

东升庙多金属硫铁矿床闪锌矿 特征及形成条件

夏学惠

(化工部地质研究院, 河北涿州 072754)

主题词 闪锌矿 标型特征 形成条件

提 要 闪锌矿是东升庙多金属硫铁矿床中主要矿石矿物之一, 本文从闪锌矿的产状、矿物共生组合、物理性质、化学成分、微量元素含量征、晶胞参数与 FeS 含量关系等方面探讨了闪锌矿标型特征及其与矿床成因的关系。本区有两类闪锌矿, 其中晚期改造作用形成的闪锌矿比原沉积成因的富铁, 形成了闪锌矿向铁闪锌矿转化的矿物系列。进一步确定了矿床成因类型为海底喷气热水沉积-弱改造型矿床。进而讨论了不同成矿期闪锌矿的形成条件。

东升庙多金属硫铁矿床是华北地台北缘多金属成矿带内的大型矿床之一。矿床位于内蒙地轴西端, 狼山复背斜南翼。矿床主要赋存在中元古界狼山群一套浅变质的细碎屑岩-碳酸盐岩建造中, 受狼山-渣尔泰裂陷槽内次级断陷盆地控制^①, 与世界元古宙特大型硫化物矿床有许多相似性。

东升庙矿区含矿地层可划分三个岩性组合, 矿床主要产于第二岩组 (Pt₂)内, 其自下而上为石英岩、白云石大理岩、炭质千枚岩、含炭质白云石大理岩等, 为低绿片岩相的产物。矿体呈层状、似层状、透镜状, 与围岩产状一致。矿区主要有三种类型的矿体: 单硫型矿体; 锌硫型矿体; 单锌型矿体。矿体产出与容矿围岩岩性有一定关系: 单硫型矿体主要产于下部白云石大理岩内, 锌硫型矿体主要产于炭质千枚岩层位中。

矿石矿物组成比较简单, 主要矿石矿物有黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、菱铁矿和磁铁矿。脉石矿物主要有白云石、方解石、石英、绢云母、绿泥石、炭质等。在锌硫型矿体内黄铁矿常与闪锌矿和磁黄铁矿伴生; 在单硫型矿体内, 黄铁矿呈独立矿体, 产于含矿岩系底部白云石大理岩层位内。菱铁矿主要呈独立矿体, 产于含矿岩系顶部大理岩层位内, 常伴有磁铁矿。

矿床蚀变不明显, 主要为硅化。同期岩浆活动不明显, 只有一些顺层产出的石英钠长斑岩。矿床铅同位素组成为两阶段演化的正常铅, 模式年龄在 1400—1700 Ma。为进一步探讨矿床成因与成矿条件, 本文主要研究了不同矿化期闪锌矿的标型特征。

本文于 1991 年 7 月收到, 1992 年 2 月改回。

① 夏学惠, 狼山成矿带元古宙陆缘裂谷型海底喷气沉积多金属硫铁矿成矿特征。化工地质, 1992, 待刊。

1 闪锌矿的产状及物理性质特征

本区闪锌矿主要有两类产状。第 I 类, 即早期的闪锌矿, 主要产在层状矿体内的角砾状闪锌矿磁黄铁矿矿石中、块状方铅矿闪锌矿矿石和浸染状矿石中。矿石类型受容矿围岩岩性控制。块状方铅矿闪锌矿矿石主要产于含炭质白云石大理岩(Pt_{12})内。闪锌矿与方铅矿紧密共生, 呈嵌布结构。闪锌矿含量为 20%—35%, 粒径 0.1—0.15 mm, 浅棕色, 以不规则粒状为主, 少量四面体自形晶。角砾状闪锌矿磁黄铁矿矿石(照片 1) 主要赋存在炭质千枚岩层位(Pt_{12})内。在此类矿石中, 闪锌矿与单斜磁黄铁矿共生, 并呈胶结物胶结了不同成分的盆内碎屑型角砾^[1]。闪锌矿含量为 15%—30%, 粒径 0.05—0.075 mm, 半自形晶, 与磁黄铁矿呈“镶嵌结构”(照片 2)、“似文象结构”(照片 3)。从剖面上看, 从下部炭质千枚岩层内的角砾状矿石变化到上部大理岩层内的块状、浸染状矿石, 矿物组合则由闪锌矿+磁黄铁矿变化到方铅矿+闪锌矿的变化规律。

