

文章编号: 0258-7106 (2003) 02-134-07

甘肃桦树沟铜矿床成矿年龄讨论^{*}赵东宏¹ 杨合群¹ 刘玉琳² 王方成³

(1 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054; 2 北京大学, 北京 100871; 3 甘肃省地质矿产勘查开发局, 甘肃 兰州 730000)

摘 要 桦树沟铜矿床是近年来在北祁连山西段镜铁山矿田发现的一种新类型铜矿床。作者在矿床区域地质背景、地质特征分析的基础上,通过对与成矿密切相关的石英闪长岩脉中的锆石 U-Pb 同位素年龄及蚀变岩型铜矿石的⁴⁰Ar-³⁹Ar 同位素年龄测定,认为桦树沟铜矿床是在元古宙铜预富集的基础上,富含铜元素的条带状铁建造经加里东造山期的挤压、破碎、隐伏花岗岩基和石英闪长岩脉侵入及与生成矿流体的水岩反应等作用,使其中的铜元素活化析出并被带到就近的有利构造空间沉淀成矿,其成矿年龄限定于(364.7±8.4) Ma~(476±15) Ma 之间。

关键词 地球化学 铜矿床 成矿年龄 甘肃 桦树沟

中图分类号: P618.41; P597

文献标识码: A

甘肃省桦树沟铜矿床发现于 20 世纪 80 年代中后期,该矿床产于元古宙镜铁山群条带状铁建造层位附近,区域上具有明显的层控特征,沿该层位分布的还有柳沟峡铜矿床、白尖铜矿点等;而在矿田、矿床范围内,矿体的分布严格受构造破碎蚀变带控制。通过近年研究,笔者将其确定为一种新的铜矿床类型——破碎带蚀变岩型^①(杨合群等,1999;2002;赵东宏等,2001;2002)。目前,几乎已公认镜铁山条带状铁建造为海底热液喷流沉积成因,但是关于该铜矿床的形成仍然存在较大争论。郭介人等(1994)、周涛发等(1997)、薛春纪等(1997)、刘华山等(1998)认为铁、铜矿床为上铁下铜式的同生沉积成因;毛景文等(2003)^②认为铜矿床的形成明显晚于铁矿床,指出铁矿体的控制因素是地层和岩相,而铜矿体的控制因素明显有别于铁矿体,突出、优先地受到构造特别是断裂构造因素的制约,有较强烈的蚀变现象,同时石英闪长岩脉与铜矿体之间具有“如影随形”的空间伴生关系。后一种认识与笔者不谋而合,本文报道新近获得的桦树沟石英闪长岩脉锆石 U-Pb 法及蚀变岩型铜矿石⁴⁰Ar-³⁹Ar 法同位素测年数据,并讨论铜矿床的成矿时代。

1 区域地质及矿床地质概述

镜铁山地区作为前寒武纪陆壳残块出露地段,区内主要出露前长城系(北大河岩群)、长城-蓟县系(朱龙关群-镜铁山群)、青白口系(大柳沟群)等元古宙地层和奥陶系、志留系等古生代地层,它们之间多呈断层接触(图 1)。桦树沟铜矿床产于镜铁山群中。关于镜铁山群的时代,杨合群等(1999)在镜铁山矿田测得镜铁山群条带状铁建造层的 Sm-Nd 等时线年龄为(1 309±80) Ma,重新厘定镜铁山群的时代为蓟县纪。

桦树沟铜矿床赋存于镜铁山铁矿床北侧的镜铁山群条带状铁建造层位附近(图 2),主要由破碎铁碧玉岩型和蚀变千枚岩型两类铜矿体组成,其展布严格受构造破碎蚀变带的控制,赋矿围岩主要由构造带内的碳质千枚岩、灰绿色千枚岩和铁碧玉岩组成。岩石均不同程度地发生破碎及热液蚀变,碳质千枚岩蚀变为石墨(炭质)石英绢云母千枚岩,灰绿色千枚岩和钙质千枚岩蚀变为碳酸盐化石英绢云母千枚岩。控矿破碎蚀变带属压扭性断裂构造,其走向与

* 本文系北祁连山西段铜矿床成矿模式及找矿预测研究课题(编号:95-02-004-02)的部分成果

第一作者简介 赵东宏,男,1961 年生,硕士,副研究员,长期从事矿床地质研究工作。

收稿日期 2002-02-21; 改回日期 2003-02-11。张绮玲编辑。

① 杨合群,赵东宏,于浦生,等. 1996. 北祁连山西段铜矿床成矿模式及找矿预测研究课题 1996 年报. 西安地质矿产研究所. 2~5.

② 毛景文,张招崇,杨建民,等. 1997. 北祁连山西段镜铁山式铁铜矿床成矿预测和靶区优选暨北祁连山西段铁铜铅锌矿床成矿规律和成矿预测. 中国地质科学院矿产资源研究所地质研究所和甘肃地质调查局. 400~403.

