

文章编号:0258-7106 (2009) 01-0211-07

新疆乔夏哈拉铁铜金矿的矿床成因及其成矿模式*

应立娟¹, 王登红¹, 梁婷², 周汝洪³

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 长安大学资源学院, 陕西 西安 710054;

3 新疆地质矿产局, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要 新疆阿尔泰乔夏哈拉铁铜金矿床, 与火山-沉积型铁矿床和矽卡岩型铁铜金矿床具有相似性。铁的主要来源为火山岩浆源, 铜的来源为侵入体岩浆源和部分基性火山岩。铁矿石和铜矿石为两期成矿, 属于不同的成矿机制, 分别与火山-沉积作用和后期的热液叠加改造作用紧密相关。该矿床的成矿模式可概括为: 在大量岩浆喷发、喷溢过程中, 铁质在海水中富集并发生沉淀, 形成似层状磁铁矿矿体; 断裂的活动, 致使中基性侵入体侵位, 热液中的铜在一定环境中形成硫化物矿石, 同时发生广泛的绿帘石矽卡岩化; 矽卡岩阶段形成的磁铁矿叠加在原来的磁铁矿之上; 断裂的再次活动, 导致深部岩浆源含铜金矿液的上升, 叠加定位于铁矿层及围岩新生裂隙带之中, 形成浸染状和块状硫化物铜金矿石。研究表明, 在准噶尔北缘向东南具有进一步找矿的潜力。

关键词 地质学; 火山-沉积作用; 热液叠加; 铁铜金矿床; 成矿模式; 乔夏哈拉

中图分类号: P618.31; P618.41; P618.51

文献标志码: A

Ore genesis and metallogenic model of Qiaoxiahala Fe-Cu-Au deposit in Xinjiang

YING LiJuan¹, WANG DengHong¹, LIANG Ting² and ZHOU RuHong³

(1 Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2 Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 3 Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources, Urumqi 830000, Xinjiang, China)

Abstract

The Qiaoxiahala Fe-Cu-Au deposit is similar to volcanic-sedimentary Fe deposits and skarn type Fe-Cu-Au deposits. Its iron was derived from magma, whereas its copper came mainly from intrusive hydrothermal solution and partly from basic volcanic wall rocks. Iron and copper were subjected to two stages of mineralization related respectively to volcanic-sedimentary mineralization and subsequent hydrothermal superimposition and reformation. During the process of magmatic eruption and effusion, iron was concentrated and deposited in sea water to form stratoid magnetite ore bodies. With the subsequent fault activities and the emplacement of basic intrusions, copper-bearing hydrothermal solution moved upward and formed chalcopyrite. Multiple fault activities led to the enrichment of existent iron and copper and the formation of disseminated and massive ore bodies. The southeastern margin of Junggar seems to be favorable for further prospecting.

Key words: geology, volcanic-sedimentary mineralization, hydrothermal superimposition, Fe-Cu-Au deposit, metallogenic model, Qiaoxiahala

* 本文得到中国地质大调查项目“我国西部重要成矿区带矿产资源潜力评估”(编号:1212010535804)的资助

第一作者简介 应立娟,女,1981年生,研究实习员,从事矿床学研究工作。通讯地址:北京市西城区百万庄路26号中国地质科学院矿产资源研究所。Email:biyuntian518@sina.com

收稿日期 2008-09-01; 改回日期 2008-11-27。李德先编辑。

新疆阿尔泰乔夏哈拉铁铜金矿床发现于20世纪50年代。1986年以前,新疆地质矿产局地质四大队曾两次对该矿床进行地质勘查,认为乔夏哈拉铁铜金矿床为矽卡岩型矿床,后又将其成因类型确定为中基性海相火山喷发-火山热液型;1986~1990年,国家科技攻关305项目“喀拉通克铜镍金矿带构造控岩控矿特征”专题研究认为,乔夏哈拉含铁铜金矿床的成因类型为层控火山-沉积型;1991~1995年期间,有色金属总公司完成的“阿尔泰南缘铜金成矿区地物化综合找矿及大中型铜金矿靶位优选”报告(ZHB-4,1995,“淮北区带项目”)认为,该矿床属塞浦路斯型铜矿床;国家305项目“可可塔勒铅锌成矿带成矿条件及重点矿床综合评价研究”专题(85-902-01-02)研究认为,乔夏哈拉矿床产于准洋壳环境,矿床类型归结为火山岩容矿的铜金磁铁矿型,类似于塞浦路斯型。

