



# 西藏索达县锡铜铅锌多金属矿工艺矿物学研究

曾令熙, 张志成, 黄亚琴

(中国地质科学院矿产综合利用研究所, 四川 成都 610041)

**摘要:**为配合西藏索达锡、铜、铅、锌多金属矿的矿石可选性试验,开展了该矿的工艺矿物学研究。结果表明,主要的金属元素铜、铅、锌、锡分别赋存于黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、黄锡矿、锡石等矿物中,矿石中的主要金属矿物磁黄铁矿含量较高,且与其他金属硫化物矿物嵌布关系密切,对矿石的可选性影响较大。

**关键词:**锡铜铅锌多金属矿; 工艺矿物学; 西藏

**中图分类号:**P575 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2008)05-0022-04

## 1 矿样的矿物组成

该矿的矿物种类较多,由三十余种矿物组成,其

成分亦较复杂。主要有用矿物中闪锌矿含量为8.56%,黄铜矿1.77%,方铅矿4.25%,黄锡矿0.87%,锡石0.39%,黄铁矿15.31%,磁黄铁矿

液浓度5%、改性溶液浓度0.025mol/L、浸渍时间24h、固液比0.08。

[4]范丽珍,廖立兵,等. 改性蒙脱石吸附水中的氟离子的实验研究[J]. 矿物学报,2001,21(1):12~19.

3. 优化条件下处理含氟水,出水可达国家饮用水含氟标准。

[5]严刚. 镁型活化沸石除氟性能研究[J]. 青海大学学报(自然科学版),2005(3):9~11.

## 参考文献:

[6]程石,汤中道,李少莉. 改性方沸石用于饮用水除氟的实验研究[J]. 非金属矿,2006,29(6):39~41.

[1]王云波. 沸石除氟工艺研究[D]. 西安:西安建筑科技大学硕士学位论文,2001.

[7]刘雪,骆定法. 改性天然沸石净化高氟饮用水研究[J]. 非金属矿,2004,27(1):47~49.

[2]Saha, S. treatment of Aqueous Effluent for Fluoride Removal [J]. *Water Res.*, 1993, 27(8):1347~1350.

[8]詹予忠,李玲玲,俞晓江,等. 活化斜发沸石吸附除水中氟的研究[J]. 中国矿业,2006,15(2):68~70.

[3]唐锦涛,等. 萤石矿高氟废水处理[J]. 环境化学,1990,9(3):20~24.

## A Study on Removal of Fluorides from Groundwater by Modified Zeolite

LI YU Xiao-xi, WANG Yin-ye

(Tianjin College of Municipal Construction, Tianjin, China)

**Abstract:** Taking Jinzhou high-quality natural zeolite as raw material, the modification of zeolite is attained by means of vitriol activation, lanthanum nitrate impregnation. The effects of several factors, such as stirring time, pH value of original water and the dose of modified zeolite on removal efficiency of fluorides from groundwater are examined. The test results showed that after treated by means of modified zeolite, the groundwater containing fluorides can reach the national standards for drinking water.

**Key words:** Modification; Zeolite; Defluorination; Groundwater

收稿日期:2007-12-27

作者简介:曾令熙(1963-),男,副研究员,主要从事工艺矿物学研究。

23.12%。各主要金属成分在矿石中集中分布于一种、两种矿物中,其中金属元素铅锌分别以方铅矿、闪锌矿为主,铜以黄铜矿为主,锡以黄锡矿及锡石形式存在。脉石矿物的种类较集中,以方解石、石英为主;其次为萤石、闪石,其他脉石矿物的含量很低。

## 2 矿石的结构构造

矿石的构造关系与热液成因密切相关,本次试验样金属矿物含量高,构造形式以块状、浸染状、脉状为主。

矿物间的结构关系主要包括:

自形、半自形、他形粒状结构:黄铁矿的自形程度较高,以自形-半自形为主,黄铜矿、磁黄铁矿、闪锌矿以半自形、他形粒状出现,方铅矿、黄锡矿主要呈他形不规则状出现。

交代结构:是本矿样极为常见的结构现象,在硫化物矿物间、硫化物矿物与脉石矿物间以及硫化物矿物与氧化物矿物间均存在程度不等的交代现象。其中较为常见的有黄铜矿交代磁黄铁矿呈伸入状、残留岛状;方铅矿交代闪锌矿呈伸入树枝状;闪锌矿交代碳酸盐矿物;黄锡矿交代锡石呈细粒包裹状。交代现象导致矿物粒度变细,其间的嵌布关系复杂化,使矿物的可分选程度降低。

