

辽东地区硼矿体赋存特征及成矿预测

徐大地¹, 荆友广¹, 秦 健¹, 薛卫疆², 刘来成¹, 侯跃武¹, 陈福恩¹

(1. 辽宁省化工地质勘查院, 辽宁 锦州 121000; 2. 辽宁省国土资源厅, 辽宁 沈阳 110032)

摘 要: 辽东地区硼矿床受控于华北地台东北部大石桥-凤城-宽甸古隆起构造带。元古宇辽河群下部里尔峪组含硼岩系呈 W-E、NE 向、长约 350 km、宽 60 km 的长条带状展布。硼矿体发育于里尔峪组蛇纹石化镁橄岩或蛇纹石化富镁大理岩中, 具有明显的层控和岩控特征。虎皮峪-红石砬子-清河近东西向线状紧密的复式背、向斜间多期次次级的背、向斜发育, 表现出明显的塑性变形。硼矿体在走向和倾向上具尖灭膨缩现象。围岩蚀变强烈。大量的电气石化使围岩中硼元素的含量偏高; 蛇纹石化镁橄岩或蛇纹石化富镁大理岩的 Ca/Mg 比值波动极大, 表明其与成矿关系十分密切; 含硼岩系的厚度与矿体的关系呈正相关性, 当厚度超过 35 m 时就有可能成矿, 且厚度越大, 矿体的规模和矿石质量越好。在部分地区, 赋矿的褶皱构造完全倒转, 有里尔峪组的层序倒转, 混合岩段反转至上部, 且混合岩化明显增强, 形成混合岩化花岗岩, 而其下部 250~600 m 是含硼岩系, 发育优质隐伏硼矿。据辽东地区硼矿体的这些特征, 推测了 4 个成矿远景区。

关键词: 硼矿 含硼岩系 矿体特征 远景区 辽东地区

辽东地区是我国最主要的硼资源产区, 资源量占全国硼资源量的 75%, 已查明特大型硼铁矿床 1 处, 大、中、小型硼镁石矿床 (包括硼镁铁矿床) 16 处, 硼矿点 17 处。这些硼矿床分布在华北地台东北部大石桥-凤城-宽甸古隆起构造带内, 呈 W-E、NE 向、长约 350 km、宽 60 km 的长条带状, 展布于元古宇辽河群下部里尔峪组地层 (又称含硼岩系) 中。据研究认为该类硼矿床为沉积变质再造硼矿床, 在成因上属世界独有^[1]。矿床及赋矿地层普遍遭受角闪岩相区域变质作用及成矿期后多次强烈构造变形, 多形成紧密褶皱或同斜倒转的构造形式。硼矿床底部岩层为角闪质混合岩, 之上为黑云电气变粒岩中夹蛇纹石化镁橄岩或蛇纹石化富镁大理岩, 此为硼矿体赋存部位。矿床不但具有层控性, 更显示出明显的岩性控制特征。矿体及赋存矿体的富镁岩石多已发生塑性形变, 在空间上表现为各种复杂的形态。因此, 分析研究辽东地区硼矿体的赋存特征对进一步找寻具有工业价值的硼矿床具有重要的经济意义和战略意义。

1 含硼岩系

辽东地区硼矿床及矿点所见矿体明显受层位和岩性控制, 完全赋存于元古宇辽河群里尔峪组含硼岩系 (Pt lhlr₂) 中。尽管含硼岩段的岩性变质程度不尽相同, 但总体表现一致, 其岩性从下而上可分为 3 层:

下层 (Pt lhlr₂¹) 以黑云斜长变粒岩为主, 夹有少量的电气钠长浅粒岩或电英岩, 个别矿区见夹有阳起石化浅粒岩。

中层 (Pt lhlr₂²) 为电气斜长 (微斜) 变粒岩夹电英岩、蛇纹石化镁质大理岩 (或镁橄岩) 或蛇纹岩、金云母岩、透闪岩。蛇纹石化富镁岩层中赋存硼镁石或硼镁铁矿体。在该层的上下部位有时出现斜长角闪岩。

上层 (Pt lhlr₂³) 为电气变粒岩、黑云电气变粒岩、透闪透辉变粒岩。

含硼岩系的岩石化学特征为硼元素含量高 (表 1)。硅酸盐岩、钙镁硅酸盐岩等围岩中电气石大量富集, 从而成为这类矿床

表 1 辽河群里尔峪组含硼变粒岩系典型岩石化学分析结果

Table 1 Chemical analysis result for typical rocks of boron-bearing leptynite series in Lieryu formation of Liaohu group

