

## 科研成果

## 莱河矿——一个铁硅酸盐新矿物

中国科学院贵阳地球化学研究所  
辽宁冶金地质勘探公司 101 地质队 莱河矿研究组\*

莱河矿是一个铁硅酸盐新矿物,它产于我国东北莱河村的一个变质铁矿中。

## 一、莱河矿产出特征

产出莱河矿的铁矿位于某人字型构造南侧的太古界鞍山群变质杂岩及混合岩中。铁矿顶板围岩系角闪片麻岩(局部见苏辉麻粒岩)和少量角闪花岗混合岩,底板围岩为角闪斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩和部分角闪花岗混合岩。矿石类型以角闪石辉石磁铁石英岩型为主(即苏辉麻粒岩型),其次为条带状磁铁石英岩型。共分致密块状,条带状及浸染状三种构造。金属矿物以磁铁矿为主,含褐铁矿,少量磁黄铁矿,微量黄铜矿等。脉石矿物以角闪石、辉石(紫苏和顽火辉石)、绿泥石、石英为主,含少量莱河矿和微量磷灰石。

莱河矿主要产在石英苏辉麻粒岩或苏辉麻粒岩中,分布于矿体之上部,呈条带状产出。含量可达1—4%,矿体下部及远离矿体一般少见或未见。莱河矿常与石英、紫苏辉石、磁铁矿等共生。

## 二、莱河矿的主要物理及光学性质

莱河矿,黑色,不透明,金属光泽到半金属光泽。呈厚板状,短柱状,粒径一般为0.3—0.65毫米,少量达1毫米(照片1)。解理较发育,(100)和(010)完全,(001)较差。条痕微带淡褐色。具弱—中磁性,钢针可以吸起。比重经用比重瓶法和扭力天平法反复测定,其值为3.92。显微硬度为890公斤/毫米<sup>2</sup>,摩氏硬度为6.1。

透射光下呈不透明,局部颗粒在其边缘稍呈褐红色。经磨制该矿物超薄薄片,发现它在几个 $\mu$ 厚时,略成半透明,褐红色,见平行消光。

反射光下为灰色,双反射不明显,弱非均质性,略成不均一消光。用硒光电池法测定反射率以闪锌矿为标准,本矿物红光时 $R = 12.39\%$ ,绿光时 $R = 13.43\%$ ,黄光时 $R = 12.39\%$ (见照片2)。

高倍镜下见矿物内有少量细粒磁铁矿包体,其边部见脉状磁铁矿穿插和交代。个别颗粒内部显示出不均一性。

\* 作者在工作中得到了涂光炽、刘若新、耿建民、张宝贵等同志的指导与帮助,特此表示感谢。

### 三、莱河矿的化学成分

经用光谱、激光光谱,电子探针和单矿物化学全分析方法对莱河矿进行了分析,分别列出如下:

#### 1. 光谱和激光光谱定性分析

表 1 莱河矿的光谱和激光光谱分析结果

元素	Fe	Si	Al	Ca	Mn	Mg	Cu	Ba
含量	大量	大量	痕	少量	痕	少量	痕	痕

其他部分元素在光谱灵敏度下未检出。显然该矿物主要由 Fe 和 Si 组成。

#### 2. 电子探针分析

经电子探针分析其 Fe 和 Si 含量见表 2。电子探针分析结果还表明,其 Fe 和 Si 在矿物中分布是很均匀的,两处均未见包体存在(照片 3 和 4)。

表 2 莱河矿的电子探针分析结果

分析位置	Fe	Si
1	50.6	12.4
2	49.2	13.4

分析者:叶先贤,李德忍。

#### 3. 化学分析结果

经用重选,电磁选提纯矿物,然后在双目镜下挑出莱河矿,再进行化学全分析,其结果见表 3。

表 3 莱河矿的化学分析结果

分析序号	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	合计
I	31.00	未测	43.57	25.50	未测	未测	100.07
II	31.07	未测	44.24	23.64	0.87	0.21	100.03
III	31.85	0.065	45.07	22.52	0.47	0.47	100.45
(II + III)/2	31.46	0.065	44.66	23.08	0.67	0.34	100.27

分析者:侯瑛,杨秀贞等。

由此分别计算出分子式为:

- I.  $\text{Fe}_{0.99}^{3+}\text{Fe}_{0.64}^{2+}\text{Si}_{0.94}\text{O}_4$ ;
- II.  $\text{Fe}_{1.00}^{3+}\text{Fe}_{0.59}^{2+}\text{Mg}_{0.04}^{2+}\text{Si}_{0.93}\text{O}_4$ ;
- III.  $\text{Fe}_{1.01}^{3+}\text{Fe}_{0.56}^{2+}\text{Mg}_{0.03}^{2+}\text{Si}_{0.97}\text{O}_4$ ;

如果将第 II 次和第 III 次分析的值加以平均,然后再计算其分子式为:



分析值中的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{CaO}$ ,可能来自与莱河矿连生之辉石或角闪石或其他原因。但其量极少,故未参加分子式计算。

#### 四、差热分析结果

莱河矿的差热分析曲线见图 1。从图中可知,莱河矿在  $713^\circ\text{C}$  有一放热峰。如果将莱河矿在空气中加热到  $900^\circ\text{C}$  恒温 2 小时,则该矿物的差热分析曲线上不再出现放热峰。

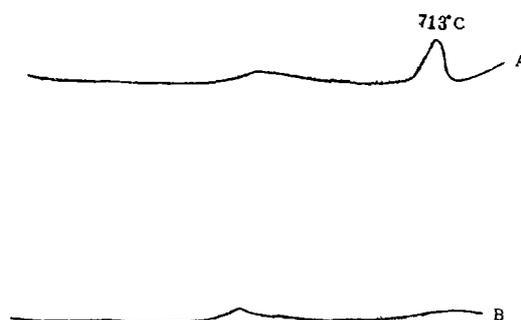


图 1 莱河矿的差热分析曲线

(分析者: 陈国玺)

A. 莱河矿; B. 莱河矿加热到  $900^\circ\text{C}$  后的差热曲线。

#### 五、穆斯鲍尔谱分析

在一台机械拖动的等速穆斯鲍尔谱仪上对该矿物进行了分析,结果见图 2-a。图上 2.5 毫米/秒位置上的吸收线属于  $\text{Fe}^{2+}$ , 0.95 毫米/秒位置上的吸收线属于  $\text{Fe}^{3+}$ , 由于目前实验精度的限制, 0 毫米/秒位置上的吸收线, 可视为  $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{Fe}^{3+}$  的完全重合。由此推算出该矿物穆斯鲍尔参数<sup>[4, 5, 7]</sup>为:

$$\text{Fe}^{2+} \text{ 四极矩分裂: } Q \cdot S = 2.5 \text{ 毫米/秒}$$

$$\text{化 学 移: } C \cdot S = 1.25 \text{ 毫米/秒}$$

$$\text{Fe}^{3+} \text{ 四极矩分裂: } Q \cdot S = 0.95 \text{ 毫米/秒}$$

$$\text{化 学 移: } C \cdot S = 0.47 \text{ 毫米/秒}^{[4, 5, 11]}$$

一般认为, 谱线覆盖的面积与吸收体单位面积上所含铁原子数成正比<sup>[6]</sup>, 由此求得:

$$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+} = 2/1.3 = 1/0.65$$

为了便于对照比较, 还测量了一个常见的橄榄石样品, 见图 2-b, 其穆斯鲍尔参数为:

$$\text{Fe}^{2+} \text{ 四极矩分裂: } Q \cdot S = 3.0 \text{ 毫米/秒;}$$

$$\text{化 学 移: } C S = 1.27 \text{ 毫米/秒。}$$

以上说明莱河矿中  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  比与化学分析得出的值相近。

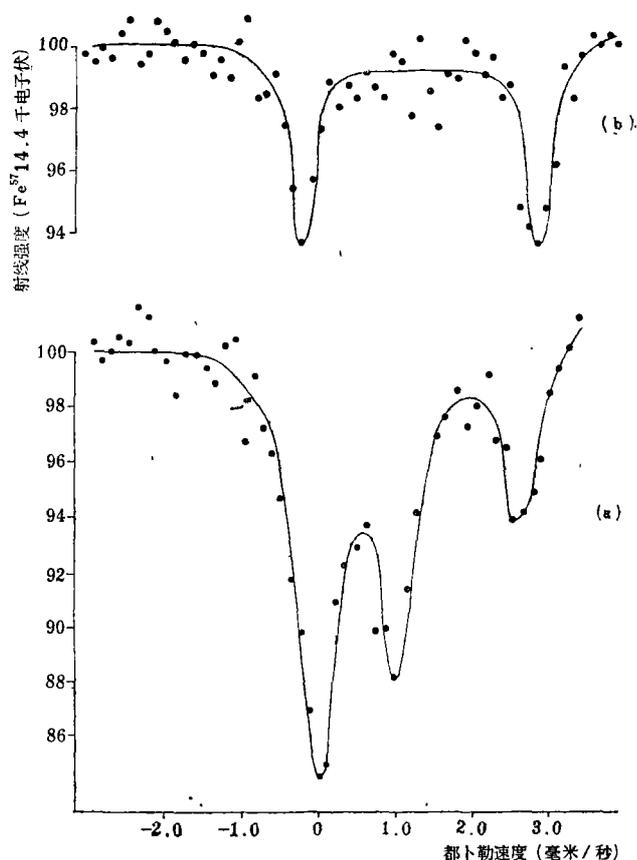


图 2 莱河矿 (a) 与橄榄石 (b) 的穆斯鲍尔谱  
(以不锈钢中铁的吸收线的位置为零)

## 六、莱河矿的红外光谱

莱河矿的红外光谱如图 3 中曲线 1 所示。谱图是在 Perken-ELmer 621 型红外光谱仪上记录的, 用 KBr 压片制样法。在  $400-1800 \text{ cm}^{-1}$  谱区内明显出现的吸收带及其吸收强度见表 4。谱图与已知的铁橄榄石的谱图对比有明显的差别<sup>[7-10]</sup>, 主要表现在  $1000 \text{ cm}^{-1}$  附近各吸收带的吸收强度显著不同, 且在  $640 \text{ cm}^{-1}$  处出现了一个吸收带。在其他硅酸盐矿物的光谱里亦未找到相同的谱图。与高铁铁橄榄石的红外谱图对比<sup>[12]</sup>, 其伸缩振动虽近似, 但其形变振动的吸收情况仍有差别, 莱河矿  $640 \text{ cm}^{-1}$  处的吸收带, 在高铁铁橄榄石的红外谱图中没有发现。

本矿物在  $700^\circ\text{C}$  加热, 于空气中冷却后所得到的红外光谱、各吸收带和吸收强度见图 3 中曲线 2 及表 4。与未加热的莱河矿相比, 光谱发生了很大的变化。显然, 该矿物在加热之后, 发生了相变。此与差热分析的结果相一致。

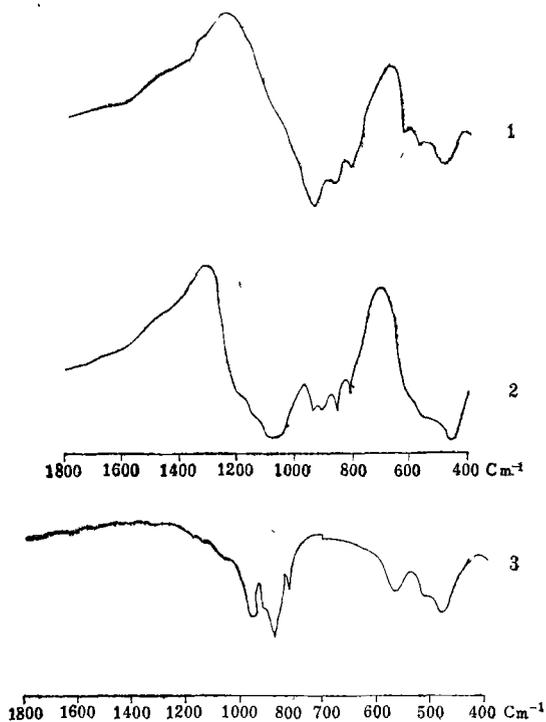


图 3 莱河矿和铁橄榄石的红外吸收光谱  
1. 莱河矿； 2. 加热到 700°C 冷却后的莱河矿； 3. 铁橄榄石。

表 4 莱河矿、加热后的莱河矿和铁橄榄石的红外吸收带及吸收强度

莱 河 矿		加热至 700°C 后的莱河矿		铁 橄 榄 石	
吸收带( $\text{cm}^{-1}$ )	吸收强度	吸收带( $\text{cm}^{-1}$ )	吸收强度	吸收带( $\text{cm}^{-1}$ )	吸收强度
1110	很弱	1090	很强	1060	很弱
1040	很弱			965	强
955	很强	950	中强	950	强
885	中强	920	中强	915	很弱
830	中强	870	中强	880	很强
640	弱	834	中强	828	强
590	弱	810	很弱		
535	很弱	610	很弱	566	强
510	很强	565	很弱	510	弱
460	很弱	515	很弱	495	很弱
410	很弱	475	强	480	强
		452	弱	470	弱

