

辽宁后仙峪硼矿床中电气石的矿物学特征 及其成岩成矿意义

薛建玲^{1,2} 许 虹² 高一鸣² 黄静宜²

(1. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100083; 2. 中国地质大学岩矿教研室, 北京 100083)

摘要:笔者对辽宁后仙峪硼矿床中电气石的矿物学特征和化学成分特征进行了分析,探讨了电气石化学成分对成岩成矿的指示意义。本区电气石属于镁电气石-铁电气石系列,其 Mg/Fe 与硼酸盐矿体有着密切的时空关系。不同产状中电气石的颜色、粒度、形态和环带特征都有明显的差别。靠近硼酸盐矿体的电气石环带各环圈都较为富 Mg,从中心到边缘 Mg 总体有降低的趋势;远离硼酸盐矿体的各环圈都较富 Fe,从中心到边缘 Fe 总体上有降低的趋势。电气石含量上盘总体上较下盘高,电英岩主要出现在硼酸盐矿体附近,Mg/Fe 在远离硼酸盐矿体的电气石中与 Na₂O 呈明显的正相关关系。电气石的上述化学成分特征反映了成岩成矿过程中流体演化的特点,早期的电气石是沉积物中富 B 部分经交代作用而成。在蒸发盆地的演化过程中,流体中 Mg、Na、K 成分增加,造成 Mg/Fe 的分带现象。电气石的所有矿物和化学特征表明电气石的形成方式包括沉积变质成因和热液交代两种,电气石的形成与硼酸盐的沉积过程密切相关。

关键词:电气石;硼矿床;Mg/Fe;环带;后仙峪

中图分类号:P578.953 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2006)06-1386-07

电气石以其独特的矿物学、地球化学性质和分布规律,引起越来越多的地质学家的关注,已有许多学者对其成岩成矿环境的重要指示意义进行了大量的研究^[1-3]。但这些研究多是针对电气石与金属矿床形成条件之间的关系,而对电气石自身的形成条件及其意义缺乏认识。在以往的研究成果中,许多电气石岩的出现被当作蒸发岩存在的证据^[4],但是蒸发岩与电气石之间的成因关系还缺乏具体的证据。辽宁东部硼酸盐矿床中普遍发育电气石岩,二者在空间上的密切关系已经被普遍认识。然而,这些矿床中电气石的成因一直是这一地区前寒武纪地质研究的争论焦点之一,而由于缺乏深入细致的岩石学和矿物学工作,这一问题一直没有得到解决。辽宁省大石桥后仙峪硼矿床是辽东硼矿带上代表性矿床,矿区内电气石矿物分布广泛,电气石与硼矿体之间存在密切的时空关系。笔者对本矿区部分地段的电气石及其主岩的矿物学和地球化学特征进行了研究,探讨了电气石形貌和化学成分对成岩成矿的指示意义,并对硼矿床的形成与演化机理进行了分析。

1 地质背景

1.1 区域地质概况

中国东北地区的硼矿床主要分布在辽东—吉南地区,沿大石桥—凤城—宽甸—吉安这一长约 300 km 的狭长地带分布。该硼矿带赋存于古元古代的变质岩系辽河群中(图 1),其构造环境被解释为古元古代裂谷^[5,6]或碰撞带^[7]。

古元古代地层在辽东—吉南地区内十分发育,在辽宁境内称为辽河群(表 1)。这一套地层在岩石学和地球化学上具有其独特之处:岩石组合以变粒岩、浅粒岩类为主,普遍富含钾长石、钠长石和电气石;这些岩石在岩石化学上表现出钾—钠的负相关性,其原岩被认为是经过盐湖卤水蚀变的火山碎屑岩^[8]。

对于北里尔峪组(含硼岩系)底部岩石单元的属性有不同认识。这些岩石具有花岗质成分和片麻状、条带状构造,粒度不均匀。以往的研究者多将其划归古元古代的花岗岩^[5,6],但也有人认为这些岩石是混合岩化的磁铁微斜浅粒岩^[9]。

收稿日期:2006-05-22; 改回日期:2006-09-26

基金项目:国家自然科学基金项目(40373023)资助。

作者简介:薛建玲,女,1980年生,研究生,岩石学、矿物学、矿床学专业;E-mail:xuejianling112@126.com。

表 1 元古宙辽河群层序划分(据参考文献[8]修改)

