

冰长石——大厂锡-多金属矿床同生成因的标志矿物*

韩发 沈建忠

R W 哈钦森

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

(美国科罗拉多矿业学院)

提 要: 钾长石在大厂锡-多金属矿床分布广泛, 与成矿关系密切。长期以来, 对其成因有种种不同看法。本文最新研究证明, 该矿床中的钾长石属于冰长石和钡冰长石, 系钾长石的低温变种。这种低温钾长石是在成岩期形成的, 而不是岩浆期后热液交代作用的产物。无疑, 这项新发现为大厂锡-多金属矿床同生成因提供了重要新证据。

主题词: (钡)冰长石 成岩作用 大厂锡矿床

钾长石在大厂锡-多金属矿床分布广泛, 与成岩作用关系密切。就其产状而言, 它主要与层状矿体有关, 很少出现于脉状矿石中。从空间分布看, 它存在于含矿建造各个层位的层状矿体中。D₁¹ 硅质岩层位 (92号矿体)、D₂^{2a} 泥灰岩层位 (A层矿体)、D₂^{2b} 细条带硅质岩层位 (91号矿体) 和D₃³ 底部硅质泥灰岩层位 (75号矿体及C层矿体) 中均有钾长石产出。可见, 大厂 (长坡—铜坑) 矿床中的钾长石确系与矿床成因有直接关系的标志矿物。迄今为止, 对这种钾长石的成因有三种看法: ①与岩浆期后热液活动有关的钾长石化^[1]; ②与火山喷发活动有关的透长石晶屑^[2]; ③与海底热水活动系统有关的化学沉积物^[3]。本文将以前最新研究资料, 对该矿床中钾长石的成因进行讨论。

1 产状和矿物学特征

就目前所研究的长坡—铜坑矿床范围内, 含钾长石的矿石既有块状的, 也有条带状的, 但以条带状者居多 (照片1)。这种含钾长石的条带状矿石特征如下:

(1) 岩石条带: 在整个矿区范围内, 这种岩石条带宽度变化于0.2~1.5 cm之内, 成层性非常好, 主要由钾长石、绢云母、石英、方解石、富镁电气石组成。一般情况下, 钾长石含量为15%~60%, 个别可高达90% (照片2), 多呈不规则粒状, 粒径为0.01 mm, 自形程度差, 常常表现为不均一消光, 未见到任何双晶。绢云母含量变化于5%~25%之间, 呈鳞片状微晶, 粒度为0.01 mm × 0.02 mm。石英含量变化于15%~60%, 亦呈不规则粒状, 粒径在0.02 mm左右。方解石含量在不同层位的矿体中变化较大, 少者为3%左右, 多者达20%,