表 5 莱河矿的 X 射线粉晶分析结果(与铁橄榄石高铁铁橄榄石对比)

铁 橄 榄 石* (JCPDS 20-1139)			莱 河 矿**			高 铁 铁 橄 榄 石		铁 橄 榄 石 (JCPDS 20-1139)			莱 河 矿			高 铁 铁 橄 榄 石	
<i>I</i>	<i>d</i>	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i>
			3	5.80	001			6	1.650	133					
4	5.23	020	1	5.21	020						2	1.635	061	1	1.645
2	4.38	110						5	1.626	152					
5	3.98	021						4	1.605	043					
2	3.78	101	6	3.78	021	5	3.81				1	1.595	310		
8	3.55	111 120						2	1.588	310 161					
			9	3.47	120	9	3.49				1	1.555	301		
4	3.05	002				4	3.05	5	1.536	311 213					
			3	2.90	002			7	1.523	004 143					
9	2.828	130						7	1.516	062					
			8	2.78	130	10	2.80	1	1.491	321 223					
5	2.630	022 040									3	1.475	062 143	2	1.483
7	2.565	131						4	1.461	330					
			10	2.520	022 131	10	2.53				4	1.440	330 233	1	1.451
10	2.501	112						5	1.431	170					
5	2.410	200 041	6	2.405	200 112	6	2.42	4	1.419	331 233					
2	2.348	210	1	2.350	041			5	1.409	312	3	1.410	162 302	4	1.410
6	2.307	122 140						1	1.396	153	2	1.395	312 260		
			5	2.260	140	4	2.26	1	1.378	261					
5	2.192	211 220						5	1.371	322 340				2	1.367
			2	2.180	220 211	2	2.18				3	1.355	153 340		
4	2.071	132						6	1.341	134					
			1	2.055	221	1	2.04	2	1.326	063					
2	1.987	042 230						4	1.287	204					
2	1.923	150						1	1.260	303					
			1	1.870	231 202			2	1.250	224 342					
6	1.838	113 142						5	1.205	400	2	1.200	400 323	1	1.203
9	1.777	222 240						1	1.194	154					
			7	1.750	240 222	10	1.761	4	1.186	333					
5	1.703	241						5	1.177	352					
5	1.680	061	1	1.675	241	5	1.686	1	1.169	173 182					

续表 5

铁橄榄石* (JCPDS 20—1139)			莱河矿**			高铁铁橄榄石		铁橄榄石 (JCPDS 20—1139)			莱河矿			高铁铁橄榄石	
<i>I</i>	<i>d</i>	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i>	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i>
2	1.162	361 263						1	1.100	314					
4	1.156	244						6	1.095	370 440				1	1.094
2	1.152	280 125				1	1.153	2	1.081	215 324	3	1.084	440 370		
2	1.137	343						1	1.078	371 273					
1	1.132	190 281						6	1.061	192					
4	1.119	135						2	1.053	334					
2	1.114	412 191						5	1.042	174				1	1.043
1	1.106	045									2	1.035	450 192		

\* 铁橄榄石在  $d = 1.042$  之后, 还有 17 条衍射线。钻靶。

\*\* 莱河矿的照相条件: 铁靶。电压 35 千伏, 管流 10 毫安, 曝光 2 小时。

## 七、X 射线分析

本矿物 X 射线粉晶分析结果见表 5 及照片 5。由表和照片可见: 1. 本矿物与铁橄榄石在消光规律及衍射强度上存在着明显的差异, 反映了两矿物结构上的不同; 2. 表中所有衍射符号相同的衍射线, 本矿物的  $d$  值偏小, 这说明它的单位晶胞小于铁橄榄石; 3. 本矿物衍射线比较模糊且少, 显示出该矿物结晶程度较差。而高铁铁橄榄石与本矿物有些相似。