岩石类型	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	B ₂ O ₃	LOS	总计
混合岩	77.90	0.27	12.90	1.70	2.05	0.06	0.49	0.79	3.14	4.90	0.03	0.00	0.34	99.57
黑云变粒岩	74.04	0.39	11.83	2.09	2.28	0.05	0.86	0.92	3.94	2.00	0.13	0.03	1.34	99.90
微斜浅粒岩	72.98	0.01	14.24	0.12	0.37	0.03	0.23	0.32	2.00	9.26	0.10	0.05	0.20	99.91
电气微斜变粒岩	60.46	0.56	13.90	9.33	0.02	0.01	1.77	0.75	0.83	6.60	0.30	2.50	0.50	99.51
电气变粒岩	60.73	0.60	13.45	3.47	3.24	0.05	3.55	3.31	4.32	0.78	0.17	1.02	4.79	100.02
电气变粒岩	69.73	0.56	17.06	0.44	1.04	0.13	1.00	1.36	6.76	0.97	0.07	0.38	0.74	99.70
含硼蛇纹石化大理岩	7.05	0.39	0.94	0.23	0.08	0.03	39.06	9.24	0.00	0.00	0.01	0.51	40.82	98.80
蛇纹石化镁橄岩	38.46	1.46	5.70	1.19	0.16	0.11	47.27	1.06	0.10	0.38	0.04	0.63	3.69	100.25

在宏观上的找矿标志。

含硼岩系下部岩层为混合岩,其与含硼岩系地层一般呈渐变过渡关系,形成区域上和谐一致的褶皱构造(图1、2)。

2 构造特征

辽东地区古元古代地层大地构造位置处于华北地台北缘营口—宽甸古隆起,受辽河运动的影响,发生强烈的褶皱,形成了虎皮峪—红石砬子—清河南东西向线状、紧密的复式背、向斜。复式褶皱均由一系列不同级别的各种形式的褶皱所构成,如同斜褶皱或倒转褶皱。其间大量规模小的背、向斜发育,有的呈紧密状排列,有的呈倾伏状出现,端部收敛、倾伏或扬起,两翼撒开,因而岩层在空间分布呈半环状的“马蹄形”。部分地区地层反转,使含硼岩系的下部地层(混合岩)成为盖层,覆盖在含硼岩系之上(图3)。在复式褶皱区的次级向(背)斜两翼部位多见含硼岩层(矿体)的分布。

区内断裂构造发育,多为NNE向断层,次为NW向断层,这些断层均发育于成矿期后,将含硼岩系错断。

3 硼矿床的赋存特征

辽东硼矿床及矿点在空间上均位于营口—宽甸古隆起构造带内。成矿期后的多次构造活动中,里尔峪组地层(含硼岩系)及其中赋存的硼矿体,遭受了多次强烈的同步形变,变形作用主要对矿体的形态进行改造。

3.1 矿化带特征

里尔峪组含硼岩系中的含硼岩段所夹镁橄榄岩或蛇纹石化

白云质大理岩作为蕴矿层或称含矿层,在空间上与硼矿体关系密切,为硼矿体的直接围岩。矿体受镁质岩层的控制,即该区硼矿体完全赋存在里尔峪组中部镁橄榄岩或蛇纹石化白云质大理岩中。

由于受成矿期后多次构造活动的作用,辽东地区硼矿带上的含矿层呈层状、似层状、透镜状沿走向、倾向上断续分布,表现为尖灭再现规律性的延长、延深。由于硼矿体严格受控于含矿层,从而表现出膨胀与缩窄变化,沿倾向方向膨胀尤为显著,明显表现为舒缓波状,体现出塑性形变的特征(图2)。

对辽东地区主要硼矿区含矿层厚度与矿化关系分析发现,矿化质量与镁橄榄岩或蛇纹石化白云质大理岩的厚度有着明显的相关性,亦即镁橄榄岩或蛇纹石化白云质大理岩越厚,成矿的可能性越好(图4)。当镁橄榄岩或蛇纹石化白云质大理岩厚度超过35 m时,就越有可能成矿^[2]。

