

# 从邯邢式铁矿某些蚀变矿物学 特征探讨矿床的形成

许晓峰

(有色金属总公司华北地质勘探公司)

**内容提要:**燕山中期岩浆同化混染中奥陶统含蒸发岩层的碳酸盐岩形成富钠和挥发组分的岩浆,为岩浆后期及期后钠化、矽卡岩化及热液蚀变提供了主要物源。钠化过程中萃取了铝硅酸盐岩中的铁、钾、钙及镁等,之后,含矿气液沿减压释放带迁移,并聚集交代成矿。对某些蚀变矿物特征的研究表明,钠化、矽卡岩化和热液蚀变是交代成矿作用的统一过程。蚀变矿物学特征,不仅揭示了该矿床形成时的地质环境、物理化学条件及其演化过程的规律,并且对邯邢式铁矿床的找矿评价具有标志作用。

**主题词:**邯邢式铁矿 蚀变矿物学特征 钠长石化 矽卡岩化 热液蚀变

## 一、邯邢铁矿地质概况<sup>[1-4]</sup>

邯邢地区矽卡岩铁矿的成生主要和燕山中期闪长岩-二长岩类与中奥陶统钙镁碳酸盐岩的接触交代作用密切相关。上述接触带拥有铁矿储量的85—90%。矿体空间分布常与岩体上隆或突出部位有关。在有矿接触带附近的碳酸盐岩中常发育边缘褶皱构造,这标志成矿过程中存在减压释放带。

区内不同时代的碳酸盐岩层与燕山期中性岩浆岩广泛接触,但绝大多数矿只与中奥陶统的三个主要蒸发岩层有关。

与铁矿有关的闪长岩-二长岩类属地台区中性岩系。其岩石化学特点是钠质和 $Fe_2O_3/FeO$ 比值较我国其他地区同类岩石的平均值要高,属高钠和高氧逸度的岩石。

矽卡岩型铁矿与围岩蚀变关系密切。蚀变期可划分为二期和三个阶段。从未蚀变岩浆岩向碳酸盐岩方向,一般可分为原岩→钠长石化闪长岩-二长岩→钠长石岩→矽卡岩→矿体→具蛇曲状边缘褶皱构造大理岩。

## 二、蚀变矿物学特征

整个蚀变与矿化过程划分为气成交代期和热液交代期。前者又可划分为碱质交代作用阶段及矽卡岩阶段。后者划分为高温、中温及低温阶段。在不同的蚀变交代作用过程中,由于热流体的物理化学条件的改变,而形成一系列不同的蚀变矿物。这些蚀变矿物常具有能反映其形成的地质环境的特征。

### (一) 碱质交代作用阶段蚀变矿物学特征<sup>[5,8,9]</sup>

碱质交代作用阶段,岩体因钠化而强烈退色,斜长石和钾长石被钠长石交代,蚀变岩中

Na<sub>2</sub>O含量增加,多超过6%,最高达9—10%,而Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、FeO明显下降。如与北铭河铁矿床有关的二长闪长岩中Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为73.7 g/100cm<sup>3</sup>, FeO为109.9 g/100cm<sup>3</sup>;蚀变后的钠长石岩中Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为15.9 g/100cm<sup>3</sup>,减少78.43%, FeO为43.9 g/100cm<sup>3</sup>,减少60.06%。此阶段主要形成钠长石及少量透辉石和阳起石等。蚀变过程中矿物含量变化见表1。

表1 邯邢某矿区碱交代过程中矿物消长统计表(%)

Table 1. Variation in proportions of some minerals during alkaline metasomatism in a certain ore district of Hanxing area

岩石名称	中长石	正长石	石英	角闪石	磁铁矿	榍石	钠长石	次透辉石+透闪石-阳起石
闪长岩	61.6	8.8	8.3	18.8	2.3	2.4		
钠化闪长岩		4.0					77.7	15—20
钠长石岩							85.6	5—15

### 1. 钠长石

1) 钠化较弱岩石中的钠长石表面常被绢云母覆盖,双晶不发育,呈现亮边。接近矿体之强钠化钠长石岩中之钠长石表面纯净,双晶发育,呈不规则粒状花岗岩变晶结构。斜长石交代残留体,前者较后者常见。

2) 弱蚀变形成的钠长石常呈灰白色,  $Nm$ 为1.5329—1.5350;强蚀变形成的钠长石呈雪白色,  $Nm$ 为1.5322。  $Nm$ 随成分中  $An$ 的增加而增大。前者中钠长石的  $An$ 为4—6,而后者中钠长石的  $An$ 为0—4。

