编号:0258-7106(2011)01-0139-10

新疆彩虹铜多金属矿床地质特征及成因探讨

苏妤芸^{1,2},吕新彪^{1,2**},高保明³,玛依拉^{1,2},陈 超²,李 鹏²,刘正荣³

 (1中国地质大学资源学院,湖北 武汉 430074;2中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 湖北 武汉 430074;3新疆地质矿产局物化探大队,新疆 乌鲁木齐 830000)

摘 要 彩虹铜多金属矿床位于库米什-彩华沟-依格尔达坂多金属成矿带内,具多期成矿特征。早期的火山-沉积成矿作用形成了层状含铜黄铁矿层。第2期热液成矿作用形成了脉状、块状、团块状的铜(铅锌)矿化,氧、氢同 位素及流体包裹体研究均显示,在该期矿化过程中,有岩浆流体的参与,结合钨异常及时间证据,认为该期矿化与忠 宝岩体的侵入有关,且受 NE 向构造的控制。成矿物质来自围岩阿尔彼什麦布拉克组。矿床成因为火山沉积-岩浆 热液叠加改造型。

关键词 地质学 地球化学 热液成矿作用 流体包裹体 矿床成因 彩虹铜多金属矿床 新疆 中图分类号:P618.41 文献标志码 :A

Geological characteristics and genesis of Caihong Cu-polymetalic deposit in Xinjiang

SU YuYun^{1,2}, LÜ XinBiao^{1,2}, GAO BaoMing³, MA YiLa^{1,2}, CHEN Chao², LI Peng² and LIU ZhengRong³
 (1 Resource Department, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China; 2 State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China; 3 Geophysical and Geochemical Exploration Party, Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources, Urumqi 830000, Xinjiang, China)

Abstract

The Caihong Cu-polymetallic deposit located in the Kumux-Caihuagou-Yigeerdaban polymetallic ore belt is characterized by multi-stage mineralization. The early volcano-sedimentary metallization formed copper-bearing pyrite bed, and the late hydrothermal mineralization formed veinlike, stockwork or massive copper-lead-zinc ore, controlled by NE-trending structures. Magmatic fluid participated in mineralization of this stage, as shown by O-H isotope and fluid inclusion studies. In combination with tungsten anomaly and time evidence, the authors hold that hydrothermal mineralization was related to Zhongbao granite, whose intrusion occurred in Hercynian period. Ore-forming material probably came from the wall rock. The Caihong ore deposit is genetically of the volcanogene sedimentary-magmatic hydrothermal superposition and reformation type.

Key words: geology, geochemistry, hydrothermal mineralization, fluid inclusion, genesis, Caihong Cupolymetallic deposit, Xinjiang

** 通讯作者 吕新彪,男,1962年生,教授,博士生导师,主要从事矿床学和矿产勘查方面的教学及研究工作。Email:lvxb-01@163.

com

收稿日期 2010-05-15; 改回日期 2010-10-28。 许德焕编辑。

^{*} 本文得到"十一五 '国家科技支撑计划重点项目"东天山 – 北山成矿带整体研究与找矿靶区优选评价(2007BAB25B04)'及新疆地质矿产 局物化探大队委托的横向项目"新疆托克逊县彩虹铜铅锌多金属矿床成因、成矿规律与成矿预测研究 '的联合资助

第一作者简介 苏妤芸,女,1986 年生,在读硕士研究生,矿物学、岩石学、矿床学专业。Email:xsz021045@126.com

库米什地区位于南天山中段。该地区矿产资源 丰富 20 世纪先后在榆树沟-铜花山-硫磺山一带及 彩华沟-依格尔达坂一带发现了一些矿床及矿点,其 中,规模较大、成矿远景较好的有铜花山铅锌矿和彩 华沟含铜黄铁矿,另有一些规模较小的矿床及矿点, 如铜花山钴多金属矿、榆树沟多金属矿、硫磺山多金 属矿(李华芹等,2003)、依格尔达坂铁多金属矿,以 及玉石、石材、盐、石棉等非金属矿。

21 世纪初,新疆地质矿产局物化探大队经工作 在彩华沟矿区周围发现了忠宝钨矿、彩虹铜多金属 矿,其中,彩虹铜多金属矿床位于彩华沟矿床以西约 11 km 处(图1),两者赋存在同一套地层中,但在矿 化类型上有一定的差异,显示出矿化分带现象。彩 华沟矿床是火山喷发沉积-火山热液富集叠加-改造 型含铜黄铁矿矿床(单小莉等,2009),火山喷发沉积 形成的层状含铜黄铁矿层十分发育,矿化以铜为主。 彩虹矿床内也存在类似于彩华沟矿床的含铜黄铁矿 层,但分布较少,其主要矿化形式是脉状、网脉状、块 状的热液铜(铅锌)矿化,形成硫化物+石英(+方解 石)的矿物组合。由于彩虹矿床的研究程度较低,矿 床成因尚不明确,因此,本文旨在前人工作的基础 上,通过矿床地质、地球化学及流体包裹体等方面的 研究,以探讨该矿床的矿化特征及形成机制。

