

某硫化铜镍矿床中的四方硫铁矿与墨铜矿

王瑞琦

在某硫化铜镍矿床矿石选矿试验中,我们对原矿和矿石工艺产品物质组成做了一定的研究,发现一种与墨铜矿极为相似的铁的硫化物,暂名“四方硫铁矿”^{*}。北京矿冶研究院汤集刚同志,八八六厂先有仁同志参加了这项工作,地质局六队提供了资料。现将四方硫铁矿与墨铜矿特征介绍如下。

一、矿床地质概述

该矿床含矿超基性岩体为一单斜岩墙,沿深断裂侵入前震旦纪大理岩或片麻岩中。岩相具对称分异特征,垂直分带不明显。横剖面上岩相一般呈中—偏基性同心壳状分布,平面上沿走向呈带状分布。由中间向两侧大致为:含辉橄榄岩、斜长含辉橄榄岩、二辉橄榄岩、斜长二辉橄榄岩、橄榄辉石岩、辉石岩、蛇纹透闪绿泥片岩,其中以二辉橄榄岩为主。各岩相呈过渡关系。岩体底部或深部是一套硫化物含辉橄榄岩—纯橄榄岩及硫化物二辉橄榄岩。此为矿体。

矿石以磁黄铁矿、镍黄铁矿和黄铜矿的组合为主,有些为黄铁矿、紫硫镍铁矿和黄铜矿组合代替。前者如Ⅰ矿区深部和Ⅱ矿区,后者如Ⅰ矿区上部和Ⅲ、Ⅳ矿区。

主要金属矿物为磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿等,次为铬尖晶石、方黄铜矿、墨铜矿、四方硫铁矿等,少量见有褐铁矿、赤铁矿、钛铁矿、针镍矿、斑铜矿、砷铂矿、自然砷、自然金及其它铂族矿物。

二、墨铜矿特征

墨铜矿的结晶程度较差(表1),形态多变。粒度细小,常呈包体产出,为不混溶分离结构;也见有粒状、板状较大颗粒。与

^{*}四方硫铁矿又称四方硫化铁,即Mackinawite(马基诺矿),见《金属矿物显微镜鉴定表》,1975,地质出版社。

脉石连生时,多沿解理交代呈纤维状、粒状和针状;在外力挤压下呈揉皱状,也有的沿橄榄石边缘交代呈镶边结构。

墨铜矿X-射线粉晶分析结果 表1

编号	I	d(Å)	编号	I	d(Å)
1	9	11.616	9	4	2.267
2	10	5.681	10	2	2.050
3	4	3.797	11	7b	1.861
4	1	3.625	12	1	1.776
5	7b	3.203	13	1	1.708
6	2	3.008	14	2	1.613
7	4	2.855	15	3	1.481
8	5	2.519			

分析条件: Fe靶, 电压30KV, 曝光15小时,
D=57.33mm, 电流8mA

墨铜矿除与脉石共生外,更多的是与镍黄铁矿和黄铜矿共生,也可与其它金属矿物共生,并可单独产出。较大晶体的少见。

墨铜矿的反射色为棕—棕黄到暗灰色;反射力 $R_g = 18.0$ 、 $R_p = 9.5$ 。偏光色为深色到浅棕的亮白色;强非均质性。显微硬度值 $40 \sim 90 \text{ Kg/mm}^2$ 。属非磁性矿物。

墨铜矿除含Cu、Fe、S等主元素外,尚含有其它元素(表2、3),但光性正常的墨铜矿不含或少含Ni、Co等元素;而与金属硫化物共生的墨铜矿,尤以呈镶边结构的墨铜矿含其它元素较多。

墨铜矿能溶于双氧水,也能被氰化钾溶解,唯有与镍黄铁矿共生的不溶于氰化钾。

墨铜矿电子探针分析值 表2

分析元素	Cu	Ni	Fe	S	Mg	Si
含量(%)	16.1	0.13	41.7	30.8	3.2~10	少

墨铜矿单矿物化学分析值

表 3

分析元素	Cu	Fe	Ni	Co	Mg	S	Si
样 品 1	15.6	42.42	极少	无	5.69	35.5	0.12
样 品 2	16.3	40.7	0.13	无	3.5	31.2	极少

从比值来看,墨铜矿中的Mg、Si等杂质可能不是细小的硅酸盐矿物,因为二者的电子图象与Cu相似,具类质同象特点,但墨铜矿中杂质的赋存状态尚无定论。

三、四方硫铁矿特征

四方硫铁矿曾于1964年由伊万斯(Evans)进行过研究,并以该矿物的产地马基诺(Mackinaw)命名为马基诺矿(Mackinawite)。本矿床发现的四方晶系的硫化铁,其光性与另外的以硫化铁为主要成分的矿物不同,故暂定名为四方硫铁矿。

四方硫铁矿与镍黄铁矿共生,少量与黄铜矿共生,几乎不单独产出,多为交代镍黄铁矿、其次是交代黄铜矿或磁黄铁矿而成。

该矿物主要以粒状、羽毛状、纤维状、格状及针状产出,粒径一般为0.005毫米,个别可达1毫米。

四方硫铁矿的反射力变化较大:

Rg=46.4%,Rp=21.4;反光色由亮乳黄

到暗灰色,偏光色为深灰—黄灰直到暗蓝色。强非均质性。显微硬度值为125.8~203.9kg/mm²。

四方硫铁矿的主要成分是铁和硫,但从单矿物成分分析来看,不论是交代镍黄铁矿或交代黄铜矿的,都含有较显著的镍,此外尚有Co、Cu等。

从四方硫铁矿化学式的计算(表4)可以看出,它不同于磁黄铁矿“Fe₉S₈₊₁”的化学式,而显然属于“FeS”,磁黄铁矿化学式中阳离子均少于阴离子,四方硫铁矿则与此相反,阳离子恒多于阴离子,因此不具有磁黄铁矿的特点。据此,四方硫铁矿的化学式应为“FeS_{1-x}”,且铁可部分地被Ni、Co、Cu等代替。

