

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

新疆准噶尔—东天山地区产于韧性剪切带中的 金矿床成矿流体与碳、硫、铅同位素

王莉娟^{1,2)}, 王京彬^{1,2)}, 王玉往^{1,2)}, 朱和平²⁾

1) 北京矿产地质研究院, 100012

2) 中国科学院地质与地球物理研究所矿物资源研究重点实验室, 北京, 100029

内容提要: 韧性剪切带型金矿床是新疆准噶尔—东天山地区重要金矿类型。本文以科克萨依、康古尔、红石金矿为典型矿床, 研究它们的流体包裹体均一温度、爆裂温度、包裹体成分、包裹体水的来源等, 并进行了硫、铅同位素及近矿围岩碳同位素、矿体石英包裹体中 CO_2 、 CH_4 气体的碳同位素分析。结果表明, 硫、铅为深源, 暗示了本区金成矿物质的地幔来源。部分碳为有机碳, 反映了本区年轻碳质沉积地层中有机碳参与了金的迁移与成矿作用。综合研究表明, 在本区特定的后碰撞地质背景下, 在构造挤压与伸展作用中形成的韧性剪切带中的金矿床成矿物质源于深源, 成矿流体主要是变质水。岩浆作用、变质作用、碳质围岩地层有机碳参与成矿, 变质流体与岩浆热液及天水等流体的不同程度的混合与叠加, 形成本区特征的韧性剪切带型金矿床。

关键词: 新疆准噶尔—东天山地区; 韧性剪切带型金矿床; 流体包裹体; 碳、硫、铅同位素

准噶尔—东天山地区是新疆北部金矿床集中出现的区域, 其中产于韧性剪切带中金矿床是该区重要的金矿类型, 前人对此已经进行了较多的研究, 积累了较丰富的资料(王京彬等, 1999; 王军升等, 1999; 张连昌等, 2000; Zhang et al., 2003; 王莉娟等, 2004; 本文引用了部分前人的资料)。但仍然缺乏成矿流体与硫、铅、碳同位素地球化学的综合分析及对该类金矿床整体认识, 其中较突出的如本区年轻的碳质围岩地层对成矿的影响等还没有得到很好的解决。在前人研究的基础上, 本文以康古尔、红石及科克萨依金矿为重点解剖矿床, 对受韧性剪切带控制的金矿床进行深入的流体包裹体及同位素地球化学的综合研究, 首次进行了近矿围岩及矿体石英包裹体中 CO_2 、 CH_4 的碳同位素分析, 发现了 CO_2 中 C 多为小于 -10% 的有机碳, CH_4 中 C 多为 -20% ~ -30% 的混合碳, 明确了本区碳质围岩地层对该类金矿床成矿的重要作用, 探讨了该类金矿床成矿流体来源、演化及成矿规律等特征, 弥补了前人研究中的某些不足。

1 区域地质背景及矿床一般地质特征

新疆准噶尔—东天山地区位于中国西北部, 该

区的碰撞造山作用主要发生在石炭纪和二叠纪, 并经历了先挤压后伸展的演化过程。区内金、铜、镍等矿床的成矿作用主要发生在石炭—二叠纪。因此, 该区金矿床的成矿时间、空间、地球动力学背景与该区的碰撞造山作用的发生时间、空间、地球动力学背景完全吻合(图1)。准噶尔年轻陆壳基底作为晚古生代构造—岩浆—成矿作用发育的基础, 形成了独特的年轻陆壳成矿省, 是铬、铜、镍、金等亲基性元素的矿化集中区(Wang et al., 2004)。

科克萨依金矿产出于东准噶尔的额尔齐斯成矿带内, 克孜勒套推覆构造中科克萨依次级韧性剪切带对矿床起总体控制作用, 主要容矿围岩为下泥盆统托让格库都克组(D_1t)灰白色变质凝灰岩(含碳质薄层), 赋矿围岩发生强烈变形变质作用, 围岩主要为糜棱岩化及黄铁矿化、强硅化、片理化、绿泥石化等蚀变(王军升等, 1999)。康古尔、红石金矿床位于东天山阿齐山—雅满苏岛弧带北缘的康古尔塔格金成矿带, 受秋格明塔什—黄山大型韧性剪切带控制。其中红石金矿位于雅满苏断裂北侧约 3 km 处, 东距康古尔金矿约 40 km(图1), 赋矿地层为下石炭统干墩组, 主要为放射虫硅质岩、碎屑岩夹火山碎屑岩及灰岩薄层, 为深海—半深海相, 陆块前缘海沟型—前

注: 本文为国家重点基础研究发展规划项目(编号2001cb409806)和国家自然科学基金项目(编号: 40273021)及中国科学院矿物资源研究重点实验室的联合资助。

收稿日期: 2005-06-01; 改回日期: 2006-01-24; 责任编辑: 刘淑春。

作者简介: 王莉娟, 女, 1948年生。1982年毕业于中南大学。研究员, 主要从事流体地球化学研究。通讯地址: 100012, 北京矿产地质研究院。

陆盆地,地层普遍强烈片理化,形成糜棱岩、千糜岩,糜棱岩化包括硅化、绢云母化、绿帘石化、碳酸盐化、黄铁矿化、黄铜矿化、叶腊石化。康古尔金矿容矿围岩为下石炭统阿齐山组火山杂岩夹正常沉积岩,围岩主要为糜棱岩化,包括硅化、绿帘石化、黄铁绢英岩化、青磐岩化等(张连昌等,2000)。