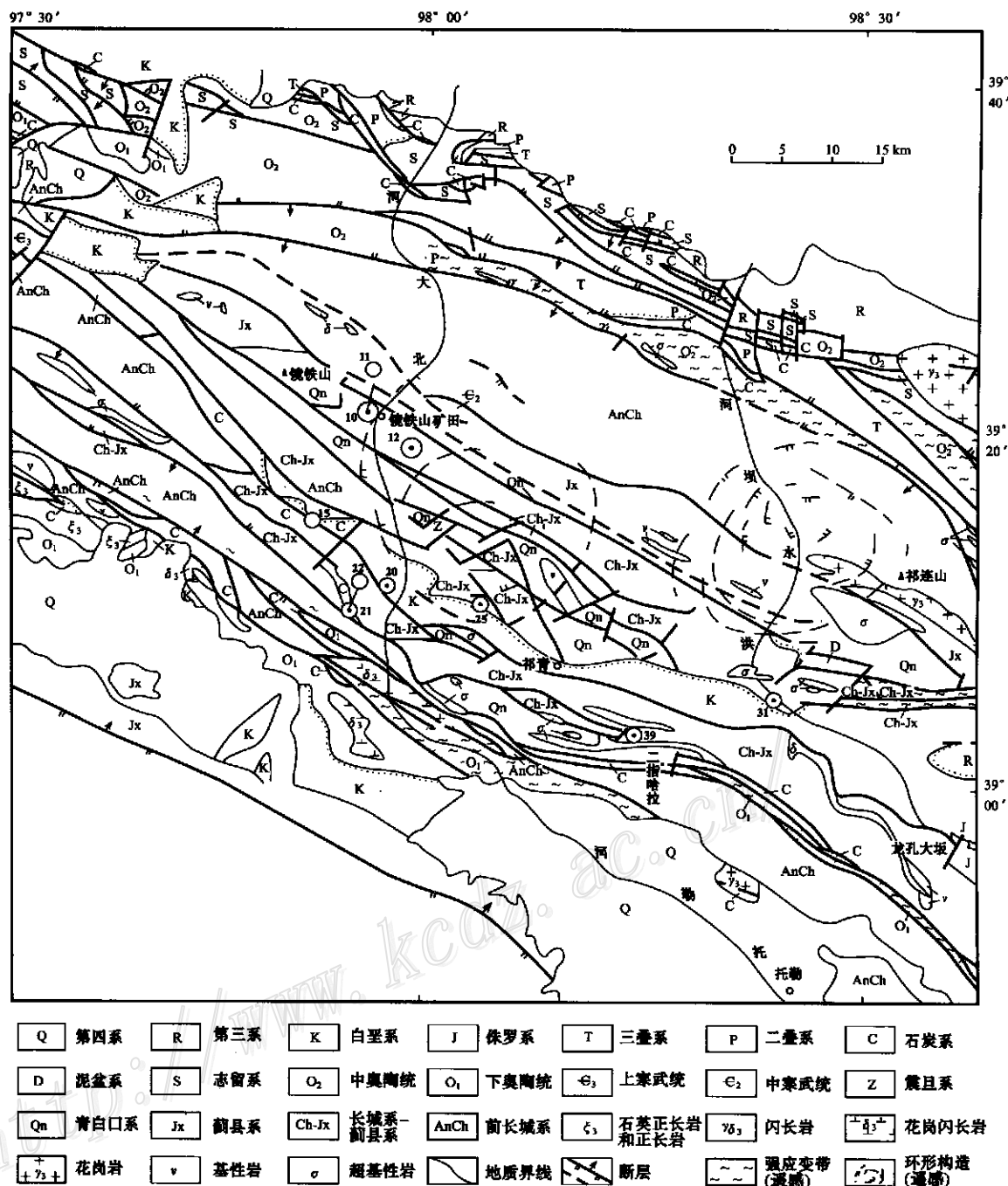


图1 北祁连镜铁山区地质略图

镜铁山式铁矿床(点): 10—桦树沟; 12—黑沟; 20—西柳沟; 21—白尖; 25—夹皮沟; 31—古浪峡; 39—九个青羊。

镜铁山式铜矿床(点): 11—桦树沟; 15—头道沟; 22—白尖

Fig.1 Geological sketch map of Jingtieshan region in the western part of North Qilian

The Jingtieshan type iron deposits (ore spots): 10—Huashugou; 12—Heigou; 20—Xiliugou; 21—Baijian; 25—Jiapigou; 31—Gulangxia;

39—Jiugeqingyang; The Jingtieshan type copper deposits (ore spots): 11—Huashugou; 15—Toudaogou; 22—Baijian

