

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

碳 硼 硅 钙 镁 石 在 我 国 发 现

王 书 凤

在广东大顶锡铁矿的镁矽卡岩体中,存在一种罕见的含硼矿物—碳硼硅钙镁石(harkerite)。这一矿物,是蒂利(Tilley)1948年在苏格兰斯凯岛的镁矽卡岩中首次发现的^[1]。60年代以来,又相继在西伯利亚雅库特和阿拉斯加苏厄德半岛的同类型矿床中见到^{[2][3]}。

大顶锡铁矿位在石背岩体与三叠系上统白云岩层的接触带。那里的镁矽卡岩相当发育。镁矽卡岩的主要矿物为镁橄榄石、镁尖晶石及深绿辉石。镁矽卡岩的主要岩石有镁尖晶石镁橄榄石矽卡岩、镁尖晶石辉石镁橄榄石矽卡岩、镁尖晶石辉石矽卡岩;在镁矽卡岩的外侧,还产有镁橄榄石斑花大理岩和方镁石斑花大理岩。这些镁矽卡岩及斑花大理岩,尔后经受了氟硼质

蚀变、钙矽卡岩化改造、云英岩化改造,等等。

镁矽卡岩氟硼质蚀变的外在表现主要是:镁尖晶石被金云母交代;镁橄榄石在一些地段转化为硅镁石类矿物,在另一些地方被小藤石或镁质硼镁铁矿交代。与此对应,在镁矽卡岩的背景上,以改造镁矽卡岩的方式,形成金云母辉石岩、含镁尖晶石的辉石硅镁石岩、金云母辉石硅镁石岩,等等。

钙矽卡岩化改造的突出点在于:深绿辉石部分脱 Al_2O_3 演变成为透辉石—普通辉石、次透辉石—普通辉石、钙铁辉石;镁尖晶石主要被符山石或中间成分的石榴石交代;镁橄榄石转化成为钙镁橄榄石;镁质硼镁铁矿被改造成富铁硼镁铁矿;小藤石代之以碳硼硅钙镁石;等等。与此对应,在两相邻的岩石界面附

