

文章编号 10258-7106 (2009) 06-0815-15

北山内蒙古地区铁矿成矿特征及其找矿前景^{*}

孟贵祥, 吕庆田, 严加永, 王 勇, 杨岳清, 赵金花

(中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

摘 要 北山地区是中国一个重要的成矿区, 内蒙古西部是该成矿区的一部分, 其中矿产资源丰富。目前已发现的矿种中, 以铁矿规模最大、类型最复杂、矿点最多, 但由于地表条件较差, 其工作程度均较低。作者对该区铁矿资源的成矿规律、潜力评价等方面开展了大量工作, 首次将该区铁矿床划分为 6 大类型, 并对每类铁矿床的成矿特征、成矿环境等进行了较详细的研究。从地质历史发展角度, 对各个时期铁矿床的形成背景、成矿条件等做了深入分析, 指出了北山内蒙古地区铁矿的找矿方向, 这对该区今后找矿工作具有指导意义。

关键词 地质学 铁矿类型 成矿特征 找矿前景 北山地区 内蒙古

中图分类号: P618.31

文献标志码: A

Iron metallogenic characteristics and prospecting potential of Beishan area, Inner Mongolia

MENG GuiXiang, LÜ QingTian, YAN JiaYong, WANG Yong, YANG YueQing and ZHAO JinHua
(Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract

As a part of Beishan area, an important metallogenic area in China, western Inner Mongolia has abundant mineral resources. Of all the mineral species discovered in this area, iron is the largest in scale, the most complex in metallogenic type, and the most numerous in number of ore spots. Because of the poor outer conditions, geological work has been rather insufficient. Based on a lot of research work on metallogenic regularity and potential evaluation of iron ore resources, the authors divided the iron ore deposits into six types and made detailed investigations into the ore-forming characteristics and metallogenic environment of each type. From the angle of geological history and development, the authors deeply analyzed the iron metallogenic environment and conditions of each epoch and, on such a basis, pointed out the orientation of iron ore prospecting in Beishan area of Inner Mongolia. The work done by the authors has an important guiding significance for future prospecting work in this area.

Key words: geology, iron ore type, metallogenic characteristic, prospecting potential, Beishan area, Inner Mongolia

甘肃北部、新疆东南部和内蒙古西部交界处的北山地区是中国十分重要的一个成矿潜在区, 经地质工作者数十年的辛勤劳动, 已在其中发现各类矿

床(点)达 500 余处, 已探明一定储量的矿床就有 90 余个。对各类矿产的研究, 前人着重于对区域矿产的综述, 或对单一矿床成矿特征的论述(西安地质矿

^{*} 本文得到‘十一五’国家科技支撑计划项目(2006BAB01A09)的资助

第一作者简介 孟贵祥, 男, 1968 年生, 博士, 副研究员, 主要从事金属矿产地球物理和地质勘查研究工作。Email: mgxlw@126.com

收稿日期 2009-09-17; 改回日期 2009-10-14。李 岩编辑。

产研究所,2006 聂凤军等,2002 左国朝等,1990 赵光仁等,1975),但对某一矿产的矿床类型、成因、区域成矿规律及成矿前景的论述却不多。铁矿是北山地区十分重要的矿产,区内共产有 50 余处,它们大部分分布在内蒙古境内(图 1),其成矿类型复杂,各类型之间具有差异较大的成矿环境和成矿条件,在已了解到的各个地质历史时期内,几乎均有铁矿的形成,这反映了该区地幔至地壳中不仅具有丰富的铁质,而且在不同的地质历史时期,均有较好的成矿环境和成矿条件。本文是笔者在近年工作的基础上,首次对北山内蒙古境内的铁矿所做的较全面的论述,以

期推动对该地区各类矿产的深入研究和找矿工作。

1 成矿地质背景

北山地区的大地构造位置处于哈萨克斯坦板块和塔里木板块的交汇处,出露的地层及构造行迹表明,该区经历了漫长而复杂的地质历史。

目前对前寒武纪时期的地质构造特征研究还较薄弱,初步认为,到新元古代晚期,全区在晋宁运动基础上已构成了一个统一的陆块(左国朝等,1990; 1996 2003)。

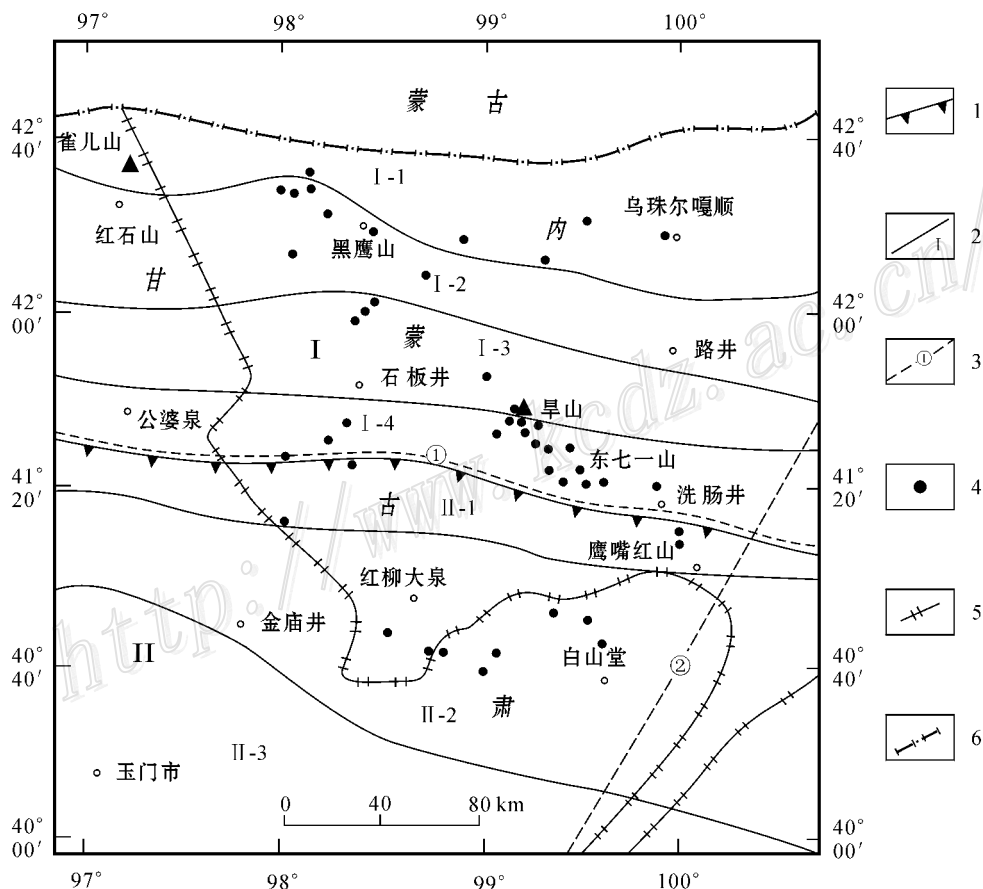


图 1 北山内蒙古地区构造单元划分和铁矿分布示意图(构造单元划分依据杨合群等,2008)

1—板块缝合线;2—构造单元界线及编号;3—边界断裂及编号(①牛圈子-洗肠井断裂;②黑河断裂);4—铁矿(床)点;5—省界;6—国界;哈萨克斯坦板块:I-1—雀儿山-狐狸山早古生代活动陆缘带;I-2—红石山-路井晚古生代陆内裂谷带;I-3—石板井-旱山地块;I-4—公婆泉-东七一山早古生代活动陆缘带;塔里木-华北板块:II-1—鹰嘴红山早古生代被动陆缘带;II-2—音凹峡-白山堂晚古生代陆内裂谷带;II-3—玉门(敦煌)地块

Fig. 1 Sketch map of structural unit and distribution of iron ore deposits in Beishan area, Inner Mongolia

1—Plate suture line;2—Boundary of structural unit;3—Bordering fault and its serial number:(① Niujuanzi-Xichangjing fault;② Heihe fault);4—Iron deposit (ore spot);5—Provincial boundaries;6—National boundaries;Kazakhstan plate:I-1—Early Palaeozoic Queershan-Hulishan active continental margin;I-2—Late Paleozoic Hongshishan-Lujing rift zone;I-3—Shibanjing-Hanshan block;I-4—Early Paleozoic Gongpoquan-Dongqiyishan active continental margin;Tarim-North China plate:II-1—Early Paleozoic Yingzuihongshan passive continental margin;II-2—Late Paleozoic Yin 'aoxia-Baishantang rift zone;II-3—Yumen (Dunhuang) block

从早古生代开始,本区在前震旦纪统一的古陆壳基础上发生裂解,特别是在牛圈子—洗肠井一带发生拉张,其北部构成哈萨克斯坦板块的一部分,南部构成塔里木—华北板块的一部分(杨合群等,2008)。泥盆纪开始,哈萨克斯坦板块和塔里木—华北板块又发生碰撞、造山,再次构成统一大陆。

从早石炭世开始,北山统一大陆在数处发生强烈裂解扩张形成火山岩发育的裂谷带,在北部形成了石炭纪双峰式火山岩发育的红石山—路井陆内裂谷带,在南部形成了石炭纪—二叠纪火山岩发育的白山堂陆内裂谷带(杨合群等,2008),同时沿不同构造单元接触带出现碰撞造山作用。到二叠纪末,北山地区再次形成了统一的大陆(左国超,2003;何世平等,2002,2005),也基本上奠定了北山地区的地壳格架(图1)(杨合群等,2008)。区域构造主体为近东西向,与区域构造平行分布的大断裂多是不同地质单元的分界线,在这些断裂带上磁异常发育,正负磁异常相间分布。

