磁黄铁矿异种鉴定及其标型特征

徐 国 凤

磁黄铁矿除了可以作为硫矿石的主要矿石矿物之外,其中所含的镍、钴和铜往往可以达到综合利用的工业指标而具有一定的经济价值。近几年来磁黄铁矿矿物学研究资料表明,磁黄铁矿在自然界产出有两个异种:六方磁黄铁矿和单斜磁黄铁矿(以前常笼统地认为磁黄铁矿属于六方晶系)。两者在形成条件,可综合利用之金属元素的含量等方面都有所不同。因此,在生产实践中鉴别磁黄铁矿的异种类型具有一定的实际意义。现将收集到的六方磁黄铁矿和单斜磁黄铁矿的鉴别特征资料以及磁黄铁矿中具有标型意义之元素混入物资料列出供参考。

实验资料表明,在较高温度下稳定的六方磁黄铁矿(α 相), 320°C 时转变为单斜磁黄铁矿(β 相)。自然界中这两个磁黄铁矿异种成为两者的混合物产出或单独产出。在同一个矿床内,其形成往往为六方磁黄铁矿-两者混合物-单斜磁黄铁矿的次序。

六方磁黄铁矿和单斜磁黄铁矿最可靠的鉴定根据是X射线研究的资料。六方磁黄铁矿 d_{102} X射线衍射曲线显陡锐角度的单一峰,单斜磁黄铁矿的衍射曲线则分裂为两个峰。两者的粉晶照相谱线对比资料如表1:

六方磁黄铁矿和单斜磁黄铁矿的X射线粉晶照相谱线资料 表1

六方磁黄铁矿 $a = 5.943 \text{ \AA}, c = 11.424 \text{ \AA}$		单斜磁黄铁矿 $d = 5.936 \text{ \AA}, b = 3.427 \text{ \AA}, c = 5.689 \text{ \AA}, \beta = 90^{\circ}22'$	
I	$\frac{d\alpha}{n} (\text{ \AA})$	I	$\frac{d\alpha}{n}$
5	2.98	6	2.98
7	2.67	7	2.64
		7	2.63
10	2.064	10	2.067
		10	2.050
10	1.72	10	1.717
		4	1.591
4	1.44	4	1.447
4	1.431	4	1.436
		6	1.424
7	1.322	6	1.320
		6	1.313
6	1.106	2	1.105
9	1.076	6	1.099
		4	1.094
5	1.069	4	1.092
9	1.048	4	1.0484
		10	1.0422

六方磁黄铁矿和单斜磁黄铁矿在化学成分上具有不同的特点(见表2),这些特点有助于鉴别、区分该两异种。这在电子探针技术广泛应用的情况下具有重要的实际意义。

1957年, Комков 对黄钇铌矿测定的结果为:

晶胞参数: $a = 5.15 \text{ \AA}, c = 10.89 \text{ \AA}$

空间群: $C_{4h}^1 - 14_1/a$

首次获得了黄钇铌矿在自然界的未加热样品X射线单晶衍射图样(回摆图及华盛顿图)。从上述结果可见,无论未加热样品和

加热样品均为单斜晶系。这个结果与国外研究者 Комков 等人所测定的褐钇铌矿的多型和黄钇铌矿的晶胞参数及空间群是截然不同的。因而过去认为属四方晶系的结论有待商讨。本次测定结果还是初步的,今后将随着研究方法、仪器设备的改进和研究水平的提高而不断修正。

六方磁黄铁矿的光学常数见表3。

在各种物理性质中对鉴别六方磁黄铁矿和单斜磁黄铁矿具有较明显意义的有光学性质(特别是反射率R和非均性旋转角 θ_g)、维氏硬度值VHN和热学性质(差热曲线特征)