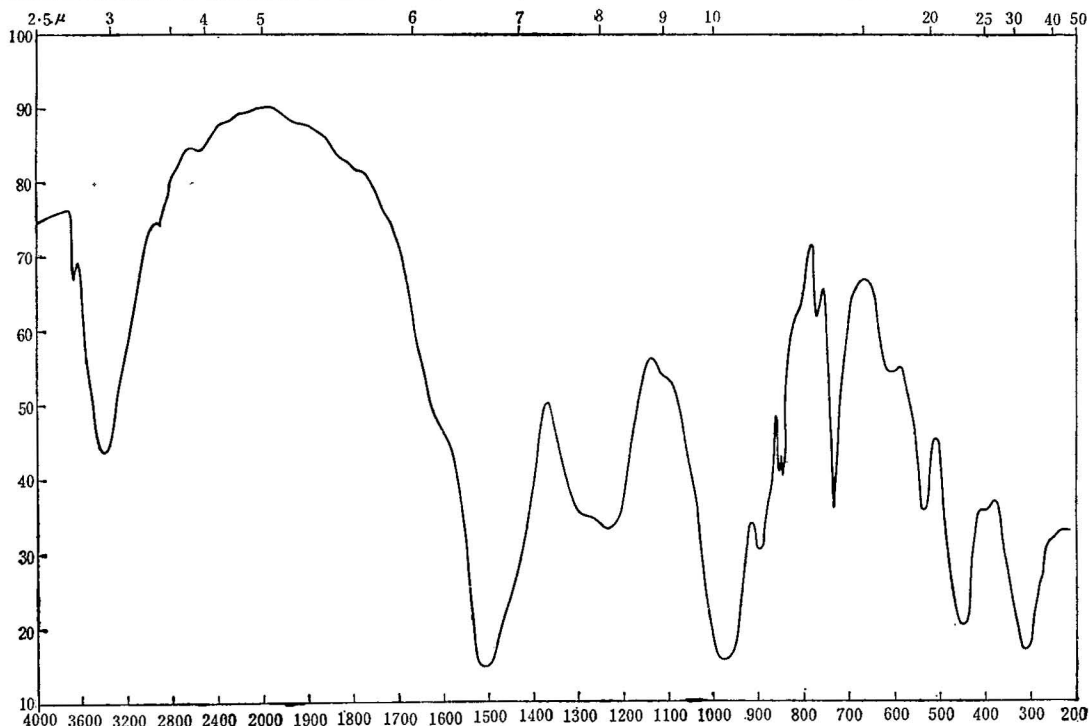


图 1 碳硼硅钙镁石的红外吸收谱线

室实验条件：扫描时间 8 分，强度 1，增益 4，狭缝 N ，制样 KBr 片。测定者：中国地质科学院矿床地质研究所六室 郭立鹤

表 1 碳硼硅钙镁石的化学成分

组 分	重量(%)	分 子 数	阳 离 子 的 原 子 数	阴 离 子 的 原 子 数	假 晶 胞 中 的 原 子 数	电 荷 数
SiO ₂	12.19	0.2029	0.2029	0.4058	11.62	46.48
CO ₂	13.52	0.3072	0.3072	0.6144	17.58	70.32
B ₂ O ₃	9.00	0.1292	0.2584	0.3876	14.80	44.40
Al ₂ O ₃	2.47	0.0242	0.0484	0.0726	2.77	8.31
Fe ₂ O ₃	1.09	0.0068	0.0136	0.0204	0.78	2.34
FeO	0.33	0.0046	0.0046	0.0046	0.26	0.52
MnO	0.15	0.0021	0.0021	0.0021	0.12	0.24
MgO	11.57	0.2870	0.2870	0.2870	16.43	32.86
CaO	46.67	0.8322	0.8322	0.8322	47.64	95.28
			1.9564		112.00	301.75
						153
H ₂ O ⁺	2.17	0.1204	0.2408	0.1204	13.78	148.75(氧)
Cl	1.56	0.0400		0.0400	2.29	4.25(OH)
F	0.36	0.0189		0.0189	1.08	
总 和	101.06					
Cl ₂ =O	0.36					
F ₂ =O	0.15					
校正后的总和	100.55					

分析者：中国地质科学院原地质矿产研究所八室刘玉芬

结晶化学式： $(\text{Ca}_{47.64}\text{Mg}_{0.36})_{48}(\text{Mg}_{16.07}\text{Fe}_{0.26}\text{Mn}_{0.12})_{16.45}(\text{Al}_{2.19}\text{Fe}_{0.78}^{3+})_{2.97}(\text{B}_{14.80}\text{Al}_{0.20})_{15}\text{C}_{17.58}(\text{Si}_{11.62}\text{Al}_{0.38})_{12}\text{O}_{147}\text{Cl}_{2.29}(\text{O}_{1.75}\text{F}_{1.08}\text{OH}_{3.17})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

注 1. 其理论式为： $\text{C}_{48}\text{Mg}_{16}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_{15}(\text{CO}_3)_{18}(\text{SiO}_4)_{12}\text{Cl}_2(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}^{[4]}$

2. 与理论值的偏离，主要在于样品未到足够纯度

近或裂隙两侧,形成辉石矽卡岩、辉石符山石矽卡岩、辉石石榴石矽卡岩、钙镁橄榄石矽卡岩、富铁硼镁铁矿矽卡岩、碳硼硅钙镁石矽卡岩,等等。

碳硼硅钙镁石,是镁矽卡岩及其氟硼质蚀变岩在钙矽卡岩化改造过程中产生的一种特征性矿物。它在标本上呈粒状集合体,乳白色,油脂光泽,硬度大,看起来很像石英,以滴稀盐酸强烈起泡与石英区别。镜下,碳硼硅钙镁石为粒状,中突起,无色透明,无多色性,无解理,有裂纹(照片1),呈均质效应,具环带状构造,显异常消光。