总结前人关于乔夏哈拉铁铜金矿床的成因认识,大致有3种观点:①火山成因论,该观点强调该矿床产于火山作用环境下,成矿建造为基性火山岩,属块状硫化物型矿床,其亚类可归结为塞浦路斯型铜矿床;②矽卡岩成因论,该观点强调了造山期岩浆热液作用;③火山-沉积叠加改造论,这是一种折中的观点,它指出该矿床成矿作用的多期性。

火山成因论没有考虑后期的热液(包括构造热液与岩浆热液)改造;矽卡岩成因论没有考虑原始成矿物质的富集过程及矿床形成于基性火山岩建造中这一显见的事实,只注意到矿体围岩以绿帘石矽卡岩为主,其矿石矿物、结构构造等均显示出矽卡岩的特征;火山-沉积叠加改造论较前两种观点略为全面,强调了两期成矿作用,即早期形成层状矿体或矿源层,后期发生热液叠加改造作用。

笔者认为乔夏哈拉铁铜金矿床存在两期成矿作用,铁矿石和铜矿石的形成属于两种不同的成因机制,分别与火山-沉积作用和后期的热液叠加改造作用有关。

1 矿床成因类比

新疆阿尔泰乔夏哈拉铁铜金矿床位于富蕴县城东南34 km,矿体产于中泥盆统北塔山组(D₂b)中基性海相火山岩和火山碎屑岩中,北西起自耶森喀腊,南东终止至阿克塔斯。矿带呈北西-南东向展布,长约20 km,宽约5 km(图1)。矿石矿物主要为磁铁

矿和黄铜矿,金主要赋存于黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿和磁铁矿中。磁铁矿矿体呈多层产出,以薄层状夹于围岩之间,但在多数情况下,主含矿层仅为一层(李龙乾,2003);黄铜矿矿体以透镜状和似层状为主。矿石结构包括自形-半自形粒状结构、他形粒状结构和片状结构;矿石构造主要为致密块状、条带状和浸染状;矿石矿物组合依据矿石构造不同而有所区别,块状矿石主要为磁铁矿和黄铜矿单矿物组合;条带状矿石的矿物组合为绿帘石+磁铁矿;而浸染状矿石则包括黄铁矿+黄铜矿+磁铁矿和黄铜矿+磁铁矿两种矿物组合。乔夏哈拉铁铜金矿床的围岩蚀变较为发育,主要有绿帘石化、硅化、石榴子石化、碳酸盐化、绿泥石化和绢云母化等。矿体中铜、金含量差别较大,与蚀变的强度密切相关。磁铁矿矿体及其围岩的蚀变越强,则铜、金矿化也越强。该矿床的铜、金矿化与原始磁铁矿矿体受后期热液的叠加改造关系密切,因此不同程度的叠加改造作用可造成磁铁矿矿体不同部位铜、金矿化强弱的差别。

1.1 火山成因矿床

火山成因矿床是指与火山岩、次火山岩有成因联系的金属和非金属矿床(袁见齐等,1984),主要产于火山活动地区。按火山活动地质背景可分为大陆火山作用形成的矿床、海底火山作用形成的矿床和次火山作用形成的矿床等3类矿床;按火山作用和成矿作用又可分为火山-岩浆矿床、火山-次火山热液矿床和海底火山-喷流沉积矿床等3类矿床(袁见齐等,1984;黄宗理等,2006)。乔夏哈拉铁铜金矿床依据其火山活动地质背景,应属于海底火山作用形成的矿床,其铁矿的形成与海底火山-喷流沉积作用有关。

1.2 矽卡岩成因矿床

接触交代型矿床主要是在中酸性-中基性侵入岩类与碳酸盐类岩石或火山-沉积岩系内外接触带上或其附近,由于含矿气水溶液进行交代作用而形成的,一般具有典型的矽卡岩矿物组合,矿石在空间和成因上与矽卡岩也有一定的关系,故称为矽卡岩矿床(袁见齐等,1984;赵一鸣等,1990)。

乔夏哈拉矿床中,矽卡岩典型矿物为石榴子石和透辉石,但含量较少,多见绿帘石。围岩蚀变以绿帘石矽卡岩化为主。矿区内中酸性-中基性侵入岩接触交代的围岩为火山-沉积岩系,而非碳酸盐类岩石。

