

## 辽宁省锰元素分布规律及锰矿床潜力评价

胡建飞, 迟广成, 汪寅夫, 王 鑫

(沈阳地质矿产研究所/中国地质调查局 沈阳地质调查中心, 辽宁 沈阳 110032)

**摘 要** 通过研究不同地质构造单元、不同时代地层和不同岩石类型中锰元素分布特征, 认为辽西台陷和松辽拗陷区可作为形成锰矿的重要矿源地体。结合辽宁省富锰地层特征和锰矿床地质特征, 认为铁岭组含锰灰岩岩层是沉积锰矿找矿的重要标志, 其分布的辽西地区可划为辽宁省境内大型浅海沉积锰矿成矿远景区。辽东、辽南白垩系富锰页岩分布的地区有望找到中到大型河湖相沉积锰矿床; 火山热液锰矿可在朝阳、锦西以西地区寻找, 其矿源层为串岭沟组石英砂岩, 高于庄组含锰细砂岩, 大红峪组、铁岭组、洪水庄组富锰碳酸盐岩, 成矿热液为酸性岩浆提供。

**关键词** 锰元素分布特征 矿床特征 找矿远景区 辽宁省

DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2014.04.008

## DISTRIBUTION LAW OF MANGANESE AND POTENTIAL EVALUATION OF MANGANESE DEPOSITS IN LIAONING PROVINCE

HU Jian-fei, CHI Guang-cheng, WANG Yin-fu, WANG Xin

(Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, CGS, Shenyang 110032, China)

**Abstract** : With study on the distribution characteristics of manganese in different geological tectonic units, strata of different times and different rock types, it is considered that the Western Liaoning platform-depression and Songliao depression could be important source for manganese ore. Combined with the characteristics of manganese-rich strata and geological features of manganese deposit in Liaoning Province, the study shows that the manganiferous limestone of Tieling Formation can be regarded as the significant indicator for sedimentary manganese deposit. Western Liaoning can be classified as a large shallow sea sedimentary manganese metallogenic prospect area. In eastern and southern Liaoning, where Cretaceous Mn-rich shale is distributed, it is expected to find medium-large lacustrine facies sedimentary manganese deposits. Volcanic hydrothermal manganese deposits can be prospected on the west of Chaoyang and Jinxi area. Their source beds are the quartz sandstone of Chuanlinggou Formation, Mn-bearing fine sandstone of Gaoyuzhuang Formation and Mn-rich carbonate rocks of Dahongyu, Tieling and Hongshuizhuang formations. The ore-forming fluid is supplied by acidic magma.

**Key words** : distribution of manganese; deposit characteristics; prospecting area; Liaoning Province

辽宁省锰矿资源比较丰富, 探明的锰矿储量为  $4494 \times 10^4 \text{ t}$ <sup>①</sup>。随着中国城镇化建设速度的加快, 必将促使中国钢铁工业的进一步发展, 中国市场对锰矿的需求会越来越大, 在国内能否找到大型—超大型锰矿势必成为中国地质工作者急需解决的课题之一。笔者根据辽宁省地球化学场研究的最新数据, 结合对八家子、吴家屯锰矿工作的实践认识, 对辽宁省锰元素时

空分布规律、富锰地层的地质特征和锰矿床地质特征逐一加以分析总结, 试图为辽宁省境内寻找大型锰矿提供工作靶区。

### 1 辽宁省锰元素的分布特征

#### 1.1 不同地质构造单元锰元素分布特征

辽宁省11个不同级别构造单元中, 锰元素丰度特

收稿日期 2013-09-06 修回日期 2014-03-17 编辑 周丽、张哲

基金项目 国土资源部项目“变质岩岩石矿物鉴定检测技术方法研究”(编号 201011029-3) 资助。

作者简介 胡建飞(1979—), 男, 工程师, 通信地址 辽宁省沈阳市皇姑区北陵大街26甲3号。

①赵光慧. 省区域矿产总结. 辽宁省地质矿产勘查局. 1996.