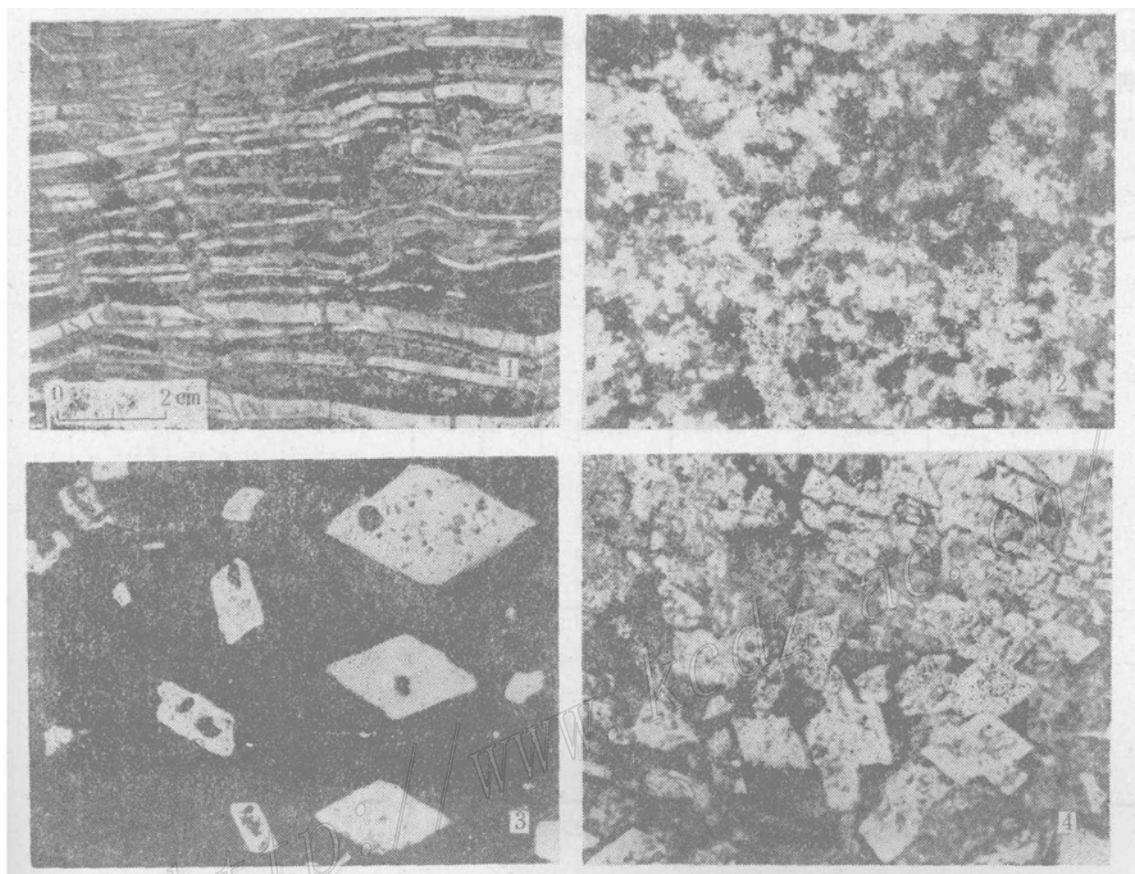
* 本文是地质行业基金会资助项目

韩发, 男, 54岁, 研究员。长期从事层控金属矿床地质研究。邮政编码: 100037

1992-11收稿, 1993-2修改回

钾长石晶体常聚集成小集合体，其大小变化于0.01~0.15 cm间。电气石含量一般在3%左右，但从不缺失；有时其含量高达20%以上，并呈微细条带产出。电气石晶形一般呈针状，长度在0.013mm左右。

(2) 矿石条带：含钾长石的矿石条带变化很大，即使在一块标本上也可存在三种情况：a) 脉石矿物全部为石英，含量变化于15%~25%，石英为长柱状，具特征的六边形横切面，其中常包有硫化物（磁黄铁矿或闪锌矿）包体；b) 脉石矿物为单一钾长石（有个别石英），含量变化于7%~15%（照片3）。这种钾长石自形程度好，多为板状，但具十分特征的菱形横切面，其边长为0.065mm左右（照片3,4）。该钾长石多具碳酸盐化和高岭石化，



照片说明

- 照片1 D₂^b细条带富钙硅质岩层位(91号矿体)中条带状硫化物矿石。灰色条带为磁黄铁矿，暗色条带为闪锌矿，灰白色者为硅质泥岩。各种条带中都含冰长石，区别为硫化物条带中者自形程度好，粒度也稍大 DT8833 手标本 铜坑矿山
- 照片2 岩石条带中冰长石的显微图象。白色者为石英(<5%)，其余皆为冰长石。该矿物为他形、粒状，总体呈缝合线结构 正交偏光 ×40 DC9037 长坡矿山
- 照片3 (a)含硫化物(磁黄铁矿)包体的板状冰长石晶体，黑色部分为硫化物 单偏光 ×20 DT9018 铜坑矿山
(b)硫化物条带中具菱形横切面冰长石图象集锦 单偏光 ×250 DT9018 铜坑矿山
- 照片4 条带状锡石-长石矿石中锡石条带里的冰长石(低突起，亮白色者)。此处冰长石大多数具菱形横切面。高突起亮白色者为锡石，灰色者为方解石 单偏光 ×20 DT24 铜坑矿山

与石英类似, 其中亦常见硫化物包体; c) 脉石矿物为石英与钾长石共存, 含量及矿物特征与上述石英和钾长石类似。由此可见, 对于条带状矿石, 在不同的矿石条带间的脉石矿物有明显的不同, 这是热液交代作用所无法解释的。

