

青海东昆仑造山型金矿硫、铅同位素地球化学

丰成友 张德全 李大新 余宏全

(中国地质科学院矿产资源研究所,北京,100037)

P61 A

摘要 对青海东昆仑地区典型金矿床基本地质特征及岩(矿)石 S、Pb 同位素地球化学进行了研究,认为矿床具有相似的地质-地球化学特征,并与这里的造山过程有密切的成因联系,为典型的造山型金矿床;硫化物 S 同位素组成变化较大且出现两个峰值,塔式分布效应明显;Pb 同位素组成分布集中、比值较高且矿床围岩与矿石的 Pb 同位素组成十分接近,反映硫、铅等成矿物质主要来自围岩地层;晚古生代—早中生代强烈的俯冲与碰撞作用产生了深断裂、大型剪切带及次一级的褶皱和断裂-裂隙控矿构造,并诱发了流体成矿作用,从而导致区内数个大中型金矿床和矿点的形成与规律性分布。

关键词 青海东昆仑 造山型金矿 S、Pb 同位素 成矿机制

Sulfur and Lead Isotope Geochemistry of the Orogenic Gold Deposits in East Kunlun Area, Qinghai Province

FENG Chengyou ZHANG Dequan LI Daxin SHE Hongquan

(Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Abstract Based on the basic geological characteristics and sulfur and lead isotopic geochemistry of four typical gold deposits, it is considered that these deposits have many similar geological-geochemical characteristics and are all related to the orogenic process in genesis. Therefore, they should belong to the type of orogenic gold deposits according to the newest classification of gold deposits by Kerrich et al. (2000). There exists remarkable variation (from -3.7‰ to 4.4‰) in the average $\delta^{34}\text{S}$ values of the sulfides selected from different deposits, and the tower-shaped distribution is apparent. The lead isotopes in four gold deposits are characterized by high ratios and minor changes, with $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ and $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ respectively higher than 18.3380, 15.5555 and 38.1796 in ores and wall rocks. It can thus be concluded that the ore-forming materials consisting of sulfur and lead are mainly derived from wall rocks. Besides forming deep faults, large-scale shear belts and low-order folds and faults, the intensive subduction and collision during late Paleozoic and early Mesozoic induced fluidization and mineralization and resulted in the formation and zonal distribution of several large- or medium-size gold deposits in this area.

Key words East Kunlun Qinghai Province orogenic gold deposit sulfur and lead isotopes mineralization mechanism

青海东昆仑地区是中国又一个重要的、极富潜力的金属成矿带,近年来,在其中发现了数个大、中型金矿床和矿点。自发现以来,先后有一些研究单位对部分矿床做过工作(胡正国等,1998;袁万明等,2000;钱壮志等,2000;张德全等,2001;李厚民等,2001),但总体研究工作十分薄弱,鉴于此,本文选择其中4个典型矿床,通过矿床基本地质特征及 S、Pb 同位素地球化学的研究对该区金矿床成矿物质来源及成矿机制进行探讨。

1 区域与矿床地质概况

东昆仑位于青藏高原东北缘,地跨昆仑-柴达木和巴颜喀拉-松甘两地体(尹安,2001),区内4条近EW向断裂带自北向南将其分为昆北、昆中、昆南、阿尼玛卿和北巴颜喀拉5个构造带。区内地层出露齐全,其中下元古界金水口群、下三叠统巴颜喀拉群和中三叠统闹仓坚沟组是主要的赋矿地层。区内岩浆活动以昆中带最强烈,以花岗岩类为主。另外,还有2条不同时代的蛇绿岩带,即昆中和阿尼玛卿蛇

本文由国土资源部地质调查项目(K1.1.3.1,DKD2001027-4)资助。

责任编辑:宫月萱。

第一作者:丰成友,男,1972年生,博士,副研究员,从事矿床地质和地球化学研究;E-mail: fengchy@yahoo.com.cn。

绿岩带(朱云海等,1999)。受晚古生代—早中生代构造旋回的强烈影响,区内发生大规模金成矿作用,形成了一些诸如五龙沟、开荒北、小干沟、东大滩、西

藏大沟、大场等金矿床(点),其中的主要矿床为本次开展 S、Pb 同位素地球化学研究的重点,其主要地质特征见表 1。

表 1 青海东昆仑造山型金矿床地质特征简表

Table 1 Generalized geological characteristics of the orogenic gold deposits in East Kunlun

