

# 章 氏 硼 鎂 石

(一种新发现的含水鎂硼酸盐矿物)

曲一華 謝先德 錢自強 刘來保

1963年6月至8月,作者等在我国某內陆盐湖进行野外調查时,发现了一种新的含水鎂硼酸盐矿物,經化学分析,計算其化学式为  $MgO \cdot 2B_2O_3 \cdot 9H_2O$ , 它的物理、化学特性均与苏联物理化学家 A. B. Николаев 于1947年在实验室内合成的二硼酸鎂(двуборат)<sup>1)</sup> 极为相似,在自然界这种矿物还是首次发现。为了紀念我国地质事业創始人之一和地质教育事业的导师——章鴻釗老先生(1877—1951),我們把它命名为章氏硼鎂石(Хунчжаоит, Hungchaoite)。

这次对章氏硼鎂石的研究,共进行了化学全分析,偏光显微鏡和弗氏台下測定光性常数,比重瓶法測定了矿物比重,X光粉晶分析,差热分析和脫水分析。

为了对比这些常数的可靠性,还对合成的章氏硼鎂石(“二硼酸鎂”)<sup>2)</sup>进行了上述同样内容的研究,并与 A. B. Николаев 的資料一起进行了对比。

章氏硼鎂石发现于现代內陆盐湖沉积层中,盐类沉积之下为含砂淤泥层,盐类沉积物的层序,自下而上为褐色細粒石膏层,含石膏水方硼石层,含庫水硼鎂石石膏层,最頂部为 一层褐黄色盐盖。章氏硼鎂石賦存于含石膏水方硼石层中,呈不規則豆状体出現,其边缘包裹一层次生石膏,并与次生鈉硼解石密切共生。从产状及矿物的共生关系,我們认为它可能是溶液中鎂和硼浓度较高时,使已沉积的硼酸盐矿物发生分解而形成的;同时还形成了次生石膏。

作者在野外和室內工作期間,曾先后得到程永长,彭宁盛,张长美,张兰娟,伍培祐,吳美清,金晓微,馬世年,路凤香,韓蔚田等多方面协助,并承蒙袁見齐教授和陈光远副教授审閱初稿,在此作者謹致謝忱。

## 一、化学性質

章氏硼鎂石与其他矿物密切共生,而且晶粒极小,我們的試驗样品是在双目鏡下手选,并在干燥空气中蒸发干的。样品除化学全分析外,并进行了显微鏡下物相鉴定和X光粉晶照象检查,发现样品中除章氏硼鎂石外,还含有少量石膏和岩盐的杂质。现将化学分析結果列表如下(表1)。

据上述分析数据,經化学計算  $CaO$  和  $SO_3$ ;  $K_2O$ ,  $Na_2O$  和  $Cl^-$  的分子个数(或离子个数)比,恰与石膏和岩盐分子个数(或离子个数)比相附合。把这二个杂质矿物的含量除去后,再換算得章氏硼鎂石化学組成的百分含量,其結果与理論計算值很接近。所以它的化

1) 見 A. B. Николаев, Физико-химическое изучение природных боратов p. 102 頁。

2) 作者合成的章氏硼鎂石是用 2 克  $MgO$  加 8 克  $H_3BO_3$  加 132—150 克水靜置 15—20 天后获得的。

表 1 章氏硼镁石化学分析数据

化学组成	自然产章氏硼镁石		人工合成章氏硼镁石		理论计算 百分含量
	百分含量	除去石膏和岩盐后 换算的百分含量	作者合成 百分含量	A. B. Николаев 合成百分含量	
MgO	10.32	11.68	12.51	11.47	11.80
CaO	1.61				
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34.96	39.58	40.90	40.71	40.77
SO <sub>3</sub>	2.25				
K <sub>2</sub> O	0.18				
Na <sub>2</sub> O	2.88				
Cl <sup>-</sup>	3.43				
H <sub>2</sub> O	44.11	48.74	47.44	47.44	47.43
不溶物	1.24				
总计	100.98	100.00	99.62	99.62	100.00