Table 1 Sequence division of the Paleoproterozoic Liaohe Group (modified by reference[8])

步云	永宁岩组		
山群	榆树砬子岩组		
辽河群	上辽河群	盖县岩组	(>1.9Ga)
	下辽河群	北高家峪岩组 北里儿峪岩组 浪子山岩组	南高家峪岩组 变质蒸发岩系 (>2.2Ga)

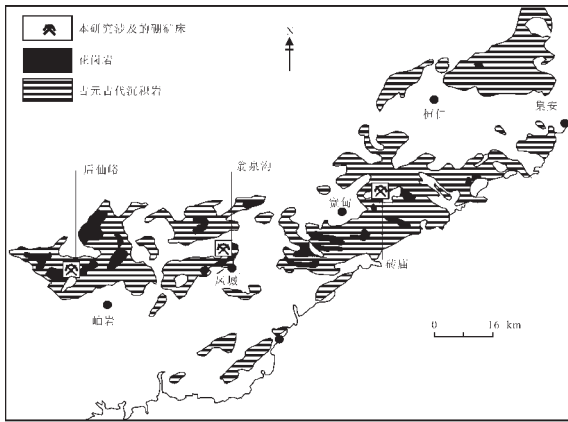


图 1 辽吉地区古元古地质略图

Fig.1 Geological sketch map of a Paleoproterozoic terrane in the Liaoning-Jilin area

Peng 和 Palmer^[7,8,10]提出这些岩石是变质红层沉积物的观点,认为这些红层沉积物、蒸发岩岩石组合反映了一种古元古代的蒸发环境,是硼矿床形成的主要控矿条件之一。

1.2 工作区及矿床地质概况

后仙峪硼矿区位于大石桥市,是区域内具代表性的硼矿床之一。区内变粒岩、浅粒岩岩段中电气石变粒岩和电英岩发育,且与硼矿床空间关系密切,为研究电气石矿物学特征

空间变化规律以及电气石与硼矿床关系提供了良好条件。

本区的硼酸盐矿体完全赋存在北里儿峪组底部的镁质大理岩层位中,严格受含矿层的岩性段控制,产状与含矿层一致,呈层状或呈透镜状产出。大石桥地区的硼矿石矿物主要为硼镁石和透安石。矿体围岩蚀变普遍较强烈,主要蚀变类型为蛇纹石化、金云母化和透闪石化^[10]。

1.3 电气石的产状及空间分布规律

在整个辽东地区,含电气石的岩石在含硼岩系中普遍出现,主要类型为含电气石变粒岩和电英岩,同时还有不同周期的含电气石脉体。岩石中电气石的数量与硼矿体关系密切;较大厚度电英岩的出现往往可以作为寻找硼酸盐矿体的指示标志;长英质脉体在硼矿体中及附近才含电气石;远离硼矿体的部位岩石中电气石含量明显变低。富含电气石的变粒岩和电英岩以围绕硼矿体分布为特征,经常分布在矿体的上盘,但在下盘也有分布(图 2)。变粒岩层理较为发育,呈条带状、层纹状,具有沉积构造特点(图 3)。

2 取样和测试方法

2.1 采样

本次研究工作的样品来自大石桥 501 硼矿外围硼矿体附近的围岩,样品采自距硼矿体不同距离的含电气石岩石。

2.2 测试方法

全部样品切片后都经过光学显微镜的观察和鉴定,对电气石的形貌特征、环带、共生矿物组合和交生关系进行了观察。在其基础上,选择了其中 44 块光薄片应用 Jeol-5610 型低真空扫描电子显微镜进行矿物微区成分测定。Jeol-5610 的加速电压 0.5~30 kV,高真空状态分辨率 3.3 nm,低真空状态分辨率 4.3nm,低真空度 1~270 Pa。其主要附件:PHILIPS 公司的 EDX-X 射线能谱仪,能谱分辨率:154 eV,分辨范围:B-U。

