

新疆磁海铁(钴)矿床次火山热液成矿学^{*}

薛春纪^{1,2} 姬金生² 杨前进³

(1 中国地质科学院博士后研究流动站, 北京

2 西安工程学院, 西安 3 冶金部西北地质勘查局, 西安)

提 要: 磁海铁(钴)矿床颇具特色, 以“石榴石-透辉石-磁铁矿”为基本矿石建造; 成矿作用发生在早二叠世北山裂陷作用和火成活动晚期, 以基性次火山岩浆期后富铁流体的(交代)充填为成矿方式, 矿体产于辉绿岩体原生裂隙系统; 成矿流体的化学演化具有典型(火山)岩浆期后热液演化特点, 形成了一系列热液蚀变体, 其中石榴石透辉石岩有别于传统理解的“夕卡岩”; 成矿物质源于碱性玄武岩浆, 基性次火山岩浆多次脉动式入侵是矿床形成的必要条件。文章较系统地阐明了磁海矿床的成矿地质地球化学特征, 证实了它的次火山热液成矿特征。

关键词: 石榴石-透辉石-磁铁矿 次火山热液 铁(钴)矿床 新疆磁海

中图法分类号: P618.2

位于新疆东部的磁海铁(钴)矿床是国营大型老企业——新疆八一钢铁公司富铁矿基地, 它成矿颇具特色, 引起众学者关注, 先后提出“夕卡岩型”、“晚期岩浆型”、“玢岩型”等不同成矿观点。王可南等(1992)认为该矿床是“火山-侵入岩浆-热液充填交代矿床^[1]”, 甘肃地矿局四队(1983)提出矿床属于晚期岩浆型与夕卡岩型的组合。由于覆盖和勘探程度所限, 成矿认识分歧较大。伴随新近矿区剥离和详勘, 使作者有机会对其进行更全面成矿学研究。本文试图揭示矿床的成矿特色, 阐明它的次火山岩浆热液成因性质。

1 区域和矿区概况

磁海矿床位于天山褶皱系北山优地槽褶皱带西段, 晚古生代早中期, 本区受剥蚀, 二叠纪发生明显断陷作用, 伴随大规模的中基性岩浆活动, 构造作用表现为东西向断裂的复活, 北东东向星星峡断裂的形成, 它们都深切地壳一定深度并达到上地幔。末期发生褶皱, 矿区的构造格局即在此阶段造就^[2]。

矿区发育蓟县系平头山群(Qpn)和不整合覆于其上的下二叠统(P_1)。平头山群主要为长英质片岩类; 下二叠统从老到新由双堡塘组(P_{1s})滨海-浅海基性—中性连续火山建造和菊石滩组(P_{1j})浅海碎屑岩建造构成。岩浆活动表现为华力西晚期从火山喷发(溢)到岩浆侵入的一个连续旋回, 形成了区内巨厚火山岩层、沿火山管道入侵的次火山岩——辉绿岩及浅成辉长岩, 原始岩浆属富碱玄武岩浆。

^{*} 冶金部西北地勘局科研协作项目的部分成果

第一作者简介: 薛春纪, 男, 1962年生, 博士后, 矿床学专业。邮政编码: 100037

1998-12-25收稿, 1999-07-16修改回

甘肃省地矿局第四地质队, 1983, 新疆维吾尔自治区哈密县磁海铁矿床地质特征

2 矿体

矿体均被第四系覆盖, 经磁法圈定和钻孔控制, 矿体是由上百个大小不同, 彼此平行排列的单矿体构成的矿体群(图1), 矿体群产在辉绿岩中, 单个矿体的围岩为辉绿岩和石榴石透辉石岩。矿体以似层脉状为主, 受构造裂隙控制明显, 在平面上平行排列, 在剖面上多层重叠出现(图2)。

