第 12 卷第 4 期　　地 质 与 资 源　　Vol. 12 No. 4
2003 年 12 月　　GEOLOGY AND RESOURCES　　Dec., 2003

·矿产地质　地球化学·

文章编号:1671 – 1947(2003)04 – 0206 – 09

西天山浅成低温金矿容矿火山岩地球化学及成矿环境初探

沙德铭[1,3],董连慧[2],毋瑞身[3],田昌烈[3],贾　斌[1,3]
(1. 东北大学 资源与土木工程学院,辽宁 沈阳 110004;2. 新疆地质调查院,新疆 乌鲁木齐 830000;
3. 沈阳地质矿产研究所,辽宁 沈阳 110033)

摘　要:20 世纪 90 年代,在新疆西天山北段晚古生代火山岩区内相继发现了阿希大型金矿床及其外围的伊尔曼得、恰布坎卓它等金矿床(点),并进一步确定了其系产于晚古生代火山岩内的浅成低温矿床. 矿床赋存于伊犁晚古生代火山岩区的吐拉苏 – 也里莫墩火山岩带中. 矿床围岩为下石炭统大哈拉军山组中基性 – 中酸性陆相火山岩系,以钙碱性为主,少量碱性系列岩石,具有富硅、钠、贫钾、铝、镁、钙成分和里特曼指数偏高的特点;岩石稀土元素含量中等($\sum REE = 41.59 \times 10^{-6} \sim 135.83 \times 10^{-6}$),属于轻稀土富集型(含量 $29.05 \times 10^{-6} \sim 95.37 \times 10^{-6}$),分馏程度较高;容矿火山岩以 K、Rb、Ba、Th 等大离子元素富集和 Ti、Y、Yb、Sc 等亏损为特征,接近于板内过渡型玄武岩系列岩石;火山岩和矿石 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 值为 17.5269 ~ 18.6644,$^{207}Pb/^{204}Pb$ 值为 15.1073 ~ 16.0108,$^{208}Pb/^{204}Pb$ 值为 37.3670 ~ 38.1958,具壳幔混合源特征;含金石英脉锶同位素初始值与区内容矿火山岩、矿化有关蚀变矿物十分接近,介于 0.705 ~ 0.709 之间,显示成矿作用与火山岩系的密切成因联系;文中结合容矿火山岩时空分布和成矿地球化学特征的讨论分析,揭示了金矿成矿与容矿火山岩的内在联系,确立了金矿化的陆内裂谷环境特点,建立了浅成低温热液型金矿的第三种成矿背景,拓宽了找矿区域.

关键词:浅成低温热液型金矿;容矿火山岩;地球化学;成矿环境;伊犁晚古生代裂谷;西天山

中图分类号:P618.51; P588.14　　文献标识码:A

与陆相火山岩有关的浅成低温热液系统金矿是近 20 年来全球发现的大型、超大型金矿的主要类型,已引起世人的广泛关注. 从全球角度讲,该类型金矿主要分布在新生代岛弧区[1~6]和中生代地盾区的断陷盆地[7~12]为主的两种构造环境下. 该类型金矿的这种分布区域性、时限性和构造背景属性已被广大地质学家广泛接受,并按这一思路实施找矿工作.

近年来,我国西部找矿工作重大突破之一是在新疆内西天山地区发现了大型阿希金矿,随后,又在阿希金矿外围发现了伊尔曼得、恰布坎卓它、京希、巴拉克、吉兰得等一批金矿床、金矿点,并且已经成为我国西部地区大型黄金生产基地. 许多研究者对阿希及其外围金矿开展了有针对性的研究[1~8],已经确认了其浅成低温热液系统金矿成因,并且进一步划分为冰长石 – 绢云母型和硅化岩型两种类型[3~7]. 西天山地区浅成低温热液系统金矿的成功发现,代表着该类型金矿找矿和研究工作的重要进展,拓展了该类型金矿的找矿区域.

1　金矿化特征概述

冰长石 – 绢云母型以阿希金矿为代表,产于近火山中心环境,受控于破火山口构造[5],为沿火山口缘环状、放射状断裂充填的石英脉型. 硅化岩型以伊尔曼得金矿为代表,成矿远离火山中心,矿化体呈层状、似层状,受火山岩底部沉火山碎屑岩控制的蚀变岩型. 该类矿床在许多方面表现出明显不同于冰长石 – 绢云母型金矿的特征(表 1).

2　容矿火山岩时空分布

西天山地区浅成低温热液系统金矿容矿围岩为下石炭统大哈拉军山组,为一套陆相中基性 – 中酸性火山岩系,构成了一个完整火山旋回. 综合前人和笔者的研究成果,我们将其进一步划分为 3 个亚旋回和 5 个岩性段(表 2). 阿希金矿为代表的冰长石 – 绢云母型金矿直接容矿围岩为大哈拉军山组第五岩性段(上安山岩段)的安山岩、英安岩和石英安山玢岩. 伊尔曼得金矿为代表的硅化岩型金矿则受控于大哈拉军山组第二岩性段沉火山碎屑岩.

3　容矿火山岩地球化学特征

收稿日期:2003 – 02 – 17;修回日期:2003 – 04 – 14. 李兰英编辑.
基金项目:国家科技攻关项目(85-902-04-01、96-915-03-06)和地质大调查项目(199910200218)共同资助.