北部的哈萨克斯坦板块可分出4个次一级构造单元,最北部的雀儿山—狐狸山早古生代活动陆缘带(I-1)以发育志留纪和泥盆纪岛弧火山岩为特征,在一些地段叠加有石炭纪裂谷火山岩。在该陆缘带内铁矿数量相对较少,以发育与次火山岩有关的斑岩铜矿为特征。红石山—路井晚古生带陆内裂谷带(I-2)中广泛发育石炭纪火山岩,其中形成了北山内蒙古地区最大的黑鹰山铁矿,同时在裂谷带内的超镁铁质—镁铁质岩体中有钒钛磁铁矿分布。石板井—旱山地块(I-3)中主要发育元古界和古生界变质岩系,其中古陆壳的重熔花岗岩发育,与之伴生的不仅有接触交代型铁矿,同时还发育有钨、锡等多金属矿产。公婆泉—东七一山早古生带活动陆缘带(I-4)以早古生代浅变质岩系为主体,其中广泛发育奥陶纪蛇绿岩和海西期侵入岩,与之有关的铁矿十分发育,但单一矿体的规模相对较小,此外,多金属矿产分布也很广泛。

南部的塔里木—华北板块可划分出3个次一级构造单元,鹰嘴红山早古生代被动陆缘带(II-1)中以发育前寒武纪和寒武纪浅变质岩系为特征,铁矿分布相对较少,但与加里东—海西花岗岩有关的有色金属矿产在近几年有较多发现。音凹峡—白山堂晚古生代陆内裂谷带(II-2)内出露有前寒武纪褶皱岩系,说明它是发育于古老地块上的裂谷系,其中

在甘肃境内铁矿发育,这也为北山内蒙古地区找矿开阔了思路。玉门(敦煌)地块(II-3)主要由敦煌杂岩构成,在内蒙古境内分布极少。

总体看,在北山内蒙古地区各构造单元中几乎都有铁矿的分布,但其类型和成矿特征各有不同,这为本区铁矿的寻找指出了更广阔的方向。

2 铁矿床类型

北山内蒙古地区的铁矿床总体可划分出6大类型(表1),不同类型的铁矿床具有差异较大的成矿特征和形成环境。

2.1 火山喷流沉积—改造型铁矿

该类铁矿主要发育在红石山—路井晚古生代陆内裂谷带内,南北两侧为近EW走向的深大断裂。区内次一级的构造形迹主要是NWW向或近EW向的褶皱和冲断层,后者具有强烈挤压性质,并有向南东撒开、向北西收敛的特征。区内晚古生代地层分布广泛,其中下石炭统白山组出露面积最大,该组下部主要为砂板岩,上部发育中酸性火山岩,其上被上侏罗统粘土岩和砂岩不整合覆盖,区域西南部大面积分布着海西期花岗岩。在长约30 km,宽6 km的矿带中,已发现矿床(点)6处,矿体均产出在下石炭统白山组火山岩系中,矿体和围岩产状一致,但由于受后期构造的强烈挤压与扭动作用,致使矿体形态变得较复杂,空间上多数不连续,但大致呈雁行排列。

海西期花岗岩和石英闪长岩的侵入对东北侧的铁矿造成强烈改造。

在该带的诸多矿床(点)中,以黑鹰山矿床规模最大(宋学信,1989),该矿床已开采数十年,其火山喷流—改造特征也最有代表性。现以黑鹰山矿床为例,简述其特征。

黑鹰山铁矿处于NW向的百合山—哈珠南山铁矿带的中部,赋矿围岩下石炭统白山组主要由英安—流纹岩、凝灰岩及次生石英岩等组成。

矿区构造形态主要为一倒转背向斜,轴向NW—SE或近EW向,一般倾向SW,倾角50~70°,延伸长度在800~1400 m,具向NW端翘起,向SE侧伏的特点,但其形态大部分被花岗岩侵入所破坏。断裂构造主要有2组,即NNW向扭性断裂和NWW向压性断裂。其中,由NWW向构造派生的NW向次一级构造在矿区最为发育(赵光仁等,1975)。

表 1 北山内蒙古地区铁矿床类型①
Table 1 Iron deposit types of Beishan area, Inner Mongolia

铁矿床类型	产出环境	赋矿围岩	矿体特征	与侵入岩关系	主要铁矿物	围岩蚀变	成矿时代	规模/品位($w_{Fe}/\%$)	代表性矿床
火山喷流沉积-改造型	陆壳伸展活动阶段的裂谷-微洋盆	下石炭统酸性火山岩系	扁豆体、透镜体、似层状,和围岩产状基本一致	部分矿段受海西期花岗岩侵入作用的改造	赤铁矿、假象赤铁矿、磁铁矿	绿泥石化、硅化、碳酸盐化、磁铁矿化、黄铁矿化	石炭纪早期	中型/52.87%	黑鹰山、碧玉山、百合山
接触交代型	晚古生代裂谷和隆起褶皱带	中元古代、震旦纪、奥陶纪、志留纪、石炭纪等时代的碳酸盐岩	主要以不规则状分布在中、酸性侵入岩和碳酸盐岩的接触带中	中酸性侵入岩是成矿的必要条件	磁铁矿、赤铁矿、钛磁铁矿、黄铁矿	砂卡岩化、阳起石化、碳酸盐化、黄铁矿化、黄铜矿化和角闪化	石炭纪为主,二叠纪少量	小型/40%~50%	梭梭井、小黑山、乌珠尔嘎顺、斜山、蒲珠泉
沉积-变质型	前寒武纪陆壳和晚古生代造山环境	中元古代、石炭纪、二叠纪的变质火山岩、砂岩、石英岩、片岩等	层状似层状、透镜状,和围岩产状一致	和侵入岩关系不大,但有时也受后期侵入岩改造	赤铁矿、镜铁矿(假象赤铁矿)、磁铁矿	硅化、云母化	中元古代、晚古生代	多数为矿点,品位多分布在30%~40%	681铁矿、旱山南铁矿、饮水井西
岩浆晚期熔离型	晚古生代裂谷和隆起褶皱带	辉长岩及辉石岩	透镜状、脉状、扁豆状,和围岩关系清楚-渐变	既是围岩也是成矿母岩	磁铁矿、钛磁铁矿	绿泥石化、角闪石化	早古生代	小型/50%左右	724铁矿
热液脉型	晚古生代裂谷和隆起褶皱带	早古生代大理岩、绢云石英片岩、石英岩、含铁角砾岩	脉状、透镜状、鸡窝状,和围岩关系清楚	矿体分布在海西期中酸性侵入岩外接触带数百米范围内	磁铁矿、赤铁矿、镜铁矿、褐铁矿	碳酸岩化、铁矿化、硅化、绢云母化、绿泥石化	晚古生代-中生代	小型/40%~50%	小黑山、旱山、1200、677、683、嘎顺布拉格
沉积型	隆起褶皱带	中上志留统砂板岩和上侏罗统砂岩、粉砂质泥岩	似层状,和围岩产状一致	与侵入岩关系不大	赤铁矿、镜铁矿、菱铁矿、褐铁矿	绢云母化、绿泥石化、赤铁矿化	中晚志留世和侏罗纪	小型/40%左右	东七一山东、哈珠东山

① 甘肃省地质局, 1977. 中华人民共和国区域地质测量报告, 1:200000 黑鹰山幅(矿产部分). 内部资料.
甘肃省地质局, 1977. 中华人民共和国区域地质测量报告, 1:200000 五道明幅(矿产部分). 内部资料.
甘肃省地质局, 1979. 中华人民共和国区域地质测量报告, 1:200000 六棱山幅(矿产部分). 内部资料.
甘肃省地质局, 1979. 中华人民共和国区域地质测量报告, 1:200000 路井幅(矿产部分). 内部资料.

矿区内侵入岩分布广泛,岩石类型较多,其中最发育的是花岗岩和花岗闪长岩,其次是各种酸性脉岩,它们的活动对早期形成的铁矿体形态及物质成分的变化有重要影响。

出露地表的矿体大小有 200 余个,盲矿体 15 个。根据矿体产出的自然位置,可将其划分成 5 个矿段(图 2),其中,Ⅱ、Ⅲ矿段是黑鹰山铁矿床的主体,其金属量约占整个矿床已探明储量的 $\frac{2}{3}$ 。矿体

