

# 承德地区超贫钒钛磁铁矿矿石特征

孙绍利<sup>[1]</sup> 陈立武<sup>[2]</sup> 徐连勇<sup>[1]</sup> 王 臣<sup>[3]</sup>

〔1〕承德市国土资源规划设计院 河北·承德 067000；

〔2〕承德市地质矿产勘查开发局 河北·承德 067000；

〔3〕承德市国土资源局 河北·承德 067000）

**摘 要** 通过对已有资料的收集与野外调研,总结承德地区超贫钒钛磁铁矿矿石特征,为承德地区钒钛资源勘查及其资源远景规划提供参考资料。

**关键词** 承德 超贫钒钛磁铁矿 矿石 特征

中图分类号 P61

文献标识码 A

文章编号 :1007-3973(2013)004-112-03

超贫磁铁矿是指“达不到现行铁矿地质勘查规范边界品位要求,在当前技术经济条件下可以进行开发利用的含铁岩石的统称”。一般矿石品位  $TFe < 20\%$ ,需通过选矿工艺使其人为富集成为富矿后予以利用的贫矿。按主要物质成分划分为:超贫磁铁矿(指沉积变质型的磁铁矿石岩)、超贫钒钛磁铁矿(超基性岩型为主)、超贫磷铁矿(指基性岩型和变质角闪岩型超贫铁矿)三类。承德以超贫钒钛磁铁矿、超贫磷铁矿为主,资源储量极为丰富,且分布较为集中,开发规模也较大。超贫钒钛磁铁矿中除主要含铁组份外,还含有钒、钛、磷、硫、钴、铬等组份,具有一定的综合利用价值。现将承德地区超贫钒钛磁铁矿矿石特征总结汇总,以供地质工作者参考。

承德市最具代表性超贫钒钛磁铁矿矿区主要有:滦平县铁马矿区、承德市双滦北梁矿区、平泉县刁窝矿区、平泉县娘娘庙矿区、宽城县孤山子矿区、隆化县韩麻营及丰宁县前营等矿区。通过对上述矿区采取相应分析测试样品进行实验室分析、试验,总结出承德地区超贫钒钛磁铁矿矿石特征,试验样分布遍及承德地区内主要成矿地带,涵盖了当前承德市超贫钒钛磁铁矿床的主要勘查区块和主要开发矿区,具有广泛的代表性。

## 1 矿石自然类型及有用组分含量

**铁马矿区:**辉石角闪石岩型超贫钒钛磁铁矿矿石。有用组分含量  $TFe 18.66\%$ ,  $mFe 9.45\%$ ,  $V_2O_5 0.13\%$ ,  $TiO_2 3.35\%$ ,  $P_2O_5 2.74\%$ 。

**北梁矿区:**苏长岩型超贫钒钛磁铁矿矿石。有用组分含量  $TFe 20.71\%$ ,  $mFe 7.52\%$ ,  $V_2O_5 0.18\%$ ,  $TiO_2 5.77\%$ ,  $P_2O_5 3.35\%$ 。

**刁窝矿区:**橄榄二辉辉长岩型超贫钒钛磁铁矿矿石。有用组分含量  $TFe 13.54\%$ ,  $mFe 5.72\%$ ,  $V_2O_5 0.096\%$ ,  $TiO_2 1.94\%$ ,  $P_2O_5 0.70\%$ 。

**娘娘庙矿区:**橄辉角闪石岩型超贫钒钛磁铁矿矿石。有用组分含量  $TFe 16.33\%$ ,  $mFe 7.40\%$ ,  $V_2O_5 0.066\%$ ,  $TiO_2 1.09\%$ ,  $P_2O_5 0.59\%$ 。

**前营矿区:**含磷辉石角闪石岩型超贫钒钛磁铁矿矿石。有用组分含量  $TFe 19.45\%$ ,  $mFe 11.25\%$ ,  $V_2O_5 0.16\%$ ,  $TiO_2 2.51\%$ ,  $P_2O_5 1.32\%$ 。