3) 弱蚀变钠长石的  $2V$ 为84°—88°,强蚀变钠长石的  $2V$ 为78°—86°,都属低钠长石。

### 2. 次透辉石

1) 弱蚀变形成的次透辉石常沿角闪石边部、解理交代,中心有时残留角闪石,或形成角闪石假象。

2) 弱蚀变形成的次透辉石含钙铁辉石分子25—35%,强蚀变形成的次透辉石含钙铁辉石分子15—20%。

### 3. 透闪石-阳起石

1) 弱蚀变形成的透闪石-阳起石含透闪石分子75%;而钠长岩中者含透闪石分子为80—90%,属透闪石。

2) 弱蚀变形成的透闪石-阳起石常见角闪石残留体,有时见角闪石附近有细粒磁铁矿。钠长石岩中透闪石不见交代残留结构。

钠交代形成的蚀变矿物的特征表明蚀变过程中有铁、镁、钙及钾的析出,气液中含有一定量NaCl,其形成温度一般高于500℃。这种富含钠、硅、水和一定量氯的气成热液,可能是燕山运动中期中性岩浆与中奥陶统蒸发岩层作用的产物。

### (二) 矽卡岩阶段蚀变矿物学特征

气成热液晚期,由钠交代析出的铁、钾等转入气液,而这种含矿气液富含挥发分氯、氟等。在高温状态下,含矿溶液向接触带减压部位运移,集中于岩体上隆或突出部位的接触处,对钠化岩和碳酸盐岩进行交代。交代钠化岩的,主要形成方柱石矽卡岩内带;交代碳酸盐岩

的,主要形成透辉石一次透辉石或钙铁辉石等矽卡岩外带。

### 1. 方柱石

1) 方柱石常沿钠长岩中裂隙呈脉状、网脉状充填交代。在一些矿区见到磁铁矿穿插和胶结方柱石矽卡岩。

2) 方柱石富含  $\text{Na}_2\text{O}$  和  $\text{Cl}$ 。如矿山矿田方柱石含  $\text{Na}_2\text{O}$  6.88—7.74%, 含  $\text{Cl}$  0.83—2.47%, 含  $\text{F}$  很低, 仅 0.01%, 其他挥发分总量较高 (表 2)。

3) 方柱石呈白色或浅绿色, 常与霓辉石共生。其  $N_o$  为 1.535—1.5700, 属钠柱石-针柱石, 含钠柱石分子达 70—90%。 $N_o$  常随钠柱石分子数增加而降低。

4) 方柱石常与绿色透辉石、钙铁榴石组成方柱石-透辉石、方柱石-钙铁榴石-透辉石矽卡岩。带内未出现富钙的钙铝榴石及斜长石等, 这说明在早期高温热液阶段是以渗滤交代作用为主。富钠方柱石是在碱性环境、高温状态下, 挥发分氟与碱金属结合的产物。

表 2 矿山矿田方柱石化学成分 (%) 表

Table 2. Chemical composition of scapolite from Kuangshan orefield (in percentage)

地 点	$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{FeO}$	$\text{MnO}$	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	
矿 山 村	57.46	0.35	21.90	0.11	0.15	0	0.36	5.49	
尖 山	58.62	0.35	20.41	0.16	0.24	0.01	0.48	5.08	
桃 树 洼	57.99	0.29	21.53	0.07	0.16	0	0.52	4.88	
五 家 子	59.98	0.38	19.57	0.25	0.27	0.01	0.84	4.30	
西 台 地	53.41	0.28	21.77	0.28	0.24	0	0.84	9.02	
	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{H}_2\text{O}^+$	$\text{SO}_3$	$\text{CO}_2$	$\text{Cl}$	$\text{Cl}=\text{O}$	合 计
矿 山 村	7.74	3.13	0.13	0.68	0	0.49	2.03	0.46	99.56
尖 山	7.70	1.84	0.07	2.59	0	0.26	2.13	0.48	99.46
桃 树 洼	7.62	3.38	0.10	1.39	0.08	0.27	1.88	0.42	99.74
五 家 子	6.88	3.78	0.08	2.78	0.18	0.04	0.83	0.19	99.98
西 台 地	7.65	0.91	0.28	0.49	0.09	2.56	2.47	0.56	99.73

由武汉地质学院北京研究生部化学分析室杨凤华、龙梅分析

### 2. 透辉石<sup>(7)</sup>

与铁矿关系最密切的矽卡岩主要为交代钙镁碳酸盐岩形成的透辉石矽卡岩。透辉石具有以下特征:

1) 含钙铁辉石分子为 15—27% 的透辉石,  $N_m$  为 1.6833—1.6913; 中粗粒状透辉石含钙铁辉石分子为 10% 左右,  $N_m$  为 1.6803—1.6812; 细粒透辉石含钙铁辉石分子亦为 10% 左右, 但  $N_m$  为 1.6617—1.6792。

2) 与磁铁矿紧密共生的透辉石高镁贫铁 (表 3、图 1)。

表3 邯邢地区辉石组成(%)特征

Table 3. Composition of diopside from different geologic locations of Hanxing area (in percentage)

序号	产出位置	透辉石分子	钙铁辉石分子	霓石分子
1	铁矿体中透辉石	92.45	1.51	2.00
2	铁矿体底部透辉石	83.38	8.54	2.51
3	铁矿体边部透辉石	82.03	7.54	3.53
4	透辉石矽卡岩中透辉石	83.42	12.07	1.01
5	钠化岩中含霓石次透辉石	51.77	31.47	10.15
6	二长岩中含霓石次透辉石	67.67	23.23	5.05
7	铁铜矿体中含霓石次透辉石	70.28	15.06	9.04

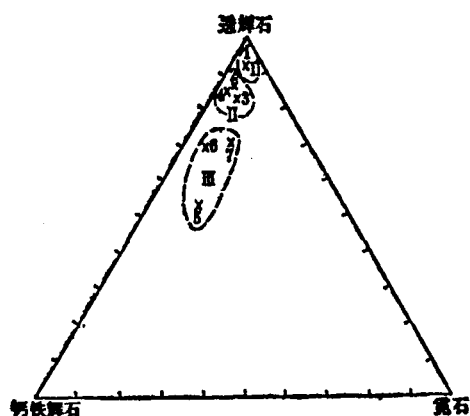


图1 邯邢地区透辉石组成图解

1—7见表3; I—矽卡岩铁矿体中透辉石区; II—铁矿体底部透辉石区; III—钠化岩或铁铜矿体中透辉石区

Fig. 1. Triangular diagram showing composition of diopside from the Hanxing area.

1—Diopside in iron orebody; 2—Diopside at the bottom of orebody; 3—Diopside at the margin of iron orebody; 4—Diopside in diopside skarn; 5—Aegirine-bearing salite in alkaline metasomatic rock; 6—Aegirine-bearing salite in monzonite; 7—Aegirine-bearing salite in iron-copper orebody; I—Diopside area in skarn orebody; II—Diopside at the bottom of iron orebody; III—Diopside area in alkaline metasomatic rock or Fe-Cu orebody.

### 3. 钙铁榴石

1) 钙铁榴石富钙、铁而贫镁。其CaO为31.08—34.27%，Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为16.65—30.75%，FeO为0.42—1.44%，MgO为0.2—0.7%，K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O为0.0—0.21%。

2) 钙铁榴石中钙铁榴石分子为50.42—99.7%，钙铝榴石分子数为0.0—44.98%，铁铝榴石分子数为0.0—3.44%，镁铝榴石分子数为0.0—0.68%。不同矿化类型不同部位的钙铁榴石组成特征如表4和图2。从图、表可看出，从矽卡岩→铁矿体边缘→大理岩，其钙铁榴石分子数有逐渐增高的趋势；铁铜矿体中的钙铁榴石属钙铁-钙铝榴石。苏联阿尔泰矽卡岩中，当石榴石内钙铁榴石分子数为48—71%时具钼及铜钼矿化，为30—59%者具铜及铁铜矿化，为48—98%者具铁矿化<sup>①</sup>。可见，石榴石的成分可作为矿化类型和成矿溶液酸碱度的标志。

3) 近矿部位及矿体内的钙铁榴石常具光性异常，远离矿体之矽卡岩中的钙铁榴石多为正常光性均质体。

① 据艾永富1980年资料

表4 邯邢地区石榴石组成(%)

Table 4. Composition of garnet from different geologic locations of Hanxing area (in percentage)

序号	产出部位	钙铁榴石	钙铝榴石	铁铝榴石
1	铁矿边缘矽卡岩中钙铁榴石	87.34	9.11	1.00
2	矽卡岩中钙铁榴石	81.62	6.50	2.00
3	铁矿边缘大理岩中钙铁榴石	93.14	3.30	2.00
4	铁铜矿体中钙铁钙铝榴石	50.42	44.98	1.00

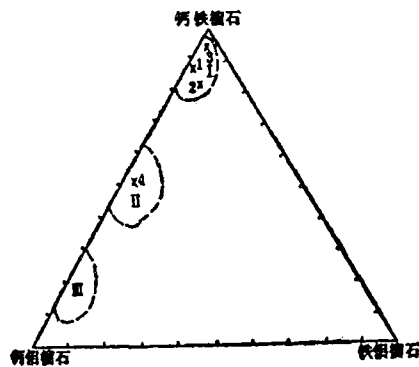


图2 邯邢地区石榴石组成图解

1—4见表4；I—铁矿化区；II—铁铜及铜矿化区；III—铜钼或钼矿化区

Fig. 2. Triangular diagram showing composition of garnet in Hanxing area.