1 地质背景

库米什地区,南以辛格尔断裂与塔里木地台相 隔,北以库米什断裂与中天山隆起褶皱带相隔。研 究区位于库米什凹陷的北侧及库米什断裂的南侧 (图1)。据中天山花岗岩及南天山蛇绿岩的年龄研



图 1 库米什地区区域地质简图●

1—第三系、第四系;2—中泥盆统;3—下泥盆统阿尔彼什麦布拉克组上亚组;4—下泥盆统阿尔彼什麦布拉克组中亚组;5—下泥盆统阿尔 彼什麦布拉克组下亚组;6—基性-超基性岩;7—断裂;8—向斜构造;9—背斜构造;10—矽卡岩化

Fig. 1 Geological map of Kumux in Xinjiang

1—Quaternary and Tertiary ; 2—Middle Devonian ; 3—Upper sub-formation of Lower Devonian Aerbishimaibulake Formation ; 4—Middle sub-formation of Lower Devonian Aerbishimaibulake Formation ; 5—Lower sub-formation of Lower Devonian Aerbishimaibulake Formation ; 6—Basicultrabasic rock ; 7—Fracture ; 8—Syncline ; 9—Anticline ; 10—Skarnization 究,大约在中-晚志留世—中泥盆世,南天山洋开始 向北部的伊犁-中天山板块之下俯冲消减(高俊等, 1994;周鼎武等,2004;朱志新等,2006;杨天南等, 2006,张成立等,2006),在中天山南缘引发了一系列 的岩浆活动,形成了钙碱性火山岩-深成岩岛弧带 (舒良树等,2003),在库米什断裂南缘数百公里的狭 长地带内形成了厚度巨大的岛弧火山-沉积岩系(姜 常义等,1990;1993;吴文奎等,1992),主要是碎屑岩 -碳酸盐岩沉积。该岩系经后期的变质作用形成了 现在的地层,其中,以下泥盆统阿尔彼什麦布拉克组 分布最广,其主要岩性是片岩及大理岩。此外,该区 出露的地层还有中元古界、中-下志留统、中泥盆统、 下石炭统等。

中、下泥盆统发生了一定程度的变形,形成了大型的库米什背斜,其走向为NWW向,与库米什断裂及中天山构造线的走向基本平行(图1)。彩虹矿床

和彩华沟矿床分布在该背斜的南翼,赋矿层均为下 泥盆统阿尔彼什麦布拉克组中亚组(D₁a^b)。海西期 酸性岩体呈带状出露于彩华沟-库米什一线,沿库米 什背斜的轴部及两翼侵位,忠宝岩体侵位于该背斜 的核部,在围岩接触带处形成了矽卡岩型白钨矿床。

2 矿区地质概况

彩虹矿床位于库米什-彩华沟-依格尔达坂多金 属成矿带内。该矿区的出露地层为下泥盆统阿尔彼 什麦布拉克组的中亚组(D₁a^b)和上亚组(D₁a^c),以 及少量第四系(Q)图2)。中亚组的下段(D₁a^{b-1})分 布在该矿区的北部(图2),主要岩性为黑云母石英片 岩,中亚组的上段(D₁a^{b-2})分布在该矿区的中部(图 2),主要岩性为绢云母石英片岩夹绢云母黑云母石 英片岩、大理岩,矿体主要赋存在硅化强烈的绢云母



图 2 彩虹矿区地质图●

1—第四系;2—绢云母绿泥石片岩、绿泥石英片岩;3—绢云母石英片岩;4—绢云母黑云母石英片岩、黑云母石英片岩;5—蚀变绢英岩;
 6—大理岩;7—石英脉;8—闪长岩脉;9—绢云岩化蚀变岩(弱矿化);10—蚀变带;11—铜矿体;12—平移断层;13—压扭性断裂
 Fig. 2 Geological map of the Caihong Cu-polymetallic deposit

1—Quaternary; 2—Sericite chlorite schist, chlorite quartz schist; 3—Sericite quartz schist; 4—Sericite biotite quartz schist, biotite quartz schist; 5—Phyllic felstone; 6—Marble; 7—Quartz vein; 8—Diorite vein; 9—Sericitolited alteration rock

(weak mineralization); 10—Alteration zone; 11—Copper ore body; 12—Strike-slip fault; 13—Compression-shear fracture

