

一种铋复硫盐新矿物—锡林郭勒矿



洪慧第 王相文

(内蒙古自治区地质局实验室)

施倪承 彭志忠

(武汉地质学院北京研究生部)

该矿物发现于内蒙锡林郭勒盟东乌旗朝不楞矿区的砂卡岩型铁矿床中,为一主要含Pb、Bi、S的铋复硫盐新矿物。它的化学成分与硫铋铅矿相近,但其晶体结构不同。根据产地命名为锡林郭勒矿(xilingolite)。

一、地质产状

内蒙古东乌旗朝不楞铁矿位于内蒙华力西晚期地槽褶皱带东乌旗复背斜的北翼东部是在燕山中期的黑云母花岗岩与泥盆系中统碳酸盐接触带形成的伴生有多金属的砂卡岩型铁矿床。矿区分南、北两个矿带,锡林郭勒矿产于北矿带的钙铁榴石砂卡岩中。

矿石矿物成分比较复杂,和锡林郭勒矿伴生的矿物有磁铁矿、闪锌矿、磁黄铁矿、黄铁矿、毒砂、黄铜矿、兰辉铜矿、斑铜矿、辉钼矿、方铅矿、自然铋、辉铋矿等。

二、物理性质

锡林郭勒矿的颜色为铅灰色,条痕灰色。矿物呈柱状者,柱长0.09—8.32毫米,柱宽0.03—0.23毫米(照片1)。呈他形粒状者,粒度0.067—3.097毫米(照片2),沿闪锌矿的解理裂隙分布,其生成晚于闪锌矿。有时也可见到较完整的晶形(照片3),晶体沿b轴延长,其晶面上有纵纹。金属光泽,实测比重7.08(静水力学称重法)。显微压入硬

度(五次以上测定的平均值):

负荷(克)	5	10	20
硬度(公斤/毫米 ²)	104.7	101.4	104.7
负荷(克)	50	100	200
硬度(公斤/毫米 ²)	103.1	104.9	103.7

实测条件:用HMT-3型显微硬度仪测定,目镜K15,,物镜F_{1.1}。

三、光学性质

锡林郭勒矿的反射色为白色微带兰色。

反射多色性清楚,在空气中平行b轴是白色,垂直b轴是白色微带兰色,浸油中也如此。

正交偏光下,矿物的非均性显著,由深灰色至灰色,偏光色为灰色。具(001)双晶,平行消光。

聚敛偏光下(用ORTHOLUX, IPOL-MK显微镜,目镜10、物镜125倍,油浸镜头)观察,锡林郭勒矿的偏光图为一黑十字,旋转物台时黑十字中心开合,表明为一非均质矿物。其非均质视旋转角(Ar)为1°;反射旋转色散(DRr)v>r;非均质视旋转色散(DAr)v<r弱。

锡林郭勒矿的反射率:系统测定了矿物两个方向的反射率,其反射率及颜色指数结果列于表1、表2。

从表2可见,锡林郭勒矿反射色的颜色主波长(λ_d)为499和485微米,浓度(Pe)

锡林郭勒矿反射率

表 1

波长λ (nm) 反射率	405	436	480	526	546	578	589	622	644	656	664	700
R γ'	46.6	46.8	46.8	44.9	44.5	44.1	43.8	43.3	43	43	43	41.2
R α'	43.2	44.5	44.3	44.2	41.8	41.4	40.9	40.5	40	39.9	39.8	37.5

锡林郭勒矿的颜色指数

表 2

颜色指数	视觉反射率 R _{vis}	色 度 坐 标		主 波 长 λ_d (nm)	浓 度 P _c
		X	Y		
R γ'	44.4	0.3193	0.3321	499	0.0483
R α'	41.1	0.3261	0.3298	485	0.0271