**韩麻营矿区:**含磷辉石角闪石岩型超贫钒钛磁铁矿矿石。有用组分含量  $TFe 15.76\%$ ,  $mFe 6.45\%$ ,  $V_2O_5 0.12\%$ ,  $TiO_2 1.81\%$ ,  $P_2O_5 1.71\%$ 。

**孤山子矿区:**角闪石岩类型超贫钒钛磁铁矿矿石。有用组分含量  $TFe 15.36\%$ ,  $mFe 7.85\%$ ,  $V_2O_5 0.12\%$ ,  $TiO_2 1.69\%$ ,  $P_2O_5 1.21\%$ 。

## 2 矿物组合特征及含量

区内超基性岩型超贫钒钛磁铁矿,矿石自然类型虽然不同,但其矿物成份与组合特征基本类似,只是矿物相对含量及种类存在差异而已。综合区域地质勘查成果,并根据现有选矿试验报告中对矿石物质组成的研究结果,现将区内超基性岩型超贫磁铁矿矿石的矿物成分组合及含量,归纳整理列表如表 1。

表 1 矿物成分组合及含量表

组合特征 矿物成分	主要	次要	微量	表生	蚀变	合计含量
金属矿物	磁铁矿 钛磁铁矿 钛铁矿	钒钛磁铁矿 黄铁矿 赤铁矿	黄铜矿 磁黄铁矿 金红石	褐铁矿 孔雀石 铜蓝	褐铁矿 孔雀石 赤铁矿	10~26%
非金属矿物	普通角闪石 单斜辉石 紫苏辉石 斜长石 磷灰石	斜长石 磷灰石 黑云母 橄榄石 石英	榍石 锆石 滑石 阳起石 方解石	高岭土	绿泥石 绿帘石 纤闪石 透闪石 黝帘石 蛇纹石 绢云母 方解石	74~90%

## 3 矿石的结构构造

岩矿鉴定标本采自选矿样品中,由于同属超贫(含钒钛磷)磁铁矿矿石类型,因此表现在矿石的结构构造上有许多共性和规律性。矿石的结构构造有晶粒结构、交代结构、海绵陨铁结构、希勒结构、固溶体分解结构,构造有浸染状构造、斑杂状

构造及块状构造。

### 3.1 晶粒状结构

(1) 磁铁矿：呈半自形 - 它形晶粒状结构，其粒度与造岩矿物的结晶条件相关。粒度粗细不等，一般为 0.01-0.65mm，呈稀疏浸染状分布矿石中。粗粒最大达 1.5mm，见于孤山子矿区斑杂状矿石中，最细粒仅 0.005mm，见于娘娘庙矿区蛇纹石交代脉石析出的细粒磁铁矿。磁铁矿常与钛铁矿紧密连生，也有细粒钛铁矿片晶分布磁铁矿中，片晶宽度 0.005-0.025mm。磁铁矿还有以细短针状、微粒状分布于辉石颗粒中，它们粒度极细不易解离。

(2) 钛铁矿：呈半自形 - 它形晶粒结构，粒径一般为 0.02-0.55mm，钛铁矿呈单体或颗粒集合体零星分布，或与磁铁矿紧密连生。钛铁矿同时被赤铁矿和脉石矿物交代现象普遍。

(3) 磷灰石：呈自形 - 半自形晶粒，粒径一般为 0.01-0.65mm，磷灰石呈粒状，粒径可达  $2.24 \times 3.00$ mm，可包含于铁钛矿物及脉石矿物中。另磷灰石有聚集呈团块状分布的现象，这部分磷灰石结晶程度较差，彼此紧密嵌生。

(4) 硫化物金属矿物：见有黄铁矿、黄铜矿和斑铜矿，含量极少，均呈它形粒状晶粒结构，粒度细小，呈星散状分布于脉石颗粒间或包于磁铁矿中。黄铁矿等常被褐铁矿交代，而呈交代残留或交代假象结构。