X 射线单晶衍射测定: 本矿物属斜方晶系。  $a = 4.800 \text{ \AA} \pm 0.005$ ,  $b = 10.238 \text{ \AA} \pm 0.005$ ,  $c = 5.857 \text{ \AA} \pm 0.005$ 。它与橄榄石系矿物的晶胞参数值相似。但空间群为  $C_{2v}^2 - Pb2_1m$ , 与橄榄石不同。初步认为, 该矿物与铁橄榄石的结构相比, 由于大量  $Fe^{3+}$  的存在, 单位晶胞中铁原子的个数减少约 1/4, 相应于铁橄榄石结构中  $Fe^{2+}$  的位置产生部分空隙, 因而结构上引起 Si—O 四面体及 Fe—O 八面体的畸变, 造成本矿物对称性较橄榄石为低。

## 八、与已知的矿物对比

莱河矿与铁橄榄石、变铁橄榄石、高铁铁橄榄石的对比列于表 6 中。

从表中可知, 莱河矿与铁橄榄石、变铁橄榄石存在着本质上的差别。与高铁铁橄榄石相比虽有许多相似之处, 但在化学成分、差热分析、红外光谱、空间群等方面存在着明显的差异。因此我们认为本矿物是一个不同于橄榄石系矿物的含高铁的铁硅酸盐新矿物。

另外, 经查阅国内外新矿物或矿物新变种文献, 无一矿物可以与莱河矿相比拟<sup>[2,3,12]</sup>。

综上所述, 莱河矿具有以下基本特征:

1. 产于变质铁矿中, 与紫苏辉石、磁铁矿、石英等共生。

表 6 莱河矿与铁橄榄石、变铁橄榄石、高铁铁橄榄石对比

	铁 橄 榄 石	变铁橄榄石 (Talasskite)	高铁铁橄榄石 (Феррифаялит)	莱 河 矿
透 明 度	透 明	透 明	不 透 明	不 透 明
颜 色	橄 榄 绿	褐 色	深灰到黑色	黑 色
条 痕	深 灰	淡黄到无色	褐 色	淡 褐 色
解 理	(010) 较好 (100) 差 (001) 无	(010) 完全 (100) 明显 (001) 最完全	(001) 完全, 两组相交为 60° 的解理与 (001) 成直角关系	(010) 完全 (100) 完全 (001) 较差
比 重	4.22—4.35	4.1	3.90	3.92
Fe <sup>3+</sup> /Fe <sup>2+</sup>	全为 Fe <sup>2+</sup>	1/5	1/0.93	1/0.58
分 子 式	(Fe, Mg) <sub>6</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	(Fe, Mg) <sub>5</sub> Fe <sup>3+</sup> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	(Fe <sub>0.89</sub> <sup>3+</sup> Fe <sub>0.83</sub> <sup>2+</sup> Mn <sub>0.25</sub> · Ca <sub>0.03</sub> )SiO <sub>4</sub>	Fe <sub>1.00</sub> <sup>3+</sup> Fe <sub>0.58</sub> <sup>2+</sup> Mg <sub>0.03</sub> Si <sub>0.96</sub> O <sub>4</sub>
差热分析	无放热峰	未报导	725°C处有一放热峰, 325°C处有一吸热谷	713°C处有一放热峰
穆斯鲍尔谱	未发现 Fe <sup>3+</sup> 谱	未报导	未报导	有 Fe <sup>3+</sup> 谱, Fe <sup>3+</sup> /Fe <sup>2+</sup> = 1/0.65
红外光谱	640 cm <sup>-1</sup> 处无吸收带	未报导	640 cm <sup>-1</sup> 处无吸收带, 作者认为该矿物属铁橄榄石族。	在 640 cm <sup>-1</sup> 处有一吸收带, 1000 cm <sup>-1</sup> 附近各吸收带的吸收强度与铁橄榄石不同。
X 射线分析	斜方晶系 a = 4.822 Å b = 10.483 Å c = 6.095 Å 空间群: D <sub>2h</sub> <sup>16</sup> - Pbnm	未报导	斜方晶系 a = 4.71 Å b = 10.51 Å c = 6.10 Å	斜方晶系 a = 4.800 Å ± 0.005 b = 10.238 Å ± 0.005 c = 5.857 Å ± 0.005 空间群: C <sub>2v</sub> <sup>2</sup> - Pb2 <sub>1</sub> m
备 注		俄文为 Таласскит	产于花岗岩的分离体中	产于变质铁矿中