费氏台研究表明, 本矿床中钾长石菱形横切面长对角线方向为 N_g , 故沿此方向为平行消光, 正延长, 与标准冰长石光性方位相一致。该钾长石为负光性, 光轴角较小, 经费氏台小角投影法及油浸直读法对 5 个颗粒进行测定, $(-)2V$ 变化于 $10^\circ \sim 14^\circ$ 之间, 测定精度为 2° 。

电子探针分析表明 (表 1), 在长坡一铜坑矿床, 钾长石以含钡为特征, 在富锡石硫化物条带中钾长石含钡相对较低, 而在泥质和硫化物条带中钾长石含钡相对较高, 其最高含量可达 4.21%, 钡长石 (By) 分子百分数可达 4~8。从含矿建造的层位看, 从 $D_1^1 \rightarrow D_2^2 \rightarrow D_3^3$ 到 D_4^4 , 钾长石含钡量没有明显的变化规律。

表 1 大厂锡-多金属矿床中钾长石电子探针分析结果 (%)

Table 1. Electron microprobe analyses of feldspars from the Dachang tin-polymetallic orefield

样号 ^①	DT 9018-1	DT 9018-3	DC 9037-2	DC 9037-3	DC 9037-4	T1 ⁽³⁾	DT 24 ⁽³⁾
点 数	(4)	(1)	(2)	(1)	(2)	(14)	(4)
Na_2O	0.45	0.19	0.06	0.11	0.16	0.09	0.13
K_2O	13.65	14.84	14.48	15.98	16.61	14.32	16.10
CaO	0.09	0.00	0.01	0.02	0.17	0.03	0.41
BaO	4.21	1.92	0.90	0.11	0.01	3.80	0.16
Al_2O_3	18.72	18.11	18.18	17.49	17.82	18.80	17.45
SiO_2	61.92	64.62	66.23	65.22	66.00	64.57	67.51
Σ	99.05	99.60	99.86	98.92	100.77	101.61	101.76
长 石 的 分 子 百 分 数							
Or	87.0	94.2	97.5	98.7	97.7	91.6	97.3
Ab	4.3	1.9	0.5	1.0	1.5	0.9	1.2
By	8.2	3.9	1.9	0.2	0.0	7.5	0.3
An	0.5	0.0	0.1	0.1	0.9	0.0	1.2

注: 由于长石受后期蚀变, 为确保分析点样品新鲜, 测定时所用电子束直径小于 $5\mu m$, 因此 Na_2O 、 K_2O 含量略偏低。

① DT 9018-1, DT 9018-3 为硫化物条带中钾长石 (照片 3); DC 9037-2 为岩石条带中钾长石 (照片 2); DC 9037-3、DC 9037-4 为锡石条带中钾长石

2 X射线和红外光谱分析

为了进一步研究大厂 (长坡一铜坑) 矿床钾长石的成因, 我们分离了两个钾长石单矿物样, 一个是产于 D_1^1 硅质岩层位 (92号矿体) 条带状锡石-硫化物矿石样品中岩石条带里的钾长石 (DC9037, 照片 2), 另一个是产于 D_3^3 层位 (C层矿体) 条带状硫化物矿石中硫化物条带中的钾长石 (DT9018, 照片 3)。从矿石类型到含矿建造来看, 这两个样品有充分的代