2 流体包裹体特征

2.1 流体包裹体镜下特征

主矿体中石英普遍有破碎、拉长及发育不好等受到挤压的现象,体现了区域的构造挤压对金矿床的影响很大。相对于本区浅成低温热液型金矿床、蚀变岩型金矿床,韧性剪切带金矿床石英中包裹体相对丰富,且个体相对较大,石英中均出现了集中分布的含 CO_2 包裹体,包裹体一般 $3\sim 5\ \mu\text{m}$,少量可达 $7\sim 10\ \mu\text{m}$ 左右,有定向排列现象。主要类型为气液包裹体,气液比一般小于 40% ,其次为含 CO_2 包裹体,含 CO_2 包裹体中 CO_2 相较小,约占包裹体的 $20\%\sim$

30% ,未明显见气体包裹体及含子矿物包裹体,表明成矿流体为低盐度、富 CO_2 的流体(图2)。

与我国著名的胶东金矿、东坪金矿(毛景文等,2001;Fan Hongrui et al.,2003)相比,本区韧性剪切带型金矿床包裹体明显个体小,包裹体丰度小,尤其是含 CO_2 包裹体相对少、小, CO_2 相也小,意味着它们成因上的差异。

2.2 包裹体均一温度及爆裂温度

科克萨依、康古尔、红石金矿主矿体石英中流体包裹体均一温度测定结果如图3。石英包裹体爆裂温度及爆裂曲线特征列于表1。

表1显示康古尔、红石金矿石英爆裂温度为多期次,爆裂曲线出现强烈的 $\alpha\text{-}\beta$ 转变峰,即表明石英形成温度高于 573°C ($\alpha\text{-}\beta$ 转变峰的温度),反映了其成矿有深成岩浆热液加入(谢弈汉等,2001)。而科克萨依金矿石英爆裂曲线缺少 $\alpha\text{-}\beta$ 转变峰,爆裂温度基本为单期次,其成矿可能与变质或浅成流体有关。估计与它的矿体产出于深大断裂派生的次级断裂而不

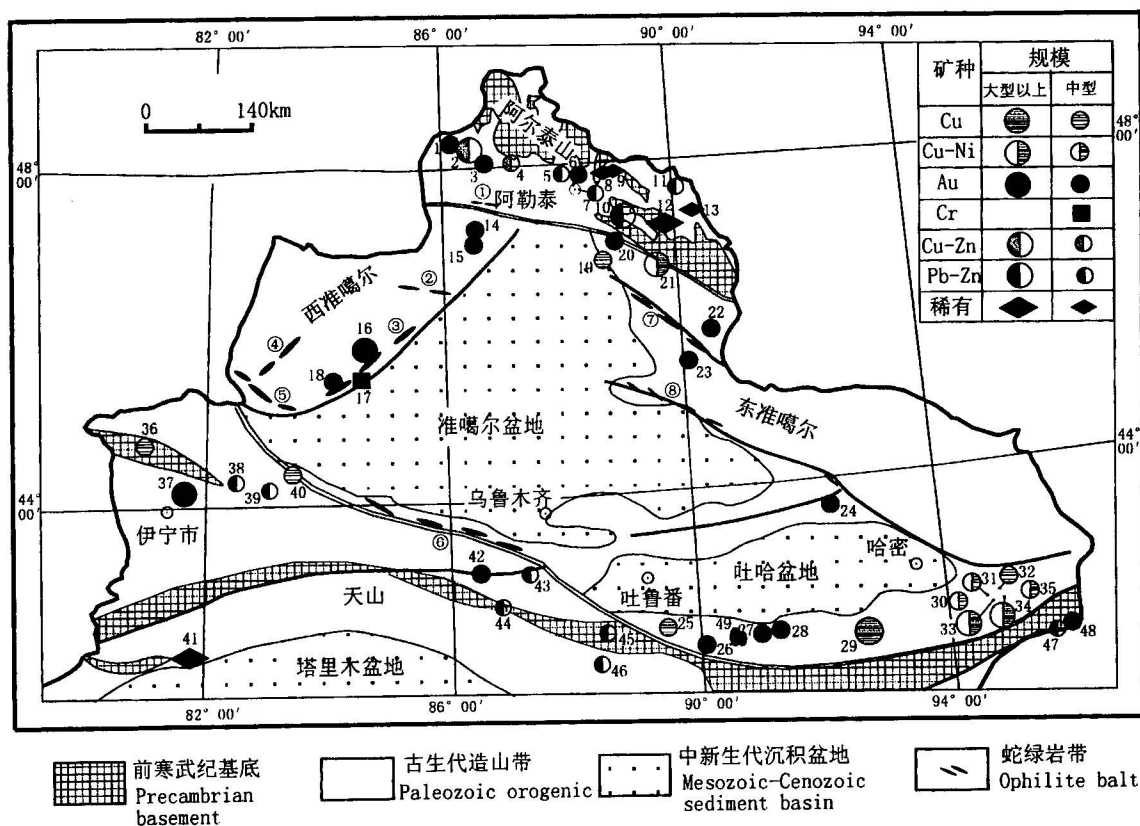


图1 准噶尔—东天山地区构造与矿产简图(据 Wang et al., 2004)

Fig. 1 Sketch map showing the tectonics mineral deposits in Junggar—East Tianshan Mt. area

部分金矿床编号与名称:3—赛都;14—布尔克斯岱;15—阔尔真阔腊;16—哈图;18—包谷图;21—野马泉;22—科克萨依;

26—石英滩;27—康古尔;37—阿希;49—红石

Number and name of some gold deposits: 3—Saidu; 14—Buerkesidai; 15—Kuozhenkuola; 16—Hatu; 18—Baogutu; 21—Yemaquan;