等方面。另对某些化学试剂的抗浸蚀性能也可用来区分磁黄铁矿的这两个异种。现将收集到的这些具有鉴别意义的资料综合列于表4。

六方磁黄铁矿和单斜磁黄铁矿中的铜、

六方磁黄铁矿和单斜磁黄铁矿的化学成分特点

表2

化学成分特点	化学式	Fe(重量%)	S(重量%)	Fe(原子%)	金属(Fe, Ni, Co, Cu)(原子%)
异种类别					
六方磁黄铁矿 $Fe_{1-x}S$	Fe_9S_{10}	61.0~61.4	39.1~38.8	47.3~48.1	47.5~49.8
单斜磁黄铁矿 $Fe_{1-x}S$	Fe_7S_8	59.7~60.5	40.11~39.4	46.324~47.2	46.4~47.495

六方磁黄铁矿的光学常数资料

表3

数据	测定条件	测定时单色光的波长(单位为毫微米)											
		420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640
光学常数	Ro(%)	29.3	30.3	30.8	31.4	31.8	32.6	33.9	35.7	36.8	38.4	38.2	37.6
	Re(%)	35.5	36.0	36.9	37.7	38.2	39.2	40.3	41.5	42.5	43.3	42.4	41.8
折射率	No	2.17	2.16	2.14	2.13	2.11	2.11	2.12	2.16	2.18	2.21	2.25	2.32
	Ne	2.35	2.33	2.31	2.29	2.27	2.26	2.26	2.29	2.31	2.34	2.38	2.44
吸收率	Ko	0.68	0.72	0.74	0.76	0.78	0.80	0.83	0.86	0.89	0.91	0.89	0.85
	Ke	0.78	0.80	0.83	0.86	0.88	0.91	0.94	0.96	0.98	0.99	0.95	0.91

六方磁黄铁矿和单斜磁黄铁矿的鉴别特征资料

表4

异种类别	在不同单色光(波长单位为毫微米)下的反射率R(%)				非均性旋转角 θ_g		维氏硬度值VHN(kg/mm ²)	差热曲线特点	浸蚀反应		磁 性 **
	470	546	589*	650	520毫微米	589毫微米			CrO ₃ 饱和溶液	液KOH溶液	
六方磁黄铁矿 $\alpha-Fe_{1-x}S$	Ro30.9 Re36.2	34.0 39.2	35.8 40.7	38.6 42.5	2°0'~ 2°9'	2°3'	250~ 320, 178.9~ 205.9, 232~ 307	无320~ 330°C吸 热谷 (316°C 有一不明 显的吸热 谷)	较难 浸蚀	较易 浸蚀 (显灰 色)	马蹄形永久 磁铁在水中吸 不上,用电磁 仅当电流大于 0.1安时方可 吸出。
单斜磁黄铁矿 $\beta-Fe_{1-x}S$	Rg 35.5 Rp 30.8 R 32.1~ 32.5	39.9 34.8 37.2~ 37.8	41.6 36.9 39.5~ 40.1	43.3 39.5 41.9~ 42.5	1°51'	1°19'	320~ 390, 241~ 278.9, 307~ 392	有320~ 330°C吸 热谷(陡 锐细长)	较易 浸蚀 (显板 片状结 构)	较难 浸蚀 (白色)	马蹄形永久 磁铁在水中可 吸出单斜磁黄 铁矿颗粒(粒 度0.1~0.2毫 米)

* 另有文献报导对波长为589毫微米的单色光而言,六方磁黄铁矿Rg、Rp为42.0和36.0,单斜磁黄铁矿为44.0和40.0;六方磁黄铁矿的Ro为36.0单斜磁黄铁矿的R(平均反射率)为36.9