征明显不同,其中辽西台陷和松辽拗陷区锰元素丰度分别为  $783\times 10^{-6}$  和  $789\times 10^{-6}$ ,二者是辽宁省锰元素丰度值(平均为  $591\times 10^{-6}$ )的 1.32 倍,属于锰富集区;建平台拱、内蒙优地槽褶皱带和下辽河断陷区为锰元素正常分布区,其锰元素丰度值分别为  $685\times 10^{-6}$ 、 $590\times 10^{-6}$  和  $614\times 10^{-6}$ ,同辽宁省锰元素丰度接近;复州台陷、营口-宽甸台拱、太子河浑江台陷、铁岭靖宇台拱、山海关台拱和张广才岭优地槽褶皱带,锰元素丰度分别为  $548\times 10^{-6}$ 、 $552\times 10^{-6}$ 、 $435\times 10^{-6}$ 、 $443\times 10^{-6}$ 、 $468\times 10^{-6}$  和  $455\times 10^{-6}$ ,属于锰元素的分散区域<sup>①</sup>。上述 11 个地质构造单元锰元素丰度变化显示,辽西台陷和松辽拗陷区可视为形成锰矿的重要矿源地体。

1.2 不同时代地层中锰元素分布特征

不同时代地层因形成时物质来源和形成环境不同,各地层中锰元素地球化学演化特点有着明显的差异,致使锰元素含量在不同时代地层中分布具有变异性<sup>②</sup>。其中白垩系地层中锰元素平均含量最高,丰度值为  $1333\times 10^{-6}$ 。寒武系、蓟县系和石炭系地层中锰元素平均含量中等,丰度值分别为  $600\times 10^{-6}$ 、 $603\times 10^{-6}$ 、 $654\times 10^{-6}$ ,稍高于全省锰元素丰度值;长城系、奥陶系、青白口系、震旦系、二叠系、三叠系和侏罗系地层中锰元素平均含量低于辽宁省锰元素平均丰度值,为锰元素相对稀疏分布岩层。

不同构造单元不同时代岩系锰元素丰度值(见表 1)<sup>③</sup>分布特征显示,不同岩系在不同构造单元中锰元素平均含量相差很大,其中太子河-浑江台陷和辽东台拱区的白垩系地层中锰元素平均含量分别为  $1498\times 10^{-6}$  和  $2170\times 10^{-6}$ 。辽西台陷区的长城系、蓟县系和青白口系地层中锰元素平均含量分别为  $1128\times 10^{-6}$ 、 $1578\times 10^{-6}$ 、 $1141\times 10^{-6}$ 。对辽宁省境内不同构造单元锰元素分布特征综合分析,认为可以把辽西台陷区中长城系、蓟县系和青白口系地层发育地区与太子河-浑江台陷和辽东台拱区白垩系地层分布地区视为辽宁省锰矿找矿远景靶区。

根据锰元素含量相对富集的组级地层单元分析:串岭沟组、铁岭组、徐庄组和太原组地层中锰元素丰度值分别为  $1160\times 10^{-6}$ 、 $1680\times 10^{-6}$ 、 $1140\times 10^{-6}$  和  $1130\times 10^{-6}$ ,锰元素丰度值明显比其他(组级)地层中锰元素平均含量高。就地层形成时地质环境而言,一个组级地层更能准确地代表当时岩层的沉积环境<sup>④</sup>,也就是说,如果某一组级岩层中含锰元素丰富,这个岩层完全可以成为形成锰矿的重要矿源层。

1.3 不同岩石类型中锰元素分布特征

辽宁省含锰的沉积岩主要为碳酸盐岩、页岩、砂岩和石英砂岩。不同类型岩石中锰元素平均含量统计(见表 2)<sup>⑤</sup>显示,碳酸盐岩中锰元素平均含量最高,为