### 3.2 交代结构

(1) 磁铁矿沿解理方向被赤铁矿交代的强度不一。交代较弱的：赤铁矿仅沿磁铁矿颗粒边缘或裂隙双晶交代；交代中等的：赤铁矿呈云雾状交代磁铁矿或赤铁矿呈细小针状沿磁铁矿八面体面交代，有些部位相互攀搭成网络状或磁铁矿呈不规则粒状残留于赤铁矿中；交代强的：磁铁矿完全被赤铁矿交代，呈现磁铁矿的假象。

(2) 钛铁矿被赤铁矿交代：赤铁矿呈云雾状交代钛铁矿，赤铁矿呈长针状单行定向排列于钛铁矿中。

(3) 硫化物被褐铁矿交代：硫化物可呈残留体于褐铁矿中或硫化物完全被褐铁矿交代，仅呈其假象存在。

(4) 脉石矿物间交代：娘娘庙矿区可见蛇纹石交代脉石析出细粒(0.005mm)磁铁矿现象。

### 3.3 海绵陨铁结构

早期结晶辉石晶粒间充填稍后结晶的不规则粒状铁矿物似胶结物。呈海绵陨铁结构，磷灰石则分布于辉石和铁矿物粒间。

### 3.4 希勒结构

前营矿区镜下所见沿辉石角闪石的解理方向，有规律的分布着磁铁矿或钛铁矿等小晶体，有沿两组解理分布的，也有沿一组解理方向分布的。

### 3.5 包含结构

矿石中部分磷灰石被铁钛矿物或其它脉石矿物所包裹，主要为角闪石、纤闪石、斜长石及黑云母等。

### 3.6 固溶体分离结构

磁铁矿中含少量的钛铁矿片晶，片晶极窄，系固溶体分离的产物。

### 3.7 星散 - 稀疏浸染状构造

矿石中含钒钛磁铁矿及磷灰石呈星散 - 稀疏浸染状均匀分散分布于脉石矿物中，表现出超贫钒钛磁铁矿矿石矿化的普遍规律。

### 3.8 斑杂状构造

反映出矿石中有用矿物不均匀或局部较为集中分布的构造形式。是超基性岩体的边缘相通常具有的矿化特征。

### 4 有用矿物的嵌布特征

超贫钒钛磁铁矿中有用矿物主要是指磁铁矿、钛铁矿及磷灰石等有关的独立矿物或赋存于其中元素的矿物。

磁铁矿：呈自形—它形晶粒状，粒度大小不均匀，一般粒度为 0.02-0.65mm，最大可达 1.50mm，最小为 0.01mm。磁铁矿在矿石中的分布较为均匀，呈星散浸染状或稀疏浸染状分布，局部呈斑杂状与钛铁矿紧密连生。磁铁矿有被赤铁矿交代的现象，交代现象在矿石中的分布不一，主要见于原采区的矿石中。交代的强弱不等，交代较弱的：赤铁矿仅沿磁铁矿颗粒边缘或极少的八面体交代，在磁铁矿颗粒边缘形成不规则断续的窄边或零星的赤铁矿片晶分布；交代较强的：赤铁矿片晶呈长针状或短针状，沿磁铁矿八面体分布，形成网格状构造，少量的赤铁矿云雾状分布于磁铁矿中。磁铁矿颗粒孔洞、裂隙发育。

钛铁矿：呈半自形板状或它形粒状，粒度一般为 0.05 ~ 0.36mm，少数呈单体颗粒分布，或与磁铁矿紧密连生，呈浸染状分布于矿石中。钛铁矿颗粒完整，无蚀变。分布于辉石、角闪石中的针状或尘点状铁、钛矿物，经电子探针分析，为磁铁矿、钛铁矿和钛铁晶石，粒度非常细小，沿辉石、角闪石的解理、裂隙定向分布。