3 测试结果

3.1 电气石的显微光学特征

该区电气石颜色多以褐色、黄褐色、绿色、褐绿色为主,

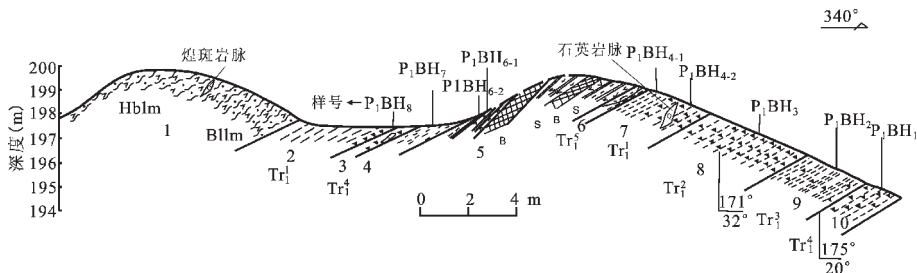


图 2 鲁家堡子南沟沟口采坑西山坡剖面图

Hb1m—角闪均质混合岩;B11m—黑云均质混合岩;Tr1¹—黑云变粒岩夹富电气石变粒岩;Tr1²—富电气石变粒岩、电气石变粒岩;Tr1³—黑云片麻岩夹电气石变粒岩;Tr1⁴—电气石变粒岩;Tr1⁵—黑云片麻岩

Fig.2 Section of the western slope of the Nangougoukou open mine pit in Lujiapuzi, Houxianyu

Hb1m—amphibolite homogenic migmatite;B11m—biotite homogenic migmatite;Tr1¹—biotite leptite intercalated leptynites; Tr1²leptynites and leptite;Tr1³—biotite gneiss intercalated leptite;Tr1⁴—leptite;Tr1⁵—biotite gneiss



图 3 含电气石岩石产状野外照片

a—变粒岩层理发育;b—石英脉中电气石

Fig.3 Photograph of the field occurrence of tourmaline-rich rocks
a—Stratification of fine-grained gneiss;b—Tourmaline in a quartz vein