测定者：中国地质科学院 邹星

实测条件：用 Orthoplan MPV—1 型光电倍增管显微光度仪测定，玻片反射器，物镜50倍，标准碳化钨，相对误差±2%。

为0.0483和0.0271，表明反射色为浅兰色。

布图（照片4、5、6、7）和X射线能谱图（照片8），确定了矿物的化学成分及内部不含其它矿物的包裹体，铅铋硫在矿物中呈均匀分布。

四、化学成分

在双目镜下挑选了1.1克的纯净样品做了单矿物化学全分析（见表3），电子探针定量分析（见表4），还做了铅、铋、硫的面分

根据化学分析的主要成分进行了化学计算，见表5。

锡林郭勒矿的化学全分析结果

表 3

组 分	Pb	Zn	Cu	Ag	Bi	Sb	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	总 计
含 量 (%)	52.074	0.653	0.16	0.75	29.72	0.09	15.09	0.65	0.10	0.493	0.07	0.02	99.87

分析者：内蒙地质局实验室 胡如臣

锡林郭勒矿电子探针定量分析结果

表 4

组 分	Pb	Ag	Bi	S	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SnO ₂	Cr ₂ O ₃	总 计
含 量 (%)	52.06	0.50	29.81	15.25	0.43	0.02	0.62	0.52	0.01	0.01	0.01	99.24

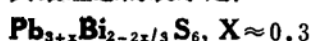
分析者：中国地质科学院 王文瑛

从表 5 得晶体化学式为：



简化为： $\text{Pb}_{3.18}\text{Bi}_{1.81}\text{S}_6$

其最理想的表示是：



根据X射线单晶分析测定的晶胞参数计算的单位晶胞体积 $V=1149.53 \text{ \AA}^3$ ，单位晶胞内分子数 $Z=4$ 。根据单位晶胞分子数、化学成分、晶胞体积计算的理论比重 $D_x=7.07$ ，这个数值与实测值是符合的。

锡林郭勒矿的化学计算 表 5

组 分	重 量 (%)	修正后重量 (%)	离子数	晶体化学 式中离子数
Pb	52.074	52.85	0.25408	3.18429
Zn	0.653	0.66	0.01031	0.12921
Cu	0.16	0.16	0.00253	0.03170
Ag	0.75	0.76	0.00710	0.08898
Bi	29.72	30.16	0.14430	1.80845
Sb	0.09	0.09	0.00074	0.00927
S	15.09	15.32	0.47875	6
总计	98.537	100		

五、X射线结晶学研究

拍摄了锡林郭勒矿的迴摆照片及华盛顿照片, 由 b 轴的迴摆图测得其 b 轴为 $4.078 \text{ \AA}$, 然后拍摄了该方向的华盛顿图, 由 hol 华盛顿图(照片 9)上测得 $a_0=13.65 \text{ \AA}$; $c_0=20.68 \text{ \AA}$; $\beta=93.0^\circ$ 。

