

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-polymetallic 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 Cu-polymetallic deposit, Xinjiang

* 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

** 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

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(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

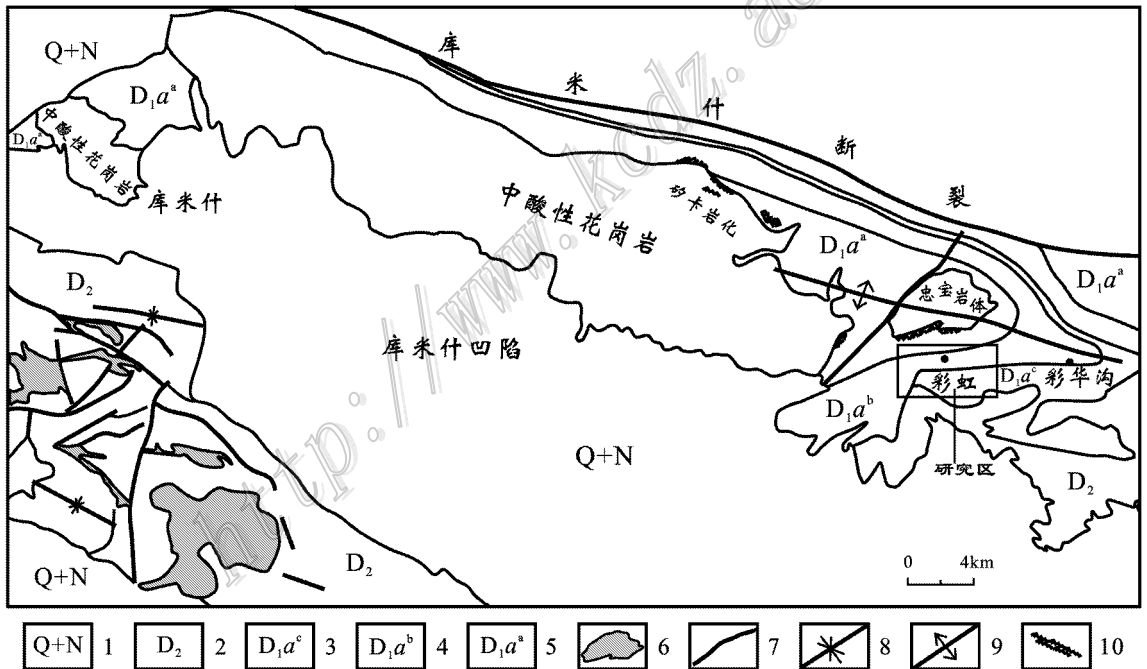


图1 库米什地区区域地质简图^①

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—砂卡岩化

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—Basic-ultrabasic rock;7—Fracture;8—Syncline;9—Anticline;10—Skarnization

① 地质部新疆维吾尔自治区地质局区域地质测量大队,1967. 中华人民共和国地质图—库米什幅(K-45-XVII). 内部资料.

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(D_1a^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-依格勒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(D_1a^b)和上亚组(D_1a^c),以及少量第四系(Q)(图 2)。中亚组的下段(D_1a^{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(D_1a^{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