第 II 类, 即晚期闪锌矿, 主要产于斑杂状闪锌矿磁黄铁矿矿石和脉状黄铁矿闪锌矿矿石中(照片 4), 而此类矿石主要产于受后期岩浆活动影响和变质作用改造较强地段的含石榴石千枚岩和石墨片岩内, 或呈细脉状产在矿体边部的围岩中。晚期闪锌矿多为褐色—深褐色, 粒径 0.1—0.25 mm, 半自形—他形粒状, 偶见四面体晶形。闪锌矿与六方磁黄铁矿共生。综上所述, 东升庙矿区两类闪锌矿的物理性质及矿物组合特征列于表 1。

表 1 闪锌矿的物理性质及其矿石的矿物组合

Table 1 Physical properties of sphalerite and mineral assemblage of its ore

闪类 锌 矿型	矿石类型	颜色	粒 径 (mm)	反 射 率 (R%)				矿 物 组 合
				480nm	546nm	589nm	656nm	
I 类	角 砾 状	浅棕色	0.05—0.075	17.5	16.8	16.4	16.2	闪锌矿、单斜磁黄铁矿、黄铁矿、石英、绿泥石、绢云母、电气石
	块 状	浅棕色	0.1—0.15	17.9	17.1	16.6	16.2	闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、方解石、白云石、石英
II 类	脉状、斑杂状	褐色—深褐色	0.01—0.25	18.1	17.3	16.8	16.4	闪锌矿、六方磁黄铁矿、黄铁矿、毒砂(微)、黑云母等

注: 反射率用 MPV—I 型显微光度计测定, 采用标样 SiC, 测定者: 中国地质科学院矿床所徐庆生。

2 闪锌矿的化学成分特征

闪锌矿的化学成分测定采用电子探针分析(表 2)。分析结果表明, 硫含量多数接近于理论值, 锌含量为 54.05%—60.64%, 低于理论值, 这主要与 Fe 与 Zn 呈类质同象替代有关。经扫描电镜对闪锌矿面分析, Fe 元素呈星散状与 Zn 分布特征相吻合。锌和铁相关分析

表 2 闪锌矿的化学成分(wt%)*
Table 2 Chemical analyses of sphalerite

序号	样品号	期次	矿石类型	Zn	S	Fe	Zn/Fe	FeS分子%
1	B-7	I (早期)	块状方铅矿闪锌矿矿石	60.64	32.32	7.02	8.64	12.47
2	11/7-63		块状方铅矿闪锌矿矿石	59.99	32.62	7.31	8.21	12.87
3	BG-21		块状方铅矿闪锌矿矿石	59.97	33.25	7.64	7.85	13.19
4	B-8		块状方铅矿闪锌矿矿石	60.24	32.02	7.70	7.82	13.81
5	BG-23		角砾状闪锌矿磁黄铁矿矿石	58.61	33.30	8.30	7.06	14.24
6	BG-16		角砾状闪锌矿磁黄铁矿矿石	58.10	33.00	8.96	6.48	15.92
7	BG-15		条带状闪锌矿磁黄铁矿矿石	58.79	32.32	8.90	6.61	15.81
8	BG-17	II (晚期)	脉状黄铁矿闪锌矿矿石	57.46	31.54	9.55	6.02	17.38
9	BG-14		斑杂状闪锌矿磁黄铁矿矿石	55.20	32.79	10.90	5.06	19.08
10	B-5		斑杂状闪锌矿磁黄铁矿矿石	54.05	32.12	13.32	4.06	23.80

* 电子探针分析, 1、4、10 号由中国地质科学院矿床所陈克樵测定, 其余由冶金研究总院徐杏兰测定。

表明, 二者呈负相关关系, 相关系数为-0.6495, 从而证明闪锌矿中的 Fe 主要以类质同象状态替代 Zn, 引起闪锌矿中锌含量的变化。早期闪锌矿的锌含量平均为 59.48%, 晚期闪锌矿的锌含量平均为 55.99%, 即从成矿早期到晚期, 闪锌矿中锌含量明显降低, 铁含量明显增高。

