新疆萨热阔布火山喷流沉积改造型金矿地球化学特征

丁汝福[1,2] ,王京彬[1] ,马忠美[3] ,张进红[1] ,方同辉[1]
(1. 北京矿产地质研究所 ,北京　100012 ;2. 中国科学院地质与地球物理研究所 ,北京　100029 ;
3. 新疆有色地勘局 706 队 ,阿勒泰　86300)

[摘　要]萨热阔布金矿床位于新疆阿尔泰山南缘泥盆系康布铁堡组火山碎屑岩中 ,受断裂控制 ,成矿热液蚀变以硅化、似夕卡岩化、绿泥石化为主 ,硅化蚀变矿石富 Fe_2O_3 + FeO、SiO_2 ,而似夕卡岩蚀变矿石富 CaO 和 Al_2O_3 ,各种矿石富集 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Bi、Mo、W 等多种元素。成矿温度为中温 (240 ℃～310 ℃) ,流体成份以 Cl^- / SO_4^{2-} 高为特征 ,矿石矿物中石英 Ar - Ar 年龄 (320 Ma ±6 Ma) 反映最终成矿构造热液叠加年龄 ,矿床属火山喷流沉积改造型金矿床。

[关键词]海底火山喷流沉积　金矿床　地球化学　新疆阿尔泰
[中图分类号]P618. 51 ;P59　[文献标识码]A　[文章编号]0495 - 5331(2001)03 - 0011 - 05

1　区域地质背景

萨热阔布金矿位于阿尔泰山南缘可可塔勒金、多金属成矿带内。可可塔勒铅锌矿带属西伯利亚古板块西南缘泥盆系拉张火山断陷带 ,成矿带分布于巴寨断裂的南侧 ,阿巴宫 —库尔提断裂为巴寨断裂的北西向延伸。

巴寨断裂位于矿带北部 ,断裂走向 310 °～320 °,倾向 NE ,该断裂带控制了南侧的麦兹火山 —沉积盆地形成及蒙库铁矿、可可塔勒铅锌矿和海西晚期花岗岩体的分布。阿巴宫 —库尔提断裂控制了克朗火山盆地形成及有关的阿巴宫铁矿、铁木尔特铜铅锌矿、萨热阔布金矿床分布。

本矿带出露的地层有下 —中元古界、上元古界、寒武 —奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、第三系及第四系。其中泥盆系康布铁堡组为其主要含矿地层。泥盆系康布铁堡组 ($D_1 k$) 下亚组主要组成麦兹和克朗复式向斜构造的两翼 ,岩性为变质基性 —酸性火山熔岩 ,火山碎屑岩和碳酸盐岩。康布铁堡上亚组为一套酸性火山岩、火山碎屑岩和碳酸盐 ,与下亚组之间为断层接触 ,可可塔勒铅锌矿、恰夏铜矿、铁木尔特铅锌矿、萨热阔布金矿分布于康布铁堡组上亚组的中部酸性火山岩之上的碎屑岩中。

2　矿区地质

2.1　地层

萨热阔布金矿体产于康布铁堡组上亚组第二岩性段 ($D_1 k_2^2$) 内 ,与铅锌矿属同一含矿层位 ,位于铅锌矿化区北西侧向延伸部位。铅锌矿化主要稳定产于大理岩、变钙质砂岩层中 ,当往北西相变为绿泥石黑云母石英片岩与变凝灰岩时 ,金矿化增强。

2.2　控矿断裂

萨热阔布金矿的控矿构造为阿巴宫断裂。阿巴宫断裂属压剪性断层 ,位于矿区的南侧 ,是泥盆系康布铁堡组 ($D_1 k$) 与泥盆系中统阿尔泰镇组 ($D_2 a$) 的分界线。

容矿断裂呈右行雁行排列 ,与控矿断裂带的交角为 3 °～15 °,形成于控矿断裂剪切变形期 ,具张裂性质 ,碎裂现象普遍 ,大多位于 $D_1 k$ 上亚组第二岩性段内 ,一般长数十米至千余米。