** 有文献报导测定六方磁黄铁矿的比重磁化率(电流为0.1安时)334.07~708.66C.G.S.M.cm³/g,而单斜磁黄铁矿为10983.22~14523.92C.G.S.M.cm³/g。

镍、钴含量数据(见表5)表明, 六方磁黄铁矿以镍、钴含量变化较大区别于单斜磁黄铁矿。

六方磁黄铁矿和单斜磁黄铁矿的
铜、镍、钴含量 表5

数据 异种类别	铁以外的金属含量 (重量%)		
	铜	镍	钴
六方磁黄铁矿	0.133	0.195	0.067
	0.043	0.068	0.026
	0.400	0.321	0.098
	0.002	0.215	0.059
	0.035	0.210	0.220
	0.310	0.015	0.050
	0.017	0.003	0.030
	0.075	0.013	0.091
	0.310	0.002	0.034
	0.056	0.011	0.012
	0.005	0.034	0.002
	单斜磁黄铁矿	0.015	0.028
0.027		0.841	0.004
0.066		0.657	0.010
0.014		0.802	0.036
0.028		0.860	0.052
0.010		0.023	0.043

另有文献报导, 岩浆熔离型铜镍矿石内六方磁黄铁矿中镍的含量大于单斜磁黄铁矿中镍的含量(见表6), 这一点也可以在区分铜镍矿床中磁黄铁矿的两个不同异种时参考。

铜-镍矿石中六方磁黄铁矿和单斜磁黄铁矿的含镍量 表6

数据 异种类别	含镍量(产地)	
	镍含量(重量%)	
	萨德伯里	其他产地
六方磁黄铁矿	0.80~0.90	0.68~1.01
单斜磁黄铁矿	0.40~0.50	0.35~0.50

近年来有文献总结出各类矿床产出之磁黄铁矿具标型特征意义的元素混入物平均含量材料(见表7), 它在区域地质调查和找矿工作初期阶段有助于推测矿床类型和评价矿点(矿床)远景。

各类矿床中磁黄铁矿的元素混入物平均含量: 表7

数据 矿床类型	磁黄铁矿中元素混入物的平均含量(克/吨)						
	钴	镍	铂	钨	铋	碲	铈
铜-镍矿床	810	2500	0.002~0.1	0.28~1.5	0.35~0.7	50.6	5.4
铂矿床						102.2	痕迹
铁磁铁矿矿床	600	2700				57	3
磷灰石-霞石矿床	1600						
夕卡岩型铁矿床	1500	1100				15	11
夕卡岩型铜矿床	1600	300	—	—	—	86	246
含金夕卡岩						6	2
云英岩化钨-黑钨矿床						47	8
锡石-硫化物矿床	50	252.5				5.93	2
含金石英脉						4.25	22.5
黄铁矿型铜矿床						130	35
黄铁矿型多金属矿床						6	2.3

* 另据文献报导, 金伯利岩内硫化物团块(有磁黄铁矿、黄铜矿、镍黄铁矿等)中的磁黄铁矿7个样品平均含Co 128.6 g/T、Ni 6242.9g/T、Cu 171.4g/T。蛇纹岩中与镍黄铁矿、铁镍矿共生的六方磁黄铁矿3个样品平均含Co 433.3g/T、Ni 966.7 g/T。

据个别文献报导,磁黄铁矿的抗压硬度具有标型意义:夕卡岩型矿床中单斜磁黄铁矿的VHN₅₀数值为274~324(平均为295.3)kg/mm²(三个矿床的453次测量数据),黄铁矿型矿床中单斜磁黄铁矿的VHN₅₀数值为254~293(平均为257)kg/mm²(一个矿床的160次测量数据)、六方磁黄铁矿的VHN₅₀数值为274~314(平均为294)kg/mm²(两个矿床的186次测量数据)。

综合表5、6、7资料得知,在评价夕卡岩型铁矿床、铜矿床时还应注意磁黄铁矿(六方磁黄铁矿)中的钴含量是否达到综合利用的工业指标,在评价铜-镍矿床和钛磁铁矿矿床时应注意磁黄铁矿(六方和单斜磁黄铁矿)中所含之镍的工业价值。例如我国某地区夕卡岩型铁铜矿床68个磁黄铁矿样品平均含钴650克/吨(其中必有一部分更富含钴),吉林401矿区铜-镍矿床1号岩体磁黄铁矿含镍2.58~2.86%,7号岩体磁黄铁矿含镍0.79~1.42%。

