

5. 每个成矿系列矿床的形成具多阶段性。铁铜多金属矿床先是同生沉积成岩成矿, 即有机物与卤水复合成矿, 形成矿源层或贫矿体, 后经多次热液改造富集形成工业矿床。钨钼矿床成矿具多期次。

6. 整个大宝山矿床的形成经历了一个复杂长期的过程, 具有多物质来源、多成矿作用和多成因类型的特点; 是一个典型的复成矿床。

今后在大宝山地区如何找矿? 笔者提议沿含矿层位找矿, 侧重构造有利部位, 注意斑岩体的侵入条件, 进行综合找矿评价。

参 考 资 料

- [1] 庄明正, 1978, 大宝山多金属矿床发现史
- [2] 徐克勤, 大宝山矿床成因问题的探讨
- [3] 曾世伟, 1979, 广东冶金地质, 第二期
- [4] 李文达, 1981, 火山成矿作用 (讲义), 冶金部地质技术干部进修学校印
- [5] 夏春耀, 1981, 地质与勘探, 第五期
- [6] 庄明正、陈志清, 1979, 1/50万韶关幅卫片地质解释说明书
- [7] 庄明正, 1980, 地质与勘探, 第七期
- [8] 涂光炽, 碳酸盐地层中某些层控铅锌矿床成因
- [9] 杨松年, 1981, 地质与勘探, 第四期
- [10] 刘宝珪, 1980, 地质与勘探, 第六期
- [11] 黎 彤, 1979, 地质与勘探, 第一期
- [12] 武汉地质学院, 1979, 地球化学, 地质出版社

黑钨矿的H/F值变化规律及其标型特征

——以江西画眉坳钨矿主矿带为例

中南矿冶学院 罗贤昌

画眉坳钨矿产于震旦系浅变质岩系中, 属于外接触带岩浆期后气化高—中温热液脉钨矿床。主矿带为该矿床的主要工业矿体。

矿石中的主要矿物有铁钨锰矿、白钨矿、黄铁矿、黄铜矿、铁闪锌矿、辉钼矿、辉铋矿、绿柱石、萤石、钾微斜长石、铁锂云母、石英等, 另外还有毒砂、磁黄铁矿、方黄铜矿、 β —黄铜矿、纤锌矿、硫锡锌铜矿、 α —硫银铋矿、绿泥石、黑云母、方解石等。其中方黄铜矿、 β —黄铜矿、纤锌矿、 α —硫银铋矿、硫锡锌铜矿系经X射线粉晶照相分析, 测得 d 值后查A. S. T. M. 卡片所确定的。

1. 方黄铜矿 CuFe_2S_3 : 斜方晶系, D_{2h}^{14} — $pcmn$, $a_0 = 6.46 \text{ \AA}$, $b_0 = 11.12 \text{ \AA}$, $c_0 = 6.23 \text{ \AA}$, $z = 4$ 。

2. β —黄铜矿 $\beta\text{—Cu}_{17.6}\text{Fe}_{17.6}\text{S}_{32}$: 等轴晶系, Td^3 — $I\bar{4}3m$, $a_0 = 10.592$, $z = 1$ 。

以上两矿物均系黄铜矿的同质三象变体, 方黄铜矿为低温相, β —黄铜矿为高温相。

3. 纤锌矿 $\beta\text{—ZnS}$: 六方晶系, C_{6v}^{12} — $p6mc$,

$a_0 = 3.814 \text{ \AA}$, $c_0 = 6.257 \text{ \AA}$, 属闪锌矿的同质二象变体的高温相。

4. 硫锡锌铜矿 $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$: 四方晶系, $I\bar{4}2m$,

$a_0 = 5.427 \text{ \AA}$, $c_0 = 10.848 \text{ \AA}$, $z = 2$ (表1)。

5. α —硫银铋矿 $\alpha\text{—AgBiS}_2$: 假等轴晶系, $a_0 = 5.64 \text{ \AA}$, $c_0 = 5.67 \text{ \AA}$, $\alpha = \beta = 90^\circ$, $\gamma = 88^\circ 10'$, $z = 2$ 。

黑钨矿的特征和产出部位

石英脉中的黑钨矿, 常呈厚板状或薄板状靠近脉壁产出, 垂直或斜交脉壁生长。单体最长可达10~40厘米, 小的不到1厘米, 一般5~10厘米, 长宽比约5:1。局部呈“砂包”或团块状集合体产于脉中或矿脉分枝复合、尖灭、弯曲、膨缩部位。