1—Andradite in skarn along the margin of iron orebody; 2—Andradite in skarn; 3—Andradite in marble along the margin of iron orebody; 4—Andradite—grossularite in Fe—Cu orebody; I—Fe mineralization area; II—Fe—Cu and Cu mineralization area; III—Cu—Mo or Mo mineralization area.

### (三) 热液蚀变阶段蚀变矿物学特征

热液蚀变阶段形成的矿物除磁铁矿外，以含水硅酸盐矿物为主，与矿化有关的主要有金云母、斑状角闪石及透闪石-阳起石等。

#### 1. 磁铁矿

1) 磁铁矿常保留有交代透辉石和碳酸盐岩的残留结构和构造。磁铁矿化强度常朝碳酸盐岩方向增强，靠近矽卡岩的铁矿品位往往较靠近碳酸盐岩的低。

2) 该区磁铁矿与其他类型磁铁矿特征元素对比(表5、图3)， $TiO_2$ 、 $V_2O_5$ 含量与矽卡岩型接近，但较鞍本变质岩型高，较攀枝花、宁芜低得多。磁铁矿中MgO含量与围岩MgO含量有关，一般围岩为白云岩的磁铁矿含MgO高。矽卡岩型磁铁矿一般 $Co > Ni$ ， $Ti/V$ 比值较低，岩浆岩型者 $Ni > Co$ ， $Ti/V$ 比值高。成矿母岩中磁铁矿与矽卡岩铁矿中磁铁矿相比，前者 $TiO_2$ 、 $V_2O_5$ 含量高，而MgO含量较低。

3) 在T-A-M投影图(图3)上，邯邢矽卡岩型磁铁矿落入沉积-矽卡岩磁铁矿趋势区(I)，而鞍本、冀东、五台的磁铁矿投影点落入近火山源和远火山物源区。

4) 邯邢区交代成因磁铁矿 $Fe_2O_3/FeO$ 比值为0.71，成矿母岩中磁铁矿 $Fe_2O_3/FeO$ 比值为0.76，反映磁铁矿形成环境具较高氧逸度。

5) 据沈保丰的该区磁铁矿包裹体测温资料，铁矿形成温度约为500—450℃。

#### 2. 金云母

金云母与铁矿化关系极为密切，少部分金云母与磁铁矿共生，大部分晚于磁铁矿晶出，

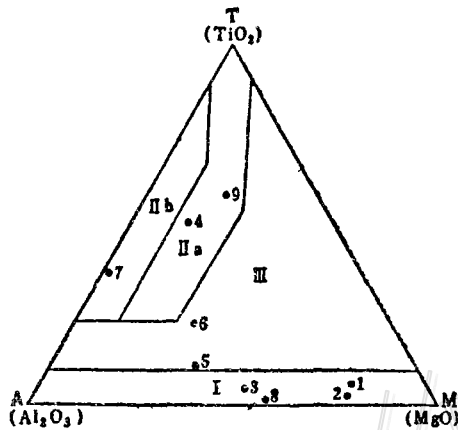
表 5 不同成因类型铁矿中磁铁矿特征元素含量 (%) 对比

Table 5. Characteristic element contents of magnetite from iron deposits of various types (in percentage)

成分	矽卡岩型磁铁矿			邯邢式铁矿 闪长岩中磁 铁矿	火山沉积变 质型磁铁矿 (鞍本)	岩浆型磁 铁矿 (攀枝花)	矽岩型磁 铁矿 (宁芜)
	邯邢区	涞源区	黄岗区				
TiO <sub>2</sub>	0.085	0.12	0.044	0.37	0.071	12.83	0.672
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.045			0.30	0.03	0.50	0.266
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.308	0.76	0.24	0.243	0.33	4.53	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0.001				0.034	0.02	
MgO	1.367	2.965	0.34	0.112	0.226	2.26	0.525
CaO	0.305	0.265	0.03	0.235	0.596		0.177
MnO	0.313	0.597	0.28	0.251		0.51	
Co	0.0047					0.0102	0.0117
Ni	0.0025					0.0175	0.0306
Co/Ni	1.88					0.59	0.38
Ti/V	2.02				2.53	27.49	2.71