石英片岩中;上亚组(D₁a^c)分布在该矿区的南部,主 要为绢云母绿泥石片岩、绿泥石英片岩夹钙质绢云 母石英片岩、钙质石英片岩。从彩华沟到彩虹,该套 地层分布稳定且连续,其原岩是一套火山沉积碎屑 岩-碳酸盐岩,形成于聚合板块的边缘,在彩华沟一 带可见2个亚旋回、5个韵律层(吴文奎等,1992;姜 常义等,1993)。在显微镜下,可见少量火山玻屑及 晶屑。该矿区内的第四系沿河沟地段分布,主要为 冲洪积形成的砂石、砂土碎石层等。

矿区内的断裂主要有近 EW 向及 NE 向 2 组。 EW 向断裂基本为压扭性 ,NE 向断裂则平移、张性、 压性均有 ,且对矿体有一定的错动。

该矿区内的岩浆岩主要为海西早期形成的浅肉 红色二云母斜长花岗岩,以及花岗细晶岩脉、辉绿岩 和闪长岩脉,主要分布在矿区的西北角。

3 矿床地质特征

3.1 矿体特征

从彩华沟到彩虹、赋矿层位非常稳定,均为阿尔 彼什麦布拉克组中亚组(D₁a^b)。矿体呈似层状、透 镜状,走向近 EW 向,与地层走向基本一致,总体上 显示出层控特征。在彩虹矿区,除了与地层产状一 致的层状矿体外,由后期热液充填形成的脉状矿体 大量出露,其走向与地层产状不一致,受 NE 向构造 的控制。矿化以铜为主,伴生铅锌。该矿区内,自北 而南分布有大致平行的7条含矿蚀变带(图2),控制 着 33个工业矿体,其中的 \II号带为隐伏矿体,地表

未见。由于受后期 NE 向断裂的影响,蚀变带及矿体沿走向的连续性欠佳,呈现出西部向南位移而东部向北位移的特点。

矿体长 40~250 m,厚 0.77~12.15 m,元(Cu) 0.20%~11.97%、元(Zn)0.40%~7.16%、元(Pb) 0.21%~4.42%。目前已获得 Cu+Pb+Zn 资源量 (333+334)62 873 吨,其中,Cu 50 719 吨、Pb 5 321吨、Zn 6 833 吨⁰。

3.2 矿石特征

按矿石的自然类型,可划分为氧化矿石和原生 矿石。氧化矿石见于地表蚀变带,主要铜矿物为孔 雀石,伴生有黄钾铁矾、褐铁矿及针铁矾等,呈细脉-条带状构造 或皮壳状、薄膜状构造。 原生矿石可分 为2种:① 层纹状、条带状、浸染状的含铜黄铁矿(图 3a) 顺层分布在矿体的中下部 较少见 与围岩呈渐 变过渡 局部可见与地层同步褶皱的现象 金属矿物 主要是自形-半自形粒状黄铁矿,次为黄铜矿,此类 矿化显示出明显的同生沉积成矿特征 ;② 显示出热 液成矿特征的脉状、网脉状、块状铜(铅锌)矿化(图 3b和3c),是彩虹矿床的主要矿石类型,与硅化关系 密切 含铜石英脉常切穿地层片理面 ,说明热液矿化 的时间在地层发生片理化之后,有时可见交代层状 含铜黄铁矿矿石的现象 金属矿物主要有黄铜矿、黄 铁矿、闪锌矿、方铅矿、磁黄铁矿,还有少量斑铜矿、 毒砂、辉铜矿、黝铜矿及铜蓝等,此类矿石的_w(Cu) 为 0.15% ~2.17%。

3.3 矿化期及矿化阶段

根据矿化特征,将彩虹矿床的成矿期划分为3



图 3 彩虹矿床内矿石的特征 Fig. 3 Characteristics of ores from the Caihong deposit

 火山沉积成矿期 第①种原生矿石(层状、 条带状、块状的含铜黄铁矿矿石),据其矿化特征判 断为同生沉积成因;又据其围岩的原岩是火山沉积 岩,而且,将其与彩华沟火山沉积成因的含铜黄铁矿 石相比较,两者的矿化形式很相似、赋矿层位相同, 因此,认为其是火山沉积成矿作用的产物。

Ⅱ 热液成矿期 是主成矿期,为铜(铅锌)矿 化 形成脉状、网脉状矿石。根据矿石的显微观察, 将该成矿期又分为2个成矿阶段:

Ⅱ a 石英-硫化物阶段 主要矿物组合为黄铜矿 +闪锌矿+方铅矿+黄铁矿+石英+绢(白)云母, 另有少量斑铜矿、黝铜矿、辉铜矿、毒砂、磁黄铁矿及 铜蓝等,硫化物多沿石英裂隙充填。

Ⅱb方解石-硫化物阶段 除黄铁矿不发育外, 金属矿物组合与石英-硫化物阶段的基本一致,但分 布形式略有不同,闪锌矿、黄铜矿、方铅矿等常呈他 形粒状或稀疏浸染状分布在方解石中,矿物粒度比 石英-硫化物阶段的小。