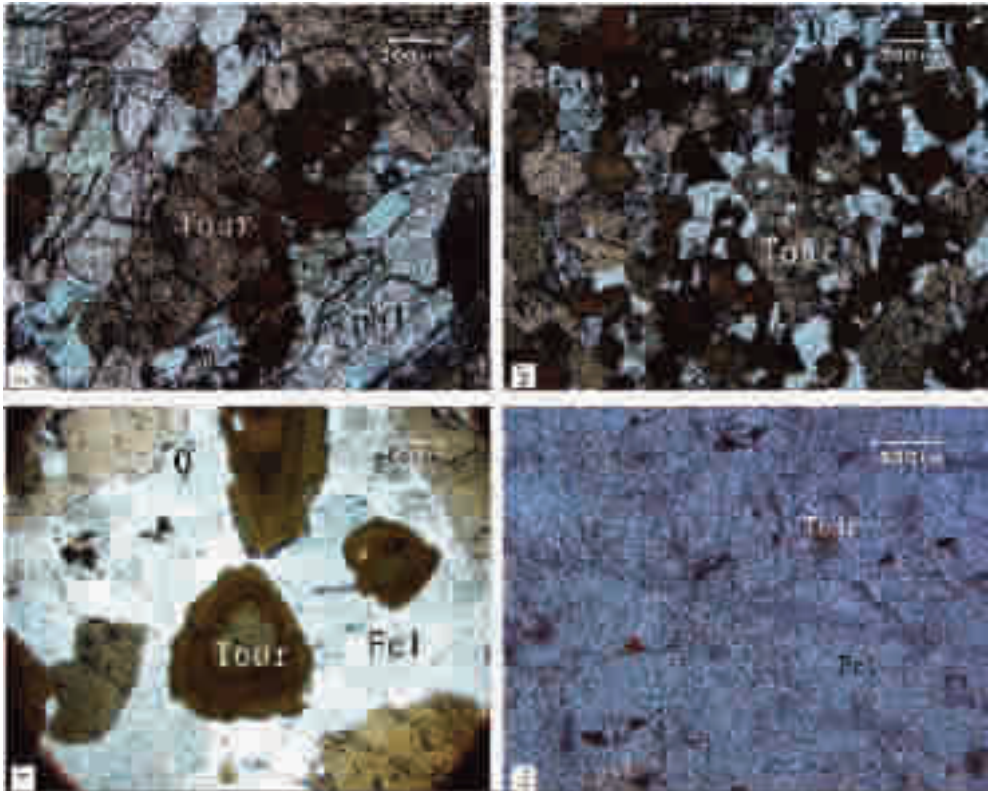


图 4 电气石正交偏光镜显微照片

a—电气石透闪岩;b—电英岩中筛网状结构;c—电英岩;d—云母电气石变粒岩; Tour—电气石;
Tr—透闪石;Q—石英;Fel—长石;phl—金云母

Fig.4 Microphotographs of tourmaline-rich rocks (crossed nicols)

a—Tourmaline-tremolite rock;b—Sieve texture of tourmalinite;c—Tourmalinite;d—Phlogopite-tourmaline fine-grained gneiss Tour—
Tourmaline; Tr—Tremolite; Q—Quartz; Fel—Feldspar; phl—Phlogopite

表 2 电气石偏光显微镜下特征

Table 2 Polarized light microscopic characteristics of tourmaline

产状	样品	性质					
		颜色	结构形态	粒度	含量	环带	主要共生矿物
变(浅)粒岩	P1BH1	黄褐	粒状、短柱状	0.15 mm左右	<5%	无环带	长石、石英、云母
	P3BF3	绿	粒状	0.25 mm左右	<5%	无环带	长石、石英、云母
电英岩	P1BH1	绿、黄褐、褐	粒状、柱状	柱状0.63~3 mm; 粒状0.1~1 mm	60%	均有环带~4圈,核部占1/3~1/2	石英、长石
	P1BH4-2	褐绿	粒状、短柱状	0.1 mm左右	35%~40%	核外有鲜艳的黄色或红褐色晕边	长石、石英
	P3BH5-1	红褐、墨绿	柱状、筛网状	0.1~1 mm	60%	无明显环带现象	石英、方解石
	P3BH5-2	褐绿、黄绿	柱状	0.5~1 mm	90%	部分有环带2~3圈	石英、云母
电气石金云母透闪岩	P1BH6-1	绿、蓝绿、黄褐	柱状、有筛网状结构	3~6 mm	50%	均有环带	透闪石、金云母
	P3BH4-2	黄绿	柱状、粒状	长0.8~3 mm, 宽0.2~1 mm; 粒状0.6 mm左右	85%	部分有蓝绿色晕边	石英、云母、该标本为电气石透闪岩中的电英岩团块
	P3BH4-1	褐绿	粒状、柱状居多,有筛网状结构	柱长2 mm, 宽0.7 mm; 粒状0.2~0.6 mm	35%	无	云母、透闪石

表 3 电气石的化学成分(%)

Table 3 Chemical analysis of tourmaline (%)

序号	样品号	Na ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	FeO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	K ₂ O	总和
1	P1BH1	2.087	1.936	29.47	42.24	11.188	9.76	2.594	0.726		100
2	P1BH8	1.993	2.548	31.416	42.285	10.911	9.012	1.834			100
3	P1BH4-1	2.391	1.687	30.109	41.766	9.752	12.62	1.637			100
4	P3BH4-2	2.346	1.634	29.141	41.514	9.809	13.64	1.941			100
5	P2BF3-1	2.212	1.984	29.765	41.879	10.17	12.9	1.096			100
6	P2BF3-2	2.365	1.815	28.214	41.276	9.527	15.46	1.34			100
7	P2BF4	2.219	1.888	28.429	41.29	9.307	15.73	1.137			100
8	P3BH5-1	1.937	2.465	29.641	41.721	10.124	12.83	1.283			100
9	P3BH5-2	2.117	2.189	30.668	41.789	9.93	12.31	0.999			100
10	P1BH6-1	2.533	1.747	32.209	43.284	12.195	7.258	0.774			100
11	P1BH6-2	2.564	1.792	32.235	43.523	12.02	7.123	0.501	0.231	0.011	100
12	P3BH2-1	2.394	1.861	30.389	42.78	11.687	9.017	1.874			100
13	P3BH2-2	2.228	2.06	31.05	42.367	11.285	9.145	1.759	0.143		100
14	P3BH4-1	2.278	1.848	31.505	42.65	11.539	8.667	1.515			100
15	P3BH4-2	2.249	2.097	31.246	42.88	11.344	9.367	0.817			100
16	P2BF1-1	2.227	2.367	32.209	43.769	13.371	5.898	0.159			100