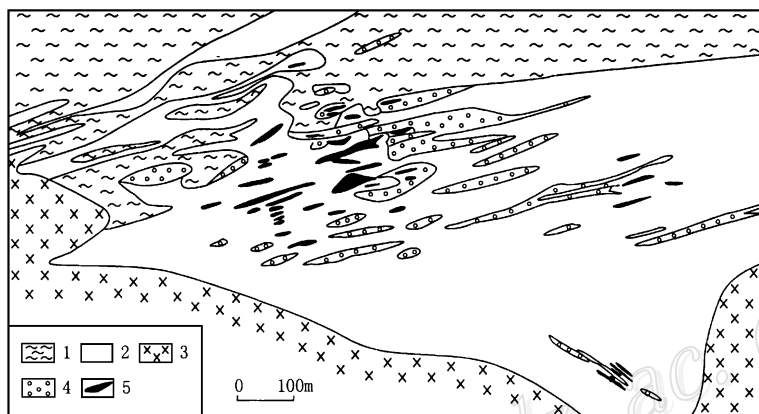


图1 磁海铁(钴)矿床基岩地质图

1—长英质片岩; 2—辉绿岩; 3—辉长岩; 4—石榴石透辉石岩; 5—磁铁矿体

Fig. 1. Bedrock geological map of the Cihai iron (cobalt) deposit.

1—Felsic schist; 2—Diabase; 3—Gabbro; 4—Garnet diopsidite; 5—Magnetite orebody.

矿体成群出现, 上部集中, 以富矿为主, 下部分散, 多贫矿; 上部矿体形态复杂, 多为脉状、网脉状、透镜状, 下部简单, 呈透镜状、似层状。这与辉绿岩体内部原生裂隙为容矿空间的特征相联系。当辉绿岩浆沿火山管道侵入而冷凝收缩时, 首先在岩体与围岩接触带的内侧形成密集的平行于接触面的层节理; 当下部岩浆向上向外脉动式多次继续入侵时, 扩张作用又形成了一系列斜交于接触面的斜节理。两组节理交汇, 就构成了岩体内部裂隙系统, 成为成矿流体自由运移、交代、富集成矿的场所。由于辉绿岩体延深大 ($> 1000\text{ m}$), 不同地段的冷却、收缩时间和程度不同, 使其中裂隙系统发育也不均匀, 形成了平行相间的裂隙发育带和不发育带, 即层带状裂隙带。当成矿流体沿这样的裂隙带交代充填时, 就形成了层带状的矿体群, 这正是磁海矿体群产出的普遍形式。

矿体群严格受辉绿岩体控制, 且二者产状形态基本吻合, 但矿体与岩体不属于同一构造空间, 两者走向上有大约 20° 夹角, 从岩体与矿体关系分析, 磁海矿床与正岩浆矿床有明显区别。作为铁矿体直接围岩的辉绿岩侵入蓟县系平头山群及下二叠统双堡塘组地层中; 在矿体产出的岩体深度上对应的地层岩性为长英质片岩; 且矿体不受岩体与围岩接触带控制, 在地层中无矿体或矿化体存在。这些特点反映磁海矿床与夕卡岩型矿床的矿体产状也显著不同。另外, 从成矿母岩角度看, 磁海矿床成矿母岩是辉绿岩, 与玢岩型铁矿床不同。

3 矿 石

3.1 矿物组成及组合

磁铁矿是最主要矿石矿物,它或者交代透辉石、石榴石构成贫矿石,或者作为富铁流体裂隙充填物构成富矿石,也可在中晚期热液活动中结晶而与硫化物共生;磁铁矿单矿物 Co、Ni、Cu 含量 (分别为 50×10^{-6} 、 30×10^{-6} 、 50×10^{-6}) 较高,反映成矿物质的深源特点, S、As 等火山射气元素含量 (分别为 100×10^{-6} 、 40×10^{-6}) 也较高。辉砷钴矿与磁黄铁矿、黝铜矿、黄铜

矿、黄铁矿等共生,是伴生钴的主要独立矿物,其化学成分及反射率见表1。磁黄铁矿是常见硫化物,多呈细脉(树枝)状、网脉状分布于磁铁矿的裂隙、晶隙之中,它常把普通辉石、普通角闪石、磁铁矿交代成假像及不规则状;单矿物中 Co、Ni、Cu 等过渡金属含量高(分别为 0.169%、0.166%、0.514%),反映火山气液作用的 Ga、B、As 等元素含量(分别为 10×10^{-6} 、 80×10^{-6} 、 70×10^{-6})也很高。石榴石经镜下观测和电子探针分析确定为钙铝榴石-钙铁榴石系列,钙铝榴石分子在 48.2%~59.15%,钙铁榴石分子为 33.00%~38.70%;它或与透辉石共生形成石榴石透辉石岩,或独立构成石榴石岩(条带),无光性异常,粒径 0.1~2 mm,是矿石中主要脉石矿物。次透辉石为均粒细晶(粒径小于 0.1 mm),常单独形成透辉石岩,交代辉绿岩中的普通辉石成残留状,和石榴石一样,也见脉状产出的次透辉石岩。