2. 黑色, 不透明, 厚板状, 具金属到半金属光泽, 略有磁性, 比重 3.92, 有两组完全解理。

3. 化学成分主要元素为 Fe 和 Si, Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup> = 1/0.58—1/0.65, Fe<sup>3+</sup> > Fe<sup>2+</sup>。分子式为



4. 电子探针分析表明, 该矿物中 Fe 和 Si 的分布是十分均匀的, 是一单矿物。

5. 莱河矿在 713°C 有一明显的放热峰。

6. 莱河矿有其特征的穆斯鲍尔谱和红外光谱。

7. X 射线分析表明莱河矿结晶程度较差, 属斜方晶系, a = 4.790 Å ± 0.005, b = 10.238 ± 0.005, c = 5.857 Å ± 0.005。空间群为 C<sub>2v</sub><sup>2</sup> - Pb2<sub>1</sub>m。

根据上述特征, 我们认为莱河矿是一个铁的硅酸盐新矿物。

## 参 考 文 献

- [1] Никитин В. Д.: 1936, Новая разнородность минерала Оливиновой Грунны. «Зап. Всес. Мин. Общ.», ч. 65, вып. 2, ст. 281.
- [2] Бонштедт-Куплеская Э. М., Арбузова О. А.: 1974, Новые Минералы. ст. 1954—1972.
- [3] Michael Fleischer: 1966, Index of new mineral names, discredited minerals, and changes of mineralogical nomenclature in volumes 1—50 of the American Mineralogist. "Am. Mineralogist", Vol. 51, No. 8.
- [4] Goldanskii V. I.: 1964, The Mössbauer effect and its applications in chemistry. Consultants Bureau New York.
- [5] Bancroft G. M., Maddock A. G., Burns R. G.: 1967, Applications of the Mössbauer effect to silicate mineralogy—1. Iron silicates of Known crystal structure. "Geochim. et Cosmochim.", Vol. 31, pp. 2219.
- [6] Bowen L. H., Weed S. B., Stevens J. G.: 1969, Mossbauer study of micas and their potassium-depleted products. "Am. Mineralogist", Vol. 54, pp. 72—84.
- [7] Moenke H.: 1962, Minenalspektren Akademie Verlag, Berlin.
- [8] Moenke H.: 1966, Minenalspektren Akademie Verlag, Berlin.
- [9] Duke D. A., Stephens J. D.: 1964, Infrared investigation of the olivine group minerals. "Am. Mineralogist", Vol. 49, No. 9—10, pp. 1388.
- [10] Burns R. G., Huggins F. E.: 1972, Cation determinative curves for Mg-Fe-Mn olivines from vibrational spectra. "Am. Mineralogist", Vol. 57, No. 5—6, pp. 967.
- [11] 岛田昌彦: 1971, 矿物学杂志. 10 卷, 3 号, 186—214.
- [12] Гинзбург И. В., Лисицина Г. А., Садикова А. Т., Сидоренко Г. А.: 1962, Фаялит гранитных пород и продукты его изменения. «Труды минералогического музея», Выпуск 13, ст. 16.

## LAIHUNITE—A NEW IRON SILICATE MINERAL

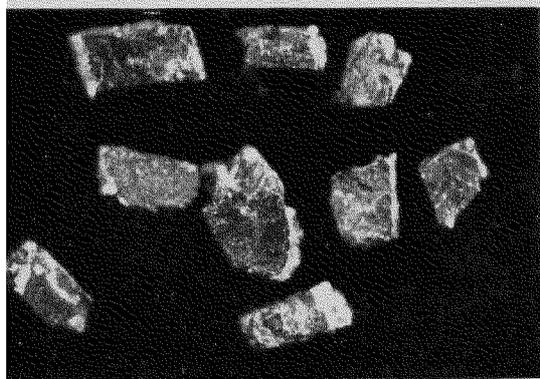
Laihunite Research Group, Guiyang Institute of Geochemistry,  
Academia Sinica