矿床名称	五龙沟	开荒北	东大滩	大场
构造位置	昆中带中段	昆南带中段	北巴颜喀拉带中西段	北巴颜喀拉带东段
规模	大型	中型	中型	大型
矿化组合	Au-As-Sb	Au-As	Sb-Au	Au-Sb
金平均品位 ($g \cdot t^{-1}$)	5.0~12.6	0.24~90.86	4~8	0.53~24.9
围岩	早元古代金水口群变质岩,包括黑云斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、石英片岩和大理岩	中三叠统闹仓组斑状粉砂质钙质千枚状板岩	三叠系巴颜喀拉山下亚群低绿片岩相变质碎屑岩	三叠系巴颜喀拉山中亚群低绿片岩相变质碎屑岩
有关岩浆岩	以加里东期片麻状花岗岩闪长岩为主	未见	规模极小的燕山期斜长花岗岩脉、石英斑岩脉	未见
控矿构造	昆中断裂北侧 NW 向大型剪切带旁侧的次一级 NW—NNW 向张剪性断裂带	昆南断裂北侧 NWW 向大型剪切带内的 NW—NWW 向断裂-裂隙系统	东西大滩深断裂南侧大型剪切带内的 NW 向断裂-裂隙系统	大型剪切带内 NW 向褶皱轴部(为主)和翼部(次之)的断裂-裂隙系统
矿体	呈透镜状斜列式成群成带分布在 NW—NNW 向剪切带和断裂系统中,长 20~580 m,平均厚 0.90~3.41 m	呈 NWW—SEE 向透镜状、串珠状平行斜列式展布,长 30~750 m,平均厚 0.27~6.70 m,最大厚度 11.28 m	早透镜状分段集中、平行斜列式展布,长 50~240 m,平均厚 0.49~6.56 m	呈豆荚状、透镜状,长 40~670 m,平均厚 0.31~6.32 m,最大厚度 14.85 m
矿石类型	蚀变岩型	石英脉型为主,少量蚀变岩型	蚀变岩型为主,少量石英脉型	蚀变岩型
金属矿物	黄铁矿、毒砂、辉钨矿、辉钼矿、白铁矿、磁黄铁矿、钛铁矿、黄铜矿、方铅矿	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂	辉钨矿、毒砂、黄铁矿、软锰矿、黄铜矿、黝铜矿	黄铁矿、毒砂、辉钨矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿
脉石矿物	石英、绢云母、斜长石、方解石、铁白云石、砂线石	石英、绢云母、绿泥石、方解石	石英、绢云母、方解石、绿泥石、长石	石英、绢云母、高岭石、碳酸盐、长石
围岩蚀变	硅化、绢云母化、黄铁矿化、毒砂矿化、碳酸盐化	硅化、黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化	硅化、黄铁矿化、绢云母化、辉钨矿化、碳酸盐化、绿泥石化	黄铁矿化、绢云母化、辉钨矿化、硅化、碳酸盐化
矿化阶段	黄铁绢英岩化阶段、硅化毒砂化阶段、辉(铁)钨矿化阶段、石英黄铁矿化阶段和碳酸盐化阶段	黄铁矿-石英阶段、多金属硫化物-石英阶段和铁碳酸盐-石英阶段黄铁矿、毒砂、石英阶段、石英-辉钨矿阶段和石英-方解石阶段	多金属硫化物-石英阶段、辉钨矿-石英阶段和石英-碳酸盐阶段	
成矿时代	晚加里东期矿化,印支期定型,矿石绢云母 Ar-Ar 年龄为 236 Ma	印支期	印支期	印支期,矿石绢云母 Ar-Ar 年龄为 218 Ma

2 S、Pb 同位素地球化学

2.1 样品及分析方法

用于本次分析的 S、Pb 同位素样品为 4 个典型金矿床中不同类型矿石或矿化岩石,绝大部分是通过显微镜光薄片鉴定和微量元素分析数据对比后选取的。硫化物单矿物样品碎至 60~80 目,然后经双目镜下严格挑选,全岩样品粉碎到 200 目。

