

## 辽东吉南硼矿矿石特征及其与容矿岩石的关系\*

## Characteristics of boron ores and relationship between the ores and host rocks in Liaodong-Jinan boron deposits

王翠芝<sup>1</sup>, 肖荣阁<sup>1</sup>, 刘敬党<sup>1,2</sup>, 费红彩<sup>3</sup>, 王文武<sup>2</sup>, 周红春<sup>1</sup>, 刘敬青<sup>1</sup>

(1 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083; 2 辽宁省化工地质勘查院, 锦州, 121000; 3 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

WANG CuiZhi<sup>1</sup>, XIAO RongGe<sup>1</sup>, LIU JingDang<sup>1,2</sup>, FEI HongCai<sup>3</sup>,WANG WenWu<sup>2</sup>, ZHOU HongChun<sup>1</sup> and LIU JingQing<sup>1</sup>

(1 State Key laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2 Liaoning Geological Survey for Chemical Industry, Jinzhou 121000, China; 3 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China)

**摘要** 辽东吉南硼矿是中国著名的大型硼矿, 为了研究矿石与容矿岩石的关系, 作者就以研究硼矿石的特征作为切入点。通过矿石的自然形态、矿石结构、矿石构造、矿石化学成分和矿化类型等的分析, 揭示出矿石的形成与容矿岩石的地质特征有密切关系, 主要体现在: ①矿石与容矿岩石的矿物都是富镁质矿物; ②矿石对容矿岩石具有交代继承的结构构造; ③矿石的稀土元素特征与容矿岩石具相似性的配分模式。从而得出辽东吉南硼矿的容矿岩石不仅为硼矿的形成提供有利的储存空间, 而且对硼矿的形成有决定性的岩控作用。

**关键词** 硼矿; 矿石; 容矿岩石; 辽东吉南

辽东吉南硼矿区是中国著名的大型硼矿集区, 前人对该区做了大量基础地质工作(王秀璋等, 1974; 姜春潮, 1987; 张秋生, 1988; 黄作良等, 1999), 对矿床成因提出多种认识, 主要有蒸发沉积(彭齐鸣等, 1994)、热水沉积(邹日等, 1995)、沉积变质(张景山, 1994; 王培君, 1996)等。但前人对容矿岩石的认识明显不足, 大部分人将镁质大理岩视为容矿岩石, 而忽视了其他富镁质岩石。据笔者近几年的工作, 该区硼矿的容矿岩石不全是镁质大理岩, 还有大量的火成岩。本文以矿石特征作为研究的切入点, 来研究矿石与容矿岩石的关系, 以期对硼矿成因研究提供依据。

## 1 区域地质背景

辽吉硼矿带大地构造位置处于中朝准地台东北部, 属胶辽台隆北部之营口—宽甸—集安台拱。这一区域古元古代时期产生近东西向的张裂断陷盆地(辽吉古裂谷), 接受了一套镁质碳酸岩建造, 习惯上称之为辽河群(翟裕生等, 2002), 其中里尔峪组为含硼岩组(为方便, 称之为含硼岩系, 如图1)。吕梁运动使辽吉古裂谷闭合, 辽河群发生褶皱, 岩石遭受绿片岩—角闪岩相的区域变质(贺高品, 1998)和强烈的混合岩化(张秋生, 1986), 形成非金属镁质成矿系统(蔡克勤等, 2002)。

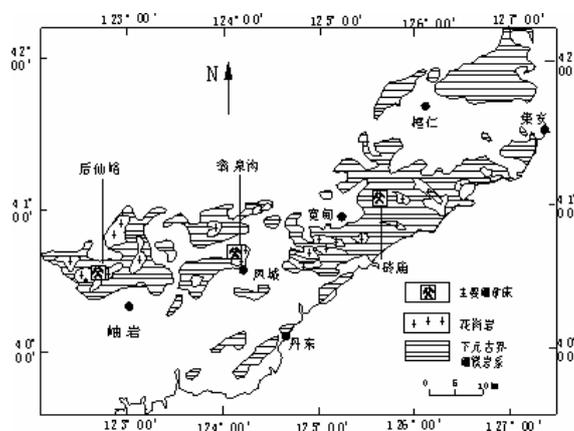


图1 辽东吉南主要硼矿区地质略图

\*本文得到国家自然科学基金项目(40073013)的资助

第一作者简介 王翠芝, 女, 1965年生, 读博士研究生, 矿物学、岩石学、矿床学专业, 研究方向为资源经济与资源环境。E-mail: wcuizhi@163.com

