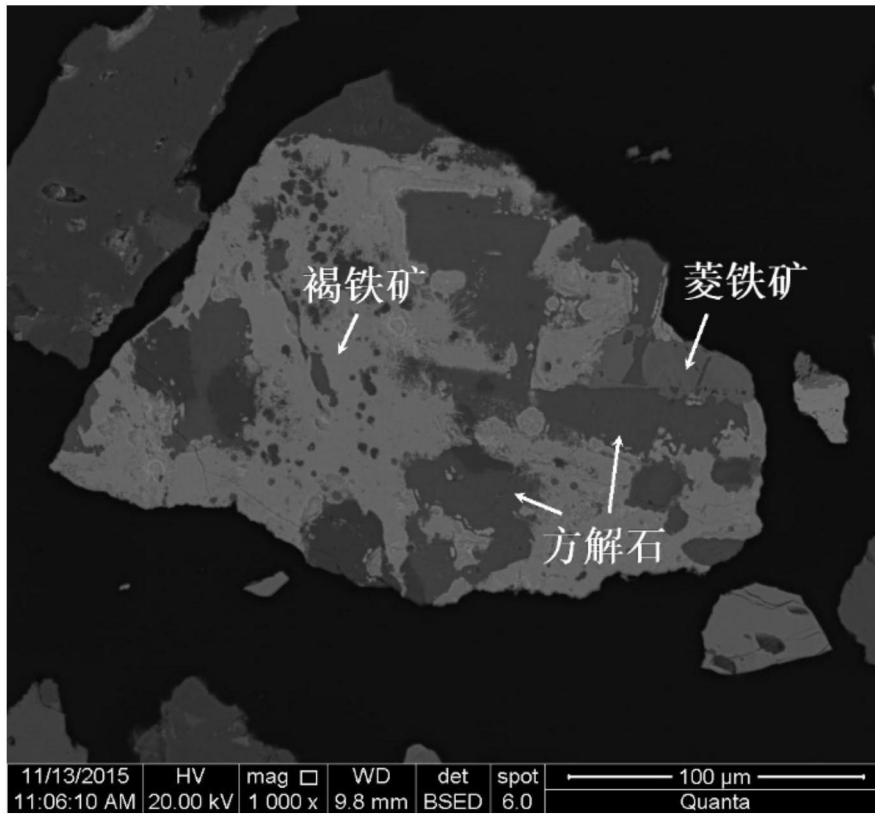


图8

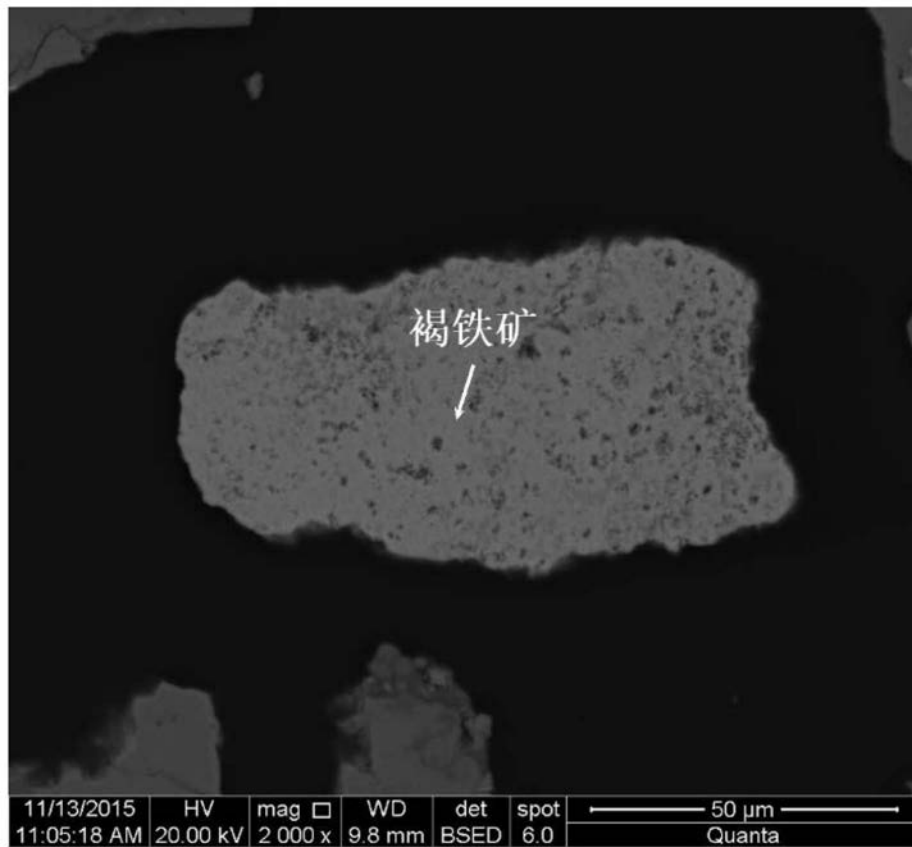


图9