在不同类型矿石中, 闪锌矿的铁含量变化较明显, 反映了闪锌矿成矿环境有所差别。在同期矿化中闪锌矿的铁含量与共生的硫化物种类有关。J. R. Craig 等^[2]在总结挪威加里东造山带块状硫化物矿床闪锌矿组分变化时指出, 同一矿床中与黄铁矿、磁黄铁矿共生的闪锌矿含铁量低, 而只与磁黄铁矿共生的闪锌矿含铁量高。本区早期闪锌矿中 Fe 含量变化特点反映了这一规律。

从表 2 可以看出, 早期闪锌矿含 FeS 12.47 分子%—15.92 分子%, 平均 14.04 分子%, Zn/Fe 比值为 6.48—8.64, 平均 7.52; 晚期闪锌矿含 FeS 17.38 分子%—23.80 分子%, 平均 20.09%, Zn/Fe 比值 4.06—6.06, 平均 5.30。可见本区闪锌矿中 FeS 分子百分含量变化由早期到晚期增高明显, 反映两类闪锌矿成矿条件有所差异。通过对斑杂状矿石中与闪锌矿共生的磁黄铁矿进行饱和铬酸溶液浸蚀鉴定和 X 光衍射分析, 证明为六方磁黄铁矿, 而与早期闪锌矿共生的为单斜磁黄铁矿, 进一步证实斑杂状矿石为后期变质热液改造作用的产物。

由成矿早期到晚期, 闪锌矿的 Zn/Fe 比值由高到低(8.64→4.06)。从 Zn 与 Fe 的关系图

(图 1) 上可见, 二者呈反消长关系。不同成因类型矿床中闪锌矿的 Zn/Fe 比值明显不同^[3]。该矿床中早期闪锌矿的 Zn/Fe 比值变化在

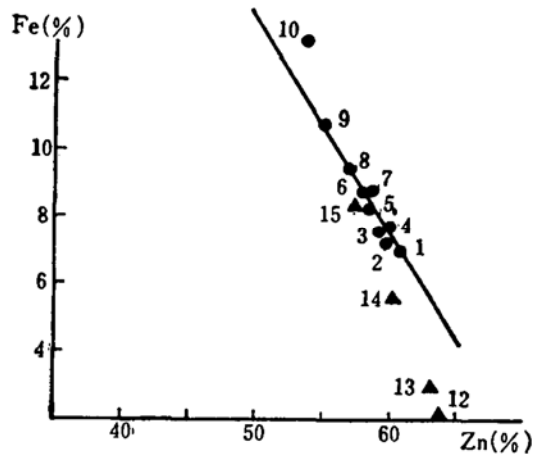


图 1 闪锌矿中 Zn-Fe 含量关系

Fig. 1 Zn-Fe diagram of sphalerite

注: 样号 1—10 同表 2; 样号 12—15 据叶庆同^[3]
(12—沉积改造矿床; 13—与海相火山侵入活动有关的热液矿床; 14—产于碳酸盐岩中与花岗岩侵入体有关的热液矿床; 15—与海相火山热液沉积有关的矿床)

7—8 之间,与海相火山-侵入活动有关矿床的 Zn/Fe 比值接近,可能反映了本区早期闪锌矿与海底喷气沉积成矿作用有关。

3 闪锌矿的微量元素特征

本区闪锌矿单矿物的微量元素分析结果列于表 3。闪锌矿中 Mn 含量比较高,在 310 ppm—2900 ppm 间,与大宝山海底喷气沉积矿床 Mn 含量接近。早期闪锌矿 Mn 平均含量 1656 ppm,晚期闪锌矿 Mn 含量平均 315 ppm。从成矿早期到晚期,闪锌矿的 Mn 含量明显降低。这一变化特点说明在变质改造过程中,锰活化、迁移在围岩中形成锰铝榴石变斑晶^[4]。

表 3 闪锌矿的微量元素特征(ppm)

Table 3 Trace element features of sphalerite (in ppm)

