维普资讯 http://www.cqvip.com

第36卷 第2期
2003年（总145期）

西 北 地 质
NORTHWESTERN GEOLOGY

Vol. 36 No. 2
2003 (Sum 145)

文章编号：1009-6248（2003）02-0043-07

新疆和静县大山口金矿床成矿流体地球化学特征研究

鲍庆中[1,2]，王宏[1,2]，沙德铭[1,2]，胡秀军[3]

（1. 东北大学资源与土木工程学院，辽宁 沈阳 110004；2. 沈阳地质矿产研究所，辽宁 沈阳 110033；
3. 新疆地质勘查局第三地质大队，新疆 库尔勒 841000）

摘 要：新疆和静县大山口金矿床成矿流体地球化学特征为：成矿流体属 K^+-Na^+-SO_4^{2-}-Cl^--CO_2 型；具有低盐度和低密度特点；成矿温度：早期为219 °C，主成矿期为298.28 °C。成矿热液具有以岩浆热液为主的特点。该金矿属于受控于韧性剪切带内的以岩浆热液为主的贫硫化物型金矿床。

关键词：大山口金矿；成矿流体；地球化学特征；新疆

中图分类号：P611 **文献标识码**：A

1 矿床地质概况

大山口金矿是到目前为止在新疆西天山南段地区发现的唯一一个达到小型规模的穆龙套型金矿床[1]。矿床产于南天山北缘那拉提—乌瓦门逆冲推覆俯冲带内的大山口—萨恨托亥韧性剪切带内，是大山口金矿床的直接控矿构造。该金矿床的发现对于总结该区金矿床的形成条件和指导找矿具有重要的意义。

大山口矿区出露地层主要为下泥盆统大山口组（图1），呈NWW向带状展布，为一套细碎屑岩和含炭细碎屑岩建造，具不完整的鲍玛序列，主要岩性为绿泥石化-绢云母化粉细砂岩与含炭泥质粉砂岩及含炭泥岩互层组成，其中以绿泥石绢云母化细砂岩为主。它们属于海盆边缘（浊流）沉积，厚度大于980 m。在大山口金矿及周边地区，分布有1∶5万含金重砂异常和1∶50万金化探异常，构成了大山口金成矿远景。

区域构造线总体走向呈北西西。总体构造格架是大山口—萨恨托亥复式褶皱南部的大山口复式背斜构造南翼分布的大山口韧性剪切带，由于该韧性剪切带的强烈改造，背斜南翼已经不十分清晰，但通过区域地层分布仍可判别它的存在。大山口韧性剪切带走向北西西，长度大于60 km，大山口金矿就产在该韧性剪带的东段。矿区内韧性剪切带出露长度1.7 km，宽2～3 km，其北侧和东西两端被第三系覆盖。剪切带内岩石糜棱岩化发育。金矿化严格受控于韧性剪切带内。在其西延部分亦发现有金矿化点线索。

矿区内侵入岩有华力西期闪长玢岩、英安斑岩、石英脉等侵入于大山口组中。闪长玢岩较大者有5条，脉长100～350 m，宽225～60 m，呈灰绿色脉状、透镜状产出，在平面上呈串珠状排列，与区域构造线展布方向一致。英安斑岩脉有2条，分别长350 m和900 m，平均宽55 m和35 m，产状近直立，呈黄绿色脉状、透镜状产出。受韧性剪切作用的强烈作用，闪长玢岩和英安斑岩脉糜棱面理发育，斑岩具明显的眼球状构造。这些脉岩与金矿化关系十