经测定,其比重2.93(扭力天秤法硬度);为5.5($H_V = 545$ 克/微米²);折光率 $N_D = 1.6560 \pm 0.0002$ (单变法);红外吸收谱线见图1;化学成分见表1,与国外碳硼硅钙镁石在化学成分上的对比如表2所示。

碳硼硅钙镁石的X射线粉晶数据见表3。其 a_0 轴参数,根据高角度衍射线 $d = 1.065 \text{ \AA}$ 指标为16.16.16计算得 $a_0 = 29.51 \text{ \AA}$,与蒂利的 $a_0 = 29.53 \text{ \AA}$ 相符合。

碳硼硅钙镁石,在外形上、光性上、生成的地质环境上,与刹哈石(сахант, sakaite)极为相近。两者的主要性质如表4所示:

大顶的碳硼硅钙镁石出现在含镁尖晶石的辉石硅镁石岩与水镁石大理岩之间。也就是说,它赖以形成的介质有三:镁橄榄石斑花大理岩、镁尖晶石镁橄榄石矽卡岩及镁尖晶石辉石镁橄榄石矽卡岩。在第一种介质里,碳硼硅钙镁石往往呈单矿物堆积体;而在后两种岩石中,与之组合的矿物是多种多样的,主要为:

碳硼硅钙镁石+单斜辉石¹⁾+符山石+氟硼镁石,

表2 与国外碳硼硅钙镁石在化学成分上的对比

产地 组 分	1 苏 格 兰 斯 凯 岛 ⁽¹⁾	2 苏 格 兰 斯 凯 岛 ⁽²⁾	3 西 伯 利 亚 雅 库 特 ⁽³⁾	4 西 伯 利 亚 雅 库 特 ⁽⁴⁾	5 广 东 大 顶	6 理 论 成 分
SiO ₂	12.74	14.17	9.35	8.50	12.19	12.68
TiO ₂	—	—	—	0.11	—	—
CO ₂	13.90	14.94	14.46	15.71	13.52	13.92
B ₂ O ₃	9.20	7.77	11.17	11.50	9.00	9.18
Al ₂ O ₃	2.51	2.84	2.59	3.20	2.47	2.69
Fe ₂ O ₃	} 0.87	0.85	0.13	1.00	1.09	—
FeO		0.46	0.77	0.84	0.33	—
MnO	—	0.02	0.08	0.12	0.15	—
MgO	11.32	11.15	11.05	9.90	11.57	11.30
CaO	46.31	46.25	46.92	45.10	46.67	47.32
Na ₂ O	—	—	0.17	0.20	—	—
K ₂ O	—	—	0.07	0.06	—	—
H ₂ O ⁻	—	0.11	0.15	0.45	—	—
H ₂ O ⁺	1.92	0.81	1.01	21.4	2.17	1.90
Cl	1.26	1.36	2.12	2.12	1.56	1.25
F	—	—	—	—	0.36	—
不溶物	—	—	0.72	—	—	—
总 和	100.13	100.71	100.95	100.95	101.06	100.28
Cl ₂ = 0	0.27	0.31	0.48	0.48	0.36	0.28
F = 0	—	—	—	—	0.15	—
校正后的总和	99.86	100.40	100.47	100.47	100.55	100.00
N	1.653	1.653	1.652	1.660	1.6560	—
比 重	2.94	2.96	2.93	—	2.93	2.94
$a_0 \text{ \AA}$	29.53	29.53	29.46	—	29.51	—

注: 1. 与之组合的矿物为透辉石、方解石、磁铁矿、闪锌矿、黄铜矿; 2. 与之组合的矿物同1; 3. 与之组合的矿物为钙镁橄榄石、镁尖晶石; 4. 与之组合的矿物是透辉石、方解石。