文象状、乳滴状结构:由于固溶体分离及交代作用,形成在部分硫化物矿物中分布其他细粒矿物的现象。在本样中较为常见的情况是:闪锌矿中呈乳滴状、串珠状、针状、文象状分布的黄铜矿、磁黄铁矿。

## 3 主要矿物特征

### (1) 闪锌矿 (ZnS)

闪锌矿的矿物含量为 8.56%,矿样中绝大部分锌以此形式存在。该矿物呈半自形-他形不规则粒状,粒径大小不一,最大在 2~3mm,最小仅数微米,粒度主要分布于 0.075mm 以上。

该矿物为后期热液产物,在围岩以及较早生成的黄铁矿中未见到共生形成的闪锌矿。与闪锌矿嵌布最为紧密的矿物为后期热液矿物:方铅矿、磁黄铁矿、黄铜矿等。在热液结晶过程中该矿物为较早结晶的矿物,表现为其对碳酸盐围岩的交代,以及其被方铅矿的交代;因交代作用使闪锌矿与其间呈伸入树枝状、锯齿状及包裹包含的复杂嵌布关系。

闪锌矿与磁黄铁矿、黄铜矿呈粗粒连生的情况很少,但闪锌矿中较为常见包裹两种矿物的细粒,即包裹呈乳滴状、串珠状、黄铜矿,后者粒径多在 10 $\mu$ m 以内;以及包裹粒状磁黄铁矿,其粒径亦在 10 $\mu$ m 以下。尽管闪锌矿包裹细粒黄铜矿所占比例不大,但因难以解离会对分选品质造成影响。

闪锌矿与黄铁矿呈连生的情况不多,主要为其包裹少量的黄铁矿细粒残留。

闪锌矿的矿物化学成分经电子探针分析结果为:S33.32%,Zn56.01%,Cu、Pb、Sn 等含量很低,一般不足 0.10%。铁含量平均在 10% 左右,个别达 15% 以上,为含铁较高的闪锌矿。

### (2) 方铅矿 (PbS)

方铅矿的矿物含量为 4.25%,样品中 90% 以上的铅以方铅矿形式存在。该矿物呈他形不规则状分布。矿物粒度相差较大,其中最大粒径在 2~5mm,细者呈虫迹状仅几微米,粒度主要分布于 0.04mm 以上。

在本样中方铅矿分布较广,镜下可见该矿物与矿样中其他的金属硫化物均有呈紧密连生的情况;其中与闪锌矿的嵌布关系最为密切,常见方铅矿对闪锌矿交代,形成伸入树枝状、包含状及残留岛状等程度不等的接触交代关系,导致碎样过程中易于成包连体,影响选矿分选。

方铅矿与磁黄铁矿、黄铜矿呈紧密连生的量相对较少,以方铅矿对后者的程度不等的接触交代为主;在局部可出现交代黄铁矿的情况,形成交代残留结构。

方铅矿的矿物化学成分探针分析结果为:Pb85.89%、S14.10%,其他成分含量很低。

### (3) 黄铜矿 (CuFeS<sub>2</sub>)

该矿物在矿样中的含量为 1.77%,约 70% 的铜以此矿物形式存在。以他形不规则粒状为主,局部见半自形晶粒状。镜下观察显示该矿物的最大粒径在 2~3mm,最小粒径仅数微米,主要粒度分布区间在 0.8~0.02mm 之间。

与黄铜矿嵌布最为紧密的金属矿物为磁黄铁矿,在黄铜矿对磁黄铁矿的交代作用下,两者间常形成范围较大的混生带;因交代程度不同,黄铜矿中仅残留细粒岛状的磁黄铁矿,或黄铜矿沿磁黄铁矿内部空隙交代呈串珠状、星散状。

黄铜矿与铅锌矿物呈直接接触连生的情况较

少,仅在局部可见。黄铜矿较为常见呈细小的乳滴形、浑圆形、纺锤形分布闪锌矿中,构成固溶体分离结构,其粒径通常小于  $10\mu\text{m}$ ,在选矿破磨过程中将极难解离。