表 1 不同构造单元不同时代岩系锰元素丰度值

Table 1 Abundance of manganese in rock series of different tectonic units and times

| 构造单元    | 长城系  | 蓟县系  | 青白口系 | 震旦系 | 寒武系 | 奥陶系 | 石炭系 | 二叠系 | 三叠系 | 侏罗系 | 白垩系  |
|---------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 辽西台陷    | 1128 | 1578 | 1141 | —   | 554 | 168 | 989 | 439 | 395 | 657 | 889  |
| 铁岭靖宇台拱  | 71.5 | 99   | 118  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 539 | —    |
| 太子河浑江台陷 | —    | —    | 268  | 437 | 744 | 182 | 532 | 236 | 158 | 394 | 1498 |
| 复州台陷    | —    | —    | 678  | 486 | 714 | 334 | 866 | —   | —   | —   | —    |
| 辽东台拱    | 248  | 132  | 395  | 387 | 389 | 289 | 713 | 294 | 155 | 596 | 2170 |
| 吉黑褶皱系   | —    | —    | —    | —   | —   | 643 | 168 | —   | —   | 449 | 774  |
| 平均值     | 482  | 603  | 520  | 437 | 600 | 323 | 654 | 323 | 236 | 527 | 1333 |

数据引自《辽宁省地球化学场》,含量单位:  $10^{-6}$ 。

表 2 不同岩石类型在不同时代中锰平均含量特征

Table 2 Average content of manganese in different rock types of different times

| 岩性   | 长城系  | 蓟县系 | 青白系 | 震旦系  | 寒武系 | 奥陶系 | 石炭系 | 二叠系 | 三叠系  | 侏罗系 | 白垩系  | 平均值 |
|------|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|
| 全省地层 | 503  | 416 | 426 | 367  | 651 | 643 | 325 | 418 | 550  | 89  | 2110 | 591 |
| 碳酸盐岩 | 348  | 731 | 691 | 320  | 626 | 169 | —   | —   | 2020 | —   | 1450 | 794 |
| 砂岩   | 378  | 147 | 346 | 280  | 588 | —   | 339 | 317 | 471  | —   | 739  | 400 |
| 石英岩  | 179  | 124 | 147 | 1040 | 170 | —   | 496 | 573 | —    | —   | —    | 390 |
| 页岩   | 1030 | 68  | 294 | 378  | 562 | 348 | 520 | 190 | 404  | —   | 4010 | 780 |

数据引自《辽宁省地球化学场》,含量单位:  $10^{-6}$ 。

①辽宁省地质矿产局,辽宁省地球化学场,1988。

$794\times10^{-6}$  ;页岩、砂岩、石英岩中锰元素平均含量分别为  $780\times10^{-6}$ 、 $400\times10^{-6}$  和  $390\times10^{-6}$ ,呈依次降低特征。

同一岩石类型在不同时代岩系中锰元素平均含量也有差别,三叠系和白垩系地层中的碳酸盐岩的锰元素平均含量分别为  $2020\times10^{-6}$  和  $1450\times10^{-6}$ ,明显比其他时代岩系中的碳酸盐岩中锰元素平均含量偏高。不同时代岩层中锰元素平均含量大于  $1000\times10^{-6}$  的岩石类型,还有震旦系石英砂岩、白垩系和长城系页岩,这 3 种岩层中锰元素平均含量分别为  $1040\times10^{-6}$ 、 $4010\times10^{-6}$  和  $1030\times10^{-6}$ 。

1.4 辽宁省境内岩浆岩中锰元素丰度特征

不同类型的岩浆岩中锰元素平均含量明显不同(见表 3)<sup>①</sup>,其中超基性岩中锰元素平均含量为  $1210\times10^{-6}\sim1670\times10^{-6}$ ,明显高于地壳中锰元素丰度值  $910\times10^{-6}$ 。基性岩中锰元素平均含量为  $1030\times10^{-6}\sim1350\times10^{-6}$ ,略高于地壳中锰元素丰度值;中性岩中锰元素平均含量为  $800\times10^{-6}\sim1090\times10^{-6}$ ,同地壳中锰丰度值接近。酸性岩中锰元素平均含量为  $140\times10^{-6}\sim640\times10^{-6}$ ,低于地壳中锰元素丰度值<sup>[3]</sup>。显示从超基性岩→基性岩→中性