单矿物经X射线粉晶照相分析并查A. S. T. M. 卡片得 d 值 (表2), 属单斜晶系, C_{2h}^2 — $p2/c$, $a_0 = 4.783 \text{ \AA}$, $b_0 = 5.733 \text{ \AA}$, $c_0 = 4.983 \text{ \AA}$, $\beta = 90^\circ 35'$, $z = 2$ 。

黑钨矿化学成分特点及其变化规律

1. 黑钨矿中钨锰矿 (Hubemevite) 分子比

硫锑铋矿 26—575			α —硫银铋矿 21—1178			方黄铜矿 27—166			β —黄铜矿 贵阳地化所			纤锌矿 5—0566		
d (Å)	I/I_0	hkl	d (Å)	I/I_0	hkl	d (Å)	I/I_0	hkl	d (Å)	I/I_0	hkl	d (Å)	I/I_0	hkl
3.126*	100	112	3.24*	70	111	3.05*	100	111	3.06*	10	222	3.123*	100	111
2.713	9	200, 004	2.84*	100	002	2.64	30	200	2.63	3	400	1.912*	51	220
2.426	1	202	1.98*	80	022	1.867*	80	220	1.873*	9	440	1.633*	30	311
1.919*	90	220, 204	1.69	40	113	1.594*	70	311	1.325	3	800	1.240	9	331
1.636*	25	312, 116	1.63	20	222	1.321	40	400	1.216*	5	662	1.1034	9	422
1.450	1	314	1.41	10	004	1.212	50	331	*示特征X射线数据。					
1.246	10	332, 316												

铁钨锰矿化学X射线粉末衍射
数据(12—727) 表 2

d (Å)	I/I_0	hkl
5.73	15	010
4.78*	60	100
3.76*	55	011
2.968*	100	111
2.485	45	002, 021
2.460	10	120
2.217	15	121
2.06	5	112
2.023	10	211
1.881	15	022
1.836	15	220
1.776	25	130

*示特征X射线数据。

钨铁矿(Ferberite)分子平均含量比值(H/F)要大,应属铁钨锰矿。

黑钨矿是由钨锰矿和钨铁矿两个端员组分组成的连续固溶体。据主矿带8个中段黑钨矿单矿物化学成分分析的氧化物百分含量平均值,换算成 $MnWO_4$ 分子和 $FeWO_4$ 分子的百分含量,求出H/F系数值(表3),与赣南黑钨矿比较,该矿带的H/F值较大(3.2),相当于赣南同类型脉钨矿床的5倍。矿物连续固溶体中的 $MnWO_4$

分子占76.4%, $FeWO_4$ 占23.3%,按A. A. Годовиков (1975) 黑钨矿族的矿物种划分标准,这里的黑钨矿属富锰贫铁的钨锰铁矿范围(表4)。实测得出的晶胞参数和主要物理性质接近钨锰矿的特点,应属铁钨锰矿。

2. 黑钨矿的H/F值随结晶温度升高而减小(表5),说明高温有利于 F^{2+} 与 Mn^{2+} 的替换,其H/F值接近1;温度降低, F^{2+} 与 Mn^{2+} 的替换受到限制,其H/F值大于1或小于1,即钨锰铁矿混晶中的 $FeWO_4$ 与 $MnWO_4$ 分子的含量相差较大,可见,结晶温度是黑钨矿化学成分变化的重要因素。

3. 从表3看出,在标高590米的4中段以上近地表的黑钨矿,均属连续系列中的端员矿物钨锰矿;标高565米的5中段以下,则为中间组分的钨锰铁矿。说明随着矿化深度的加大, $FeWO_4$ 和 $MnWO_4$ 分子的混溶程度也增大,即H/F值接近1,端员组分钨锰矿逐渐向中间组分钨锰铁矿(wt)过渡。这个变化规律符合于B. H. Воеводин (1980) 提出的黑钨矿化学成分与成矿条件变化的关系(见图)。因此,同类型脉钨矿床中黑钨矿化学成分的变化规律(H/F值大小),是结晶温度和矿化深度等成矿条件的标志。