另外,镁橄榄岩或蛇纹石化白云质大理岩的CaO/MgO比值也是一个重要的矿化参数。区内无矿大理岩分析结果表明,CaO/MgO为1.57~1.67,波动幅度均小于100%;而矿区范围内有矿大理岩CaO/MgO为0.0018~0.20,波动幅度达到7100%~11100%^[3],波动极大。这种特性仅在矿化范围内表现出来,说明硼矿化与镁橄榄岩或蛇纹石化白云质大理岩关系十分密切(图5)。

3.2 矿体特征

硼矿体赋存于蛇纹石化镁橄榄岩或蛇纹石化镁质大理岩中,并严格受其控制,即矿体与含矿层构成一体,产状与含矿层基本一致。矿体沿走向和倾向均有分支复合现象,膨胀变化很

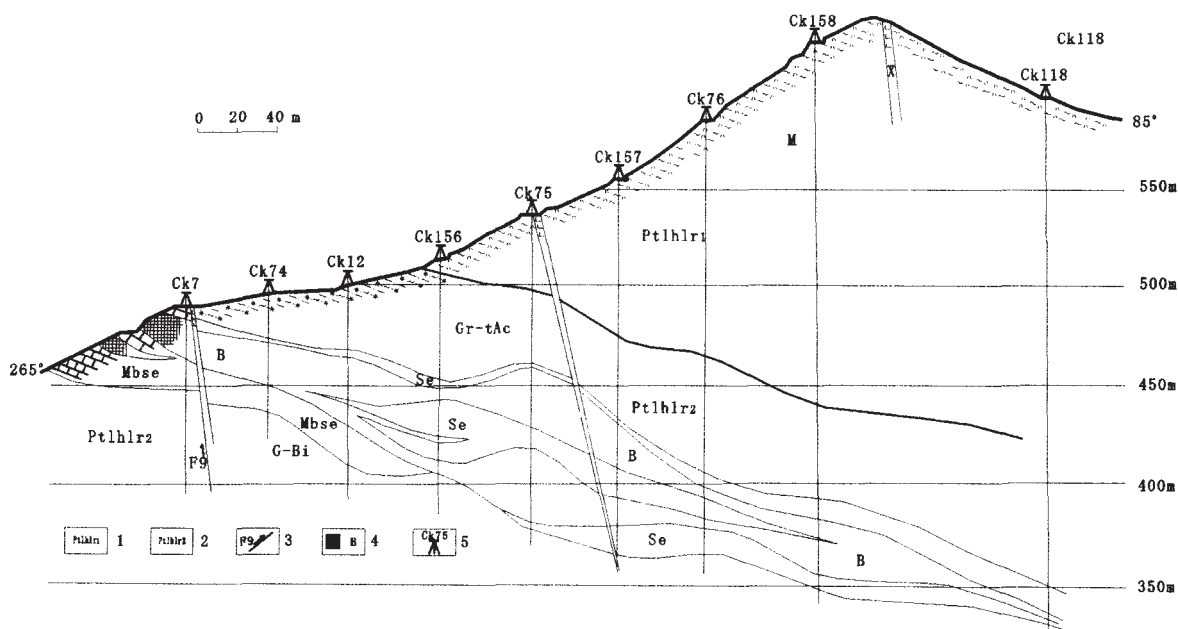


图1 后仙峪硼矿区20勘探线剖面图

Fig. 1 Sectional drawing of Huoxianyu boron field along Exploration Line 20

1—里尔峪组1段(first member of Lieryu fm.) 2—里尔峪组2段(second member of Lieryu fm.) 3—断层及编号(fault and number) 4—硼矿体(boron ore body) 5—钻孔及编号(drill hole and number)