收稿日期：2003-01-05；**修回日期**：2003-04-29

基金项目：新疆西天山地区综合找矿评价项目部分研究成果

作者简介：鲍庆中（1964-），男，山东聊城人，副研究员，东北大学2001级博士生，区域成矿学专业。

维普资讯 http://www.cqvip.com

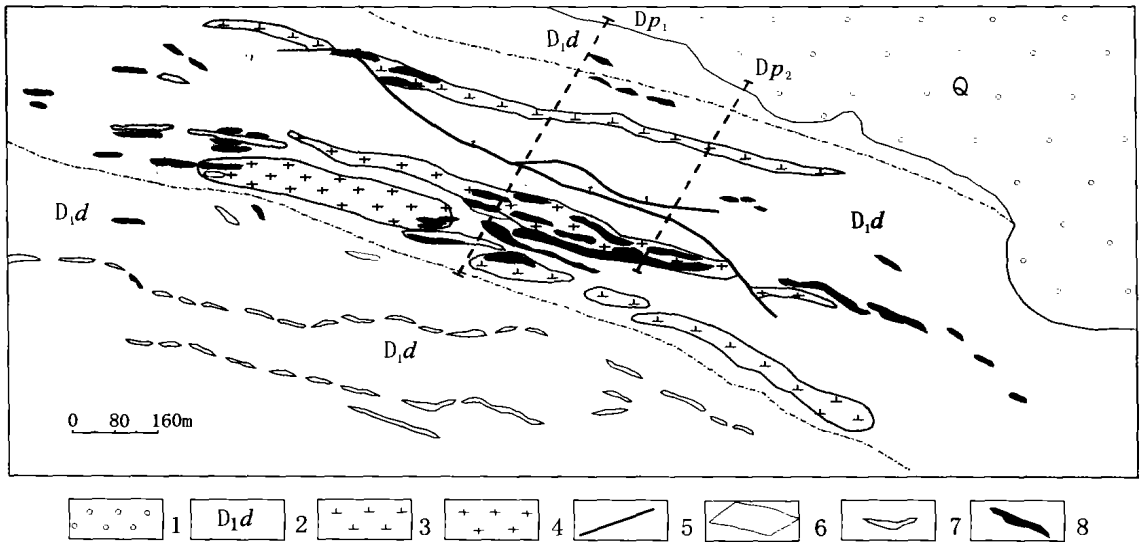


图 1 大山口金矿床地质图

Fig. 1 Geologic map of Dashankou Gold Deposit

1. 第四系松散沉积物；2. 下泥盆统大山口组；3. 华力西晚期闪长玢岩；4. 华力西晚期英安斑岩；5. 断裂；6. 强韧性剪切带范围（空白部分发为弱片理化带）；7. 石英脉；8. 金矿体

分密切，矿体主要产在英安斑岩、闪长玢岩体及其内外接触带和（含炭）细碎屑岩内。

金矿矿体单个形态以脉状为主，沿走向和倾向尖灭再现现象强烈，规模一般不大。大者长 80～241 m，平均厚 0.98～2.41 m，已经圈定 5 个矿体。矿体总体走向 100°～130°，总体倾向 190°～220°，倾角较陡，达 85°以上。矿体走向与韧性剪切带的总体走向一致，受控关系明显。

大山口金矿矿区石英脉发育，与金矿化关系密切，依其穿插关系，大山口金矿床成矿作用可分为 3 期（图 2）。

第一期石英脉，呈 NE 向、NNE 向及 NW 向产出，规模相对较大，脉宽一般 0.1～1.0 m，延伸 5～10 m，部分 10～50 m，它们一般斜交剪切片理，由于受到剪切作用的改造而呈透镜状、杆状，并褶皱成肠状褶曲，尖灭再现现象普遍。这些石英脉部分斜切剪切片理，部分被改造成平行剪切片理，主要矿物为石英，占 98%以上，可见极少量的黄铁矿、黄铜矿、铁白云石。该期石英脉含金，但品位很低。

第二期石英脉，在矿区最为发育，与韧性剪切带的展布方向一致，该期石英脉产出形式主要为平行剪切带，剪切面理密集分布的细脉状-网脉状石英脉群，单个石英脉的宽度一般 2～5 cm，两条细石英脉间隔 2～5 cm，主要矿物为石英，达 95%以上，可见少量黄铁矿、铁白云石、方解石、褐铁矿等。第二期石英脉与受到再次叠加改造的第一期石英脉构成了大山口金矿床最重要的含金脉体。

