

我国的铁氧化物型铜—金矿床特征及研究现状*

王美娟,李杰美,朝银银

武警黄金地质研究所,河北 廊坊 065000

摘要:近 20 年来,铁氧化物型矿床已成为许多国家勘查的重要目标。在我国,目前已被公认的该类型矿床有产于华北地台北缘与内蒙古大兴安岭褶皱系衔接地带的内蒙古白云鄂博稀土—铁矿;产于康滇地轴中段,处于 EW 向的金沙江褶皱带与川滇经向构造交接复合部位的四川拉拉铜—金—钽—稀土矿床;与白云鄂博矿床处于相同构造背景的内蒙古哈达门沟金矿也以其成矿流体中富钾高碱且氧化性强,矿石建造中铁氧化物含量高等现象被认为具铁氧化物型金矿特征。总结 3 个矿床的特征,与国外典型矿床对比各具特色,与国外典型铁氧化物矿床相比也有一些差异。我国应重视铁氧化物型矿床的综合勘查,多角度分析并探索寻找该类矿床。

关键词:铁氧化物型;矿床特征;研究现状

中图分类号:P618.41

文献标识码:A

文章编号:1005-2518(2008)04-0014-06

1992 年, Hitzman 等提出了铁氧化物 Cu-U-Au-REE 矿床的概念, 奥林匹克坝为该矿床的典型代表。20 世纪 90 年代以来, 此类矿床已成为勘查的重要目标之一, 形成于张性条件, 低钛, 岩石富铁。这类矿床还有: 澳大利亚的克朗克里 (Cloncurry), 巴西的塞洛博 (Salobo), 澳大利亚欧内斯特—亨利铜—金矿, 智利坎德拉里亚铜—金矿床。铁氧化物型矿床的突出特点有以下几个方面^[1]。

已知的大多数矿床,尤其是大型矿床的围岩年龄集中在古一中元古代(1.1~1.8Ga)。矿床位于新元古代中晚期的克拉通或大陆边缘,许多情况下与张性构造存在着一定的空间和时间关系。大多数地区沿主构造带产出,许多矿床的走向与区域性构造走向平行。矿石主要以铁氧化物(磁铁矿或赤铁矿)为主。围岩发生强烈蚀变,蚀变趋势在较深地层为钠质,过渡到浅层为钾质,近地表则为绢云母化和硅化,围岩局部发生强烈的铁蚀变作用。

1 矿床实例

我国的内蒙古白云鄂博稀土—铁矿床被公认为是铁氧化物型^[2],四川的拉拉矿床以往被认为是块状硫化物型,李泽琴等^[3]对该矿床进行了再研究,认为应属于铁氧化物型铜—金—钼—稀土型矿床,李强之^[4]等认为内蒙古的乌拉山金矿也应属铁氧化物型。我国的几位学者对有关铁氧化物型矿床做了一

些研究和探讨,论述了该类型矿床的特征及国外的研究现状^[5],指出应重视这类矿床的研究^[6],促进这类矿床的勘查工作^[7]。

1.1 内蒙古白云鄂博矿床

内蒙古白云鄂博矿床产有世界最大的稀土资源,因此大家都很熟悉,这里只简要介绍其特征。

矿床处于华北地台北缘与内蒙古大兴安岭褶皱系的衔接地带^[8]。含矿主岩为白云鄂博群灰岩、白云岩、页岩等(图1)。矿区EW长18km,SN宽0.5~5km,矿体呈透镜状、似层状产出。主要矿石类型有4种:铌—稀土—铁矿石;白云石铌—稀土矿石及白云岩铌矿石,在矿区分布最广;硅酸盐铌—稀土矿石;碳酸盐脉型铌—稀土矿石。已发现矿物190多种,其中铌、钽矿物近20种,稀土矿物近30种。铁矿物主要有磁铁矿、赤铁矿和菱铁矿。矿石的构造特征是由不同颜色矿物条带呈带状相间展布而组成的条带构造,结构主要为细粒和不等粒状。

刘玉龙等^[9]在白云石型磁铁—铌—稀土矿石的人工重砂中发现了自然金,该矿石为萤石、独居石、氟碳铈矿带和磁铁矿矿化的白云岩。

白云鄂博矿床明显富集的元素有铁、铌、钽、镨、钆、钇、钪、钕、钆、氟、钠、碳、钙、镁、铜和磷。

侵入岩体以花岗岩类为主,呈基岩状大面积分布于白云鄂博矿床南北,其次是辉长岩类,呈小岩株和岩墙产出,还有各类基性、碱性和酸性岩脉。区域及

* 收稿日期:2008-04-08;修订日期:2008-05-02.