- 1) 由10个单矿物分析得知,这类辉石系 $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ 、 $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ 、 $\text{CaMnSi}_2\text{O}_6$ 、 $\text{NaFeSi}_2\text{O}_6$ 、 $\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ 、 CaAlAlSiO_6 、 $(\text{Ca}, \text{Na})\text{FeAlSiO}_6$ 的类质同像混合物,以前二者为主。透辉石分子的变化范围92—15%,钙铁辉石分子的变化范围2—78%。

表 3 碳硼硅钙镁石的X射线粉晶数据*

<i>d</i>	<i>i</i>	<i>hkl</i>	<i>d</i>	<i>i</i>	<i>hkl</i>
5.19	3	440	1.74	4	16.4.4; 12.12.0
4.74	2		1.70	3	10.10.10; 14.10.2
3.85	1	533; 731	1.65	4	16.8.0
3.38	1	662	1.56	2	12.12.8
3.017	4	844	1.50	9	16.8.8
3.00	3	755; 771; 933	1.31	9	16.16.0
2.83	4	666; 10.2.2	1.285	2	18.14.2; 18.10.10
2.60	10	880	1.269	2	20.12.0; 16.12.12
2.34	3	12.4.0	1.250	3	20.12.4
2.125	9	888	1.230	2	24.0.0
2.07	3	14.2.2; 10.10.2	1.166	8	24.8.0
2.04	3		1.115	6	24.8.8
1.97	5	12.8.4	1.086	7	24.12.4
1.92	2	10.10.6; 14.6.2	1.065	7	16.16.16
1.84	9	16.0.0	0.987	9	
1.79	2				

照相条件：Fe靶，35千伏，6毫安，曝光15小时。

分析者：武汉地质学院X光实验室张建洪

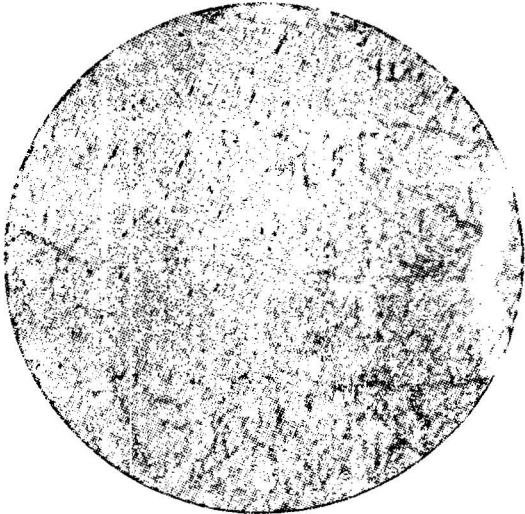
* 衍射指数采用奥斯特洛夫斯卡娅的资料^[4]。

表 4 碳硼硅钙镁石与刹哈石的主要性质对比⁽²⁾

主要的物理性质及化学性质	碳硼硅钙镁石 $\text{Ca}_{48}\text{Mg}_{16}\text{Al}_3(\text{BO}_3)_{15}(\text{CO}_3)_{18}$ $(\text{SiO}_4)_{12}\text{Cl}_2(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	刹 哈 石 $\text{Ca}_{48}\text{Mg}_{16}(\text{BO}_3)_{28}(\text{CO}_3)_{16}$ $\text{Cl}_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
晶形	八面体晶形、致密基质状集合体	
颜色	白色至浅灰色，无色透明	
光泽	玻璃光泽至油脂光泽	
硬度	5	5
比重		
实测	2.93—2.96	2.78—2.84
计算	2.94	2.79
折光率	1.650—1.660; 均质体，有时显异常消光（扇形异常消光）	1.638—1.646; 均质体
晶系	等轴， $a_0 = 29.53 \text{ \AA}$	等轴， $a_0 = 14.64 \text{ \AA}$
热学性质	从850°开始分解	从700°开始分解
酸蚀现象	在盐酸中强烈起泡，甚至可溶于各种弱酸	