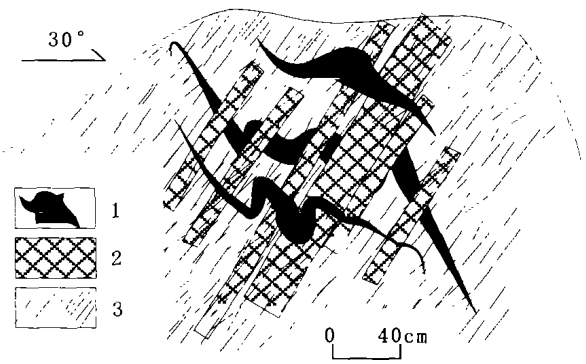


图 2 第一期和第二期含金石英脉交切关系素描图

Fig. 1 Sketch map of intersected relationship of No. 1 and No. 2 epoch auriferous quartz vein

1. 第一期石英脉；2. 第二期含金石英脉；3. 剪劈理

第三期石英脉，为碳酸盐石英脉，宽度一般 3～20 cm，延长数十米，该期石英脉产状较为平缓，切割了剪切面理及早期石英脉，为成矿后期产物，不含金，只见到少量的黄铁矿化现象。与金矿有关的

维普资讯 http://www.cqvip.com

蚀变主要有硅化、绢云母化、黄铁矿化、高岭土化和碳酸盐化。

2 流体包裹体地球化学特征

流体包裹体是矿物形成时被捕获的成矿介质(溶液或熔体),它可以反映成矿介质的本质特征。因此，研究包裹体可以为成岩成矿作用的物理化学条件（温度、压力、介质组分及浓度等）、形成机理及成因等提供比较直观和有用的信息[2]。

本文研究工作的样品主要取自大山口金矿床，部分数据来自于与大山口金矿床产出于同一条韧性剪切带内的萨恨托亥金矿。

2.1 包裹体特征、成矿温度及相关参数

大山口金矿含金石英脉流体包裹体呈椭圆形、长条形和不规则状，大小一般 10～15μm，有的可达 15～20 μm，其中，以气液包裹体为主，气液比一般 5%～20%，但多集中于 10%～15 μm。可见较多的含 CO_2 三相包裹体及少量纯 CO_2 包裹体。含 CO_2 三相包裹体 V_{CO_2} 一般为 20%～30%，少数达 40%。纯 CO_2 包裹体一般个体较小，为 5～8 μm。由于个别包裹体气液比较大，达 40～50 μm，属于异常包裹体，在计算过程中予以剔除。

大山口金矿床流体包裹体均一温度、盐度等参数如表 1、表 2 所示。由表中可知，第一期含金石英脉石英流体包裹体均一温度 Th 变化范围为 140～310 °C，平均 219.92 °C；第二期含金石英脉石英流体包裹体均一温度变化范围为 190～390 °C，平均为 298.28 °C（图 3）。

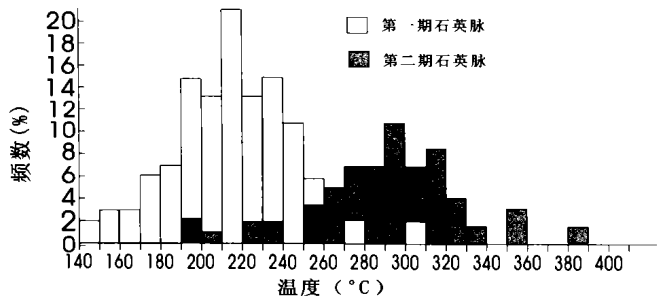


图 3 大山口金矿床流体包裹体均一温度直方图

Fig. 3 Histogram of homogeneous temperature of fluid inclusion of Dashankou gold deposit

根据大山口金矿床 26 号脉不同深度气液两相包裹体的均一温度测试结果，从地表向下到 80 m 中段，均一温度具有逐渐增高的趋势（图 4）。这一现象可能说明了 26 号脉在近地表已经是金矿体的头部部位，而 80 m 中段相当于该金矿体的中部膨大部位。成矿流体具低盐度（<10%，w_{NaCl}%），低密度特点（<1g/cm³）。成矿压力介于（22.14～27.98）×10⁵Pa（表 2）。