## 2 矿石特征

### 2.1 矿石的自然类型

本区硼矿的主要矿石矿物有硼镁石、遂安石和硼镁铁矿等3种,其中硼镁石是由原生矿石(遂安石和硼镁铁矿)蚀变而成的。脉石矿物有蛇纹石、白云石、菱镁矿、镁橄榄石、方解石、金云母、硅镁石等。按主要矿石矿物将矿石的自然类型相应划分硼镁石型、遂安石型和硼镁铁矿型3种。

### 2.2 矿石结构、构造

矿石结构主要有:板状-柱状变晶结构:这是硼镁石和遂安石所具有的结构;纤维状变晶结构:这是纤维状硼镁石所具有的结构,多为交代早期形成的板状硼镁石和遂安石而成;交代结构:纤维硼镁石对遂安石、板状硼镁石交代后,常保留其原有结构假象,被交代的矿物常呈残留体。

矿石构造主要为:条带状构造:纤维硼镁石和蛇纹石相间呈条带状;团块状构造:由硼镁石或遂安石聚集而成的集合体,呈大小不等、不规则的团块分布在蛇纹岩中或白云质大理岩中;交错脉状构造:晚期硼镁石脉沿弱蛇纹石化白云质大理岩裂隙充填或穿切早期硼镁石矿物;角砾状构造:由镁橄榄岩、遂安石矿石等形成角砾,被晚期的蛇纹石及纤维硼镁石包裹;花斑状构造:硼镁石呈不规则的杂状、斑杂构造。

### 2.3 矿石化学成分

矿石的主要化学组分为  $B_2O_3$ 、 $MgO$ 、 $SiO_2$ 、 $FeO$ 、 $Al_2O_3$  和  $CaO$  等。其中  $B_2O_3$  与  $MgO$  呈正相关,而与  $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $CaO$ 、 $Fe_2O_3$  和  $FeO$  为呈负相关,见(图2、表1)。

表1 辽东硼矿硼矿石(全岩)的化学组成 ( $w_B/\%$ )

样号	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$FeO$	$MgO$	$CaO$	$Na_2O$	$K_2O$	$MnO$	$P_2O_5$	$TiO_2$	$B_2O_3$	$H_2O^+$	$CO_2$	总和
DT1	16.68	1.61	16.11	21.16	29.50	0.18	0.36	0.69	0.05	0.01	0.05	7.59	5.14	0.57	99.70
HY01	8.15	1.24	4.48	3.98	43.65	2.13	0.12	0.03	0.41	0.08	0.05	21.82	10.47	2.91	99.51
HY06	1.67	0.06	0.50	2.64	50.96	0.19	0.12	0.03	0.20	0.01	0.00	31.18	11.61	0.16	99.33
HY09	2.15	1.76	2.89	2.17	45.30	0.39	0.05	0.02	0.24	0.01	0.01	32.11	12.11	0.10	99.32
HY13	0.97	1.16	0.48	2.57	55.75	0.84	0.03	0.15	0.43	0.07	0.00	32.23	4.17	0.57	99.42
RR02	7.77	0.15	0.14	0.25	45.70	2.36	0.09	0.01	0.06	0.01	0.01	12.09	4.41	26.80	99.85
RR04	23.92	0.13	0.74	0.54	42.63	2.69	0.05	0.03	0.05	0.01	0.01	10.88	13.15	4.62	99.45
RR06	7.71	0.11	0.06	0.51	48.15	5.49	0.08	0.02	0.10	0.02	0.00	24.84	5.68	6.64	99.40
RR07	13.73	0.42	1.08	0.52	45.38	1.13	0.06	0.01	0.07	0.02	0.01	23.89	13.02	0.16	99.49
RR19	3.81	0.03	0.85	1.00	44.16	5.65	0.07	0.01	0.10	0.02	0.01	9.02	0.31	34.26	99.28
RR23	28.87	3.53	1.58	0.19	41.32	0.14	0.03	0.02	0.06	0.01	0.06	10.07	13.49	0.54	99.91
RR33	20.36	0.30	4.41	1.43	38.90	4.79	0.09	0.01	0.14	1.24	0.05	14.71	10.49	2.39	99.31
平均	11.32	0.88	2.78	3.08	44.28	2.16	0.10	0.09	0.16	0.13	0.02	19.20	8.67	6.64	99.51