序号	类 型	Cd	Co	Ni	Mn	Sc	Cu	Pb	Ag	Ga	Ge	In	Tl	Te
1	I	块状	1900	590	66	2900	1.98	620	17.82					
2		块状	1400	510	380	1500	0.00	1200	34.53					
3		角砾状	1800	71	10	1456	1.90		30.00					
4		角砾状	1900	350	0	770	0.00	3700	56.61					
5	II	脉状	1400	50	20	310	0.00	130	87.50					
6		斑杂状	2100	310	0	320	0.00	260	25.64	0.00	0.00	20		0.2
7	东升庙闪锌矿		1367	256	22	1026	2.00	234	1903	42.00	2.00	1.00	26	20
8	密西西比河上游		1673	15	42	49		76		21	95	102		
9	小铁山		3110				23	9500		203	20	<1	38	9
10	广东大宝山		3653	15	20.3	1160	10.7	4400		292.5	39	0.2	69	5.3
11	长江中下游		2770	1070	753		29			97	38	29	88	2

注: 1—6 号 本院化验室王永安分析 (1—2 号同表 2 的 2—3、3—4 号同 5—6、5—6 号同 8—9); 7 号引自天津地质研究院 7 个样平均^①; 8、9、11 引自文献[5]; 10 引自文献[6]。

镉含量在两类闪锌矿中变化不大,平均 1750 ppm,与密西西比河河谷型矿床相近,比小铁山和长江中下游矿床低得多。该区早期闪锌矿 Zn/Cd 比值的平均值为 339.9,晚期闪锌矿 Zn/Cd 比值为 313.9,与阿尔卑斯型闪锌矿 Zn/Cd 比值 315 接近^[5],而与甘肃小铁山火山热液型矿床 (Zn/Cd=187)、长江中下游砂卡岩热液矿床 (Zn/Cd=214) 和东坡热液型矿床 (Zn/Cd=104) 相比,差别很大。

钴、镍含量在闪锌矿中变化较大,Co 含量为 50—590 ppm, Ni 含量为 0—380 ppm,早期闪锌矿中 Co 含量平均为 380.3 ppm, Co/Ni=3.34。晚期闪锌矿中 Co 含量平均 180 ppm, Co/Ni=18.0。由早期到晚期闪锌矿 Co 含量明显降低,反映 Co 主要富集在早期成矿作用形成的矿物中,而在晚阶段的硫化物改造过程中 Co、Ni 重新分配,主要富集在与闪锌矿共生的磁黄铁矿内。

闪锌矿中具有成因指示意义的 Ga、Ge、In、Se 含量较低。按 Ga、Ge、In 在闪锌矿中

① 冶金部天津地质调查所,内蒙中部中元古界铜铁多金属层控矿床成矿地质条件及找矿远景(研究报告),1983。

的含量比例关系，可划分成 Ga-Ge、Ga-In 和 Ga-Ge-In 三个系列^[6]，其中 Ga-Ge 系列属沉积型闪锌矿，Ga-Ge-In 系列为（火山）热液沉积型闪锌矿，Ga-In 系列属岩浆型或火山热液型闪锌矿。该矿床闪锌矿按 Ga、Ge、In 含量比例关系划分属 Ga-Ge-In 系列，与热液沉积型闪锌矿接近。据徐国风研究^[7]，闪锌矿中 Ga、In 含量变化可指示形成温度。高温闪锌矿 Ga/In 比值平均为 0.015，中温闪锌矿 Ga/In 比值平均为 0.10，低温闪锌矿 Ga/In 比值平均为 11.0。该矿床闪锌矿的 Ga/In 比值为 0.077，接近于中温闪锌矿。

将本区闪锌矿的 Ga-Ge-Ag 比值投影于图 2，可见其 Ga-Ge-Ag 原子百分比值与大宝山闪锌矿较一致^[5]，投影点落入靠近 Ag 元素的一端，而与密西西比河河谷、长江中下游等多金属硫化物矿床显著不同。