Ⅲ 表生期 形成地表氧化矿石。

4 热液成矿特征

在彩虹矿区,热液成矿期是主成矿期,但对引起 热液矿化的机制尚不清楚,因而,对其进行了一些研 究,包括硫、氧、氢同位素及流体包裹体的测试,目的 是探讨热液矿化的特征及机制。

4.1 硫同位素

本次研究共采集了 12 件热液成矿期的硫化物 样品进行硫同位素测试。样品采自彩虹矿床 1 和 2 中段的矿化较强处,包括黄铜矿、方铅矿、闪锌矿和 黄铁矿。测试结果见表 1。

表 1 彩虹矿床内硫化物的硫同位素分析 Table 1 Sulfur isotopic analyses of sulfides from the Caihong deposit

样品号	矿物	$\delta^{34}S_{V\text{-}CDT} / \%$	样品号	矿物	$\delta^{34}S_{V\text{-}CDT} / \%$
A1-1	黄铜矿	0.80	A3-F1	方铅矿	0.13
A1-2	黄铜矿	2.37	A3-F2	方铅矿	0.33
A1-3	黄铜矿	2.21	A3-S1	闪锌矿	2.08
A2-1	黄铜矿	1.34	A3-S2	闪锌矿	1.51
A2-3	黄铜矿	1.85	A4-1	黄铁矿	-4.37
A3-1	黄铜矿	3.35	A4-2	黄铁矿	-1.92

测试单位 : 中国地质大学(武汉) 地质过程与矿产资源国家重点实验室。



图 4 彩虹矿床内硫化物 δ³⁴S 值直方图

Fig. 4 δ^{34} S histogram of sulfides from the Caihong deposit

黄铜矿的 δ^{34} S 值范围为 0.8‰ ~ 3.35‰, 平均 为1.99‰。大量实验结果表明,在硫同位素达到平 衡时,硫化物的 δ^{34} S 相对值应该按黄铁矿 > 闪锌矿 >黄铜矿 > 方铅矿的顺序递减(Sakai, 1968; Kajiwara et al., 1971)。彩虹矿床内硫化物的 δ^{34} S 值的 分布情况是:黄铜矿 > 闪锌矿 > 方铅矿 > 黄铁矿, 这表明在热液成矿作用过程中,硫同位素的不平衡 分馏占优势,平衡只是局部的。其 δ^{34} S 值的变化范 围较窄,呈塔式分布(图4),分布区间为 – 4.37‰ ~ +3.35‰ 集中在 0~ +2.5‰,平均为 +0.81‰,说 明其硫同位素组成较稳定,硫源为岩浆硫。

4.2 氧、氢同位素

不同来源的流体具有不同特征的氢、氧同位素 组成(张理刚,1985)。本次研究从彩虹矿床2中段 采集了5件热液成矿期形成的与硫化物密切共生的 石英进行O、H同位素测试。测试结果见表2。

彩虹矿床内石英的 $\delta^{18}O_{V-SMOW}$ 值在 14.1‰ ~ 14.7‰之间,平均为 14.28‰,极差为 0.6‰。根据 单个样品的 $\delta^{18}O$,利用石英-水的氧同位素分馏方 程: $\delta^{18}O_{\Xi}-\delta^{1}8O_{\pi}=3.306 \times 10^{6} \cdot T^{-2} + 2.71$ (Zhang et al.,1989) 求得与石英氧同位素交换平衡 时水的 $\delta^{18}O_{\pi}$ 值为 5.12‰ ~ 5.77‰(其中 T 取 260℃)將 δD 和 $\delta^{18}O_{\pi}$ 值投入氢-氧同位素组成图 (图5)内,可看出氧同位素变化范围非常窄,而氢同

from the Caihong deposit							
Tabl	e 2	0-Н	isotopi	c anal	yses of	quart	Z
表 2	彩虹	I矿床	内石英	的氢、	氧同位	立素分	·析

样品号	样品名称	8D ∕ ‰	δ ¹⁸ O石英/‰	δ ¹⁸ O _{7K} /‰	备注
CHT104-3	石英	- 94	14.1	5.17	
CH2-6	石英	- 82	14.3	5.37	
CHA5-OH	石英	- 98	14.2	5.27	含量极少
CHA6-OH	石英	- 119	14.7	5.77	含量极少
CHA7-OH	石英	- 95	14.1	5.12	含量极少

测试单位:中国地质科学院矿产资源研究所。



位素组成则变化较大,所有的点都投在原生岩浆水 范围的下方,说明热液期的成矿流体是由岩浆水与 大气降水混合形成的。

4.3 热液期成矿温度

对热液成矿期的石英及方解石进行了流体包裹体研究。其中的石英有2种产出形态:① 岩心中无 矿化或微弱矿化的石英脉(Qz1);② 矿化非常强烈的 团块状石英(Qz2),与黄铜矿及少量的闪锌矿、方铅矿 共生。方解石则全部与硫化物密切共生。Qz1采自 ZK105 钻孔 Qz2 和方解石采自井下矿化较强处。