依矿石原生矿物组合,把矿石分为3种自然类型:①无水硅酸盐磁铁矿石类。是主要矿石类型,出现辉石-磁铁矿、石榴石-透辉石-磁铁矿等组合;②含水硅酸盐磁铁矿石类。出现透闪石-透辉石-磁铁矿、透闪石-方解石-磁铁矿、石榴石-磁铁矿-透闪石、石英-绿泥石-磁铁矿组合;③硫化物磁铁矿石类。主要产在矿体群中部高品位矿石集中地段,出现磁黄铁矿-磁铁矿、黄铁矿-磁黄铁矿、磁黄铁矿-黄铁矿-磁铁矿等组合。可见,磁海矿石的矿物组成和组合特点与辉绿岩明显不同,不具正岩浆矿石特点,而热液作用特点明显。

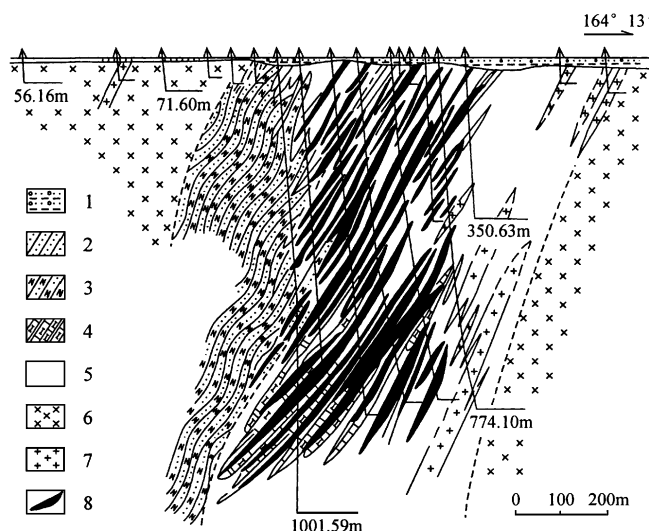


图2 磁海矿区V勘探线剖面图

1—第四系、第三系; 2—下二叠统砂岩; 3—蓟县系平头山群长英质片岩; 4—石榴石透辉石岩; 5—辉绿岩; 6—辉长岩; 7—花岗岩、石英二长岩; 8—磁铁矿矿体

Fig. 2. Geological section along V exploration line in the Cihai ore district.

1—Quaternary, Tertiary; 2—Lower Permian sandstone; 3—Felsic schist of Pingtoushan Groups of Jixian system; 4—Garnet diopsidite; 5—Diabase; 6—Gabbro; 7—Granite, quartz monzonite; 8—Magnetite orebody.

表1 辉砷钴矿的电子探针及显微光度分析结果

Table 1. Electron microprobe and microphotometer analyses of cobaltite

序 号	化学成分/%					化 学 式	反 射 率 (R)
	As	S	Co	Ni	Fe		
1	43	20	30	4	5	(Co _{0.82} , Fe _{0.14} , Ni _{0.11}) _{1.07} As _{0.91} S _{1.00}	45~49
2	38	23	32	0	7	(Co _{0.86} , Fe _{0.20}) _{1.06} As _{0.80} S _{1.18}	45~49
3	34	21	31	4	4	(Co _{0.89} , Fe _{0.18} , Ni _{0.11}) _{1.12} As _{0.77} S _{1.11}	45~49