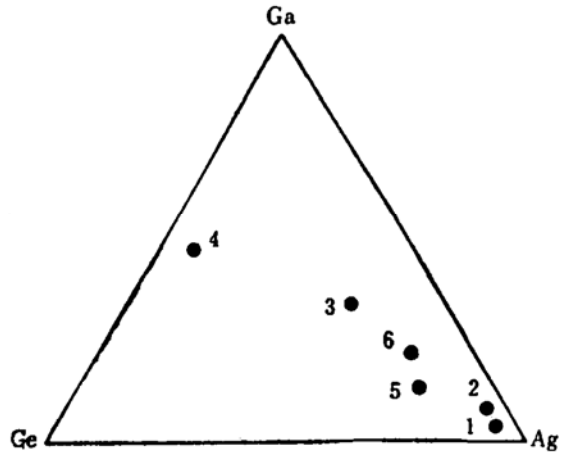


图 2 闪锌矿的 Ga-Ge-Ag 原子百分比投影图
Fig. 2 Ga-Ge-Ag diagram of different sphalerites

- 1—东升庙闪锌矿；2—广东大宝山闪锌矿^[5]；
- 3—长江中下游闪锌矿^[5]；4—密西西比河河谷闪锌矿^[5]；5—甘肃小铁山多金属矿闪锌矿；6—霍各乞闪锌矿^[8]

4 闪锌矿的晶胞参数与红外光谱特征

对不同类型闪锌矿进行 X 射线衍射分析，采用最小二乘法拟合，并用电子计算机计算闪锌矿的晶胞参数，结果列于表 4。从表中可见，由成矿早期到晚期闪锌矿的晶胞参数逐渐增

表 4 闪锌矿的晶胞参数特征

Table 4 Unit cell parameter features of sphalerite

闪 锌 矿 类 型	矿 石 类 型	晶胞参数 $a_3(\text{Å})$	FeS 分子%
I	块状矿石	5.4188	12.45
	角砾状矿石	5.4203	15.92
	条带状矿石	5.4192	15.81
II	脉状矿石	5.4269	17.38
	斑杂状矿石	5.4255	23.80

注：本院 X 射线衍射室测定工作条件：40kV，40mA，Cu 靶，误差范围 ± 0.0003。

大。闪锌矿的晶胞参数随铁、镉含量的增加而增大，由于镉含量在本区不同类型闪锌矿中变化不明显，铁含量则变化较大，因此，闪锌矿的晶胞参数主要随其 FeS 含量的增加而增大，二者呈正消长关系（图 3）。这主要因为 Fe-S 比 Zn-S 具有较强的离子键性，当 Fe 进入闪

① 冶金部天津地质调查所，内蒙中部中元古界铜铁多金属层控矿床成矿地质条件及找矿远景（研究报告），1983。

矿晶格代替 Zn 后, 导致 (Zn, Fe)-S 原子间距不是减小而是增大了。随闪锌矿中 Fe 含量的增加, 自由单电子增加, 结构的稳定性减小, 从而闪锌矿的晶胞参数增大。

在标准条件下, 采用 PE-783 型红外分光光度计, 用 KBr 压片法测定了闪锌矿的红外光谱 (图 4)。从图中可见, 本区闪锌矿特征峰总体相似, 两类闪锌矿均在 310 cm^{-1} 附近有一强的吸收峰, 此带随 FeS 含量的增高振动频率有增强的趋势。第 II 类闪锌矿中, 在 421 cm^{-1} 附近出现一尖锐弱吸收峰, 这可能由于 FeS 分子的增高, 而引起 (M-X) 多面体基团振动频率升高所致。

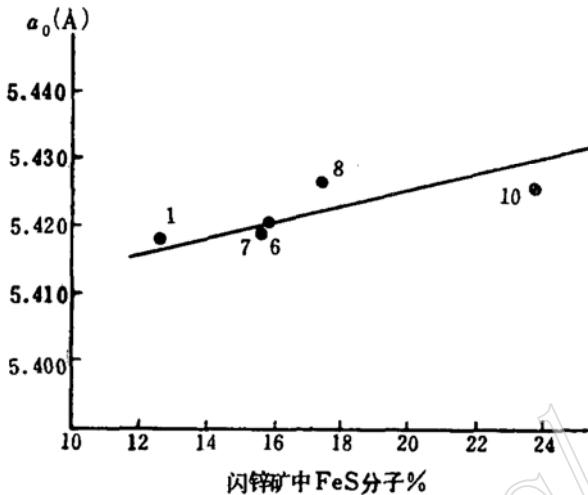


图 3 闪锌矿中 FeS 成分与晶胞参数 a_0 的关系
(样号同表 2 序号)

Fig. 3 Diagram showing relationship between the unit cell parameter a_0 and FeS content of sphalerite