流体包裹体岩相学特征观察表明,Qz1中流体 包裹体数量较少,而Qz2中流体包裹体数量较多,呈 面状、带状、群状及孤立状分布。流体包裹体的类型 有纯液相(IQ)、富液相(IIQ)及富气相(IIQ)3类; 其长轴大多在10 μm以内,形态有长条形、圆形、负 晶形及不规则形态等。方解石中流体包裹体较少, 呈面状、线状及孤立状分布,类型有纯液相(IC)及 富液相(IIC)2类,其长轴一般小于10 μm,少数大于 10 μm ,气相分数为 15% \sim 20% ,其形态有不规则 状、长条状和菱形等。

流体包裹体的均一温度和冰点的测试在中国地 质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室 完成,所用仪器为 Linkam MDS600 型显微冷热台, 测温范围为 – 196℃ ~ 600℃,测温精度为±0.1℃ (曹晓峰等 2009)。

石英中流体包裹体的均一温度(th)范围为 207 ~386℃ 集中分布在 240~280℃和 290~320℃两 个温度区间,属中-高温成矿温度(图 6a),前一温度 区间对应 Qz2 后者对应 Qz1 Qz2 是强矿化石英 因 此 240~280℃应能代表硫化物的形成温度。对 Qz2 内的包裹体,测得的冰点(tm)数据较少,而且分 布范围较广 ,无法与 Qz1 进行对比 ,因此 ,将 Qz1 与 Qz2的冰点放在一起讨论。其冰点范围为-2.0~ -9.8℃,集中分布在-4.9~-6.7℃之间,根据 Hall 等(1988)所提出的 H2O-NaCl 体系盐度-冰点计 算公式 $w = 0.00 + 1.78t_m - 0.0442t_m^2 +$ 0.000557 tm³ 得出其盐度 w(NaClea)范围为 3.4% ~13.76%。方解石中流体包裹体的均一温度(1,) 范围为 170~250℃,集中在 200~210℃之间,属中 温成 矿 温 度(图 6b)。其 冰 点(t_m)为 - 6.7 ~ -12.7℃,集中于-7.8~-11.0℃,对应的盐度 w(NaClea)为 10.1%~16.7%。

图 7 显示了石英及方解石中流体包裹体的温度 与盐度的综合分布特征。由该图可见,石英及方解 石中流体包裹体的均一温度和盐度的变化都较大, 石英内包裹体的盐度随温度的降低有增高的趋势, 而方解石内包裹体的盐度则随温度的降低呈现降低 的趋势,石英与方解石的均一温度相差较大,近 100℃ 但盐度相差不大 ,方解石内包裹体的盐度还 略高一些。这说明在石英-硫化物阶段 ,最初石英的 结晶温度较高 ,可达 300~400℃ ,并形成少量的硫化 物 随着温度的降低 热液流体中金属元素的浓度逐 渐增高,石英的结晶温度降到 300℃以下,金属元素 浓度饱和 ,硫化物大量沉淀 ,当温度降到 240℃左右 , 方解石开始大量结晶沉淀 此时 ,金属元素的浓度还 较高 硫化物继续沉淀 随着热液中金属元素的浓度 逐渐减低 沉淀的硫化物也逐渐减少 ,至170℃左右 , 方解石和硫化物的沉淀逐渐停止。

流体包裹体测试表明,热液成矿期内存在高温、 中盐度的流体包裹体,说明可能有岩浆流体参与成 矿。



图 6 彩虹矿床内石英(a)和方解石(b)中流体包裹体的均一温度直方图

Fig. 6 Histogram showing homogenization temperature of fluid inclusions in quar(a) and calcited b) from the Caihong deposit





Fig. 7 Diagram for homogenization temperature-salinity of fluid inclusions in quartz and calcite from the Caihong deposit

5 矿床成因探讨

5.1 热液成矿机制

硫、氧、氢同位素分析及流体包裹体测试结果表 明,热液成矿期的流体显示出岩浆流体参与成矿的 特征。彩虹矿区内无明显的岩浆活动,深部也未发 现隐伏岩体,只有一些小岩脉产出,不可能对成矿产 生影响,那么,与热液矿化有关的岩浆流体来自哪 里?

