

峨口铁矿中硫化物的特征与成因研究

徐勇

乔葆 王蔚 王璞珺

(鞍山冶金设计研究院, 鞍山 114000)

(长春地质学院, 长春 130026)

摘要 硫是铁矿中的有害元素。峨口铁矿中硫主要以磁黄铁矿和黄铁矿两种形式存在。本区硫化物有三个形成期次。第一期为变质作用形成的星点状硫化物; 第二期为变质后热液阶段形成的脉状硫化物; 第三期为后期热液阶段形成的裂隙充填式硫化物。硫同位素研究表明, 虽然硫化物主要有三个期次, 但硫的来源是一致的, 均来源于基性-超基性火山岩, 经原岩恢复为深海相拉斑玄武岩。矿石及近矿围岩中硫化物的硫均来自于矿段本身。

关键词 铁矿 硫化物成因 同位素

峨口铁矿又称山羊坪铁矿, 位于山西省代县聂营乡山羊坪村, 是目前太钢生产的主要矿石原料基地。峨口铁矿石以磁铁矿为主, 含有碳酸铁及部分硅酸铁。近年来, 发现峨口铁矿生产的铁精矿中硫的含量可高达0.8%~1%, 大大超过了0.3%的规定指标。超标硫使太钢生产的特种钢质量下降。而且随着采场降深, 硫的含量呈增高趋势。所以搞清峨口铁矿硫的赋存状态和成因, 对降硫、稳硫, 提高钢的质量均具有重要意义。

1 矿区地质概况与采样

山羊坪矿区位于五台凸起的西北隅。矿床产于太古界五台群石嘴亚群文溪组顶部。岩性以斜长角闪岩为主, 夹磁铁石英岩和少量绢云母片岩; 但在矿区岩性递变为以绿泥石片岩为主, 夹磁铁石英岩、绢云母片岩和绿泥角闪片岩等。

矿区褶皱十分发育, 主要为一倒转复式向斜。褶皱对区内铁矿有重要控制作用, 紧密褶皱或褶皱转折部位, 矿体厚度成倍增加。

区内断裂活动均发生在成矿之后。主要有四组断层。除山羊坪正断层对矿体有一定破坏作用外, 其它三组断层对矿体影响不大。

山羊坪铁矿床属于大型磁铁石英岩型贫铁矿床。含矿层赋存于云母石英片岩类和绿泥石英片岩类岩层中, 与围岩整合接触, 界线清楚。

按照脉石矿物和铁矿物的种类及含量, 本区矿石类型可以分成两种: 含碳酸盐磁铁石英岩型(简称石英型)和含碳酸盐镁铁闪石磁铁石英岩型(简称闪石型)。本次采样以采集石英型和闪石型矿石样品为主, 同时兼顾顶底板和夹层样品; 采集地表样品 193 块, 钻孔样品 3272 块。

第一作者简介 徐勇男 33岁 高级工程师 矿床学专业 已发表“泉头组沉积特征与古河流再造”等论文
收稿日期 1996-04-16

2 矿石的物质组成

按氧化程度本区可分为氧化矿带和原生矿带。根据剖面观测、光片和薄片鉴定, X 光衍射分析和电镜能谱及电子探针分析结果, 本区矿石的矿物组成可分为金属矿物和非金属矿物两大类。氧化带的金属矿物主要为磁铁矿、褐铁矿和赤铁矿。原生带的金属矿物依次为磁铁矿、菱镁铁矿、镁菱铁矿、黄铁矿、铁白云石、白铁矿、含铁白云石、黄铜矿、含铁方解石和磁黄铁矿。非金属矿物依次为石英、普通角闪石、镁铁闪石、绿泥石、阳起石、铁闪石、黑云母、钠闪石、绢云母、白云母、绿帘石、石榴子石、锆石、斜黝帘石、钠长石和黑硬绿泥石。

矿石主要呈它形或自形粒状变晶结构, 局部见交代结构; 构造多样, 主要为条带状、皱纹状、环带状和块状等。其化学成分如表 1 所示。

表 1 山羊坪矿区铁矿石化学成分全分析结果(%)