作者简介:王美娟(1976-),女,工程师,主要从事黄金地质科研工作。

矿区构造以 EW 向断裂及韧性剪切带为主,并配套产生了若干 NE 和 NW 向断裂。

1.2 四川拉拉铜矿床

四川拉拉铜—金—钼—稀土矿床是我国重要的

铜矿基地之一,矿区位于扬子地块西缘,康滇地轴中段,处于 EW 向的金沙江褶断带与川滇经向构造交接复合部位。区域上位于轴向为 NWW 向的河口背斜南翼^[10](图 2)。

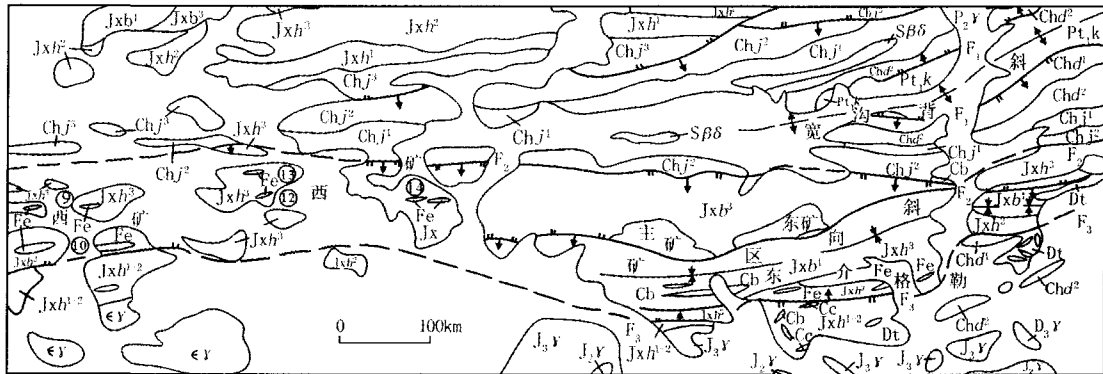


图 1 内蒙古白云鄂博稀土—铁矿床地质图(据内蒙古第一区调队,1994)

Pt₂₋₃-白云鄂博群;Jxb¹-蓟县系比鲁特组一段;Jxh¹,Jxh²,Jxh³-蓟县系哈拉霍疙特组一段、二段、三段;Chj¹,Chj²,Chj³-长城系尖山组一段、二段、三段;Chd¹,Chd²-长城系都拉哈拉组一段、二段;J₃γ-晚侏罗世花岗岩类;J₂γ-中侏罗世花岗岩类;P₂γ-晚二叠世花岗岩类;D₃γ-晚泥盆世花岗岩类;Sβδ-志留纪辉绿岩、闪长岩;εγ-寒武纪花岗岩;Pt₁k-下元古代钾长花岗岩;Cb-岩浆碳酸岩(未分);Dt-白云石碳酸岩;Cc-方解石质碳酸岩