岩→酸性岩系列岩体中为锰矿床形成提供成矿元素补给的可能性越来越小。

不同时代岩浆岩中锰元素丰度值差异不大,奥陶纪、石炭纪、侏罗纪和白垩纪中锰元素平均含量分别为  $706\times10^{-6}$ 、 $449\times10^{-6}$ 、 $614\times10^{-6}$  和  $609\times10^{-6}$ 。奥陶纪岩浆岩中锰元素含量略高,石炭纪岩浆岩中锰元素含量偏低,这可能是由于各时代岩浆岩发育种类不同造成的,这 4 个时代岩浆岩中锰元素平均含量都小于锰元素地壳丰度值。

2 辽宁省富锰地层特征

不同类型岩石在不同地层组中锰元素含量的差异比在不同时代岩系中锰元素含量的差异更为明显(不同富锰地层的形成环境、主要岩性、地层厚度和分布范围如表 4<sup>①</sup>所示)。其中不同类型岩石在不同地层组中锰元素平均含量大于  $1000\times10^{-6}$  的在全省范围内共有 14 个(包括未细分系、统级岩层),按岩石性质可分 4 类:(I)大红峪组、铁岭组、洪水庄组、侏罗系上统、徐庄组和毛庄组中的碳酸盐岩,锰元素平均含量分别

表 3 岩浆岩中锰元素分布规律

Table 3 Distribution of manganese in magmatic rocks

| 岩浆类型 | 鞍山—辽河期 | 燕辽期  | 华力西期 | 印支期  | 早燕山期 | 晚燕山期 | 平均值  |
|------|--------|------|------|------|------|------|------|
| 超基性岩 | 1210   | —    | 1670 | —    | —    | —    | 1440 |
| 基性岩  | 1240   | 1240 | 1030 | 1080 | 1350 | —    | 1188 |
| 中性岩  | 1020   | —    | 1050 | 880  | 800  | 1090 | 968  |
| 酸性岩  | 140    | 230  | 310  | 340  | 420  | 640  | 346  |

数据引自《辽宁省地球化学场》,含量单位:  $10^{-6}$ 。

表 4 辽宁省富锰岩层地质特征

Table 4 Geological characteristics of manganese-rich strata in Liaoning Province

| 赋存岩层 | 富锰岩层    | 分布地区                | 富锰层厚/m    | 锰平均含量/ $10^{-6}$ | 沉积岩相 |
|------|---------|---------------------|-----------|------------------|------|
| 串岭沟组 | 页岩、灰质页岩 | 凌源、建平、朝阳、兴城、锦西一带    | 135 ~ 250 | 1030             | 浅海相  |
| 串岭沟组 | 石英砂岩    |                     | 120       | 3700             | 滨海相  |
| 大红峪组 | 白云岩     | 建平、朝阳、北票、锦西、凌源、铁岭一带 | 20 ~ 100  | 3560             | 滨海相  |
| 高峪庄组 | 含锰细砂岩   |                     | 10 ~ 50   | 4390             | 浅海相  |
| 洪水庄组 | 含锰白云质灰岩 | 建平、建昌、朝阳、凌源、喀左、铁岭一带 | 20        | 3330             | 浅海相  |
| 铁岭组  | 含锰白云岩   |                     | 70        | 3380             | 浅海相  |
| 崔家屯组 | 富锰页岩    | 金县、大连、复县一带          | 20        | 1140             | 滨海相  |
| 毛庄组  | 含锰灰岩    | 辽东、辽南、辽西地区          | 30        | 1080             | 浅海相  |
| 徐庄组  | 富锰灰岩    | 辽东、辽南一带             | 10 ~ 30   | 1420             | 滨海相  |
| 本溪群  | 富锰砂岩    |                     | 10 ~ 80   | 1150             | 陆相   |
| 白垩系  | 富锰页岩    | 辽东地区                | 100       | 4370             | 湖泊相  |
| 上侏罗统 | 富锰石灰岩   |                     | 35        | 2020             | 湖泊相  |