黄铜矿的探针分析结果为: Cu35.14%、Fe29.51%、S34.78%,其他成分的含量很低。

#### (4) 磁黄铁矿(FeS)

为本矿样中矿物含量最高的矿物,是构成块状矿石的主体,其矿物量为 23.12%。以呈他形粒状分布为主。磁黄铁矿的嵌布粒度较粗,主要分布于 0.5mm 以上。

根据嵌布与共生关系,磁黄铁矿也是热液期形成矿物,但其形成略早于铜铅锌矿物,因此与后期矿物的接触关系为交代关系。由于磁黄铁矿含量高,分布范围广,铜铅锌矿物与其呈紧密连生的量占矿物量较大,且因交代作用这部分矿物呈细密镶嵌,矿物单个颗粒的粒径在几~几十微米之间,通常呈难于解离的复杂连生,因此要使其解离只能通过细磨,而多金属矿在磨矿过程中易于引起离子化,会导致选矿分选难度增大。因此,对这部分矿物的处理将影响该矿的分选。

磁黄铁矿的化学成分主要由铁和硫组成,其他成分的含量很低,分析结果为: Fe63.51%、S36.49%。

#### (5) 黄铁矿( $\text{FeS}_2$ )

矿物含量为 15.31%。呈自形-半自形晶粒状分布。矿物粒度分布相差较大,大者在 10 多毫米,小者仅几微米。

黄铁矿与铜铅锌矿物呈共生分布的很少见,主要与白铁矿、毒砂呈邻嵌。颗粒常呈集合体团粒状分布,核心部位为较早生成的自形程度较高的黄铁矿,向外为细粒半自形颗粒。常见压碎现象,局部可见呈鲕状结构的黄铁矿,亦可见铜铅锌矿物对其呈伸入交代,或在后者中呈残留状包裹体。

黄铁矿的化学成分较简单,由铁、硫组成,具体含量为: S50.11%、Fe49.91%。

#### (6) 黄锡矿( $\text{CuSnFeS}$ )

黄锡矿的分布不均匀,呈局部集中分布。矿物自形程度低,以他形不规则状产出。矿物产出粒度偏细,一般在 0.05mm 以下。

黄锡矿在本样中很少独立出现,通过观察该矿物绝大部分与锡石和黄铜矿紧密连生,呈紧密伴生

产出;通常其在锡石周围呈环带状包裹,向外则与黄铜矿呈不规则紧密连生。

黄锡矿的化学成分经电子探针分析,结果为 Sn28.66%、Cu25.03%、Fe11.79%、S34.51%。

#### (7) 锡石( $\text{SnO}_2$ )

锡石在本样中矿物量为 0.39%,是锡的主要存在形式。锡石在本样中很少独立出现,通常被黄铜矿呈环带状包裹。其矿物粒径较小,一般 0.02mm 以下。由于绝大部分呈黄铜矿包裹形式产出,因此该矿物随黄铜矿的富集而富集。

### 4 主要矿物的工艺粒度分布

闪锌矿:闪锌矿分布于 0.25mm 以上的较粗粒级的量占总量的 57%,0.074mm 以上粒级超过 80%,0.044mm 以下和 0.02mm 以下粒级的含量分别为 9.79%、4.47%。

方铅矿:方铅矿的粒度分布与闪锌矿接近,但 0.02mm 以下粒级含量略高。

黄铜矿:黄铜矿在 0.074mm 以上粒级含量为 70.9%,0.044mm 以下及 0.02mm 以下粒级含量分别为 18.5%、8.94%,是矿样中分布粒度较细的矿物。

磁黄铁矿:该矿物粒度较粗,0.25mm 以上粒级含量近 90%,0.074mm 以上粒级含量为 97.36%。

### 5 矿物相关性分析

矿物的空间分布与矿物质来源及矿物的生成环境相关,受到形成环境及物质来源的制约,矿物的共生组合具有一定的选择性。通过对本样的观察检测,矿物在形成时间上有较为明显的阶段性,表现在矿物的共、连生关系上具有很大的差异。为此,我们对本样中主要的金属矿物间存在的连生产出情况进行了分类测定,确定出哪一些矿物间更易于连生、不易解离,以期对选矿方案的选择提供依据。研究结果表明,矿物间存在如下的相关性:

(1) 铜、铅、锌的矿物与磁黄铁矿的嵌布关系密切,其中 40% 的黄铜矿是与磁黄铁矿伴生产出的,闪锌矿、方铅矿则有 20% 左右是呈此状态产出的。与磁黄铁矿连生的这部分铜、铅、锌矿物存在单体粒度偏细,而连生体粒径较粗的特点,即单体粒径一般在  $10\mu\text{m}$  左右或以下,集合体粒径在 0.10mm 以上,具有阶段性分选的条件。