注:由中国地质科学院地质研究所扫描电子显微镜室分析;序号 1、2 为变(浅)粒岩中的电气石;序号 3~9 为电英岩中的电气石;序号 10~15 为电气(云母)透闪岩中的电气石;序号 16 为电气石云母片岩;矿区外围区域紧靠矿体处发育,电气石含量达 85%,云母 10%,其他为石英。

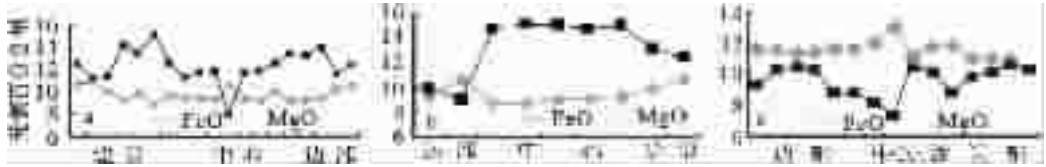


图5 电气石环带 Mg、Fe 变化

a—P1BH6-2 电气石云母透闪岩;b,c—P1BH4-1 电英岩

Fig.5 Variation of Mg and Fe in tourmaline compositional zones

a—P1BH6-2 tourmaline-phlogopite-tremolite rock;b and c—P1BH4-1 tourmalinite

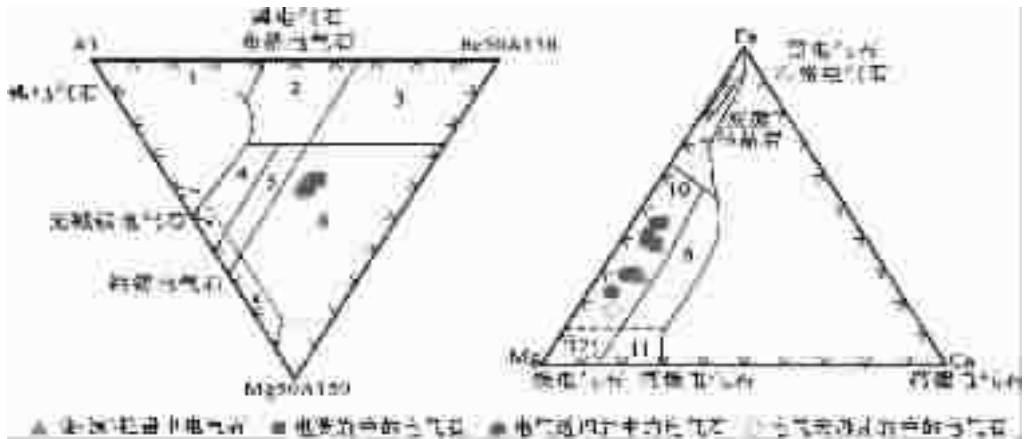


图6 电气石成分分布范围^[15]

- 1—富锂花岗岩、伟晶岩和细晶岩中的电气石;2—贫锂花岗岩、伟晶岩和细晶岩中的电气石;3—热液蚀变花岗岩中的电气石;
- 4—含铝饱和矿物的变质泥岩和变砂屑岩中的电气石;5—变质泥岩和变砂屑岩中的电气石;
- 6—富 Fe³⁺的石英-电气石岩、钙硅质岩和变泥质岩中的电气石;7—低钙超基性岩及富铬和钒的沉积变质岩中的电气石;
- 8—变质碳酸盐岩类和变质石岩中的电气石;9—富钙变质泥质岩中的电气石;10—贫钙变质泥质岩、变质砂岩及石英-电气石岩中的电气石;
- 11—变质碳酸岩类中的电气石;12—变质超基性岩中的电气石

Fig.6 Range of the chemical composition of tourmalines in Al-Fe50Al50-Mg50Al50 and Mg-Fe-Ca diagram^[15]