地层近于平行,但在倾向上多与地层斜交。矿石多具角砾状构造、碎裂构造及细脉状-网脉状构造。角砾状构造矿石中的角砾主要为铁碧玉岩,角砾间被

硫化物、石英、铁碳酸盐及重晶石细脉、网脉胶结,石英颗粒的波状消光明显;细脉状-网脉状构造表现为黄铜矿等硫化物呈微细脉状沿片理充填,但硫化物

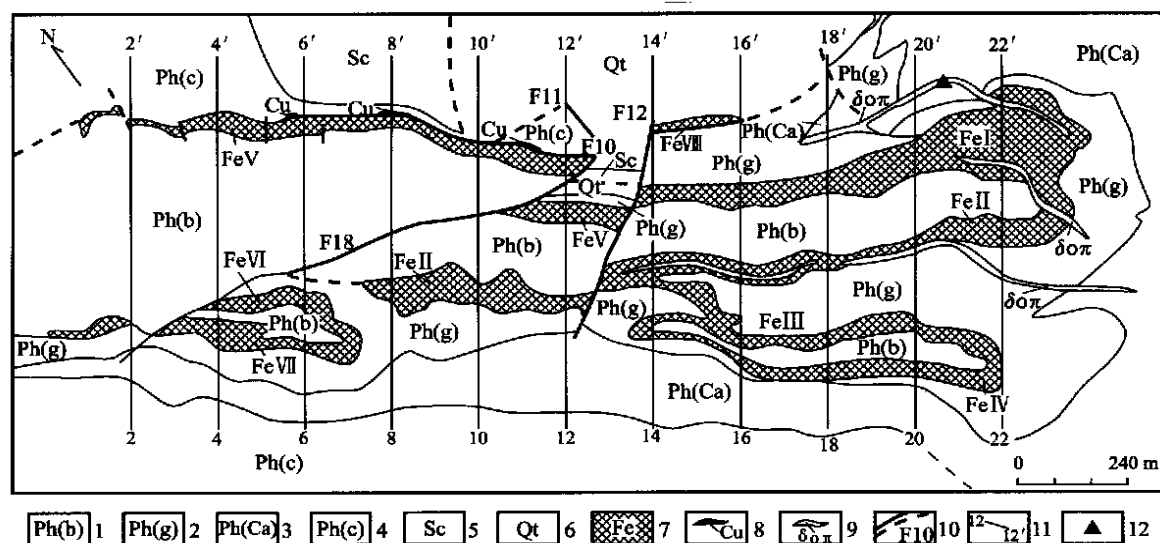


图 2 桦树沟蚀变岩型铜矿床地质略图 (据薛春纪等, 1997; 刘华山等, 1998; 修编)

1—蓟县系黑灰色千枚岩; 2—蓟县系灰绿色千枚岩; 3—蓟县系钙质千枚岩; 4—蓟县系炭质千枚岩; 5—蓟县系绢云母千枚岩; 6—蓟县系石英岩; 7—铁矿体; 8—铜矿体; 9—加里东期石英闪长岩脉; 10—断层及编号; 11—勘探线及编号; 12—石英闪长岩脉采样点

Fig. 2 Diagrammatic geological map of the Huashugou altered rock type copper deposit

1—Jixian blackish gray phyllite; 2—Jixian grayish green phyllite; 3—Jixian calcareous phyllite; 4—Jixian carbonaceous phyllite; 5—Jixian sericite phyllite; 6—Jixian quartzite; 7—Iron orebody; 8—Copper orebody; 9—Caledonian quartz-diorite vein; 10—Fault and its serial number; 11—Exploration line and its serial number; 12—Sampling site

细脉常于后期随片理发生揉皱, 形成皱纹状矿石。矿石中原生金属硫化物主要为黄铜矿和黄铁矿。

根据杨化洲等^①研究, 桦树沟矿区发育 3 期构造面理(片理 S_1 , 褶劈理 S_2 , 膝折 S_3), 并认为其反映了加里东旋回构造作用。在蚀变千枚岩型铜矿石中最常见的就是石英与硫化物细脉沿千枚理(S_1 片理)贯入, 同时又可观察到后来受到褶劈理(S_2 面理)的改造, 矿脉随千枚理一起被褶皱, 说明铜矿就位于加里东造山期。石英闪长岩脉沿片理 S_1 方向的断层侵入于条带状铁建造及千枚岩中, 且引起条带状铁建造局部重结晶和围岩蚀变, 而岩脉同时又受到褶劈理 S_2 的改造, 说明它与铜矿的形成时间相近。

2 同位素测年结果

2.1 石英闪长斑岩脉的锆石 U-Pb 法测年

从桦树沟矿区 Fe I 矿体东北部的石英闪长斑岩脉中采集未风化的新鲜样品 (7j-45) 20 kg (图 2)。该石英闪长斑岩样品具块状构造, 他形粒状镶嵌结构, 主要矿物有斜长石、石英、角闪石等。首先将样品破