22—Kekesayi; 26—Shiyintan; 27—Kuanguer; 37—Axi; 49—Hongshi

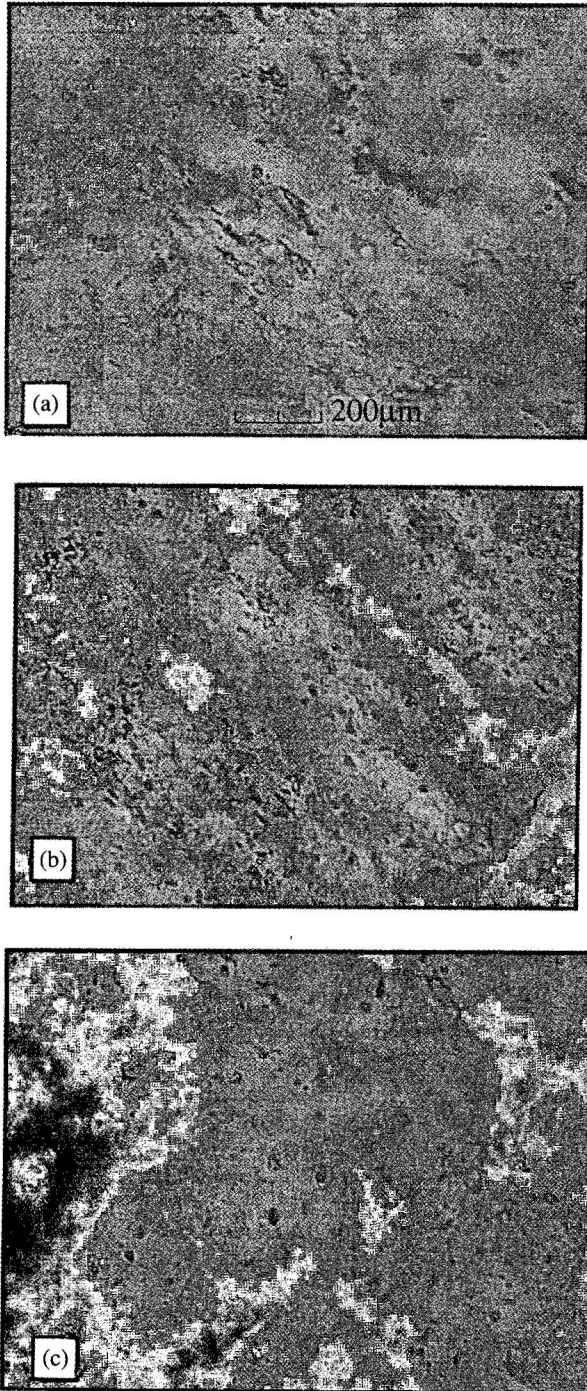


图 2 流体包裹体镜下特征

Fig. 2 The characteristic of fluid inclusion under microscope

(a)—康古尔金矿石英中定向排列包裹体;(b)—科克萨依金矿石英中含 CO₂包裹体;(c)—红石金矿石英中包裹体

(a)—Directional arranged fluid inclusions in quartz in Kangguer gold deposit; (b)—the fluid inclusion including CO₂ in quartz in Kekesayi gold deposit; (c)—the fluid inclusions in Hongshi gold deposit

是直接产于深大断裂旁侧有一定关系。

图3基本显示了它们的成矿温度范围较宽,为多期次成矿,特别是康古尔金矿成矿温度范围从140~420℃,红石金矿从100~320℃,其中康古尔金矿中一低温流体叠加强烈,一般认为强烈叠加的中一低温流体活动有利于金的富集成矿。

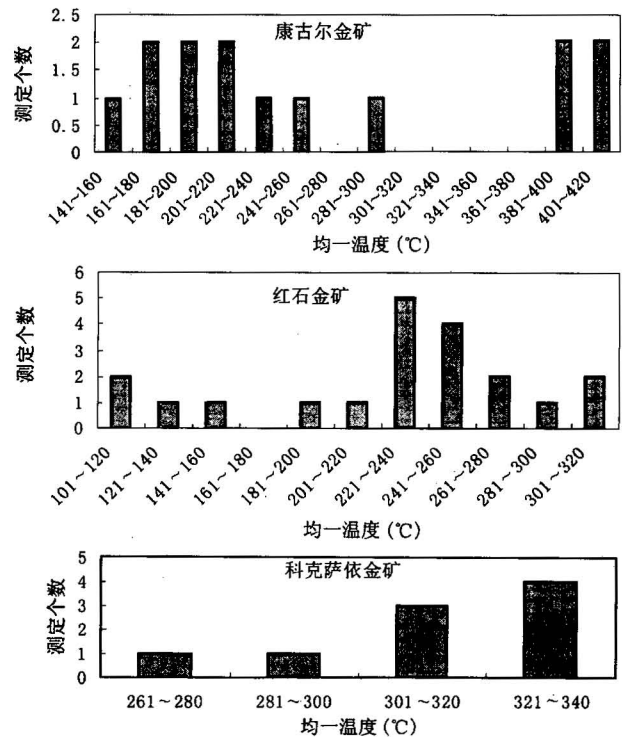


图 3 主矿体石英中流体包裹体均一温度直方图

Fig. 3 The Histogram of the homogenization temperature of fluid inclusions in quartz from main orebodies

表 1 石英爆裂温度及爆裂曲线特征

Table 1 The characteristic of exploded temperature and curviline of α - β apex from fluid inclusions in quartz

金矿床	爆裂温度(°C)	爆裂曲线的 α - β 转变峰
康古尔	380,318,181	有
红石	385,306,144	有
科克萨依	318	无

从成矿流体活动看,多期次成矿流体活动及深成侵入岩浆的加入有利于不同矿种叠加成矿,目前康古尔及红石金矿已发现了铜及铅锌矿脉叠加产出。相对而言,科克萨依金矿可能显示其多金属叠加的远景较差。