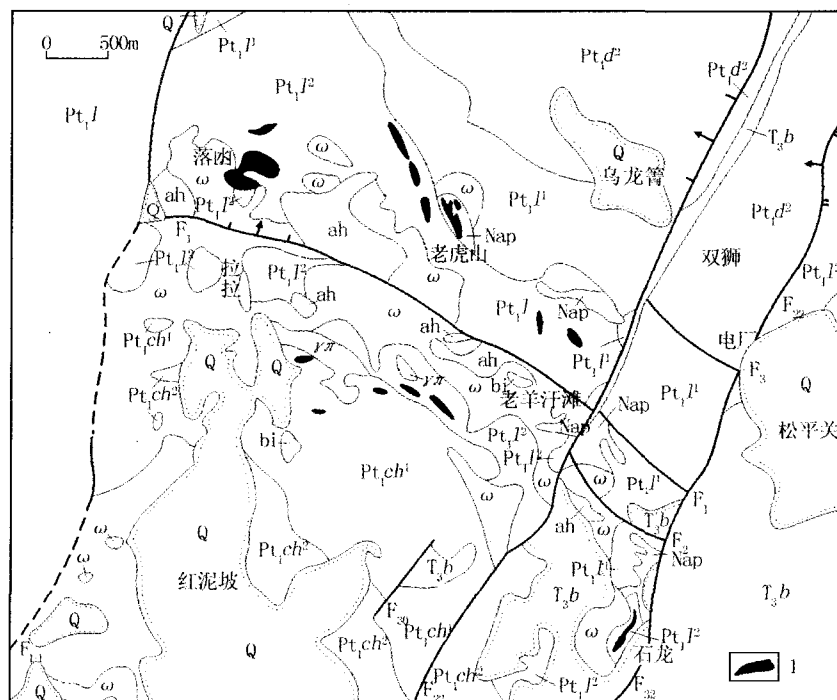


图 2 拉拉厂铜矿床地质略图

ω-钠长辉绿辉长岩;Nap-斑状石英钠长岩;ah-角闪钠长岩;γπ-花岗斑岩;bi-侵入角砾岩;T₃b-上三叠统白果湾煤组;Pt₁d-大云山组;Pt₁l-落函组;Pt₁ch-长冲组;Pt₁t-通安组;1. 铜矿体

拉拉矿床的地质特征前人已做了充分研究^[11-22]。矿床赋存于古元古界河口群中,河口群由

一套偏碱性的变质火山岩和变质海相沉积岩所组成。岩石变质程度为高绿片岩相至角闪岩相,岩性为(磁

铁)石榴黑云片岩、(磁铁矿)石英钠长岩、石英钠长岩、大理岩以及云母石英片岩。矿区构造主要为EW向的 F_1 断层,是多期活动的韧—脆性剪切带,它控制了矿体的延伸方向与空间展布。拉拉矿床的矿石有石英钠长岩型和黑云片岩型,前者的矿物组合为磁铁矿+黄铁矿+辉钼矿+钠长石+石英;后者则为黄铁矿+黄铜矿+黑云母+辉钼矿+萤石。最常见的金属矿物组合是黄铜矿—黄铁矿—磁铁矿。金属矿物中磁铁矿含量最高,占金属矿物总量的50%,常见矿石构造为伴随塑性变形而形成的平行定向的带状、条带状构造,伴随脆性变形所形成的网脉状、角砾状构造。矿石结构主要有:自形一半自形粒状、压碎结构、固溶体分离结构、穿插结构、充填交代结构、交代残留结构、镶边结构、文象结构。

区内出露的火山熔岩主要为钠质角斑岩、钠长岩,分布于矿区南部和北东部,侵入岩主要为辉长岩,分布于矿区南部和西部。还有规模不等的煌斑岩呈岩墙或岩脉产出。

与成矿有关的主要蚀变有金云母化、铁白云石化、钾长石化、富磷灰石化、萤石化、硅化、褐帘石化,局部有钠长石化,成矿作用有两期:早期的区域变质

成矿作用形成Fe-REE-P矿化,晚期的热液成矿作用形成Cu-Mo-Au-Co-(U)矿化。

矿石中的金主要以自然金或含银自然金形成产出,自然金的平均成色为924,主要载金矿物有黄铜矿、黄铁矿、叶碲铋矿。金呈包裹体金、粒间金和裂隙金赋存,包裹体金是金的主要存在形式。

1.3 内蒙古哈达门沟金矿

哈达门沟金矿床位于华北准地台三级构造单元阴山台拱与河套新断陷交接处。北以临河—集宁深断裂带与三级构造单元白云鄂博台缘拗陷带相连。南以横亘于阴山台拱与河套新断陷之间的乌拉山—大青山山前EW向深断裂带为界。哈达门沟金矿位于阴山台拱南缘的乌拉山—大青山山前深断裂带与NE向大断裂交会处,大桦背岩体东侧,乌拉山复向斜北翼近轴部的中东段,梅力更沟—哈达门沟脆—韧性剪切变形带中(图3)。金矿产于新太古界乌拉山群,含矿岩石不仅遭受了中—高级的区域变质作用,而且发生了低角闪岩相至绿片岩相的退变质作用,含矿岩石主要为黑云斜长片麻岩、黑云角闪二长片麻岩、辉石斜长片麻岩、斜长角闪岩、透辉角闪岩及紫苏辉石角闪岩、变粒岩,原岩为富铁镁的中基性火山岩。