由以上对比可知,乔夏哈拉铁铜金矿床的成因

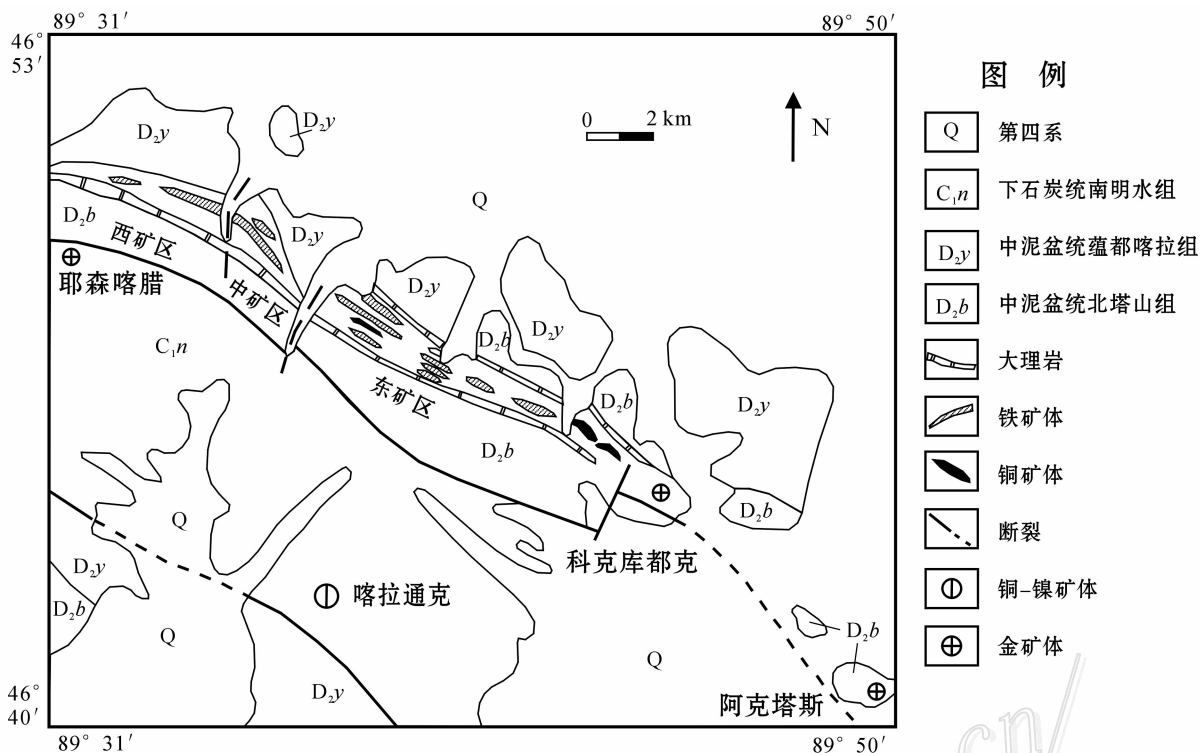


图 1 新疆乔夏哈拉矿区地质图
Fig. 1 Geological map of the Qiaoxiahala ore district in Xinjiang

类型与火山沉积型铁矿床和矽卡岩型铜矿床均有部分类似之处。

2 矿床成因讨论

2.1 成矿物质来源

2.1.1 铁的来源

据研究资料显示(张建中等,1987),与火山活动有关的铁矿床,其铁质来源有 3 个途径:一是来自形成火山岩浆熔融体的上地幔及地壳的硅镁层、硅铝层;二是火山热液在运移过程中从岩石中萃取的铁质;三是火山热液中混入有地下水、地表水及海水所携带的铁质。

乔夏哈拉铁铜金矿床的铁质来源主要为火山岩浆源,其依据有:

(1) 磁铁矿矿石的稀土元素特征与矿体下盘的火山岩(苦橄岩)更为接近,指示了两者均来源于火山岩浆源。磁铁矿矿石中 REE 含量较低($\Sigma\text{REE} = 5.53 \times 10^{-6} \sim 13.18 \times 10^{-6}$),只略高于球粒陨石中