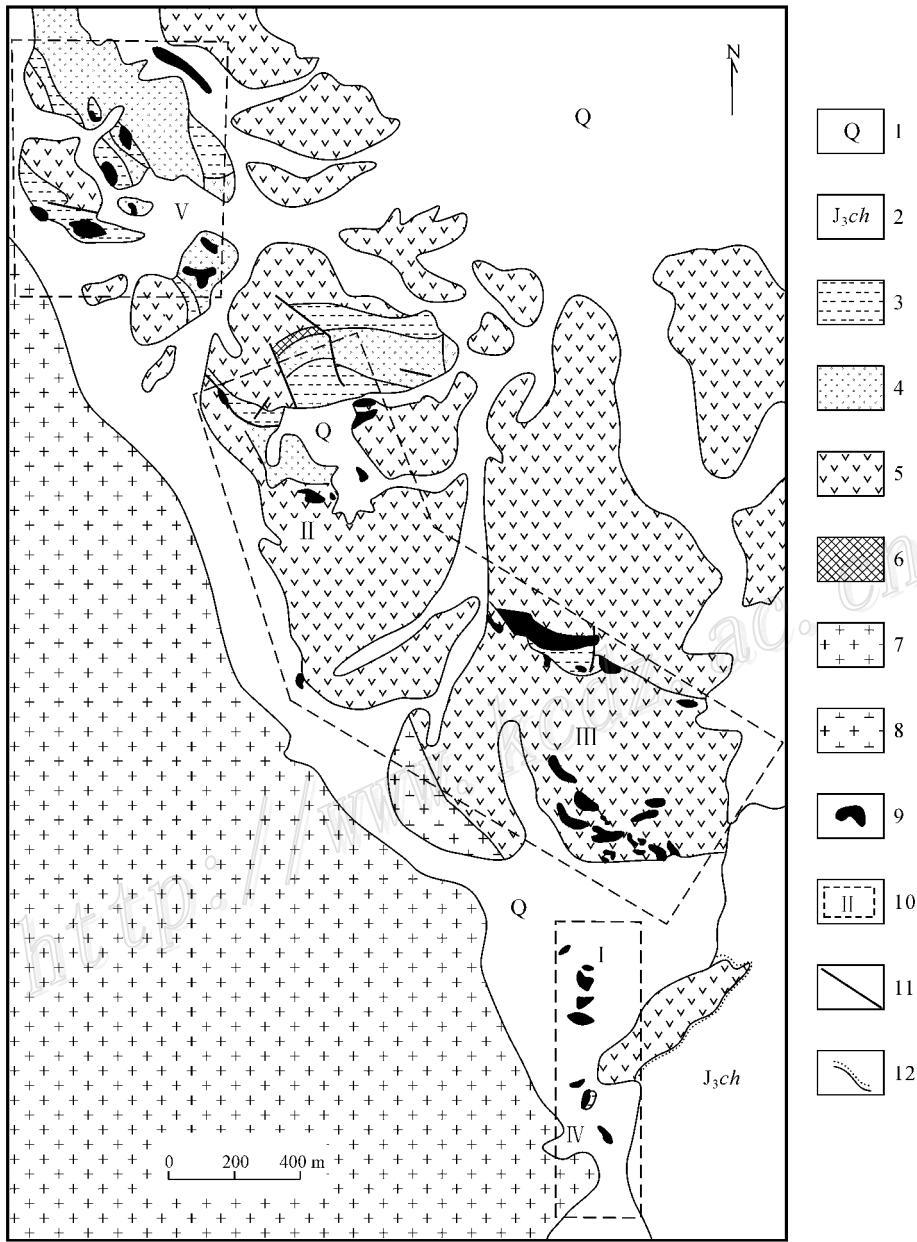


图 2 黑鹰山铁矿地质略图(据甘肃省地质局^①修编)

1—第四系;2—上侏罗统粘土岩及砂岩;3—下石炭统白山组凝灰岩;4—下石炭统白山组次生石英岩;5—下石炭统白山组中酸性火山熔岩;6—下石炭统白山组赤铁矿化碧玉岩;7—海西期花岗岩;8—花岗闪长岩;9—铁矿体;10—矿段位置及编号;11—断层;12—不整合界线

Fig. 2 Geological sketch map of the Heiyingshan iron ore district

1—Quaternary;2—Upper Jurassic argillite and sandstone;3—Tuff of Lower Jurassic Baishan Formation;4—Secondary quartzite of Lower Carboniferous Baishan Formation;5—Intermediate—acid volcanic lava of Lower Carboniferous Baishan Formation;6—Hematitized jasperite of Lower Carboniferous Baishan Formation;7—Hercynian granite;8—Granodiorite;9—Iron ore body;10—Location and serial number of ore block;11—Fault;12—Unconformity

① 甘肃省地质局. 1977. 中华人民共和国区域地质测量报告,1:200000 黑鹰山幅(矿产部分). 内部资料.

一般长数米至百余米,厚数米至数十米,延伸大于 100 m。矿体形态多为透镜状、扁豆状、囊状等。其原始形态与上、下盘围岩产状一致或呈过渡关系,根据矿石成分、产出特征及围岩岩性等因素,矿体可分成 2 大类型。

(1) 块状铁矿体。以Ⅲ号矿段矿体最有代表性,矿体产于中酸性火山岩内,上盘多为英安岩类,下盘以发育流纹岩类为特征,其形态以似层状和透镜状为主(图 3),矿体和上下盘围岩基本为整合关系,矿体中的脉石主要为安山质含铁凝灰岩,多呈透镜体状产出,厚数厘米到数米。矿石中铁矿物为磁赤铁矿、假象赤铁矿及磁铁矿;脉石矿物以石英最多,其次是斜长石、绿泥石等。矿石中普遍分布有黄铁矿、石英细脉,磁铁矿常有交代假象赤铁矿特征。根据西北地质勘查局五队^①对Ⅲ号矿体的勘探工作,构成块状铁矿体矿石的主要化学成分 $\{w(B)\}$ 是: Fe_2O_3 69.89% ~ 89.63%; FeO 0.74% ~ 3.07%; SiO_2 2.61% ~ 12.89%; Al_2O_3 0.67% ~ 1.30%; TiO_2 0.10% ~ 2.18%; CaO 2.97% ~ 4.61%; MgO 0.16% ~ 1.07%; MnO 0.026% ~ 0.19%; $K_2O + Na_2O$ 0.019% ~ 0.276%。硫、磷分布不均,在有些地段明显超过工业要求,它们的高含量和后期热液活动关系十分密切,但总体低于工业要求下限。

(2) 硅质-凝灰岩型铁矿体。在黑鹰山铁矿床中分布最广,矿体的上盘大部分为赤铁矿化碧玉岩,下

盘为流纹质凝灰岩。矿体总体呈似层状、云团状产出,而且与下伏火山岩常呈过渡关系,它们多分布于块状铁矿体的外围,但也常常构成独立矿体。铁矿物主要是微细粒假象赤铁矿,磁赤铁矿,呈不规则云团状散布在凝灰岩及硅质岩中,矿石中常有晚期磁铁矿细脉和浸染状黄铁矿分布,这类矿石的品位普遍低于块状矿石, $w(Fe_2O_3)$ 32.00% ~ 58.4%, $w(FeO)$ 0.02% ~ 17.55%, $w(SiO_2)$ 较高,一般在 30% ~ 65%, $w(Al_2O_3)$ 4.92% ~ 18.77% (杨敏之,2003)。

此外,在上述 2 种矿体形成后,由于受海西期花岗岩类侵入的影响,在白山组碳酸盐岩透镜体附近形成矽卡岩型铁矿体,矽卡岩主要由石榴子石、透辉石等矿物组成,矿石中硫化物含量明显高于前 2 类,有时还发育铜等矿化, w_{Cu} 0.31%, w_{Co} 0.0054%, w_{Ni} 0.0036%,矿石中磁铁矿明显占优势。另外,在流纹质火山岩系中有时还发育有钾长石-石英-磁铁矿脉、石英-磁铁矿脉、石英-磷灰石-磁铁矿脉,这些脉状矿体常穿入到块状矿体和硅质凝灰岩型矿体中,但其数量大大低于前 2 类矿体。

围岩蚀变普遍发育,但不同类型的矿体(石)有所不同。块状矿体的围岩蚀变主要是绿泥石化、硅化、磷灰石化及黄铁矿化。硅质-凝灰岩型矿体最发育的围岩蚀变是硅化、碳酸盐化及绿帘石化,有时也发育黄铁矿化。矽卡岩型矿体较突出的是次闪石化、硫化物化。脉状矿体的围岩蚀变带虽不宽,但随围岩而异,其类型也较多。蚀变作用是寻找隐伏矿

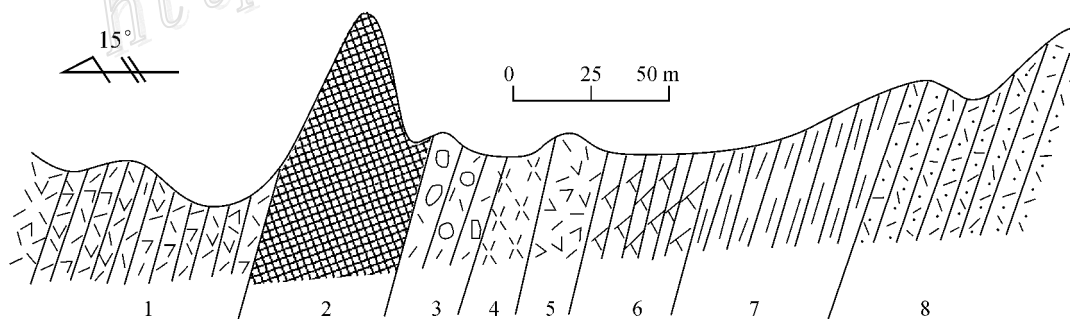


图 3 黑鹰山铁矿床Ⅲ号矿段地质剖面图(据杨敏之修编,2003)

1—粗面英安岩;2—磁铁矿-赤铁矿矿体;3—蚀变流纹岩;4—斜长流纹岩;5—钠长流纹岩;6—粗面安山岩;7—硅质岩;8—流纹岩

Fig. 3 Geological cross-section map of No. 3 block of Heiyingshan iron deposit(modified after Yang, 2003)

1—Trachydacite;2—Magnetite-hematite ore body;3—Altered rhyolite;4—plagioclase rhyolite;5—Albite rhyolite;6—Trachyan desite;7—Siliceous rock;8—Rhyolite

① 西北地质勘查局五队. 1999. 内蒙古自治区额古自治区额济纳旗黑鹰山铁矿Ⅲ号矿段矿床地质勘探报告. 内部资料.