黄铁矿：在矿石中有两种形式，一种为它形粒状，粒度一般细小，为 0.20 ~ 0.04mm，零星分布；另一种呈似胶状构造，黄铁矿集合体具胶体矿物所持有的平行弯曲条带，分布呈扇形，或呈颗粒中空，颗粒边缘仅有一圈不规则的黄铁矿环带。还有一些黄铁矿呈树枝状，沿脉石的裂隙和磁铁矿裂隙、孔洞分布。许多它形粒状的黄铁矿被褐铁矿强烈交代的，呈其假象颗粒，黄铁矿被褐铁矿交代不强烈的，呈其残留体分布于褐铁矿中。

磁黄铁矿：呈它形粒状，粒度大小不一，粒度一般为 0.10 ~ 0.15mm，分布极不均匀，偶见与黄铁矿连生，被褐铁矿交代，呈交代残留或交代假象结构。

磷灰石：自形~它形晶柱状、粒状，粒度大小不等，细粒见于铁马矿区粒径 0.01-0.2mm，粗粒见于孤山子矿区粒径达

2.24mm。粒度一般为0.06 ~ 0.60mm,呈单体或集合体分布于铁矿物、辉石、角闪石等矿物粒间或包于铁矿物中。磷灰石裂纹发育,有的被磁铁矿或脉石矿物包裹。

### 5 铁、钛、磷、硫、钴和钒的赋存状态

根据镜下鉴定,矿物的相对含量、化学物相分析和电子探针分析,可以得到主要有用元素的赋存状态及分布规律。

铁(Fe)主要以氧化物—磁铁矿和钛铁矿形式出现,其次是赤铁矿和褐铁矿,约占总量的74%,其中磁铁矿中的铁占51%,钛铁矿中的铁占9%,赤铁矿和褐铁矿的铁占14%,硫化物中也含有一部分铁,以黄铁矿、磁黄铁矿和黄铜矿的形式出现,约占铁总量的2.5%,另外约23%的铁分布于硅酸盐矿物

中,以角闪石、辉石为主,少见黑云母。磁铁矿、钛铁矿和硫化物矿物中的铁元素面分布图,铁呈密集均匀地分布,显示了磁铁矿、钛铁矿和金属硫化物矿物的颗粒外形,而分布在角闪石、辉石和黑云母中的铁则呈均匀稀疏的分布,其矿物颗粒外形不明显。

磷(P)主要赋存于磷灰石中,呈独立矿物存在,约占总量的99%以上。磷灰石中的磷元素,密集均匀的分布,很好地显示了磷灰石的颗粒外形。电子探针分析可见磁铁矿、钛铁矿和角闪石等含有极少的磷元素,应为磷灰石在以上矿物中的显微包体。

钛(Ti)主要以氧化物—钛铁矿独立矿物存在,其中的钛约占总量的81%,其次约19%的钛以分散状态分布于角闪石、辉石和黑云母中。当钛是钛铁矿的基本组成元素时,钛的面分布图密集均匀,显示钛铁矿的颗粒轮廓,特别呈片晶状分布于磁铁矿中的钛,也能清晰的表现出片晶的形态。被云雾状赤铁矿交代的钛铁矿,交代不彻底时,在钛的面分布图上可见其钛的薄壳状外壳。分布于硅酸盐矿物中的钛元素,表现为均匀分散。

硫(S)在矿石中的含量很低,镜下也仅观察到少量的黄铁矿、磁黄铁矿和黄铜矿,是赋存硫元素的矿物。黄铁矿中硫元素分布密集均匀,显示黄铁矿的轮廓。

钴(Co)在矿石中的含量很低,主要赋存于硫化物矿物中,钴元素均分布于硫化物矿物中。另外,磁铁矿中也含少量的钴,是由于背景值干扰所致,不能表明磁铁矿中钴的分布状态。

钒(V)矿石中钒的含量普遍很低,电子探针分析结果显示,磷灰石和褐铁矿中还含有钒,钒的面分布稀疏的点,由于是背景值的影响,不能表明钒的分布状态。

### 6 矿石的化学组成

为了从整体上反映区内超贫钒钛磁铁矿矿石的化学组成特征,根据目前搜集到相关矿区选矿实验样品所做的原矿光谱半定量分析、原矿多元素分析及原矿铁、钛物相分析结果,现整理归纳以下四个汇总表(表2、表3、表4、表5)。