注: 由中国地质科学院西安地质矿产研究所七室分析

3.2 组构和成矿期次

磁铁矿多块状构造, 低品位矿石中见浸染状斑杂状。脉状构造十分常见, 如分布在次透辉石岩中的磁铁矿脉、石榴石岩与次透辉石岩接触带的磁铁矿脉、沿磁铁矿裂隙分布的磁黄铁矿脉及网脉、交代磁铁矿形成的磁黄铁矿脉、沿磁铁矿与磁黄铁矿接触面交代形成的黄铜矿脉、沿磁铁矿与黄铜矿接触面交代成因的黄铁矿脉, 黄铁矿也可在磁铁矿中形成网络状脉。可见矿物生成的大致顺序是: 硅酸盐矿物—磁铁矿—磁黄铁矿—黄铜矿—黄铁矿, 反映了热液演化各阶段的特点。

矿石结构主要为结晶结构、交代结构。在结晶结构中, 自形晶结构以磁铁矿为代表, 透辉石、石榴石、透闪石也具有较高自形程度; 半自形或粒状矿物主要是磁铁矿、磁黄铁矿、黄铁矿、辉砷钴矿; 他形结构主要表现在硫化物(黄铜矿、磁黄铁矿、黝铜矿、蓝铜矿、斑铜矿等)中。交代结构有多种表现形式, 首先磁铁矿交代石榴石、次透辉石形成不规则边界; 其次表现为磁铁矿被硫化物交代及硫化物之间的交代, 如磁黄铁矿交代磁铁矿形成的浑圆状边界、交代辉石、普通角闪石形成残留解理构造、交代磁铁矿成港湾状, 黄铜矿交代磁黄铁矿产生交代残余结构和不规则边界, 而它本身又可被黄铁矿交代形成两者之间的不规则边界、被斑铜矿和蓝铜矿交代形成反应边以及被蓝铜矿交代形成交代残余结构。

综上, 作者把成矿分作两期三阶段, 即热液成矿期和表生期(表2)。热液成矿期经历3个阶段分别与3种矿石类型相对应。

3.3 化学构成

虽然矿石主要产于辉绿岩体中, 但化学成分(表3)明显不同于辉绿岩, 说明它并非正岩浆矿床。富铁矿石全铁平均54.19%, 贫铁矿石平均34.55%, 矿床中最高铁品位达67.81%。Cu、Co、Ni、As等元素主要以硫化物形式与磁铁矿伴生, 在矿体群中心部位含量较高, 钴一般含0.09%~0.015%, 其它元素均低于工业品位。

4 热液成矿的化学过程

磁海矿床另一特色是贯穿成矿过程的多种类型、强度不等、并具一定演化规律的热液蚀变, 它们从化学角度记录了热液成矿的全过程。

钠长石化: 表现为辉绿岩中基性斜长石的钠(更)长石化, 局部也见铁镁矿物的钠(更)长石化, 起因于辉绿岩浆晚期流体自交代。相应反应式为:



拉长石

辉石

钠长石

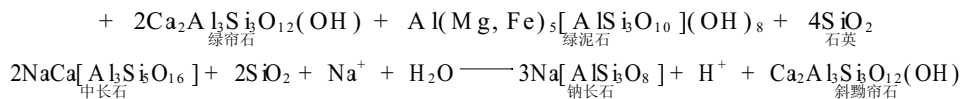


表 2 磁海铁(钴)矿床成矿期次及矿物生成顺序

Table 2. Metallogenic phases and mineral sequence of the Cihai iron (cobalt) deposit

矿物	次火山岩浆热液成矿期			表生期
	无水硅酸盐 - 磁铁矿阶段	含水硅酸盐 - 磁铁矿阶段	磁铁矿 - 硫化物阶段	
透辉石				
石榴石				
斜长石				
普通辉石				
普通角闪石				
透闪石				
黑云母				
斜黧帘石				
绿泥石				
磁铁矿				
磁赤铁矿				
石英				
钛铁矿				
磁黄铁矿				
辉砷钴矿				
黄铜矿				
黄铁矿				
闪锌矿				
斑铜矿				
黧铜矿				
蓝铜矿				
菱铁矿				
方解石				
孔雀石				
自然铅				
褐铁矿				

表 3 磁海矿石及辉绿岩主要化学成分 (%)