数据引自《辽宁省地球化学场》。

①辽宁省地质矿产局,辽宁省地球化学场,1988。

为  $3560 \times 10^{-6}$ 、 $3380 \times 10^{-6}$ 、 $3330 \times 10^{-6}$ 、 $2020 \times 10^{-6}$ 、 $1420 \times 10^{-6}$  和  $1080 \times 10^{-6}$ ; (2) 高峪庄组和本溪群含锰砂岩, 锰元素平均含量分别为  $4390 \times 10^{-6}$  和  $1150 \times 10^{-6}$ ; (3) 串岭沟组石英砂岩, 锰元素平均含量为  $3700 \times 10^{-6}$ ; (4) 白垩系、崔家屯组和串岭沟组页岩, 锰元素平均含量分别为  $4370 \times 10^{-6}$ 、 $1140 \times 10^{-6}$  和  $1030 \times 10^{-6}$ 。据辽宁省不同地层组 and 不同岩石类型中锰元素分布规律分析, 在白垩系页岩、串岭沟组石英砂岩, 高峪庄组砂岩和大红峪组、铁岭组、洪水庄组碳酸盐岩中形成锰矿的可能性极大。

如果把辽宁省锰元素平均含量高于  $1 \times 10^{-3}$  的地层划为富锰地层, 其丰度大致上是辽宁省锰元素丰度值的 1.7 倍和地壳中锰元素丰度值的 1.1 倍。以  $2 \times 10^{-3}$  和  $4 \times 10^{-3}$  为界限把辽宁省富锰地层划为 4 个级别: 极高富锰地层 (锰元素丰度大于  $4 \times 10^{-3}$ )、高富锰地层 (锰元素丰度为  $3 \times 10^{-3} \sim 4 \times 10^{-3}$ )、中富锰地层 (锰元素丰度为  $2 \times 10^{-3} \sim 3 \times 10^{-3}$ ) 和低富锰地层 (锰元素丰度为  $1 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-3}$ )。极高富锰地层有高峪庄组含锰细砂岩层和白垩系富锰页岩层; 高富锰地层有串岭沟组石英砂岩地层、大红峪组白云岩地层、洪水庄组含锰白云质灰岩地层和铁岭组含锰白云岩地层; 中富锰地层只有侏罗系上统富锰石灰岩地层; 低富锰地层有徐庄组富锰灰岩地层、本溪群富锰砂岩地层、崔家屯组富锰页岩地层、毛庄组含锰灰岩地层和串岭沟组页岩地层。

辽宁省锰元素分布特征统计结果显示: 高富锰地层主要形成于 3 个地质时期: 震旦纪、寒武纪和白垩纪; 震旦系和寒武系的富锰地层主要分布在建平、建

昌、朝阳、凌源、喀左、兴城、锦西和铁岭一带, 形成环境为浅海—滨海。高富锰岩层厚度大于 50 m 以上的有串岭沟组石英砂岩层和铁岭组富锰白云岩层, 为理想的沉积型锰矿形成层位。高富锰岩层厚度在 10~100 m 之间有高于庄组富锰细砂岩层、大红峪组白云岩层和洪水庄组含锰白云质灰岩层, 因其厚度不稳定, 形成大型沉积型锰矿可能性不大, 是理想的热液型锰矿的矿源层。白垩纪形成的富锰页岩厚度为 100 m 左右, 主要分布在辽东和辽南地区, 为湖泊沉积相<sup>[4]</sup>, 其富锰页岩中的锰元素平均含量高于  $4 \times 10^{-3}$ 。据以上统计数据, 可把白垩系页岩分布的辽东和辽南地区列为辽宁省锰矿重点找矿远景区之一。

3 辽宁省锰矿床基本特征

辽宁省现有锰矿床 13 个 (见表 5)<sup>①</sup>, 其中 11 个矿床分布在锦西、朝阳以西的辽宁西部地区, 有 2 个分布在辽东凤城县境内。矿床成因类型可归纳为火山热液成因、浅海沉积成因和风化残留成因 3 种, 火山热液成因锰矿床数量较多, 浅海沉积锰矿床和风化残留锰矿床较少。不同成因锰矿中锰元素品位有明显差异, 一般来说火山热液型矿床中锰元素品位较高, 在 30% 左右, 浅海沉积型矿床锰矿品位中等, 在 25% 左右, 风化残留型矿床锰矿品位较低, 在 15% 左右<sup>①</sup>。