由区域地质图(图1)可见,彩虹矿区以北数十公 里处有忠宝花岗岩体,该岩体钨含量较高,与围岩接 触带内砂卡岩化强烈,形成了忠宝砂卡岩型白钨矿 床。笔者推断,彩虹矿区的热液矿化作用是忠宝岩 体侵入所致,证据如下:

(1)区域及矿区钨异常证据 在区域地球化学



图 8 区域地球化学异常图[●] Fig. 8 Regional geochemical anomaly map

异常图(图8)上,彩虹与忠宝处在同一钨异常带中; 在彩虹矿区一号井下的石英脉及钻孔岩心内均发现 了白钨矿化。对彩虹矿区1号勘探线所进行的原生 晕指示元素聚类分析显示,W、Mo是F1主因子的组 成部分,对成矿有重要影响。这说明彩虹矿区内有 含钨热液活动,而钨异常一般与中酸性岩体有关,因 此,极有可能是忠宝岩体的岩浆期后热液在彩虹矿 区周边叠加所致。

(2)时间证据 姜常义等(1993)获得了阿尔彼 什麦布拉克组的 2 个变质年龄,分别是 320 Ma(Pb-Pb)和(328.6±8)Ma(Rb-Sr),这 2 个年龄较为吻 合,代表同一次区域变质事件。陈超获得了忠宝岩 体岩浆锆石的年龄,为(298±3.2)Ma(未发表数 据)属早二叠世,晚于区域变质作用的时间。在热 液矿化形成的含铜石英脉中,未见有任何变质变形 现象,说明矿化也发生在区域变质作用之后。因此, 从时间上看,忠宝岩体有导致成矿的可能。

基于矿化所显示出的岩浆流体参与成矿的特征,以及上述两点证据,笔者认为,彩虹矿区内的热 液矿化属于与忠宝岩体有关的岩浆热液成矿作用。

5.2 成矿物质来源

彩虹矿床内硫化物的 δ³⁴S 值集中于 0~ +2.5‰,显示出岩浆特征,其围岩的原岩是火山碎 屑岩,因此,硫可能来自流体对围岩的淋滤,或来自 忠宝岩体。

彩虹矿区内出露的岩浆岩都是小岩脉、不可能 提供成矿物质。区域化探资料显示,忠宝岩体周围 存在一些铜、锌异常 但异常面积小 规模也不大 而 且,在该岩体中亦未发现有铜、铅锌矿化(刘智等, 2009) , 再者, 忠宝岩体的全岩分析结果显示, 其铜、 铅、锌含量并不高(表3)所以,忠宝岩体也不太可能 提供物质来源。彩虹矿床的围岩阿尔彼什麦布拉克 组是有利成矿的地层 其依据是:① 区域化探资料 显示,该组地层分布区存在多处铜铅锌的异常;② 单小莉等(2009)对彩华沟矿床的研究表明,其成矿 物质来自阿尔彼什麦布拉克组,彩虹与彩华沟相距 仅十数公里 ,含矿岩性一致 ,具有一定的可比性 ;③ 彩虹矿床围岩非矿化地段的全岩分析结果显示 其 铜、铅、锌背景含量很高(表3)。因此笔者认为,彩虹 矿床的成矿物质来自围岩阿尔彼什麦布拉克组。 构造控矿作用 5.3

(1)火山沉积矿体受到成矿后韧性变形的改造

区域变质作用使阿尔彼什麦布拉克组发生韧性 变形,火山碎屑岩发生片理化,并形成了许多层间小 褶皱以及大理岩透镜体化。赋存其中的火山沉积矿 层也受到了一定的改造,矿层因拉伸而变薄,或受剪 切作用而成透镜体。

(2) 岩浆热液成矿受 NE 向构造的控制

区域上 姬俊虎(2002)的区域遥感构造解析结 果显示,在忠宝-彩虹-彩华沟-伊热大阪地区,发育一

	and Zhonghao rock
Table 3	Copper, lead, zinc content of Caihong Stratum
13	秋虹地法汉心玉石件鸣、山、许九宗石重农

彩虹地层及忠宝岩体铜 铅 锌元素含量素

	u (B) /10 ⁻⁶				
Pb	Cu	Zn			
彩虹矿区地层					
53.08	226	168			
44.31	187	344			
42.16	72.55	78.34			
53.9	460	69.86			
忠宝岩体					
24.36	4.08	30.05			
22.84	4.9	58.08			
24.12	0.26	40.38			
大陆地壳					
20	25	71			

测试单位:国土资源部乌鲁木齐矿产资源监督检测中心。

组近平行的 NE-NNE 向二级断裂。在区域地球化 学异常图上,忠宝与彩虹位于同一钨异常内,该钨异 常呈现 NE 走向(图8)。说明区域上的 NE 向断裂 可能是忠宝岩体岩浆热液向彩虹矿区运移的通道。

矿区内 井下观察发现,热液矿化所形成的硫 化物-石英脉的产状与地层不一致,明显受 NE 向断 裂构造的控制:① 在 NE 向断裂与 NWW 向含矿层 交切的地段,矿体厚度最大、矿化也较强、硅化强烈、 铜品位较高;② 矿区钻孔 100 m 深处 Cu 的平面分 布特征也表明 Cu 的总体分布趋势为近 NE 向,与地 层走向(EW 向)不一致,说明 Cu 矿化明显受到后期 NE 向构造的控制。