表 1　西天山地区晚古生代浅成低温热液金矿地质特征一览表

Table 1　The geo-characteristics of the epithermal gold deposits in West Tianshan

矿床类型	冰长石－绢云母型金矿(阿希金矿)	硅化岩型金矿(伊尔曼得金矿)
赋矿主岩	下石炭统大哈拉军山组第五岩性段安山岩、英安岩、火山碎屑岩	下石炭统大哈拉军山组第二岩性段沉凝灰角砾岩、酸性凝灰岩、沉凝灰砾岩
控矿构造	区域近东西向和近南北向断裂构造交汇处，火山机构－破火山口缘环状、放射状断裂	基底断裂附近,多组次级断裂交汇处
赋矿构造部位	火山活动中心附近	远离火山活动中心
成矿温度	87～260℃(集中在 120～180℃)	93～300℃(集中于 130～272℃)
成矿深度	288～906 m(集中于 400～500 m)	226～705 m
成矿流体	低盐度 0.35%～9.6% NaCl 大气降水为主,少量岩浆水	低盐度 0.03%～8.54% NaCl 大气降水为主,少量岩浆水
矿化型式	脉状、网脉状,以裂隙充填为主,浸染交代为辅	层状、似层状,以浸染交代为主
矿化期次	明显划分 4 期：含矿灰白色石英期→富矿烟灰色石英期→含矿灰色石英期→无矿碳酸盐－石英期	划分为 3 期 弥散型硅化→网脉状硅化→石英－碳酸盐化
蚀变作用	硅化、黄铁矿化、绢云母化、冰长石化、绿泥石化等	硅化、黄铁矿化、绢云母化、高岭土化
蚀变分带	明显 硅化带→黄铁绢英岩化带→黏土化带→绿泥石化带	分带不明显,主要表现为硅化作用的强弱
矿物组合	脉石矿物：石英(玉髓)、方解石、绢云母、冰长石、叶蜡石等 ;矿石矿物：自然金(银)、硒银矿、深红银矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、白铁矿、黄铜矿、毒砂、黝铜矿、磁黄铁矿、硫砷铜矿等	脉石矿物：石英、方解石、绢云母 ;矿石矿物：黄铁矿、毒砂、磁铁矿、白铁矿、黄铜矿
特征矿物组合	冰长石－绢云母－石英(玉髓)	高岭土－绢云母－石英
包裹体成分	Na^+/K^+: 0.05～0.39; $Na^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$: 0.74～6.5; CO_2/H_2O: 0.03～0.05; SO_4^{2-}/Cl^-: 0.75～33	Na^+/K^+: 0.32～0.56; $Na^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$: 1.67～18; CO_2/H_2O: 0.005～0.027; SO_4^{2-}/Cl^-: 0.69～7
同位素组成	δD：－60‰～－110‰; $\delta^{18}O$: 5.94‰～13.20‰; $\delta^{34}S$: 2‰～7‰	δD：－88‰～－98‰; $\delta^{18}O$: 13.5‰～17.2‰; $\delta^{34}S$: －5.2‰
成矿物质来源	来源于火山岩	来源于火山岩

3.1　容矿火山岩岩石地球化学

西天山地区浅成低温金矿容矿围岩为下石炭统大哈拉军山组，系一套中基性－中酸性火山岩和次火山岩（图 1）. 化学成分 SiO_2 52.16%～78.32%（平均 64.63%）、Al_2O_3 9.63%～17.54%、Na_2O 0.08%～6.67%（平均 3.39%）、K_2O 0.12%～5.73%（平均 2.79%）(表 3)，属于玄武安山岩(粗面玄武岩)－安山岩(粗安岩)－英安岩(粗面英安岩)－流纹岩组合. 与中国安山岩平均化学成分相比，具有相对富 SiO_2、Na_2O，贫 K_2O、TiO_2、Al_2O_3、CaO 和 MgO，全碱含量(2.05%～8.76%)较高、Na_2O 含量明显高于 K_2O 和里特曼指数相对偏高之特征. 岩石化学成分以钙碱性系列火山岩为主，少部分碱性系列火山岩. 火山作用具有从钙性火山岩经过钙碱性火山岩向碱性火山岩演化,反映在火山作用过程是一个碱质增加的过程.

3.2　容矿火山岩稀土、微量元素地球化学

大哈拉军山组火山岩稀土元素含量较高，$\sum$REE 从 41.59×10^{-6}～135.83×10^{-6}，明显高于 W. V. Boynton 推荐之球粒陨石稀土元素总量 (5.2533×10^{-6}) (表 4).

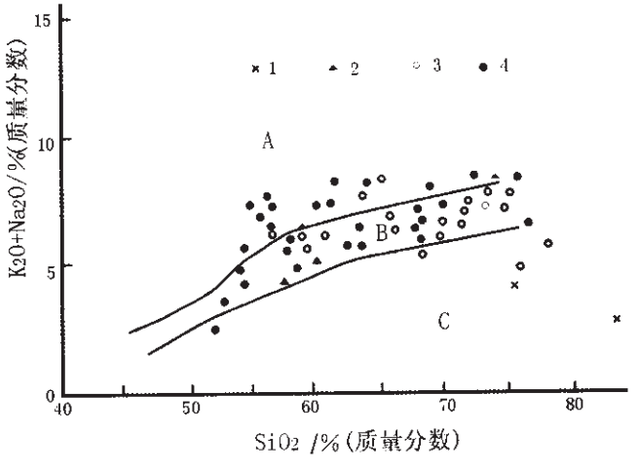

图 1　阿希金矿容矿火山岩碱－硅关系图解

(据久野,1965)

Fig. 1　Diagram of host volcanic rocks of Axi gold deposit

(after Kuno, 1965)

A—碱性玄武岩区 (alkline basalt)；B—高铝玄武岩区 (high aluminium basalt)；C—拉斑玄武岩(tholeiite)；1—第 2 岩性段(the 2nd member)；2—第 3 岩性段(the 3rd member)；3—第 4 岩性段(the 4th member)；4—第 5 岩性段(the 5th member)

表 2 西天山地区浅成低温热液金矿容矿火山岩活动特征一览表

Table 2 Features of the host volcanic rocks of epithermal gold deposits in West Tianshan