辽宁省境内火山热液型锰矿的矿源层辽西地区为寒武系和震旦系石灰岩, 辽东地区为侏罗系灰岩, 伴生岩浆岩为花岗岩, 矿石矿物以硬锰矿、软锰矿和菱锰矿

表 5 辽宁省有开采价值锰矿基本特征  
Table 5 Characteristics of significant manganese deposits in Liaoning Province

| 锰矿     | 产地 | 矿床类型 | 锰储量/kt | 锰品位/% | 矿源层      | 岩浆岩 | 矿石矿物        |
|--------|----|------|--------|-------|----------|-----|-------------|
| 柴家屯锰矿  | 锦西 | 火山热液 | 13     | 26.4  | 震旦石灰岩    | 花岗岩 | 硬锰矿、软锰矿、菱锰矿 |
| 兰家屯锰矿  | 锦西 | 火山热液 | 46     | 40.0  | 寒武石灰岩    | 花岗岩 | 硬、软、菱、水锰矿   |
| 高桥锰矿   | 锦西 | 火山热液 | 5      | 31.7  | 寒武石灰岩    | 花岗岩 | 硬锰矿、软锰矿     |
| 华坤营子锰矿 | 朝阳 | 火山热液 | 14     | 12.8  | 震旦石灰岩    | 花岗岩 | 黑幼锰矿、软锰矿    |
| 小黄旗锰矿  | 凤城 | 火山热液 | 1      | 20.8  | 侏罗系灰岩    | 花岗岩 | 硬锰矿、软锰矿     |
| 大黑山锰矿  | 建昌 | 火山热液 | 10     | 31.5  | 寒武石灰岩    | 花岗岩 | 硬锰矿、软锰矿、菱锰矿 |
| 江家屯锰矿  | 锦西 | 火山热液 | 6      | 28.6  | 震旦石灰岩    | 花岗岩 | 硬锰矿、软锰矿、菱锰矿 |
| 黑松林锰矿  | 锦西 | 火山热液 | 8      | 42.0  | 寒武石灰岩    | 花岗岩 | 硬锰矿、软锰矿、菱锰矿 |
| 瓦房子锰矿  | 朝阳 | 浅海沉积 | 20790  | 20.0  | 震旦石灰岩    |     | 软、硬、水、黑、菱锰矿 |
| 桃花池锰矿  | 喀左 | 浅海沉积 | 1500   | 25.0  | 寒武石灰岩    |     | 软锰矿、含锰赤铁矿   |
| 高杖子锰矿  | 凌源 | 风化残留 | 700    | 8.5   | 寒武震旦不整合面 |     | 菱锰矿、氧化锰     |
| 于家沟锰矿  | 凤城 | 火山热液 | 316    | 9.0   | 侏罗系灰岩    | 花岗岩 | 软锰矿、硬锰矿     |
| 榆树林锰矿  | 建昌 | 风化残留 | 220    | 15.0  | 震旦锰板岩    |     | 软锰矿、菱锰矿、氧化锰 |

引自《辽宁省地质与矿产概况》。

①辽宁省地质局. 辽宁省地质与矿产概况. 1976.



为主。瓦房子浅海沉积型锰矿的矿源层为震旦系含锰石灰岩层,桃花池锰矿矿源层为寒武系含锰石灰岩,矿石矿物有软锰矿、硬锰矿、水锰矿、黑锰矿和菱锰矿。风化残留型锰矿分布在震旦系和寒武系的不整合面中,矿石矿物以软锰矿和硬锰矿为主。