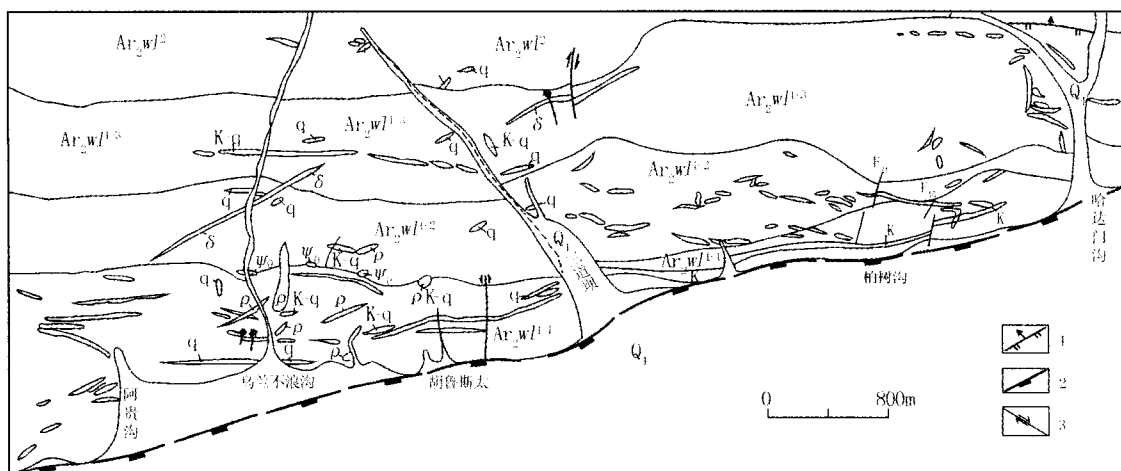


图3 哈达门沟金矿矿区地质略图

Q₄-全新统冲洪积残坡积物;Ar₂w₁², Ar₂w₁¹⁻³, Ar₂w₁¹⁻², Ar₂w₁¹⁻¹-新太古界乌拉山群第二岩组黑云母角闪斜长片麻岩石榴石透辉磁铁矿石英岩、角闪岩、黑云透辉角闪斜长变粒岩,第一岩组角闪斜长片麻岩、黑云二长片麻岩、角闪岩、变粒岩,第一岩组含榴石浅粒岩、角闪黑云斜长片麻岩、二长片麻岩,第一岩组混合岩化黑云二长片麻岩、榴石斜长浅粒岩、辉石角闪斜长片麻岩;ψ-辉绿岩脉;ψ-角闪岩;δ-闪长岩脉;K-钾长花岗岩;ρ-伟晶岩;K-q-石英—钾长石脉及钾长石化蚀变构造岩;1. 压性断裂;2. 硅铝层深断裂;3. 扭性断裂

本区原生金主要产于石英—钾长石脉和钾长石化蚀变岩中,其次是石英脉,再次是钾长石伟晶岩、钾长石化碎裂闪长岩或闪长玢岩中。这些金矿化类型

不但依附于断裂的形状、规模、性质、产状和围岩性质,而且在平面和剖面上共存、过渡、转化。全区共发现含Au石英—钾长石脉及含Au钾长石化蚀变岩脉

百余条,在脆—韧性剪切变形带中为等距离成群成带出露,形成几个矿脉集中区,脉最长为3 000余m,一般为200~500m,延伸大于400m,厚1~3m,最厚20余m,形态多为单脉,局部为复脉或长的扁豆体、豆荚状。大多数脉体走向近EW,倾向180°~200°,或倾向NW,倾角50°~75°。矿石贫硫化物,主要为碎裂构造,细粒、细脉稀疏浸染状构造,角砾、块状、条带、胶状构造。各种交代残余、变晶结构,半自形、他形粒状结构。自然金成色754~919,Au/Ag值高。围岩蚀变主要为钾长石化、硅化、绢云母化及黄铁矿化,其次为绿泥石化、碳酸岩化、钠长石化、绿帘石化等。蚀变叠加或联合可增强金矿化,蚀变强度与金矿化强度正相关。含Au石英—钾长石脉 $\delta^{34}\text{S}$ 为-6‰~