REE 含量(图 2),其配分曲线较为平缓,轻、重稀土元素的分异不明显, Eu 均显示出微弱的正异常(应立娟等,2006)。

(2) 磁铁矿 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为 $+9.93\% \sim +11.49\%$, 平均值为 $+10.73\%$, 属原生岩浆水范围;而磁铁矿气液包裹体的 δD 为 $-80.9\% \sim -115.3\%$, 接近大气降水(李泰德,2002),反映了磁铁矿目前的 H-O 体系已不封闭,该体系在后期受到了流体的作用,有可能掺入了大气降水,使其显示出岩浆水加大气降水的混合特征(彭省临等,1996),但形成磁铁矿的原始流体中的水主要来自岩浆。

(3) 磁铁矿中 Ni/Co 比值为 $1.149 \sim 2.698$, 均大于 1,与矽卡岩矿床中磁铁矿的 Ni/Co 比值相差较大(一般小于 1,王奎仁等,1989)。反映了乔夏哈拉矿床中的磁铁矿来源于火山岩浆源,而与矽卡岩成因关系不大。

2.1.2 铜的来源

矽卡岩型铜矿床,其铜的来源主要有侵入体岩浆来源、围岩来源,亦有可能为热液中混入了地下

① 邓吉牛,王军升,廖启林. 2000. 布尔根矿带金铜找矿评价研究报告(内部资料).

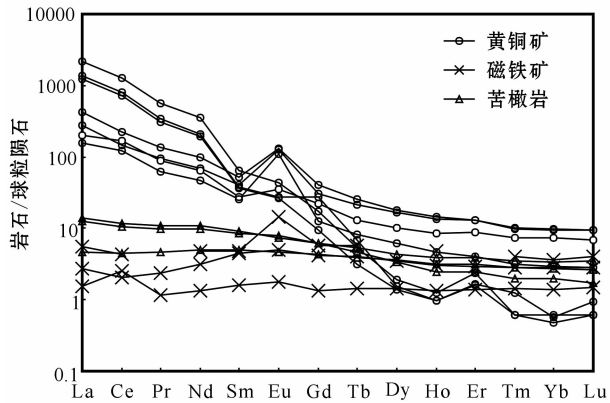


图2 新疆乔夏哈拉矿床稀土元素配分曲线

Fig. 2 Chondrite-normalized REE patterns of the Qiaoxiahala deposit in Xinjiang

水、地表水及海水所携带的铜(袁见齐等,1984;赵一鸣等,1990)。乔夏哈拉铁铜金矿床的铜主要来源于侵入体岩浆和基性火山岩,其依据有:

(1) 黄铜矿矿石的稀土元素特征与中基性侵入体——闪长岩、闪长玢岩等类似。块状铜矿石的REE含量异常高,ΣREE(不包括Y)平均含量可达 736.26×10^{-6} ,尤其富集轻稀土元素,ΣLREE平均值可达 723.28×10^{-6} (应立娟等,2006),其配分曲线向右陡倾,轻、重稀土元素发生明显的分异(图2)。尽管黄铜矿的REE含量较中基性侵入岩更富集轻稀土元素,亏损重稀土元素,但二者的配分曲线类型相似,很可能是与侵入岩有关的流体携带的REE进一步在黄铜矿中富集的结果(应立娟等,2006)。

(2) 将乔夏哈拉矿床火山岩的Cu、Au含量与位于乔夏哈拉东南青河县的老山口磁铁矿矿区火山岩的Cu、Au含量对比(图3)发现,后者的Cu-Au含量(平均值为 231.31×10^{-6})大部分高于前者(平均值为 115.15×10^{-6} ,应立娟,2007)。乔夏哈拉矿区的火山岩中铜含量有所降低的原因,可能是由于遭受了流体萃取或淋滤,成矿元素被带入流体的缘故(应立娟等,2006)。乔夏哈拉火山岩中的Cu平均值明显低于老山口的火山岩,表明乔夏哈拉火山岩是铜矿形成的来源,但其究竟提供了多少成矿元素,还有待进一步研究。

(3) 乔夏哈拉矿床岩石(矿石)中的硫同位素集中在 $-1.1\% \sim +2.92\%$ 之间,平均值为 $+1.21\%$ (图4),接近幔源硫($0 \pm 3\%$),与一般块状硫化物矿床的 $\delta^{34}\text{S}$ (为正值或零值附近, Nielsen, 1979)特征相似,其硫来源于深部岩浆硫。闪长岩中角闪石的