碎至 150 目, 淘出重矿物后, 在双目镜下进行挑选, 获得 250 粒锆石, 作为锆石 U-Pb 法测年样品。

据鉴定, 所选锆石多数呈浅玫瑰红色, 其次为无色、淡紫色、浅黄色, 玻璃光泽, 透明, 部分含暗色矿物包体和气泡, 晶面一般较平整, 大部分晶形为自形, 但形态各异, 多数为柱状, 尚可见到正方双锥柱状、圆柱状、长柱状, 粒径大小不等, 大者可达 $0.20 \times 10 \text{ mm}^2$, 小者不足 $0.05 \times 0.025 \text{ mm}^2$, 一般粒径 $0.10 \times 0.05 \text{ mm}^2$, 晶体长宽比 2:1; 粒径较大者的表面有明显的磨蚀痕迹, 个别晶体显浑圆状、浑圆桶状。锆石特征表明, 岩脉中的锆石大部分为岩浆结晶锆石, 其次为老地层中捕获的锆石, 可能还有一部分为捕获锆石经岩浆改造后的混合晶锆石。

由于所选出的锆石颗粒都极为细小, 采用单颗粒测定显得样品量太少。为了获得石英闪长斑岩的形成年龄, 将所选锆石按形态特征分为 4 组, 每组中都尽量挑选晶体形态较好, 特征相似, 表面没有磨蚀的锆石 3~5 粒作为测试样品。采用颗粒锆石同位素稀释法进行年龄测定, 锆石的分选、质谱测定均由天津地质矿产研究所同位素室完成, 测定数据中

① 杨化洲, 卢静文, 姚元, 等. 1991. 镜铁山铁矿床特征及成因. 甘肃省地质矿产局和长春地质学院. 44~59.

的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值已对实验室空白和稀释剂做了校正。结果显示(表 1), 4 组锆石所测数据可拟合出一条直线(即不一致曲线), 它与谐和线的下交点年龄为 $(476 \pm 15) \text{ Ma}$, 上交点年龄为 $(2210 \pm 13) \text{ Ma}$ (图 3)。所测锆石采自石英闪长斑岩脉中, 上述锆石特征研究表明, 这些锆石大部分为岩浆锆石, 但不能排除有捕获晶锆石岩浆改造后的内核, 这样可以认为图 3 中不一致曲线是岩浆锆石和残存的少量捕获晶锆石混合的结果。下交点主要由 1、2 组锆石的数据点所确定, 且很接近谐和曲线, 1、2 组锆石的自形度最好, 表面看不到磨蚀痕迹, 说明它们绝大部分系岩浆锆石, 由此确定的下交点年龄可以比较准确地代

表岩脉的侵位年龄。3、4 组锆石的晶形相对较差, 其中可能有下部老地层中捕获的锆石, 或继承性锆石, 由此确定的上交点年龄应代表捕获锆石的生成年龄或下伏地层的年龄。

根据所获信息, 岩浆锆石年龄为 $(476 \pm 15) \text{ Ma}$, 反映石英闪长斑岩脉形成的时代; 捕获晶锆石年龄为 $(2210 \pm 13) \text{ Ma}$, 说明其形成时代可追溯到早元古代, 来源区可能为北大河岩群。

2.2 蚀变岩型铜矿石 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 法测年

桦树沟铜矿床以退色化蚀变为主要特征, 尤以绢云母化、硅化蚀变特别发育, 这一典型的蚀变特征作为找矿标志在矿区得到了较广泛的应用。据分

表 1 桦树沟石英闪长岩脉锆石 U-Pb 同位素年龄测定结果

Table 1 Zircon U-Pb isotope data from the quartz diorite vein in Huashugou region

序号	锆石类型 及特征	m/ μg	$w_{\text{B}}/10^{-6}$		m(普通 铅)/ng	同位素原子比率					表面年龄/ Ma		
			U	Pb		$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
1	浅紫红色透明长柱状自形小晶体	10	132	13	0.009	734	0.2981	0.0795 (22)	0.658 (25)	0.0601 (14)	493	513	606
2	浅紫红色透明长柱状自形小晶体	10	192	20	0.023	465	0.1858	0.0839 (36)	0.751 (44)	0.0650 (23)	519	569	774
3	浅紫红色透明柱状晶体	10	102	13	0.033	204	0.1284	0.0963 (65)	1.076 (91)	0.0811 (36)	592	742	1224
4	浅紫红色透明柱状晶体	10	220	24	0.008	1824	0.1107	0.1049 (26)	1.205 (36)	0.0833 (12)	643	803	1276

注: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 数据已对实验室空白($\text{Pb}=0.050 \text{ ng}$, $\text{U}=0.002 \text{ ng}$)及稀释剂作了校正, 其比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素; 括号内的数字为 2σ 的绝对值, 例如: $0.0795(22)$ 表示 0.0795 ± 0.0022 ; 1—4 号点上交点年龄值: $(2210 \pm 131) \text{ Ma}$, 下交点年龄值: $(476 \pm 15) \text{ Ma}$; 测定者: 国土资源部天津地质矿产研究所李惠民。