所有同位素样品均在国土资源部同位素地质开放实验室测定。S 同位素分析由中国地质科学院矿产资源研究所白瑞梅在 MAT-251EM 质谱仪上完成,使用的标准为 CDT,分析精度为 $\pm 0.2\%$; Pb 同位素由中国地质科学院地质研究所张巧大等在 MAT-262 质谱仪上测定,国际标样 NBS-981 的测定值为 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 等于 16.937, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 等于 15.491, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 等于 36.722。

2.2 分析结果与讨论

2.2.1 S 同位素 表 2 分别列出了东昆仑 4 个典型金矿床的硫化物 S 同位素组成。从中可见,五龙沟金矿硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 为 1.1‰~6.9‰,众值集中于 2‰~5‰,平均 3.98‰,均为正值,不同硫化物之间

表 2 东昆仑造山型金矿床硫化物硫同位素分析结果
Table 2 Sulfur isotopic compositions of sulfides from the orogenic gold deposits in the eastern Kunlun area

矿床	样号	产状	测试对象	$\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$
五龙沟金矿	WK30	Ⅲ PD3-2 金矿石	黄铁矿	4.5
	WK727475	Ⅲ-2 矿体金矿石	黄铁矿	3.3
	WK86	东支沟口闪长玢岩	黄铁矿	4.7
	WK28	Ⅲ-3 矿体金矿石	黄铁矿	4.5
	WK51	I 矿带隐爆角砾岩	黄铁矿	6.9
	WK3233	Ⅲ-3 矿体金矿石	黄铁矿	5.3
	WK63	Ⅷ 矿带隐爆角砾岩	黄铁矿	6.8
	WK94	东支沟多金属矿矿石	黄铁矿	2.7
	WK92	东支沟多金属矿矿石	方铅矿	1.1
	WK54	I 矿带方铅矿矿石	方铅矿	3.8
	WK90	东支沟多金属矿矿石	毒砂	3.9
	WK84	Ⅲ PD3-3 辉锑矿脉	辉锑矿	4.1
	WK58	Ⅷ 矿带辉锑矿脉	辉锑矿	5.9
	WK14	Ⅲ-1 矿体辉锑矿脉	辉锑矿	1.3
	WK89	东支沟多金属矿矿石	闪锌矿	2.4
	开荒北金矿	Shzg-4	石英脉金矿石	黄铁矿
Kx-200		蚀变岩金矿石	黄铁矿	3.2
dqg-1		黄铁矿化蚀变岩	黄铁矿	4.9
dqg-2		石英脉	黄铜矿	4.8
dqg-2		石英脉	方铅矿	3.0
东大滩金锑矿	Ddt-1	Ⅱ 矿带辉锑矿矿石	辉锑矿	-1.3
	Ddt-16	I 矿带辉锑矿-石英脉	辉锑矿	-4.2
	Ddt-29	Ⅲ 矿带黄铁矿化变砂岩	黄铁矿	-3.0
	Ddt-44	Ⅱ 矿带千枚岩金锑矿石	黄铁矿	-0.9
	Ddt-45	Ⅱ 矿带石英脉金锑矿石	毒砂	0.4
大场金矿	B238	Ⅳ 矿带辉锑矿矿石	黄铁矿	-6.3
	B244	Ⅱ 矿带千枚岩金锑矿石	黄铁矿	-1.1
	B245	Ⅱ 矿带石英脉金锑矿石	黄铁矿	-2.0
DCTD-5 矿	Dc-11	黄铁矿化蚀变岩	黄铁矿	-3.2
	Dc-21	变砂岩	黄铁矿	-3.3
	DCTD-5	碎裂岩金矿石	黄铁矿	-4.7
	DCTD-6	泥质板岩	黄铁矿	-3.7

注:五龙沟金矿硫同位素据钱壮志等(2000),其余由国土资源部同位素地质开放实验室测定。

的 S 同位素组成稍有不同, $\delta^{34}\text{S}$ 值从大到小为黄铁矿(均值 4.84‰)、毒砂(3.9‰)、辉锑矿(均值 3.75‰)、方铅矿(均值 2.47‰)、闪锌矿(2.4‰);开荒北金矿硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化较小(3.0‰~6.1‰),平均为 4.40‰,也均为正值,其中 3 件黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 均值为 4.73‰,1 件黄铜矿和 1 件方铅矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 分别为 4.8‰和 3.0‰;东大滩金锑矿床硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化相对较大,介于 -6.3‰~+0.4‰,平均为 -2.3‰,除 1 件样品为接近于零的正值外,其余均为负值,其中 5 件黄铁矿和 2 件辉锑矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 均值分别为 -2.66‰和 -2.75‰,1 件毒砂的 $\delta^{34}\text{S}$ 为 0.4‰;大场金矿 4 件黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 -4.7‰~-3.2‰,平均 -3.73‰,均为负值且变化范围较小。