### 参考文献:

- [1] 河北省地质矿产局.河北省北京市天津市区域地质志[M].北京:地质出版社,1989.
- [2] 河北省地质局.河北省北京市天津市区域矿产总结[G].1986.
- [3] 河北地质四队.河北省超低品位铁矿(承德地区)调查报告[R].2003.
- [4] 河北省国土资源厅.河北矿产资源形势分析报告[R].2005.
- [5] 承德市国土资源规划设计院.河北省承德市超贫钒钛磁铁矿、钛、磷等元素综合回收利用研究报告[R].2007.
- [6] 河北省质量技术监督局.超贫磁铁矿勘查技术规范[S].2011.

表2 原矿光谱半定量分析结果汇总表

元素	As	Be	P	Zr	Ba	Zn	Cu	Po
含量	<100	<1.0	4000 5000 6000 10000	<100	200 300 500	100 200	200 250 300	10 15
元素	Cr	Ni	Co	Ti	Mn	Mo	V	Ag
含量	40 50 60	30 40 100	40 50 80	4000 5000 6000	1000 2000	20	100 150 500 600	1.0
元素	Sn	Sr	Ga	Si*	Au	Ca*	Mg*	Fe*
含量	<10	100 200	10 15	>10	8	>3	>2	>10

注:1、单位为 $10^{-6}$ 加\*的元素含量为 $10^{-2}$ 。

2、表内P含量高值为北梁矿区,Ti含量高值系娘娘庙矿区,Cr、Ni、Co相对含量较高者是刁窝矿区。

表3 原矿多元素分析结果汇总表

项目	TFe	平均	FeO	平均	SiO <sub>2</sub>	平均	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	平均	CaO	平均
含量	13.54-20.65 (16.68)	17.01	7.40-13.87	10.12	32.25-41.50 (35.83)	36.52	3.24-12.99 (6.78)	7.67	7.68-15.07 (16.68)	10.77
项目	K <sub>2</sub> O	平均	Na <sub>2</sub> O	平均	Cu	平均	Pb	平均	Zn	平均
含量	0.23-0.78	0.45	0.28-1.78	1.10	0.007-0.023	0.02	0.012-0.014	0.013	0.011-0.088	0.04
项目	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	平均	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	平均	TiO <sub>2</sub>	平均	MgO	平均	S	平均
含量	0.36-3.03 (1.41)	1.61	0.066-0.132	0.109	1.09-5.77 (2.00)	2.93	6.05-10.45	8.68	0.05-0.14	0.09

表4 原矿铁的物相分析结果汇总表(%)

物相分析	含量范围	平均	分布率范围	平均	符号
磁性铁中的铁	5.36—11.92 8.51	8.52	35.07—72.99	49.60	mFe
赤(褐)铁矿中的铁	1.54—7.02 3.30	3.95	9.43—6.03 21.15	21.45	oFe
硅酸铁中的铁	2.36—6.03	4.22	4.49—14.45—29.47	23.10	SiFe
菱铁矿中的铁	0.19—0.32—1.57	0.69	0.92—4.15—11.62	4.56	cFe
硫化铁中的铁	0.13—0.50	0.31	0.39—0.80—2.68	1.29	sFe
全铁	13.51—16.68—20.68	16.95			TFe

表5 原矿钛的物相分析结果汇总表(%)

TiO <sub>2</sub>	平均含量	钛铁矿中的钛	平均	金矿中的钛	平均	其他矿物中的钛 (含钛磁铁矿)	平均
含量范围	1.09-5.77	1.09-4.85	3.08	0.062-0.18	0.15	0.006-0.69	0.47
分布率范围	0-100	76.15-95.63	83.25	2.47-10.22	2.97	0.35-20.82	11.20
全钛	2.55						