测试单位:中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所,分析方法为XRF、容量法、ES、GR和电位法。

### 2.4 矿化类型

以容矿岩石不同,本区硼矿的矿化类型可分为:超镁橄榄岩型,是大石桥地区的主要容矿岩石,它是一种以镁橄榄石和贵橄榄石及硅镁石为主要矿物组成的岩石类型;高镁玄武岩型,容矿岩石为高镁基性火山岩、火山碎屑岩及脉岩类,在凤城地区发育;高镁大理岩型,主要出现在宽甸矿区,包括白云岩、菱镁岩,其中含有较多的镁橄榄岩变余包体残留体。

## 3 矿石与容矿岩石的关系

据矿物学、岩石学、地球化学等的分析,矿石与容矿岩石有密切的成因关系。因限于篇幅,在此仅就矿石与容矿岩石在矿物成份、结构构造和稀土特征等方面加以比较。

### 3.1 矿石矿物与容矿岩石都由富镁质的矿物组成

本区硼矿一个很明显的特点就是各矿异性。就目前所知的硼矿中没有完全相同的,其区别除了矿石成分之外,主要是容矿岩石性质不同。但不管容矿岩石类型如何,矿石矿物和容矿岩石矿物都以富镁质矿物为特征。矿石矿物主要是硼镁石类矿物,如硼镁石、遂安石和硼镁铁矿。容矿岩石矿物组合以镁质矿物为

主, 如菱镁矿、白云石、蛇纹石、镁橄榄石等。

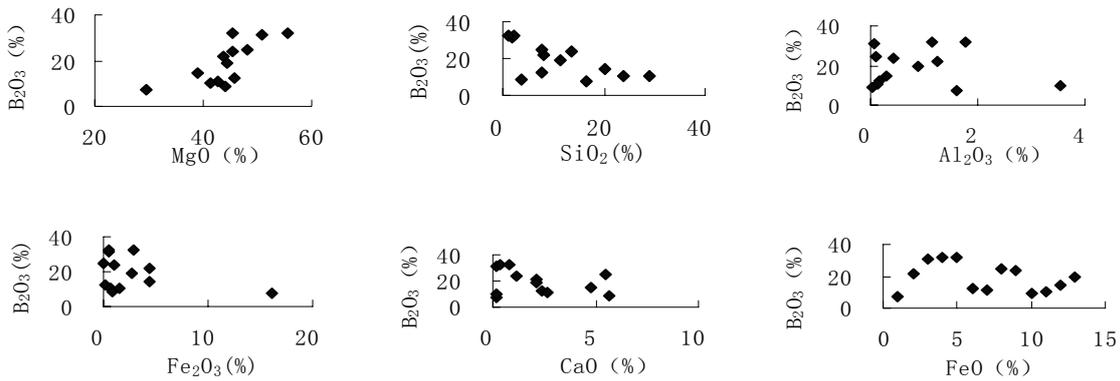
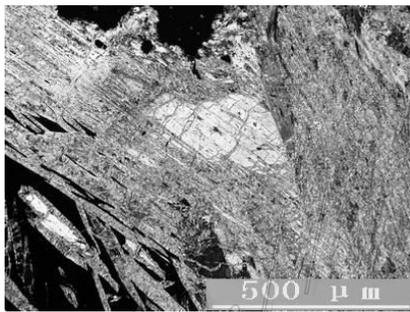