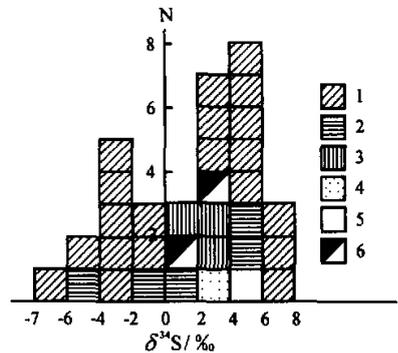


图 1 东昆仑造山型金矿硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 分布图
Fig. 1 Histogram showing $\delta^{34}\text{S}$ values of various sulfides from orogenic gold deposits in the eastern Kunlun area
1-黄铁矿;2-辉锑矿;3-方铅矿;4-闪锌矿;5-黄铜矿;6-毒砂
1-pyrite;2-stibnite;3-galena;4-sphalerite;
5-chalcopyrite;6-arsenopyrite

研究表明(Ohmoto, 1972),当 f_{O_2} 较低时,流体中硫主要以 HS^- 、 S^{2-} 形式存在,所沉淀的黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 与整个流体 $\delta^{34}\text{S}$ 近似;当 f_{O_2} 较高时, SO_4^{2-} 大量存在并沉淀富集 ^{34}S 的硫酸盐,导致成矿流体 ^{34}S 亏损,所沉淀的黄铁矿等硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值较低(常为负值),低于整个体系 $\delta^{34}\text{S}$ 。如前所述,黄铁绢英岩化是该区金矿床最主要的蚀变类型,硫化物为主要的含硫矿物,未见硫酸盐,因此硫化物的 S 同位素组成可以近似地代表成矿溶液总硫的 S 同位素组成。由图 1 可见,总体上 4 个金矿床的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化较大(-6.3‰~+6.9‰)且呈现出 2 个明显的峰:一个为正值峰,峰值为 2‰~6‰;另一个为负值峰,峰

值为 $-4‰ \sim -2‰$,每一个峰都显示塔式效应,表明成矿过程中S同位素均一化程度较高,硫可能来自地层沉积岩石。大场和东大滩两矿床的 $\delta^{34}\text{S}$ 低于五龙沟和开荒北金矿,可能是由于它们的成矿深度较浅,受大气降水影响更大,使流体 f_{O_2} 增高,从而造成硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 减小。

2.2.2 Pb同位素 Pb同位素作为一种有效的示踪剂,已被广泛应用于探讨源区特征、形成环境和物质来源等诸方面。从表3可以看出,4个金(锑)矿床的Pb同位素组成分布集中且比值较高,五龙沟金矿的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 平均值分别为18.370、15.598和38.418;开荒北金矿的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 平均值分别为18.451、15.627和38.513;东大滩金锑矿床的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 平均值分别为18.521、15.601和38.534;大场金矿的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 平均值分别为18.353、15.575和38.252,显然为典型的放射性成因铅。在Zartman等(1981)的构造图解中(图2),投点均集中分布于造山带演化线附近,其中,五

龙沟金矿2个方铅矿的投点与大场金矿的4个黄铁矿Pb同位素投点相似,皆位于造山带演化线的下方偏左;开荒北金矿床除1个数据点位于造山带演化线下方外,其余4个数据点均投在造山带演化线上方的位置,东大滩金锑矿5件硫化物样品的Pb同位素投点皆位于造山带演化线之下且靠近造山带演化线集中分布,与开荒北金矿一样具有更高的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值,因此投点较另外2个矿床靠右。所测矿床围岩与矿石的Pb同位素组成十分接近,反映它们有相同的铅源。流体包裹体和H、O同位素研究表明,这些矿床成矿流体为典型的大气降水来源,具有中低温成矿之特点。多期次复合造山过程使地层岩石强烈变形,产生一系列大型剪切带,这些矿床的矿体即产于大型剪切带内的褶皱和断裂构造中,强烈破碎的围岩,十分容易被大气降水淋滤改造,因此,大气降水来源的热液不断淋滤围岩岩石,在此过程中放射性成因铅首先进入到溶液,从而导致放射性成因铅的逐渐积累,造成Pb同位素组成明显偏高。矿床铅主要来自围岩,与S同位素揭示的结果相一致。