体的重要标志之一。

对该矿床的普查、勘探及成因研究已进行了数十年,但对其成因仍存在争议。笔者认为,在矿床成因探讨中,矿体的产状及与围岩的关系乃是其形成过程的最真实写照。

黑鹰山矿床具有如下特征:① 2类矿体具明显的层控特征,即矿体仅产出在白山组上段的中酸性火山岩系中。② 铁矿体在火山岩中主要呈层状、透镜状产出,产状和火山岩地层产状一致,而且硅质凝灰岩型铁矿体与下伏安山质含铁凝灰岩常呈渐变过渡关系。③ 矿体上部的凝灰岩中有不连续的赤铁碧玉岩分布,在这些呈层状产出的碧玉岩中有蠕虫状、小透镜状产出的赤铁矿,这是海底火山活动中含铁质矿浆喷溢的一个较明显特征。④ 在硅质凝灰岩型矿体中,层纹状、条带状构造发育,其中铁矿物的分布与凝灰岩的层理一致,而且可见凝灰岩与铁矿物集合体呈互层关系。⑤ 矿石成分较简单,主要由假象赤铁矿、磁铁矿及石英、髓石等组成。

以上特征表明,铁的成矿作用实际上是海底火山活动的一个重要组成部分,即在火山喷溢和喷发过程的间歇期,深部富铁矿浆沿其火山物质活动通道喷流上涌,与其前后喷溢、喷发到海底的火山岩共同组成了这个时期的海底产物。

古生代晚期,伴随区内地壳褶皱隆起的大规模发生,岩浆侵入活动也在该区强烈发育起来,在黑鹰山铁矿带南侧形成广泛的花岗岩、闪长岩、花岗斑岩、辉绿岩等岩基、岩株和岩脉。在构造-岩浆活动中使其附近早已沉积形成的铁矿体受到不同程度的改造,主要体现在如下方面:① 矿体的形态复杂,矿层中晚期断裂很发育,不仅矿体的产状发生了变化,同时层状及透镜状矿体也常发生错位或丢失。② 矿体中常常叠加有脉状及不规则的磁铁矿体,黄铁矿不仅呈脉状穿切层状、透镜状铁矿体,同时还常呈浸染状、不规则团块状分布在铁矿体中。此外,花岗质岩浆活动带来的热能和铁质也使原来的矿层加富,还将沉积形成的赤铁矿、假象赤铁矿转变成磁赤铁矿和磁铁矿。更重要的是在与白山组中的碳酸盐岩层接触部位,形成了矽卡岩型磁铁矿富矿体。③ 矿石及围岩中的交代蚀变作用广泛发育,种类较多,在热液活动叠加形成的磁铁矿体中凝灰岩、赤铁碧玉岩之交代残留体常见及。此外,多期次磁铁矿细脉相互穿插,也反映了富铁热液活动的多期性。

根据以上特征,笔者将黑鹰山铁矿的成因类型

定为火山喷流沉积-改造型。其成矿过程可表述为:从泥盆纪末至早石炭世开始,北山统一大陆产生分裂活动,在北部形成了一条近EW向的石炭纪双峰式火山岩发育的红石山—路井陆内裂谷带,伴随裂谷带的扩张,除了在裂谷中产生了大量和快速的沉积作用外,还在一些地区(包括黑鹰山一带)发生了强烈的火山喷溢和喷发,形成了一套巨厚的中酸性夹中基性火山岩,厚度达4000余米。其铁质就是在这样一个特殊的环境中从下地壳和地幔伴随火山岩浆活动被带到深海底,在火山岩系中形成了黑鹰山式火山-喷流型铁矿,在其后的大规模构造及中酸性岩浆侵入活动中,除了形成碧玉山—甜水井接触交代式铁矿外,还对先期形成的火山-喷流沉积铁矿进行了改造。

这类铁矿的矿床成矿模式可用图4概括表达。

关于成矿物质来源,聂凤军等(2005)曾对矿石中的磷灰石进行了Sm-Nd同位素研究,其同位素等时线年龄为 (322 ± 4.3) Ma,进一步证实了黑鹰山铁矿是早石炭世时期火山喷溢-喷发过程中的产物。6件磷灰石样品的 $\epsilon\text{Nd}(t)$ 值变化在1.65~1.67,平均值1.66,与铁矿体围岩英安岩的 $\epsilon\text{Nd}(t)$ 值(1.45~2.75)接近(聂凤军等,2005)。

2.2 接触交代型铁矿

就其矿床(点)数量而言,这类铁矿在北山内蒙古地区最多,这主要是由于区内形成这类铁矿的2大要素——碳酸盐岩地层和中酸性侵入岩分布均非常广泛,含碳酸盐岩的地层包括元古界、早古生界、晚古生界,甚至中生界地层中也有,在受到后期中-酸性岩浆的侵入时,在适当的构造环境中均可发育成接触交代型铁矿。例如,在中元古长城系白湖群的黄山沉积变质铁矿带产出有接触交代铁矿体,梭梭井接触交代型铁矿就产在上元古界青白口系大豁落山群的碳酸盐岩中,黑条山接触交代型铁矿产在上奥陶统白云山组下段的大理岩中,涌珠泉接触交代型铁矿产在中-上志留统公婆泉群中的大理岩接触带附近,下勒陶来接触交代型铁矿产在下石炭统绿条山组的大理岩接触带附近。但不论何时代的碳酸盐岩地层,目前发现的这类铁矿基本均形成在海西期。这说明海西期的中-酸性岩浆侵入活动,对区内该类铁矿的形成起到了至关重要的作用。从空间位置看,这类花岗岩主要发育于大陆边缘或造山带等挤压构造环境中,亦即产在晚古生代区内陆块碰撞造山、挤压隆升成陆的环境中。现以较典型的梭

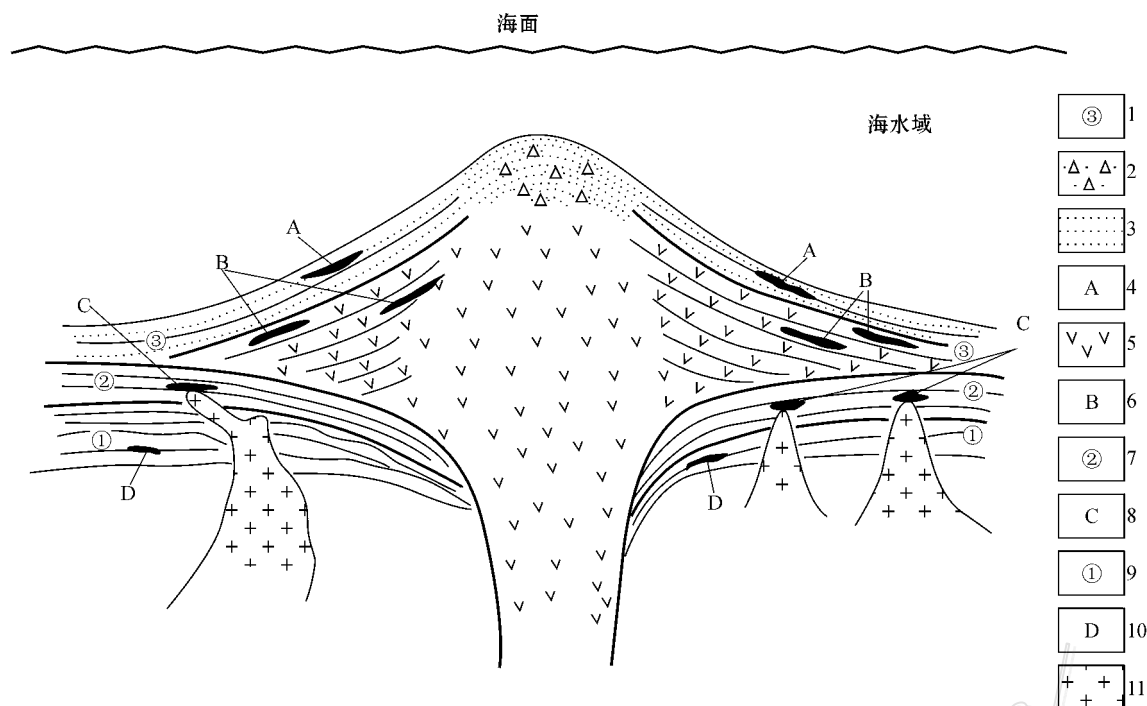


图 4 黑鹰山铁矿床形成模式图

1—下石炭统白山组火山岩段；2—火山角砾岩；3—凝灰质火山岩；4—硅质凝灰岩型铁矿体；5—中酸性火山熔岩；6—块状铁矿体；7—下石炭统白山组砂板岩段；8—矽卡岩型铁矿体；9—下石炭统绿条山组；10—沉积铁矿体；11—海西期花岗岩类

Fig. 4 Metallogenic model of the Heiyingshan iron deposit

1—Volcanic rock section of Lower Carboniferous Baishan Formation; 2—Volcanic breccia in volcanic rock section; 3—Tuffaceous volcanic rocks in volcanic rock section; 4—Iron ore body of siliceous tuff type in tuffaceous volcanic rocks; 5—Intermediate-acid volcanic lava in volcanic rock section; 6—Massive iron ore body in intermediate-acid volcanic lava; 7—Sandy slate section in Lower Carboniferous Baishan Formation; 8—Iron ore body of skarn type in sandy slate section; 9—Lower Carboniferous Lutiaoshan Formation; 10—Sedimentary iron ore body in Lutiaoshan Formation; 11—Hercynian granite