2.3　与金成矿有关的高钾火山 - 侵入杂岩

本区金矿化与铁木尔特 (小红山) 流纹斑岩有密切的空间关系 ,该岩体中心部位为钾钠质 ,斑晶为钠长石和石英 ,向西至金矿化层之下斑晶全部变为钾长石 ,钾长石表面可见大量的气液包裹体 ,因此该岩体边部的富钾应为岩浆热液蚀变形成。目前在克郎和麦兹盆地所发现的金矿体和重要金异常都围绕康布铁堡组上亚组的厚层钾质含晶屑流纹岩和钾质晶屑凝灰岩层分布 ,这种空间关系暗示金的成矿与岩浆热液有成因联系。

2.4　围岩蚀变

地表矿化赋存在变钙质粉砂岩和千枚岩中 ,主要为硅化、似夕卡岩化 (透闪石、阳起石、红柱石、黑云母、石榴子石组合) 、绿泥石化。

[收稿日期]2000 - 10 - 30 ;[修定日期]2000 - 11 - 21 ;[责任编辑]曲丽莉。
[基金项目]国家 305 项目 (96 - 915 - 02 - 03) 专题资助。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2.5　金矿体特征

目前较详细圈定的金矿体共有 5 条。矿体呈透镜状或准脉状,沿走向有分支复合现象,矿体走向

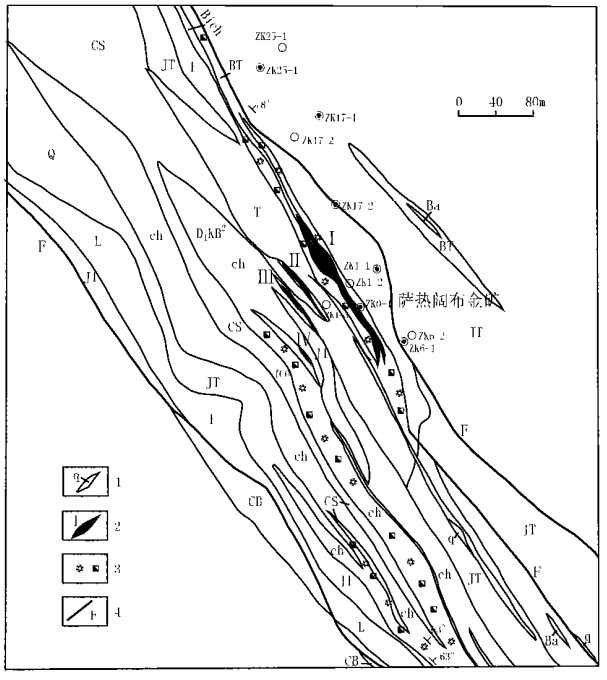


图 1　萨热阔金矿床地质图(据新疆 706 队,1997,缩编)

ch —绿泥石石英片岩;Bich —黑云母石英片岩;CS —变钙质砂岩;CB —含钙角砾岩;Mb —铁锰质不纯大理岩;L —变酸性熔岩;1 —石英脉;2 —金矿体;3 —硅化,绿泥石化;4 —断层

NW - SE,产状:45 °～55 °∠65 °～80 °,顺地层展布(图 1)。

矿石中金属矿物为:黄铁矿、毒砂、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿,金银矿、银金矿(少量);脉石矿物为:石英、长石及石榴石、碳酸盐、绿泥石及粘土矿物、其它脉石矿物。矿石中的金以自然金为主,少量银金矿。自然金的形态为角砾状、浑圆粒状、麦粒状、尖角粒状、长角粒状、枝叉状、板片状、叶片状等。金矿物以单体游离金为主,连金和裂隙金次之,包裹金少量。

3　矿床地球化学特征

3.1　矿石与近矿围岩地球化学特征

3.1.1　常量元素地球化学特征

矿石可分为 3 种类型:夕卡岩化绿泥片岩型、阳起石榴夕卡岩型、石英脉型。前两种矿石富集 Al_2O_3、CaO 和 Fe_2O_3 + FeO,贫 K_2O、Na_2O;后一种矿石富集 Fe_2O_3 + FeO 及 SiO_2,贫 K_2O、Na_2O。反映火山沉积原岩高 Al_2O_3、CaO 组分,火山喷流热液和构造叠加热液带入 Fe_2O_3 + FeO 及 SiO_2(表 1)。

3.1.2　微量元素地球化学特征

矿石微量元素成分见表 2、表 3,图 2:

1)金矿石元素组合为 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Cd、Bi、W、Mo,矿体近矿围岩钙质砂岩金含量 29×10^{-9}～140×10^{-9},石英脉、阳起石、石榴石夕卡岩中金品位高,在金矿化体上方,Au 和 Cu,Zn 高含量有一定空间分异,Cu,Pb,Zn 高含量位置在金高值的北东侧。

2)亲硫元素 Cu、Pb、Mo、Bi 等元素在矿石中含量大于近矿围岩且大于地壳克拉克值(泰勒,1964)和酸性岩丰度(维诺格拉多夫,1962),矿石中微量元素 W,Bi,Mo 富集,其中 W 是克拉克值(泰勒,1964)80～100 倍,Bi 是克拉克值的 20 倍,Mo 是克拉克值的 5 倍,这样高的 Mo,Bi,W 含量意味着金成矿和岩

表 1　萨热阔布金矿岩、矿石主元素化学成份表　　%

样品	岩(矿)石名称	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	MnO	K_2O	Na_2O	H_2O	CO_2
SR2 - 3	石英片糜岩(矿石)	72.56	0.02	6.68	11.37	3.18	0.59	1.88	0.27	0.85	0.04	1.68	0.42
SR2 - 5	斑点状凝灰粉砂岩	59.61	0.41	15.93	5.01	5.48	0.25	3.85	0.13	5.94	0.19	5.48	0.19
SR3 - 1	含矿石英脉	80.88	0.13	3.89	11.50	0.23	0.10	0.46	0.04	0.29	0.01	0.23	0.24
SR3 - 2	硅化绿片岩	70.22	0.28	9.40	8.73	2.78	0.76	2.75	0.34	0.37	0.07	2.22	0.16
SR3 - 3	硅化绿片岩	76.00	0.22	7.17	6.85	1.96	0.49	2.06	0.21	0.56	0.07	3.20	0.14
SR7 - 1	阳起石夕卡岩	66.58	0.29	12.47	7.31	3.66	3.25	1.91	0.21	1.44	0.15	2.26	0.37
SR7 - 2	石榴石化凝灰粉砂岩	63.67	0.36	14.90	7.46	2.57	3.83	2.11	0.12	2.53	0.15	2.76	0.16
SR7 - 3	阳起石夕卡岩(矿石)	50.49	0.07	11.91	13.17	10.90	5.67	3.43	0.18	0.42	0.05	3.54	0.24
SR8 - 1	黄褐色石英脉(矿石)	70.36	0.04	2.88	17.21	0.59	4.03	0.68	0.07	0.36	0.05	2.86	0.24

测试单位:国家地质实验测试中心,1996。

表 2　萨热阔布金矿矿石微量元素成份表　　10^{-6}

样号	矿石名称	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Bi	Hg	Se	Te
SR2 - 2	含褐铁矿石英脉	7.71	0.69	148	165	44	202	22	0.14	0.02	0.02
SR2 - 3	石英片糜岩	10.30	0.80	780	81	176	1.6	27	0.08		
SR7 - 3	阳起石夕卡岩	8.50	0.70	288	26	254	1.8	34	0.08	0.20	0.02
SR7 - 4	夕卡岩	109.90	2.29	325	10	107	4.7	461	0.24	0.05	0.02
SR8 - 1	黄褐色石英脉	2.80	6.38	1104	953	197	7.2	103	0.14	0.14	0.02

测试单位:有色西北地质研究所,1997。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 3　萨热阔布金矿床矿石、围岩微量元素分析结果　10^{-6}