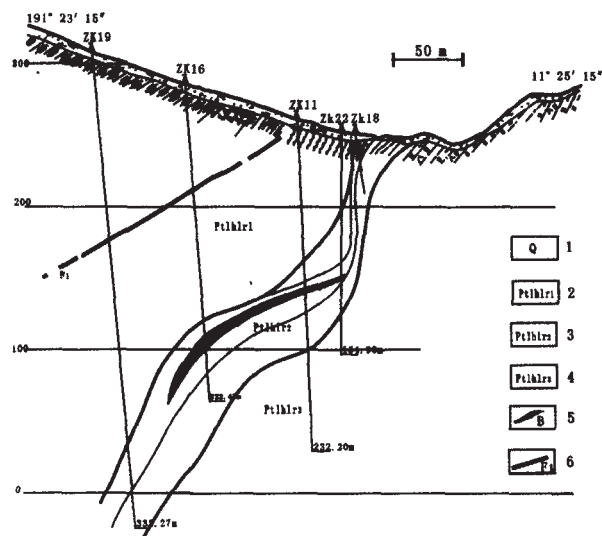


图2 老红顶子硼矿2勘探线剖面图

Fig. 2 Section of Laohongdingzi boron deposit along Exploration Line 2

1—第四系残坡积物 (Quaternary talus) ; 2—里尔峪组一段 (first member of Lieryu fm.) ; 3—里尔峪组二段 (second member of Lieryu fm.) ; 4—里尔峪组三段 (third member of Lieryu fm.) ; 5—硼矿体 (boron ore body) ; 6—断层 (fault)

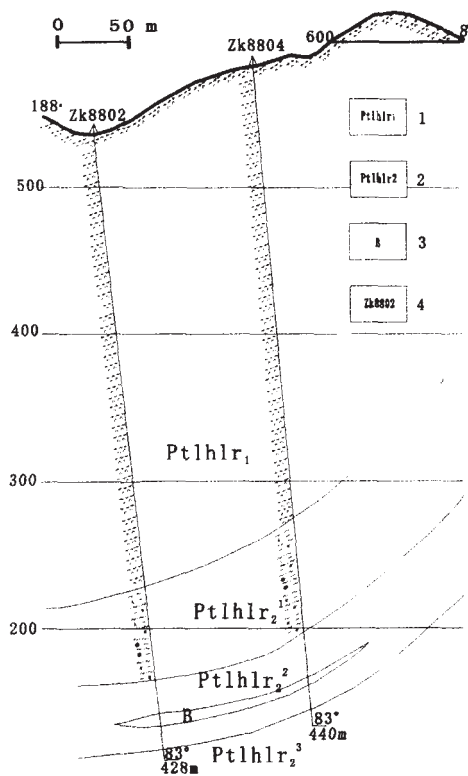


图3 鲁家沟矿段88勘探线剖面图

Fig. 3 Section of Lujiagou ore block along Exploration Line 88
1—里尔峪组一段 (first member of Lieryu fm.) ; 2—里尔峪组二段 (second member of Lieryu fm.) ; 3—硼矿体 (boron ore body) ; 4—钻孔 (drill hole)

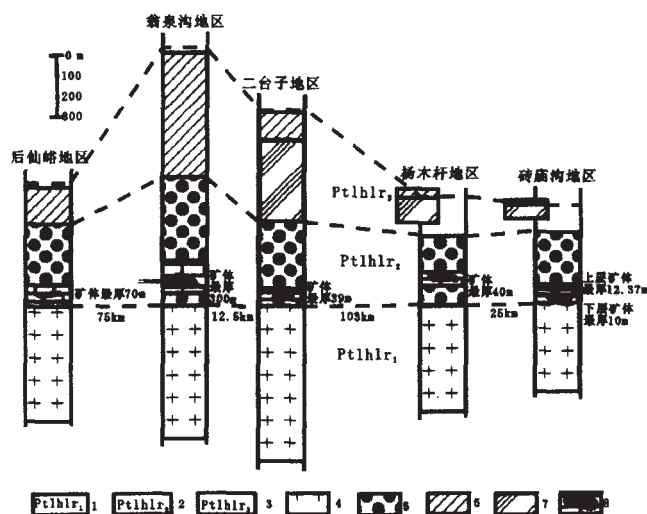


图4 辽东地区含硼岩系柱状对比图

Fig. 4 Correlation columns of boron-bearing series in Eastern Liaoning

1—里尔峪组一段 (first member of Lieryu fm.) ; 2—里尔峪组二段 (second member of Lieryu fm.) ; 3—里尔峪组三段 (third member of Lieryu fm.) ; 4—混合花岗岩/混合岩 (migmatitic granite/migmatite) ; 5—变粒岩段 (granulite) ; 6—钠长浅粒岩 (albite leucogranulite) ; 7—微斜浅粒岩 (microcline leucogranulite) ; 8—硼矿赋矿岩石 (boron-bearing Mg-rich carbonate rock or magnesio-peridotite)