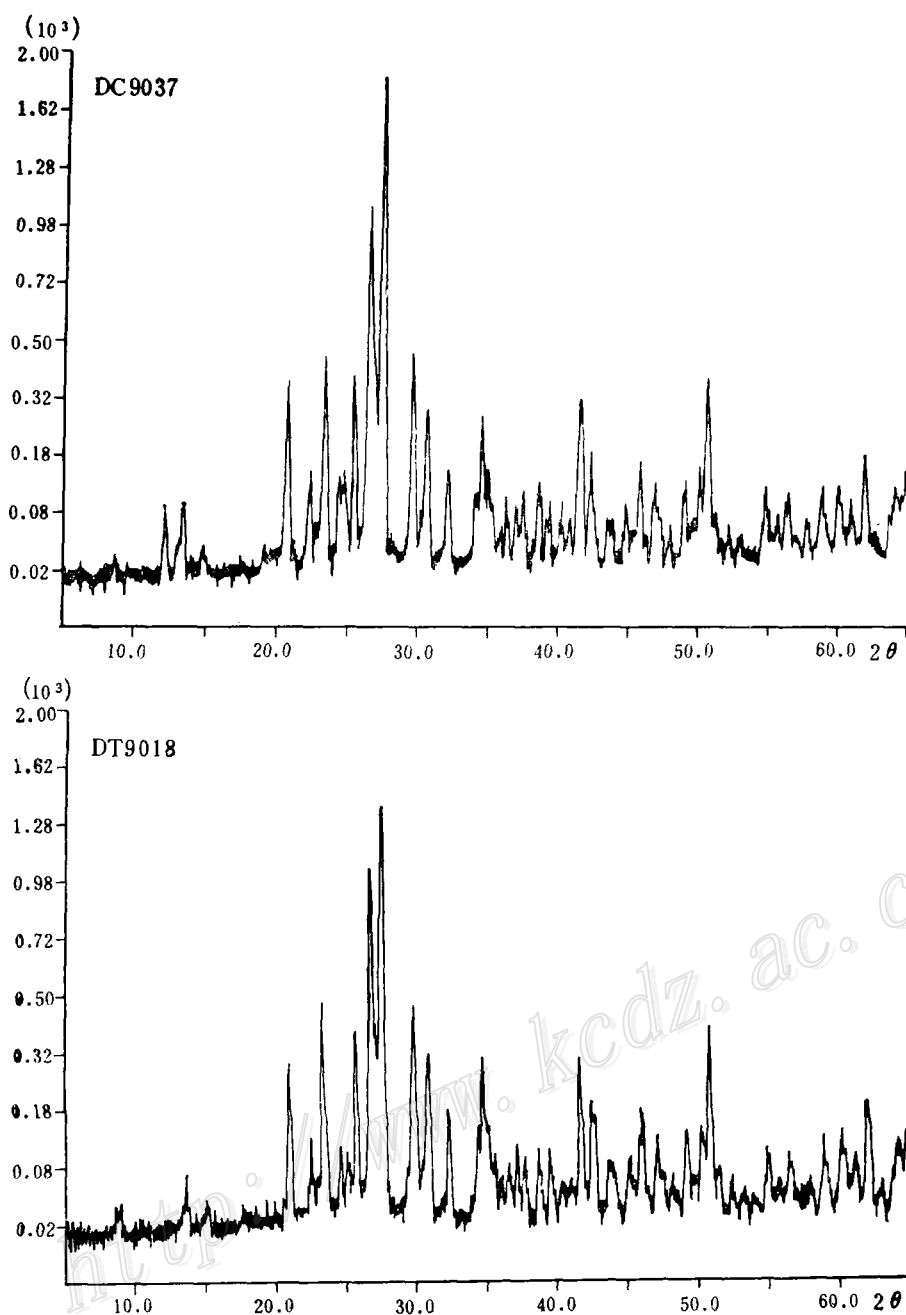


图1 大厂锡矿床钾长石X射线衍射图谱
DC9037—冰长石, 取自长坡矿床92号矿体; DT9018—钠冰长石,
取自铜坑矿床C层矿体

Fig.1. X-ray diffraction patterns of feldspars from the Dachang tin-polymetallic orefield.

表性。

X射线衍射分析结果见表2, 图谱见图1。从图1及表2可以看出, 在 $2\theta = 23.47^\circ$, $d(\text{\AA}) = 3.803$ (DC9037) 和 3.775 (DT9018)处, 两个样品都有一个显著的强峰, 说明(130)

表 2 钾长石的X射线衍射值($\text{\AA}$)

Table 2. X-ray diffraction values of K-feldspars

1	2	3	4	5	6
d	d	d	d	d	d
6.55	6.47	6.46	6.53	6.53	6.53
5.93	5.84	5.88	5.96	5.86	5.96
4.26	4.24	4.26	4.25	4.21	4.25
3.97	3.95	3.95	3.96	3.92	3.96
3.80	3.77	3.75	3.79	3.76	3.79
3.63	3.61	3.63	3.64	3.62	3.64
3.58	3.54		3.56	3.54	3.56
3.48	3.46	3.47	3.47	3.45	3.47
3.35	3.33	3.35	3.30	3.30	3.30
3.24	3.23	3.29	3.24	3.28	3.24
		3.13		3.10	
3.00	2.99	3.00	3.00	2.98	3.00
2.90	2.90	2.89	2.90	2.90	2.90
2.77	2.76	2.76	2.77	2.76	2.77
		2.71			
2.58	2.58	2.59	2.58	2.57	2.58