-18.37‰,平均-12.38‰, $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围较大,富集 ^{32}S ;铅同位素 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=17.267$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.388$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=37.469$ 。金矿化的最佳成矿温度为291~379℃;压力变化范围为 $110\times 10^5\sim 766\times 10^5\text{ Pa}$;pH值在8.30~9.75之间。气相成分主要是 CO_2 ,并含少量 CH_4 和 H_2 ,属于 HCO_3^- - Ca^{2+} - Na^+ 型水,盐度低。

2 与国外典型矿床的对比

目前我国铁氧化物型矿床研究还很少,综合整理几个矿床特征与国外典型矿床对比(表1),可得出如下结论。

(1) 已被广泛关注的内蒙古白云鄂博矿床以铁

表1 我国的铁氧化物型矿床与国外典型矿床的主要特征对比

特征	澳大利亚奥林匹克坝	中国			国外该类矿床的共同特征
		内蒙古白云鄂博	四川拉拉	内蒙古哈达门沟	
构造环境	陆架拉张地堑(或裂谷)	白云鄂博裂谷带,乌兰宝力格断裂带和白银角拉克—宽沟大断裂的交汇部位(克拉通内裂谷)	扬子地台北缘,西临绿汁江大断裂,在古、中元古代属大陆裂谷环境	华北地台北缘,与白云鄂博产于同一环境	新元古代中晚期的克拉通或大陆边缘
含矿主岩	奥林匹克坝角砾岩体中,由大量陡倾的碎裂花岗岩和花岗角砾杂岩组成	白云鄂博群灰岩、白云岩、页岩等	元古宇河口群落组钠长石岩和石榴子石黑云母片岩,原岩为变质火山岩	新太古界的各类片麻岩、角闪岩、变粒岩,原岩为富镁铁质的中基性火山岩	变化不一,从太古宙的片麻岩、绿岩变化到同期的花岗岩、火山岩或沉积岩
矿床规模	20亿t矿石量	4 500万t矿石量	铜总储量已超过100万t,金、钴、钼达中型	金已达大型	高储量,矿石量多在0.15~10亿t
成矿年龄	U-Pb年龄1.4 Ga	1.35 Ga或1.43 Ga	928~1 005 Ma	139~276 Ma	1.8~1.4 Ga
品位	Fe: 35%, Cu: 1.6%, Au: 0.6×10^{-6}	Fe: 31%	Cu: 0.92%	Au: 6.11×10^{-6}	低品位, Cu: 1%左右, Au: $0.2\times 10^{-6}\sim 0.8\times 10^{-6}$
金属矿物组分/组合,伴生元素,蚀变矿物	金属矿物:黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿、自然铜、沥青铀矿、水硅铀矿、钛油矿、自然金和自然银;蚀变:主要有绢云母、赤铁矿化,其次为绿泥石化、硅化、碳酸盐化、磁铁矿化,具铜、铀、稀土、金、银矿化	金属矿物:赤铁矿、磁铁矿、菱铁矿、铌铁矿,明显富集铁、稀土、钠、钙、镁、钡和磷;蚀变:矿体及围岩发生了强烈的钾、钠、氟、磷、钙、硅的多期交代	金属矿物:以磁铁矿、黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿为主,其次有斑铜矿、辉铜矿、辉钴矿、赤铁矿等,除铁和铜外,富集的元素有金、银、稀土、钼、钴、磷等;蚀变:钠长石化、黑云母化、萤石化、碳酸盐化	金属矿物:主要为黄铁矿、赤铁矿(镜铁矿),其次是方铅矿、黄铜矿、闪锌矿、磁铁矿、褐铁矿;蚀变:主要有钾长石化、碳酸盐化、磁铁矿化、赤铁矿(镜铁矿)化、绢云母化、绿泥石化、硅化、钠长石化;主要伴生元素:银、铋、硒、碲、钨、钼、钡、铅等	元素组合:铁—铜—金(银、砷、钴、铁、钼、铌、镍、磷、稀土、铀);蚀变:随深度变浅,蚀变顺序:Na-Ca长石→钾长石→绢云母和铁橄榄石→铁闪石→阳起石→碳酸盐,石英较少,尤其是在深部
矿化结构、类型	爆破角砾岩,浸染状、脉状	条带状为主,块状、浸染状次之,沉积变质	浸染状或网脉状动力变质热液	脉状、浸染状为主,火山喷流—沉积型	角砾岩体,脉和(或)交代体等矿化型式组成的复合型矿床