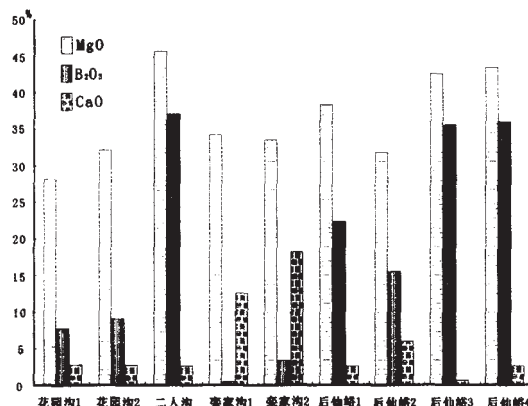
图5 辽东硼矿带MgO、CaO、B₂O₃对比图图5 辽东硼矿带 MgO、CaO、B₂O₃ 对比图

Fig. 5 Correlation of MgO, CaO and B₂O₃ in boron ore of Eastern Liaoning

大, 随含矿层的厚度变化而变化, 形态呈似层状、不规则透镜状、扁豆状。厚大、高品位矿体赋存于蛇纹石化镁橄榄岩或蛇纹石化镁质大理岩膨大部位 (图2)。

矿体近矿围岩蚀变强烈是该类硼矿床的另一重要特征。近矿围岩在矿化过程中遭受了明显的蚀变, 蚀变岩普遍发育, 蚀变类型有蛇纹石化、金云母化、透闪石化、透辉石化、绿泥石化等。围岩蚀变呈带状分布, 具有明显的水平分带特征, 从外向内为电气石带→金云母透闪石带→金云母带→蛇纹岩镁橄榄岩

矿带,含矿层中蚀变带环绕在矿体的周围,硼矿化与围岩蚀变关系密切,也是寻找该类硼矿床的重要标志。

3.3 矿体与构造的关系

辽东地区硼矿床含矿层(矿体)的分布、赋存状态与褶皱构造关系密切,由西向东受控于虎皮峪、红石砬子、清河3个复背斜褶皱构造带。硼矿床及硼矿化点集中分布于大石桥市后仙峪地区、凤城市翁泉沟地区、宽甸县砖庙—杨木杆—大西岔地区。多次强烈变形作用所形成的次级线形紧密褶皱,多为近东西向展布的同斜倒转或平卧褶皱和马蹄形向(背)斜,其为硼矿床赋存地段。对硼矿床地质资料进行分析发现,各硼矿床中矿体的赋存与褶皱构造关系密切。

大石桥后仙峪地区的五〇一硼矿、岔沟硼矿、鲁家沟硼矿、东岔沟硼矿均赋存在虎皮峪褶皱构造的次级构造——后仙峪向形背斜褶皱构造的北翼,走向延长3500 m。该褶皱西部收敛扬起,向东部开阔,轴迹290°,在东部向深处延伸。北翼地层倾向南,倾角13~22°;南翼地层倾向北东,倾角48~75°。由于受挤压的作用,矿体沿走向和倾向均呈舒缓波状和近等距性的膨缩或尖灭再现,表现为不规则透镜状、扁豆状,反映了构造作用对矿体形态的影响。五〇一硼矿位于最西部,出露于地表,为大型优质矿床,向东发育的岔沟硼矿、鲁家沟硼矿、东岔沟硼矿向东部逐渐延深,均为隐伏矿体。矿体在岔沟地段埋深为几十米,到东岔沟地段矿体埋深已近700 m,各矿床规模在中—大型之间,矿石品位变得中等稳定。

翁泉沟大型含铀铁硼矿区由10个以上矿床组成,矿体赋存于翁泉沟复式背斜的次一级构造——翁泉沟向斜之中,向斜轴在矿床中部近东西向展布,南翼缓、北翼陡,东端翘起,向斜西端被大荒沟断裂带所破坏,成为马蹄形。矿体产状严格为向斜构造所控制,向斜东端翘起,呈一马蹄形环带,展布于蔡家沟、东台子、翁泉沟、业家沟、周家大院等地。矿体呈北东—南西向分布,最大延长达数千米,最小仅100~200 m,最大延深超过400 m。矿体膨缩明显,最厚大于300 m,最薄不足10 m。倾角变化较大,一般浅部较陡,深部较缓,靠近向斜核部矿体近于水平,并有波状起伏,表现出明显的塑性变形特点。