1—大厂长坡矿床样品, DC 9037; 2—大厂铜坑矿床样品, DT 9018; 3—麦克阿瑟河矿床样品, M 213⁽⁴⁾; 4—粗玄岩角砾中具斜长石假象的钾长石, 取自麦克阿瑟河矿床 DDH Emu No. 1 滑塌角砾岩⁽²⁾; 5—冰长石, 意大利⁽⁴⁾; 6—冰长石, 新西兰⁽⁴⁾

面未发生任何分裂, 该钾长石属单斜晶系。在此基础上, 以 KBrO_3 为内标, 在 2θ 为 $18^\circ \sim 25^\circ$ 、 $38^\circ \sim 42^\circ$ 、 $48^\circ \sim 52^\circ$ 三个区间内进行扫描, 用 KBrO_3 的(101)、(202)、(122)三个峰位对长石的 $(\bar{2}01)$ 、(060)、 $(\bar{2}04)$ 三个峰位进行标定。实验条件为: $\text{CuK}\alpha$ ($1.54178 \text{\AA}$), 50 kV, 40mA; 扫描速度为0.02度/秒, 计数时间为2秒, 测定结果见表3。

据表3资料, 进行如下计算:

(1) 用 $2\theta_{\bar{2}01}$ 峰位, 采用Jones等(1969)的公式^[5], 计算两个样品钾长石的分子百分数分别为94和接近100(表3)。这个计算结果与电子探针分析结果是一致的(见表1), 证明研究样品确系碱性长石系列富钾端员或含钡钾长石。

(2) 用 $2\theta_{060}$ 、 $2\theta_{\bar{2}04}$ 峰位, 采用Каменцев等(1977)公式^[9], 计算铝在晶格中的占位分别为0.330和0.365(见表3), 证明该长石是部分有序的低温钾长石, 而不是高透长石。同时, 采用Гордиенко等(1975)公式^[10], 计算单斜有序度 S 分别为0.25和0.40, 这个结果与红外光谱分析结果十分一致(见表3)。

样品DT9018红外光谱分析图谱如图2, 波速为 3610cm^{-1} 的谱带表明该样品中含少量云母。样品DC9037(图谱未附, 与图2相似)在波速为 3698cm^{-1} 和 3649cm^{-1} 处存在两个弱

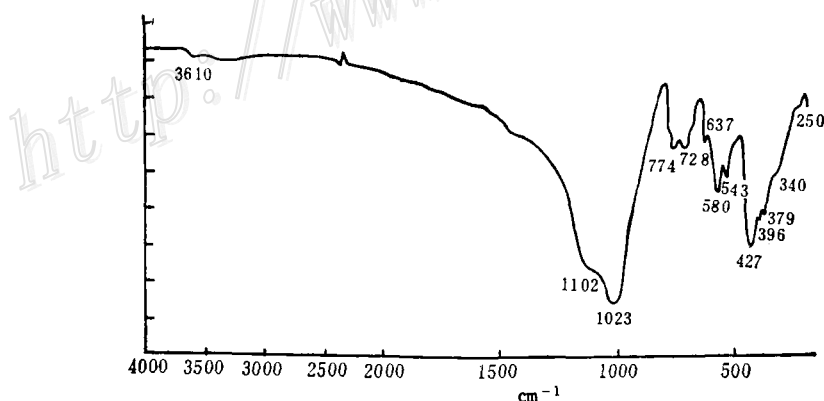


图 2 钽冰长石(样品DT9018)红外光谱图谱

Fig.2. Infrared absorption spectrum of hyalophane from the Dachang tin-polymetallic orefield.