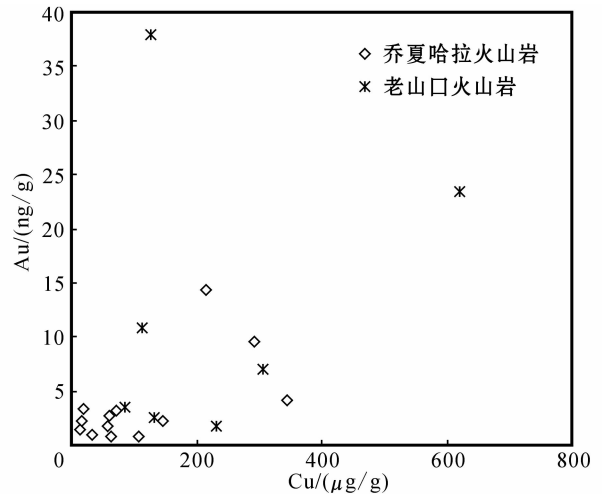


图3 乔夏哈拉矿床和老山口矿床岩石中Cu-Au含量变化图

Fig. 3 Cu-Au content in rocks from Qiaoxiahala and Laoshankou

Ar-Ar坪年龄在378 Ma左右,属晚泥盆世(应立娟等,2008),而赋矿地层为中泥盆统(国际地科联31届国际地质大会2004年发表的地质年代表中, D_2 的时限为397.5~385.3 Ma),在大约20 Ma的时间间隔内,火山岩和侵入岩来自同一个岩浆房也是很可能的。乔夏哈拉闪长岩的成岩作用可与地质历史上的中泥盆世和晚泥盆世的地质事件相对应。

综上所述,乔夏哈拉铁铜金矿床的铁、铜物质来源主要是火山岩浆源和侵入体岩浆源,而且这两种岩浆源很可能来自同一个岩浆房不同演化阶段的岩浆。金与铜呈正相关关系,可能以侵入体岩浆源为主,其来源与成矿过程还需要进一步研究。

2.2 岩浆活动与成矿作用的关系

近年来由于海底火山活动研究工作的不断深入,火山喷发-沉积方式成矿的理论已为不少学者所接受。海底火山喷发-沉积作用被认为是形成铁矿及其他金属矿床的主要方式之一,该理论强调:①铁质及其他矿质来源于火山物质(熔岩或火山碎屑岩);②铁质及其他矿质是由于海水对火山物质的渗滤、分解作用从中析出并集中于海水之中;③富含铁质的海水在浅海富氧条件下,其中的铁质由于氧化作用以氧化物和氢氧化物的形式发生沉淀,从而形成火山喷发-沉积型铁矿(张建中等,1987)。乔夏哈拉铁矿床的成矿地质特征符合火山喷发-沉积方式形成的铁矿床特征。

乔夏哈拉铁铜金矿床具有明显的两期成矿特

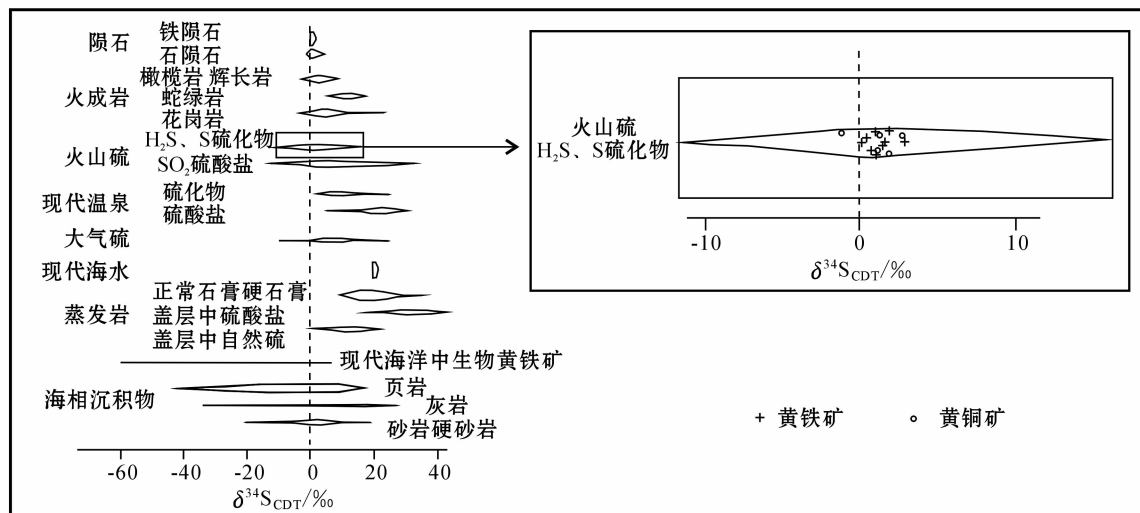


图 4 乔夏哈拉矿区黄铁矿和黄铜矿中硫同位素组成(底图据 Nielsen,1977)