为了求得其系统消光规律推引其空间群, 进一步拍摄了 hll 华盛顿图。根据 hol 及

锡林郭勒矿 (Xilingolite) 粉晶衍射数据

表 6

锡 林 郭 勒 矿 Xilingolite				硫 铋 铅 矿 lillianite		锡 林 郭 勒 矿 Xilingolite				硫 铋 铅 矿 lillianite	
I	hkl	d 实测	d 计算	I	d	I	hkl	d 实测	d 计算	I	d
30	$\bar{1}12$	3.699	3.6723	35	4.10	60	2011	1.788	1.786	20	1.7911
				20	3.93					70	1.7765
				10	3.88					30	1.7590
				40	3.68					20	1.7499
				100	3.52					10	1.7421
10	113	3.386	3.3761	70	3.42	30	0012	1.738	1.7210	10	1.7230
				30	3.38					20	1.7089
				30	3.33					20	1.6857
				10	3.21					10	1.6679
20	114	3.109	3.0932	30	3.13	20	4012	1.510	1.5048		
				30	3.06						
				60	3.01						
40	$\bar{3}12$	2.932	2.9397	80	2.913	40	{ 3112		1.4750		
20	$\bar{1}15$	2.840	2.8590	60	2.778	30	623	1.465	1.4711		
				40	2.699						
90	407	2.177	2.1748	5	2.575	20	1113	1.4639	1.4639		
				10	2.447						
				40	2.357						
				5	2.220						
				50	2.156						
10	209	2.140	2.1411	30	2.147	40	{ 428	1.440	1.4306		
80	317	2.073	2.0790	60	2.070	30	808	1.396	1.3890		
				30	2.065						
70	514	2.051	2.0430	50	2.058	20	6012	1.338	1.3385		
				50	1.9815						
				50	1.9796						
70	023	1.955	1.9550	30	1.9645	40	{ 0212	1.311	1.3151		
				20	1.8978						
				20	1.8867						
				5	1.8374						
				20	1.8281						
70	023	1.955	1.9550	30	1.9645	40	{ 7110	1.311	1.3081		
				20	1.8978						
				20	1.8867						
				5	1.8374						
				20	1.8281						
70	023	1.955	1.9550	30	1.9645	40	{ 2212	1.285	1.2808		
				20	1.8978						
				20	1.8867						
				5	1.8374						
				20	1.8281						
70	023	1.955	1.9550	30	1.9645	40	{ 336	1.214	1.2120		
				20	1.8978						
				20	1.8867						
				5	1.8374						
				20	1.8281						
70	023	1.955	1.9550	30	1.9645	40	{ 5114	1.214	1.2124		
				20	1.8978						
				20	1.8867						
				5	1.8374						
				20	1.8281						
70	023	1.955	1.9550	30	1.9645	40	{ 4016	1.182	1.1866		
				20	1.8978						
				20	1.8867						
				5	1.8374						
				20	1.8281						
70	023	1.955	1.9550	30	1.9645	40	{ 1008	1.182	1.1801		
				20	1.8978						
				20	1.8867						
				5	1.8374						
				20	1.8281						
70	023	1.955	1.9550	30	1.9645	40	{ 4216	1.024	1.0256		
				20	1.8978						
				20	1.8867						
				5	1.8374						
				20	1.8281						
70	023	1.955	1.9550	30	1.9645	40	{ 2217	1.024	1.0247		
				20	1.8978						
				20	1.8867						
				5	1.8374						
				20	1.8281						

实验条件: 照像机57.3mm, 射线 $\text{FeK}\alpha$, 滤波片 Mn, 电压30kV, 管电流7mA, 曝光时间6时。

hkl 华盛顿图, 其系统消光规律为:

在 hkl 中 $h+k=2n$

在 hol 中 $h=2n$

现将锡林郭勒矿的晶胞参数及可能的空间群归纳如下:

晶系: 单斜

晶胞参数: $a_0=13.65$; $b_0=4.078 \text{ \AA}$;

$c_0=20.68 \text{ \AA}$; $\beta=93.0^\circ$

空间群: $C2/m$, $C2$ 或 Cm

锡林郭勒矿的粉晶数据见表6。

为了对比, 列入了硫铋铅矿的粉晶数

据, 其中粉晶图的指标化是根据这次单晶照片测得的晶胞参数并参照零层及壹层的华盛顿堡来进行的。

六、讨 论

在已发现的铋复硫盐矿物中容易与锡林郭勒矿混淆的矿物有硫铋铅矿, 斜方硫铋铅矿, 辉铅铋矿, 斜方辉铅铋矿等, 其化学成分及物性、光性常数见表7。

由表7可以看出:

1. 锡林郭勒矿虽在反射色、反射率、

锡林郭勒矿与硫铋铅矿等对比表

表 7

矿物名称	锡林郭勒矿 xilingolite	硫铋铅矿 lillianite	斜方硫铋铅矿 bonchevite	辉铅铋矿 galenobismutite	斜方辉铅铋矿 cosalite
矿物成分	$\text{Pb}_{3+x}\text{Bi}_{2-2x/3}\text{S}_3$	$\text{Pb}_3\text{Bi}_2\text{S}_6$ 或 $3\text{PbS} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$	PbBi_4S_7 或 $\text{PbS} \cdot 2\text{Bi}_2\text{S}_3$	PbBi_2S_4 或 $\text{PbS} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$	$\text{Pb}_2\text{Bi}_2\text{S}_5$ 或 $2\text{PbS} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$
$\text{PbS}/\text{Bi}_2\text{S}_3$	3/1	3/1	1/2	1/1	2/1
比 重	7.08	7.0—7.2	6.92	7.04	6.76
显微压入硬度 公斤/毫米 ²	103.1—104.9	120—195(?)	129—205	88—113 142—150(?)	74—152 83—161 109—118(?)
光 学 性 质	反 射 色	白色微带兰色	白色带奶油色	奶油白色	白色带粉红色
	双 反 射	显 著	油中显著	油中显著	油中较显著
光 学 性 质	非 均 性	显 著	显 著	显著—强	显 著
	内 反 射	无	无	无	无
光 学 性 质	反 射 率	480nm, 46.8 44.3 546nm, 44.5 41.8 589nm, 43.8 40.9 656nm, 43 39.9	目测值: 绿: 51.5 橙: 45.0 红: 43.5	527nm, 46.6 589nm, 46.2 686nm, 45.8	大约42% 大约43%
晶 系	单 斜	斜 方	斜 方	斜 方	斜 方
	$C2/m, C2, Cm$	$D_{2h}^{17} - Bbmm$		$D_{2h}^{14} - Pnam$	$D_{2h}^{15} - Pbnm$
a_0	13.65	13.58		11.75	19.07
b_0	4.078	20.51		14.50	23.86
c_0	20.68	4.09		4.084	4.06
β	93.0°	90°			
z	4	4		4	8
粉 晶 数 据	见 表 6				