表2 石英流体包裹体液相成分($\times 10^{-6}$)Table 2 The component of liquid from fluid inclusions in quartz($\times 10^{-6}$)

金矿床	样品号	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	F ⁻ /Cl ⁻	Na ⁺ /K ⁺	Ca ²⁺ /Mg ²⁺
红石	H3909-9	1.296	1.563	22.29	12.6	1.515	0.117	0.69	0.829	8.317	5.897
科克萨依	K2714-10	0.342	0.39	0.633	0.714	0.222	0.024	0.174	0.877	3.216	7.250
康古尔	K3909-1	—	4.85	0.745	4.40	0.380	0.110	0.880	—	11.579	8.000

中国科学院地质与地球物理研究所矿物资源重点实验室分析测试, 分析人: 朱和平。

2.3 包裹体液相成分

主矿体石英中流体包裹体液相成分分析在离子色谱仪上完成, 仪器型号: LC-10AD, RSD $<5\%$ 。测试结果见表2。

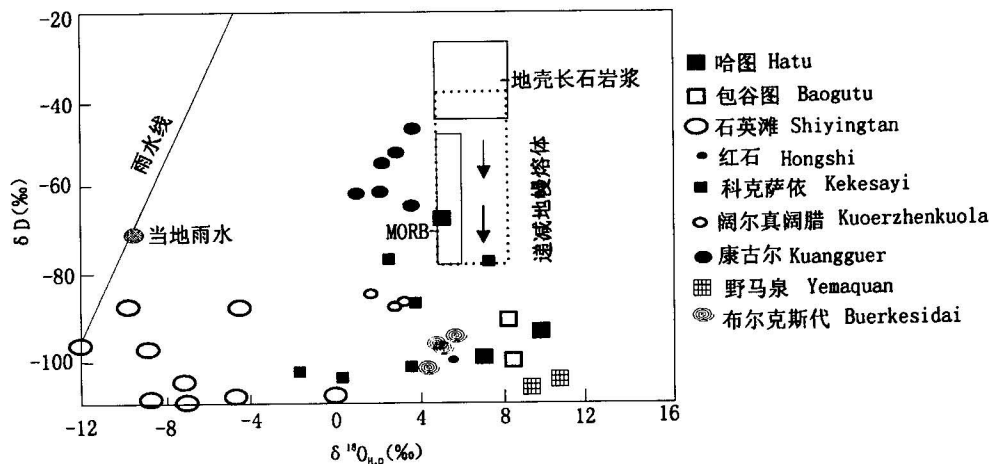
表2基本显示出包裹体液相成分以 Na⁺、Cl⁻、Ca²⁺ 含量为主, 流体类型为 Na⁺-Ca²⁺-Cl⁻ 型, 其中 Na⁺/K⁺ 值变化较大, 大者可大于11, 小者大于3; F⁻/Cl⁻ 值小于1, 为0.8~0.9左右, 反映了包裹体流体主要为变质流体, 但也不同程度反映了混合岩浆流体及天水的特征(卢焕章等, 1985)。

2.4 包裹体水来源

包裹体水 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 与 $\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值基本代表了石英圈闭时成矿流体的氢、氧同位素值。石英的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{石英}}$ 分析采用 BrF₅ 法, 在 MAT252 质谱仪上完成, 测试误差为 $\pm 0.2\%$, 石英包裹体水的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值是根据与之平衡的石英的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{石英}}$ 值计算而成。石英包裹体水的 $\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ 分析采用爆裂法提取包裹体中 H₂O, 锌法制 H₂, 在 MAT252 质谱仪上完成氢同位素分析, 测试误差为 $\pm 2\%$ 。在 δD — $\delta^{18}\text{O}$ 关系图上(图4)显示康古尔、科克萨依金矿包裹体水的氢、氧同位素值基本落

点于岩浆水域的左侧。由于在动力变质作用中形成的剪切带中存在大量的水, 这种水可能主要是含水矿物在剪切带形成过程中释放出来的变质流体以及花岗质岩体分异演化过程中释放出来的岩浆水及沿裂隙渗入的地下水等。剪切带形成时原岩含水矿物脱水作用形成的水及结构水等继承了原岩的氢、氧同位素组分。康古尔、科克萨依金矿围岩均为深源的安山岩、英安岩等, 这可能是它们的氢同位素值与岩浆岩水类似的原因, 也应有一定的岩浆水及地下水参与。氧同位素向地下水方向偏移, 表明与地下水的混合渗入有关。

与康古尔产于同一构造带的红石金矿成矿流体氢、氧同位素值在 δD — $\delta^{18}\text{O}$ 关系图上落点于岩浆水下方(图4), 与构造蚀变岩型(包谷图、布尔克斯代金矿等)、石英脉型(哈图金矿)的落点类似。研究中发现红石金矿石英爆裂曲线出现 α - β 转变峰, 表明成矿与深成侵入岩浆热液有关, 这也许是红石金矿成矿流体主要为岩浆水的原因。De Ronde 等(2000)在研究新西兰 Macrears 金矿时, 也发现了剪切带中金矿床成矿流体中岩浆流体占25%~50%的事例。因

图4 新疆准噶尔地区金矿床成矿流体 δD — $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 关系图Fig. 4 δD — $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ correlation map of the inclusion fluid in quartz from typical gold deposits in Junggar area, Xinjiang

康古尔、石英滩资料引自张连昌等(2000); 阔尔真阔腊、布尔克斯代资料引自申萍等(2004)

The data of Kangguer and Shiyintang gold deposit from Zhang Lianchang et al. (2004); The data of Kuozhenkuola and Buerkesidai gold deposit from Shen Ping(2004)