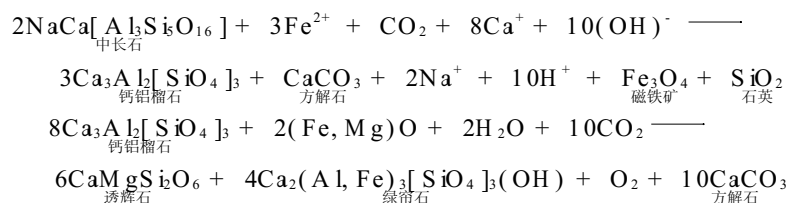
Table 3. Major chemical composition of ores and diabase from Cihai

矿(岩)石类型	TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	MnO	CaO	TiO ₂	S	P	Co	Cu	Ni	Ga
富磁铁矿石 (5)	54.19	9.10	2.08	1.98	0.49	5.36	0.36	0.84	0.07	0.0107	0.019	0.009	0.002
贫磁铁矿石 (6)	34.55	19.74	3.78	2.63	0.21	12.06	0.36	3.17	0.12	0.0112	0.076	0.023	0.001
磁海辉绿岩 (5)	8.47	51.41	14.31	5.46	0.18	9.95	1.93	0.08	0.11	0.004	0.006	0.007	0.010
辉绿岩均值 ^①	11.26	50.48	15.34	5.79	0.20	8.94	1.45		0.11				

① 据戴里 (1956), 其余样品均由中国地质科学院西安地质矿产研究所分析; 括号内为样品数

钠长石化分布广, 但强度小, 原岩基本面貌未彻底改变, 且有相当数量的生成时间在磁铁矿化以后, 要直接通过钠长石化从原岩中提取形成上亿吨矿石的铁质, 不论从蚀变强度, 还是原岩规模看都难以理解; 另外, 以富铁矿为主体的磁海铁矿石具有明显富铁流体充填性质。钠长石化不是重要成矿作用。

石榴石-透辉石化: 指辉绿岩浆期后流体对辉绿岩、部分辉长岩及长英质片岩类交代形成石榴石、透辉石、透闪石、碳酸盐等(前人称为夕卡岩)矿物组合的化学过程, 反应式为:

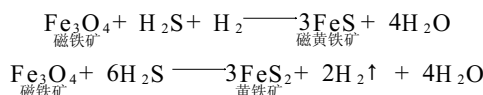


该蚀变体与磁铁矿密切共生, 分布远大于磁铁矿体的范围, 且成为矿体直接围岩(在不同岩性围岩中占32%)。然而, 磁铁矿化越强烈, 石榴石透辉石化反而减弱或不发育, 反之亦然。在南矿带北侧, 地表石榴石透辉石化范围达0.8 km², 而地表及深部均无磁铁矿富集。表明该类蚀变并非直接成矿作用, 仅为岩浆期后流体演化中与磁铁矿形成作用有某种关联的化学过程。

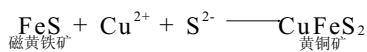
其实, 磁海矿床矿体群由磁铁矿体、石榴石透辉石岩及辉绿岩组成, 矿体或产在石榴石透辉石岩之中, 或产在辉绿岩之中, 也可产在两者的过渡部位。石榴石透辉石岩作为矿体围岩时, 两者或过渡、或互层, 反映两者或同时形成, 或者磁铁矿稍晚于石榴石、透辉石形成。作者认为两者应是在统一流体系统作用下相似地质环境中形成的, 只由于Ca、Mg、Fe三元素地球化学性质差异, Ca、Mg大离子首先进入硅酸盐晶格形成石榴石和透辉石等, 造成流体系统中Fe²⁺浓度的相对提高, 随之大量磁铁矿沉淀。形成方式上, 石榴石、透辉石多为交代成因, 而磁铁矿以充填(石榴石、透辉石晶隙或岩石内部裂隙系统)为主。

值得注意的是, 该矿床中的石榴石-透辉石组合与在夕卡岩中的相同组合是名同实异, 因为该矿床中石榴石透辉石岩仅限于辉绿岩之中, 也不是中—酸性岩体与碳酸盐类岩石接触交代作用的结果; 形成方式并非双交代作用, 而依赖于辉绿岩浆期后流体的自身演化; 同时, 石榴石-透辉石化与磁铁矿成矿没有正相关性。故前人把它作为“夕卡岩矿床”的认识就有待商榷了。