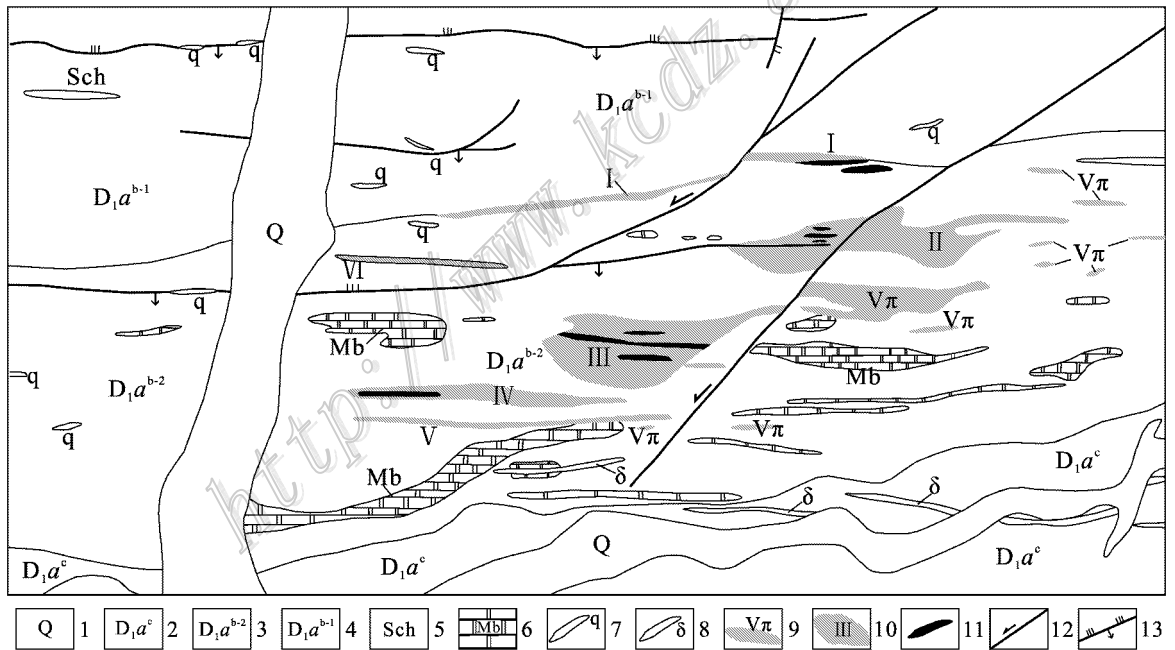


图 2 彩虹矿区地质图^①

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

① 新疆地质矿产局物化探大队. 2009. 新疆托克逊县彩虹铜多金属矿普查工作总结报告. 内部资料.

石英片岩中;上亚组(D_1a^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(D_1a^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Ⅶ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, $w(\text{Cu})$ 0.20%~11.97%、 $w(\text{Zn})$ 0.40%~7.16%、 $w(\text{Pb})$ 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^①。

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 $w(\text{Cu})$ 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

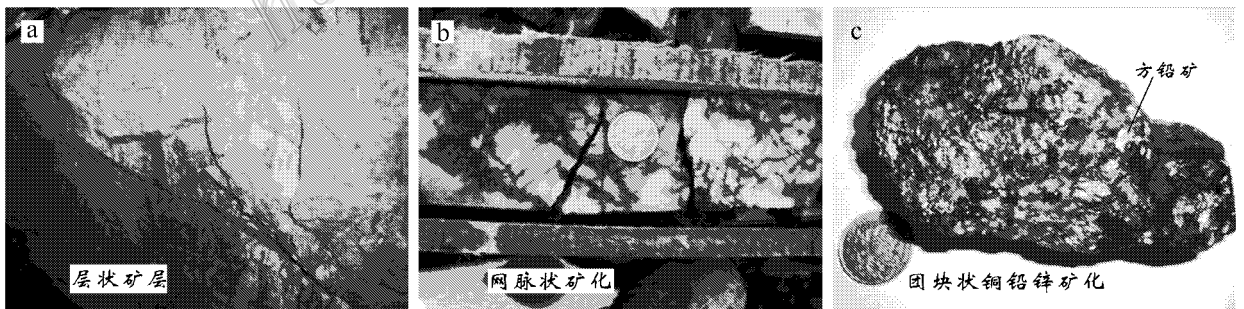


图3 彩虹矿床内矿石的特征

Fig. 3 Characteristics of ores from the Caihong deposit

① 新疆地质矿产局物化探大队, 2009. 新疆托克逊县彩虹铜多金属矿普查工作总结报告. 内部资料.