表 1 大山口金矿床各类石英脉流体包裹体均一温度、冰点温度

Tab. 1 The homogeneous temperature and ice point of fluid inclusion of Dashankou gold deposit

期次	样品位置	测试包体个数	大小 (μm)	气液比 (%)	T_i (°C)	T_h 范围 (°C)	T_h (°C)
第一期石英脉	地表	64	8～20	10～20	−4.4	140～310	219.92
第二期石英脉	26 号脉	120	4～20	5～20	4.85	190～390	298.28

注：T_h（°C）为流体包裹体平均均一温度，T_i 为冰点温度。样品由吉林大学地球科学学院包裹体测试中心测试。

表 2 大山口金矿床盐度、密度、压力测试分析结果

The saltinity, density and pressure of fluid inclusion of Dashankou gold deposit

期次	样品位置	盐度 1(w_{NaCl}%)	密度 (g/cm³)	均一压力 (×10⁵Pa)
第一期石英脉	地表	7.011	0.902	22.14
第二期石英脉	26 号脉	7.644	0.802	27.98

注：流体包裹体盐度、密度和均一压力的计算均采用刘斌等(1999，2000)[3,4]的公式进行计算。

2.2 流体包裹体成分特征

流体包裹体成分如表 3。从表中可知，流体包裹体的液相成分以 Na^+、Cl^- 和 SO_4^{2-} 为主，Na^+/K^+ 为 16.172～196.90（萨恨托亥矿区比值较小，为 1.517～4.398），F^-/Cl^- 为 0.005～0.121；气相成分以 H_2O、CO_2 为主，含少量 CH_4、C_2H_6、N_2，流体属 Cl^--SO_4^{2-}-Na^+-K^+-CO_2 型。

Roadder（1996）研究认为：当 $Na^+/K^+<2$，$Na^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})>4$ 时，为典型岩浆热液；当 $Na^+/K^+>10$，$Na^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})<1.5$ 时，为典型热卤水。由此可见，大山口金矿床和萨恨托亥金矿床，无论是一期石英脉，还是二期石英脉，因其 Ca^{2+}、Mg^{2+} 成分很微量，其成矿流体成分 $Na^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ 均较大。据王立本等（2000），大山口金矿床和萨恨托亥金矿的 $Na^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ 介

维普资讯 http://www.cqvip.com

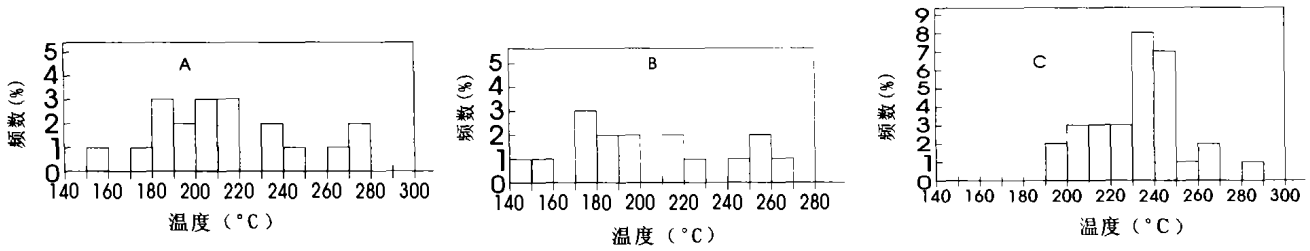


图 4 大山口金矿 26 号脉不同深度第一期流体包裹体均一温度对比直方图

Fig. 4 The homogenesus temperature Histogram of fluid inclusion in different depth of No. 26 quartz vein of Dashankou