5.4 矿床成因

综上所述 笔者认为,彩虹铜多金属矿床是火山 沉积-岩浆热液叠加改造型矿床,成矿过程复杂,具 多期演化的特点。

前已述及,阿尔彼什麦布拉克组的原岩是火山碎屑-碳酸盐沉积岩,其形成与中-晚志留世南天山洋向中天山板块之下的俯冲消减所引起的岛弧火山作 用有关。火山作用可携带大量的铜、铅、锌、钡、锰等 深部成矿物质,这些物质随火山碎屑一起沉淀,形成 了含铜黄铁矿层。

阿尔彼什麦布拉克组发生变质作用之后,忠宝 岩体侵入于库米什背斜的核部,一部分岩浆热液通 过 NE 向断裂运移至彩虹矿区,与大气降水混合并 对阿尔彼什麦布拉克组进行淋滤,萃取地层中的硫 及铜、铅、锌元素,使其活化迁移并在层间断裂内富 集成矿,即为第2期的岩浆热液成矿作用。

在以上2期成矿作用之后,硫化物经氧化形成 了孔雀石、黄钾铁矾和褐铁矿等矿物,构成了地表的 蚀变带。

6 小 结

彩虹铜多金属矿床存在 2 期内生成矿作用,即 早期火山-沉积成矿作用形成了层状含铜黄铁矿层, 据其矿化形式及赋矿层位的一致性,认为其与彩华 沟矿床的含铜黄铁矿层是同一成矿期的产物;热液 成矿期是主成矿期,形成了脉状、网脉状、块状铜(铅 锌)矿化,其硫、氧、氢同位素及流体包裹体研究表 明,热液成矿作用与忠宝岩体有关,并受 NE 向断裂 的控制。成矿物质来自围岩阿尔彼什麦布拉克组。 彩虹矿床的成因是火山沉积-岩浆热液叠加改造型。

References

- Cao X F, Lü X B, He M C, Niu H, Du B F and Mei W. 2009. An infrared microscope investigation of fluid inclusions in coexisting quartz and wolframite : A case study of Yaogangxian quartz-vein wolframite deposit J J. Mineral Deposits , 28(5): 611-620(in Chinese with English abstract).
- Gao J , Xiao X C , Tang Y Q , Zhao M and Wang J. 1994. The metaorphic p T D t path of blueschists and tectonic evolution in the southwestern Tianshan mountains , Xinjiang[J]. Geological Review , 4 (6) 544-553 (in Chinese with English abstract).
- Hall D L , Sterner S M and Bodnar R J. 1988. Freezing point depression of NaCl-KCl-H₂O solutions J]. Econ. Geol. , 83:197-202.
- Ji J H. 2002. The processing of the ETM remote sensing images and extraction of the information from the ETM remote sensing images at Kumishi-Yiredaban area of Xinjiang (dissertation for master degree)
 [D]. Supervisor : Chen S L. Changsha : College of Earth Science and Environment Engineering of Central South University. 79p (in Chinese with English abstract).
- Jiang C Y , Yang F , Wu W K and Li L C. 1990. The petrology and geochemistry characteristis of volcanic rocks in Kumishi district and its tectonic environment[J]. Journal of Xi 'an College of Geology , 12(1):1-10 (in Chinese with English abstract).
- Jiang CY, Wu W K, Yang F, Mo S L and Li L C. 1993. Tectonic movement during late caledonianin Tanshan Mountain and its goeolgical significance J]. Journal of Xi 'an College of Geology, 15(4): 41-46 (in Chinese with English abstract).
- Kajiwara Y and Krouse H R. 1971. Sulfur isotope partitioning in metallie sulfide system J. Canadian J. Earthi Sci. , 8:1397-1408.
- Li H Q and Chen F W. 2003. Rock-forming and ore-forming chronology of the Liuhuangshan copper-polymetallic deposit in east Tianshan mountain J J. Acta Geoscientica Sinica , 24(6):555-558 (in Chinese with English abstract).
- Liu Z , Tu Q J and Wei H. 2009. Discussion on geological characteristics and genesis of Zhongbao tungsten deposit in Toksun County , Xinjiang J]. Resources Environment and Engineering , 23(6):771-778 (in Chinese with English abstract).
- Sakai H. 1986. Isotopic properties of sulfur compounds in nature[J]. Geochem. J., 22:29-49.
- Shan X L , Xu S and Zheng Y Z. 2009. Caihuagou copper pyrite deposit has been comprehensive prospecting model in Xinjiang J]. Xinjiang Geology , 27(1) 32-37 (in Chinese with English abstract).
- Shu L S , Lu H F , Yin D H and Wang B. 2003. Paleozoic accretion-collision events and kinematics of ductile deformation in the Centrai-Southern Tianshan bele J]. Journal of Nanjing University , 39(1): 17-30 (in Chinese with English abstract).
- Wu W K , Chang Y J and Yang F. 1992. Paleozoic crustal evolution and metallogeny in Kumux area , Xinjiang M J. Xi 'an : Shaanxi Science and Technology Press. 150p (in Chinese).
- Yan T N and Wang X P. 2006. Geochronology, petrochemistry and tectonic implications of Early Devonian plutons in Kumux area, Xin-

jiang J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 25(5):401-411 (in Chinese with English abstract).