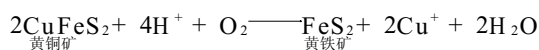
磁黄铁矿-黄铜矿化: 指岩浆期后流体演化到中晚期的残余溶液与早形成的石榴石、透辉石、尤其是磁铁矿发生化学反应形成多种硫化物的化学过程, 如磁铁矿被磁黄铁矿、黄铁矿交代:



磁黄铁矿又被黄铜矿交代:



黄铜矿又可被第二世代黄铁矿交代:



更晚阶段, 黄铜矿明显又被斑铜矿和蓝铜矿交代:



该类蚀变发育在石榴石透辉石蚀变体的中上部及边部, 很显然是辉绿岩浆期末流体在完成大量磁铁矿沉淀成矿之后的中等温度条件下, 由于热液中阴离子态硫浓度上升造成的结果。与之相伴, 使硫化物, 特别是辉砷钴矿等含Co矿物得以富集, 从而达工业品位。

所以, 磁海矿床成矿流体化学演化具有典型岩浆期后热液流体演化特点, 形成了特征蚀变岩组合序列, 即在形成一系列浅成或超浅成侵入岩(辉长岩), 特别是次火山岩(多类辉绿岩)的末期, 次火山岩浆期后热液活动形成了从硅酸盐(钠长石+更长石——石榴石+透辉石)——氧化物(磁铁矿)——硫化物(磁黄铁矿+辉砷钴矿+黄铁矿)——黄铜矿+黄铁矿+黝铜矿——斑铜矿+蓝铜矿)等一整套从中高温压到中低温压的蚀变体。整个化学演化在富铁成矿流

体的形成及充填成矿中起重要作用。这里所谓富铁流体与前人“矿浆”^[3-5]概念不同, 作者认为这种成矿流体的形成依赖于岩浆及其期后热液的化学演化, 而后者则注重岩浆本身的分异。若按岩浆分异出“矿浆”, 该矿床则应属于岩浆矿床, 但实际上矿床最具特征的是热液流体成矿性质。

5 矿床地球化学

5.1 REE 地球化学

磁海铁矿床球粒陨石(里德常数)标准化的岩、矿石 REE 分布型式见图3。

与稀土总量反映出的特点相似, REE 分布型式也分为相应3组: 磁铁矿石为一组, 曲线向右陡倾, Eu 正异常; 辉绿岩、辉长岩为第二组, 曲线平缓右倾, Eu 正异常; 长英质片岩为第三组, 曲线向右陡倾, Eu 负异常。

三组比较, 磁铁矿石与辉绿岩的 ΣREE 接近, Eu 均具正异常, 但轻重稀土分异特征差别大, 证实该矿床并非正岩浆矿床; 与长英质片岩比较, 磁铁矿石 ΣREE 极低, 且 Eu 表现为正异常, 轻重稀土分异更明显。依据这种差别和联系, 作者认为该矿床的形成与辉绿岩浆演化期后热液流体有关, 是辉绿岩浆期后含矿热液(交代)充填作用的结果, 但在成矿过程中, 由于成矿主要发生在靠近岩体与围岩(长英质片岩)接触带附近的次火山岩体之中, 造成围岩对成矿流体的污染, 使铁矿石的轻重稀土分异特点与围岩有相似性。

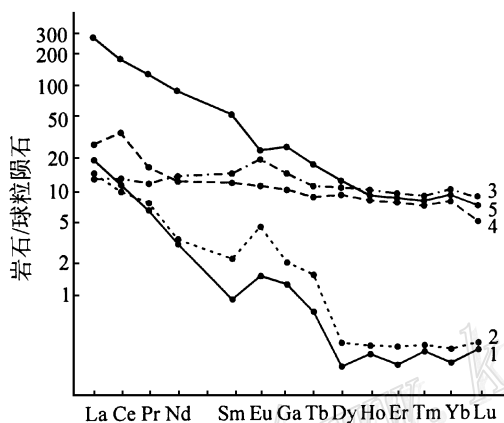


图3 磁海铁(钴)矿床稀土元素分布型式

1、2—磁铁矿石; 3—辉绿岩; 4—辉长岩; 5—长英质片岩

Fig. 3. Chondrite-normalized REE patterns of the Cihai iron (cobalt) deposit.