时代	岩性段	旋回	亚旋回	厚度/m	岩石组合及岩相		火山环境	火山相系	火山作用机制	与火山构造关系及产出状态
					岩性	岩相				
C_1	C_1d^5	大哈拉军山火山旋回	第III亚旋回	710	石英角闪安山玢岩、杏仁状辉石安山岩、角闪安山岩、英安质角砾熔岩、含火山弹火山角砾岩夹凝灰质砂岩、砾岩	爆发-沉积相、喷溢相、次火山岩相、火山颈(管道)相	陆相	喷发-沉积相系	喷溢作用为主,伴以爆发-沉积作用及期后(潜)次火山作用	集中分布在火山岩带西部的吐拉苏地区,主体呈近南北向分布,在阿希金矿区附近-破火山喷发中心、火山管道外部相,被陡立内倾之火山颈(管道)相切割,其上为下石炭统阿恰勒河组火山-沉积岩不整合覆盖
					含火山弹火山集块角砾岩夹薄层安山岩、晶屑岩屑凝灰岩	爆发相、喷溢相				
	C_1d^4		第II亚旋回	2254	英安质火山角砾岩、火山集块岩、英安质玻屑凝灰岩、火山灰凝灰岩及安山岩	爆发相为主		喷发相系	爆发、喷溢作用交互作用及期后次火山作用	广泛分布在吐拉苏-也里莫墩地区,呈北北西向即近东西向条带状分布,与下伏基底地层呈断层接触,构成吐-也火山岩带的主体
					中酸性火山角砾岩、岩屑玻屑凝灰岩、酸性熔结凝灰岩、英安岩及安山岩	爆发相为主,喷溢相次之				
	C_1d^3		第I亚旋回	178	霏细斑岩、杏仁状玄武岩、橄榄玄武岩、玄武安山岩、安山质火山角砾岩、火山集块岩及英安斑岩	喷溢相为主,爆发相次之			喷溢作用为主,爆发作用次之	主要分布在吐拉苏地区火山岩带南北边缘内侧,或围绕基底岩块呈环状分布,构成火山构造的外部(边缘)相
	C_1d^2			294	安山岩、流纹质火山灰球凝灰岩、火山灰凝灰岩、火山灰球熔结凝灰岩、沉凝灰岩、沉凝灰角砾岩夹灰岩、砾岩透镜体、石英霏细斑岩、流纹质火山灰凝灰岩	沉积-爆发相为主,喷溢相次之	海陆交互相	沉积-喷发相系	爆发作用为主,水下沉积作用为辅	
	C_1d^1			150	沉积砾岩	沉积相			沉积作用	

而与世界安山岩 $\sum REE = 25\times10^{-6}\sim341\times10^{-6}$ 相比，总量相等．其中轻稀土含量 $29.05\times10^{-6}\sim95.37\times10^{-6}$，重稀土含量 $12.54\times10^{-6}\sim38.75\times10^{-6}$，轻、重稀土 L/H 值皆大于 1，属于轻稀土富集型．Sm/Nd 值明显低于球粒陨石 (Sm/Nd = 0.333)，接近于大陆壳平均稀土元素组成．

3.3 铅同位素

本区金矿铅的独立矿物——方铅矿较少，而黄铁矿、白铁矿则较为发育，且为主要载金矿物，故测试黄铁矿中的铅组成是具有代表性的．笔者等在研究过程中，分别采集了容矿围岩和矿石样品，有针对性开展了铅同位素测试．结果显示，容矿火山岩和含金矿石的铅同位素组成具有比较好的一致性，其中 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 值 17.9206～18.5824，$^{207}Pb/^{204}Pb$ 值 15.4355～15.6079，$^{208}Pb/^{204}Pb$ 值 37.7509～38.4280，变化范围较小，显示某种可能存在的继承性联系．在对比了多伊和扎特曼 (1979) 所建立的全球不同地质环境铅构造模式(图 2)后发现，本区铅同位素样品数据点几乎全部落在地幔线之间，部分样品位于造山带与上地壳曲线之间，另有少数样品则位于上地壳曲线之上，说明大哈拉军山组火山岩的铅同位素基本上是由不同来源混合之成因特点．

3.4 铷锶同位素

阿希金矿区铷锶同位素测定结果显示，阿希金矿不同阶段含金石英脉锶同位素平均含量略有差别，$^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值相差不大，$(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 初始比值十分接近[11]，均为 0.706，反映出不同成矿阶段的内在联系．含金石英脉

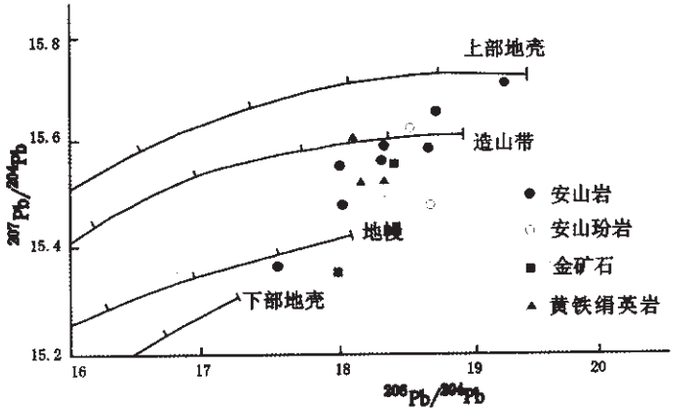

图 2 阿希金矿区铅同位素组成图解

(据 Doe 和 Zartman, 1979)

Fig. 2 Pb-isotopic composition of Axi gold deposit

(after Doe and Zartman, 1979)

表 3　西天山地区浅成低温热液金矿容矿火山岩部分测试结果一览表

Table 3　The petrochemical composition of host volcanic rocks of the epithermal gold deposits in West Tianshan