梭井铁矿为例简述之。

梭梭井铁矿区范围内上元古界青白口系大豁落山群以 2 种较极端的地貌形态——高山和平原出现,在高山两侧急转为平原的过渡区,分布有近十个矽卡岩型磁铁矿点,梭梭井铁矿处于矿带的西侧。大豁落山群厚层状白云质大理岩、含钙白云岩被岩基状海西期中粗粒黑云母钾长花岗岩和浅肉红色似斑状黑云母花岗岩侵入,在花岗岩和白云质大理岩的接触部位形成了广泛的矽卡岩,在矽卡岩及热液蚀变较强发育的碳酸盐岩地层一侧,形成了铁、铜矿体及多金属矿化(图 5)。总体来看,在矽卡岩中,主要形成铁铜矿体,在外接触带及蚀变大理岩中,以石英脉型或方解石脉型多金属矿化发育为特征。

矿区内断裂和节理发育,以走向 NW310~330°,倾向 NE,倾角 70~80°的压扭性断裂为主。

矿体在矽卡岩中成群产出,单一矿体多呈扁豆体、似脉状,长 50~200 m,厚数米到数十米,延深最大到 120 m。

矽卡岩主要由钙铝-钙铁榴石和透辉石等矿物组成,有时见少量方柱石,磁铁矿主要以交代石榴子石和透辉石产出,矽卡岩中阳起石化和绿泥石化普遍发育,黄铜矿化和黄铁矿化主要伴随阳起石和绿泥石化出现。根据 11 块样品分析(测试单位:中国地质科学院地球物理与地球化学研究所),铁矿石中全铁含量[$w(B)$,下同]可高达 60%,但一般在 30%~50%。 SiO_2 含量一般在 20%~30% 之间。 P_2O_5 含量普遍小于 0.05%,但 S 含量相对较高,平均在 0.2%,Cu 含量一般在 0.1%~0.2%。在铜矿体中,铜含量在 0.52%~3.44%。

2.3 沉积变质型铁矿

这类铁矿目前主要见于中元古界和石炭系中,由于地层时代和沉积环境不同,因而不同地层中的成矿特征有较大差异。

产于中元古界的沉积变质铁矿目前所见仅产于长城系白湖群中,该群在纵向上由海底喷发的火山岩到浅海相沉积碎屑岩呈渐变过渡关系,这套沉积

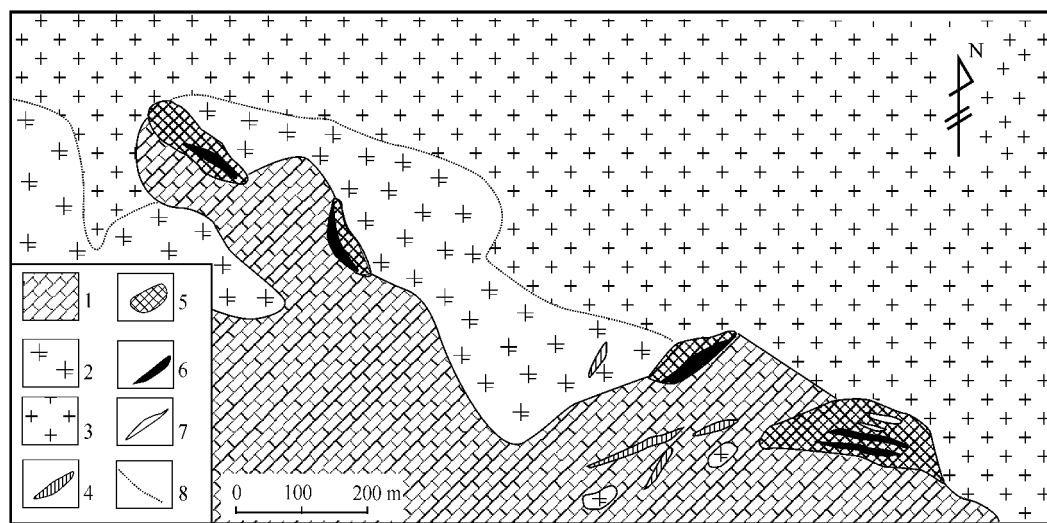


图 5 梭梭井铁矿地质简图(根据甘肃省地质局^①修编)

1—大豁落山群白云质大理岩、钙质白云岩；2—中粗粒黑云母花岗岩；3—似斑状花岗岩；4—花岗质脉岩；5—矽卡岩；6—铁矿体；
7—铜矿体；8—岩体相变界线

Fig. 5 Geological sketch map of the Suosuojing iron ore deposit

1—Dolomitic marble and calcareous dolostone；2—Medium-coarse grained biotite granite；3—Porphyritoid granite；4—Granitic dyke；5—Skarn；
6—Iron ore；7—Copper ore；8—Facies boundary

岩系从元古代晚期到古生代经历了多次构造运动改造,岩层已发生了浅到中等程度的变质,其中的铁是在硅质和白云质碳酸盐物质沉积时伴随沉积的,以形成赤铁矿为主,其后在变质过程中进一步得到富集,并改造为磁铁矿层。区域内航磁和地磁异常明显。现以黄山矿点为例,对成矿特征简述之。

矿点所在地区的白湖群呈孤岛状凸现在大面积分布的侏罗系上统粉砂质粘土岩中,白湖群主要由厚层硅质岩和白云质结晶灰岩或大理岩组成,铁矿体呈断续条带状分布在硅质岩和白云质结晶灰岩中,其厚度从数厘米到近 1 m 不等。

铁矿石可分成 2 大类:硅质岩型和碳酸盐岩型矿石。

(1) 硅质岩型铁矿石。基本仅由石英和磁铁矿组成,石英呈微细粒-细粒他形晶镶嵌的集合体,磁铁矿以浸染状、稠密浸染状、不规则块状分布在石英集合体中。

在浸染状磁铁矿石中,磁铁矿呈很不规则的微细粒他形晶分布在石英集合体中。磁铁矿的含量在 30%~40%。

在稠密浸染状磁铁矿石中,磁铁矿呈不规则的

细粒-微细粒他形晶分布在石英集合体中,总体来看,磁铁矿的分布较为均匀,有时有数量不等的阳起石呈放射状集合体叠加其上。磁铁矿在矿石中含量可达到 60%~85%。

在块状矿石中,磁铁矿占据绝对优势,其中可见细粒-微细粒石英集合体的分布,集合体中多分布有微粒磁铁矿和阳起石。沿微裂隙分布有晚期石英脉,这类石英脉普遍较干净,粒度也相对较粗,显然它是成矿以后的产物,铁矿物极少见。

以上 3 类硅质岩型矿石经常呈过渡关系。

从磁铁矿在石英集合体中的浸染状-稠密浸染状结构和在块状矿石中磁铁矿与石英集合体的先后关系不清楚可以看出,矿石中的铁矿物和石英基本是同时形成的。硅质岩型铁矿石化学成分见表 2。全铁含量基本以中等偏贫为主,从矿石中 FeO 普遍存在、矿石磁性强烈表明,铁矿物基本全为磁铁矿。硅是矿石中最主要的成分,钒、铬、钴、镍含量低微,反映了铁的成矿与岩浆作用关系不大,硫、磷含量基本符合工业要求,个别样品含量较高,和晚期岩浆活动产生的矽卡岩化有关。

(2) 白云岩型铁矿石。基本仅由细粒他形白云

① 甘肃省地质局 1977. 中华人民共和国区域地质测量报告,1:200000 五道明幅(矿产部分). 内部资料.

表 2 硅质岩型铁矿石的化学成分 ($w_B/\%$)

Table 2 Chemical composition of iron ores of silica rock type ($w_B/\%$)

成分	T-8	T-9	T-10	T-11	T-12	T-7
TFe	23.13	33.73	35.93	28.49	24.82	43.74
FeO	1.98	6.32	11.46	12.48	10.04	15.46
Fe ₂ O ₃	30.93	41.21	38.63	26.86	19.53	37.98
SiO ₂	62.82	50.79	41.29	47.48	59.98	39.25
TiO ₂	0.08	0.08	0.13	0.13	0.03	0.12
V ₂ O ₅	0.05	0.05	0.07	0.05	0.05	0.07
MnO	0.2	0.14	0.32	0.34	0.27	0.71
P ₂ O ₅	0.12	0.04	0.12	0.93	0.10	0.16
Cr	0.008	0.0113	0.0129	0.0096	0.0074	0.012
Co	0.003	0.0016	0.0029	0.0034	0.0019	0.0082
Ni	0.0047	0.0073	0.0089	0.0056	0.0065	0.015
S	0.238	0.059	0.22	0.01	0.075	0.078

测试单位 中国地质科学院地球物理和地球化学研究所 氟化物用熔片法 X-射线荧光光谱 (XRF) 分析 ; 单元素等离子体质谱法 (ICP-MS) 分析。

石和磁铁矿组成,在白云岩中白云石呈细粒-微细粒他晶镶嵌的集合体,磁铁矿在其中常以浸染状、网脉状、稠密浸染状分布,但两者更主要是以似条带状产出,故难以确定 2 种矿物的先后形成关系,另外,很少有其他矿物出现,因此,沉积成矿特征是较清楚的。