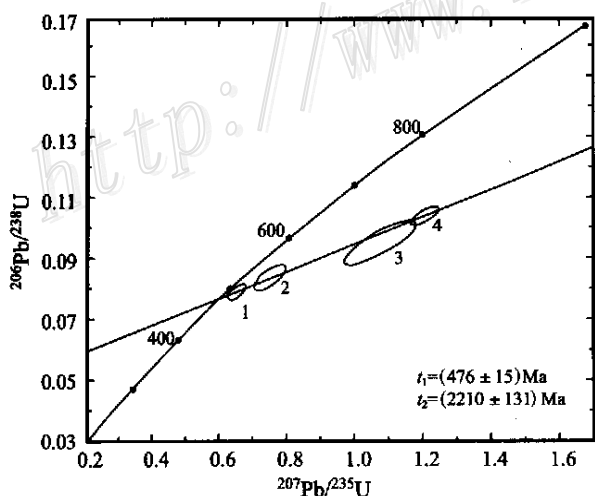


图 3 桦树沟石英闪长岩脉锆石 U-Pb 谐和曲线图

Fig. 3 Discordia diagram of zircon U-Pb data for the quartz diorite vein from Huashugou region

析, 退色化蚀变应为主成矿期的热液蚀变, 因此笔者决定选取铜矿石中石英绢云母蚀变岩进行 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 法测年。

从桦树沟矿床 10 线 2640 中段采集蚀变岩型铜矿石样品(7j-16), 在室内分离出无硫化物的石英绢云母蚀变岩, 作为 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 法测年样品。

将所选样品送至北京大学同位素实验室进行测试。样品经原子堆照射后, 采用阶段升温法测定, 结果见表 2、图 4 和图 5。获得坪年龄为 $(364.7 \pm 8.4) \text{ Ma}$ (3~5 步), 利用 $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ - $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 等时线法(3 点)处理, 年龄值为 $(364.5 \pm 5.8) \text{ Ma}$ (3~5 步), 两年龄数值基本相同, 表明该年龄具有一定的可信度。

考虑 Ar 一般为气态, K-Ar 同位素体系封闭后, 易受后期热事件的干扰, 可限定该铜矿化蚀变岩的形成年龄不晚于 $(364.5 \pm 5.8) \text{ Ma}$ 。

表 2 ^{40}Ar - ^{39}Ar 快中子活化法定年数据Table 2 ^{40}Ar - ^{39}Ar Ar data of the altered rock type copper ore from the Huashugou copper deposit

加热阶段	$t/^\circ\text{C}$	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$^{39}\text{Ar}/\%$	视年龄/Ma
1	500	18.750	0.00658	0.2467	0.0263	1.8	274.4 ± 11
2	660	19.908	0.000513	0.0400	0.0308	23.7	318.2 ± 12.8
3	790	23.207	0.000864	0.0225	0.0259	42.2	364.8 ± 14.6
4	900	23.294	0.00127	0.0507	0.0718	14.4	364.3 ± 14.6
5	1100	24.447	0.00503	0.1056	0.0302	2.4	365 ± 14.6
6	1350	2.864	0.000789	0.0118	0.0032	15.4	45.7 ± 1.8

注:测试样品为 7j-16 石英绢云母蚀变岩;照射参数 $J=0.008775$,衰变常数 $\lambda=5.543 \times 10^{10}/\text{年}$;测试仪器:英国 RGA-10 质谱仪(VSS 公司);测试者:北京大学同位素研究实验室刘玉琳。

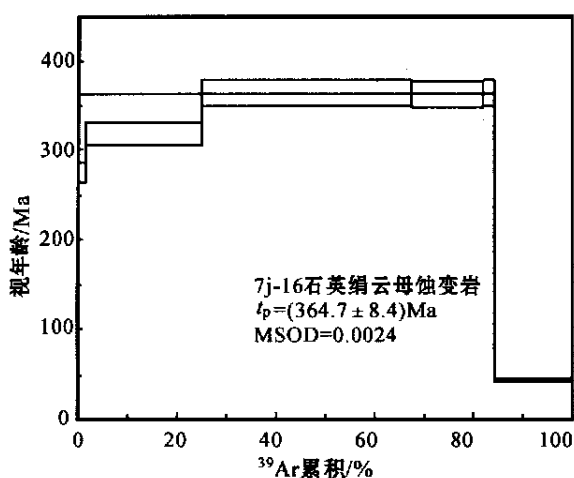
图 4 桦树沟铜矿床蚀变岩型铜矿石 ^{40}Ar - ^{39}Ar 坪年龄谱