期：

I 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。

II b 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	$\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}/\text{‰}$	样品号	矿物	$\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}}/\text{‰}$
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。

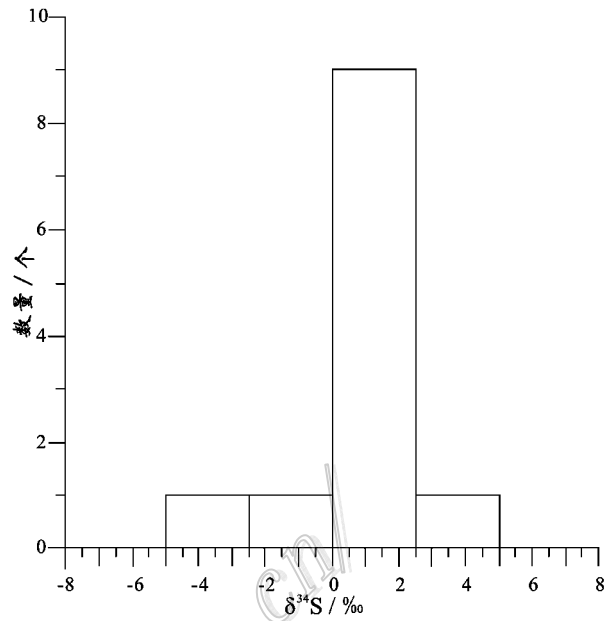


图 4 彩虹矿床内硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 值直方图

Fig. 4 $\delta^{34}\text{S}$ histogram of sulfides from the Caihong deposit

黄铜矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 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 $\delta^{34}\text{S}$ 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 $\delta^{34}\text{S}$ 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 $\delta^{34}\text{S}$ 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 $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ 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 $\delta^{18}\text{O}$,利用石英-水的氧同位素分馏方程： $\delta^{18}\text{O}_{\text{石英}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{水}} = 3.306 \times 10^6 \cdot T^{-2} + 2.71$ (Zhang et al., 1989)求得与石英氧同位素交换平衡时水的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{水}}$ 值为 5.12‰ ~ 5.77‰(其中 T 取 260℃)将 δD 和 $\delta^{18}\text{O}_{\text{水}}$ 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

表2 彩虹矿床内石英的氢、氧同位素分析
Table 2 O-H isotopic analyses of quartz
from the Caihong deposit

样品号	样品名称	$\delta D/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{石英}}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{水}}/\text{‰}$	备注
CHT104-3	石英	-94	14.1	5.17	
CH2-6	石英	-82	14.3	5.37	
CHAS-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。

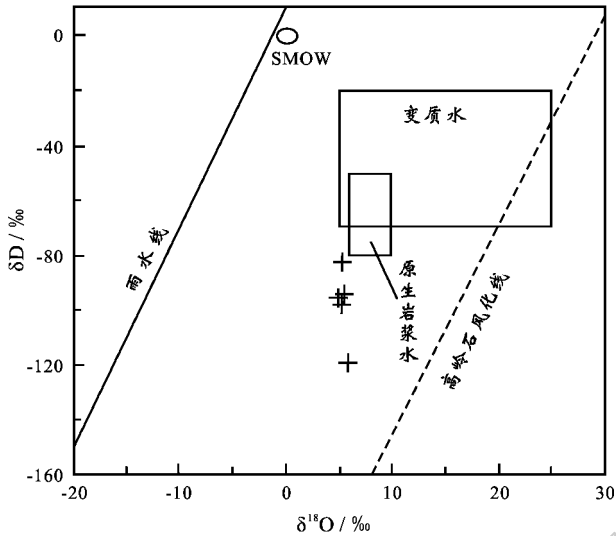


图5 彩虹矿床内石英的 $\delta^{18}\text{O}$ - δD 图解

Fig. 5 Plot of $\delta^{18}\text{O}$ versus δD values of quartz from the Caihong deposit

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(Q_{z1});②矿化非常强烈的团块状石英(Q_{z2})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。 Q_{z1} 采自ZK105钻孔, Q_{z2} 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, Q_{z1} 中流体包裹体数量较少,而 Q_{z2} 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(IIIQ)3类;其长轴大多在 $10\ \mu\text{m}$ 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(II C)2类,其长轴一般小于 $10\ \mu\text{m}$,少数大于

$10\ \mu\text{m}$,气相分数为15%~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 $-196\text{℃}\sim 600\text{℃}$,测温精度为 $\pm 0.1\text{℃}$ (曹晓峰等2009)。