在白云岩型铁矿石形成后期,常有白云石-磁铁矿脉产生,宽数毫米到数厘米,它们穿切了早期的铁矿石,其粒度和结晶程度均明显高于早期的白云石和磁铁矿,可能和晚期的岩浆活动有关。

产于石炭系中的沉积变质铁矿的围岩主要为下石炭统绿条山组,矿体产于绢云石英片岩中。目前发现的铁矿有 2 层,相距 15 m,矿体多呈透镜状、似脉状及扁豆体,矿体和围岩界线清楚,其产状完全一致,两者随岩层褶皱而共同发生弯曲。但矿层极不稳定,特别是在横向上变化较大,一般是中间富,向两侧逐渐变贫。矿石成分简单,铁矿物主要为镜铁矿和磁铁矿,脉石矿物为石英和绢云母,从 2 类矿物的关系看,铁矿物和脉石矿物的原始碎屑物是共同沉积的,其后共同经历了变质-分异作用,形成了铁矿层。

2.4 岩浆晚期熔离型铁矿

这类铁矿和辉长岩类在空间上密切共生,铁矿石主要由含钕钛的磁铁矿构成。赋矿围岩辉长岩的产出环境有 2 种:蛇绿混杂岩和褶皱隆起带。在前一类环境中,辉长岩和超基性岩及辉绿岩墙共同构成蛇绿混杂岩,辉长岩是蛇绿混杂岩中的最主要组成成分,但层序极不完全。对含钕钛磁铁矿的辉长

岩进行了化学成分分析(测试单位:中国地质科学院地球物理和地球化学研究所;用熔片法 X-射线荧光光谱(XRF)分析,样品数为 11),其 SiO₂ 含量(w_B ,下同)在 49.95% ~ 55.75%, Al₂O₃ 12.35% ~ 16.94%, Fe₂O₃ 1.73% ~ 5.99%, FeO₃ 0.85% ~ 7.29%, MgO 3.03% ~ 16.94%, CaO 2.64% ~ 11.94%。M/F 1.61~3.80,在 F-M-C 图解中(图 6),

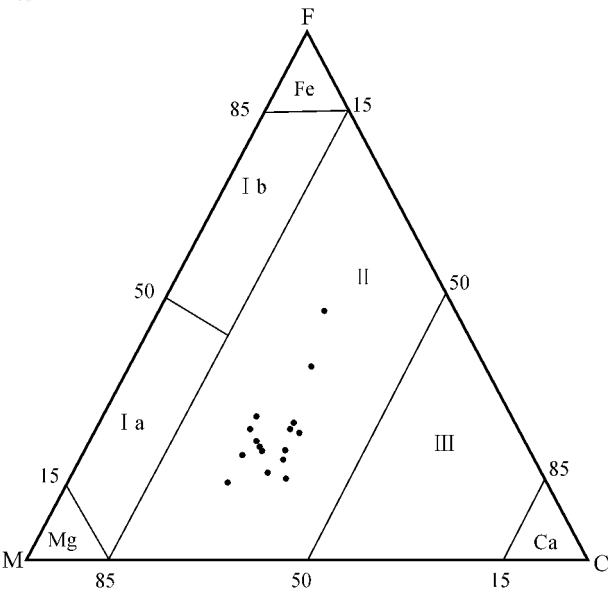


图 6 基性岩 F-M-C 图解

I a—贫 Ca 的镁铁质区; I b—贫 Ca 的铁镁质区; II—低 Ca 区; III—中 Ca 区

Fig. 6 Diagram of F-M-C for basic rocks

I—Ca-poor mafic rocks; II—Ca-low mafic rocks; III—Middle content Ca mafic rocks

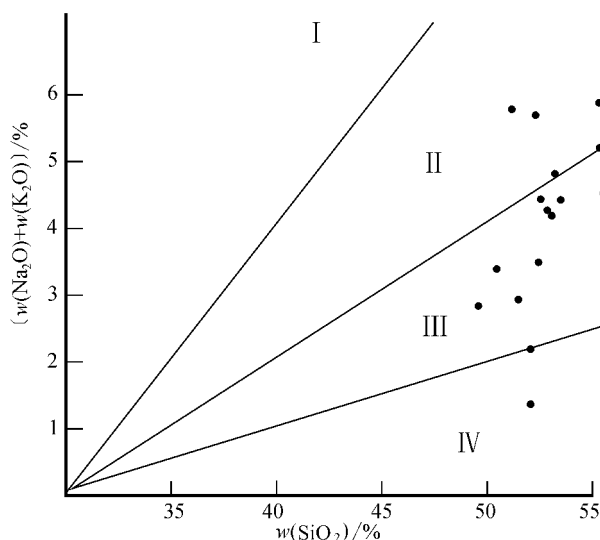


图 7 基性岩 $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 图解

I—强碱质区；II—碱质区；III—弱碱质区；IV—贫碱质区

Fig. 7 Diagram of $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ for basic rocks

I—Strong alkaline area；II—Alkaline area；III—Weak alkaline area；IV—Poor alkaline area

全部投在低钙区,在 $\text{SiO}_2\text{-(Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O)}$ 图解中基本落在碱质区和弱碱质区(图 7)。根据与国内外同类岩石的含矿性比较,区内辉长岩有利于在其中形成铁、铜、镍等矿产。

23 个样品的 Au、Co、Cr、Cu、Ni、V 分析显示, Au 变化于 $(1.39 \sim 12.41) \times 10^{-9}$; Co 变化于 $(9.1 \sim 68.9) \times 10^{-6}$; Cr 变化于 $(35 \sim 1\,735) \times 10^{-6}$; Cu 变化于 $(5.4 \sim 108.8) \times 10^{-6}$; Ni 变化于 $(7.4 \sim 258.8) \times 10^{-6}$; Ti 变化于 $(1\,716 \sim 7\,927) \times 10^{-6}$; V 变化于 $(25 \sim 406) \times 10^{-6}$ [测试单位:中国地质科学院地球物理和地球化学研究所;Au 用无火焰原子吸收光谱法(AAN)分析;其他元素用等离子体光谱法(ICP-OES)分析]。这些元素的含量普遍高于同类岩石的背景值,这也在一定程度上表明了区内的蛇绿混杂岩带具有良好的找矿前景。

在褶皱隆起带环境中,辉长岩等基性杂岩主要侵入于元古界等老地层中,大部分沿 EW 向构造带分布,围岩蚀变明显,绿泥石化和次闪石化发育,但宽度不大,辉长岩普遍具中-粗粒结构,岩体的分异作用较强,含钕钛磁铁矿体在辉长岩中呈不规则脉体和透镜体状分布,和围岩关系较清楚。较典型的矿石以含钕钛磁铁矿、钛铁矿在蚀变辉长岩中呈浸染状分布为特征,矿石中磁黄铁矿分布较广,有时可

达到 10%,脉石矿物主要为辉石,但绝大部分已蚀变成绿泥石、纤闪石等矿物。目前在内蒙古西部的小黄山西南部一矿床已在进行商业性开采。现以旱山 724 矿点为例对产于蛇绿混杂岩中的铁矿作一简介。

724 钕钛磁铁矿区内辉长杂岩体呈极不规则形态产出在上奥陶统浅变质碎屑岩中,部分地段又被海西期中酸性岩脉侵入。总体看,辉长岩属于 NWW-SEE 向的小黄山蛇绿混杂岩的一部分,辉长岩呈灰黑色,中-粗粒结构,主要由斜长石、角闪石和少量蚀变残留辉石组成,辉长岩局部相变为辉石岩,钕钛磁铁矿体主要赋存在辉长岩中,只有部分小矿体赋存在辉石岩中,矿体主要以不规则的似脉状、透镜状产出,矿体和围岩界线清楚,仅局部呈渐变过渡关系。

矿石矿物主要为含钕钛磁铁矿,也常见到星点状分布的磁黄铁矿和黄铜矿。矿石中 TFe 含量(w (B),下同) 23.13% ~ 53.53%, FeO 14.10% ~ 25.59%, Fe_2O_3 6.85% ~ 60.87%, TiO_2 0.06% ~ 3.72%, Cr 0.0085% ~ 0.015%, Co 0.0093% ~ 0.025%, Ni 0.0011% ~ 0.0212%, S 0.03% ~ 3.4% [测试单位:中国地质科学院地球物理和地球化学研究所,测试方法为等离子光谱法(ICP-OES),样品数为 4]。

矿体和围岩的关系表明,钕钛磁铁矿体形成于岩浆结晶晚期,分异出的富铁质熔浆贯入到原生构造裂隙中冷凝固晶成矿,属岩浆晚期贯入型铁矿床。

2.5 热液脉型铁矿

这类铁矿在区内几个构造单元中均有分布,以旱山—东七一山 NW 向构造隆起带内较发育,区域地层主要由奥陶系-志留系组成,带内早古生代-晚古生代花岗岩类广泛分布,铁矿主要分布在海西期花岗岩类的外接触带,一般距接触带数百米到数公里不等,含矿围岩主要为大理岩,其次为绢云石英片岩、绢云绿泥石英片岩、含铁角砾岩及石英岩。矿体一般产在背斜轴部、靠近轴部的两翼及挤压破碎带中,矿体规模较小,长数米到数十米,宽 0.2 ~ 5 m,分布较零散,形态多为透镜状、囊状及鸡窝状,矿体和围岩界线清楚。围岩蚀变普遍存在,主要有碳酸盐化、硅化、绢云母化及磁铁矿化、赤铁矿化等。矿石矿物主要为磁铁矿、赤铁矿、镜铁矿,全铁含量一般在 40% 左右,脉石矿物主要为石英和碳酸盐矿物,但其中普遍出现有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿和闪锌矿等。由于这类铁矿有时还发育在矽卡岩型铁矿区的