(据沈保丰、徐国风等人资料)

图 3 磁铁矿特征元素含量T-A-M投影图



1—邯邢式铁矿床中磁铁矿；2—涞源支家庄铁矿中磁铁矿；3—黄岗式铁锡矿中磁铁矿；4—邯邢闪长岩中磁铁矿；5—鞍本地区磁铁矿；6—冀东地区磁铁矿；7—五台区磁铁矿；8—寿王坟铁铜矿中磁铁矿；9—矾山铁磷矿中磁铁矿；I—沉积-矽卡岩磁铁矿趋势区；IIa—近火山源区；IIb—远火山源区；III—过渡区

Fig. 3. Triangular T-A-M diagram showing characteristic element contents of magnetite.

1—Magnetite from iron deposit of Hanxing type; 2—Magnetite from Zhijiazhuang iron deposit in Laiyuan area; 3—Magnetite from Fe-Sn deposit of Huanggang type; 4—Magnetite from the Hanxing diorite; 5—Magnetite from east Hebei; 7—Magnetite from Wutai area; 8—Magnetite from the Shouwangfen Fe-Cu deposit; 9—Magnetite from Fanshan Fe-P deposit; I—Distribution of magnetite in sedimentary and skarn deposits; IIa—Area near volcanic source; IIb—Area distant from volcanic source; III—Transitional area.

多属高温热液早阶段的产物。

1) 金云母常与透辉石、磁铁矿等蚀变矿物组成金云母-透辉石-磁铁矿、透辉石-金云母及金云母矽卡岩，发育于外接触带矿体底板，有时呈团块状分散于矿体内。

2) 在金云母矽卡岩或磁铁矿矿石中常见到金云母交代透辉石、磁铁矿的残留结构。

3) 金云母富镁和挥发组分氟与水(表6)。

4) 金云母化强度与范围常是评价矽卡岩型铁矿规模的重要标志之一。一般大型铁矿床金云母化分布范围大，如西石门铁矿床底板金云母-透辉石矽卡岩及金云母矽卡岩都很发育，分布范围宽达数百米。

### 3. 斑状角闪石

1) 斑状角闪石分布于内蚀变带，也有的呈团块状出现于透辉石矽卡岩中，其中常见钠

表6 一些铁矿中的金云母的某些组分含量(%)

Table 6. Contents of some components in phlogopite from several iron deposits (in percentage)

矿区名称	挥发组分			MgO	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO
	F	Cl	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>			
杨家杖子矿田	1.35	0.018	2.71	27.04	10.11	3.72
寿王坟矿田	1.80		5.19	25.41	9.53	3.18
邯邢铁矿田	2.96			25±	7—10	<5
大冶铁矿田	1.10	0.85	3.36			
山西狐堰山	2.92		1.14			
陕西黑山	0.79		5.78			
福建乌坑	2.57	0.014	2.02			

(据赵一鸣、林文蔚及本文资料)

长石或透辉石残晶。其形成与钠长石化有某种依存关系。有时见其晶体一部分在岩脉中，一部分在钠化闪长岩中，说明其形成可延续到脉岩形成之后。

2) 斑状角闪石呈粗大柱状斑晶，最大的长达7cm。镜下常见明显的包含结构，与细小的原生角闪石光性无明显差异。

3) 斑状角闪石与闪长岩中角闪石比较，富H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>、CO<sub>2</sub>、K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、MgO而贫SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、FeO、CaO(表7)。

表7 邯邢地区角闪石成分(%)对比表

Table 7. Composition of two types of hornblende from Hanxing area (in percentage)

矿物名称	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	MnO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	F	Cl	CO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
原生角闪石	44.61	1.66	9.31	4.37	9.85	13.13	11.96	0.39	1.43	—	0.95	0.19	0.09	0.07	0.21
斑状角闪石	39.91	0.57	14.24	3.91	8.61	14.11	10.70	0.22	1.72	1.25	2.44	0.19	0.08	0.61	0.00

(据华北地质研究所资料)

表8 邯邢铁矿不同产状黄铁矿的δ<sup>34</sup>S值(‰)Table 8. δ<sup>34</sup>S values of pyrite of different geneses from the Hanxing iron deposit (‰)

产出位置	邯邢地区	大冶铁山
接触带磁铁矿中黄铁矿	14.57	4.66
砂卡岩中黄铁矿	15.3	—
钠化岩中黄铁矿	6.6	—
含黄铁矿碳酸盐脉	17.6	9.62