石英中流体包裹体的均一温度(t_h)范围为 $207\sim 386\text{℃}$,集中分布在 $240\sim 280\text{℃}$ 和 $290\sim 320\text{℃}$ 两个温度区间,属中-高温成矿温度(图6a),前一温度区间对应 Q_{z2} ,后者对应 Q_{z1} , Q_{z2} 是强矿化石英,因此 $240\sim 280\text{℃}$ 应能代表硫化物的形成温度。对 Q_{z2} 内的包裹体,测得的冰点(t_m)数据较少,而且分布范围较广,无法与 Q_{z1} 进行对比,因此,将 Q_{z1} 与 Q_{z2} 的冰点放在一起讨论。其冰点范围为 $-2.0\sim -9.8\text{℃}$,集中分布在 $-4.9\sim -6.7\text{℃}$ 之间,根据Hall等(1988)所提出的 H_2O - NaCl 体系盐度-冰点计算公式 $w = 0.00 + 1.78t_m - 0.0442t_m^2 + 0.000557t_m^3$,得出其盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 范围为3.4%~13.76%。方解石中流体包裹体的均一温度(t_h)范围为 $170\sim 250\text{℃}$,集中在 $200\sim 210\text{℃}$ 之间,属中温成矿温度(图6b),其冰点(t_m)为 $-6.7\sim -12.7\text{℃}$,集中于 $-7.8\sim -11.0\text{℃}$,对应的盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 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 $300\sim 400\text{℃}$,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。