样号	Li	Be	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Mo	Cs	Ba	W	Pb	Bi
SSK4 - 7	55.76	0.54	4.29	9.94	12.25	41.72	66.39	85.24	14.94	136.00	5.30	8.24	2205.32	7.85	23.07	0.35
SSK4 - 15 - 1	2.01	0.25	2.28	6.30	161.16	33.53	1.23	18.77	19.25	12.00	8.93	0.71	30.75	84.91	66.43	22.32
SSK4 - 15 - 2A	3.14	0.11	10.57	5.92	689.14	35.50	12.00	19.30	12.30	45.87	10.49	1.89	68.55	135.62	35.92	27.39
SSK4 - 15 - 2b	21.45	0.37	11.39	9.22	149.78	115.27	70.21	71.57	35.65	60.37	6.13	8.09	401.61	89.63	25.69	7.02
SSK4 - 16	45.24	0.47	8.99	2.53	14.24	97.28	101.98	44.14	35.49	123.26	4.30	11.00	311.65	4.49	12.72	2.15
SSK4 - 15 - 4	58.46	0.46	16.45	1.01	363.30	143.50	163.32	30.59	30.77	93.74	8.00	19.70	645.90	11.84	30.62	4.91
SSK4 - 19	24.71	0.52	3.41	0.00	344.38	41.20	61.37	30.42	50.37	118.93	6.02	3.25	800.51	7.46	12.21	0.67
ZK14 - 1	82.89	0.63	11.40	1.84	18.44	150.02	219.93	32.12	219.64	214.85	0.05	8.57	199.61	2.47	31.89	0.76
地壳克值(泰勒 1964)	20	2.8	25	75	55	70	90	375	33	165	1.5	3	425	1.5	12.5	0.17
酸性岩丰度(维诺格拉多夫)	40	5.5	5	8	20	60	20	300	34	200	1	5	830	1.5	20	0.01

注:由中科院矿物资源探查中心 ICP - MS 方法分析,1999.6;测试人:朱和平,丁汝福;1 —SSK4 - 7:晶屑凝灰岩;2 —SSK4 - 15 - 1:硅化蚀变岩(矿体);3 —SSK4 - 15 - 2A:蚀变硅质岩(矿体);4 —SSK4 - 15 - 2b;5 —SSK4 - 16:石榴石黑云石英片岩;6 —SSK4 - 15 - 4:石榴石黑云石英片岩;7 —ZK4 - 19:晶屑凝灰岩;8 —SSK14 - 1:硅化帘石化黑云母片岩(矿体)。

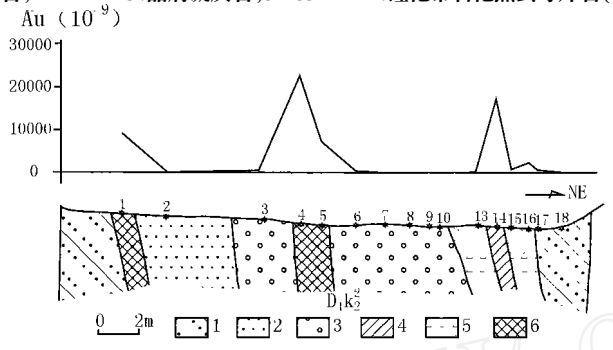


图 2　萨热阔布金矿 3 线地表矿化蚀变分带图

1 —深灰色粉砂岩;2 —浅灰色粉砂岩,由细粒长英质及黑云母组成;3 —绿泥石化带;4 —石榴子石糖粒状石英脉(矿体);5 —粗粒阳起石、红柱石化矿体;6 —矿体

浆作用有一定关系。反映成矿作用与火山作用、火山喷流沉积成矿关系密切,金矿源自火山岩中。

3) 亲石元素 Li、Be、Rb、Sr、Nb、Cs、Y、Zr 在矿石中含量小于近矿围岩含量及地壳克值、酸性岩丰度。

4) 过渡元素 Co、Ni 在矿石中含量与酸性岩丰度接近,反映金成矿与酸性火山岩关系密切。这些元素组合、含量分布特点可以用作本区金矿成矿条件示踪和异常评价指标。

3.2　稀土元素分布特征

矿石稀土曲线与近矿岩石相似,不同金矿石稀土配分模式有一定差别(图 3)。硅化石英黑云片岩 REE 高,曲线右倾斜,富集轻稀土,Eu 亏损,另一种矿石为绿泥石化硅化蚀变岩,REE 偏低,稀土曲线右倾斜,斜率较小,Eu 接近 1。硅化帘石化黑云母片岩金矿石稀土总量高,曲线右倾斜,铕亏损。