A. 26 号脉地表；B. 26 号脉 40 m 中段；C. 26 号脉 80 m 中段

表 3 大山口金矿床石英流体包裹体成分

Tab. 3 The chemical composition of the fluid inclusion of Dashankou gold deposit

矿区	样品	石英脉期次	液相成分（×10⁻⁶）						
			K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	F^-	Cl^-	SO_4^{2-}
萨恨	Ps1T7-1	二期石英脉	7.569	11.481	痕量	痕量	0.333	13.104	3.048
托亥	Ps1b2-2	二期石英脉	1.365	6.003	痕量	痕量	0.179	3.020	1.684
大山口	B338-1	二期石英脉	0.326	15.420	痕量	0.373	0.306	5.253	3.955
	B338-2	二期石英脉	0.541	8.749	痕量	痕量	0.052	2.587	0.690
	Dp2B2-7	一期石英脉	0.304	10.540	痕量	痕量	0.693	10.521	2.732
	Dp2b6-2	一期石英脉	0.051	10.042	痕量	痕量	0.020	8.034	1.951

样品		气相成分（×10⁻⁶）							
		H_2O	CO_2	CH_4	CO	C_2H_6	H_2S	N_2	O_2
萨恨	Ps1t7-1	83.7	11.851	1.073	0	0.441	0.043	2.222	0.355
托亥	Ps1b2-2	49.596	43.115	0.249	0	0.512	0.018	6.087	0.256
大山口	DP2B2-7	96.514	2.383	0.142	0.188	0.162	0.012	0.411	0.149
	B338-1	96.47	2.377	0.139	0.211	0.198	0.016	0.403	0.129
	B338-2	97.282	2.159	0.102	0	0.067	0.011	0.211	0.135
	dp2b6-2	97.504	1.379	0.202	0.212	0.132	0.004	0.345	0.165

矿区	样品	石英脉期次	特征参数							
			Σ阴离子	Σ阳离子	CO_2/CH_4	R	K^+/Na^+	F^-/Cl^-	SO_4^{2-}/F^-	Na^+/K^+
萨恨	Ps1T7-1	二期石英脉	0.424	0.693	11.045	0.0911	0.659	0.047	1.812	1.517
托亥	Ps1b2-2	二期石英脉	0.113	0.296	173.15	0.0065	0.227	0.109	1.862	4.398
大山口	B338-1	二期石英脉	0.207	0.679	17.101	0.147	0.021	0.107	2.558	47.301
	B338-2	二期石英脉	0.084	0.394	21.167	0.047	0.062	0.037	2.626	16.172
	Dp2B2-7	一期石英脉	0.366	0.466	16.782	0.138	0.029	0.121	0.780	34.671
	Dp2b6-2	一期石英脉	0.251	0.438	6.827	0.300	0.005	0.005	19.307	196.90

于 5.339～17.157，为典型岩浆热液特征。而 Na^+/K^+ 则不同，一期石英脉比值为 34.671～196.90，均大于 10，说明早期成矿热液应主要为混合热液性质；第二期石英脉 Na^+/K^+ 相对于第一期石英脉明显减小（大山口金矿床为 16.172～47.301，萨恨托亥金矿床为 1.517～4.398），反映了成矿热液与第一期相比明显加入了岩浆热液成分。

2.3 流体包裹体稳定同位素特征

2.3.1 碳、氢、氧同位素

碳、氢、氧同位素测试结果如表 4，由表中可知：矿石中石英流体包裹体氢同位素组成集中在－48‰～－108‰，位于大气降水、沉积岩和花岗质岩石同位素区间内；氧同位素组成集中在 4.92‰～10.90‰，同样落入上述区间内。将氢氧同位素组成投影在 δD-$\delta^{18}O_{H_2O}$ 图解上（图 5），投影点分别落入岩浆水范围内及其附近，说明成矿流体为一种以岩浆水为主的混合水。

维普资讯 http://www.cqvip.com

已知生物成因的有机化合物 $\delta^{13}C$ 为－25‰，海相石灰岩的 $\delta^{13}C$ 接近于零，深成或地壳来源的的 $\delta^{13}C$值约为－7‰（栾世伟等，1987）。大山口金矿床石英脉碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 为－0.7‰～－3.4‰，说明成矿流体中的碳可能以矿区地层中的碳为主，并混入了一定的深源（岩浆岩源）的碳。