序号	样品号	岩性	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	灼失	总量	δ	γ	K_2O+Na_2O
1	2044－4	安山岩	52.16	0.94	17.24	2.80	4.42	0.094	5.64	8.73	1.89	0.16	0.17	5.06	99.30	0.46	16.33	2.05
2	2044－9	安山岩	52.60	0.92	17.11	3.64	4.33	0.14	3.93	10.06	2.31	0.22	0.17	4.56	99.45	0.70	16.08	2.53
3	2044－13	安山岩	52.78	0.89	14.74	3.52	2.72	0.087	3.11	10.47	3.08	0.34	0.20	5.82	100.66	1.20	22.55	3.42
4	2036－2	安山质凝灰熔岩	64.26	0.93	14.99	4.47	1.43	0.061	1.52	1.79	4.20	4.10	0.23	2.02	100.00	3.24	11.60	8.30
5	2036－5	安山质凝灰熔岩	64.08	0.91	15.12	4.26	1.62	0.052	0.58	3.60	3.46	2.86	0.25	2.92	99.35	1.89	12.81	6.32
6	2036－10	英安岩	62.83	0.52	15.20	2.47	2.62	0.083	4.41	2.95	3.62	2.34	0.12	2.47	103.22	1.79	22.29	5.95
7	2036－13	英安岩	58.18	0.51	14.93	3.24	2.87	0.080	3.80	4.34	3.57	2.71	0.12	5.58	100.02	2.59	22.27	6.28
8	49－1	英安岩	61.61	0.53	15.51	4.11	0.53	0.058	4.69	1.63	5.46	2.24	0.7	2.75	99.15	3.19	1.68	7.7
9	88	石英角闪安山玢岩	58.67	0.60	15.53	2.24	2.67	0.065	5.32	5.18	2.57	1.80	0.17	5.07	99.99	1.22	21.6	4.37
10	93	石英角闪安山玢岩	57.84	0.59	16.03	1.74	3.54	0.091	6.21	4.07	1.96	0.80	0.18	6.87	100.21	0.51	23.85	2.76
11	33－1	紫红色角砾岩	61.03	0.60	17.01	2.58	1.75	0.056	2.50	2.59	5.45	4.26	0.13	2.73	100.96	4.19	19.27	8.76
12	32－1	英安岩	56.46	0.61	14.10	4.43	1.83	0.096	4.10	5.70	3.31	0.76	0.10	6.88	98.38	1.87	16.13	5.02
13	Y34	石英长石斑岩	74.31	0.19	13.43	1.21	0.27	0.10	0.18	0.85	1.50	5.63	0.04	2.18	99.89	1.62	62.79	7.13
14	P1－1	酸性凝灰岩	77.98	0.14	11.81	1.27	0.21	0.03	0.00	1.00	4.10	1.73	0.02	1.76	100.05	0.97	55.07	5.83
15	P1－6	安山岩	63.64	0.63	16.99	3.68	0.57	0.07	1.82	1.69	5.92	2.03	0.22	2.44	99.70	3.06	17.57	7.95
16	P1－8	安山岩	61.50	0.61	16.38	3.21	1.19	0.05	1.17	3.74	3.88	2.57	0.23	5.84	100.37	2.25	20.49	6.45
17	P1－9	玄武安山岩	58.07	0.97	16.21	3.38	1.75	0.12	1.93	5.78	3.15	1.63	0.29	6.24	99.52	1.52	13.46	4.78
18	P1－11	凝灰熔岩	66.02	0.46	14.14	3.60	0.11	0.06	0.86	3.03	2.05	4.83	0.12	4.04	99.32	2.06	26.28	6.88
19	P1－12	石英长石斑岩	78.32	0.11	12.12	0.84	0.15	0.01	0.10	0.14	0.30	5.73	0.02	2.03	99.87	1.03	107.45	6.03
20	Y15	安山岩	57.96	0.61	16.15	3.55	1.12	0.07	2.11	5.39	3.88	2.17	0.21	6.44	99.66	2.45	20.15	6.05
21	Y32	安山岩	70.22	0.31	14.57	2.88	0.18	0.03	0.32	1.73	4.20	2.17	0.10	3.01	99.72	1.49	33.45	6.37

测试单位:沈阳地质矿产研究所实验室.

锶同位素初始值与区内容矿火山岩、矿化有关蚀变矿物十分接近,均小于 0.709,大于 0.705. 结合矿石中黄铁矿硫同位素显示的深源特点,可以推断,阿希金矿成矿的矿质主要来源于区内火山岩和次火山岩,成矿作用无疑与区内火山岩系具有密切的成因联系.

4　讨论与结论

对于吐拉苏－也里莫墩火山岩带的成因问题,前人多持岛弧观点[9,10],主要是指形成于志留纪与北天山洋俯冲作用有关的一次较大规模的火山活动. 对于以早石炭世大哈拉军山组火山活动为主体的这一起构造－岩浆活动事件,基本未有涉及. 笔者等[3]在对阿希金矿及其外围地区调研过程中,提出了吐拉苏－也里莫墩火山岩带形成于松弛拉张的陆缘环境的观点,并在此基础上提出了伊犁晚古生代火山岩区的想法[7]. 重要内容之一是在肖序常(1992)的伊犁石炭纪—二叠纪裂谷概念的基础上,将其北界扩至科古琴尔山南坡断裂. 我们认为,西天山地区浅成低温系统金矿的控矿构造——吐拉苏－也里莫墩火山岩带其实就是伊犁晚古生代裂谷的组成部分,其形成于区域松弛－拉张背景下,是伊犁裂谷早期阶段的产物.

晚古生代是西天山地区最重要的岩浆活动时期,尤以大规模火山活动为特征. 火山活动集中于伊犁构造三角区内,我们称其为伊犁晚古生代火山岩区[7]. 火山岩区界限清晰,北以科古尔琴山南坡断裂为界,南以那拉提断裂为界,宏观上构成了西宽东窄的楔型火山岩分布区(图 3). 按其时空分布特征进一步划分为 3 个带:即北带吐拉苏－也里莫墩早石炭世火山岩带;中带阿吾拉勒山中晚石炭世火山岩带和南带察布查尔－伊什基里克山石炭纪火山岩带.