- Zhang C L , Zhou D W , Wang J L and Wang R S. 2006. Genesis of Huangjianshishan rock body in Kumux area , South Tianshan : From the geochemical and Sr , Nd isotope evidence A J. In : National Conference of Petrology and Geodynamics C J. (in Chinese).
- Zhang L G. 1985. Stable isotope applications in geological sciences : Metal activation of hydrothermal mineralization and prospecting[M]. Xi 'an : Shaanxi Science and Technology Press. 266p (in Chinese).
- Zhang L G and Liu J X. 1989. Oxygen isotope fractionation in quartzwater-salt system J. Econ. Geol. , 84(6):1643-1653.
- Zhou D W , Su L , Jian P , Wang R S , Liu X M , Lu G X and Wang J L. 2004. SHRIMP zircon U-Pb dating of high-pressure granulite in Yushugou ophiolite block of southern Tianshan and its tectonic significance J J. Chinese Science Bulletin , 49(14): 1411-1415 (in Chinese).
- Zhu Z X, Wang K Z, Zheng Y J, Sun G H, Zhang C and Li Y P. 2006. Zircon SHRIMP dating of Silurian and Devonian granitic intrusions in the southern Yili block, Xinjiang and Preliminary discussion on their tectonic setting[J]. Acta Petrologica Sinica, 22(5): 1193-1200 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 曹晓峰,吕新彪,何谋春,牛 宏,杜保峰,梅 微.2009.共生黑钨矿 与石英中流体包裹体红外显微对比研究——以瑶岗仙石英脉型 钨矿床为例[J].矿床地质,28(5),611-620.
- 高 俊,肖序常,汤耀庆,赵 民,王 军.1994.新疆西南天山蓝片岩 的变质作用 pT D t 轨迹及构造演化[J].地质论评,4(6):544-553.

nt tip .

- 姬俊虎. 2002. 新疆维族自治区库米什-伊热大阪地区 ETM 遥感图 像处理及信息提取(硕士论文][D]. 导师 陈松龄. 长沙 :中南大 学地学与环境工程学院. 79 页.
- 姜常义 杨 复,吴文奎,李良臣. 1990. 库米什地区火山岩岩石地球 化学特征及大地构造环境 J]. 西安地质学院学报,12(1):1-10.
- 姜常义,吴文奎,杨 复,莫少龙,李良臣. 1993. 天山加里东晚期构 造运动及其地质意义[J]. 西安地质学院学报,15(4):41-46.
- 李华芹 陈富文. 2003. 东天山硫磺山铜多金属矿床成岩成矿作用同 位素地质年代学[J]. 地球学报 24(6) 555-558.
- 刘 智 涂其军 魏 华. 2009. 新疆托克逊县忠宝钨矿矿床地质特征 及成因探讨[J]. 资源环境与工程 23(6):771-778.
- 单小莉,徐 晟,郑玉壮.2009.新疆彩华沟含铜黄铁矿床找矿模式的 建立[J].新疆地质,27(1)32-37.
- 舒良树,卢华复,印栋豪,王 博. 2003.中、南天山古生代增生-碰撞 事件和变形运动学研究[J].南京大学学报,39(1):17-30.
- 吴文奎,姜常义,杨 复.1992. 库米什地区古生代地壳演化及成矿规 律 M]. 西安,陕西科学技术出版社.150页.
- 杨天南,王小平.2006.新疆库米什早泥盆世侵入岩时代、地球化学及 大地构造意义[J]岩石矿物学杂志 25(5):401-411.
- 张成立,周鼎武,等、2006.南天山库米什地区黄尖石山岩体成因-来 自地球化学和 Sr, Nd 同位素的证据[A].见:全国岩石学与地球 动力学研讨会文集[C].
- 张理刚.1985.稳定同位素在地质科学中的应用:金属活化热液成矿 作用及找矿[M].西安:陕西科学技术出版社.266页.
- 周鼎武 苏 犁,简 平,王润三,柳小明,陆关祥,王居里. 2004. 南 天山榆树沟蛇绿岩地体中高压麻粒岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 及构造意义[J]. 科学通报,49(14):1411-1415.
- 朱志新,王克卓,郑玉洁,孙桂华,张 超,李亚萍. 2006. 新疆伊犁地 块南缘志留纪和泥盆纪花岗质侵入体锆石 SHRIMP 定年及其形 成时构造背景的初步探试[J]. 岩石学报, 22(5):1193-1200.