2.3.2　硫同位素

大山口—萨恨托亥金矿硫同位素测试结果如表 5。

表 4　大山口含金石英脉流体包裹体碳、氢、氧同位素组成

Tab. 4　The H-O isotope composition of gold-bearing quartz fluid inclusion of Dashankou gold deposit

样品号	测试矿物	矿　区	$\delta^{18}O_{V-SMOW}$‰	$\delta^{18}O_{H_2O}$‰	δD_{SMOW}‰	$\delta^{13}C_{PDB}$‰
B338-1	石英	大山口	17.7	5.75	－71	－
B338-2	石英		17.5	6.26	－108	－1.9
Dp2B2-7	石英		16.9	7.61	－64	－0.7
DP2B6-2	石英		16.8	7.56	－48	
B363	石英	大山口 26 号脉	16.3	4.96	－61	
B363-2	石英		16.7	5.93	－64	
B363-3	石英		16.9	7.09	－69	
B363-4	石英		16.2	4.92	－69	
PS1B2-2	石英		18.6	10.90	－70	－3.4

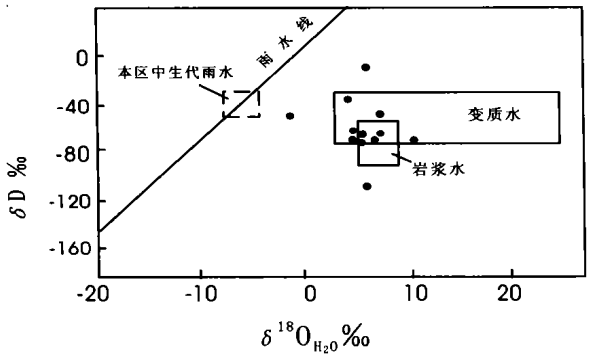


图 5　大山口金矿床成矿流体 δD-δ¹⁸O 同位素组成

Fig. 5　The H-O isotope composition of ore-fluid of Dashankou gold deposit

一般认为：上地幔是地壳中硫的各种化合物的发源地。在地壳中存在两种硫：①从上地幔带来的原生硫，其同位素组成与陨石硫同位素组成一致或相近，未发生明显的同位素分馏作用，均一化程度高，其偏离陨石值一般不超过±10‰；②经过生物循环的硫，主要是海水硫酸岩和蒸发岩硫酸岩经过细菌还原过程而生成的生物成因硫化氢和硫化物中的硫，其 $\delta^{34}S$ 变化范围很大，可以从＋10‰～－40‰。大山口矿区金矿石中黄铁矿 $\delta^{34}S$ 值变化在－0.4‰～2.9‰（表 5），变化范围很小，推测其来源与深部岩浆物质和沉积岩有关。萨恨托亥金矿区方铅矿的硫同位素组成为 2.05‰，矿石硫同位素组成为 3.64‰～5.54‰，糜棱岩系列岩石（矿化围岩）的硫同位素组成为 6.28‰～8.07‰。这种有规律的变化进一步说明了大山口—萨恨托亥金成矿亚带的硫同位素应主要来源于深部，可能与深部岩浆来源有关。深源硫在上升过程中与地层中的硫发生一定的同位素交换，但尚未达到完全的同位素均一平衡。大山口金矿床黄铁矿的硫同位素基本接近于零，可能与该区出露较多的中酸性脉岩有关，硫同位素运移距离相对较近，尚未发生明显的硫同位素交换。

表 5　大山口—萨恨托亥金矿硫同位素测试结果

Tab. 5　The sulfur isotope composition of Dashankou-Sahentuohai gold deposit

样品号	测试对象	矿床	$\delta^{34}S_{V-CDT}$‰
B338－1	黄铁矿	大山口	2.9
B338－2	黄铁矿		2.9
B363-1	黄铁矿		2.7
Dsk3-1-4	黄铁矿*		1.3
W2	黄铁矿*		－0.4
B363-1	黄铁矿		2.7
W-23	方铅矿**	萨恨托亥	2.05
STCO-K1	矿石*		3.64
STC16-K1	矿石*		5.54
STC16-K2	矿石*		3.70
SB2-1	糜棱岩*		6.28
SDB1	初糜棱岩*		8.07