此,笔者认为本区韧性剪切带型成矿流体主要为变质水,不同程度混合有岩浆水及地下水,在一定条件下,也有成矿流体主要为岩浆水的实例。

3 硫、铅、碳同位素特征

3.1 硫同位素

据杨前进等(1998)、张连昌等(2000)测试的康古尔矿床硫同位素及王军升等(1999)测试的科克萨依金矿床黄铁矿等含硫矿物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值均在0值附近,为陨石硫。由中国科学院地质与地球物理研究所矿物资源研究重点实验室分析的红石金矿矿石中黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值为+4.2‰,硫为深源。这与整个准噶尔—东天山地区各类金矿床矿体黄铁矿等含硫矿物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值在+5‰~-5‰之间是一致的(另文发表)。国内著名大型金矿床,如胶东金矿、东坪金矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值一般范围较宽,硫主要来源于古老的围岩地层(江思宏等,1998;刘建明等,2003)。本区 $\delta^{34}\text{S}$ 的深源特征表明金等成矿物质主要源于深源,是成矿与深大断裂密切相关的客观反映,也是本区后碰撞构造环境的客观反映。

3.2 铅同位素

铅同位素比值测量在德国 Finnigan 公司生产的 MAT262 固体源质谱仪上完成,分析精度优于 $\pm 0.11\%$ 。测定数据列于表3。

产于韧性剪切带中金矿床铅同位素在 Doe 和 Zartman 铅同位素演化图上,投影点落于地幔与造山带之间靠近造山带一侧(图5),与本区部分其他类型金矿床的铅同位素组成类似。反映了铅源于与造山作用有关的深源。由于造山作用本身有地壳物质的混染,因此,可以认为铅主要源于地幔,有少量地壳铅的加入。

国内著名的剪切带型金矿床,如东坪及小营盘

等金矿床的铅同位素多跨越了上地壳、造山带、地幔与下地壳,显示了铅的多源性(江思宏等,1998),与本区韧性剪切带型金矿床的铅同位素特征截然不同,暗示了本区特定后碰撞环境对金成矿的制约作用。

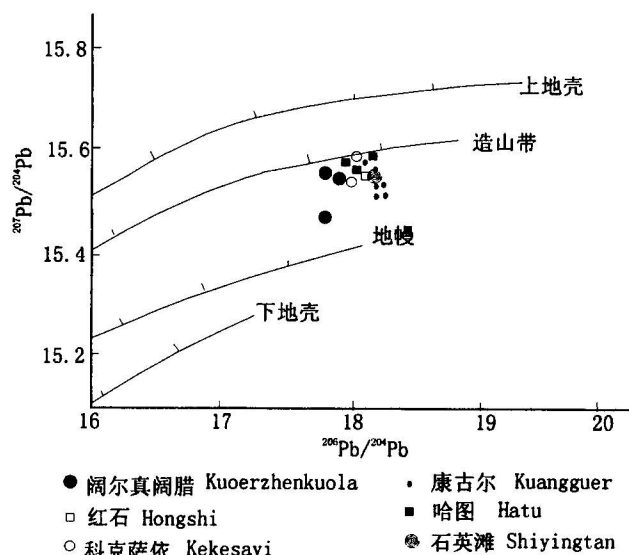


图5 新疆准噶尔地区部分金矿床铅构造模式投影
Fig. 5 Lead isotope ratio plot showing geotectonic environment of the source of some gold deposits in Junggar area, Xinjiang

原图及其中康古尔金矿资料引自张连昌(2000);
其余源自本文

Original fig. and the data of Kangguer gold deposit from Zhang Lianchang et al. (2000), others are this paper

3.3 近矿围岩及主矿体石英流体包裹体中 CO_2 、 CH_4 气体的碳同位素

王志良等(2004)研究了康古尔金矿床的矿体及地层中碳酸盐的碳同位素,认为康古尔金矿晚期碳

表3 金矿床铅同位素分析结果

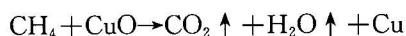
Table 3 Lead isotope data of gold deposit

金矿床	样品号	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$		$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	
		测值	$2\sigma(\%)$	测值	$2\sigma(\%)$	测值	$2\sigma(\%)$
可克萨依	K2714-1	17.9850	0.008	15.5515	0.009	37.9113	0.011
可克萨依	K2714-4	18.0016	0.009	15.5019	0.009	37.7521	0.009
红石	H3909-10	18.2346	0.007	15.5938	0.008	38.1884	0.008
哈图	H020701-23	17.9703	0.009	15.5382	0.009	37.9580	0.009
哈图	H020701-A	18.0139	0.007	15.5565	0.008	38.0949	0.009
哈图	H020702-22	17.9292	0.007	15.5101	0.009	37.8586	0.007
石英滩	SH3909-8	18.0822	0.012	15.5048	0.015	37.8521	0.02

注: $2\sigma(\%)$ 为测量误差;中国科学院地质与地球物理研究所固体资源重点实验室同位素实验室测定;仪器型号: MAT262;分析人: 王秀丽。

酸盐脉的形成与地幔流体有密切关系,与地层无关。毛景文等(2001)研究胶东地区金矿及东坪金矿时,均发现了大量含 CO_2 包裹体,这些金矿床中 CO_2 基本被作者认为来自地幔流体。

本次研究中首次测定了近矿体围岩全岩及矿体石英包裹体中 CO_2 、 CH_4 中碳同位素。石英包裹体 CO_2 中 C 同位素测定方法是:挑选20~60目纯净石英单矿物,用10%的稀盐酸浸泡24 h,用纯净水清洗7d,在低于80℃的烘箱中烘干。于600℃温度下爆裂包裹体,并提取其中 CO_2 气体。包裹体 CH_4 气体的提取可以与 CO_2 气体以同一份样品同时进行,将600℃温度下爆裂出来的包裹体内混合气体置于-196℃液氮冷阱中(其中包括 CO_2 、 SO_2 等,另外处理,用以提取其中纯 CO_2),将分离出来的 CH_4 、氮、氦等气体导入氧化铜炉中,在800℃高温下,使 CH_4 完全与氧化铜反应,生成 CO_2 、 H_2O 等,除去水,得到纯净的 CO_2 ,其化学反应式如下:



纯净的 CO_2 气体的碳同位素分析在 MAT253 质谱仪上完成,实验结果引用国际 PDB 标准 $\delta^{13}\text{C}$ 表示,分析精度优于 $\pm 0.2\%$ 。测定结果列于表4。

表4中康古尔金矿床矿石石英中流体包裹体气

表4 金矿床主矿体围岩及主矿体石英包裹体 CO_2 、 CH_4 气相中碳同位素分析

Table 4 The carbon isotope of CO_2 and CH_4 gas from quartz inclusions and transformation wallrocks in some gold deposits

矿床	样品号	样品描述	围岩全岩 $\delta^{13}\text{C}(\%)$	CO_2 中 $\delta^{13}\text{C}(\%)$	CH_4 中 $\delta^{13}\text{C}(\%)$
科克萨依	K2714-10	矿体石英		-15.925	-32.49
	K2714-7	矿体石英			-32.93
	K2714-1	矿体石英		-3.36	-30.27
	K2714-3	灰白色糜棱岩围岩黄铁矿化、绢云母化	-11.31		
	K2714-13	灰绿色糜棱岩围岩黄铁矿化	-22.08		
	K2714-12	灰绿色糜棱岩围岩黄铁矿化	-3.112		
康古尔	K3909-4	矿体石英		-25.94	
	K3909-9	灰绿色糜棱岩围岩黄铁矿化	-3.196		
	K3909-3	灰绿色糜棱岩围岩	-7.93		
	K3909-5	灰绿色糜棱岩围岩黄铁矿化、硅化	-9.21		
	K3909-3	矿体石英		-12.26	-29.07
	K3909-2	矿体石英		-11.57	-28.76
	K3909-1	矿体石英		-10.12	-28.16
红石	H3909-9	矿体石英		-5.17	
	H3909-8	灰绿色糜棱岩围岩	-5.87		
	H3909-15	灰黑色糜棱岩围岩	-6.28		
	H3909-10	矿体石英		-6.75	
	H3909-2	石英		-5.82	-23.98
	H3909-11	石英		-5.78	-23.79

注:中国科学院地质与地球物理研究所固体资源重点实验室同位素实验室测定;数据均为相对国际标准 PDB 之值;仪器型号:MAT253。

相 CO_2 的 $\delta^{13}\text{C}$ 为 -10% ~ -25.94% ,科克萨依金矿石英包裹体 CO_2 中 $\delta^{13}\text{C}$ 也出现 -15.925% 的低值。据戴金星等(1994), $\delta^{13}\text{C}$ 值低于 -8% ~ -10% 为有机碳,高于 -10% 为无机碳,其他人的研究均有类似结论(张理刚,1985)。戴金星等(1994)研究还认为 $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$ 小于 -30% 时, CH_4 主要是有机成因的, $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$ 值在 -20% ~ -30% 之间,认为是有机与无机混合的 CH_4 气体,大于 -20% 则是无机成因的。本区韧性剪切带型金矿床矿体石英包裹体 CO_2 的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ 值多 $< -10\%$; $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$ 值在 -20% ~ -30% 之间,少量数据 $< -30\%$ 。经综合分析,我们认为本区韧性剪切带型金矿床围岩中有机质的碳及包裹体气相中碳主要应是混合碳。部分矿床(如红石金矿)、围岩及包裹体 CO_2 、 CH_4 中碳同位素值相对较高,接近于深源碳的值,有机碳混合的踪迹较少,这可能由于红石金矿围岩中有海相碳酸岩沉积,它的碳进入成矿流体并与流体中深源碳及有机碳混合引起碳的同位素值升高。

近矿体围岩(糜棱岩及热液蚀变)中碳与矿体石英包裹体气相中碳同位素基本类似,多为有机碳,显示了它们与矿体同样受到成矿流体中有机碳的作用。

庄汉平等(1996)认为有机碳对金矿床金的迁移、富集成矿有重要作用。本区韧性剪切带型金矿石英包裹体中出现的有机碳,反映了金成矿过程中年轻沉积地层中有机碳参与了金的运移、富集及沉淀成矿。杨前进等(1998)测定的康古尔金矿方解石 $\delta^{13}\text{C}$ 为 -4.4% ,张连昌等(2000)测定的康古尔金矿方解石 $\delta^{13}\text{C}$ 为 -5% 及王志良等(2004)测定晚期碳酸盐脉的 $\delta^{13}\text{C}$ 为 -4% ~ -5% ,与深源无机碳(-5% 左右)组成相近,他们均认为碳为深源。笔者的数据一方面表明成矿过程中存在深源碳,同时也意味着本区年轻的碳质围岩中有机碳对深源金的运移、富集、卸载起主要作用。这两种不同来源的碳,即深源流体碳及碳质围岩中有机