分析者：张兰娟，金晓微。

学式应写为  $MgO \cdot 2B_2O_3 \cdot 9H_2O$ 。

章氏硼镁石在冷水中可部分溶解；在酸中极易分解，并生成天然硼酸晶体<sup>1)</sup>，若以浓硫酸溶解后加入数滴乙醇并点燃，可呈现鲜艳硼的绿色火焰；或加入 1.258-四羟萘醌试剂，则呈明显之蓝色硼反应。

## 二、晶体形态和物理性质

章氏硼镁石晶体细小，显微镜下测定直径为 0.02—0.04mm，粒度均匀，集合体呈 3—6mm 的豆状体，集合松散。纯白色，集合体呈油脂光泽，硬度 1—2。章氏硼镁石以细粒状，松散集合体形态和油脂光泽可与共生的纤维状钠硼解石相区别；又以其纯白色和豆状

表 2 章氏硼镁石主要物理性质表

性质	自然产章氏硼镁石	人工合成章氏硼镁石	
		作者	A. B. Николаев (1947)
晶系	三斜(?)	三斜	—
形状	假六边形	假六边形	六边形
颜色	无色至白色	无色至白色	—
光泽	玻璃光泽	玻璃光泽	—
硬度	1—2	1—2	—
比重	1.72	1.72	—
$N_g$	1.4898	1.490	—
$N_m$	1.4851	1.485	1.485
$N_p$	1.4415	1.442	1.442
光性	二轴晶(-)	二轴晶(-)	一轴晶(-)
$2V$	$36^\circ$	$36^\circ$	—

集合体与伴生的褐黄色鲕状集合体的水方硼石相区别。

经弗氏台和显微镜下研究，确定章氏硼镁石为三斜晶系(?)，晶体呈假六方片状和柱状(照片 1)。

$$N_g = 1.4898$$

$$N_m = 1.4851$$

$$N_p = 1.4415$$

$$\Delta = 0.0483$$

二轴晶负光性

$$2V = 36^\circ$$

将章氏硼镁石主要物理性质列于表 2，并附有合成的章氏硼镁石

1) 章氏硼镁石加入稀  $H_2SO_4$  (或稀  $HCl$ ) 后，可生成天然硼酸晶体，其横断面呈假六方形，纵断面呈柱状或棒状晶体。

数据以作对比。

上表所列都是实测数据, 说明天然产的章氏硼鎂石和作者合成的章氏硼鎂石的主要物理性质完全一致。矿物比重如根据化学分析结果, 用  $\frac{n-1}{d} = K$  公式计算, 应为 1.723。矿物的  $2V$ , 如根据  $\sin^2 V_p = \frac{N_g - N_m}{N_g - N_p}$  公式计算应为  $35^\circ 38'$ , 这些计算值与实测数据很接近。表中所列 A. B. Николаев 测定的折光率和作者测定结果一致, 但他测定的结果为一轴晶则和作者的测定结果不同。