Fig. 4 Diagram showing ^{40}Ar - ^{39}Ar Ar age plateau spectrum of the altered rock type copper ore from the Huashugou copper deposit

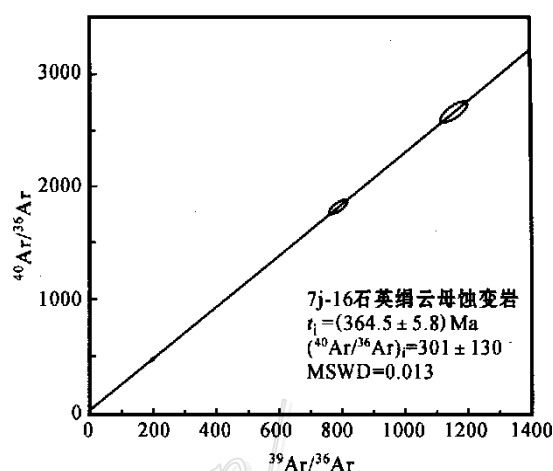
图 5 桦树沟铜矿床蚀变岩型铜矿石 ^{40}Ar - ^{39}Ar 等时线年龄

Fig. 5 Diagram showing $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ - $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ isochron age of the altered rock type copper ore from the Huashugou copper deposits

3 成矿年龄讨论

如前所述,镜铁山群条带状铁建造的形成时代为中元古代蓟县纪,Sm-Nd 等时线年龄为 $(1309 \pm 80)\text{Ma}$ (杨合群等,1999)。该条带状铁建造中铜已初步富集,平均含量可达 560×10^{-6} 。对条带状铁建造观察,发现在条带状铁建造的菱铁矿层中,黄铁矿、黄铜矿等硫化物特别丰富,硫化物呈微层状、微细浸染状或星散状分布于菱铁矿层中,与菱铁矿呈共生关系,显然系同生沉积成因。但本区这种形式的铜均未构成铜矿石,仅为破碎带蚀变岩型铜矿床的形成准备了充分的物质基础(赵东宏等,2001)。

铜矿床中的破碎铁碧玉岩型铜矿石是铁矿石破碎后,再由石英硫化物网脉充填胶结构成的,可以肯定,区内铜矿床的形成晚于铁矿床。加里东旋回的构造体系控制铜矿体,石英与硫化物细脉沿岩石千枚理(S_1 片理)贯入,同时受到后期褶皱理(S_2 面理)的改造,说明铜真正富集为工业矿床发生于加里东造山期。

据毛景文等^①对桦树沟矿床脉石英中流体包裹体进行的氢氧同位素研究,成矿热液以岩浆水为主。笔者从桦树沟矿区破碎铁碧玉岩型铜矿石(样号 7J-14)中选取黄铁矿单矿物,送中国地质科学院矿产资源研究所进行包裹体 He 同位素组成测定,获得 $^3\text{He}/^4\text{He} = 0.3 \times 10^{-8}$,由此判断桦树沟铜矿再造成

① 毛景文,张招崇,杨建民,等. 1997. 北祁连山西段镜铁山式铁铜矿床成矿预测和靶区优选暨北祁连山西段铁铜铅锌矿床成矿规律和成矿预测. 中国地质科学院矿产资源研究所,地质研究所和甘肃地勘局. 229~234.

矿的流体为壳源流体。桦树沟矿区范围的岩浆岩有两类:一类为辉绿岩脉,由中基性岩浆侵入形成,应为幔源产物;另一类为石英闪长岩脉,由中酸性岩浆侵入形成,应为壳源产物。推断成矿流体中的岩浆水与同石英闪长岩脉相关的中酸性岩浆有关。实际上,该地区有加里东造山期中酸性隐伏岩基存在的线索,在镜铁山—祁青之间,通过遥感技术发现了巨大的环形构造,面积约 400 km^2 (图1)。已经查明,环形构造中心偏南的小柳沟铜钨矿区,地表有花岗岩斑岩和石英闪长岩脉,而在地下 450 m 处钻探到隐伏花岗岩体(周廷贵等,1999;窦元杰,1999)。此隐伏岩体侵入所产生的环状断裂被具钨钼铜矿化的石英脉充填,测得其中辉钼矿 Re-Os 同位素等时线年龄为 $(462 \pm 13) \text{ Ma}$ (毛景文等,1999),岩体年龄应略大于热液矿化年龄。而与小柳沟铜钨矿区同处于上述环形构造内的桦树沟西、桦树沟、黑沟、夹皮沟等地出露的石英闪长斑岩脉,也应为同一中酸性隐伏岩基的派生产物。故从桦树沟矿区采此类脉岩,选锆石单矿物运用 U-Pb 法测年,可以间接限定矿床的形成年龄。但由于造山带岩石中锆石 U-Pb 年龄测定,常由不一致曲线计算得到上、下两个交点年龄,它们代表岩石的形成年龄还是锆石受变质热扰动事件的时间,这与所测定锆石的成因有极大的关系。如锆石中岩浆成因的组分占主要地位,残留晶成分处于次要位置时,那么下交点年龄基本代表了岩浆活动或侵位的时间,上交点则代表残留晶锆石的形成年龄(陈道公等,2001)。就本次测年而言,锆石采自石英闪长斑岩脉中,其特征表明,大部分为岩浆锆石,少部分锆石内核有残留晶锆石的存在,这样上交点年龄即可代表捕获锆石的生成年龄或下伏赋存锆石的老地层年龄;下交点代表脉岩侵位或形成年龄。同时由图3可见,下交点主要由1、2组锆石的数据点所确定,且很接近谐和曲线,这两组锆石的自形度最好,表面看不到磨蚀痕迹,说明它们绝大部分系岩浆锆石,由此确定的下交点年龄 $(476 \pm 15) \text{ Ma}$ 可比较准确地代表岩脉的形成或侵位年龄;3、4组锆石的晶形相对较差,其中可能有捕获下部老地层中的继承性锆石,其数据点也偏离曲线较远,故推断不一致曲线与谐和曲线的上交点年龄 $(2210 \pm 13) \text{ Ma}$ 应代表下伏地层的年龄;另外根据岩浆岩脉固结明显早于岩浆热液沉淀成矿时间的一般规律,推断桦树沟铜矿床的形成时代不早于 $(476 \pm 15) \text{ Ma}$ 。而前述铜矿体中石英绢云母蚀变岩的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 法测年结果为