引起黑钨矿化学成分变化的因素

黑钨矿单矿物化学成分对比表

表 3

地 区	黑钨矿产出地点及 矿床类型	平 均 含 量 , %			FeWO ₄ (F) %	MnWO ₄ (H) %	H : F
		WO ₃	FeO	MnO			
画 眉 坳 矿 区 主 矿 带	1 中段	75.83	4.38	19.76	18.50	84.30	4.56
	2 "	75.24	3.96	20.72	16.70	88.40	5.30
	3 "	75.36	5.00	19.67	21.10	83.90	4.00
	4 "	75.42	5.00	19.36	21.10	82.60	3.90
	5 "	75.91	5.44	17.59	23.00	75.10	3.20
	6 "	78.04	6.30	15.64	26.60	66.70	2.50
	7 "	75.75	8.00	14.72	33.80	62.80	1.90
	8 "	74.19	6.10	15.65	25.83	66.80	2.50
	平均值	75.71	5.52	17.89	23.30	76.40	3.20
赣 南 地 区	花 岗 岩 型	72.81 (2)	7.13 (2)	16.91 (2)	30.14	72.17	2.4
	伟 晶 岩 型	74.04 (1)	6.55 (1)	18.61 (1)	27.69	79.42	2.87
	云 英 岩 型	73.50 (3)	7.43 (3)	16.01 (3)	31.40	68.33	2.18
	内带石英脉型	74.29 (11)	11.53 (11)	12.13 (11)	48.73	51.77	1.1
	外带石英脉型	74.62 (21)	13.52 (26)	8.77 (26)	67.15	37.43	0.66

注: (1) 括号内的数字为样品个数;

(2) 化学成分数据除画眉坳矿区外, 其余均引自《地质与勘探》1981, No 2。

矿物系列的晶胞参数和主要物理性质

表 4

矿 物	MnWO ₄ 分 子百分数 ⁽¹⁾	单位晶胞棱长 ⁽²⁾ , Å			主要物理性质 ⁽³⁾			
		a ₀	b ₀	c ₀	条痕	反射率 (R) % (绿光下)	VHN (100)	比重
钨铁矿	0~20	4.70	5.69	4.94	黑色	17~15	405	7.4~7.3
钨锰铁矿	20~80 (76.4) ⁽⁴⁾	4.783 (4.783)	5.744 (5.733)	4.97	褐色	16~14	↓	7.3~7.2
钨锰矿	80~100	4.84	5.76	4.98 (4.983)	(棕褐)	14~13 (12~13)	325.5 (280~300)	7.2~7.1 (7.0~7.1)

[1] 据 A. A. Годомиков (1975)。

[2] 为理论值。

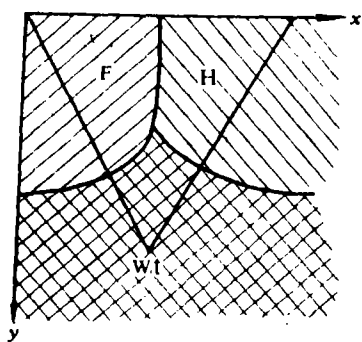
[3] 引自《江西南部内生钨、铍矿床矿物学》，1965。

[4] 括号内的数据为本文实测数值。

不同温度下的黑钨矿化学成分

表 5

成矿 温度	黑 钨 矿 化 学 成 分, %			FeWO ₄ (F) %	MnWO ₄ (H) %	H / F
	WO ₃	FeO	MnO			
低温	75.82	5.85	16.23	24.73	69.3	2.8
中温	75.78~76.18	4.45~6.36	17.37~18.35	18.8~26.9	74.14~78.3	3.9~2.9
高温	74.39~75.84	7.82~8.92	12.75~14.31	33.1~37.7	54.4~61.1	1.64~1.62



黑钨矿化学成分与成矿条件关系示意图

(据 В. Н. Восновин, 1980)

x—H₂S浓度、pH值、Eh值;

y—温度(T)、压力(P)

影响黑钨矿中FeWO₄和MnWO₄分子含量变化的因素很多。笔者通过对本矿带黑钨矿H/F值变化规律的研究,认为主要因素是Fe²⁺、Mn²⁺离子晶体场稳定能和成矿条件(结晶温度、矿化深度)。