(据地矿部天津地矿所和有色总公司矿产地质研究院资料)

## 4. 透闪石-阳起石

透闪石-阳起石主要交代透辉石等矿物，多发育于铁矿体附近蚀变带内。其化学成分特征是富硅、镁、铁及钙，较原生角闪石和斑状角闪石贫铝、钛、钠、钾、钒及挥发组分等。其Mg/(Mg + Fe<sup>2+</sup>) = 0.67，属阳起石类。

## 5. 黄铁矿

黄铁矿常分布于磁铁矿体内及透辉石-金云母等砂卡岩中。不同世代黄铁矿镍含量变化大，一般早世代较晚世代高。其Co/Ni比值变化范围为0.47—500，多数大于5。不同产状黄铁矿的δ<sup>34</sup>S值较大冶铁山高(表8)，但都属

富重硫型，反映硫主要来自围岩蒸发岩里的硫酸盐。

### 三、蚀变与矿化

蚀变与矿化关系密切，蚀变矿物组合及蚀变矿物特征可作为找矿标志。

富含钠、钾、钙、镁及挥发分氟、氯的蚀变矿物分布范围越广，数量越多，铁的矿化一般越强，矿床规模也越大，如西石门、北铭河等大型铁矿床。

钠长石化、方柱石化、透辉石化及金云母化分布范围和强度，常标志铁矿床的规模大小。如符山二号中小型铁矿与西石门大型铁矿，后者较前者方柱石、金云母富含氟、氯等，且蚀变强度大，分布范围也广。透辉石成分还可作为判别矿化类型的标志。

钠长石化带及叠加蚀变带的分布范围也是判别该区铁矿规模的又一标志。

蚀变矿物钾长石、斑状角闪石及阳起石发育时，通常标志铁矿化分散或矿石贫化。

钙铁榴石发育地段，铁矿体常呈囊状、脉状产出，规模不大，但矿石含硫量低，铁品位高。石榴石成分还可作为判断矿化类型和成矿溶液酸碱度的标志。

### 四、矽卡岩型铁矿床的形成<sup>[6-9]</sup>

蚀变矿物学特征研究表明，本区铁质和气液都主要来自浅部与成矿有关的闪长岩-二长岩岩体。

不同产状黄铁矿的硫同位素组成、中长石反环带结构及岩浆岩富钠和挥发组分副矿物等特征，反映燕山中期岩浆侵位时，同化混染了含蒸发岩的富钙镁碳酸盐岩而形成含矿母岩。

热液应属多源，先被岩浆吸收，后从岩浆中分离出来。近年来高温高压实验成果表明水和硅酸盐熔浆是能互相混溶的，也就是说岩浆结晶过程能提供大量的热水溶液。地质过程的长期性，又为热水溶液与铁质的析出、迁移和富集，提供了客观可能性。据钾氩法年龄测定资料，矿山村矿田成矿岩体形成年龄为129—124 Ma，而矿化形成年龄为113—101 Ma。

闪长岩-二长岩岩体上隆或突出部位，往往是减压释放带，它为岩浆晚期与期后铁质和气液迁移、聚集和沉淀提供了通道和储存的条件，并控制蚀变矿物组合的分带与铁矿床的形成。

交代作用各阶段的蚀变矿物特征，明显反映铁矿床形成时的地质环境和物理化学条件。在氧逸度较高，富含钠及挥发组分氯等的含矿岩浆缓慢结晶冷却过程中，从岩浆中析出的钠、硅、氟、氯及水等沿减压释放带压力梯度小的方向迁移、聚集。当压力释放后，气液中钠、硅达到一定浓度。温度在500℃以上条件时，这种气液与已固结的铝硅酸盐发生钠交代作用，形成以钠长石为主的交代岩。钠化过程中萃取了铝硅酸盐中的铁、钾、钙及镁等组分。铁质以 $(K, Na)[Fe(Cl, F)_4]$ 、 $(K, Na)_2[Fe(Cl, F)_4]$ 、 $Na[FeCl(OH)_3]$ 、 $K[FeF(OH)_3]$ 等络合物形式转入气液中向减压释放带压力梯度小的方向牵移、聚集。当温度逐渐下降时，这种气液交代钠长岩与碳酸盐岩，而形成以方柱石为主的内矽卡岩带，和以透辉石或钙铁榴石为主的外矽卡岩带。