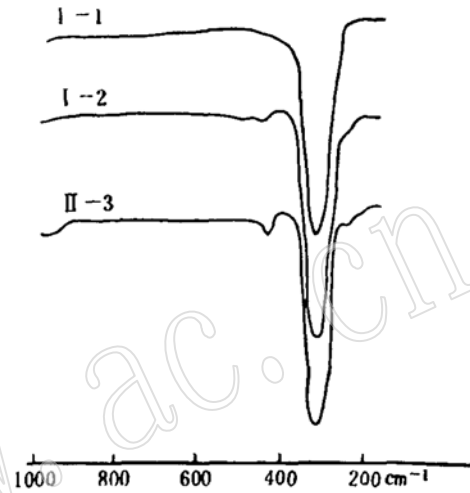


图 4 闪锌矿的红外光谱

Fig. 4 Infrared spectra of sphalerite
I-1 早期块状矿石; I-2 早期角砾状矿石;
II-3 晚期斑杂状矿石

5 闪锌矿的形成条件分析

东升庙矿床是炭质细碎屑岩-碳酸盐岩为容矿岩石的多金属硫铁矿床。通过闪锌矿的标型特征研究, 表明不同矿化期次形成的矿物间有一些微小的差异, 这些差异取决于它们的形成温度、压力、溶液和介质的性质, 反映了矿物形成的条件。

5.1 形成温度和硫逸度

斯科特^[8]等实验研究表明, 与磁黄铁矿+黄铁矿共生的闪锌矿含铁量是形成温度和硫逸度或压力的函数, P. Toulmin^[9]等的实验确定了磁黄铁矿中 FeS 的克分子数 (N_{FeS}) 与其形成温度和硫逸度间的关系:

$$\begin{aligned} \text{FeS}\%(\text{分子}) &= 72.26995 - 15900.5/T + 0.01448 \lg fS_2 - \\ & 0.38918(10^8/T^2) - (7205.5/T)\lg fS_2 - 0.34486(\lg fS_2)^2 \\ \lg fS_2 &= (70.03 - 85.83 N_{\text{FeS}})(1000/T - 1) + 39.30\sqrt{1 - 0.9981N_{\text{FeS}}} - 11.91 \\ & (N_{\text{FeS}} \text{ 为磁黄铁矿中 FeS 克分子率, } T \text{ 温度单位为 } ^\circ\text{K}) \end{aligned}$$

利用这两个关系, 计算了闪锌矿形成的硫逸度和温度。东升庙矿区的主要成矿阶段是, 早期的闪锌矿与磁黄铁矿+少量黄铁矿共生, 闪锌矿含 FeS 12.47—15.92 分子%, 形成温度

190—245℃, $\lg fS_2$ 为 -19.14—-12.31。晚期闪锌矿与磁黄铁矿共生, 闪锌矿含FeS 17.38—23.80 分子%, 形成温度 265—295℃, $\lg fS_2$ 为 -15.49—-14.02。计算结果与共生的磁黄铁矿包体爆裂法测得的温度接近(磁黄铁矿爆裂温度分别为 180—230℃; 250—300℃)^①。

从东升庙两类闪锌矿的矿物共生组合与成矿温度变化特征看, 本区多金属硫化物的整个成矿过程, 从早期的海底喷气沉积成矿到后来的区域变质热液改造成矿, 温度有增高的趋势。后期变质改造过程形成的斑杂状矿石中的闪锌矿比原沉积成因的闪锌矿更富铁, 这主要因为在区域变质改造过程中本区原矿层内含有一定量的炭质(Pt₂ 炭质千枚岩层)。在变质作用过程中, 炭质(石墨化)缓冲流体的作用使之逐渐还原^[10], 将原矿层内的黄铁矿转化为现在见到的斑杂状矿石内的六方磁黄铁矿。在这一作用过程中, 埋藏递进变质作用将导致一些硫化物和氧化物与硅酸盐矿物还原。矿层内的石墨化缓冲剂随着温度和压力升高, fO_2 相对下降。活化的流体内 Fe^{2+} 浓度相应增高, 导致此成矿期形成的闪锌矿中 FeS 分子含量增高, 形成了闪锌矿向铁闪锌矿转化的矿物系列。