氧化物	矿 石 类 型		氧化物	矿 石 类 型	
	石 英 型	闪 石 型		石 英 型	闪 石 型
SiO ₂	43.52	43.07	K ₂ O	0.12	0.12
Fe ₂ O ₃	18.78	22.34	Na ₂ O	0.08	0.12
FeO	17.82	20.43	SO ₃	0.73	1.10
TFe	25.91	27.07	P ₂ O ₅	0.15	0.14
Al ₂ O ₃	0.63	0.86	As ₂ O ₃	0.07	0.03
CaO	3.82	2.77	Cu	0.002	0.003
MgO	2.50	2.14	灼减	9.29	4.49
MnO	0.13	0.13	合计	97.8	97.85
TiO ₂	0.13	0.14	n=4		n=3

3 硫的赋存规律

3.1 硫化矿物种类、特征和含量

根据光片、薄片鉴定, 电子探针分析和电镜能谱分析及物相分析结果, 本区硫化矿物主要为黄铁矿(FeS₂)和磁黄铁矿(FeO-Fe_{0.8}S), 少量黄铜矿(CuFeS₂), 极少量白铁矿(FeS₂)。

硫化物有四种产出形式。一是星点状硫化物, 呈分散的星点状分布在矿石中, 尤其是脉石条带中, 自形—它形, 0.02~2 mm, 分布广泛, 以黄铁矿居多, 磁黄铁矿及黄铜矿少见。二是细脉状硫化物, 脉宽 0.2~1.5 mm, 长 > 1.5~2 m, 延长方向多与矿带一致, 少量穿切矿石条带, 分布不均匀, 以黄铁矿和磁黄铁矿为主, 含少量黄铜矿。三是后期石英脉型硫化物, 自形粗晶磁黄铁矿为主, 少量细晶黄铁矿和黄铜矿, 不规则分布, 在矿体底板和褶皱轴部比较发育, 与角闪岩脉关系密切。四是硫化物包体, 主要包裹于磁铁矿中, 次为角闪石等脉石矿物中, 数微米, 磁黄铁矿为主, 少量黄铜矿, 总的说来数量较少。

物相分析是查明元素赋存状态的有效方法。挑选 43 个矿石样品进行物相分析研究, 结果列于表 2。

表 2 矿石中铁在不同矿物相中的分配特征(%)

物相	含量范围	平均值	分配率
磁铁矿	1.2~25	18.7	63.7
磁黄铁矿	0.01~0.24	0.08	0.21
碳酸铁	1.9~13.9	6.36	24.9
硅酸铁	0.8~3.47	1.95	6.96
赤褐铁矿	0.5~2.46	0.87	3.12
黄铁矿	0.09~0.53	0.28	1.03

3.2 硫化物的微区成分与晶胞参数

电子探针法测得硫化物的微区化学组成和粉晶 X 射线分析测算的硫化物晶胞参数列于表 3。

表 3 矿石中主要类型硫化物的微区成分(%)和晶胞参数

矿物	Fe	S	Cu	As	Se	Co	Ni
黄铁矿	46.65	51.38	0.034	0.053	0.036	0.07	0.0
交代黄铁矿	51.59	47.47	0.038	0.042	0.075	0.04	0.035
磁黄铁矿	57.41	41.48	0.14	0.31	0.01	0.07	0.0
黄铜矿	32.18	31.70	34.79	0.18	0.02	0.01	0.0
矿物	Zn	Au	Ag	$a_0(\text{Å})$	$b_0(\text{Å})$	$c_0(\text{Å})$	样品数
黄铁矿	0.02	0.36	0.033	5.4170	5.4170	5.4170	9
交代黄铁矿	0.03	0.40	0.23				
磁黄铁矿	0.04	0.20	0.08	11.8804	6.8628	22.7399	2
黄铜矿	0.0	0.17	0.0				