四、四方硫铁矿与墨铜矿的区别

由于四方硫铁矿颗粒小、含量微,与墨铜矿的双反射、偏光性相似,以往常把它作为“墨铜矿”鉴定。自从矿物鉴定应用电子

四方硫铁矿化学组成及其分子式计算

表 4

编号	分 析 结 果 (%)					原 子 数					分子式计算 =阳离子数 阴离子数	产 状	产 地
	Fe	Ni	Co	Cu	S	Fe	Ni	Co	Cu	S			
1	56.7	5.9	0.6	4.1	32.8	1.02	0.10	0.01	0.06	1.02	1.17:1	交代镍黄铁矿	二矿区
2	55.8	7.3	0.4	0.2	35.4	1.00	0.12	0.01	/	1.10	1.03:1	"	"
3	56.0	6.4	微	微	35.2	1.00	0.11	/	/	1.10	1.01:1	"	"
4	55.5	5.1	微	微	32.7	0.99	0.09	/	/	1.02	1.06:1	交代黄铜矿	"
5	55.94	8.26	0.42	0.09	35.29	1.00	0.14	0.01	/	1.10	1.05:1	"	芬 兰
6	56.35	8.17	0.37	0.05	35.04	1.01	0.14	0.01	/	1.09	1.06:1	"	"
7	63.2±2	0.2	0.2	<0.1	未作								"
8	55.1±2	5±0.3	<0.2	<0.5	未作								"
9	55±5	2.3±1	1.5±1	/	34±4								"
10	63±5	3.1±0.5	/	/	34±4								美 国
11	52.1	5.6	1~2	4.0	未作								日 本

四方硫铁矿与墨铜矿比较表

表5

项 目	四 方 硫 铁 矿		墨 铜 矿	
	二矿区	国 外	二矿区	国 外
颜 色	亮的乳黄到暗灰	乳黄—黄—灰色	棕、棕黄—暗棕或暗灰色	浅棕—黄—暗灰色
反 射 力 (R%)	Rg=46.4 Rp=21.4	Rg=46 Rp=22.5	Rg=18.0 Rp=9.5	Rg=22 Rp=14.2
双反射 (ΔR)	很强 $\Delta R=25$	很强 $\Delta R=23.5$	很强 $\Delta R=8.5$	很强 $\Delta R=7.8$
正交偏光下色反应	深灰—黄灰直到暗蓝色, 色效强	白黄—灰到白色, 色效强	灰色到浅棕的亮白色, 色效强	浅黄灰到白色, 色效强
显微压入硬度 (公斤/平方毫米)	152.8~203.9		40~90.1	
化学组成	基本上是“FeS”硫原子微显不足, 铁部分地被镍、钴铜代替	基本成分为FeS铁少部分被镍、铜、钴取代	除主要成分外, 含有镍、镁、硅等元素	
产 状	主要在镍黄铁矿中, 也可见于黄铜矿和磁黄铁矿中, 不单独产出	在磁黄铁矿中居多, 亦产于黄铜矿中	可单独产出, 可交代其他矿物	可单独产出, 可交代其他矿物
热学性质	300℃肯定不可逆性, 硬度变大	250±50℃时变六方晶系	300℃光性不变	500℃以下不发生任何变化
磁 性	强 磁 性	强 磁 性	非 磁 性	非 磁 性

探针后, 证明过去定为“墨铜矿”的矿物有些是墨铜矿(Cu_3FeS_7), 有些则是四方硫铁矿(FeS_{1-x})。二者的区别详见表5。

显微镜下观察, 两种矿物的区分以反射率为主。因此, 反射力 $R=45\sim 20\%$ 变化区间、偏光性很强的, 应定名为“四方硫铁矿”;

反射力低于这一变化区间的, 应定名为“墨铜矿”, 其它区别可参照表5。

我们鉴别区分这两种矿物尚属初步尝试, 今后随着研究工作的深入, 认识也会更加全面。

+++++

矿物结晶或破裂后重结晶过程中, 可能有少部分液体圈闭在矿物颗粒内, 直径0.001~0.01mm, 除液体外经常还有小气泡。在斑岩铜矿的勘探工作中, 发现石英液包体的总盐含量与岩石的铜含量直接相关, 在风化和形成土壤过程中, 液包体可能不受影响。研究残留石英颗粒的液包体是有用的, 特别是热带地区强烈的淋滤作用从矿体上部土壤搬走了大部分铜, 研究液包体最有用, 是岩石地球化学勘探的一个补充手段。

美国亚利桑那州巴格达德含黄铜矿、辉钼矿矿脉的石英有两种类型的液包体: 一种含盐量(咸度)中等(约8%), 充填温度为320~373℃; 另一种含盐量高(约30~35%), 充填温度为223~310℃。稀疏的含气体多的液包体表明沸腾的时间短。该地矿石的液包体温度、咸度比其它斑岩铜矿矿床低得多, 说明化学上、物理上有差异的液包体影响矿床的矿化。

最近在加拿大西北部找到的一个铅锌矿, 在矿物、构造和成矿环

境方面均与派因波因特矿床相似。冰冻台试验结果以及闪锌矿中液包体的均化温度都证明, 矿石是由温度52~105℃、咸度可能高的干净的铜盐水沉淀形成。这就排除了同生成因的说法, 而认为是从可能与地表水混合的受地热盆地盐水沉淀的后成矿床。

液 包 体 研 究

+++++