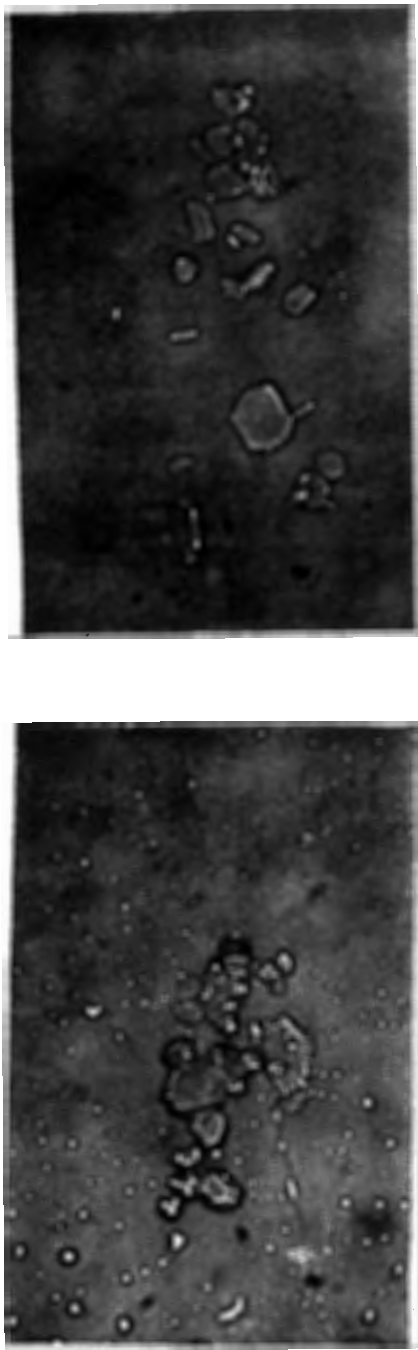
### 三、X 光粉晶分析

本区所产章氏硼鎂石晶体细小, 不能进行单晶研究, 而人工培养晶体工作正在进行; 本文只能把粉晶分析数据和德拜图象(照片 2)列后, 并附有作者合成的章氏硼鎂石粉晶数据以资对比。

表 3 自然产及人工合成章氏硼鎂石 X 射线粉晶分析数据

天 然 产		人 工 合 成		天 然 产		人 工 合 成	
<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>
—	—	1	8.68	5	2.060	6	2.060
1	8.01	1	7.95	3	2.008	3	2.004
6	7.18	5	7.14	2	1.958	2	1.955
7	6.67	7	6.71	4	1.929	4	1.932
6	5.84	6	5.87	4	1.895	4	1.898
6	5.34	6	5.37	1	1.867	1	1.870
4	5.05	4	5.07	4	1.821	4	1.823
4	4.80	4	4.80	1	1.776	1	1.779
3	4.47	3	4.50	1	1.748	1	1.750
1	4.25	1	4.22	3	1.716	3	1.717
10	4.07	10	4.08	3	1.682	2	1.679
5	3.86	5	3.87	2	1.611	2	1.614
5	3.66	5	3.68	2	1.589	2	1.591
1	3.46	2	3.47	2	1.541	3	1.539
9	3.34	9	3.35	1	1.510	—	—
—	—	1	3.29	2	1.492	2	1.490
1	3.20	1	3.20	2	1.452	2	1.455
1	2.916	1	3.102	1	1.412	1	1.413
10	2.902	10	2.909	1	1.390	1	1.393
9	2.734	7	2.740	3	1.327	2	1.330
—	—	1	2.643	1	1.308	—	—
7	2.569	8	2.574	2	1.285	2	1.287
7	2.510	7	2.518	2	1.265	3	1.265
2	2.405	2	2.400	1	1.245	1	1.243
5	2.304	5	2.300	2	1.193	—	—
1	2.229	1	2.221	1	1.181	2	1.179
6	2.182	7	2.178	1	1.167	2	1.166
4	2.101	5	2.105	1	1.140	—	—

分析者: 任培祐。



b

a

照片 1 莫氏刚玉石晶形

a——天然产品； b——人工合成晶体。 显微镜下 × 458



a



b

照片 2 莫氏刚玉石粉晶衍射图象

a——天然产； b——人工合成。

粉晶分析的实验条件是利用 Fe 靶, 未滤光, 照象时电压 28KV, 电流 8mA, 曝光 3—6 小时。

#### 四、热学性质

作者对章氏硼鎂石进行了差热分析和脱水分析, 其结果如图 1, 2:

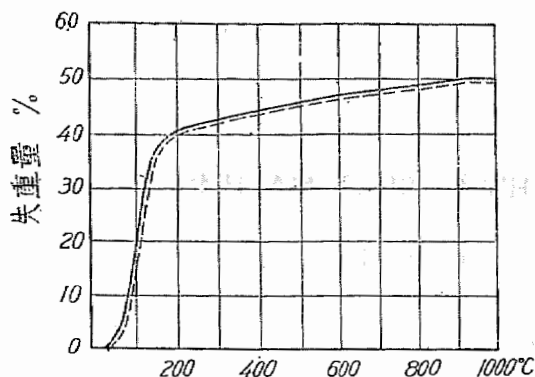


图 2 章氏硼鎂石脱水曲线  
—— 本区产; ----- 人工合成。

章氏硼鎂石差热反应有明显的二个吸热谷和一个放热峰。第一个吸热谷出现于  $90^{\circ}$ — $180^{\circ}$ , 由脱失结晶水吸热反应, 从图 1 中曲线 II<sub>2</sub> 反映出, 结晶水的脱失可分为明显的三个阶段, 即  $90^{\circ}$ ,  $150^{\circ}$  和  $180^{\circ}$ , 而图中曲线 I 和 II<sub>1</sub> 则由于实验条件不同未见吸热谷底。第二个吸热反应在  $944^{\circ}$ — $1040^{\circ}$  为矿物熔融破坏晶格构造吸热反应。其放热峰则在  $660^{\circ}$ — $713^{\circ}$  为脱失结晶水后的非晶质物重新结晶放热反应。自然产出的章氏硼鎂石与合成的章氏硼鎂石差热反应基本一致, 第二个吸热反应的温度略有不同, 这是由于自然产的章氏硼鎂石样品内含有石膏和岩盐的杂质, 致使矿物熔融的温度略低于合成的纯净样品。

上述资料与 1947 年 A. B. Николаев 的差热曲线比较, 其主要的吸热和放热反应基本吻合 (见图 1) 仅我们实验资料中反应的温度较 A. B. Николаев 的略为推迟, 这可能由于具体实验条件不相同的影响。A. B. Николаев 资料中实验温度低于  $700^{\circ}$ , 故未出现  $944^{\circ}$ — $1040^{\circ}$  的吸热反应。

章氏硼鎂石加热至  $48^{\circ}$  即开始脱水而失重, 至  $160^{\circ}$  将主要结晶水失尽 (这与差热曲线上  $170^{\circ}$ — $180^{\circ}$  出现吸热反应相符合), 其失重量为 38%, 经计算约相当于  $7\text{H}_2\text{O}$ , 其他的  $\text{H}_2\text{O}$  则在  $160^{\circ}$ — $700^{\circ}$  较高的温度范围内逐渐缓慢的脱失, 其纯失重量为 9.5%, 经

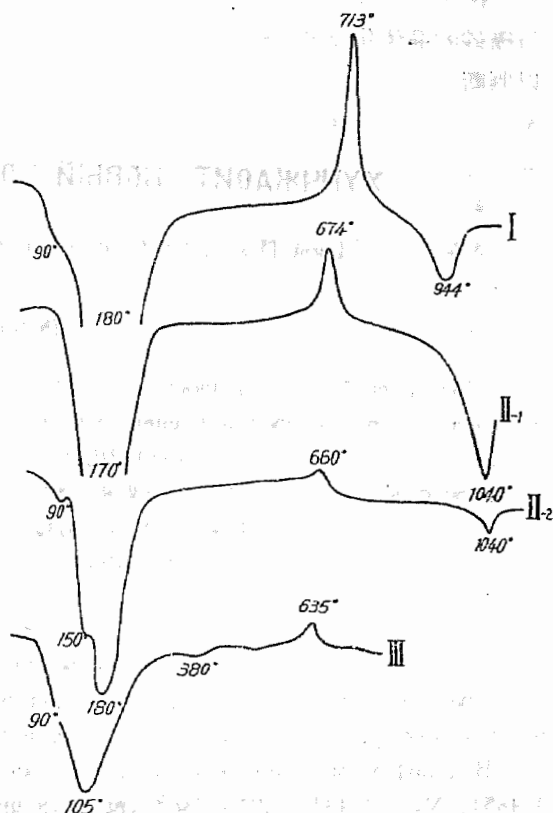


图 1 天然及人工合成章氏硼鎂石差热曲线

I. 本区产; II, III. 人工合成 (II 由作者合成, III 根据 Николаев A. B.)。

計算約相当于  $2\text{H}_2\text{O}$ 。据此資料可以推断其化学式中的  $9\text{H}_2\text{O}$  可能有二种形式存在；一为結晶水( $\text{H}_2\text{O}$ )，另一为結構水( $\text{OH}$ )。