Fig. 4 Sulfur isotope composition of some typical geological bodies (base map after Nielsen, 1977)

征,即早期为基性火山-沉积建造,在基性火山喷发喷溢的间歇期,铁质发生沉淀,形成以层状为主的磁铁矿矿体,并局部形成硫化物矿化体;后期中基性侵入体为流体提供了热源和成矿物质,使成矿流体叠加改造磁铁矿矿体,发生普遍的矽卡岩化,甚至形成独立的铜金矿体。

2.3 问题与讨论

(1) 块状黄铜矿矿石富含稀土元素的原因

黄铜矿矿石中的 REE 含量一般较低,如滇西的羊拉大型铜矿床,其 3 种不同类型的黄铜矿矿石中,矿石(I)为成矿早期形成的块状硫化物矿石,矿石(II)为成矿中期形成的矽卡岩矿石,矿石(III)为成矿晚期形成的破碎带矿石。矿石(I)的 ΣREE 为 79.98×10^{-6} ;而矿石(II)与矿石(III)稀土元素总量更低,分别为 $7.00 \times 10^{-6} \sim 22.75 \times 10^{-6}$ 和 7.85×10^{-6} (潘家永等,2000)。

乔夏哈拉矿床中块状黄铜矿矿石异常富集稀土元素, ΣREE (不包括 Y)在 $205.38 \times 10^{-6} \sim 2021.68 \times 10^{-6}$ 之间,平均含量可达 736.26×10^{-6} 。尤其富集轻稀土元素, ΣLREE 含量为 $197.75 \times 10^{-6} \sim 2015.55 \times 10^{-6}$,平均值可达 723.28×10^{-6} (应立娟等,2006)。虽然化学测试资料(应立娟等,2006)已显示,黄铜矿矿石与侵入体的关系密切,但侵入体的稀土元素含量并未如此高。是什么原因造成了块状黄铜矿矿石如此富集稀土元素,是否存在稀土元素矿物,还有待进一步的研究。

(2) 金的来源和成矿机制

各方面资料已显示,金和铜呈正相关关系,且磁铁矿矿石和黄铜矿矿石中的金均可富集达到工业品位,但金的来源和成矿作用等方面还有待于进一步研究。

3 成矿模式

乔夏哈拉铁铜金矿床属于海相火山喷发-沉积后期热液叠加型矿床,其成矿过程可概括如下(成矿模式见图 5):岩浆喷发、喷溢过程中,大量 Fe 质在海水中富集,在喷发的间歇期,由于海水物理化学环境的改变,铁质发生沉淀,形成似层状磁铁矿矿体及少量的硫化物;其后的断裂活动中基性侵入体侵位,为成矿流体提供了热源和物源,并淋滤基性火山岩中的一部分 Cu,使其与来自岩浆的硫发生作用,形成硫化物矿石,同时热液发生广泛的绿帘石矽卡岩化;断裂的再次活动,不断导致深部岩浆源含铜、金矿液的上升,叠加定位于铁矿层及围岩新生裂隙带之中,形成浸染型和块状硫化物铜、金矿石。

4 找矿意义

根据古生代成矿区带划分,新疆乔夏哈拉铁铜金矿床位于古亚洲成矿域的准噶尔成矿省的北准噶尔镍、铜、铁、钼、金、膨润土、煤成矿带(王登红等,2001;汤中立等,2005)。在现有的矿床成矿体系中,还没有乔夏哈拉式铁铜金矿的确切位置,但该矿床