1、2—Magnetite ore; 3—Diabase; 4—Gabbro; 5—Felsic schist.

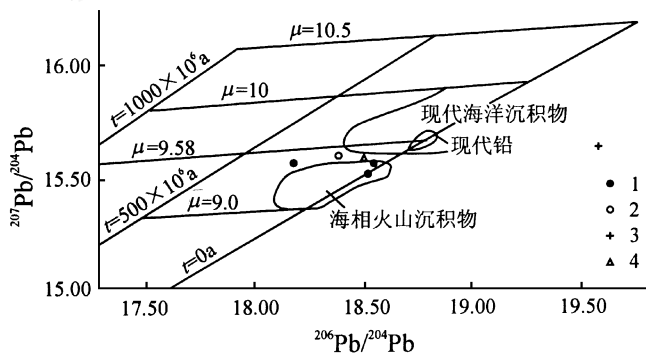


图4 磁海铁(钴)矿床铅同位素组成

1—磁黄铁矿; 2—辉绿岩; 3—辉长岩; 4—长英质片岩

Fig. 4. Lead isotopic composition of the Cihai iron (cobalt) deposit.

1—Pyrrhotite; 2—Diabase; 3—Gabbro; 4—Felsic schist.

5.2 同位素地球化学

铅同位素组成比值是判断成矿物质来源的方法之一。磁海矿床3个磁黄铁矿所代表的矿石铅同位素组成比较集中(图4), Φ 值变化于0.564~0.588间, μ 值变化于9.29~9.42间, Th/U值变化于3.53~3.69间。矿石铅有异常铅

(接近 0 a 等时线的样品 Pb-1 和 Pb-5), 也有普通铅 (处在 0 a 与 500×10^6 a 之间的样品 Pb-6), 而辉绿岩岩石铅为普通铅, 辉长岩岩石铅是很明显的异常铅。说明该矿床成矿金属主要来自深源玄武岩浆, 通过基性次火山侵入地壳而热液成矿, 部分铅保持了玄武岩浆的普通铅特点, 部分铅已在岩浆上升或岩浆期后热液成矿中被上地壳 (长英质片岩) 污染, 有放射源加入。

磁海矿床中 3 种主要硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化于 $-1.4\text{‰} \sim 4.1\text{‰}$, 平均 2.20‰ , 与陨石的 $\delta^{34}\text{S}$ ($-1.7\text{‰} \sim 3.4\text{‰}$) 变化范围基本重叠, 且与玄武岩 ($\delta^{34}\text{S} = -3.8\text{‰} \sim 8.2\text{‰}$) 及超镁铁火成岩 ($\delta^{34}\text{S} = -0.4\text{‰} \sim 5.9\text{‰}$) 都十分相近, 说明硫有幔源硫特征。 $\delta^{34}\text{S}$ 在黄铜矿中 (2.9‰) 大于磁黄铁矿中 (2.8‰), 在黄铁矿中最小 (1.0‰), 反映出硫同位素在磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿 3 种硫化物中并未达到同位素交换平衡。这与矿石结构中 3 种硫化物呈现交代关系的不平衡现象是统一的。

5.3 成岩成矿年代学

综合以上矿床地质地球化学可知, 磁海矿床含矿辉绿岩体是区内早二叠世火山活动过程中的次火山岩体, 6 个辉绿岩样品的 Rb-Sr 同位素分析得到了 268×10^6 a 的等时线年龄 (图 5)。

磁海矿床全部工业矿体都赋存在辉绿岩内, 裂隙充填性质明显。据此, 把磁海铁(钴)矿床成矿定于早二叠世晚期, 成矿年龄应稍晚于 268×10^6 a。

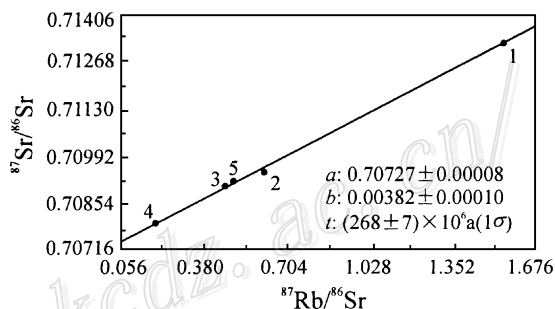


图 5 磁海辉绿岩的 Rb-Sr 等时线

由中国地质科学院同位素研究与测试中心测定

Fig. 5. Rb-Sr isochron line of diabase from Cihai.