101 Geological Team of Liaoning Metallurgical and Geological Prospecting Company

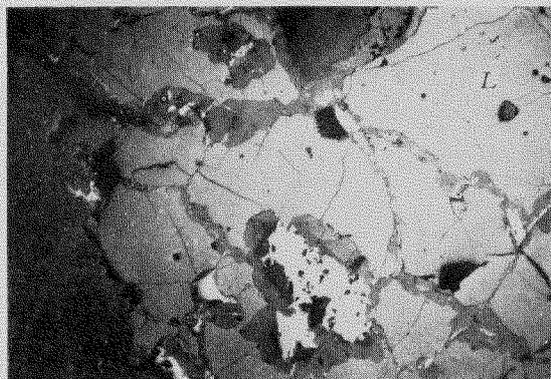
## Abstract

Lahunite reported in the present paper is a new iron silicate mineral found in China with the following characteristics:

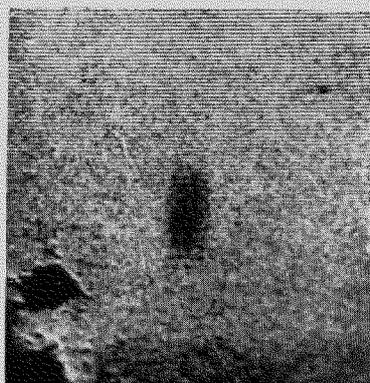
- (1) This mineral occurs in a metamorphic iron deposit, associated with garnet, quartz, magnetite, etc.;
- (2) The mineral is opaque, black in colour, thickly tabular in shape with luster metallic to sub-metallic, two perfect cleavages and specific gravity of 3.92;
- (3) Its main chemical components are Fe and Si with  $Fe^{3+} > Fe^{2+}$ . The analysis gives the formula of  $Fe_{1.50}^{3+} \cdot Fe_{0.58}^{2+} \cdot Mg_{0.03}^{2+} \cdot Si_{0.96} O_4$ .
- (4) Its DTA curve shows an exothermic peak at 713°C.
- (5) The mineral has its own infrared spectrum distinctive from that of other minerals.
- (6) This mineral is of orthorhombic crystal system; space group:  $C_{2v}^2 - Pb2_1m$ ; unit cell:  $a = 4.800 \text{ \AA} \pm 0.005$ ,  $b = 10.238 \text{ \AA} \pm 0.005$ ,  $c = 5.857 \text{ \AA} \pm 0.005$ .
- (7) The mössbauer spectrum of this mineral is given.



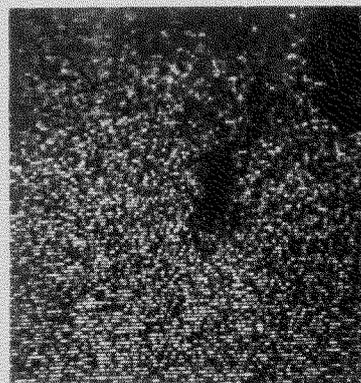
照片 1 莱河矿的晶形  
( $\times 27$ )



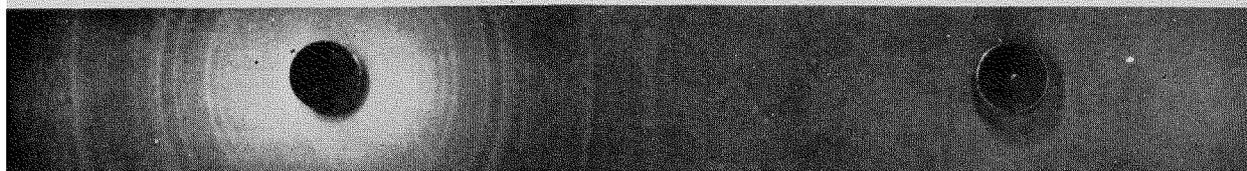
照片 2 光片中的莱河矿  
(L. 莱河矿,  $\times 27$ )



照片 3 莱河矿中 Fe 的 X 射线图象  
( $\times 123$ )  
(示铁的分佈很均匀)



照片 4 莱河矿中 Si 的 X 射线图象  
( $\times 123$ )  
(示 Si 的分佈很均匀)



照片 5 莱河矿 X 射线粉晶照相(原大)