辽宁省锰矿分布的地质地理位置、成因类型、锰储量、锰品位和矿源层等特征资料分析结果显示:(1)火山热液型锰矿可在朝阳和锦西以西地区寻找,其矿源层为寒武系和震旦系的石灰岩,成矿热液为酸性岩浆岩提供,锰品位很高,但矿产规模小。(2)浅海沉积型锰矿规模较大,品位在  $20 \times 10^{-2}$  以上,构成理想的锰矿战略基地(如已开采利用的朝阳瓦房子锰矿和喀左桃花池锰矿)在类似的构造环境和岩层中(如凌源、建昌一带),寻找大型锰矿床是值得尝试的。(3)风化残留锰矿规模较大,但锰矿品位较低,只有在热液作用叠加时,才可能形成品位较高的锰矿。

#### 4 结语

通过对辽宁省不同构造单元地质体、不同时代岩

层、不同岩石类型锰元素和锰矿分布特征分析,初步得出以下几点认识:

(1) 铁岭组含锰灰岩岩层为沉积锰矿找矿的重要标志,其分布的辽西地区可划为辽宁省境内大型浅海沉积锰矿找矿远景区。

(2) 辽东、辽南白垩系富锰页岩分布的地区有望找到中到大型河湖相沉积锰矿床,这在辽宁省境内寻找锰矿提供了一个新的方向。

(3) 火山热液锰矿可在朝阳、锦西以西地区寻找,其矿源层为串岭沟组石英砂岩、高峪庄组含锰细砂岩和大红峪组、铁岭组、洪水庄组富锰碳酸盐岩,其成矿热液为酸性岩浆提供。

#### 参考文献:

- [1] 贺同兴,卢良兆,李树勋,等. 变质岩岩石学 [M]. 北京:地质出版社, 1980: 105—190.
- [2] 何镜宇,余素玉. 沉积岩石学 [M]. 北京:地质出版社, 1983: 183—304.
- [3] 阮天健,朱有光. 地球化学找矿 [M]. 北京:地质出版社, 1985: 13—69.
- [4] 辽宁省地质矿产局. 辽宁省区域地质志 [M]. 北京:地质出版社, 1989: 664—728.
- [5] 刘敦一,万渝生,伍家善,等. 华北克拉通太古宙地壳演化和最古老的岩石 [J]. 地质通报, 2007, 26 (9): 1131—1138.
- [6] 李志红,朱祥坤,唐索寒. 鞍山—本溪地区条带状铁建造的铁同位素与稀土元素特征及其对成矿物质来源的指示 [J]. 岩石矿物学杂志, 2008, 27 (4): 285—290.
- [7] 周红英,刘敦一,万渝生,等. 鞍山地区 3.3 Ga 岩浆热事件——SHRIMP 年代学和地球化学新证据 [J]. 岩石矿物学杂志, 2007, 26 (2): 123—129.
- [8] 黎爱国,王艳平,刘伟. “鞍山式”富铁矿的成因 [J]. 辽宁科技大学学报, 2008, 31 (5): 462—464.
- [9] 张. 西鞍山铁矿典型矿床研究及“鞍山式”铁矿深部预测 [D]. 长春:吉林大学, 2009.
- [10] 周红英. 鞍山地区东山杂岩太古宙早期地质演化——SHRIMP 年代学及 Nd、Hf 同位素制约 [D]. 北京:中国地质大学, 2007.
- [11] 曾庆理,刘庆生,邱宁. 中国大陆科学钻探主孔高铁钛榴辉岩的磁性岩石学 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2009, 34 (6): 993—1000.
- [12] 付海涛,王恩德,刘忠元,等. 辽宁鞍山一代第四系覆盖区航磁异常的找矿意义 [J]. 物探与化探, 2006, 30 (3): 199—202.
- [13] 张红涛. EH4 在本溪大台沟地区隐伏铁矿探测的研究 [D]. 沈阳:东北大学, 2008.
- [14] 王志宏,郑娇. 大台沟铁矿的成因及找矿标志 [J]. 辽宁科技大学学报, 2010, 33 (4): 353—355.
- [15] 庞宏伟,洪秀伟,李尔峰,等. EH4 方法在辽宁本溪大台沟铁矿勘查中的应用 [J]. 山东国土资源, 2011, 27 (7): 17—21.

(上接第 351 页 / Continued from Page 351)