磁铁矿特征表明其大量晶出是在气液相转向液相的过渡阶段，它是交代透辉石及富钙镁



碳酸盐矿物的一种蚀变矿物。磁铁矿与黄铁矿、透辉石、金云母伴生，但少见铜的硫化物，说明成矿属高氧低硫的华北地台区一种典型矽卡岩型铁矿成矿环境。

富钾、氟、镁而贫铁的金云母，表明其形成与磁铁矿沉淀关系密切。磁铁矿的大量形成，使热液中逐渐富含 $K^+$ 、 $F^-$ 、 $Cl^-$ 及 $(OH)^-$ 等组分。磁铁矿晶出越多，上述组分在热液中的浓度就越高，并交代透辉石、磁铁矿形成金云母。所以金云母化强度同矽卡岩型铁矿规模成正向相关。

表9表明钠化过程中铁、钾、钙及镁带出和硅、钠等的带入。经计算钠化析出的铁质总量与接触带铁矿储量基本相当。

综上所述，蚀变矿物学特征研究，不仅可揭示矿床形成的物理化学条件及其演化的规律，并对铁矿床的找矿评价具有重要的标志作用。

表9 邯邢地区蚀变岩与原岩成分(%)对比

Table 9. Comparison in chemical composition between altered rocks and original rocks in Hanxing area

序号	1	2	3	4	5	6	7	8
岩石名称	灰岩	金云母矽卡岩	透辉石矽卡岩	石榴石矽卡岩	方柱石矽卡岩	矽卡岩化钠长石岩	钠长石岩	闪长岩
SiO <sub>2</sub>	$\frac{5.71^*}{2.10}$	$\frac{119.13}{41.80}$	$\frac{172}{51.54}$	$\frac{121.1}{32.75}$	$\frac{154.2}{56.90}$	$\frac{149.1}{56.27}$	$\frac{164.8}{63.39}$	$\frac{156.5}{57.80}$
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$\frac{0.844}{0.31}$	$\frac{30.32}{10.64}$	$\frac{3.36}{1.01}$	$\frac{10.32}{2.79}$	$\frac{58.73}{21.67}$	$\frac{43.1}{16.26}$	$\frac{40.7}{15.67}$	$\frac{44.3}{16.38}$
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$\frac{0.218}{0.08}$	$\frac{1.94}{0.67}$	$\frac{9.22}{2.77}$	$\frac{97.90}{26.46}$	$\frac{0.271}{0.10}$	$\frac{3.89}{1.47}$	$\frac{1.59}{0.61}$	$\frac{10.09}{3.72}$
FeO	$\frac{0.245}{0.09}$	$\frac{5.53}{1.94}$	$\frac{17.80}{5.35}$	$\frac{4.63}{1.25}$	$\frac{0.35}{0.13}$	$\frac{5.06}{1.91}$	$\frac{4.39}{1.68}$	$\frac{6.21}{2.29}$
MgO	$\frac{2.64}{0.97}$	$\frac{75.96}{25.95}$	$\frac{47.70}{14.32}$	$\frac{2.26}{0.61}$	$\frac{0.73}{0.27}$	$\frac{10.46}{3.95}$	$\frac{7.8}{3.0}$	$\frac{9.11}{3.36}$
CaO	$\frac{145.3}{53.49}$	$\frac{2.34}{0.82}$	$\frac{73.10}{21.95}$	$\frac{116.90}{31.59}$	$\frac{10.89}{4.02}$	$\frac{27.69}{10.45}$	$\frac{13.7}{5.27}$	$\frac{15.32}{5.66}$
K <sub>2</sub> O	$\frac{0.871}{0.32}$	$\frac{26.25}{9.21}$	$\frac{0.263}{0.079}$	$\frac{0.333}{0.09}$	$\frac{7.64}{2.82}$	$\frac{1.56}{0.59}$	$\frac{0.73}{0.28}$	$\frac{4.15}{1.53}$
Na <sub>2</sub> O	$\frac{0.109}{0.04}$	$\frac{0.49}{0.17}$	$\frac{2.40}{0.72}$	$\frac{0.555}{0.15}$	$\frac{20.52}{7.57}$	$\frac{15.50}{5.85}$	$\frac{21.55}{8.29}$	$\frac{15.5}{5.72}$
F	—	$\frac{5.36}{1.88}$	—	—	$\frac{0.027}{0.01}$	—	—	—
Cl	—	—	—	—	$\frac{4.63}{1.71}$	—	—	—
H <sub>2</sub> O*	—	$\frac{15.90}{5.58}$	—	—	$\frac{5.66}{2.09}$	—	—	—
体重	2.72	2.85	3.30	3.70	2.71	2.65	2.60	2.71