我們合成的章氏硼鎂石的脫水分析資料与自然产出的极为吻合(见图 1, 2)。从  $60^\circ\text{C}$  开始失重，其总失重量略低于自然产章氏硼鎂石，这可能由于自然产出者含較多的吸附水，致使开始失重溫度較低，失重量也略大于純淨的合成样品。

据上述热分析資料，我們认为章氏硼鎂石的晶体化学式可能为  $\text{Mg}[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ，与硼砂的晶体化学式  $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  极为相似，这有待于今后晶体构造的研究加以判断。

## ХУНЧЖАИТ—НОВЫЙ ВОДНЫЙ БОРАТ МАГНИЯ

Цюй Й-хуа, Се Сянь-дэ, Цянь Цзы-цян, Лю Лай-бао

(Резюме)

При полевой работе в июне и августе месяцах 1963 г. на одном боратовом месторождении озёрного происхождения Китая в желваках улексита нами были обнаружены новый водный борат магния ( $\text{MgO} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ), который по химическому составу и физическим свойствам идентичен с диборатом магния, синтезированным Николаевым А. В.

Минерал назван хунчжаоитом (Hungtsaoite) в честь выдающегося китайского геолога и минералога и одного из учредителей геологической службы в Китае проф. Чжан Хун-чжао (1877—1951).

В настоящей статье приводятся некоторые результаты исследования этого минерала и дибората магния, синтезированного нами по методу Николаева А. В.

Кристалл хунчжаоита относится к триклинной сингонии (?) и имеет псевдогексагональную форму. Цвет белый. Блеск стеклянный. Твёрдость 1—2. Удельный вес 1,72.

В шлифах минерал бесцветен. Двуосный, отрицательный.  $N_g = 1,4889$ ;  $N_m = 1,4851$ ;  $N_p = 1,4415$ .  $2V = 36^\circ$  (вычисленный  $35^\circ 58'$ ).

В холодной воде хунчжаоит трудно растворим, но растворяется в горячей воде и легко растворяется на холоду в разбавленных кислотах с выделением кристалликов борной кислоты.

Химический анализ:  $\text{MgO}$ —10,32;  $\text{CaO}$ —1,61;  $\text{B}_2\text{O}_3$ —34,96;  $\text{SO}_3$ —2,25;  $\text{K}_2\text{O}$ —0,18;  $\text{Na}_2\text{O}$ —2,88;  $\text{Cl}^-$ —3,43;  $\text{H}_2\text{O}$ —44,11; нераств. ост.—1,24; сумма 100,98%. Заметное содержание  $\text{CaO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{Cl}$  объясняется присутствием примеси гипса и галита.

Наиболее интенсивные линии порошковой рентгенограммы: 4,07(10), 3,34(9), 2,902(10), 2,734(9).

Опыты по термовесовому анализу показывают, что вода в хунчжаоите выделяется в интервалах  $48$ — $160^\circ$  (38%) и  $160$ — $700^\circ$  (9,5%). Дифференциально термическая кривая характеризуется эндотермическими эффектами при  $180^\circ$  и  $944^\circ$  и экзотермическим эффектом при  $713^\circ$ .

Скопления хунчжаоита размерами 3—6 мм приурочены к слоям гидробората и тесно ассоциированы с улекситом. По формам залегания и минеральной ассоциации предположительно можно сказать, что хунчжаоит минерал вторичный.