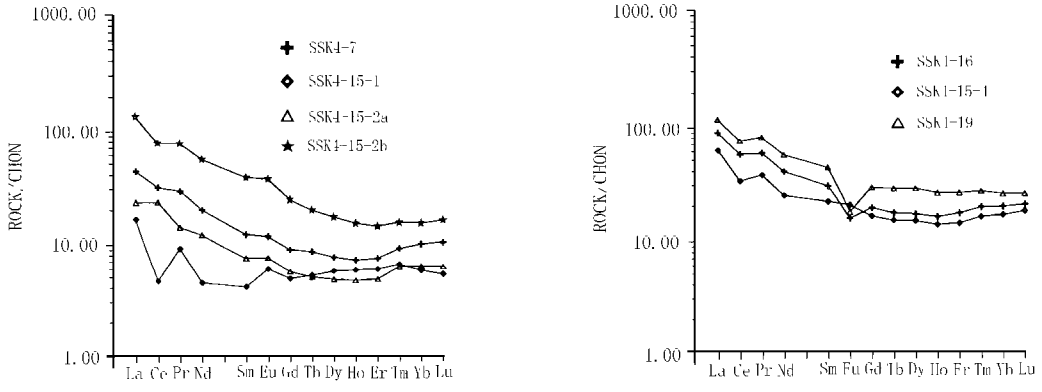


图 3　萨热阔布金矿矿石和近矿岩石稀土配分曲线图

(岩、矿石名称见表 2 注)

3.3　成矿流体包裹体

3.3.1　流体包裹体特征与成矿物理化学条件

萨热阔布金矿石英单矿物有多种包裹体:液相、气液相和含 CO_2 多相包裹体。液相包裹体为椭圆形、气液相包裹体为负晶形和椭圆形。包裹体长径 3 μm～20 μm,气液比 5 %～30 %。金矿床形成的主要温度范围 240 ℃～310 ℃,属于中温条件。成矿压力为 (1400～1600) ×10^5 Pa,反映成矿与断裂作用有关。流体密度 0.82 g/cm^3～0.89 g/cm^3,小于 1 g/cm^3。流体盐度为 11.20～17.4 wt %NaCl,属中等盐度。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3.3.2　流体的气液成份特征

本文测试了 5 件流体气液相成分,同时为了比较流体相离子的相对多少,将液相组分的单位 g/L 换算为 mol/L,气相组分换算成 10^{-6} mol/100g,并根据流体中离子气相组分的分子数相对量进行比较分析(表 4)。

表 4　萨热阔布金矿石英包裹体气液相成份表

编号	样品特征	气相组分 (10^{-6}mol/100g)				液相组分 (mol/l)						
		H_2	CH_4	CO_2	H_2O	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	F^-	Cl^-	SO_4^{2-}
SK4 - 2	不规则粒状、含绿泥石含金石英脉	15	9.375	54.55	833.33	0.45	1.42	0.05	0.02	0.59	7.03	0.57
SK4 - 4	白色半自形粒状、含金石英细脉	14	0.006	34.09	555.56	0.18	2.54	1.45	0.26	1.11	0.44	0.64
SR275 - 4	块状绿泥石含金石英脉	14	0.006	181.82	388.89	0.61	3.76	1.19	0.08	0.98	11.86	0.91
KD3 - 2	块状石英脉	30	0.006	181.82	611.11	0.22	1.45	2.31	0.13	0.81	3.19	0.58
ZK25 - 19	含金黑云母石英脉	22	0.006	109.09	944.44	0.25	4.87	2.78	0.02	0.53	1.99	1.38

测试单位:有色北京矿产地质研究所,1998.4。

流体阳离子 Na^+ - Ca^{2+},少数 Na^+ - K^+型,阴离子 Cl^- 为主,SO_4^{2-} 和 F^- 相近,反映金矿流体中离子种类多,这与金矿矿石和脉石矿物特征相符,反映成矿流体海水热液和与火山岩关系密切的火山热液循环叠加,具多期多源的特点。

Cl^-/SO_4^{2-} 反映流体是贫硫还是富硫环境,本金矿相对富 Cl^-(图 4)。

从 F^-、Cl^-、SO_4^{2-} 三角图可以看出萨热阔布金矿富 Cl^-、SO_4^{2-}(图 5)。

从 Na^+、K^+、$(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ 三角图中,可以看出成矿流体阳离子变化趋势:萨热阔布变化范围较大,富 Na^+(图 6)。