\* 分子表示质量百分比×体重(单位g/100cm<sup>3</sup>)，分母表示质量百分比

## 主要参考文献

- [1] 沈保丰 1981 冀南邯邢式铁矿成矿地质条件分析 地质学报 第55卷 第2期
- [2] 蔡本俊 1983 中奥陶统蒸发岩对邯邢式铁矿床的控制 矿物岩石 第3卷 第4期
- [3] 许晓峰 1965 山东某闪长岩侵入体呈两次侵入的证据及其与矽卡岩型铁矿床的成因 地质论评 第23卷 第6期
- [4] 许晓峰 1966 就中性及中酸性侵入岩的化学特征论若干矽卡岩型铜、铁矿床的成矿专属性 地质论评 第24卷 第2期
- [5] 赵一鸣、毕承恩、李大新 1983 中国主要矽卡岩铁矿床的挥发组分和碱质交代特征及其在成矿中的作用 地质论评 第29卷 第1期
- [6] 沈保丰、陆松年、于恩泽、单莲芳、郁建华 1977 某区磁铁矿床中钠质交代作用的特征及其找矿意义 地质科学 第3期
- [7] 赵斌 1975 钙铁辉石、透辉石和钙铁榴石变化的实验研究 地球化学 第1期
- [8] 李九玲 1979 闪长玢岩钠长石化的实验研究 地质学报 第1期
- [9] 王玉荣 1981 碱交代与铁矿形成的地球化学机理探讨 地球化学 第1期

## A TENTATIVE DISCUSSION ON THE FORMATION OF THE HANXING TYPE IRON DEPOSITS IN THE LIGHT OF ALTERATION MINERALOGY

Xu Xiaofeng

(North China Geological Exploration Corp., China National Nonferrous Metals Industry Corporation, Tianjin)

### Abstract

A study on alteration mineralogy of the Hanxing type iron deposits suggests that their iron substance and gas-fluids were mainly derived from the ore-related diorite-monzonite bodies at small depths.

During its emplacement, the Yanshanian magma contaminated and assimilated Middle Ordovician evaporite-bearing carbonate rocks and thus formed such volatile-rich accessory minerals as fluor- (chlor-) apatite, tourmaline and pyromorphite as well as andesine with anti-zonal structure, suggesting that, as the magma was rich in sodium and volatile components (Table 1, 8, 9), it served as the main material source for late and post-magmatic stage albitization, skarnization and hydrothermal activities.

The intensity of albitization usually implies the size of iron deposits. During the albitization, iron, potassium, calcium and magnesium were extracted from aluminosilicate (Table 9), and iron substance was transferred into gas and hydrothermal fluids in the form of complexes  $(K, Na)[Fe(Cl, F)_4]$  and  $(K, Na)_2[Fe(Cl, F)_4]$  and then migrated towards and concentrated at the decompression-discharge

zone. Calculation shows that iron amount released in the process of albitization is approximately equivalent to proved iron reserves at the contact zone.

After albitization, the gradually decreasing temperature led to the variation in components of gas and liquids, and these gas and liquids originally accumulated at the decompression-discharge zone in the uplifted or protruding position of the rock body replaced albitite and Ca-Mg rich carbonate rocks, forming endo-skarn zone dominated by scapolite (Table 2) and exocontact zone dominated by diopside (Table 3) and andradite (Table 4).

Large quantities of magnetite were formed through replacement of diopside and carbonate rocks at the above-described position during the transition from gas-liquid phase to liquid phase.

With the crystallization of magnetite in considerable quantities, such components as  $K^+$ ,  $F^-$ ,  $Cl^-$  and  $(OH)^-$  were progressively accumulated in hydrothermal fluids, and the more magnetite was formed, the higher the concentration of these components, which replaced magnetite and diopside to form increasing amounts of phlogopite rich in potassium, fluorine and magnesium and poor in iron (Table 6). The intensity of phlogopitization is therefore frequently in direct proportion to the size of the ore deposit. The decompression-discharge zone formed at the uplifted or protruding contact zone of the rock body and the associated fractures and fissures constituted an important structural condition governing the unceasing activation, migration and accumulation of iron substance as well as regulation of pressure and acceleration of alteration and metasomatism. This structural condition was constantly effective from the pneumato-hydrothermal stage. Although belonging to different metasomatic stages, albitization, skarnization and hydrothermal alteration were actually a unified process of the entire alteration and metasomatic mineralization.

The characteristics of alteration mineralogy not only bring to light some regularities of geological environment, physical-chemical conditions and evolution of this deposit, but also serve as important indicators in prospecting and appraisal of the Hanxing type iron deposits.