- 1—Tourmaline in Li-rich granite, pegmatite and aplite;2—Tourmaline in Li-poor granite, pegmatite and aplite;
- 3—Tourmaline in hydrothermally altered granite;4—Tourmaline in metapelite and metapsammite containing an Al-saturating mineral;
- 5—Tourmaline in metapelite and metapsammite;6—Tourmaline in Fe³⁺-rich quartz-tourmaline rock, calc-siliceous rock and metapelite;
- 7—Tourmaline in low-Ca ultrabasic rocks and Cr- or Va-rich metasedimentary rocks;8—Tourmaline in metacarbonate and metamorphic rocks;
- 9—Tourmaline in Ca-rich metapelite;10—Tourmaline in Ca-poor matapelite, metasandstone and quartz-tourmaline rock;
- 11—Tourmaline in metacarbonate rocks;12—Tourmaline in meta-ultrabasic rocks

部分颗粒出现蓝绿色和红褐色晕圈。总体上这些电气石都属于铁电气石—镁电气石系列，颜色变化反映了电气石中镁、铁含量的变化^[1]。电气石光性特征如表2所示。

不同产状的电气石具有不同的矿物学特征。总的来说，在靠近矿体的位置电气石晶体较大、较自形、环带较为发育，且往往是核部颜色呈褐色，边部偏蓝、绿色。在远离矿体的位置上电气石粒度较小，且光学环带不发育。

电气石云母透闪岩多发育在矿体的顶板或底板，其直接围岩是镁质大理岩。其中电气石多呈自形和半自形柱状，部分呈筛状结构(图4-a)，含量达到30%~50%，有些部位样品可见明显的环带结构，其主要共生矿物为透闪石和云母。

电英岩中的电气石多呈短柱状、粒状，部分有筛网状结

构，镶嵌物质以石英为主，也有少量长石，表明电气石的形成与热液交代长石石英有关(图4-b)。电气石的粒度为0.1~3 mm；含量可以高达90%以上，成为电气石岩。此类岩石中的电气石常见环带结构(图4-c)。

电气石变(浅)粒岩中的电气石呈短柱状和粒状，电气石含量一般少于10%，粒度在0.15~0.25 mm。这类岩石中的电气石一般不发育明显的环带。但常见电气石具有早期电气石的核心(图4-d)，反映其形成经历了不止一个阶段，有后期增大的过程。

3.2 电气石化学成分特征

电气石的成分变化多样，其主要元素和挥发分随着共生矿物组成和外部条件变化而改变，因此电气石的成分可以作为

矿床成岩成矿作用的指示剂^[2]。自然界电气石在化学成分上主要由锂电气石、镁电气石和铁电气石3个端元成分构成。通过扫描电子显微镜的能谱对电气石的化学成分进行了系统的测试,结果表明本区的电气石为镁—铁系列(表2)。经对比,光学显微镜下见到的褐色电气石富铁,蓝绿色电气石富镁。总的来说,靠近硼酸盐矿体的电气石比远离矿体的电气石有更高的Mg/Fe比值,较为富Mg。后期形成的电气石比早期的电气石一般更富含镁。远离硼矿体的电气石中Mg/Fe与Na₂O呈正相关关系。

电气石的化学成分见表3。值得注意的是,靠近矿体的电气石,尤其是透闪岩中的电气石,总体上含有更高的MgO和Na₂O,同时MgO和Na₂O之间有着正相关关系,经统计计算MgO/FeO和Na₂O二者之间的相关系数 $r=0.8\sim 0.9$ 。另外,电气石有明显的环带,靠近硼酸盐矿体的电气石云母透闪岩中电气石总体富含MgO,中心Mg/Fe相对边缘高,向边缘有降低的趋势(图5-a)。距离硼矿体稍远的电英岩中电气石各环带都富含FeO,中心大部分较边缘富含Fe,但部分有中心富Mg的现象(图5-b)。具有早期核心的电气石,核心富Fe,后生边缘相对富Mg。