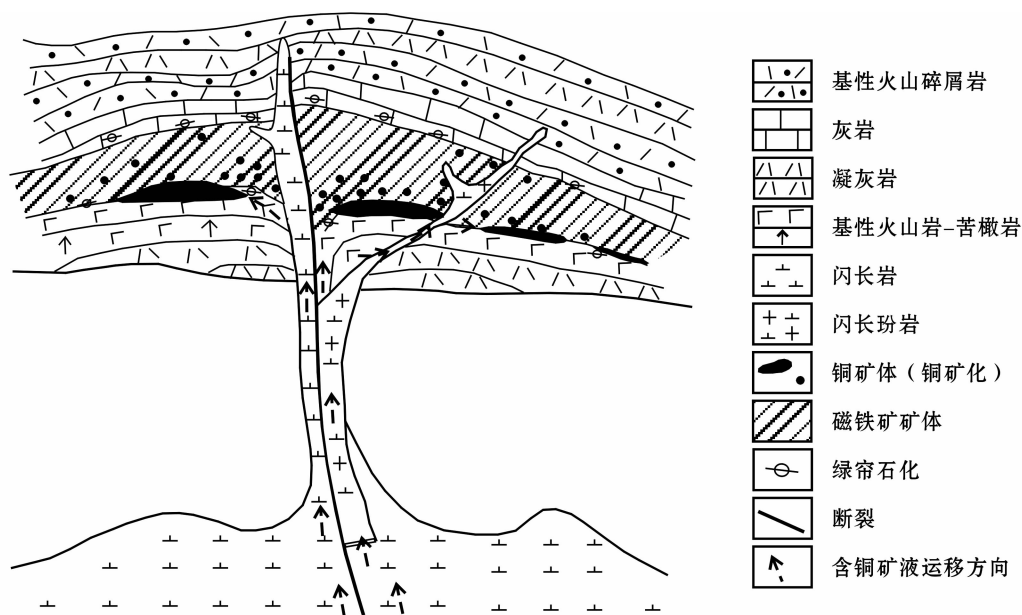


图5 新疆乔夏哈拉铁铜金矿床成矿模式示意图

Fig. 5 Genetic model of the Qiaoxiahala Fe-Cu-Au deposit in Xinjiang

的地质特征与索尔库都克式铜钼矿床较为相似(王登红等,2001),可暂时地将乔夏哈拉式铁铜金矿归入与晚古生代构造-岩浆作用有关的铁、铜、镍矿床成矿系列,与华力西早期次火山-火山岩建造有关的铁铜金矿床成矿亚系列中。

在古生代大规模成矿作用中,乔夏哈拉铁铜金矿床与海相火山-岩浆作用和海底火山-喷流沉积作用大规模成矿作用关系最为密切。乔夏哈拉式铁铜金矿在华力西期构造活动带的岛弧带基性火山岩系中比较有利于成矿。此外,位于乔夏哈拉东南青河县的老山口磁铁矿矿床,其地质特征和乔夏哈拉矿床相似,在深部也具有铜矿的找矿潜力,在准噶尔北缘向东南具有进一步找矿的潜力。

志 谢 感谢在野外工作中新疆地质四队的工作人员给予的帮助与支持。

References

Huang Z L and Zhang L B. 2006. Dictionary of earth science[M]. Beijing: Geol. Pub. House(in Chinese with English abstract).
 Li L Q. 2003. Geology of the Qiaoxiahala copper deposit in Fuyun County[J]. Xinjiang Youse Jinshu, (1): 5-8(in Chinese with English abstract).
 Li T D. 2002. Geology and analysis of the Qiaoxiahala gold-copper-iron deposit in Fuyun County, Xinjiang [J]. Geology and

Prospecting, 38(1): 18-21(in Chinese with English abstract).
 Nielsen H. 1979. Sulfur isotopes[A]. In:J ger E and Hunziker J C, ed. Isotope geology[C]. Berlin: Springer-Verlag. 283-310.
 Pan J Y, Zhang Q and Li C Y. 2000. REE geochemistry of the Yangla copper deposit in western Yunnan[J]. Acta Mineralogica Sinica, 20(1): 44-49(in Chinese with English abstract).
 Peng S L and Wang H. 1996. Feature and genesis analysis on the Qiaoxiahala iron-copper deposit in Fuyun County, Xinjiang[J]. Journal of Central South University of Technology, 27(Sup.): 29-33(in Chinese with English abstract).
 Tang Z L, Qian Z Z, Ren B C, Zeng Z R, Wu J R, Xue C J, Li W Y, Yan H Q, Yu F C and Liu J Q. 2005. Paleozoic mineralization in China[M]. Beijing: Geol. Pub. House(in Chinese with English abstract).
 Wang D H and Chen Y C. 2001. A preliminary study on the metallogenic series type of Fe-Cu-Ph-Zn ore deposits related to submarine volcanism and its origin[J]. Mineral Deposits, 20(2): 112-118(in Chinese with English abstract).
 Wang K R. 1989. Genetic mineralogy of earth and universe[M]. Hefei: Anhui Education Press. 108-129(in Chinese).
 Ying L J, Wang D H, Liang T, Zhou R H, Ma J, Qu W J and Chen Z Y. 2006. Chemical composition and typomorphic characteristics of magnetite and its geological significance in Qiaoxiahala iron-copper-gold deposit of Altai, Xinjiang [J]. Acta Mineralogica Sinica, 26(1): 59-68 (in Chinese with English abstract).
 Ying L J. 2007. Geology, geochemistry and discussion on the origin of the Qiaoxiahala Fe-Cu-Au deposit in Xinjiang (Master Candidate Paper)[D]. Supervisor: Wang D H. Beijing: Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences

(in Chinese with English abstract).

Ying L J, Wang D H, Li J K, Chen Z H, Xi Z, Yang W H and Liu N Z. 2008. Comparisons between the Qiaoxiahala Fe-Cu-Au deposit in Xinjiang and other IOCG-type deposits [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 32(3): 338-345(in Chinese with English abstract).

Yuan J Q, Zhu S Q and Zhai Y S. 1984. *Economic geology*[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 104-183(in Chinese).

Zhang J Z, Feng B H, Jin H J, Liu B, Luo Y P, Jin Z M, Zhu M Z and Chen S Z. 1987. Genetic relationship between submarine volcanics and iron ore deposit and metallogenic geological characteristics in Abagong-Mengku of Altay, Xinjiang [J]. *Journal of Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences*, 20: 89-172 (in Chinese).

Zhao Y M, Lin W W, Bi C S, Li D X and Jiang C J. 1990. *Skarn deposits in China* [M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).

附中文参考文献

黄宗理, 张良弼. 2006. *地球科学大辞典*[M]. 北京: 地质出版社.

李龙乾. 2003. 富蕴县乔夏哈拉铜矿地质特征[J]. *新疆有色金属*, (1): 5-8.

李泰德. 2002. 新疆富蕴县乔夏哈拉金铜铁矿地质特征及成因分析[J]. *地质与勘探*, 38(1): 18-21.

潘家永, 张乾, 李朝阳. 2000. 滇西羊拉铜矿床稀土元素地球化学

研究[J]. *矿物学报*, 20(1): 44-49.

彭省临, 王核. 1996. 新疆富蕴县乔夏哈拉铁铜金多因复成矿床特征及成因分析[J]. *中南工业大学学报*, 27(增刊): 29-33.

汤中立, 钱壮志, 任秉琛, 曾章仁, 邹介人, 薛春纪, 李文渊, 闫海卿, 于凤池, 刘继庆. 2005. *中国古生代成矿作用*[M]. 北京: 地质出版社.

王登红, 陈毓川. 2001. 与海相火山作用有关的铁铜铅锌矿床成矿系列类型及成因初探[J]. *矿床地质*, 20(2): 112-118.

王奎仁. 1989. *地球与宇宙成因矿物学*[M]. 合肥: 安徽教育出版社. 108-129.

应立娟, 王登红, 梁婷, 周汝洪, 马军, 屈文俊, 陈振宇. 2006. 新疆阿尔泰乔夏哈拉铁铜金矿床磁铁矿的化学成分标型特征和地质意义[J]. *矿物学报*, 26(1): 59-68.

应立娟. 2007. 新疆乔夏哈拉铁铜金矿床地质、地球化学特征与成因研究(学位论文)[D]. 导师: 王登红. 北京: 中国地质科学院矿产资源研究所.

应立娟, 王登红, 李建康, 陈郑辉, 席忠, 杨文华, 刘乃忠. 2008. 新疆乔夏哈拉铁铜金矿床与国内外 IOCG 矿床的对比研究[J]. *大地构造与成矿学*, 32(3): 338-345.

袁见齐, 朱上庆, 翟裕生. 1984. *矿床学*[M]. 北京: 地质出版社. 104-183.

张建中, 冯秉寰, 金浩甲, 刘斌, 罗玉鹏, 金志明, 朱美珠, 陈书章. 1987. 新疆阿勒泰阿巴宫-蒙库海相火山岩与铁矿的成生关系及成矿地质特征[J]. *中国地质科学院西安地质矿产资源研究所所刊*, 20: 89-172.

赵一鸣, 林文蔚, 毕承思, 李大新, 蒋崇俊. 1990. *中国矽卡岩矿床*[M]. 北京: 地质出版社.

<http://www.kcm.cn/>