表3 大厂锡-多金属矿床钾长石X射线及红外光谱分析结果
Table 3. X-ray diffraction analyses and infrared spectroscopic analyses of feldspars from the Dachang tin-polymetallic orefield

样号	$2\theta_{201}$	$2\theta_{061}$	$2\theta_{204}$	Or(%)	结构状态	单斜有序度	
						X光测定	红外光谱测定
DT 9018	21.01	41.62	50.77	94	$\epsilon_1(o) = \epsilon_1(m) = 0.330$	0.25	0.20
DC 9037	20.93	41.64	50.71	≈ 100	$\epsilon_1(o) = \epsilon_1(m) = 0.365$	0.40	0.40

谱带表明其中含少量高岭石。这些结果与X射线粉晶衍射资料一致，证明研究样品较纯。

3 讨论和意义

上述资料证明，大厂（长坡—铜坑）矿床中的钾长石为单斜晶系，部分有序的低温变种，完全不同于高透长石。X射线粉晶衍射数据与文献资料中的冰长石相一致（表2）。此外，该矿物具十分特征的菱形横切面，（一） $2V$ 较小，明显区别于正长石，应属冰长石和钡冰长石（表1中BaO含量大于1.5%者）。

冰长石主要产于浅成低温热泉型矿床和块状硫化物矿床中。在一些喷气-沉积型块状硫化物矿床中，（钡）冰长石总是产于条带状或纹层状的岩石或矿石里，几乎不呈脉状出现。如在麦克阿瑟河矿床，冰长石主要产于层凝灰岩、凝灰质页岩及层状矿体中。条带状硫化物矿石中的冰长石自形程度好，具特征的菱形横切面，与六方柱状石英共生。与岩石条带中的冰长石相比，该冰长石粒径稍大，可达0.04mm，其中也有较多的硫化物包体^[4]。Croxford等（1972）^[4]和Plumb（1989）^[6]研究认为，麦克阿瑟河铅锌矿床中的冰长石是成岩作用期间形成的，其物质来源尽管有各种不同看法，但很可能是火山灰和高盐度碱性热卤水相互作用所致。在芒特艾萨铅锌矿床中，钾长石主要产于薄层状、整合的标志层中（厚度不大于2cm）。该标志层在容矿围岩中频繁出现，比如在大约3500英尺厚的容矿岩石内至少有60层。这些标志层以富钾火山物质为主，产于其中的钾长石因受高级变质作用影响已变为微斜长石，但详细研究证明，起初它们是单斜晶系的低温钾长石（冰长石？）^[7]。Goodfellow（1984）^[8]认为，塞尔温盆地霍华兹山口铅锌矿床中的钾长石和钡冰长石可能是在成岩期交代重晶石形成的，但很难确定其物质来源。

如前所述，大厂（长坡—铜坑）矿床中的冰长石或钡冰长石主要产于条带状矿石中。与其共生的锡石和富镁电气石经地质地球化学综合研究表明它们是由海底热卤水形成的，其物质来源于富锡和硼的四堡期火山-沉积岩^[3]。在硫化物条带中，冰长石或钡冰长石呈浸染状分布，自形程度好，具菱形切面，并与典型的六方柱状低温石英共生；而在岩石条带中，冰长石有时是主要基质矿物，呈他形粒状，粒度更细，结晶程度差，无任何双晶。这种含冰长石的岩石条带富含有机碳以及生物化石碎片，并常被成岩期形成的硫化物或碳酸盐梯状脉所切穿。在硫化物条带中（钡）冰长石和石英由于其结晶能力比硫化物强，所以在硫化物条带沉积以后形成很好的晶形，而在岩石条带中则很难形成很好的晶形。对比研究表明，大厂矿

床中的(钡)冰长石在产出特征和矿物学特征上与上述各矿床,尤其是麦克阿瑟河矿床中的冰长石十分相似。这些事实说明,本矿床中的冰长石或钡冰长石是在成岩作用期间形成的,当然,条带状矿石是同生沉积的。至于形成冰长石的物质来源暂时尚难定论,目前还没有确凿的事实证明本矿床富钾火山物质存在。但该矿床中冰长石含钡较高,意味着其物质来源可能与海底热卤水活动系统有关。特别是大厂锡-多金属矿床含砷、锑高,容矿岩石尤其富硅质,这为其喷气-沉积成因提供了有利证据。

本项研究得到了许多同志的大力帮助。大厂矿务局地测处为我们进行矿山地质调查提供了极大方便。特别是铜坑矿山地质学家刘孟宏、长坡矿山地质学家韦可利协助我们采集了有关研究样品。X射线衍射分析由中国地质科学院矿床地质研究所王立本副研究员、贺为助理研究员完成;红外光谱分析由北京大学地质系朱炜炯高级工程师完成;电子探针分析由中国地质大学(北京)毕先梅副教授完成;长石光轴角由中国地质科学院矿床地质研究所王立华副研究员测定。另外,王立本副研究员阅读了全文,并提出了宝贵的修改意见。在此,我们表示最诚挚的感谢。