(2) 铅、锌矿物与铜矿物的相关度低。铅、锌矿物与黄铜矿连生产出的情况不到6%;黄铜矿与铅锌矿物连生的情况略高,占其矿物量的12%左右,以固溶体分离形式存在。

(3) 闪锌矿与方铅矿的连生关系密切,其中有20%~30%的矿物呈彼此紧密连生的形式产出,铅、锌矿物在空间上存在趋同性分布,对两者的分选不利。

## 6 结 论

1. 铜、铅、锌、锡在矿样中分别集中分布于一、两种矿物中,对矿石的分选针对性强,有利矿石的分

选。

2. 铜、铅、锌的主要赋存矿物在矿样中嵌布粒度适中,以分布于0.074mm以上粒级为主;但是在0.044mm及0.02mm以下粒级还含有10%~3%,对分选品质有一定影响。

3. 矿样中磁黄铁矿含量高,与铜、铅、锌矿物呈细粒紧密镶嵌,但集合体粒度粗大,具有分选集合体颗粒再磨再选的可能。

4. 锡的赋存矿物为锡石和黄锡矿,以黄锡矿呈环带状包裹锡石形式产出,两者很少独立分布,具有合并分选的条件。

## Research on Process Mineralogy of the Sn-Cu-Pb-Zn

### Polymetallic Ore in Suoda County, Tibet

ZENG Ling-xi, ZHANG Zhi-cheng, HUANG Ya-qin

(Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Chengdu, Sichuan, China)

**Abstract:** In order to cooperate the beneficiability tests of the Sn-Cu-Pb-Zn polymetallic ore in Suoda county of Tibet, the research on process mineralogy of the Sn-Cu-Pb-Zn polymetallic ore is carried out, so as to find out the occurrence of four main valuable metals in test samples. The mineral composition of the ore has been identified. Copper, lead, zinc and tin is existed in chalcopyrite, galenite, sphalerite and cassiterite, respectively. The content of pyrrhotite is higher. Furthermore, because of the pyrrhotite is intimately disseminated among other metallic sulphides, thus, it has major influence on the beneficiability of the ore.

**Key words:** Sn-Cu-Pb-Zn polymetallic ore; Process mineralogy; Tibet

## 《非金属矿》2009 年度征订启事

《非金属矿》杂志(国际标准大16开),是1978年创刊的、国内外公开发行的全国中文核心期刊和全国性建材技术期刊之一。主要报道国内外非金属矿以及建材原料矿产等开发利用、制品、选矿深加工、采矿以及当前行业管理、设备研制、市场等方面的有关论文、科技成果、生产经验、综合评述等。

为方便用户与生产厂家,本刊辟有牵线搭桥专栏,并承接国内外广告业务。

本刊为双月刊,邮发代号28-84。凡单位或个人均可直接向当地邮局订阅。如邮局订阅不便,亦可向本刊编辑部订购。每册10.00元(含邮资2.00元),全年定价60.00元(含邮资12.00元)。本刊已出版各期尚有部分余额,需要者可速函本部联系。

编辑部地址:苏州市三香路999号,苏州非金属矿工业设计研究院内。邮编:215004。电话:(0512)68272696 68701080。传真:(0512)68272696。E-mail:szjsk@163.com。开户银行:江苏省苏州市交通银行彩虹支行;帐号:325604000010149001601;开户名称:苏州非金属矿工业设计研究院。亦可信汇函购。汇款时请注明期刊名称。

## 欢迎订阅 2009 年《湿法冶金》

《湿法冶金》(季刊)是湿法冶金技术综合性刊物。主要刊登国内外关于有色金属、稀有金属、稀散金属及贵金属的湿法冶金工艺,选矿技术,有机材料(萃取剂、离子交换树脂、絮凝剂等)合成,化工过程自动控制,化工设备、选矿设备、仪器仪表的研制及应用,水处理技术,三废治理与环境保护技术,分析(物理分析、化学分析)方法等方面的新进展、科研成果和先进技术,也报道有关科技简讯、文献综述等。

《湿法冶金》创刊于1982年,国内统一刊号CN11-3012/TF,国际标准刊号ISSN 1009-2617,广告许可证号:京通工商广字第0005(1-1),本刊为季刊,定价8.00元/期,全年32.00元。全国各地邮局均可订阅,邮发代号80-181;也可直接向编辑部订阅,邮局汇款地址:北京234信箱《湿法冶金》编辑部,邮政编码:101149;银行汇款地址:北京工商银行通州区九棵树分理处核工业北京化工冶金研究院,帐号:0200049809008800221。请在汇款附言栏内注明汇款用途。编辑部常年办理订刊业务。

电子信箱:sfyj4348@163.com 联系电话:(010)51674348 51675321