$(364.5 \pm 5.8) \text{ Ma}$,表明绢云母蚀变岩的形成时间不晚于 $(364.5 \pm 5.8) \text{ Ma}$,这样桦树沟蚀变岩型铜矿床的形成年龄就被限定于 $(364.5 \pm 5.8) \sim (476 \pm 15) \text{ Ma}$ 之间。

4 结 论

桦树沟铜矿床赋存于镜铁山铁矿床北侧元古宙镜铁山群的条带状铁建造附近,其展布严格受构造蚀变带的控制,矿体呈似层状和脉状,矿床既有原生沉积作用的痕迹,又具有后期热液矿床的特点。综上所述,桦树沟铜矿床是元古宙预富集铜元素的条带状铁建造经过加里东造山期的岩浆热液和构造破碎作用改造,使其中的铜元素进一步富集而形成。矿床的形成经历了漫长的演化历史,结合区域地质、矿床地质特征和稳定同位素信息,可确定桦树沟铜矿床形成工业矿体的时代为 $(476 \pm 15) \text{ Ma} \sim (364.7 \pm 8.4) \text{ Ma}$ 之间,是加里东期岩浆热事件的产物。它与海底喷流形成的中元古代镜铁山式铁矿床为一种空间上的叠合关系。

致 谢 本文在研究过程中得到了上级项目负责人夏林圻、夏祖春、任有祥研究员和课题顾问郭介人研究员的指导,在成文过程中吴汉泉研究员、任秉琛研究员提出了宝贵意见,在此一并致谢。

References

- Chen D G, Li B X, Xia Q K, et al. 2001. An evaluation of zircon U-Pb dating for metamorphic rocks and comments on zircon ages of Dabie orogen [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 17(1): 129 ~ 138 (in Chinese with English abstract).
- Dou Y J. 1999. Geology and origin of the Xiaoliugou scheelite deposit in Gansu [J]. *Geological Exploration for Non-ferrous Metals*, 8(6): 89 ~ 91 (in Chinese with English abstract).
- Liu H S, Li Q L, Yu P S, et al. 1998. Geological characteristics and genesis of the Jingtieshan type iron-copper deposits [J]. *Mineral Deposits*, 17(1): 25 ~ 35 (in Chinese with English abstract).
- Mao J W, Zhang Z H, Zhang Z Z, et al. 1999. Re-Os age dating of molybdenites in the Xiaoliugou tungsten deposit in the Northern Qilian Mountains and its significance [J]. *Geological Review*, 45(4): 412 ~ 417 (in Chinese with English abstract).
- Wu J R, Ren B C, Huang Y C, et al. 1994. Massive sulfide deposits in marine volcanic rock area in northwest China [M]. Wuhan: Press of China University of Geosciences. 85 ~ 86 (in Chinese).
- Xue C J, Ji J S and Zhang L C. 1997. The Jingtieshan submarine exhalative-sedimentary iron-copper deposit in North Qilian Mountain [J].