(续表 1)

构造类型	梯列式断层网络,可能的拉张位错带	同生断裂	韧—脆性剪切带	韧—脆性剪切带	沿深大断裂周围的高—低角度分支断裂分布,大多数为脆—韧性构造
p-T 条件	200 ~ 300 °C	300 ~ 450 °C	190 ~ 300 °C, 3 ~ 8 Kpa	206 ~ 346 °C, 442 × 105 Pa	变化不一,铜—金矿床多为 200 ~ 400 °C,铁硅酸盐和磁铁矿高达 600 °C
金矿物		已发现自然金	自然金或含银自然金	自然金、银金矿、碲金矿、针碲金银矿	主要是自然金和银金矿

和稀土为主,虽已有发现自然金的报道,但仍有争议;内蒙古哈达门沟矿床以金为主;四川拉拉矿床以铜为主,3个矿床的地质特征与国外典型铁氧化物矿床相比有一些差异。

(2) 应重视铁氧化物型矿床的综合勘查,从多角度分析并探索寻找该类矿床。

(3) 过去的十几年中,一些大型和超大型铁氧化物型铜—金矿床在其他国家被发现和开发,如澳大利亚、智利、巴西、加拿大、美国、秘鲁、南非、瑞典、芬兰、赞比亚,该类矿床虽然品位低,但储量大,具有广阔的勘查前景和经济意义,所以我们应在我国的一些克拉通内、大陆边缘岛弧寻找这类矿床。

参考文献

- [1] Hitzman M W, Oreskes N, Einaudi M T. Geological Characteristics and Tectonic Setting of Proterozoic Iron Oxide (Cu-U-Au-REE) Deposit [J]. Precambrian Research, 1992, 58 (1-4): 241-287.
- [2] 张静,李超,杨勇,等.超大型金矿床的特征、成因及地球动力学背景[C]//大陆动力学与成矿作用.北京:地震出版社,2001.
- [3] 李泽琴,胡瑞忠,王奖臻,等.中国首例铁氧化物—铜—金—钼—稀土型矿床的厘定及其成矿演化[J].矿物岩石地球化学通报,2002,21(4):258-260.
- [4] 李强之,朱成伟,吴尚全,等.内蒙古自治区哈达门沟金矿床钾长石化蚀变特征及其成矿意义[J].现代地质,1999,13(3):315-321.
- [5] 张兴春.国外铁氧化物铜—金矿床的特征及其研究现状[J].地球科学进展,2003,18(4):551-560.
- [6] 王绍伟.重视近20年认识的一类重要热液矿床——铁氧化物—铜—金(—钼)—稀土矿床[J].国土资源情报,2004,(2):45-52.
- [7] 李上森.元古宙铁氧化物(Cu-U-Au-REE)矿床[J].国外前寒武纪地质,1996,(2):29-38.
- [8] 白鸽,袁忠信,吴澄宇,等.白云鄂博矿床地质特征和成因论证[M].北京:地质出版社,1996.
- [9] 刘玉龙,陈江峰.白云鄂博矿床中自然金的发现[J].矿床地质,2002,21(1):35.
- [10] 申屠保涌.钠长岩类地质地球化学特征及变质变形与铜矿的形成——以四川会理拉拉铜矿床为例[J].沉积与特提斯地质,2000,20(3):77-91.
- [11] 申屠保涌.四川会理拉拉厂铜矿床动力变质—热液成矿模式[J].矿床地质,1998,(增刊):519-522.
- [12] 四川省地质局403地质队.四川拉拉铜矿成矿地质特征[C]//铁铜矿产专集.北京:地质出版社,1973:84-96.
- [13] 孙燕,李承德.四川拉拉铜矿床成矿机制研究[J].成都地质学院学报,1990,17(4):1-9.
- [14] 唐肖玫,姚敬劬.化学物相分析方法研究矿石中金的赋存状态[J].岩矿测试,1992,11(2):162-167.
- [15] 西南冶金地质局603地质队.四川省会理县拉拉铜矿落函矿区详细勘探地质报告[R].成都:西南冶金地质勘查局,1982.
- [16] 王奖臻,李泽琴,刘家军,等.拉拉铁氧化物—铜—金—钼—钽—稀土矿床辉钼矿的多型及标型特征[J].地质找矿论丛,2004,19(2):96-99.
- [17] 孙燕,李承德,冯祖杰.四川省拉拉铜矿床含金性及金的赋存状态研究[J].矿物岩石,1994,14(2):67-73.
- [18] 李泽琴,王奖臻,刘家军,等.拉拉铁氧化物—铜—金—钼—稀土矿床 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J].地质找矿论丛,2003,18(1):39-42.
- [19] 李云峰.拉拉铜矿矿床地质特征及其成因分析[J].采矿技术,2004,4(2):58-60.
- [20] 陈根文,程德荣,余孝伟.四川拉拉铜矿黄铁矿标型特征研究[J].矿物岩石,1992,12(3):85-91.
- [21] 陈根文,夏斌.四川拉拉铜矿床成因研究[J].矿物岩石地球化学通报,2001,20(1):42-44.
- [22] 金明霞,沈苏.四川会理拉拉铜矿床流体特征及成矿条件研究[J].地质科技情报,1998,17(增刊):45-48.