注:交代黄铁矿是指交代脉状硫化物中的磁黄铁矿而形成的黄铁矿;反光显微镜下见交代残留磁黄铁矿位于核部,边缘为交代黄铁矿,二者界线不整,呈渐变关系

4 硫化物地球化学特征与成因

4.1 硫化物的稳定同位素地球化学特征

分离、挑选矿体和顶底板及围岩中的粗晶、细晶和细脉浸染状硫化物,进行稳定同位素分析,结果列于表 4。

表 4 峨口铁矿中硫化矿物的硫同位素分布特征($\delta^{34}\text{S}\text{‰CDT}$)

矿物	含量范围	平均值	标准偏差	样品数
黄铁矿	+1.8~-1.2	+0.7	1.18	n=6
交代黄铁矿	-1.4~-1.8	-1.58	0.18	n=5
磁黄铁矿	-1.3~-4.6	-2.95	0.87	n=10

4.2 硫化物的形成期次

峨口铁矿属鞍山式铁矿^[1]。组成矿石的矿物主要在变质期形成,原岩特征已基本消失或完全被改造^[2]。根据硫化物的组成、特征和共生规律,本区硫化物矿物可分为三个形成期次。

第一期硫化物由变质作用生成,主要是星点状硫化物。这种硫化物矿物的大小、晶形、结构、镶嵌关系等均与其它变质期形成矿物的特征一致^[3],并与其它组成铁矿的基本矿物相共生。该类硫化物主要为黄铁矿,极少量为磁黄铁矿;共生矿物有磁铁矿、菱镁铁矿、镁菱铁矿、铁白云石、含铁方解石、石英、普通角闪石、镁铁闪石、石榴子石和锆石等。这类硫化物的小晶体可呈包体赋存于典型变质期矿物——磁铁矿及角闪石中。

第二期硫化物为变质期后热液阶段形成。该期硫化物主要呈脉状,大多数具顺层充填或交代特征。共生矿物组合为黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、绿泥石、石英和菱铁矿等。其中,磁黄铁矿与黄铜矿密切共生,而黄铁矿常包绕或交代磁黄铁矿。该类硫化物的分布明显受变质期后褶皱作用控制,多集中于褶皱轴部等弱应力带,同矿石条带相平行且互不穿切。这说明硫化物是变质期后的褶皱变形期形成的,与变质期处于同一构造应力体系下^[4],而形成时间又晚于变质成矿期。

第三期硫化物为后期热液阶段形成。该期硫化物斜切(少数平行)矿石条带,边缘规整平直,沿后期构造裂隙呈充填式分布。这种硫化物一般颗粒较小,脉宽窄不一,黄铁矿和磁黄铁矿均有。石英脉型硫化物即为典型后期热液成因,与构造和岩脉关系密切;共生矿物组合为石英、绿泥石、菱铁矿、镁菱铁矿、方解石、磁黄铁矿、黄铜矿和黄铁矿等。

此外,在矿区近地表的裂隙中见到非晶质(隐晶)脉状黄铁矿,可能为表生成因的矿物。

4.3 硫化物的来源

本区硫化物 $\delta^{34}\text{S}\%$ 分布比较集中(表 4),在 $-4.6\% \sim +1.8\%$ 范围内,而且以 $-3\% \sim 1\%$ 为主(占 60%)。该值与基性岩和超基性岩的硫同位素组成相同($-3\% \sim 1\%$)^[5]。这种硫同位素分布特征($\delta^{34}\text{S}\%$ 的波动范围 $< \pm 10\%$)说明成矿源是经同位素均一化的,即各种硫化物的硫具有相同的初始来源。

本区含矿岩体——五台群,经原岩恢复为深海相拉斑玄武岩^[7]。因此,由上述硫化物的硫同位素特征可以推断,铁矿及近矿围岩硫化物中硫的来源就是含矿段本身。

虽然硫化物形成主要有三个期次,但硫的来源一致,即使是后期热液形成的硫化物,其硫源也是流体在通过围岩及矿体时淬取的,而与提供流体和热能的角闪岩脉无关。这与大多数角闪岩脉本身并无硫化物产出这一地质事实相吻合。