4 讨论

4.1 电气石的成因

本区硼矿床中电气石的成因有不同观点。主要代表性观点认为是喷气沉积产物^[3]、富硼火山熔岩^[4]和交代成因^[5]。

上述变(浅)粒岩,电英岩,电气石透闪岩和电气石云母片岩在研究区内受地层位控制,电气石岩组上具有沉积岩特征,尤其是变(浅)粒岩和电英岩可见明显的层状构造。因此,本区的变(浅)粒岩和电英岩原岩可能为火山碎屑岩—沉积岩的过渡。全岩地球化学分析(图6)和微量元素分析结果都支持这一推论^[6]。

含硼岩系中出现镁质大理岩及硼酸盐等一系列岩石组合,以及残余结构和地球化学、岩石学特征都表明该区为变质蒸发岩系^[5]。本区的富(含)电气石岩可能是通过热液对下伏蒸发岩的淋滤以获得硼源的。该岩系中含有大量的镁质大理岩和镁硼酸盐,使流体中有充足的镁质来源,这是造成电气石中Mg含量升高的原因。

电气石的成分特征,尤其是Mg/Fe值变化,反映出电气石形成过程中(蒸发盆地)流体成分演化特点。早期的电气石形成于富硼沉积物的变质作用,后期随着流体中B、Mg、Na的增加形成了热液成因的富电气石变粒岩、电英岩。电气石与硼酸盐之间的密切空间关系反映了硼酸盐提供了流体中的B、Mg、Na等组分。

5 结论

(1)本区电气石属于镁电气石—铁电气石系列。靠近硼酸盐矿体的电气石比远离矿体的电气石有更高的Mg/Fe比

值,但Mg/Fe变化不大。远离矿体的电气石总体Mg/Fe稍低,但Mg/Fe变化较明显。后期形成的电气石比早期的电气石一般更富镁。

(2)远离矿体的电气石中Mg/Fe与Na₂O呈明显的正相关关系, $r=0.8\sim 0.9$ 。

(3)电气石对成岩成矿具有指示意义,其形成与硼酸盐的沉积过程密切相关。电气石的所有矿物和化学特征表明电气石的形成方式包括沉积变质成因和热液交代两种方式。

参考文献(References):

- [1] Darrell J H, Barbara L D. Metamorphic tourmaline and its petrologic applications[J]. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 1996,33: 503~557.
- [2] David L, George B M, Michael B W. Boron in granitic rocks and their contact aureoles[J]. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 1996,33:299~330.
- [3] John F S. Tourmaline associations with hydrothermal ore deposits[J]. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 1996,33:559~643.
- [4] Peng Qiming, Palmer M R. The early Proterozoic boron deposits in eastern Liaoning, China: a metamorphosed evaporate[J]. *Precambrian Res.*, 1995,72:185~197.
- [5] 张秋生. 中国早前寒武纪地质及成矿作用[M]. 长春:吉林人民出版社, 1984,536.
Zhang Qiusheng. *Geology and Metallogeny of the Early Precambrian in China* [M]. Changchun:Jilin People's Press, 1984, 536(in Chinese with English abstract).
- [6] 张秋生, 商翎, 范书魁, 等. 辽东半岛早期地壳与矿床 [M]. 北京:地质出版社, 1988,3~64.
Zhang Qiusheng, Shang Ling, Fan Shukui, et al. *Early Crust and Mineral Deposits of Liaodong Peninsula* [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1988,3~64(in Chinese with English abstract).
- [7] Peng Qiming, Feng Benzhi, Liu Jingdang, et al. Geology of the early Proterozoic boron deposits in eastern Liaoning, Northeastern China [J]. *Resources Geology(Special Issue)*1993,15:343~350.
- [8] Peng Qiming, Palmer M R. Paleoproterozoic Mg and Mg-Fe borate deposits of Liaoning and Jilin provinces,Northeast China [J]. *Economic Geology*, 2002,97:93~108.
- [9] 刘敬党. 辽宁宽甸砖庙硼矿花岗岩质岩石成因探讨[J]. *化工地质*, 1992,14(3):37~40.
Liu Jingdang. The discussion of origin of granitic rocks in Boron deposits in Zhuanmiao Liaoning province [J]. *Chemistry Geology*, 1992,14(3):37~40(in Chinese).
- [10] 王文武, 黄兆洪, 杨晓明, 等. 中国东北地区硼矿地质特征及硼矿资源市场现状分析[M]. 辽宁:辽宁省化工地质勘察院,2003.
Wang Wenwu, Huang Zhaohong, Yang Xiaoming. *The Analysis of Geological Characteristics of B-Deposits and Market Status Quo of B Mineral Resources in Northeast China*[M]. Liaoning:Liaoning Geological Survey for Chemical Industry,2003(in Chinese).
- [11] 王澐, 潘兆楹, 翁玲宝. 系统矿物学 [M]. 北京:地质出版社,