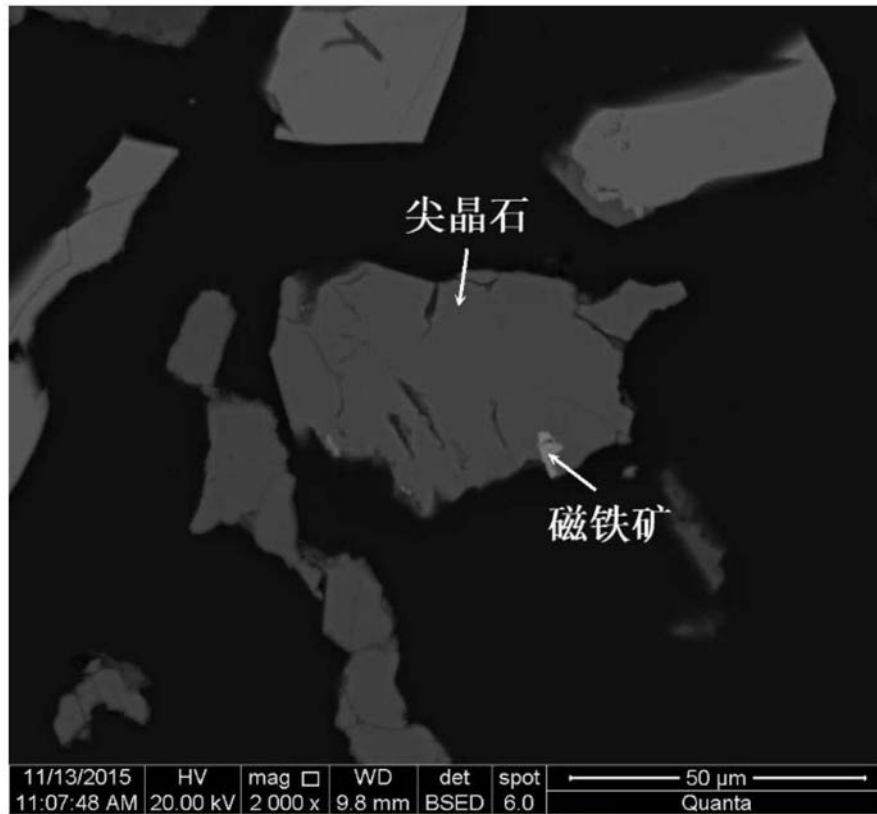


图10

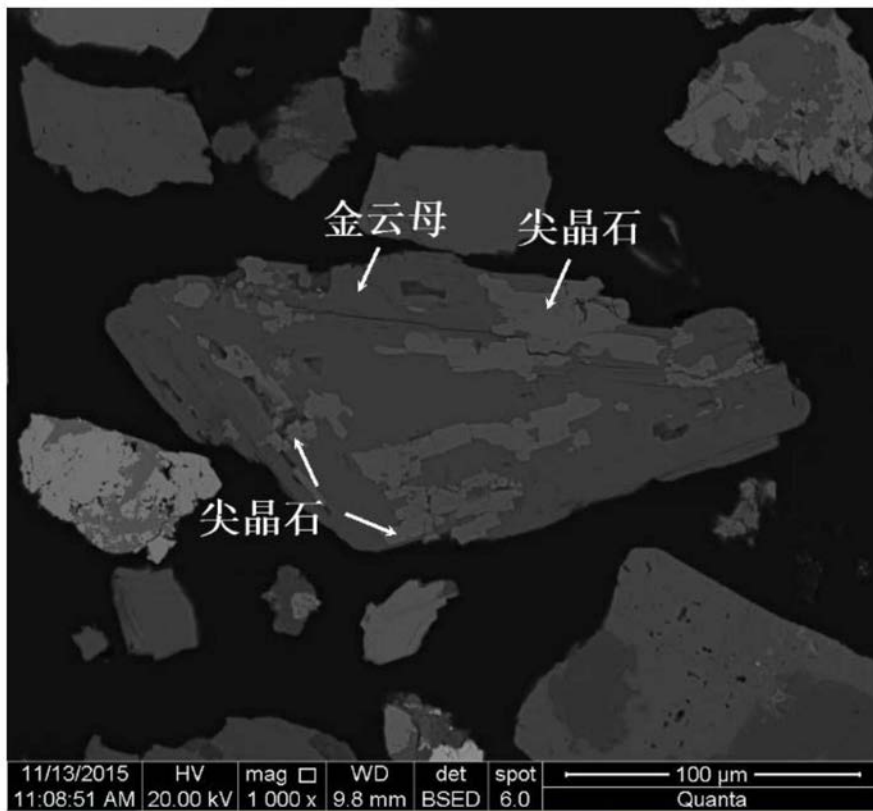


图11