参 考 文 献

- 1 陈毓川,黄民智,徐珏,艾永德,李祥明,唐绍华,孟令库.大厂锡石-硫化物多金属矿带地质特征及成矿系列.地质学报,1985,59(3):228~240
- 2 陈洪德,曾允孚.广西丹池盆地上泥盆统榴江组硅质岩沉积特征及成因讨论.矿物岩石,1989,9(4):22~29
- 3 韩发,哈钦森R W.大厂锡-多金属矿床热液喷气沉积的证据——含矿建造及热液沉积岩.矿床地质,1989,8(2):25~40
- 4 Croxford N J W, Jephcott S. The McArthur lead-zinc-silver deposit, N. T. Proc. Aust. Min. Met. 1972, (243): 1~25
- 5 Jones JB, Nesbitt R W, Slade P G. The determination of the orthoclase content of homogenized alkali feldspars using the [201] X-ray method. Min. Mag., 1969, (37): 487~496
- 6 Plumb K A. Geochemical interpretation of a Mid-Proterozoic rift succession, McArthur basin, northern Australia. Abstracts Vol. 2, 28th. International Geological Congress, Washington, D. C. USA. 1989, 2~617
- 7 Croxford N J W. Origin and significance of the volcanic potash-rich rocks from Mount Isa. Trans. Inst. Min. Met. 1964, (74): 33~43
- 8 Goodfellow W D. Geochemistry of rocks hosting the Howard Pass(XY) strata-bound Zn-Pb deposit, Selwyn basin, Yukon Territory, Canada. Proc. of the Sixth Quadrennial IAGOD Symposium, Germany. 1984, 91~112
- 9 Каменев И Е, Сметанникова О Г. Определение Al-Si упорядоченность и состава полевых шпатов методом порошка. Зап. Всес. Мин., 1977, 106, 476~481
- 10 Гордиенко В В, Кухаренко А А. Методика исследования структурного состояния щелочных полевых шпатов и их рациональная номенклатура, сб. «Минералогия и Геохимия», 1975, 5.

ADULARIA—AN IMPORTANT INDICATOR MINERAL OF SYNGENETIC ORIGIN FOR STRATIFORM MINERALIZATION AT THE DACHANG TIN- POLYMETALLIC DEPOSIT

Han Fa and Shen Jianzhong

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)

Richard W. Hutchinson

(Department of Geology, Colorado School of Mines, Golden, CO 80401)

Abstract

K-feldspars are widespread in rocks of the Dachang tin-polymetallic ore field and occur in the stratiform, bedded ores. Current data indicate that the K-feldspars are a low-temperature variety, corresponding to adularia or hyalophane. Microscopic studies show that many of these K-feldspar grains have the distinctive lozenge shapes, characteristic of adularia. Their longer diagonal corresponds to the optical orientation of N_x , like that of typical adularia. Studies of five grains on the Fedorov Stage indicate that this adularia has smaller optical angles, $(-)$ $2V$ ranging from 10 to 14 degrees, thus is obviously different from orthoclase. X-ray analyses show it to be monoclinic, and its powder diffraction data are similar to those of adularia as described in the literature. Two samples were studied to determine its structural state. The results show that the site occupancies of aluminium in the lattice are $t_1(o) = t_1(m) = 0.330$ and 0.365 , and degrees of Si-Al ordering are $S = 0.25$ and 0.40 , respectively. Its paragenetic relationships and spatial and temporal distribution in the ore-bearing strata indicate that it may have formed during a diagenetic stage of deposition. Microprobe analyses of adularia coexisting with sulfide and cassiterite in thin mineralized layers of the stratiform ores reveal that the former contain high contents of BaO, up to 4.75%, thus indicating hyalophane, and the latter have no significant BaO content. These data, including the identification of very low-temperature K-feldspars, their optical and crystallographic characteristics and high barium content provide important new evidence favoring a sedimentary exhalative-diagenetic origin for stratiform mineralization in the Dachang tin-polymetallic field.