- Mineral Deposits, 16(1): 21 ~ 29 (in Chinese with English abstract).
- Yang H Q and Zhao D H. 1999. The age of the Cu-bearing banded iron-formation in Jingtieshan, Gansu [J]. Northwest Geoscience, 20(1): 1 ~ 3 (in Chinese with English abstract).
- Yang H Q and Zhao D H. 2002. Prognosis for Jingtieshan type copper ore in Northern Qilian Mountain [J]. Mineral Deposits, 21 (supp.): 507 ~ 510 (in Chinese).
- Zhao D H, Yang H Q and Yu P S. 2001. Geologic characteristics and genesis of the Jingtieshan-type Cu-bearing banded iron-formation [J]. Northwestern Geology, 34(4): 43 ~ 52 (in Chinese with English abstract).
- Zhao D H, Yang H Q and Yu P S. 2002. The discussion on geological features and mineralization of the Huashugou altered rock-type copper deposit in Gansu, China [J]. Northwestern Geology, 35(3): 76 ~ 83 (in Chinese with English abstract).
- Zhou T F and Yue S C. 1997. Ore-forming mechanism of the Huashugou (iron) copper deposit [J]. Geology of Anhui, 7(2): 36 ~ 42 (in Chinese with English abstract).
- Zhou T G, Zhang D Z and Zhou H. 1999. A preliminary discussion on geological characteristics and genesis of the Xiaoliugou Cu-W deposit, Gansu [J]. Northwestern Geology, 32(3): 1 ~ 10 (in Chinese with English abstract).
- 评述 [J]. 岩石学报, 17(1): 129 ~ 136.
- 窦元杰. 1999. 甘肃小柳沟白钨矿床地质特征及成因初探 [J]. 有色金属矿产与勘查, 8(6): 89 ~ 91.
- 刘华山, 李秋林, 于浦生, 等. 1998. “镜铁山式”铁铜矿床地质特征及其成因探讨 [J]. 矿床地质, 17(1): 25 ~ 35.
- 毛景文, 张作衡, 张招崇, 等. 1999. 北祁连山小柳沟钨矿床中辉钨矿 Re-Os 年龄测定及其意义 [J]. 地质论评, 45(4): 412 ~ 417.
- 郭介人, 任秉琛, 黄玉春, 等. 1994. 西北海相火山岩地区块状硫化物矿床 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社. 85 ~ 86.
- 薛春纪, 姬金生, 张连昌, 等. 1997. 北祁连山镜铁山海底喷流沉积铁铜矿床 [J]. 矿床地质, 16(1): 21 ~ 29.
- 杨合群, 赵东宏. 1999. 甘肃镜铁山含铜条带状铁建造的年龄 [J]. 西北地质科学, 20(1): 1 ~ 3.
- 杨合群, 赵东宏. 2002. 北祁连镜铁山式铜矿预测 [J]. 矿床地质, 21 (增刊): 507 ~ 510.
- 赵东宏, 杨合群, 于浦生. 2001. 镜铁山式含铜条带状铁建造的地质特征及成因讨论 [J]. 西北地质, 34(4): 43 ~ 52.
- 赵东宏, 杨合群, 于浦生. 2002. 甘肃桦树沟蚀变岩型铜矿床的地质特征及成矿作用讨论 [J]. 西北地质, 35(3): 76 ~ 83.
- 周涛发, 岳书仓. 1997. 甘肃桦树沟(铁)铜矿床的成因机制 [J]. 安徽地质, 7(2): 36 ~ 42.
- 周廷贵, 张道忠, 周宏. 1999. 甘肃省小柳沟铜钨多金属矿床地质特征及成因探讨 [J]. 西北地质, 32(3): 1 ~ 10.

附中文参考文献

陈道公, 李彬贤, 夏群科, 等. 2001. 变质岩中锆石 U-Pb 计时问题

Discussion on Metallogenic Age of Huashugou Copper Deposit in Gansu

Zhao Donghong¹, Yang Hequn¹, Liu Yulin² and Wang Fangcheng³

(1 Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2 Peking University, Beijing 100871, China; 3 Gansu Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Lanzhou 730000, Gansu, China)

Abstract

The Huashugou copper deposit is a new type copper deposit discovered recently in the Jingtieshan ore district. The copper deposit is situated in the banded iron formation of the Jingtieshan Group on the northern side of the Jingtieshan iron ore field. Its orebody is controlled strictly by the fracture-altered zone within the ore district. The deposit has both the marks of the sedimentation and the features of the later hydrothermal process. Based on an analysis of the regional background and the geological features of the deposit, the authors determined the zircon U-Pb age of the quartz diorite veins associated with the copper mineralization and the ⁴⁰Ar-³⁹Ar age of the altered sericitolite in the altered rock-type copper ore. It is thought that the Huashugou copper deposit was formed through two processes: the enrichment of Cu in banded iron formation was completed in Proterozoic, and then Cu in the banded iron formation was mobilized by fracturing, intrusion and hydrothermal fluid and finally precipitated in fractures in Caledonian. The metallogenic age should be within the period of (364.7 ± 8.4) Ma to (476 ± 15) Ma.

Key words: geochemistry, western part of Northern Qilian, altered rock type copper ore, metallogenic age, Gansu, Huashugou