黄铁矿与磁黄铁矿及黄铜矿的硫同位素差异,是同一区域变质作用过程中,不同地质发展阶段同位素分馏效应的结果。黄铁矿主要形成于变质阶段,而磁黄铁矿及黄铜矿主要形成于变质后和后期热液阶段。因此,黄铁矿的硫是未经分馏的,可代表原岩的同位素组成;而磁黄铁矿的硫是经热液分馏的。因变质流体中带出的硫相对富³⁴S^[8],所以硫化物的同位素组成($\delta^{34}\text{S}\%$)呈现表 4 所示的明显规律,即黄铁矿(+0.7) > 交代黄铁矿(-1.58) > 磁黄铁矿(-2.95)。

参 考 文 献

- 1 周世泰. 鞍山一本溪地区条带状铁矿地质. 北京:地质出版社,1994
- 2 山西省地质矿产局. 山西省区域地质志. 北京:地质出版社,1989
- 3 王可南、姚培慧. 中国铁矿床综论. 北京:冶金工业出版社,1992
- 4 Cox D P, Singer D A. 矿床模式. 宋伯庆等译. 北京:地质出版社,1990
- 5 B. A. 格里年科, L. H. 格里年科. 硫同位素地球化学. 赵瑞译. 北京:科学出版社,1980
- 6 郑永飞. 热液矿床稳定同位素体系理论模式及其地球化学意义. 矿物岩石地球化学通讯, 1994, (4): 93 ~ 196
- 7 姚培慧. 中国铁矿志. 北京:冶金工业出版社,1993
- 8 Richardson S M. Mccsween JR H Y. Geochemistry. New Jersey: Prentice-Hall Inc., 1989

(下转 70 页)

- 11 [日]柴琦达雄著. 王秉忱. 周文辅. 地下水盆地管理. 闵连太等译. 北京: 地质出版社, 1982
- 12 Ward C H, Giger W, Carty P L Mc. Ground Water Quality. A Wiley—interscience Publication. John Wiley and Sons. Inc. New York. U.S. A. ,1985. 27~39,219~245

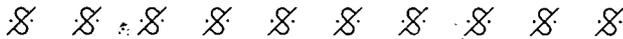
Rising Ground Water Levels—One of The Hydrogeological Problem Need to be Concerned

Liu Hongbin Yan Dongmei

(Changchun Univ. of Earth Sciences, Changchun 130026)

Abstract The problems associated with rising groundwater levels are not restricted to developed countries. A number of examples from our country are given in the context. Rising groundwater levels may be due to a number of causes. The main reason is abstraction reduced. Nature and human beings made factors can develop the rising. The lack of appreciation of hydrogeological factors has led to flooding in basement and tunnel and some structural problem. It need to be studied and predicted in China.

Key words rising groundwater levels, prevention and countermeasures, environment of geology



(上接 40 页)

Characteristics and Genseis of The Sulfide Minerals in Ekou Iron Ore (Shanxi Province, China)

Xu Yong

Qiao Bao Wang Wei Wang Pujun

(Anshan Inst. of Metallurgy Design and Research, Anshan 114000)

(Changchun Univ. of Earth Sci.)

Abstract Sulfur is an unfavourable element in iron ore. Pyrite, pyrrhotin and chalcopyrite are the sulfur minerals in Ekou iron ore. Three formation stages have been recognized for these minerals. The first is metamorphic stage resulting in dotted sulfur minerals. The second is fluid stage of late metamorphism resulting in laminated sulfur minerals. The third is hydrothermal stage after metamorphism resulting in crack - filling sulfur minerals. Isotopic study shows that all the sulfides formed in the three stages have the same sulfur provenance which is basic - ultrabasic volcanic rocks. The restoration for original pre - metamorphic rock suggest that they be tholeiite of deep marine. The sulfur in the sulfides born in iron ore and connecting rocks comes from their own sections of the ore deposits.

Key words iron ore, sulfide genesis, isotope