6 结 论

磁海铁(钴)矿床成矿伴随着北山地区早二叠世的裂陷作用及岩浆活动; 矿体产于基性次火山岩体中, 成矿时代为早二叠世晚期。

铁矿体主要呈似层状、脉状, 受辉绿岩体内原生裂隙系统控制, 次火山岩浆期后富铁流体的(交代)充填是最重要的成矿方式。

成矿流体的化学演化具有明显火山岩浆期后热液演化特点, 形成了一系列热液蚀变体, 作为矿体另一重要围岩的石榴石透辉石岩有别于传统理解的“夕卡岩”。

成矿物质来自深源富碱玄武岩浆, 正是这种岩浆的分异和多次脉动式入侵再分异而在岩浆期后形成富铁流体导致成矿, 单一的一个辉绿岩体无法提供足够的成矿物质。

综上, 可把磁海矿床称为次火山热液成因的石榴石-透辉石-磁铁矿矿石建造铁(钴)矿床, 即辉绿岩浆期后富碱富铁成矿流体作为前锋沿辉绿岩内部空隙渗滤交代, 铁质在适当环境中沉淀, 形成了矿床中以交代作用为特点的“石榴石-透辉石-磁铁矿”矿石建造; 随岩体向完全固结的刚性转变, 在内压作用下, 富铁流体沿裂隙充填, 并叠加于早期矿化和蚀变岩上, 从而形成富矿石; 随后在热液活动晚期, 水的作用加强, 温压降低, 形成了硫化物矿化。

作者对在研究工作及成文过程中陈毓川院士、于守南教授、郑明华教授、祁思敬教授等

多位专家的指正特致谢忱!

参 考 文 献

- 1 王可南, 姚培慧. 中国铁矿床综论. 北京: 冶金工业出版社, 1992, 46~ 269.
- 2 左国朝, 何国琦等. 北山板块构造及成矿规律. 北京: 北京大学出版社, 1990, 1~ 210.
- 3 宋学信, 陈毓川, 盛继福等. 论火山-浅成矿浆铁矿床, 地质学报, 1981, 55 (1): 41~ 54.
- 4 徐志刚, 张水哲. 天山地槽褶皱系古生代火山作用及与铁矿成矿作用关系. 中国地质科学院矿床地质研究所刊, 1986, (3): 13~ 42.
- 5 徐志刚. 中国东部中生代陆相火山岩型铁矿成矿背景和火山岩岩浆性质. 矿床地质, 1986, 5 (1): 13~ 26.

SUBVOLCANIC HYDROTHERMAL METALLOGENY OF THE CIHAI IRON (COBALT) DEPOSIT, XINJIANG

Xue Chunji

(Postdoctor Mobile Station in Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Ji Jinsheng

(Xian Engineering University, Xian 710054)

Yang Qianjin

(Northwest Geological Surveying Bureau, Ministry of Metallurgical Industry, Xian 710061)

Key words: garnet-diopside-magnetite, subvolcanic hydrothermal fluid, iron (cobalt) deposit, Cihai, Xinjiang

Abstract

The Cihai iron (cobalt) deposit has some unique characteristics. The garnet-diopside magnetite association is the fundamental ore formation: the metallogenesis was finished in late stage of Early Permian rift faulting and magmatism in Beishan area, and the basic subvolcanic magmatic hydrothermal (alteration) filling was its metallogenic pattern, with orebodies appearing in primitive cracks of diabase. The inorganic chemical evolution of the metallogenic fluid shows the typical feature of magmatic hydrothermal process, forming a series of alteration bodies, within which garnet diopside rock is different from the traditional skarn. The metallogenic material was from deep alkalic basaltic magma, and the pulsatory invasion was the necessary metallogenic condition of the ore deposit. This paper describes the geological and geochemical features of the ore deposit and proves its subvolcanic hydrothermal metallogenesis.