碳对金的迁移与成矿均起着重要作用。

4 讨论与结论

4.1 成矿流体中硫、铅、碳同位素的讨论

典型金矿床中硫、铅及部分碳为深源,暗示了金成矿物质的地幔来源,与本区韧性剪切带的形成与深大断裂密切相关是一致的,这些深大断裂是金等成矿物质上涌的重要通道。结合本次测定的碳同位素既有有机碳,也有幔源碳的事实,推测本区韧性剪切带型金矿床成矿机理是,较年轻的碳质沉积地层,如康古尔金矿床出露的下石炭统雅满苏组火山岩夹碎屑岩、沉积岩及干墩组浊积岩地层等,其中含有大量有机生物,这些有机质形成的 CO_2 进入变质水及循环地下水,与沿深大断裂上升的深源流体中携带的金在 $>200^\circ\text{C}$ 的高温下形成稳定的组合(庄汉平等,1996),在流体中运移并萃取地层中的有用组分,使金不断富集。当流体运移到较开放的空间时,随着温度下降,金与 CO_2 相分离,并在剪切带的或张性张性扭裂隙中沉淀,形成本区后碰撞成矿系统中韧性剪切带型金矿床。当然,可能也存在幔源碳与金组迁移、沉淀成矿,形成不同期次金的叠加、富集。

因此,本区韧性剪切带型金矿成矿物质来源是深源的,年轻碳质沉积地层中有机碳(或混合碳)对金的迁移与沉淀成矿起重要作用,这与国内著名胶东金矿带及东坪等金矿中产于韧性剪切带金矿床的硫、铅、碳同位素均存在较大差异,是本区特定的后碰撞构造地质背景的反映和对金成矿的制约。

4.2 流体包裹体镜下及成分特征的讨论

金矿床流体包裹体的镜下特征显示了金成矿经历了构造挤压改造作用。流体中 CO_2 组分较高, CO_2 参与了金的成矿作用。成矿流体为低盐度,基本没有沸腾现象。流体类型以 $\text{Na}^+-\text{Ca}^{2+}-\text{Cl}^-$ 型为主。包裹体水主要为变质水,不同程度的混合有雨水及岩浆水,反映了变质流体活动与该类金矿床成矿关系密切。

4.3 流体包裹体均一温度及爆裂温度的讨论

产于康古尔塔格成矿带的康古尔、红石金矿成矿流体为多期次流体叠加成矿,成矿温度范围宽,低温流体强烈叠加,矿体石英的爆裂曲线出现 $\alpha-\beta$ 转变峰,表明其成矿有深源岩浆流体的加入,这有利于金和其他矿种的叠加。目前上述两金矿床中已经发现了铜及铅锌矿脉,有一定的多金属找矿远景,也为该类型金矿的找矿提供了新的思路。位于额尔齐斯

成矿带内的科克萨依金矿石英爆裂曲线无 $\alpha-\beta$ 转变峰,成矿期次少,成矿主要与变质流体及天水有关。

总之,在准噶尔—东天山地区后碰撞构造地质背景下,在构造挤压与伸展作用中形成的韧性剪切带型金矿床成矿与深大断裂密切相关,成矿物质源于深源,与深源流体有关,与碳质围岩层的变质改造有关,与变质流体有关,与侵入岩浆热液和地下水的加入有关。在上述因素不同程度的共同作用下,形成本区韧性剪切带型金矿床。其中年轻的碳质围岩中碳(有机碳)对深部来源的金运移、富集与沉淀起着重要作用。深成岩浆热液的叠加有利于多金属矿种的叠加成矿。康古尔及红石金矿可能有较好的多金属成矿远景。

致谢: 工作中得到储雪蕾研究员、张福松教授及姜能副研究员的帮助,在此致以诚挚的谢意。

参 考 文 献 / References

- 戴金星,戴春森,宋岩,洪峰.1994.中国东部无机成因的二氧化碳气藏及其特征.中国海上油气(地质),8(4):215~222.
- 江思宏,聂凤军.1998.河北小营盘与东坪金矿地质地球化学特征对比及矿床成因探讨.黄金地质,4(4):12~24.
- 刘建明,叶杰,徐九华,等.2003.胶东金矿床碳酸盐矿物的碳-氧和铈-钕同位素地球化学研究.岩石学报,19(4):775~784.
- 卢焕章,李秉伦,沈昆,等.1985.包裹体地球化学.北京:地质出版社,153~155.
- 毛景文,李荫清.2001.河北省东坪锡化物金矿床流体包裹体.矿床地质,20(1):23~36.申萍,沈远超,刘铁兵,李光明,曾庆栋.2004.新疆阔尔真阔腊金矿床成矿流体包裹体研究.岩石学报,20(4):969~976.
- 王京彬,李博泉,张积斌,等.1999.额尔齐斯聚带金铜成矿条件及找矿预测.北京:冶金工业出版社,1~149.
- 王军升,邓吉牛.1999.科克萨依金矿地质特征及矿床成因分析.有色金属矿产与勘查,8(6):530~535.
- 王莉娟,王京彬,王玉往,朱和平,曲丽丽.2004.新疆准噶尔地区金矿床成矿流体稀土元素地球化学特征.岩石学报,20(4):977~987.
- 王志良,毛景文,吴淦国,杨建明,韩春明,马天林,张作衡.2004.东天山康古尔金矿成矿晚阶段地幔流体参与成矿作用的碳氢氧同位素证据.地质学报,78(2):195~202.
- 谢奕汉,范宏瑞.2001.矿物包裹体的成因学标型意义.现代地质,15(2):202~204.
- 杨前进,丰成友,姬金生.1998.东天山康古尔金矿床的同位素地球化学特征及成因讨论.地质地球化学,26(4):9~14.
- 张连昌,姬金生,李华芹,沈远超.2000.东天山康古尔金矿床成矿流体地球化学特征及流体来源.岩石学报,16(4):535~541.
- 张理刚.1985.稳定同位素在地质科学中的应用.西安:陕西科学技术出版社,1~22.
- 庄汉平,卢家烂.1996.与有机质有成因联系的金属矿床.地质地球化学,4(4):6~11.
- Dai Jinxing, Dai Chunsen, Song Yan, Hong Feng. 1994. Inorganic genetic carbon dioxide gas accumulations and their characteristics in east part of China. China Offshore Oil and Gas (Geology), 8(4): 215~222 (in Chinese with English abstract).