表 4 大哈军山组容矿火山岩稀土元素测试结果一览表

Table 4 Rare-earth element analysis for samples of Dahalajunshan volcanic rocks

样 品	岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Y	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	∑REE	LREE	HREE	L/H	Sm/Nd	△Eu
2034 – 4	安山岩	10. 94	38. 54	2. 94	12. 22	2. 99	1. 24	3. 19	0. 54	3. 41	19. 70	0. 70	2. 0	0. 31	2. 01	0. 33	101. 1	68. 87	32. 19	2. 14	0. 245	1. 22
2034 – 9	安山岩	9. 77	15. 06	2. 57	10. 60	2. 53	1. 02	2. 64	0. 44	2. 75	15. 65	0. 55	1. 54	0. 23	1. 51	0. 24	67. 1	41. 55	25. 55	1. 63	0. 239	1. 17
2034 – 13	安山岩	12. 72	21. 44	2. 90	11. 25	2. 46	0. 95	2. 44	0. 40	2. 51	14. 42	0. 51	1. 49	0. 23	1. 58	0. 27	75. 57	51. 72	23. 85	2. 17	0. 219	1. 17
2036 – 2	安山质凝灰熔岩	30. 23	32. 18	5. 87	21. 43	4. 28	1. 38	4. 04	0. 66	4. 12	24. 03	0. 87	2. 63	0. 43	3. 10	0. 57	135. 8	95. 37	40. 46	2. 36	0. 200	1. 00
2036 – 5	安山质凝灰熔岩	10. 12	26. 95	2. 92	12. 55	3. 25	1. 22	3. 65	0. 63	4. 05	23. 77	0. 85	2. 47	0. 38	2. 53	0. 42	95. 76	57. 01	38. 75	1. 47	0. 259	1. 08
2036 – 10	英安岩	4. 78	17. 47	1. 65	7. 61	2. 17	0. 45	2. 53	0. 43	2. 77	15. 78	0. 54	1. 48	0. 21	1. 30	0. 19	59. 36	34. 13	25. 23	1. 35	0. 285	0. 59
2036 – 13	英安岩	6. 99	12. 65	1. 58	6. 11	1. 33	0. 39	1. 30	0. 21	1. 33	7. 59	0. 27	0. 77	0. 12	0. 81	0. 14	41. 59	29. 05	12. 54	2. 32	0. 218	0. 90
Y34	石英长石斑岩	15. 25	15. 84	2. 79	9. 91	1. 88	0. 18	1. 68	0. 27	1. 64	9. 34	0. 33	0. 98	0. 16	1. 11	0. 19	61. 35	45. 85	15. 70	2. 29	0. 190	0. 31
P1 – 1	酸性凝灰岩	9. 10	10. 25	1. 72	6. 16	1. 18	0. 10	1. 05	0. 17	1. 01	5. 70	0. 20	0. 58	0. 10	0. 63	0. 11	38. 06	28. 51	9. 55	2. 99	0. 192	0. 27
P1 – 6	安山岩	7. 09	11. 41	1. 72	6. 79	1. 47	0. 27	1. 38	0. 22	1. 27	6. 79	0. 22	0. 58	0. 10	0. 49	0. 10	39. 9	28. 75	11. 15	2. 58	0. 216	0. 58
P1 – 8	英安岩	4. 29	8. 86	1. 21	5. 11	1. 57	0. 22	1. 27	0. 21	1. 24	6. 77	0. 22	0. 59	0. 10	0. 50	0. 10	32. 26	21. 26	11. 00	1. 93	0. 307	0. 47
P1 – 9	玄武质安山岩	5. 66	9. 25	1. 53	6. 35	1. 52	0. 31	1. 57	0. 26	1. 60	8. 96	0. 31	0. 85	0. 12	0. 78	0. 12	39. 19	24. 62	14. 57	1. 69	0. 239	0. 61
P1 – 11	流纹质凝灰岩	14. 31	15. 16	2. 60	9. 17	1. 71	0. 23	1. 50	0. 24	1. 43	8. 05	0. 28	0. 82	0. 13	0. 90	0. 15	56. 68	43. 18	13. 50	3. 20	0. 186	0. 44
P1 – 12	蚀变石英长石斑岩	8. 2	11. 6	1. 66	6. 2	1. 32	0. 10	1. 35	0. 23	1. 51	8. 21	0. 36	1. 15	0. 20	1. 55	0. 30	44. 04	29. 08	18. 04	1. 61	0. 213	0. 23
Y15	角闪安山玢岩	4. 79	8. 03	1. 30	5. 33	1. 24	0. 20	1. 20	0. 19	1. 12	5. 59	0. 19	0. 50	0. 10	0. 39	0. 10	30. 63	20. 89	9. 74	2. 15	0. 233	0. 50
Y32	角闪安山玢岩	3. 11	5. 49	0. 79	3. 17	0. 70	0. 11	0. 66	0. 10	0. 60	3. 15	0. 10	0. 26	0. 04	0. 21	0. 03	18. 52	13. 26	5. 26	2. 52	0. 221	0. 49
球粒陨石平均值		0. 31	0. 808	0. 12	0. 600	0. 19	0. 07	0. 25	0. 04	0. 32	1. 96	0. 072	0. 21	0. 03	0. 21	0. 03	5. 253				0. 493	

测试单位:沈阳地质矿产研究所实验室. 分析方法:离子交换分离富集 – ICP 光源摄谱法,精度:0.1×10^{-6}. 球粒陨石平均值采用 W. V. Boynton(1984)推荐值,其中 Y = 1. 96,据赫尔曼(1971). 含量单位:10^{-6}.

伊犁晚古生代火山岩区火山活动始于早石炭世,终于晚二叠世. 火山活动大致上可划分为 4 个火山活动旋回. 即早石炭世的大哈拉军山旋回,中晚石炭世的东图津河(伊什基里克)旋回,早二叠世的乌郎旋回和晚二叠世的铁木里克旋回.

早石炭世火山活动代表了研究区重要的火山活动时期,以下石炭统大哈拉军山组火山岩为代表. 火山岩集中分布在南带的伊什基里克山 – 察布查尔山和北带吐拉苏 – 也里莫墩地区,主要为一套陆相 – 海陆交互相 – 海相中酸性火山岩.

中晚石炭世火山活动在整个伊犁晚古生代火山岩区都有分布,但主要集中分布在中带阿吾拉勒山和南带察布查尔 – 伊什基里克山一带,而在北带吐拉苏 – 也里莫墩带内仅有少量分布. 主要为一套浅海相基性 – 中性 – 酸性火山岩(玄武岩 – 安山岩 – 流纹岩 – 霏细斑岩)和火山碎屑岩.

早二叠世火山活动集中在中带阿吾拉勒山带,为一套陆相基性和酸性火山岩、火山碎屑岩组合,具双峰式特征. 主要岩石类型为橄榄玄武岩,杏仁状玄武岩、流纹岩和霏细斑岩以及火山碎屑岩等.

晚二叠世火山活动比较微弱,分布零散呈夹层或似层状产出,沿走向和倾向多相变为凝灰质粗砂岩等,整体上属一套山间磨拉石建造.

伊犁晚古生代火山岩时空分布上具有明显的水平或横向分带特征,体现在火山岩形在时间上则表现为中间(中带)新,两边(南带、北带)老,显示出由外而内相向分布与演化的时间、空间配置关系. 宏观上反映出拉张机制下火山活动的分布与演化特征. 西天山地区浅成低温金矿主要集中在吐拉苏 – 也里莫墩火山岩带内,同时在察布查尔山火山岩带内也有同类矿化发现❶.