综上所述, 东升庙矿区两类闪锌矿的地质产状、矿物共生组合、化学成分、晶胞参数、成矿温度等方面都有一定的差别, 这些差异为判断矿床成因与矿化期次提供了重要依据。本区早期闪锌矿成矿特点与热液成因、沉积变质成因和火山热液成因的闪锌矿有明显差异, 而与海底喷气热水沉积成因接近。晚期闪锌矿明显与后来区域变质作用有关, 为局部活化、聚集再结晶的产物; 从矿化分布特征看, 此期矿化作用规模很小, 只对矿床起了叠加富集作用。通过闪锌矿标型特征研究, 证实东升庙多金属硫铁矿床为海底喷气热水沉积-弱改造型矿床。闪锌矿成因研究表明, 利用这些信息, 可判断矿床成因, 建立找矿模式, 为在狼山地区找寻同类矿床提供依据。

参 考 文 献

- 1 夏学惠等. 内蒙东升庙多金属硫铁矿床碎屑型矿石的成因及其地质意义. 地质与勘探, 1990, 26(7):30—34.
- 2 Craig J.R. Sphalerite compositional variations in sulphide ores of the Norwegian Caledonides. Econ. Geol., 1984, 79(7):1727—1735.
- 3 叶庆同. 闪锌矿的化学成分特征及其地质意义. 矿床地质研究所刊, 1985, 14(2):27—42.
- 4 夏学惠. 华北地台北缘东升庙多金属硫铁矿床中石榴石标型特征及找矿意义. 地质找矿论丛, 1990, 5(3):71—80.
- 5 宋学信. 凡口矿床闪锌矿和方铅矿的微量元素及其比值——一个对比性研究. 岩矿测试, 1982, 1(3):37—43.
- 6 葛朝华等. 广东大宝山矿床喷气-沉积成因地球化学特征. 北京科学技术出版社, 1987, 57—64.
- 7 徐国风等. 方铅矿的元素混入物研究及标型特征. 地质地球化学, 1979(2):16—19.
- 8 Scott S.D, Barnes H.L. Sphalerite geothermometry and geobarometry. Econ. Geol., 1971, 66(4):653—669.
- 9 Toulmin P., Barton P.B, Jr. A thermodynamic study of pyrite and pyrrhotite. Geochim. Cosmochim. Acta., 1964, 28:641—671.
- 10 霍尔. A.J. 自然界中黄铁矿-磁黄铁矿的氧化还原反应. 雷蕴芬译. 国外矿床地质, 1989, (1):93—96.

① 爆裂测温由本院何同平测定。

Characteristics and Formation Conditions of Sphalerite in the Dongshengmiao Polymetallic Pyrite Deposit

Xia Xuehui

(Geological Institute, Ministry of Chemical Industry Zhuozhou 072754)

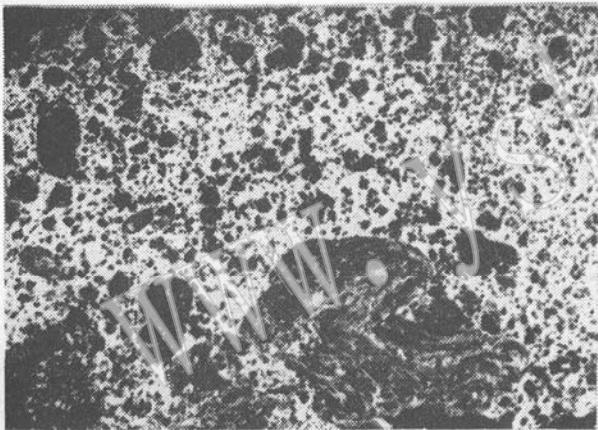
Key words: Sphalerite; typomorphic characteristic; formation condition