硬度等方面与硫铋铅矿、斜方硫铋铅矿、辉铅铋矿、斜方辉铅铋矿等有相似之处,但它们的化学成分不同,因此,通过单矿物化学分析即可区别之。

2. 锡林郭勒矿虽然其比重,化学成分与硫铋铅矿相近,但显微压入硬度、反射色、双反射等方面是有差别的。锡林郭勒矿的压入硬度低,双反射显著。且反射色不同。

3. 锡林郭勒矿与硫铋铅矿最主要的区别在于晶体学参数及晶体结构。由照片 9 的 $h0l$ 的华盛顿照片除了可以直接测得其 β 角为 93.0° 外,在通过原点的 001 的倒易格子的两侧可以明显地看到其衍射点的分布是不对称的。锡林郭勒矿的晶胞参数表面上看来与硫铋铅矿有关系,但两个矿物之间不是“多型”关系,详细情况将在另文中阐述。

在锡林郭勒矿的研究中,我们得到了中国地质科学院陈正先生、岳树勳同志的热情

指导和支持,石柱华同志测定了比重。在采样和矿物照像方面王正国、王素娟二同志给予协助,另外,在工作中还曾得到李毓英同志的帮助。在此一并致以谢意。(本文由洪慧第、施倪承执笔)。

参 考 文 献

- [1] 中国地质科学院地质矿产所 1978。金属矿物显微镜鉴定 地质出版社 157~169页,326~327页。
- [2] W. 乌顿布格 E. A. J伯克 1975 金属矿物显微镜鉴定表 地质出版社 286~288页。
- [3] E. Makovicky and S. Karup-Møller, 1977 Copenhagen N. Jb. Miner. Abh. 130.3 Stuttgart. Oktober 264-287页。
- [4] E. Makovicky and S. Karup-Møller, 1977, Copenhagen N. Jb. Miner. Abh. 131 1 Stuttgart November 56-82页。
- [5] E. Makovicky, Copenhagen N. Jb, 1977. Miner. Abh. 131. 2 Stuttgart, Dezember. 187-207页。
- [6] H. H. Otto und H. Strunz, 1968. Berlin N. Jb. Miner. Abh. 108. 1 Stuttgart, Januar 1-19页。

Xilingolite, a New Sulphide of Lead and Bismuth

Hon Huidi, Wang Xiangwen, Shi Nicheng, Peng Zhizhong

Abstract

Xilingolite occurs on skarn zone developed in the northern side of the iron ore deposit of Chaobuleng field in Xilingola district, Inner Mongolia Autonomous Region, People's Republic of China.

It usually occurs in anhedral granular forms, or in distinct prismatic, crystals. The mineral is lead grey. Density (g/cm^3) 7.08(obs), VHN_{50} 103.1 kg/mm^2 . In polished section, it is light bluish white under reflected light with a distinct reflection pleochroism, white $\parallel$ el to b-axis and bluish white $\perp$ ar to b-axis, both in air and oil. Anisotropic properties of the crystal are notable. Reflectances measured in air: (wave length, $R_{\max}$, $R_{\min}$.) 480nm-46.8, 44.3; 546nm-44.5, 41.8; 589nm-43.8, 40.9; 656nm-43.0, 39.9. Its chemical formula is $\text{Pb}_{3x}\text{Bi}_{2-2x/3}\text{S}_6$ where $X \approx 0.3$.