前述已经提到,吐 – 也火山岩带的主体组成——下石炭统大哈拉军山组火山岩,其岩石组合类型属于玄武安山岩 – 安山岩 – 英安岩 – 流纹岩. 岩石化学成分

❶沙德铭,等. 吐拉苏 – 也里莫墩矿带金矿成矿条件与成矿规律研究. 新疆维吾尔自治区国家三〇五项目研究报告. 1999.

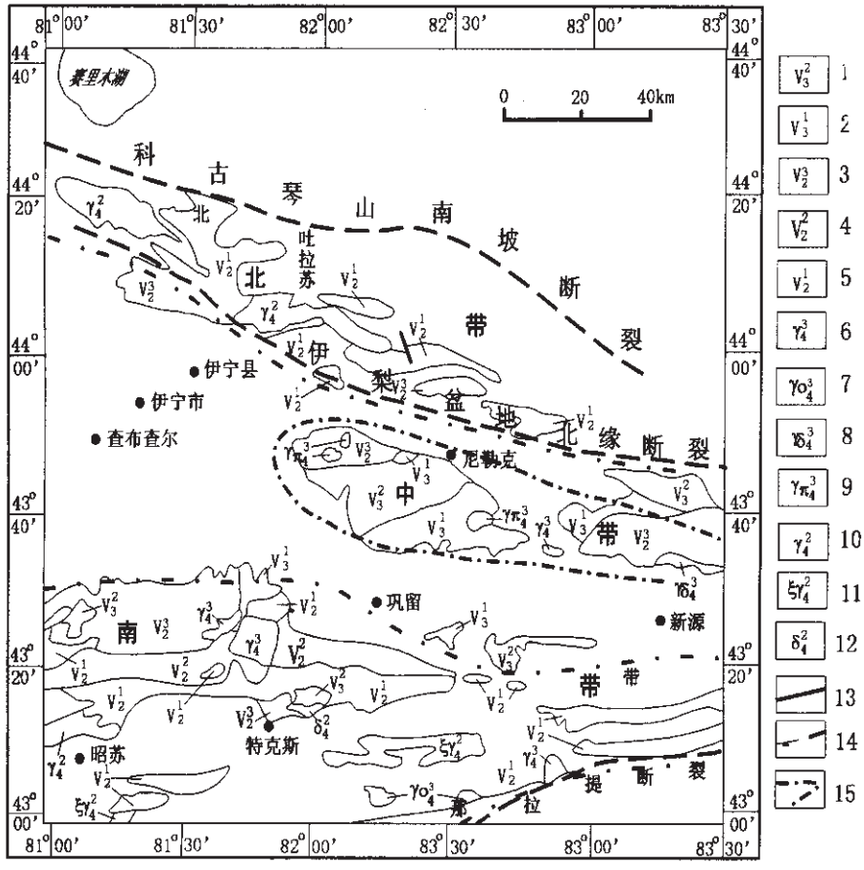

图 3　伊犁晚古生代火山岩区火山岩分布简图

Fig. 3　Distribution of Late Paleozoic volcanic rocks in Yili region

1—上二叠统铁木里克组火山岩(Upper Permian volcanic rocks);2—下二叠乌郎组火山岩(Lower Permian volcanic rocks);3—中石炭统东图津河组火山岩(Middle Carboniferous volcanic rocks);4—下石炭统阿克沙克组沉积岩(Lower Carboniferous sedimentary rocks);5—下石炭统大哈军山组火山岩(Lower Carboniferous volcanic rocks);6—海西晚期二长或黑云母花岗岩(late Hercynian monzogranite or granitite);7—海西晚期斜长花岗岩(late Hercynian plagiogranite);8—海西晚期花岗闪长岩(late Hercynian granodiorite);9—海西晚期花岗斑岩(late Hercynian granite-porphyry);10—海西中期二长或黑云母花岗岩(middle Hercynian monzogranite or granitite);11—海西中期钾长花岗岩(middle Hercynian moyite);12—海西中期闪长岩(middle Hercynian diorite);13—断裂(fault);14—推测断裂(inferred fault);15—火山构造岩带界线(boundary of volcanic-tectonic rocks)

为一套钙碱性–碱性系列火山岩组合.

岩石地球化学提供信息比较复杂. 在里特曼–戈蒂里图解中(图 4),投影点集中于 B 区——造山带火山岩区,少数成分点分布于 C 区内,且集中分布于岛弧火山岩成分线右侧 B 区和 C 区分界线附近. 从成分点排布上,仍然可以看出前述那样一个碱质增加的过程. 我们的理解是,大哈拉军山组火山岩不是单纯的一个构造环境变迁过程,换言之即为:岩石化学成分具有造山带钙碱性岩向大陆内部稳定区碱性岩过渡的特征.

稀土元素组成,大哈拉军山组火山岩稀土组成总体上属轻稀土富集型,且这种富集轻稀土特征在火山活动晚期表现尤甚. Sm/Nd 比值明显低于球粒陨石之 Sm/Nd 值(0.333),接近于大陆壳的平均稀土组成. 种种迹象表明,吐–也火山岩带是在陆壳基础上发展起来的;另外,稀土元素组成上,早期火山岩负铕异常明显,晚期(第 III 亚旋回)负铕异常不明显,甚至出现正铕异常,说明火山活动过程中,岩浆的活动过程不同,分异程度不同,很可能包含了某种程度上成岩环境的变迁.

对容矿火山岩微量元素研究结果表明,不同岩性其微量元素组成是有差别的,但配分模式却十分相似(图 5),均接近于板内过渡型玄武岩系列岩石的配分模式,以 K、Rb、Ba、Th 等大离子元素的明显富集和 Ti、Y、Yb、Sc 等明显亏损为特征. 在微量元素 Condie 图解(图 6)中,早期火山岩落在火山弧区,晚期落入板内区,显示火山作用的演化过程.