表3 东昆仑造山型金矿床铅同位素分析结果

Table 3 Lead isotopic compositions of the orogenic gold deposits in the eastern Kunlun area

矿床	样号	岩性	测试对象	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
五龙沟金矿	WK91	方铅矿矿石	方铅矿	18.363	15.606	38.297	0.850	2.086
	WK92	方铅矿矿石	方铅矿	18.376	15.590	38.539	0.848	2.097
开荒北金矿	Bj-1	细斑点状板岩	全岩	18.535	15.652	38.710	0.845	2.089
	Shzg-4	石英脉矿石	黄铁矿	18.412	15.628	38.471	0.849	2.089
	Kx-200	蚀变岩矿石	黄铁矿	18.431	15.578	38.353	0.845	2.081
	Dng-1	黄铁矿化蚀变岩	黄铁矿	18.453	15.638	38.528	0.848	2.088
	Dng-2	石英脉	方铅矿	18.423	15.639	38.501	0.849	2.090
东大滩金锑矿	Ddt-1	块状辉锑矿矿石	辉锑矿	18.517	15.599	38.584	0.842	2.084
	Ddt-16	辉锑矿-石英脉	辉锑矿	18.575	15.580	38.457	0.839	2.070
	Ddt-29	变砂岩金矿石	黄铁矿	18.532	15.620	38.624	0.843	2.084
	Ddt-44	千枚岩金锑矿石	黄铁矿	18.551	15.597	38.555	0.841	2.078
	Ddt-45	石英脉金锑矿石	毒砂	18.432	15.607	38.451	0.847	2.086
大场金矿	Dc-11	黄铁矿化蚀变岩	黄铁矿	18.338	15.567	38.231	0.849	2.085
	Dc-21	变砂岩	黄铁矿	18.380	15.592	38.318	0.848	2.085
	DCD-5	碎裂岩金矿石	黄铁矿	18.338	15.556	38.180	0.848	2.082
	DCD-6	泥质板岩	黄铁矿	18.354	15.585	38.278	0.849	2.086

注:五龙沟金矿铅同位素据钱壮志等(2000),其余由国土资源部同位素地质开放实验室测定。

3 结论

青海东昆仑是一个具有复杂演化历史的多旋回

复合造山带(潘裕生等,1996;殷洪福等,1997;姜春发等,2000),其中早古生代和晚古生代—早中生代构造旋回与区内金等多金属矿床形成关系最密切。

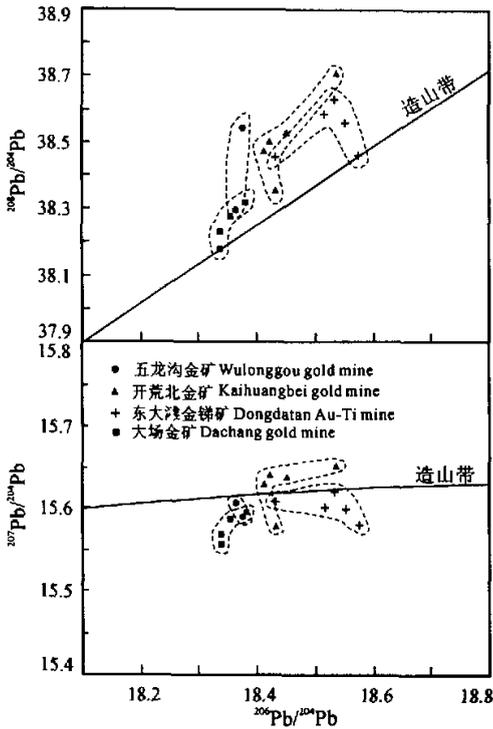


图 2 东昆仑造山型金矿 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图解

Fig. 2 Diagram of lead isotopic compositions of gold deposits in the eastern Kunlun area