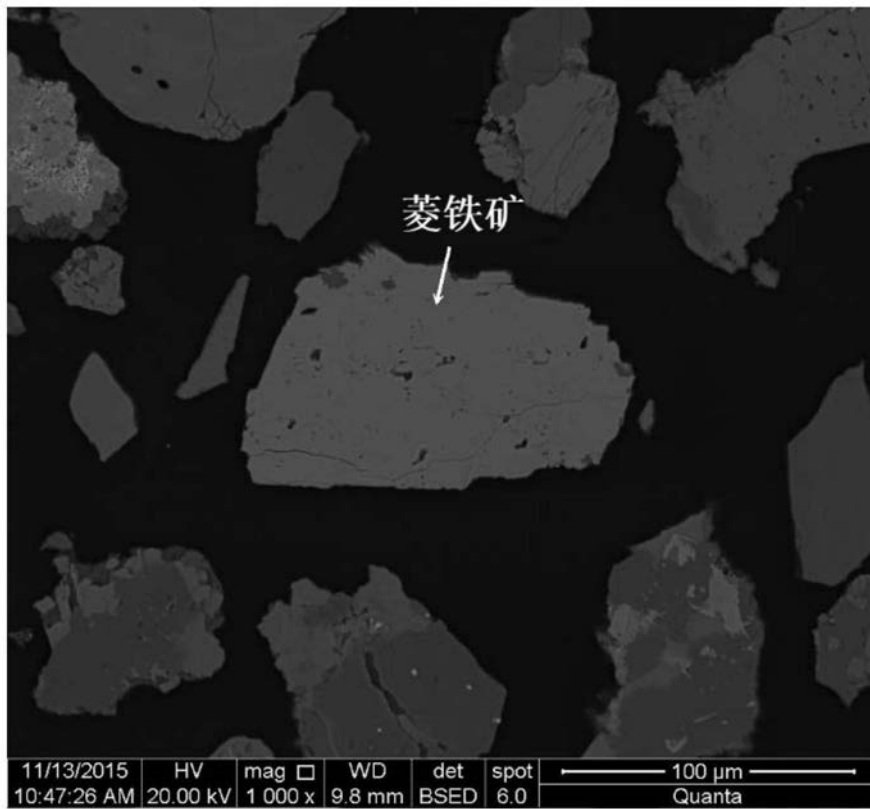


图12

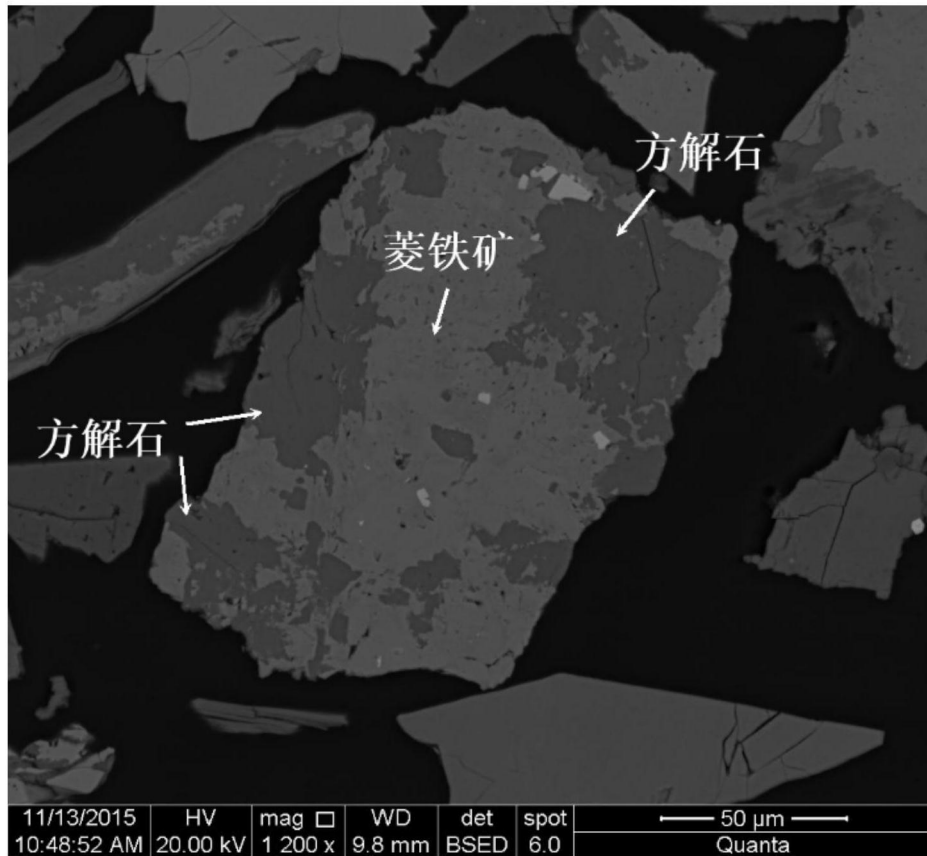


图13