参 考 文 献

- [1] 徐国风1977《一些金属矿物的标型特征》《地质科技》1977年第1期86~92页。
- [2] 黄祖梁、杜向荣1976《东北某铂矿床中铂、铱的地球化学特征》《地质科学》1976年第1期36~41页。
- [3] 章振根、李锡林、陈国玺1976《广西某矿田磁黄铁矿的研究及其区别特征》《地球化学》1976年第1期54~63页。
- [4] 林师整1975《我国某地区铁铜矿床中伴生元素的分布与赋存特征》《地球化学》1975年第4期235~249页。
- [5] 吉林省冶金地质勘探公司607队、887厂、桂林冶金地质研究所1974《吉林401矿区硫化铜镍矿床基本特征研究》《铬镍钴铂地质矿产专辑》第二集1~50页。
- [6] Arnold R. G. 1967 Can. Miner. 9, Pt. 1, 31~50.
- [7] Batt A. P. 1972 Can. Miner. 11, Pt. 4, 892~897.
- [8] Bowie S. H. U. Simpson P. R. Atkin D. 1975, Fortschr. Miner. 52, 567~582.
- [9] Carpenter R.H., Bailey Jr. A.C. 1973 Amer. Miner. 58, №5~6, 440~443.
- [10] Cervelle B. D., Caye R., Billard J. 1970 Bull. Soc. Franc. Miner. Crist. 93, №1, 72~82.
- [11] Kantor J., Durkovicova J. 1973, Geol. Zb. 24, №2, 231~246.
- [12] Morimoto N., Gyobu A., Tsukuma K., Koto K. 1975, Amer. Miner. 60, №3~4, 240~248.
- [13] Nakamura T., Aikawa N. 1974, Japan. Jour. Mineral. Soc Japan. 11, Special Issue, №2, 107~115.
- [14] Sinton John M. 1976, Miner. Mag. 40, №315, 792~794.
- [15] Безсмертная М. С., Чвилева Т. Н., Агроскин Л. С., Бочек Л. И., Лебедева С. М., Логинова Л. А. 1973 Определение рудных минералов в полированных шлифах по спектрам отражения и твердости. «Недра»
- [16] Быхова Т. А. 1974 Изв. высш. учеб. завед. геол. и разведка. 1974, №8, 67~69.
- [17] Вильсов Л. Н. 1973 Геол. рудн. месторожд. 15, №1, 88~97.
- [18] Генкин А. Д., Логинов В. П., Органова Н. И. 1965 Геол. рудн. месторожд. 7, №3, 3~24.
- [19] Иваицкий Т. В., Ахвледзани Р. А., Кахадзе Э. И., Цепин А. И. 1973 Докл. АН СССР 213, №3, 688~691.
- [20] Иванов В. В., Юшко-Захарова О. Е., Тархов Ю. А. 1973 в кн. «Средние содержания Элементов-примесей в минералах» 59~64.
- [21] Козырева Л. В., Меньшиков Ю. И. 1975 в кн. «Минералы и параг. минер. эндогенных месторожд.» 36~38.
- [22] Крестин Е. М. 1968 Зап. Всес. Минер. общ., 97, вып. 5, 652~654.
- [23] Рокачев С. А. 1974 Тр. ин-та геол. и геохимии. АН СССР уральский научный центр. 1974, вып. 111, Минер. сборник №11, 109~113.
- [24] Ручкин Г. В., Ветюшкин И. Д., Конкин В. Д., Сергеева Н. Е. 1973 в кн. «Минер. и параг. минер. рудн. месторожд.» 61~68.
- [25] Цепин А. И., Лазько Е. Е. 1976 Докл. АН СССР 231, №1, 195~198.