早古生代构造旋回的特点是形成多岛洋/裂陷槽的构造格局,并于晚加里东期发生陆内俯冲,从而导致成矿流体活化和金等成矿物质的初始富集;晚古生代—早中生代构造旋回是叠加在加里东造山带之上的一次复合造山作用,特别是印支末期的强烈俯冲及碰撞过程不但形成了一些深断裂、大型剪切带及次一级的褶皱和断裂-裂隙控矿构造,而且还促使了成矿流体活化和成矿物质的富集,尤其对金成矿作用最重要,区内发现的五龙沟、开荒北、小干沟、东大滩、西藏大沟、大场等金矿床(点)即为本次造山作用的产物。矿床地质研究表明,它们不仅具有相似的地质-地球化学特征,并与该区造山过程有密切的成因联系,且在产出构造位置、矿体特征、控矿构造、围岩蚀变、矿物组成和元素组合等方面与一般造山型金矿床极为相似,因此应属典型的造山型金矿床。

矿床同位素地球化学研究表明,S 同位素组成变化较大且出现 2 个峰值,每一个峰都显示塔式分布效应,表明成矿过程中 S 同位素均一化程度较高;矿石 Pb 同位素组成分布集中且比值较高, $^{206}\text{Pb}/$

^{204}Pb 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 分别介于 18.338~18.575、15.556~15.652 和 38.180~38.710 间,为典型的放射性成因铅,S、Pb 同位素示踪表明它们均来自地层围岩。根据矿床地质特征、结合 H、O 等其他同位素示踪,对该区造山型金矿成矿机制推论如下:海西期以来的俯冲和碰撞作用,产生强烈的构造变形和变质作用,形成了一些边界断裂和一系列的大型剪切带,变质作用使地层岩石脱水、脱挥发份产生变质流体,在俯冲或碰撞产生的地热增温驱动下,沿深断裂或大型剪切带迁移,并不断与围岩反应,从中萃取出矿物质,从而逐步形成较高温度的含矿流体。随着区域地壳不断隆升,这些富含成矿物质的流体进入到浅部断裂-裂隙系统中并沿其向上运移,加之大气降水的大量混入,引起温压等条件发生剧烈变化,含矿富 CO_2 流体产生不混溶作用,从而使大量 CO_2 、 H_2S 等挥发性组分逸出,残余的流体含有大量金锑等成矿物质。之后,由于压力的持续下降,大气降水的大量加入,造成温度迅速下降,金锑等成矿物质在成矿流体中的溶解度越来越小,于是迅速发生沉淀。成矿流体交代剪切带及其围岩,形成蚀变岩、石英脉,进而形成金(锑)等矿体。

致谢 贾群子、闫升好、姚文光、徐文艺等同志参加了部分野外工作,在此表示衷心的感谢!

参 考 文 献

胡正国,刘继庆,钱壮志等. 1998. 东昆仑区区域成矿规律初步研究. 黄金科学技术,6(5-6):6-13.
 姜春发,王宗起,李锦轶等. 2000. 中央造山带开合构造. 北京:地质出版社,1-154.
 李厚民,沈远超,胡正国等. 2001. 青海东昆仑五龙沟金矿床成矿条件及成矿机理. 地质与勘探,37(1):65-69.
 潘裕生,周伟明,许荣华等. 1996. 昆仑山早古生代地质特征与演化. 中国科学(D辑),26(4):302-307.
 钱壮志,胡正国,李厚民等. 2000. 东昆仑中带金矿成矿特征及成矿模式. 矿床地质,19(4):315-321.
 尹安. 2001. 喜马拉雅-青藏高原造山带地质演化——显生宙亚洲大陆生长. 地球学报,22(3):193-230.
 殷鸿福,张克信. 1997. 东昆仑造山带的一些特点. 地球科学——中国地质大学学报,22(4):339-342.
 袁万明,莫宣学,喻学惠等. 2000. 东昆仑热液金成矿带及其找矿方向. 地质与勘探,36(5):20-23.
 张德全,丰成友,李大新等. 2001. 柴北缘-东昆仑地区的造山型金矿床. 矿床地质,20(2):137-146.
 朱云海,张克信,Pan Yuanming 等. 1999. 东昆仑造山带不同蛇绿岩带的厘定及其构造意义. 地球科学——中国地质大学学报,24(2):134-138.