(下转41页)

~~~~~  
(上接第18页)

X-ray single crystal study showed it to be monoclinic,  $C2/m$ ,  $C2$  or  $Cm$ ,  $a_0$  13.65,  $b_0$  4.078,  $c_0$  20.68 Å,  $\beta$  93.0°,  $Z=4$ . The strongest lines in the powder diffraction pattern are: 3.699(3) ( $\bar{1}12$ ), 3.386(1) (113),

3.109(2) (114), 2.932(4) ( $\bar{3}12$ ), 2.840(2) ( $\bar{1}15$ ), 2.177(9) (407),

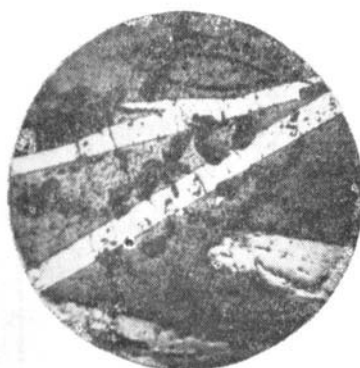
2.140(1) (209), 2.073(8) (317), 2.051(7) (514), 1.955(7) (0 2 3),

1.788(6) (2 0 11).

Although the chemical composition and unit cell parameters of the present mineral are very close to those of lillianite, but the crystal structures of them are different.

The name is for the locality.

洪慧第等：一种铋复硫盐新矿物—锡林郭勒矿  $\text{Pb}_{3+x}\text{Bi}_{2-2x/3}\text{S}_6$



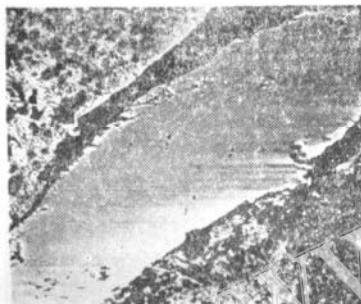
照片 1 白色柱状为锡林郭勒矿，黑灰色为闪锌矿，单偏光（反光镜） $\times 20$



照片 2 白色他形粒状为锡林郭勒矿，黑灰色为闪锌矿，单偏光（反光镜） $\times 20$



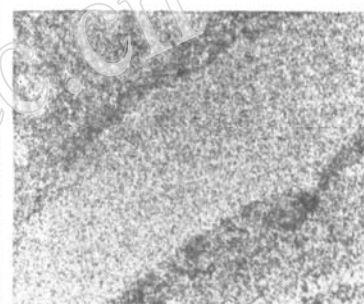
照片 3 锡林郭勒矿晶体单偏光（反光镜） $\times 17$



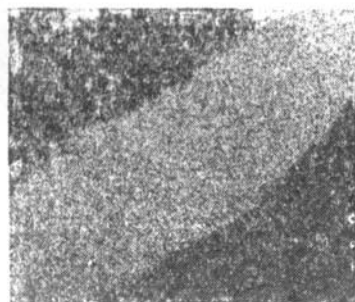
照片 4 背散射电子像  $\times 360$



照片 5 硫 X 射线面分布  $\times 360$



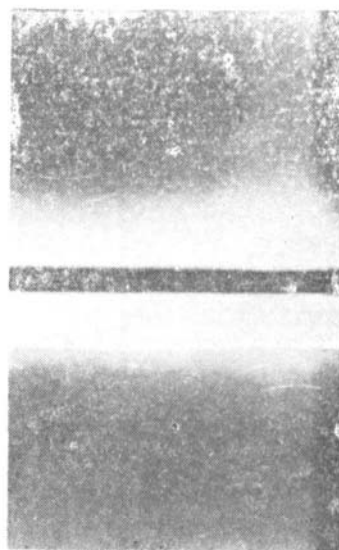
照片 6 铅 X 射线面分布  $\times 360$



照片 7 铋 X 射线面分布  $\times 360$   
S. Pb. Bi



照片 8 X 射线能谱图  
(X 射线能谱图中 S、Pb、Bi 重迭为一个峰)



照片 9 锡林郭勒矿 hol 华盛顿图