砖庙硼矿区从西到东各矿段分别为大阳沟、二人沟、老人沟、花园沟、砖庙沟、栾家沟和小汤石矿段。矿体均赋存在砖庙倒转背斜的北翼——正常翼,由7个矿段组成,各矿段彼此由断层分开。含硼岩系近东西向展布,赋存2层含矿层,上含矿层为主要赋矿层位,规模较大,沿走向、倾向延伸均较稳定,地表出露长6000 m左右,宽12~66 m,平均宽34 m,沿倾向延深大于500 m。总体呈层状、似层状、透镜状,具明显的膨缩特征。下含矿层沿走向较稳定,但厚度较小,一般小于20 m,只发现零星小矿体,矿体总体呈似层状、透镜状。上、下2层含矿层相距15~40 m,产状与围岩一致,被北北东向断层破坏发生明显位移,向西侧伏成隐伏状。各矿段依断层自然分割而划分。由于断层的推覆作用影响,各矿段地层有较大范围的重复,同时断层使各矿段地层下盘均向北西呈20~45°侧伏。各块段矿体在空间上互不相连,主要矿体沿走向长300~700 m,沿倾向控制延深最深500

m。如栾家沟矿段的3号矿体长700 m,平均厚12.37 m,延深较大,已控制到-170 m,尚未封闭。砖庙硼矿区平均品位18%,品位变化较小,厚度1~40 m,变化较大。矿石矿物为硼镁石、遂安石。矿体为似层状、透镜状、扁豆状,具明显的舒缓波状、膨缩和尖灭再现特征。

以上典型硼矿区矿体特征显示,辽东硼矿床及矿化点均产出在混合岩为核所构成的近东西向(背)斜中及变粒岩夹镁质大理岩组成的次级向(背)斜翼部。具有一定规模的硼矿床与向斜关系最密切,矿体赋存于向斜某一翼部或两翼。矿体与含矿层均受后期褶皱构造作用的影响,以似层状、透镜状、扁豆状产出,具明显的舒缓波状、膨缩和尖灭再现特征。矿体厚度、品位与含矿层厚度具正相关性,即厚大的含矿层一般赋存矿体,矿体品位往往也较高。

4 成矿远景预测

中国硼矿资源70%集中在辽东地区,其开发对我国经济建设起到了重要作用,特别是在硼矿资源集中的大石桥市、凤城市及宽甸县,其经济发展与硼矿产业关系密切。但由于长期过度开采,易加工的硼矿资源日渐枯竭,2002年辽宁省矿产资源统计年鉴显示,易加工硼矿保有储量尚不够现有硼产业利用10年,资源形势岌岌可危。对辽东硼矿床矿体赋存特征进行分析,预测勘查远景区,查明新的具有工业价值的硼矿产地,对辽宁省特有优势矿种产业及地方经济的可持续发展具有重要意义。

辽东地区古元古界辽河群里尔峪组中所发育的蛇纹石化镁橄岩或蛇纹石化镁质大理岩为赋硼岩层,里尔峪组是辽东地区唯一的赋硼矿层位。从各矿体的赋存状态分析,区域上含矿层受层位、岩性控制,产状与围岩基本一致。硼矿床及矿点赋存在褶皱构造的翼部,赋硼岩层沿走向与倾向均表现出舒缓波状和膨缩或尖灭再现,硼矿体完全赋存在含矿层中,同时因受马蹄形向(背)斜构造的影响,造成矿体侧伏产出。

在分析研究了辽东地区硼矿体的赋存特征及规律的基础上,可对辽东硼矿带内的硼矿成矿远景区,特别是埋藏在中深部位的隐伏矿体进行预测。

4.1 大石桥市后仙峪—岫岩县大营子远景区

为后仙峪硼矿区向东延伸部位。该区西部目前已发现有后仙峪大型矿床、鲁家沟、二道沟、东岔沟、岔沟中型矿床及虎沟小型矿床,其中鲁家沟、二道沟、东岔沟、岔沟中型矿床及虎沟小型矿床的发现即是基于上述对辽东地区硼矿体赋存特征研究的结果。其地表均为里尔峪组混合岩、花岗岩覆盖,含矿层及矿体均成隐伏状,其深部含矿层规模均较大,最大延长2680 m,延深大于200 m,厚度一般为25~70 m,最大为110 m。含矿层及矿体向东部侧伏,覆盖于地表的里尔峪组混合花岗岩一直出露至岫岩县大营子一带,成矿条件良好,资源前景巨大。