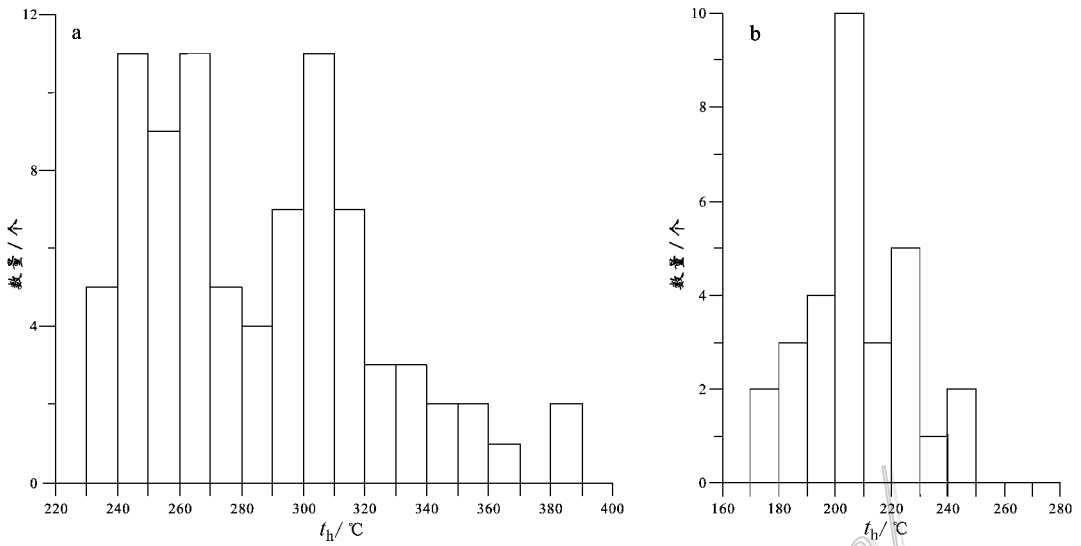


图 6 彩虹矿床内石英 (a) 和方解石 (b) 中流体包裹体的均一温度直方图

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

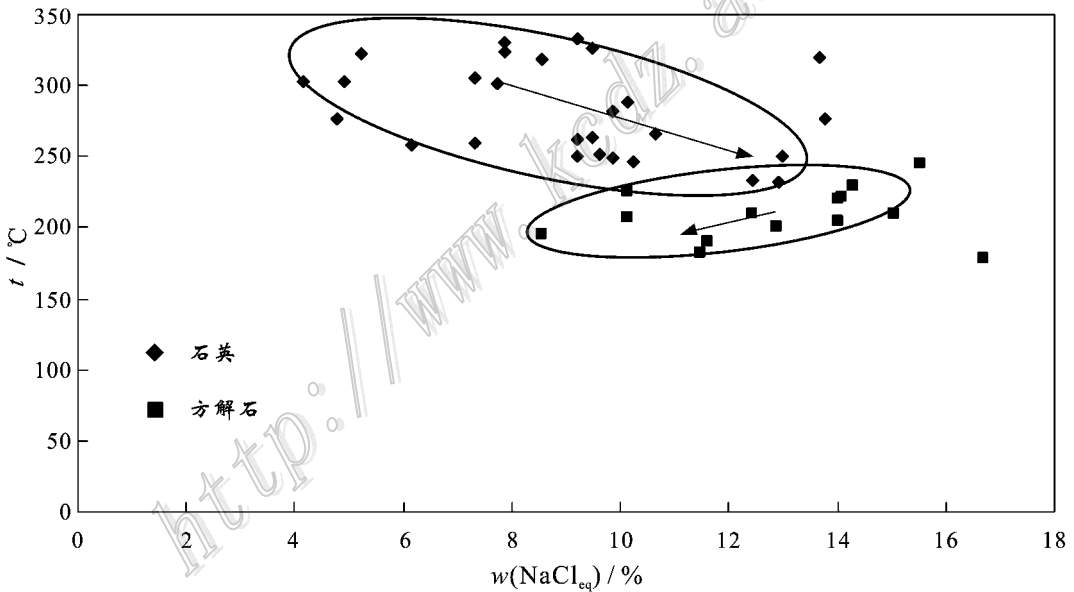


图 7 彩虹矿床内石英及方解石中流体包裹体的均一温度-盐度图

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,与围岩接触带内矽卡岩化强烈,形成了忠宝矽卡岩型白钨矿床。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

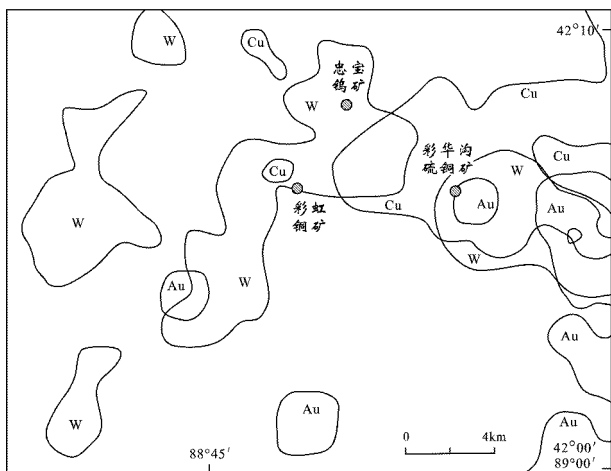


图8 区域地球化学异常图①

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 F_1 主因子的组成部分,对成矿有重要影响。这说明彩虹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 $\delta^{34}\text{S}$ 值集中于 $0 \sim +2.5\%$,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。

5.3 构造控矿作用

(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

表3 彩虹地层及忠宝岩体铜、铅、锌元素含量表
Table 3 Copper, lead, zinc content of Caihong Stratum and Zhongbao rock

	$\mu(B) \times 10^{-6}$		
	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]. *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 south-western 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 characteristics of volcanic rocks in Kumishi district and its tectonic environment[J]. *Journal of Xi'an College of Geology*, 13(1): 1-10 (in Chinese with English abstract).
- Jiang C Y, Wu W K, Yang F, Mo S L and Li L C. 1993. Tectonic movement during late caledonianian Tianshan Mountain and its geological significance[J]. *Journal of Xi'an College of Geology*, 15(4): 41-46 (in Chinese with English abstract).
- Kajiwaru Y and Krouse H R. 1971. Sulfur isotope partitioning in metallic sulfide system[J]. *Canadian J. Earth 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]. *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 Central-Southern Tianshan belt[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]. 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 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]. In: National Conference of Petrology and Geodynamics [C]. (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 quartz-water-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]. *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).
- 姬俊虎. 2002. 新疆维吾尔自治区库米什-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: 中南大学地质与环境工程学院. 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岩侵入体锆石 SHRIMP 定年及其形成时构造背景的初步探讨 [J]. *岩石学报*, 22(5): 1193-1200.

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.