Characteristics and Research Status of Iron-oxide-Cu-Au Deposit in China

WANG Meijuan, LI Jiemei, CHAO Yinyin

Gold Geological Institute of CAPG, Langfang 065000, Heibei, China

Abstract: The iron-oxide-Cu-Au deposit has become the important investigation target in many countries in recent twenty years. In China, the Baiyunebo REE-iron ore deposit, located in the joint belt between north edge of Huabei platform and Daxinganling fold system of Inner Mongolia. Lala Cu-Au-U-REE deposit, located in middle part of Kangdian Earth's axis, and convergence part between EW-strike Jingshajiang folded belt and SN structure of Sichuan and Yunnan, are the putative iron-oxide deposit. The Hadamengou gold deposit, had same structural background with Baiyunebo deposit, with K, alkali-rich and strong oxidize mineralizing fluid, and iron oxide-rich in ore structure has been seen as the characteristics of iron oxide type gold deposit. The three deposits have their own characteristics comparing with the typical iron-oxide deposit of abroad. We should pay more attention to integrate investigation of such type deposit, and find more such kind deposit in China.

Key words: Iron-oxide type; Deposit characteristics; Research status

(上接第3页)

- [14] Stockli D, Farley K A, Dumitri T A. Calibration of the (U-Th)/He Thermochronometer on an Exhumed Fault Block, White Mountains, California[J]. *Geology*, 2000, (28): 983-986.
- [15] Green P F, Duddy I R, Crowhurst P V. Integrated (U-Th)/He Dating, AFTA and Vitrinite Reflectance Results in Seven Otway Basin Wells Confirm Regional Late Miocene Exhumation and Validate Helium Diffusion Systematics [M]. AAPG Annual Convention, Salt Lake City: Utah, 2003.
- [16] House M A, Wernicke B, Farley K. Dating Topography of the Sierra Nevada, California, Using Apatite (U-Th)/He Ages[J]. *Nature*, 1998, (396): 66-69.

Application Prospect of (U-Th)/He Dating in Ore Deposit Geochronology

ZHANG Yan, CHEN Wen, YONG Yong, LIU Xinyu

Institute of Geology, CAGS, Beijing 100037, China

Abstract: (U-Th)/He dating method is a new radiogenic isotope dating method rapidly developed in recent years, which has been applied widely in the research field of basic geology. At first, we simply present the (U-Th)/He dating principle and summarize its technique development and application results in geological research. Furthermore, we discuss the feasibility of (U-Th)/He dating in determining the forming age of nonmetallic-metallic ore deposit, the succeeding alteration and unroofing age of metallic ore deposit.

Key words: (U-Th)/He; Isotope dating; Ore deposit geochronology