外围,因此,在开发砂卡岩型铁矿资源时,可同时利用。

2.6 沉积型铁矿

这类铁矿仅见于中生代陆相沉积地层中,特别是侏罗系中,从下到上均有产出。较典型的是哈珠东山北赤铁矿点。目前在该点共见 6 层矿体,铁矿呈似层状及结核状分布于上侏罗统赤金堡群砂砾岩层中,矿层一般长数米到数十米,厚一般不足 1 m。矿体产状和围岩一致,矿体中也常有围岩夹层,矿石具有假鲕状结构,条带状、同心圆状及胶状构造。矿石矿物基本仅为赤铁矿,脉石矿物主要方解石,矿石的全铁含量一般在 40% 左右。

另外,在北山煤矿西北侧的侏罗系中下统龙凤山群下亚群灰绿色细砂岩、粗砂岩和砂砾岩层中产有菱铁矿体,矿体在不同岩性的界面之间呈断续分布的不规则透镜状,厚度在 0.2~1.5 m,和围岩产状基本一致,延长达 2.7 km。菱铁矿呈致密块状、结核状。

这类铁矿目前只具有成因意义,尚难以开发。

3 形成环境及找矿前景

3.1 前寒武纪铁矿形成环境及找矿前景

北山内蒙古地区前寒武纪时期形成的铁矿,其表现形式全部为沉积变质型。目前发现的铁矿大部分产出在中元古界,既出现在长城系的白湖群中,在蓟县系的平头山群中也有产出。

白湖群中的铁矿层除小黄山铁矿点外,还有营毛沱铁矿点,它产于白湖群顶部的中下部位,其含矿围岩为变长石石英砂岩、绿泥石英片岩,矿石矿物主要为赤铁矿,其次为磁铁矿。平头山群中的铁矿层是北山元古界的主要含铁层位,但目前在内蒙古境内还未发现有意义的铁矿。在甘肃境内有七角井子和砂井东铁矿,前者产于中元古界平头山群下岩组的白云岩之上,矿层较稳定,顶板为变质石英细砂岩,底板为透辉石角闪岩,铁矿石主要为磁铁矿。后者位于平头山群中岩组下部,含铁石英细砂岩和贫磁铁矿层夹于大理岩中。从铁矿产出的围岩特征分析,其物质来源可能主要是古老的陆壳。目前对元古界中铁矿的找矿和研究工作还较薄弱,鉴于中元古界在区内分布较广,从地球物理、遥感和地质等学科联合角度深入开展工作,探讨元古界中铁矿找矿

前景,仍是一项有意义的工作。

3.2 早古生代铁矿的形成环境及找矿前景

内蒙古早古生代铁矿基本为仅发育于蛇绿混杂岩中的钒钛磁铁矿,因而它们主要产出在哈萨克斯坦板块和塔里木—华北板块之间的结合带中,该结合带可划分出白云山—洗肠井蛇绿混杂岩带和石板井—小黄山蛇绿混杂岩带(周国庆等,2001),其围岩主要是奥陶纪和志留纪的火山沉积岩系。白云山—洗肠井蛇绿岩形成时间是 470 Ma(周国庆等,2000),小黄山蛇绿岩形成时间为 (485 ± 76) Ma(宋泰忠等,2008),即它们的形成时间基本为奥陶纪中期。在蛇绿混杂岩中,钒钛磁铁矿基本产出在镁铁质岩石中,矿体多呈脉体或透镜体,和围岩关系较清楚,偶见呈过渡关系。钒钛磁铁矿和超镁铁质-镁铁质岩是地幔物质以岩浆形式侵入或喷溢到海底部位的过程中分异产生的,然后在板块碰撞造山过程中,作为构造推覆体被带到地壳浅部。目前暴露于地表的蛇绿混杂岩规模都不是太大,所以钒钛磁铁矿床的规模普遍也较小,在今后的工作中值得进一步开展地球物理等方面的工作,以查明超镁铁质-镁铁质岩的深度和规模,获得钒钛磁铁矿前景的更多信息。

另外,在火山岩发育的奥陶系和志留系中分布较广、强度较大的磁异常值得在今后工作中重视。如在洗肠井地区的中奥陶统横峦山群中,在航磁异常基础上,经高精度磁法面积测量,已发现 7 处局部高磁正异常,一处强负磁异常(图 8),其中, C-1 异常走向 NW,异常长约 600 m,宽 100~200 m,剩余异常值最高达 2 600 nT,异常北侧伴生有弱的负磁异常。钻孔验证表明,磁异常由隐伏的磁铁矿化体引起,后经重力检查,其重力异常也明显,且与钻孔中的磁铁矿含量呈正比,因此,在早古生代火山沉积岩系中,寻找铁矿也是一个不可忽视的方向。

3.3 晚古生代铁矿形成环境及找矿前景

晚古生代是北山地区铁矿最主要的形成时期,铁矿规模大,类型也较多。主要有 2 大类型,即与火山活动有关的喷流沉积-改造型和与中酸性岩浆侵入活动有关的砂卡岩型、热液脉型铁矿。

(1) 火山喷流沉积-改造铁矿形成环境和找矿前景

从赋存这类铁矿的炭纪火山岩及相伴海-陆源沉积岩系的特征可以看出,这是一个较典型的裂谷环境,亦既在黑鹰山铁矿带附近东西向狭长的断裂带中,炭纪时期堆积了巨厚的海-陆源碎屑沉积物和火山物质,其厚度达 16 000 余米,这在北山各时

图8 洗肠井地区 ΔT 异常等值线图(图中坐标为公里网格)Fig. 8 Contour map of magnetic ΔT anomalies in Xichangjing area

代地层中是极为少见的。而且伴随火山活动从地幔及下地壳带来了大量的铁质等深部物质,构成了北山地区铁矿最发育的地质建造。

在下石炭统底部厚达1 000余米的绿条山组中,就赋存有沉积型铁矿,铁矿产于下部层位的含砾长石质硬砂岩中,矿体多呈似层状,矿石以致密块状磁铁矿为主,少数为稠密浸染状。其后急速沉积形成了一套海相和海底喷发的碎屑岩、中酸性夹中基性火山岩、碳酸盐岩和硅质岩,即白山组,其厚度达到近1万米。黑鹰山式铁矿赋存于白山组上部层位的中酸性火山岩中,在火山熔岩中主要形成了块状铁矿体,在其上的凝灰岩中构成了硅质-凝灰岩性铁矿体,从而构成了本区规模最大,且最有前景的铁矿带。实际上在白山组形成后,铁的成矿作用仍未结束,在中石炭统筭箕组的大理岩段上部层位中,仍有沉积铁矿的存在。

总之,在裂谷环境中形成的石炭系,是北山内蒙古地区铁矿非常重要的一个赋矿层位,是突破找矿的主要地带,在石炭系广布区,其航磁异常也普遍较明显,但由于石炭系的铁矿中赤铁矿往往占主导地位,在大面积覆盖区,磁异常有时不甚突出,如果在

航磁异常基础上,增加重力等其他地球物理方法的探查,有可能在这套巨厚的火山-沉积地层中发现更多的铁矿。

(2)与海西期中酸性岩浆侵入活动有关的矽卡岩型铁矿和热液脉型铁矿形成环境和找矿前景

石炭纪-二叠纪末,随着陆内裂谷活动的减弱,其陆内碰撞造山作用趋于增强,从而造成北山地区规模最大的一次花岗质岩浆侵入。其岩浆侵入的构造环境既具张性又兼有压性特征,表明其主要产生于下地壳或更浅部位,这标志着区内岩浆活动进入了一个新阶段。这期岩体多沿中下志留统的背斜核部侵入,呈岩基状,岩性多为中酸性,以石英闪长岩为主,在岩体边部常有宽度不一的混染同化带。

本期大规模侵入活动,形成了本区十分重要的矽卡岩型铁矿。形成矽卡岩型铁矿的碳酸盐岩地层年代跨度很大,如梭梭井铁矿产出在上元古界青白口系大豁落山群白云质大理岩与黑云母钾长花岗岩和似斑状黑云母花岗岩的接触带中;乌珠尔嘎顺铁矿产出在中奥陶统咸水湖群碳酸盐岩与斜长花岗岩的接触带中;斜山北铁矿产出在上奥陶统白云山组大理岩与黑云母花岗闪长岩的接触带内;下勒陶来

铁矿产出在下石炭统绿条山组大理岩与黑云母斜长花岗岩的接触带内,小黑山铁矿产出在下石炭统白山组大理岩与海西黑云母花岗闪长岩的接触带内,等等。这表明,当这期中酸性岩浆在向上运移、侵入的过程中,只要遇到适当的碳酸盐岩地层,均有形成矽卡岩型铁矿的可能性(赵一鸣等,2004)。

本区的热液型铁矿也主要和海西期岩浆侵入活动有关,它们大多与矽卡岩型铁矿相伴生,分布在矽卡岩型铁矿的外围,有时也单独产出在海西期中酸性侵入岩体的内外接触带内。

目前发现的这类铁矿规模均不是很大,但在区内分布非常广泛,区域航磁异常与其关系密切,如果在航磁异常基础上进一步开展较大比例尺的地磁、地质等工作,很有可能找到规模较大的矽卡岩型铁矿。