4.2 辽阳市吉洞峪远景区

为凤城翁泉沟大型硼矿床向北西的延伸部位,广泛发育里尔峪组地层,已发现有2个小矿点, B_2O_3 最高品位9.86%,一般

为 1.64% ~ 6.75%。该区工作程度较低,深部基本未做工作。CaO/MgO 比值一般小于 0.2,为有利的成矿信息,且含矿层规模较大,具备了成矿的基本条件。

4.3 凤城市二台子远景区

该区内有二台子中型硼矿,其北部为翁泉沟特大型硼矿。区内较大范围出露有里尔峪组地层,最大延长 840 m,其中二台子硼矿西部地表含矿层断续出露,有多处明显矿化, B_2O_3 含量最高可达 3.57%,CaO/MgO 比值一般为 0.13 ~ 0.21,为矿化的有利部位。

4.4 宽甸县牛皮沟—大西岔远景区

区内里尔峪组分布较广泛,已发现了几个硼矿点。该区北部砖庙硼矿区、杨木杆子硼矿区均为重要硼矿区,赋存有多个大中型硼矿床。该远景区成矿地质条件与砖庙、杨木杆子相近,普遍存在较大规模的北北东向逆断层,含矿层普遍向深部侧伏。以往在该范围内进行的工作主要限于近地表及浅部(350 m 以上),对更深部基本未做工作。通过对该区已知矿床矿体尖灭再现及大规模逆断层的调查研究,在逆断层下寻找砖庙矿区式的隐伏矿床,有望取得找矿突破。

总之,在找矿工作中,应研究远景区在区域上 3 个复背斜构造中的位置,并与该构造中的已知矿床矿体赋存状态对比,研究次级赋矿构造的性质,特别应注意大的推覆断裂构造的性质和倒转褶皱的倒转翼地层。对于推覆构造应查清推覆方向,确定下部是否赋存含硼岩系,如褶皱倒转翼出露地表的花岗质岩石是强混合岩化的里尔峪组岩层,在深部均应赋存一定规模、质量较佳的硼矿床,但矿体的尖灭膨胀现象可能表现得更明显。在认真研究含矿层在走向和倾向上变化规律的基础上,加大投资力度,定能找到具有工业价值的隐伏硼矿床。

参考文献:

- [1] 刘敬党. 辽东—吉南地区早元古代硼镁石型硼矿床地质特征及矿床成因[J]. 化工矿产地质, 1996, (3): 211.
- [2] 杨晓明. 辽东鲁家沟隐伏硼矿床的发现及其地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2003, (专辑): 83.
- [3] 张秋生, 等. 中国前寒武纪地质及成矿作用[M]. 长春: 吉林人民出版社, 1984. 246.

THE OCCURRENCE OF BORON ORE DEPOSITS AND PROSPECTING GUIDE IN EASTERN LIAONING PROVINCE

XU Da-di¹, JING You-guang¹, QIN Jian¹, XUE Wei-jiang², LIU Lai-cheng¹, HOU Yue-wu¹, CHEN Fu-en¹

(1. Liaoning Institute of Chemical Geological Survey, Jinzhou 121000, China; 2. Liaoning Bureau of Land and Resources, Shenyang 110032, China)

Abstract: The boron ore deposits in Eastern Liaoning region are tectonically controlled by the Dashiqiao-Fengcheng-Kuandian paleo-doming structural zone in the northeast part of North China platform. The boron-bearing series, occurred in Lieryu formation, lower Liaohe group, Proterozoic, are distributed in a W-E- and NE-trending belt of 350 km long and 60 km wide. The ore bodies are developed in serpentinized megnesio-peridotite or serpentinized Mg-rich marble of Lieryu formation, with obvious stratabound and lithological controlled characters. The wall rocks are severely altered. The tourmalinization leads a high content of B element in the wall rocks. The ratio of Ca/Mg in the serpentinized megnesio-peridotite or serpentinized Mg-rich marble varies sharply, showing a close relationship between the rocks and mineralization. The thickness of the boron-bearing series is positively correlated to the development of ore bodies. Based on the characteristics of the boron ore bodies in Eastern Liaoning, four prospective areas are predicted.

Key words: boron deposit; boron-bearing series; characters of ore body; prospective area; Eastern Liaoning Province

作者简介: 徐大地 (1964—), 男, 高级工程师, 1984 年毕业于连云港化学矿业专科学校地质系矿产地质及地质勘探专业, 现为辽宁省化工地质勘查院副总工程师, 通讯地址 辽宁省锦州市凌河区文兴里 34 号, 邮政编码 121000, E-mail / xudadi@163.com