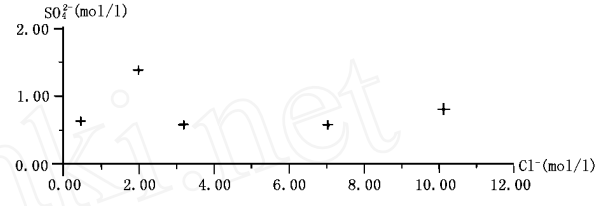


图 4　萨热阔布金矿成矿流体 Cl^- - SO_4^{2-} 图

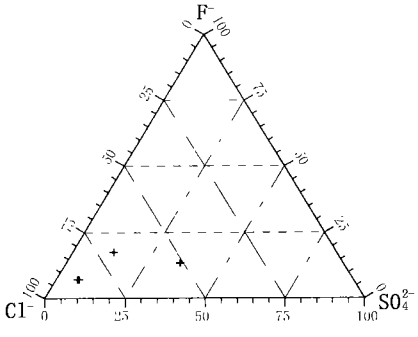


图 5　萨热阔布金矿矿流体 F^- - Cl^- - SO_4^{2-} 三角图

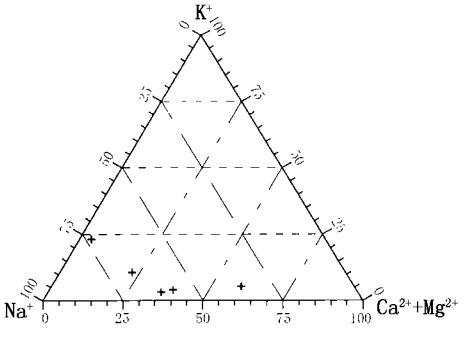


图 6　萨热阔布金矿成矿流体 K^+ - Na^+ - Ca^{2+} - Mg^{2+} 三角图

3.4　金矿成矿年龄

为了确定萨热阔布金矿成矿年龄,采集金矿①号矿体 ZK25 - 1 中的金矿脉样品含金黑云母石英脉,选取石英单矿物,利用 ^{40}Ar - ^{39}Ar 快中子活化法测定金成矿年龄。求得石英等时线年龄为 320.4 Ma ±6 Ma,平均年龄为 320.4 Ma ±5 Ma。石英等时线年龄与平均年龄相近。确定萨热阔布金矿的形成年龄为 320 Ma ±6 Ma。

结合萨热阔布金矿受到阿巴宫次级断裂控制、与次火山岩有关,金最后一次成矿时期可确定为:金的成矿晚于恰夏和铁木尔特铅锌铜矿,而与额尔齐斯成矿带的萨尔布拉克金矿、赛多金矿年龄接近。

4　矿床成因分析

1)萨热阔布金矿与块状硫化物矿床产于同一层位,位于铅锌矿化体的尖灭相变部位,表明金与喷流沉积成矿作用有关,该时期金可能已初步富集。阿舍勒 CuZn 矿床伴生 Au 矿可达大型规模,萨热阔布金矿产于铁木尔特 CuPbZn 矿床外围,可可塔勒 PbZn 矿床无 Au 矿化伴生,克朗和麦兹盆地已发现

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的 Au 矿化也多与 Cu 矿化伴生,这些现象表明 Au 与 Cu 有更密切的关系,即块状硫化物矿床中含 Cu 是金找矿的标志之一。

2)从含矿层的沉积相分析,铁木尔特 39 线深水洼地(块状 CuPbZn 矿体)—铁木尔特 147 线过渡洼地(浸染状 CuPbZn - Au 矿体)—萨热阔布浅水洼地(独立 Au 体),可见无论是 CuPbZn 矿还是 Au 矿,均受沉积相控制。如果把三个洼地看成一个大型的沉积洼地,则 CuPbZn 趋向沉淀于洼地中心深水部位,Au 沉淀于洼地边缘浅水部位,这可能是由于前者需要在富硫环境中沉淀,而 Au 在相对贫硫环境中沉淀,两个矿床流体包裹体成分中 Cl^-/SO_4^{2-} 比值也表明了这一规律。

3)铁木尔特(红山)高钾流纹斑岩与萨热阔布金矿有密切的空间关系,金矿与高钾流纹斑岩密切的空间关系及金矿石中 Bi,Mo,W 的高含量表明,金成矿流体中岩浆热液可能起了重要作用。