注：* 为王立本等 2000 年资料，** 为郑明华等 1996 年资料，其余为本文资料。

2.3.3　铅同位素

大山口及萨恨托亥金矿区铅同位素组成如表 6。

维普资讯 http://www.cqvip.com

由表 6 中可知，大山口及萨恨托亥金矿床铅同位素组成变化不大，投影点均落于一个点上，说明各个同位素值变化很小，基本属于正常铅。粗铅模式年龄（王立本等，2000年）为200Ma左右。在$^{206}Pb/^{204}Pb$-$^{207}Pb/^{204}Pb$图解中（图6），投影点靠近岛弧铅、造山带演化线，表明铅可能来源于上地壳，即铅为深部来源。

表 6 大山口金矿矿石铅同位素组成表

Table 5 The Pb isotope composition of gold ore of Dashankou gold deposit

矿 区	样 品	矿 物	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	μ	ω	φ	Th/U
大山口	Ds3-1*	矿石	18.097	15.643	38.243	9.04	35.47	0.612	3.86
	Ds3-2*	矿石	18.076	15.623	38.195	9.00	35.21	0.611	3.84
大山口	B338-1	黄铁矿	18.127	15.795	38.704				
	B338-2	黄铁矿	18.006	15.615	38.159				
	B363-1	黄铁矿	18.066	15.681	38.329				
萨恨托亥	W-23**	方铅矿	17.994	15.550	38.032	9.42	37.82	0.609	3.89

注：*为王立本等2000年资料，**为郑明华等1996年资料。

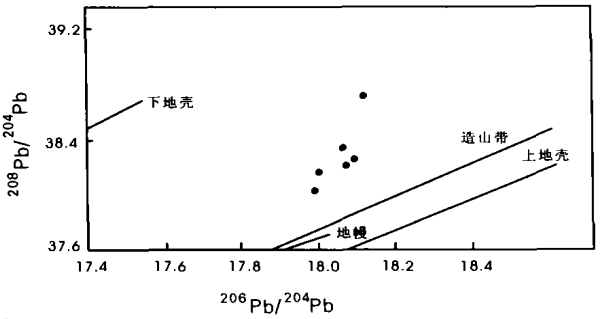


图 6 大山口金矿床$^{208}Pb/^{204}Pb$-$^{206}Pb/^{204}Pb$图解

Fig. 6 Diagram of $^{208}Pb/^{204}Pb$-$^{206}Pb/^{204}Pb$ of Dashankou gold deposit

3 结论

（1）从上面分析可以看出，大山口及萨恨托亥金矿成矿流体属 Na^+-K^+-Cl^--SO_4^{2-}-CO_2 型，$Cl^- \gg SO_4^{2-}$，金属阳离子以 Na^+、K^+ 为主，含少量的 Mg^{2+}、Ca^{2+}。$Na^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ 为 1.5～20，Na^+/K^+ 为 0.5～50，表明流体为以岩浆热液为主的多来源的混合流体；矿石流体包裹体氢、氧稳定同位素组成显示成矿介质水主要来源于深部岩浆活动；碳同位素组成表明其与岩浆活动有关；矿石铅同位素组成特点表明铅来自造山带和上地壳附近，为深成物源区的产物；矿石全岩和黄铁矿硫同位素组成表明成矿流体的硫为深部（岩浆）硫与少量围岩硫的混合物。上述各个方面均说明了成矿物质与岩浆活动的成因联系。