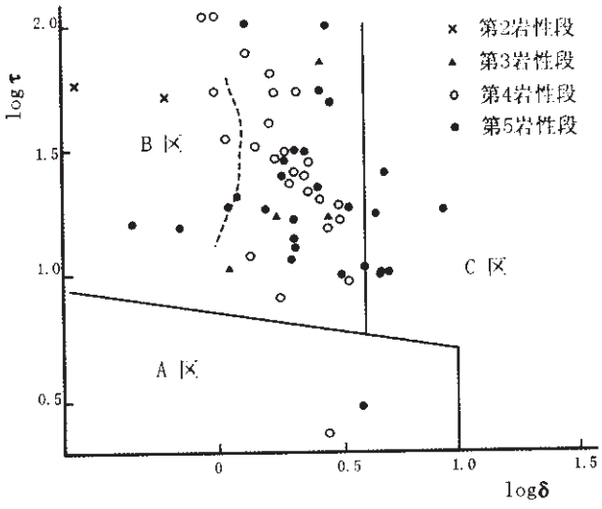

图 4 大哈拉军山组火山岩 $\log\tau - \log\sigma$ 图解

(据里特曼,1973)

Fig. 4 Rittmann diagram of Dahalajunshan fm. volcanic rocks

A—非造山带火山岩 (volcanic rocks from non-orgenic belt);B—造山带火山岩 (volcanic rocks from orgenic belt); C—A、B 区派生之碱性火山岩 (alkali volcanic rocks derived from A and B areas)

综上所述,西天山地区晚古生代浅成低温热液金矿形成的古构造环境既非安第斯型大陆边缘,也不是岛弧型大陆边缘,而是伊犁裂谷的组成部分.

5 意义

浅成低温热液矿床的概念在 Lindgren(1992) **提出后几十年里,特别是** 20 **世纪** 80 **年代以来环太平洋活动带上一系列大型、超大型金矿床的发现,得到了空前的发展. 研究此类矿床的经典地区是环太平洋成矿带**[11~16],

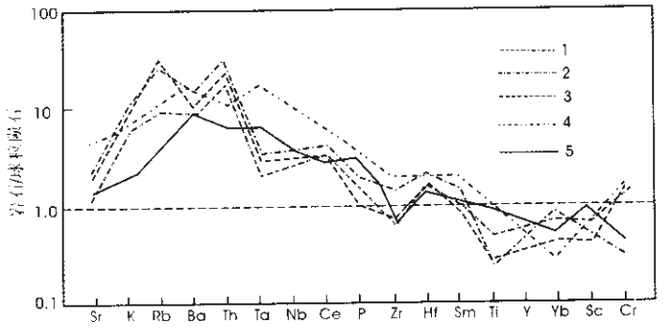

图 5 火山岩微量元素配分图

(据 Pearce,1986)

Fig. 5 Geochemical model of host volcanic rocks

(after Pearce, 1986)

1—玄武岩 (basalt);2—安山岩 (andesite);3—安山玢岩 (andesitic porphyrite);4—板内区碱性玄武岩 (intraplate alkaline basalt);5—板内区过渡型玄武岩(intraplate transitional basalt)

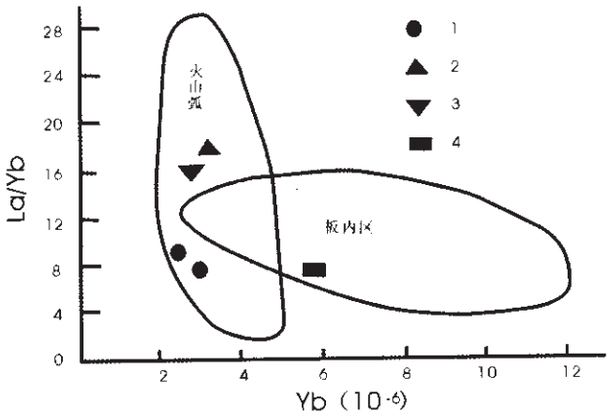

图 6 火山岩构造环境判别图

(据 Condie,1986)

Fig. 6 Diagram of tectonic settings of volcanic rocks

(after Condie, 1986)

1—第 2 岩性段(the 2nd member);2—第 3 岩性段(the 3rd member);3—第 4 岩性段(the 4th member)4—第 5 岩性段(the 5th member)

同时,俄罗斯及我国的一些研究者[18~12] **对西太平洋沿岸一些中、新生代金矿床也开展了研究工作. 可以认为,** P. Heald[12]、B. R. Berger[13]、N. C. White[14]、J. W. Hedenquist[17] **等学者以地球化学环境为准则建立的浅成低温热液金矿及其分类体系是环太平洋等新生代岛弧环境下的总结,可以视为浅成低温热液金矿第一种构造环境;中国东部 – 俄罗斯北部地区许多同类矿床则形成于古老结晶基底之上的上叠中生代火山盆地或走滑断裂火山岩带内,不仅成矿时间早,而且具有板内拉张性质,可以视为浅成低温热液系统金矿第二种构造环境;本文所述西天山地区以阿希金矿为代表的浅成低温热液系统金矿,形成于造山带基底之上的裂谷环境. 其形成时间更早,形成环境有别于环太平洋带和中国东部两种环境,可以视为浅成低温热液系统金矿的第三种成矿构造环境.**

这就意味着,浅成低温热液型金矿成矿时间上,已不再限于中新生代,而是可以进入更老的古生代;成矿环境不仅在与太平洋板块俯冲作用有关的岛弧带、板内走滑断裂火山岩带和上叠火山盆地,也可以形成于裂谷环境;找矿区域上,已经由环太平洋、环地中海带而进入亚大陆内部古生代造山带区域.

参考文献:

[1] 刘洪林,董连慧. 阿希金矿地质特征及成因初探[J]. 新疆地质,1994,10(2):110—119.