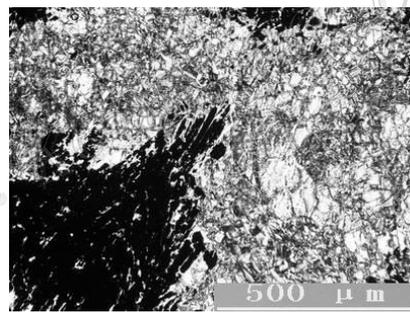
图 2 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 与主要氧化物的关系图

### 3.2 矿石与容矿岩石结构上具交代继承性

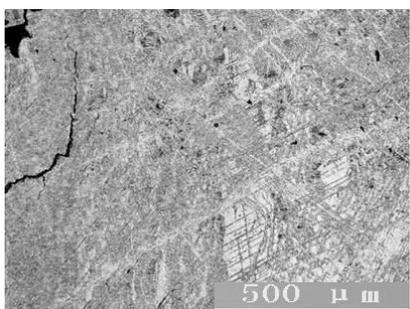
本区矿石与容矿岩石在结构上具明显的交代继承关系, 矿石交代了容矿岩石但仍保留容矿岩石某些特性。营口地区容矿岩石主要为镁橄榄岩, 板状硼镁石常板状镁橄榄石的形态 (照片 1), 矿石中常见镁橄榄石残留体; 凤城地区硼镁铁矿的容矿岩石主要为高镁玄武岩, 其大部分发生蛇纹石化, 其中磁铁矿在蛇纹石集合体外围呈网状分布, 矿石常发育在蛇纹石上 (照片 2); 宽甸地区容矿岩石主要为镁质大理岩, 常见板状遂安石-硼镁石型的矿石有菱形解理 (照片 3)。局部亦有硼镁石交代镁橄榄岩的现象 (照片 4)。



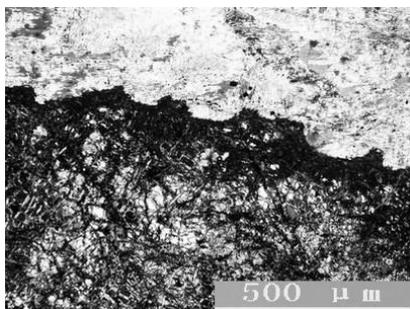
照片 1 板状硼镁石残留



照片 2 蛇纹石化橄榄岩中的柱状硼镁铁矿 (黑色)



照片 3 具菱形解理的硼镁石



照片 4 交代蛇纹石化橄榄岩形成的硼镁石 (上部)

### 3.3 矿石与容矿岩石在稀土分配上的相似性

依稀土元素配分特征, 将与镁质火岩及蚀变岩石和镁质大理岩 (主要是白云质大理岩) 有关的两类矿石与容矿岩石的稀土特征进行了对比, 发现它们有相似性 (见图 3)。

镁橄榄岩型: 图 3 (a), 稀土含量变化较大,  $\sum \text{REE}$  值为 2.63~260.08 ppm, 具有较大的负 Eu 异常,

属稀土平坦型。其稀土模式可与后仙峪硼矿区的超镁橄榄岩及其蚀变岩类比, 见图3(a')。

镁质大理岩型: 图3(b), 稀土含量低,  $\Sigma\text{REE}$  值为 3.34~9.27 ppm, 负 Eu 异常不明显, 稀土分配曲线向右缓倾斜, 属轻稀土富集型。这类矿石的稀土模式与镁质大理岩的相似, 见图3(b')。