（2）金矿化作用严格限定于韧性剪切带内，韧性剪切带构造为金矿的形成提供了良好的成矿空间，与我国大多数受控于韧性剪切带内的金矿床非常相似。

（3）在大山口金矿区，韧性剪切带内中酸性侵入脉岩发育，它们均产出于韧性剪切带的强变形地带，并遭受了韧性剪切作用的强烈改造，属于同构造侵入产物。这些中酸性脉岩与金矿化关系密切，主要的金矿体均产出于这些脉岩内或其附近，这从宏观上也确定了金矿化与岩浆作用的关系。总之，大山口金矿床为受韧性剪切带控制的、以岩浆热液为主要成矿物质来源的同构造期/同火山侵入期金矿床[5]。

参考文献：

[1] 鲍庆中，王宏，沙德铭，等．新疆和静县大山口金矿床地质特征及其与穆龙套金矿床的对比［J］．贵金属地质，2000，9（4）：200-205.

[2] 栾世伟，陈尚迪，曹殿春，等．金矿床地质及找矿方法［M］．成都：四川科学技术出版社，1987.

[3] 刘斌，沈昆．流体包裹体热力学［M］．北京：地质出版社，1999.

[4] 刘斌，朱思林，沈昆．流体包裹体热力学参数计算软件及算例［M］．北京：地质出版社，2000.

[5] L. J. Drew, et. al., Geology and structural evolution of Muruntau gold deposit, Kyzylkum Desert, Uzbekistan［J］. Ore Geology Reviews, 1996, No. 11, 175-196.

维普资讯 http://www.cqvip.com

Study on the geochemical characteristics of ore-forming fluid inclusion of Dashankou gold deposit in Xinjiang

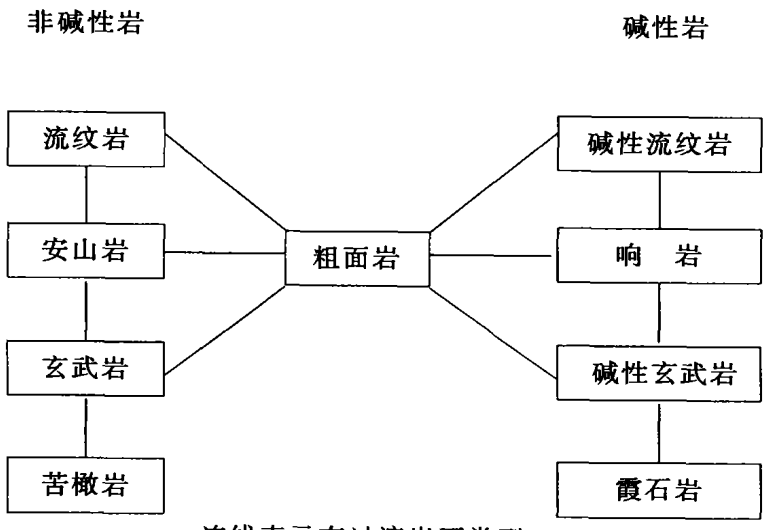
BAO Qing-zhong[1,2], WANG Hong[1,2], SHA De-ming[1,2], HU Xiu-jun[3]

(1. *Institute of Resources and Civil engineering, Northeast University, Shenyang* 110004, *China*;
2. *Shenyang Institute of Geology and Mineral Recourses, Shenyang* 110033, *China*;
3. *No. 3 Geology Brigade, Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang, korla* 841000, *China*)

Abstract: The characteristics of fluid inclusion in Dashankou gold deposit, Xinjiang, belong to K^+-Na^+-SO_4^{2-}-Cl^--CO_2 type. The salinity and density are all low degree. The ore-forming temperature of No. 1 stage is 219.92 °C with pressure 22.14 $\times 10^5$Pa, and the main ore-forming stage is 298.28 °C with pressure 27.98 $\times 10^5$Pa. Thus the deposit belongs to low-middle temperature system. The fluid origenates mainly from magmatic water, or may be mixed with a small quatity of other source of waters. The gold deposit belongs to poor-sulfide type gold deposit and is controled by shear zone.

Key words: Dashankou gold deposit; fluid inclusion; geochemical characteristics; Xinjiang

主要火山岩谱系图



连线表示有过渡岩石类型

（西安地质矿产研究所 杨合群编）