[2]李本海,薛秀娣. 新疆阿希金矿 I 号脉矿床矿石特征及其成因意义[J]. 新疆地质,1994,12(2):146—156.
[3]毋瑞身,田昌烈,杨芳林,等. 新疆阿希地区金矿概论[J]. 贵金属地质,1996,5(1):5—21.
[4]沙德铭. 西天山阿希金矿流体包裹体研究[J]. 贵金属地质,1998,7(3):180—188.
[5]沙德铭,毋瑞身,田昌烈,等. 西天山阿希古破火山口构造及其控矿意义[J]. 地质论评,1999,45(增刊):1088—1094.
[6]翟伟,杨荣勇,漆树基,等. 新疆伊宁县伊尔曼得热泉型金矿地质特征及成因[J]. 矿产地质,1999,18(1):47—54.
[7]沙德铭,毋瑞身,田昌烈,等. 西天山吐拉苏－也里莫墩矿带金矿成矿条件与成矿规律[A]."九五"全国地质科技重要成果论文集[C]. 北京:地质出版社,2000. 247—250.
[8]董连慧. 阿希金矿主要蚀变类型及其与金矿化关系[J]. 地质与资源,2001,10(3):129—132.
[9]肖序常,汤耀庆,冯益民,等. 新疆北部及其邻区大地构造[M]. 北京:地质出版社,1992.
[10]张良臣,等. 中国新疆板块构造与动力学特征[A]. 新疆第三届天山地质矿产讨论文选集[C]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社,1995.
[11]李华芹,谢才富,常永亮,等. 新疆北部地质演化及成岩成矿规律[M]. 北京:科学出版社,1998. 107—127.
[12]Heald P, et al. Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits: acid-sulfate and adularia-sericite types [J]. Economic Geology, 1987, 82(1): 1—22.
[13]Berger B R, Henry R W. Advances in the understanding of epithermal gold-silver deposits, with special reference to the Western Uneted State [J]. Economic Geology, 1989, Monograph, 6: 405—423.
[14]White N C, Hedenquist J W. Epithermal environments and styles of mineralization-variation and their cause, and guidelines for exploration[J]. Jour. Geochem. Exploration, 1990, 36: 445—474.
[15]Henley R W. Epithermal gold deposits in volcanic terranes [A]. In: Foster R P, Blackie, eds. Gold Metallogeny & Exploration[C]. 1991. 133—164.
[16]毋瑞身. 低温浅成热液金矿若干问题探讨[J]. 贵金属地质,1993,2(1):47—53.
[17]Hedenquist J W, Arribas A, Reynolds J. Evolution of an intrusion-centered hydrothermal system: Far Southeast-Lepano porphyry and epithermal Cu-Au deposits, Philippines [J]. Economic Geology, 1998, 93(4): 373—404.
[18]应汉龙. 浅成低温热液金矿床的全球背景[J]. 贵金属地质,1999,8(4):241—250.
[19]李之彤. 我国东部中(新)生代火山热液型金矿地质特征[A]. 金矿地质论文集[C]. 北京:地质出版社,1986. 5—14.
[20]林宝钦. 中国东部冰长石－绢云母型低温浅成热液金矿[J]. 贵金属地质,1992,1(4):199—206.
[21]陈仁义,芮宗瑶. 五凤浅成热液金矿床地质特征及成矿机理[J]. 矿床地质,1993,12(1):20—28.
[22]胡受奚,王鹤年,王德滋,等. 中国东部金矿地质学及地球化学[M]. 北京:科学出版社,1998. 300—334.
[23]陆志刚,陶奎元,谢家莹,等. 中国东南大陆火山岩地质与矿产[M]. 北京:地质出版社,1997. 248—256.

A PRELIMINARY ANALYSIS ON THE EPITHERMAL GOLD DEPOSITS IN WEST TIANSHAN MOUNTAINS, XINJIANG:
Geochemical Characteristics of Host Rocks and Ore-forming Environments

SHA De-ming[1,2], DONG Lian-hui[3], WU Rui-shen[2], Tian Chang-lie[2], Jia Bin[1,2]

(1. *Northeast University, Shenyang* 110004, *China*; 2. *Shenyang Institute of Geology and Mineral Resoureces, Shenyang* 110033 *China*; 3. *Xinjiang Bureau of Geological Survey, Urumchi* 830000, *China*)

Abstract: Axi gold deposit and its peripheral deposits Yiermande, Jingxi, Qiabukanzhuota, etc., which were found in succession in the Yili Late Paleozoic volcanic rock province in the north section of West Tianshan Mountains, are considered as epithermal mineralizing type, and furtherly divided into adular-sericite sub-type and silicated rock sub-type. The gold deposits are formed in Tulasu-Yelimodun volcanic belt of Yili Late Paleozoic rift, hosted by the acid-intermediate to intermediate-basic volcanic rocks of Lower Carboniferous Dahalajunshan Formation, which belongs to calc-alkalic/alkalic series, characterized by rich silicon and sodium and poor potassium, aluminum, magnesium and calcium. The host rocks with medium contents of rare earth elements ($\sum$REE = 41.59×10^{-6} – 135.83×10^{-6}) belong to LREE-riched type (LREE = 29.05×10^{-6} – 95.37×10^{-6}) with fairly high REE fractionation. And the host rocks enriched with macro-ion elements of K, Rb, Ba and Th while lacking of Ti, Y, Yb, Sc etc. are similar to the intraplate transitional basaltic rocks. With $^{206}Pb/^{204}Pb$ 17.5269 – 18.6644, $^{207}Pb/^{204}Pb$ 15.1073 – 16.0108 and $^{208}Pb/^{204}Pb$ 37.3670 – 38.1958, the lead-isotope contents of host volcanic rocks and ores show their crust-mantle mixed origin. The strontium-isotope initial

ratios of Au-bearing quartz vein, host volcanic rocks and mineralization-related altered minerals are very closed from 0. 705 to 0. 709, showing the close genetic relation between metallogenism and volcanism. By analyzing the characteristics of metallogeno-geochemistry and the distribution of host volcanic rocks, this paper reveals the internal relations between the metalloginism and the host volcanic rocks, confirms the Au-forming environment of intracontinental rift, sets up the third metallogenitic setting and develops the ore-exploration regions of the epithermal gold deposits.

Key words: Epithermal gold deposit; host volcanic rocks; geochemistry; metallogenetic environment; Yili Late Paleozoic rift; West Tianshan Mountains

作者简介 :沙德铭(1962—),男,研究员,现为东北大学博士研究生,从事矿产地质研究工作,通讯地址 沈阳市北陵大街 25 号,邮政编码 110033,E-mail//sysdeming@ cgs. gov. cn

(上接第 200页)

作者简介 :邢德和(1962—),男,副研究员,1987 年毕业于河北地质学院,主要从事区域矿产、区域地质调查研究工作,现为吉林大学博士研究生,通讯地址 沈阳市北陵大街 25 号,邮政编码 110033,E-mail//syxdehe@ cgs. gov. cn