3.4 中生代铁矿的形成环境及找矿前景

这类铁矿主要形成在中-晚中生界的伸展沉降盆地中,动力环境为本区由挤压体制转为造山后的伸展过程中。铁矿在侏罗系沉积盆地中较为发育,在中下侏罗统的大山口群和上统的赤金堡群中均有产出。

在大山口群中沉积型赤铁矿形成 2 个矿层,上下盘围岩均为紫红色片理化粉砂岩,矿体多呈扁豆体及透镜状,矿体规模较小。在赤金堡群中,赤铁矿层相对较发育,其沿伸长度和厚度均比较大,如哈珠东山北赤铁矿等。

总体看,侏罗系中的这些沉积赤铁矿是在湿热性气候及氧化还原条件下交替出现的。但由于受较狭窄盆地环境和物质来源的制约,规模均不是很大。

4 结 论

纵观北山内蒙古地区各类铁矿的分布、规模及形成条件和环境,可以认为,古生代岩浆活动在铁矿的形成中起着十分重要的作用,特别是晚古生代时期的火山和岩浆侵入活动更具有特殊意义,裂谷环境的岩浆喷溢活动造就了黑鹰山式铁矿,而北山板块内部在晚古生代后期挤压造山引发的大规模岩浆侵入活动形成了区内分布非常广泛的矽卡岩型和热液脉型铁矿,因此,加强对晚古生代岩浆活动规律及其发生的背景和环境的研究,对在北山内蒙古地区扩大铁矿资源是十分重要的。

References

- He S P, Ren B C and Yao W G. 2002. The division of tectonic units of Beishan area, Gansu-Inner Mongolia [J]. *Northwestern Geol.*, 35 (4): 30-40 (in Chinese with English abstract).
- He S P, Zhou H W, Ren B C, Yao W G and Fu L P. 2005. Earth crust evolutionary in Paleozoic in Beishan area, Gansu-Inner Mongolia [J]. *Northwestern Geol.*, 38 (3): 6-15 (in Chinese with English abstract).
- Nie F J, Jiang S H, Bai D M, Wang X L, SU X X, Li J C, Liu Y and Zhao X M. 2002. Metallogenic studies and ore prospecting in the conjunction area of Inner Mongolia Autonomous Region, Gansu Province and Xinjiang Uygur Autonomous Region (Beishan Mt.) [M]. *Bingjing: Geol. Pub. House.* 1-408 (in Chinese).
- Nie F J, Jiang S H, Liu Y and Hu P. 2005. Sm-Nd isotopic dating of apatite separates from Heiyingshan high-grade iron deposit, Inner Mongolia [J]. *Mineral Deposits*, 24 (2): 50-56 (in Chinese with English abstract).
- Song T Z, Wang J, Lin H, Yang X F, Zhang L and An S W. 2008. The geological features of ophiolites of Xiaohuangshan in Beishan area, Inner Mongolia [J]. *Northwestern Geol.*, 42 (3): 55-63 (in Chinese with English abstract).
- Song X X. 1989. Petrology, geochemistry feature and genesis [J]. *Bulletin of Institute of Mineral Deposits, CAGS*, 1: 114-205 (in Chinese).
- Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources. 2006. Exploration potentiality of mineral resources, northwest China [M]. *Beijing: Geol. Pub. House.* 224-245 (in Chinese).
- Yang H Q, Li Y, Li W M, Yang J G, Zhao G B, Song N Y, Wang X H and Tan W J. 2008. General discussion on metallogenetic tectonic setting of Beishan mountain, northwestern China [J]. *Northwestern Geol.*, 41 (1): 22-27 (in Chinese with English abstract).
- Yang M Z. 2003. Rich iron ore deposit type, ore formation series and the iron prediction in Beishan area, Gansu Province [J]. *Contributions to Geology and Mineral Resources Research*, 18 (1): 6-12 (in Chinese with English abstract).
- Zhao G R and Tong B Y. 1975. Geological feature of Heiyingshan iron deposit, Special issue of iron-copper mineral resources (Series III) [M]. *Beijing: Geol. Pub. House.* 133-144 (in Chinese).
- Zhao Y M, Wu L S, Bai G, Yuan Z X, Ye Q T, Huang M Z, Rui Z Y, Sheng J F, Lin W W, Deng S P, Mao J W, Bi C S, Dang Z F, Wang L S, Zhang Z H and Cheng W S. 2004. Metallogeny of the major metallic ore deposits in China [M]. *Beijing: Geol. Pub. House.* 13-62 (in Chinese with English abstract).
- Zhou G Q, Zhao J X and Li X H. 2000. Characteristics of the Yueyashan ophiolite from western Nei Mongol and its tectonic setting: Geochemistry and Sm-Nd isotopic constraints [J]. *Geochimica*, 29 (2): 108-119 (in Chinese with English abstract).
- Zhou G Q, Chen X M and Zhao J X. 2001. The metamorphic rocks associated with the Shibanjing-Xiaohuangshan ophiolite from Inner Mongolia Autonomous Region and its evolution history [J]. *Geol.*

- J. China Univ., 17(3): 329-344 (in Chinese with English abstract).
- Zuo G C and He G Q. 1990. Plate tectonics and metallogenic regularities in Beishan region[M]. Beijing: Pub. House of Beijing Univ. 207p (in Chinese).
- Zuo G C, Feng Y Z and Liu C Y. 1992. Old continental crust feature of Proterozoic Era and crust type of early Palaeozoic Era in Gansu-Menggu Beishan area and eastern Tianshan Mts. [J]. Acta Geologica Gansu, 1(1): 55-67 (in Chinese with English abstract).
- Zuo G C and Li M S. 1996. The formation and evolution of lithosphere in the Early Paleozoic Era in Beishan area, Gansu-Mongolia [M]. Lanzhou: Gansu Sci. & Techn. Press. 1-96 (in Chinese).
- Zuo G C, Liu Y K and Liu C Y. 2003. Framework and evolution of the tectonic structure in Beishan area across Gansu Province, Xinjiang Autonomous Region and Inner Mongolia Autonomous Region [J]. Acta Geologica Gansu, 12(1): 1-15 (in Chinese with English abstract).
- 附中文参考文献**
- 何世平, 任秉成, 姚文光. 2002. 甘肃内蒙古北山地区构造单位划分[J]. 西北地质, 35(4): 30-40.
- 何世平, 周会武, 任秉琛, 姚文光, 付力浦. 2005. 甘肃内蒙古北山地区古生代地壳演化[J]. 西北地质, 38(3): 6-15.
- 聂凤军, 江思宏, 刘妍, 胡朋. 2005. 内蒙古黑鹰山富铁矿床磷灰石钐-钕同位素年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 24(2): 50-56.
- 聂凤军, 江思宏, 白大明, 王新亮, 苏新旭, 李景春, 刘妍, 赵省民. 2002. 北山地区金属矿床成矿规律及找矿方向[M]. 北京: 地质出版社. 1-408.
- 宋泰忠, 王瑾, 林海, 杨宪法, 张林, 安守文. 2008. 内蒙古北山地区小黄山蛇绿岩地质特征[J]. 西北地质, 41(3): 55-63.
- 宋学信. 1989. 黑鹰山铁矿床的岩石学、地球化学特征及成因[J]. 中国地质科学院矿床地质研究所刊, 1: 114-205.
- 西安地质矿产研究所. 2006. 西北地区矿产资源找矿潜力[M]. 北京: 地质出版社. 224-245.
- 杨合群, 李英, 李文明, 杨建国, 赵国斌, 孙南一, 王小红, 谭文娟. 2008. 北山成矿构造背景概论[J]. 西北地质, 41(1): 22-27.
- 杨敏之. 2003. 甘肃北山富铁矿床类型、成矿系列及成矿预测[J]. 地质找矿论丛, 18(1): 6-12.
- 赵一鸣, 吴良士, 白鸽, 袁忠信, 叶庆同, 黄民智, 芮宗瑶, 盛继幅, 林文蔚, 邓颂平, 毛景文, 毕承思, 党泽发, 王龙生, 张作衡, 陈伟十. 2004. 中国主要金属矿床成矿规律[M]. 北京: 地质出版社. 13-62.
- 赵光仁, 童炳源. 1975. 甘肃黑鹰山铁矿床地质特征, 铁铜矿产专辑(第三集)[M]. 北京: 地质出版社. 133-144.
- 周国庆, 赵建新, 李献华. 2000. 内蒙古月牙山蛇绿岩特征及形成的构造背景、地球化学和 Sm-Nd 同位素制约[J]. 地球化学, 29(2): 108-119.
- 周国庆, 陈小明, 赵建新. 2001. 内蒙古石板井-小黄山与蛇绿岩相伴的变质岩及其演化[J]. 高校地质学报, 7(3): 329-344.
- 左国朝, 何国琦. 1990. 北山板块构造及成矿规律[M]. 北京: 北京大学出版社. 207页.
- 左国朝, 冯永忠, 刘春燕. 1992. 甘肃北山-东疆天山元古代古陆壳特征及其早古生代地壳类型[J]. 甘肃地质学报, 1(1): 55-67.
- 左国朝, 李茂松. 1996. 甘蒙北山地区早古生代岩石圈形成演化[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社. 1-96.
- 左国朝, 刘义科, 刘春燕. 2003. 甘新蒙北山地区构造格局及演化[J]. 甘肃地质学报, 12(1): 1-15.