4)金矿就位于阿巴宫逆冲断裂带的次级断裂中,成矿时代据 ^{40}Ar - ^{39}Ar 法等时线年龄为 320.4 Ma ±6 Ma,表明最终成矿与造山过程中的挤压剪切作用有关。萨热阔布金矿①号矿体地表蚀变矿物透闪石、红柱石和绿泥石等颗粒粗大,石英脉呈糖粒状;向深部蚀变矿物粒度变细,石英脉为隐晶质,并可见小褶皱状石英脉,表明矿体就位于断裂由压性向张性转换的部位。

综上所述,萨热阔布金矿的形成经历了两个成矿阶段:早期断陷火山 - 沉积盆地阶段,形成了火山 - 热水沉积预富集层(有的可富集达到贫矿层)和 VHMS 型铅锌多金属矿化;金的最终成矿与造山过程中挤压剪切作用有关,矿体就位于断裂由压性向张性转换的部位。

[参考文献]

[1] 何国琦,李茂松,刘德权,等. 中国新疆古生代地壳演化及成矿[M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,香港:香港文化教育出版社,1994.

[2] 张建中,冯秉寰,金浩甲,等. 新疆阿尔泰阿巴宫—蒙库海相火山岩与铁矿的成生关系及成矿地质特征[J]. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊,1987(20):89～180.

[3] 李华芹,谢才富,常海亮. 新疆北部主要有色贵金属矿床成矿期同位素年代学研究[M]. 北京:地质出版社,1998.

[4] 丁汝福,赵伦山,王京彬,等. 新疆可可塔勒金与多金属矿床成矿演化[J]. 地质论评,1999,45(增刊):1132～1138.

[5] 王京彬,秦克章,吴志亮,等. 阿尔泰山南缘火山喷流沉积型铅锌矿床[M]. 北京:地质出版社,1998.

[6] 王京彬. 新疆可可塔勒铅锌成矿带成矿规律[J]. 新疆地质,1998(3):236～244.

[7] 张进红,王京彬,丁汝福. 新疆可可塔勒铅锌矿床海相火山岩碱交代作用研究[J]. 地质与勘探,1999,35(5):4～8.

[8] 张进红,王京彬,丁汝福. 阿尔泰麦兹地区海相火山岩及其与成矿的关系[J]. 地质论评,1999,45(增刊):1116 - 1121.

[9] Wang Jingbin, Zhang Jinhong, Ding Rufu et al. Tectono - metallogenic system in the Altay orogenic belt, China[J]. Acta Geologica Sinica, 2000,74(3):485～491.

GEOCHEMICAL CHARACTER OF THE SAREKOUBU VOLCANIC EXHALATION - SEDIMENTARY - SUPERIMPOSITION GOLD DEPOSIT IN XINJIANG

DING Ru - fu, WANG Jing - bin, MA Zhong - mei, ZHANG Jin - hong, FANG Tong - hui

Abstract: The Sarekuobu gold deposit is located on the south margin of Altay mountain, in Xinjiang. It is hosted in pyroclastic rocks and calcareous sandstone of Devonia Kangbutiebao Formation. It is controlled by NW trend faults. There are three kinds of mineralizing hydrothermal alternation: silicate, skarnization and chloritization. The silicified ores are characterized by high contents of SiO_2 and Fe_2O_3 + FeO, while skarnized ores by high contents of CaO and Al_2O_3. Different ores are rich in Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Bi, Mo, W elements. Its temperature is about 240 ℃～310 ℃. Fluid composition features high Cl^-/SO_4^{2-}. The Ar - Ar dating (320 Ma ±6 Ma) reflects the latest hydrothermal mineralizing age. It is genetically a volcanic exhalation - sedimentary superimposition deposit.

Key words: volcanic exhalation sedimentation, gold deposit, geochemistry, Altay in Xinjiang



[第一作者简介]

丁汝福(1962 年 -),1985 年毕业于桂林冶金地质学院地球化学及勘查专业,1999 年获得中国地质大学(北京)博士学位,现为高级工程师,中科院地质与地球物理研究所博士后,主要从事矿床地球化学及寻找隐伏矿方法技术研究。

通讯地址:北京安外北苑　北京矿产地质研究所　邮政编码 100012

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net