1. Fe²⁺、Mn²⁺离子的晶体场稳定能,对不同成矿温度的黑钨矿中FeWO₄和MnWO₄分子含量比值有影响。

黑钨矿属单斜晶系,其晶体构造W—O₆八面体位于Mn²⁺(Fe²⁺)—O₆八面体所成链之间,构成平行c轴的似链状或平行{100}的似层状构造。其中Mn²⁺、Fe²⁺离子均属3dⁿ型过渡离子(Fe为3d⁶4s²,Mn为3d⁵4s²),在八面体场中的晶体场稳定能* Fe²⁺为11.4千卡/克分子, Mn²⁺为零;八面体位置优先能*(OSPE) Fe²⁺为4千卡/克分子, Mn²⁺为零。在岩浆结晶过程中,从岩浆到结晶成黑钨矿晶体,其能量上的改变主要是由离子从四面体进入八面体位置所引起。因此,过渡金属离子(Fe²⁺、Mn²⁺)矿物中的相对富集程度,将取决于它们在八面体位置中所能得到的晶体场稳定能的相对大小,显然,具有大的优先能的Fe²⁺离子,将优先争到黑钨矿晶体构造中的八面体位置,而出现于早结晶的高温黑钨矿中,所以其中FeWO₄分子含量

高,晚结晶的相对低温黑钨矿中MnWO₄分子含量高。因此,在其他成矿因素相近的条件下,黑钨矿中的H/F值大小,可作为成矿温度的标型。

2. 矿化深度影响成矿过程中氧、硫的浓度比例的变化。

一般情况下,在地壳深部,气水溶液在成矿过程中,CO₂和H₂O分子组分在强还原条件下能产生游离氧,即2CO₂→2CO+O₂, 2H₂O→2H₂+O₂。气水溶液中的H₂S组分,当处于地壳深部高温阶段时(大于400℃),H₂S以中性气体分子状态存在。因此,随着矿化深度加大,温度升高,游离氧浓度大于硫浓度,矿液中Fe²⁺、Mn²⁺离子主要呈FeWO₄、MnWO₄的氧化物沉淀,并且随着温度升高,两者分子的混溶程度加大,故黑钨矿中H/F值接近,相应矿物连续系列中FeWO₄分子随矿化深度加大而增加。

当矿液上升到近地表的较低温条件时,虽然氧离子浓度增加,但随着温度的降低,气水溶液中H₂S在水中的溶解度加大,其H₂S分子的解离程度亦加大,即H₂S=H⁺+(SH), (SH)⁻=H⁺+S²⁻,造成硫离子浓度增大,引起矿液中硫、氧浓度比例发生变化。在碱性或弱碱性条件下,矿液中金属离子如Fe²⁺、Cu、Pb、Zn等易与硫成简单硫化物如(Fe,Zn)S、CuFeS₂或铁的二硫化物黄铁矿(FeS₂)沉淀,矿物系列中FeWO₄分子含量减小,则黑钨矿中H/F值大于1。所以矿化深度是黑钨矿化学成分变化的重要因素。

几点结论

1. 该矿带的黑钨矿,在标高590米以上为钨锰矿,565米以下为铁钨锰矿。

2. 脉钨矿床中,黑钨矿的H/F比值大小是成矿条件(结晶温度和矿化深度)的标型特征:

(1) 当H/F值接近1时,即钨铁矿和钨锰矿呈含量相近的黑钨矿存在时,表明矿化处于高温中深条件。

(2) H/F值越大于1或小于1时,即当均一的端员成分(钨铁矿或钨锰矿)出现时,表明

矿化处于相对低温近地表的条件。

3. 黑钨矿的H/F比值的标型特征,对评价矿床的矿化深度有指导意义。

本文承蒙画眉坞钨矿地测科郑荫凯、鲍学明工程师的支持,提供了有关分析资料,初稿经张振儒副教授审阅,提出了宝贵意见,在此一并

主要参考文献

- [1] 章崇真,地质与勘探,1981, № 2
- [2] 李秉伦等,1965,江西南部内生钨钼矿床矿物学,科学出版社
- [3] 南京大学地质系岩矿教研室,1978,结晶学与矿物学,地质出版社
- [4] Воеводин В.Н., Геол.рудн. м-ия,1980, № 4 стр. 32~43
- [5] Годовиков А.А. Минералогия 1975,стр.467



发展中国家的地学建设

一、过去的经验

1960~1976年,联合国开发计划署向66个第三世界国家提供了1.3亿美元的地学技术援助,当地政府提供了0.86亿美元。这些促成价值260亿美元矿床的发现。但因财政和政治上的原因,这些矿床开发尚少。