References

- Hu Zhenguang, Liu Jiqing, Qian Zhuangzhi et al. 1998. A study of the regional metallogenetic regularity in East Kunlun mountain. *Gold Science and Technology*, 6(5-6): 6-13 (in Chinese with English abstract).
- Jiang Chunfa, Wang Zhongqi, Li Jingyi et al. 2000. The opening-closing tectonics of the Central Orogenic Belt in China. *Beijing: Geological Publishing House*, 1-154 (in Chinese).
- Li Hourmin, Shen Yuanchao, Hu Zhengguo et al. 2001. Mineralogical mechanism and condition of Wulonggou gold deposit in East Kunlun mountains, Qinghai province. *Geology and Prospecting*, 37(1): 65-69 (in Chinese with English abstract).
- Ohmoto H. 1972. Systematics of sulfide and carbon isotopes in hydrothermal ore deposits. *Econ. Geol.*, 67: 551-578.
- Pan Yusheng, Zhou Weiming, Xu Ronghua et al. 1996. The early Paleozoic geological features and evolutions of the Kunlun mountain. *Science in China (Series D)*, 26(4): 302-307 (in Chinese with English abstract).
- Yin An. 2001. Geological evolution of the Himalayan-Tibetan orogenic growth of Phanerozoic Asian continent. *Acta Geoscientia Sinica*, 22(3): 193-230 (in Chinese).
- Yin Hongfu, Zhang Kexin. 1997. Characteristics of the eastern Kunlun orogenic belt. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 22(4): 339-342 (in Chinese with English abstract).
- Yuan Wanming, Mo Xuanxue, Yu Xuehui et al. 2000. Gold metallogenic belts and prospecting direction in East Kunlun area. *Geology and Prospecting*, 36(5): 20-23 (in Chinese with English abstract).
- Zartman R E, Doe B R. 1981. Plumbotectonics—the model. *Tectonophysics*, 75(1-2): 135-162.
- Zhang Dequan, Feng Chengyou, Li Daxin et al. 2001. Orogenic gold deposits in the North Qaidam and East Kunlun Orogen, West China. *Mineral Deposits*, 20(2): 137-146 (in Chinese with English abstract).
- Zhu Yunhai, Zhang Kexin, Pan Yuanming et al. 1999. Determination of different ophiolitic belts in Eastern Kunlun orogenic zone and their tectonic significance. *Earth Science*, 24(2): 134-138 (in Chinese with English abstract).

《地球学报》2003 年增刊订购启事

中国自 20 世纪 80 年代博士后制度建立以来,在促进人才流动、培养高层次专门人才方面取得了突出的成就。作为活跃在理论创新和技术创新方面的一支年轻科技力量,全国博士后研究人员在国家经济建设和社会发展中发挥了越来越重要的作用,尤其是在地学领域做出了突出的贡献。

为广泛交流博士后研究人员在地学领域近年来的研究进展、成果和创新思想,拓宽服务领域,促进科技成果转化,推动地球科学理论和技术创新,增进相互了解和合作,2002 年 9 月 13~14 日,由国家自然科学基金委地学部、中国博士后科学基金会、北京大学、中国地质学会、中国石油勘探开发研究院等单位在北京大学联合举办了第二届全国博士后地学学术研讨会。来自全国各地从事地学及相关研究领域的 120 余名博士后参加了学术研讨。人民日报、光明日报和中国国土资源报等新闻机构到会采访并进行了报道。会议引起了地学界和科技界的广泛关注。

《地球学报》2003 年增刊收录了会议论文 65 篇,其中涉及到地学理论研究新进展的论文 12 篇(包括地层、构造地质学、岩石学和地球化学等方面);涉及到资源与可持续发展方面的论文 9 篇(包括矿产资源和自然资源的地质和保护 and 合理利用等方面);涉及到能源与可持续发展的论文 10 篇,(包括石油天然气、煤炭等能源地质和开发利用等方面);涉及到环境与可持续发展的论文 11 篇(包括地质灾害防治、环境保护、人类与自然协调发展等方面);涉及到地学新技术和方法及应用的论文 23 篇(包括地学新理论、地球物理和地球化学和遥感等新技术、新方法及其在地学研究和工程中的应用)。经同行专家评议,这些论文具有较高的学术水平和使用价值。相信增刊出版对促进地球科学理论和技术创新,推动地球科学技术成果转化具有积极的作用。

现《地球学报》2003 年增刊已出版,全书定价 60.00 元,有意订购者请与《地球学报》编辑部联系。

编辑部地址:北京西城区百万庄路 26 号中国地质科学院《地球学报》编辑部

邮编:100037

电话:010-68327396

E-mail: dqxb@hotmail.com。