- 1984,159~163.
- Wang Pu, Pan Zhaolu, Weng Lingbao. Systematic Mineralogy[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1984,159~163(in Chinese).
- [12] Keller Paul. Chemistry, paragenesis and significance of tourmaline in pegmatites of Southern Tin Belt, central Namibia [J]. Chemical Geology, 1999,158:203~225.
- [13] 冯本智. 辽宁前震旦纪变质岩中硼矿床的成因[A]. 见: 中国地质学会年会论文摘要[C].1962.
- Feng Benzhi. Origin of the borate deposits hosted in the Precambrian metamorphic rocks, Liaoning,China [A]. In: Abstr. Conf. Chinese Geol. Soc[C].1962(in Chinese).
- [14] Ian R. P. Tourmalinite from the Golden Dyke Dome, Northern Australia[J]. Mineralium Deposita, 1986,21(4):263~270.
- [15] 许虹, 彭齐鸣, Martin R. Palmer. 辽宁古元古代地体中富电气石岩石的成因: 蒸发岩硼源的证据(英文)[J]. 中国地质, 2004,31(3): 240~253.
- Xu Hong, Peng Qiming, Palmer M R. Origin of tourmaline-rich rocks in a Paleoproterozoic terrane (N.E.China): Evidence for evaporate-derived boron[J]. Geology in China, 2004,31(3): 240~253.
- [16] 彭齐鸣, 许虹. 辽东-吉南地区早元古宙变质蒸发岩系及硼矿床[M]. 长春: 东北师范大学出版社, 1994.
- Peng Qiming, Xu Hong. The Paleoproterozoic Meta-evaporitic Sequence and Boron Deposits in Liaoning-Jilin [M]. Changchun: Northeast Normal University Press, 1994 (in Chinese with English abstract).

Mineralogical characteristics of tourmaline in the Houxianyu boron deposit in Liaoning and their significance for rock and ore formation

XUE Jian-ling^{1,2}, XU Hong², GAO Yi-ming², HUANG Jing-yi²

(1. Development and Research Center, China Geological Survey, Beijing 100083, China;

2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The mineralogical and chemical characteristics of tourmaline in the Houxianyu boron deposit, Liaoning, are analyzed and their significance for the formation of rocks and deposits is discussed. The tourmaline in the study area belongs to the magnesium tourmaline-iron tourmaline series (schorl-dravite solid solution series) and its Mg/Fe has close spatial and temporal relations to borate orebodies. Tourmalines with different modes of occurrence show marked differences in color, size, shape and zonal features. The content of Mg is quite high in all zones of tourmaline near the borate orebodies and has a general trend of decrease from the center to edges, whereas the iron content is quite high in all zones of tourmaline far away from the borate orebodies and has a general trend of decrease from the center to edges. The tourmaline content is generally higher in the hanging wall than in the footwall. Tourmalinite mainly appears near borate orebodies and there is a pronounced positive correlation between Mg/Fe and Na₂O in tourmalines far from the borate orebodies. The above-mentioned chemical characteristics of tourmaline reflect the features of the evolution of fluids during the formation of rocks and deposits. The older tourmalines formed by metasomatism of the boron-rich part in sediments. During the evolution of the evaporite basin, the contents of Mg, Na and K in fluids increased, which induced zoning of Mg/Fe. All the mineralogical and chemical characteristics of tourmaline indicate that tourmalines are of metamorphosed sedimentary origin and hydrothermal metasomatic origin and that the formation of tourmalines is closely related to the deposition of borate.

Key words: tourmaline; boron deposit; Mg/Fe; zoning; Houxianyu.

About the first: XUE Jian-ling, female, born in 1980, master, mainly engages in the study of petrology, mineralogy and economic deposit; E-mail: xuejianling112@126.com.