在联合国的协助下,智利、东南亚、东非等国家和地区已建立研究中心,在哥斯达黎加、沙特阿拉伯创立了第三世界国家区域训练中心。估计在第三世界工作的地质学家有25000人(不包括中国)。巴西每年有450名毕业生,印度450名,尼日利亚80名,赞比亚和博茨瓦纳的地质学家不足20人。

二、现状

第三世界的地质学家苦于低工资和低野外津贴、供应和设备短缺、提升机会很少,官方很少承认他们的好成绩,阅读国际科学文献、参加国际会议机会很少。抱怨最多的是外国“专家”不切实际的指导、高工资和格格不入的生活方式。

许多第三世界国家对理论的迷信和对实践的脱离,与科学团体缺乏通讯和合作,对“南方”专家的轻视和对“北方”专家的偏爱,阻碍着这些地区地学的发展。

三、不断的需要

1. 教育与训练:许多发展中国家的大学里生搬硬套全部教材,造成毕业生的技能脱离本国实际。

曼谷有个区域性高级培训中心——亚洲技术学院,第一期是研究工程地质。国际开发地学工作者协会过去四年组织了赞比亚勘查地球化学短训班,马来西亚属地质、委内瑞拉热带森林勘察技术、玻利维亚地下

水管理等短训班。这些训练的成功关键是开办在发展中国家并由第三世界地质学家领导。

第三世界的科研应侧重于基础和应用,马来西亚、印度和巴西等国已取得成就。斯里兰卡含宝石麻岩的研究,坦桑尼亚和肯尼亚重砂矿物、泰国地热等应用专题研究,为各该国的地学发展做出了有益贡献。

南北之间的科研合作应不断发展,科学家需要交流学术思想。

印度在出版适合国情的教科书方面已走在前列,拉美国家仍沿用外国西班牙文版或译本地学教科书。

2. 情报资料:主要应设法获取国际科技文献。由于距离遥远、价格昂贵,不易使用以电算为基础的文献资料系统。这种阻塞对矿产、能源和水源等有重要经济意义的领域很不利。地下水开发体系、小型矿山开采和选矿等资料,北方的电算站储存得最好。

一些刊物对地学交流作用很大,如《Episodes》(插图)、《AGID News》(国际开发地质学家协会消息)、《CGLO Newsletter》(联邦地质联络局通讯)、《CCOP News》(亚洲沿海矿物资源共同勘探委员会消息)。

由发展中国家主办科学会议正日益增加,对南方地学的发展提供了良好机会。1978年在泰国举行了东南亚地质第三次区域性会议,1975年在埃及举行了非洲地质第五次会议,1978年在特立尼达多巴哥举行了第四次拉美地质会议。此外,巴西、印度、马来西亚、尼日利亚、墨西哥、委内瑞拉和菲律宾等国也举行过一系列讨论会。

各国地质学会是促进合作和对政

府起咨询作用的最好方式。1979年7月出版的《地质时报》列举的地质学会数是:发达国家325个;南方国家50个,其中非洲7个,拉美25个,亚洲和中东19个。

最有效的途径也许是个人通讯网。一次谈话,一个电话,一封信往往可得到同事们对某个专门问题的解答和启发。1977年由联合国教科文组织主办的东南亚地学区域(通讯)网,对联系大学、政府部门和科研机构起了作用,对训练、科研合作和情报交换也有益。

四、技术合作的新方向

由于南北之间在经济、社会和环境上的差异,发展中国家应设法从南方国家的革新成就及失败中去学习。

小型矿山开采,是1978年联合国和墨西哥联合举办的一次较大国际会议的主题。最近在肯尼亚蒙巴萨举行了由国际开发地质学家协会主持的类似专题讨论会。众所周知,小矿山和小采石场可能是危险、浪费、糟蹋劳力、难于管理的,但许多国家仍占有众多劳力。墨西哥从事这类工作的有2.5~3万个劳力,他们生产原料用来顶替进口物资和发展乡村工业。

热带雨林地区是南方未开发的地区之一,其矿产勘查和开发有重要意义,而世界上这方面的文献相对甚少。红土化作用过程,元素在热带风化作用中的迁移,厚层覆盖下基岩特性等都有待研究。1977年在委内瑞拉加拉加斯有关热带雨林区勘察技术会议后,专门成立了一个国际科研机构去探索这个问题。

(李志峰摘译自《Episodes》,1980年卷,第2期)