碳硼硅钙镁石 + 单斜辉石 + 硅镁石类 + 石榴石 + 枪晶石；

碳硼硅钙镁石 + 单斜辉石 + 石榴石 + 钙镁橄榄



照片 1 碳硼硅钙镁石
× 35（单偏光）

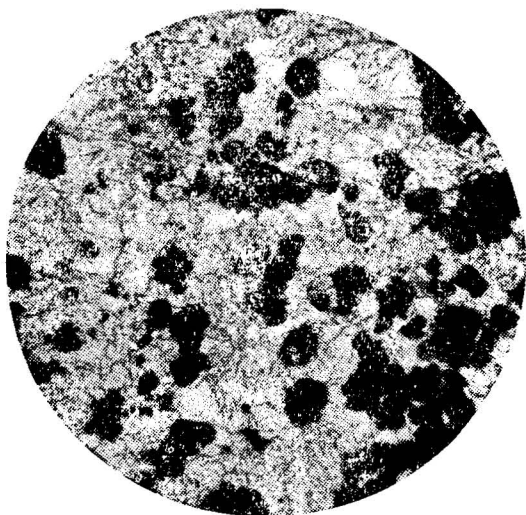
碳硼硅钙镁石 + 单斜辉石 + 石榴石¹⁾ + 氟硼镁石 + 硅镁石类；

碳硼硅钙镁石 + 单斜辉石 + 石榴石 + 符山石 + 硅镁石类；

碳硼硅钙镁石 + 单斜辉石 + 硅镁石类 + 氟硼镁石；

碳硼硅钙镁石 + 单斜辉石 + 氟硼镁石；

1) 由 3 个单矿物分析得知，它是 $\text{Ca}_3\text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ 、 $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ 、 $\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ 、 $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ 、 $\text{Mn}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ 的类质同像混合物，以前二者占优势。钙铁榴石分子的变化范围 84—39%，钙铝榴石分子的变化范围 9—51%。



照片2 磁铁矿沿碳硼硅钙镁石的粒间交代
后者
×35 (单偏光)

石+硅镁石类;

碳硼硅钙镁石+石榴石+钙镁橄榄石;

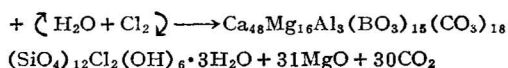
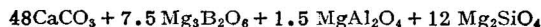
碳硼硅钙镁石+石榴石;

碳硼硅钙镁石+硅镁石类。

根据所见到的岩石矿物现象推测、大顶的碳硼硅钙镁石形成的示性反应可能为:

方解石+小藤石+镁尖晶石+镁橄榄石

→碳硼硅钙镁石+方镁石



也许还会有其它的示性反应。

这里的碳硼硅钙镁石,在内生地质作用过程中,主要被磁铁矿交代(照片2);在表生环境里,往往发生强烈的碳酸盐化。

广东省冶金地质勘探公司938队岩矿组的同志,在确认碳硼硅钙镁石的过程中起了一定的作用,帮助分离了样品。谨此向他们致谢。

主要参考文献

- [1] Tilley, C. E., 1951, The zoned contactskarns of the Broadford area, Skye; a study of boron-fluorine metasomatism in dolomites. *Miner. Mag.* v. 29. no. 214, pp. 621—666.
- [2] Перцев, Н. Н., Богомолов, М. А., Никитина, Е. Б., 1968, Новые находки харкерит и сахаита, их парагенезис-ные продукты изменения. — В кн: «Новые данные о минералах СССР», М., Наука, с. 105—123.
- [3] Александров, С. М., 1975, Геохимические особенности борооловянных руднаместорождениях Аляски, США. — *Геохимия*, №4.
- [4] Островская, И. В., Перцев, Н. Н., Никитина, И. В., Сахаит-Новый карбонатовый борат кальция и магния. *Зап. Всесоюз. минер. общ.*, 94, вып. 2.