- De Ronde C E J, Faure K, Bray C J, et al. 2000. Round Hill shear zone-hosted gold deposit, Macraes flat, Otago, New Zealand: evidence of a magmatic ore fluid. 95:1025~1048.
- Gao Huaizhong, Sun Huashan, Zhang Wangsheng. 2000. Study of genetic relationship between dikes and gold orebodies in Kubusu gold deposit in east Junggar. *Acta Petrologica Sinica*, 16(4):595~601 (in Chinese with English abstract).
- Jiang Sihong, Nie Fengjun. 1998. A comparison study of geological and geochemical features and ore genesis of the Xiaoyingpan Dongping Gold Deposits, Hebei. *Gold Geology*, 4(4):12~24 (in Chinese with English abstract).
- Fan Hongrui, Zhai Mingguo, Xie Yihan, Yang Jinhui. 2003. Ore-forming fluids associated with granite-hosted gold mineralization at the Sanshadao deposit, Jiaodong gold province, China. *Mineralium Deposita*, 38:739~750.
- Liu J M, Ye J, Sun J G. 2003. C-O and Sr-Nd isotopic geochemistry of carbonate minerals from gold deposits in East Shandong, China. *Acta Petrologica Sinica*, 19(4):775~784 (in Chinese with English abstract).
- Lu Huanzhang, Li Binglun, Shen Kun. 1985. Geochemistry of fluid inclusions. Beijing: Geological Publishing House, 153~155.
- Mao Jingwen, Li Yinqing. 2001. Fluid inclusions of the Dongping gold telluride deposit in Hebei Province, China: involvement of mantle fluid in metallogenesis. *Mineral Deposits*, 20(1):23~36 (in Chinese with English abstract).
- Shen P, Shen Y C, Liu T B, Li G M, Zeng Q D. 2004. Ore-forming fluid inclusions of Kuozhenkuola gold deposit, Xinjiang. *Acta Petrologica Sinica*, 20(4):969~976 (in Chinese with English abstract).
- Wang Jingbin, Li Boquan, Zhang Jibin, et al. 1999. Metallogenesis and prognosis of gold and copper deposits in Ertis metallogenic belt, Xinjiang. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1~149 (in Chinese).
- Wang Jingbin, Wang Yuwang, Wang Lijuan. 2004. The Junggar immature continental crust province and its mineralization. *Acta Geologica Sinica* (English edition), 78(2):337~344.
- Wang Lijuan, Wang Jingbin, Wang Yuwang, Zhu Heping, Qu Lili. 2004. The geochemistry of lanthanon of ore-forming fluid from gold deposits in Junggar area in Xinjiang. *Acta Petrologica Sinica*, 20(4):977~987 (in Chinese with English abstract).
- Wang Zhiliang, Mao Jingwen, Wu Ganguo, Yang Jianmin, Han Chunming, Ma Tianlin, Zhang Zuoheng. 2004. C, O and H isotopic evidences for mantle fluids involved in the late ore-forming stage of the Kanggur gold deposit in eastern Tianshan Mountains, *Acta Geologica Sinica*, 78(2):195~202 (in Chinese with English abstract).
- Xie Yihan, Fan Hongrui. 2002. Minerageny typomorphic of fluid inclusions. *Geoscience*, 15(2):202~204 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Lianchang, Ji Jinsheng, Li Huaqin, Shen Yuanchao. 2000. Geochemical characteristics and source of two-type ore-forming fluids in Kanggultage gold ore belt, east Tianshan. *Acta Petrologica Sinica*, 16(4):535~541 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Lianchang, Shen Yuanchao, Ji Jinsheng. 2003. Characteristics and genesis of Kanggur distribution and chronology. *Ore Geology Reviews*, 23:71~90.
- Zhang Ligang. 1985. Geological Appliance for the Stable Isotope. Shaanxi Science and Technology Publishing House (in Chinese with English abstract).

Ore-forming Fluids and Carbon, Sulphur and Lead Isotope Studied on Ductile-Shear-Zone-type Gold Deposits in Junggar—East Tianshan Mts. Area, Xinjiang

WANG Lijuan^{1,2)}, WANG Jingbin^{1,2)}, WANG Yuwang^{1,2)}, ZHU Heping²⁾

1) *Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing, 100012*

2) *Key Laboratory of Mineral Resources, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029*

Abstract

The ductile-shear-zone-type gold deposit is one of important types of gold deposits in Junggar—East Tianshan Mts. area, Xinjiang Autonomous Region. In this paper, we report detailed homogenization temperature, decrepitated temperature and compositional analyses on fluid inclusion, sulphur and lead isotope analyses as well as carbon isotope analyses of CO₂ in quartz from both ore and wallrocks of three typical gold deposits (i. e., Kekesayi, Kanggur and Hongshi). The results indicate that sulphur, lead and a part of carbon are deeply derived, implying a mantle source for gold. A part of carbon isotope of CO₂ in quartz from ore and wallrocks have organic feature, reflecting involvement of organic carbon from young carbonic sedimentary strata in gold mineralization. The preliminary studies indicate that gold in ductile-shear-zone-type deposits in Junggar area is deeply derived during structural compression and extension under post-collision geological setting. Gold mineralization is mainly related to metamorphism. The ductile-shear-zone-type gold deposits in the area are characterized by involvement of organic carbon from carbonic sedimentary strata in the gold mineralization and varying degrees of mixing between magmatic and meteoric waters

Key words: ductile-shear-zone-type gold deposits; ore-fluid; carbon, sulphur, lead isotope evidences; Junggar-East Tianshan Mts. area; Xinjiang