Abstract

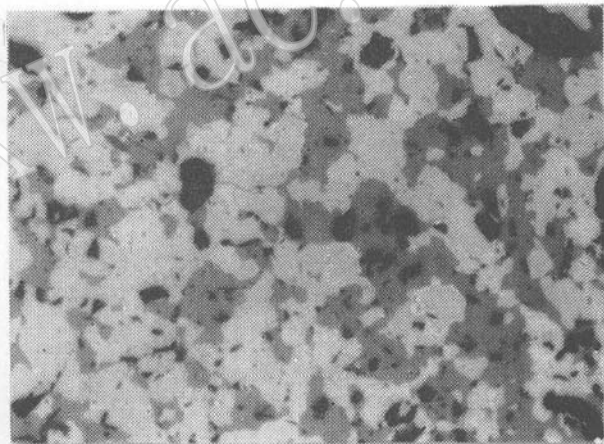
The Dongshengmiao large-sized polymetallic pyrite deposit in Langshan area of Inner Mongolia is located in the western part of northern North China platform and occurs within Langshan-Zhaertai faulted trough. The ore-bearing rock series of Middle Proterozoic Langshan Group is a set of fine clastic rocks-carbonate rocks which have undergone epimetamorphism. This ore deposit bears resemblance to gigantic Proterozoic pyrite type deposits in the world in many aspects. In this paper, the author has made a special discussion on the major ore mineral in the deposit—sphalerite, looking into the relationship between the typomorphic characteristics of sphalerite and genesis of the ore deposit.

Sphalerite of this deposit was formed in two stages, with the early sphalerite related to submarine hot-water exhaled deposition whereas the late sphalerite to late stage regional metamorphism, being the product of local mobilization, accumulation and recrystallization. The author has further investigated the formation conditions of sphalerite. FeS molecules in sphalerite increase obviously from early stage to late, and the Zn/Fe ratio decreases from 8.64 to 4.06. The unit cell parameter of sphalerite grows with the increasing FeS content. Co content gradually decreases from early to late stage. Temperature for the formation of sphalerite tends to rise from early to late. Sphalerite formed in the process of late metamorphic transformation contains more iron than the originally sedimentogenic sphalerite, thus constituting a mineral sequence from sphalerite to marmatite. Typomorphic characteristics of sphalerite indicate undoubtedly that the Dongshengmiao polymetallic pyrite deposit is genetically of submarine hot-water exhaled deposition-weak reformation type.

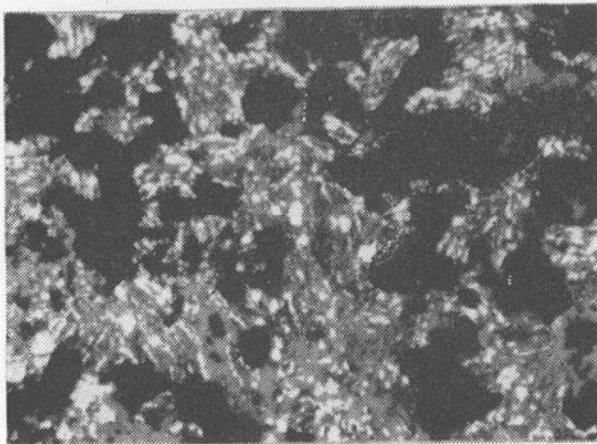
夏学惠：东升庙多金属硫铁矿床闪锌矿特征及形成条件



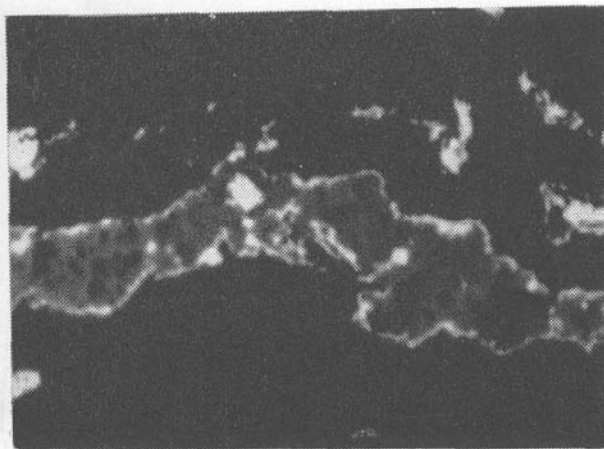
照片 1 角砾状矿石，磁黄铁矿闪锌矿(白色)胶结包裹了不同粒级的碎屑(黑色)，薄片 放大 3 倍



照片 2 磁黄铁矿与闪锌矿(灰色)呈“镶嵌结构”，光片 反射光 $\times 33$



照片 3 磁黄铁矿(白色)与闪锌矿(灰色)呈“似文象结构”光片 反射光 $\times 33$



照片 4 闪锌矿(灰色)在脉体中间，黄铁矿分布在脉体边缘(白色)，光片 反射光 $\times 33$