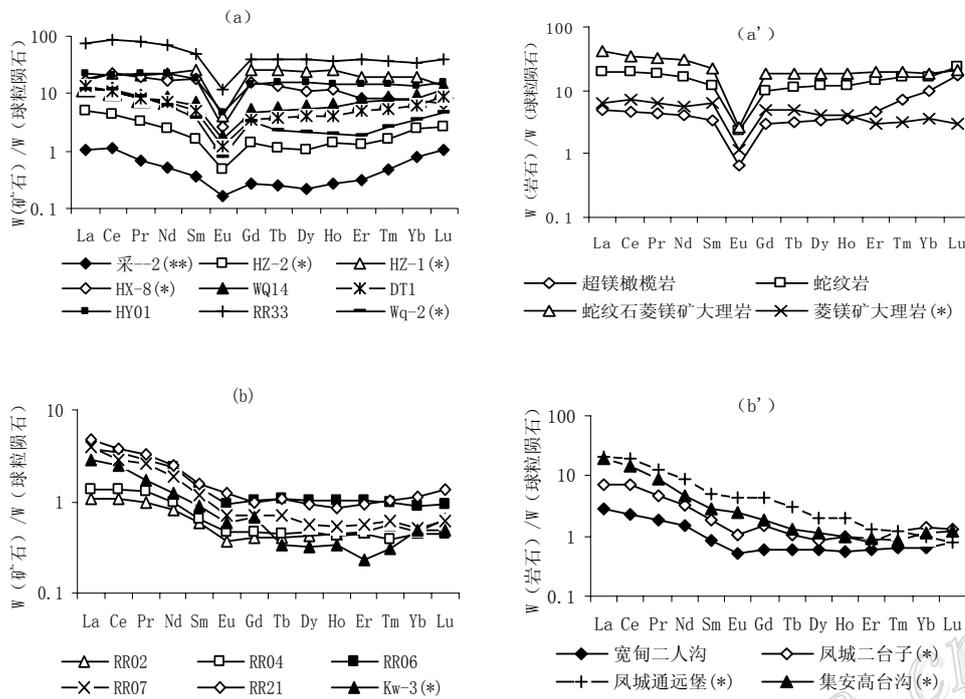


图3 两类矿石及容矿岩石稀土配分模式

a. 镁橄榄岩型的矿石; a'. 镁橄榄岩; b. 镁质大理岩型的矿石; b'. 镁质大理岩  
(图中数据: 未显著者, 作者, 2006, 分析方法为 ICP-MS; \*引自①; \*\*引自②)

## 4 结论

由矿石的自然形态、结构、构造、矿石化学组成、矿化类型可知, 矿石与容矿岩石存在密切的成生关系, 容矿岩石不仅为硼矿形成提供了存在空间, 而且为硼矿形成提供了镁质作为硼矿的沉淀剂, 其岩石特征对矿石形成有决定性的岩控作用。

## 参考文献

- 蔡克勤, 陈从喜. 2000. 辽东古元代镁质非金属成矿系统研究. 地球科学, 25(4): 346~351.  
 贺高品, 叶慧文. 1998. 辽东—吉南地区早元古代两种类型变质作用及其构造意义. 岩石学报, 14(2): 152~162.  
 黄作良, 王 濮, 冯本智. 1999. 辽吉硼矿床矿物学. 北京: 地质出版社. 1~150.  
 姜春潮. 1987. 辽吉东部前寒武纪地质. 沈阳: 辽宁科学技术出版社. 1~321.  
 彭齐鸣, 许 虹. 1994. 辽东—吉南地区早元古宙变质蒸发岩及硼矿床. 1~122.  
 王培君. 1996. 硼矿床含硼地层的二元结构模式. 化工矿产地质, 18(3): 201~206.  
 王秀璋, 徐学炎, 王听渡, 等. 1974. 东北内生硼矿床的矿物组成和矿床成因研究. 北京: 科学出版社. 1~218.  
 翟裕生, 邓 军, 彭润民, 等. 2002. 古陆边缘成矿系统. 北京: 地质出版社. 1-416.  
 张景山. 1994. 辽东硼镁石型硼矿床地质特征及成矿作用. 辽宁地质, 4: 289~324.  
 张秋生. 1988. 辽东半岛早期地壳与矿床. 北京: 地质出版社. 1~574.  
 邹 日, 冯本智. 1995. 营口后仙峪硼矿容矿火山-热水沉积岩系特征. 地球化学, 24: 46~54.

① 化学工业部化学矿产地质研究院. 1991. 辽东—吉南地区硼矿床控矿构造研究 (科研报告).  
 ② 化学工业部化学矿产地质研究院. 1993. 辽吉内生硼矿床矿物学及找矿标志研究 (科研报告).