

刺猬沟金矿火山岩的地球化学特征 及其与成矿的关系

秦 敏 琪

(冶金部天津地质研究院)

本文通过研究吉林刺猬沟矿床地质特征、岩石化学、微量元素、同位素和稀土元素地球化学,探讨了金矿与火山岩的成因联系。

关键词: 吉林刺猬沟金矿; 火山岩地球化学; 矿床成因

矿区地质概况

矿区位于吉林省汪清—金仓构造—火山洼地的西部、刺猬沟破火山口内(图1)。火山口和破火山口受汪清—金仓深断裂与南北向轴部大断裂及北西

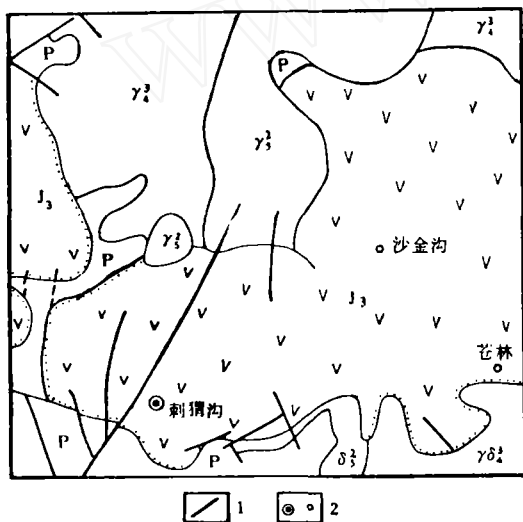


图1 刺猬沟金矿区地质略图

J—侏罗系火山岩; P—二叠系变质岩; γ_2 —钾长花岗岩; δ_3 —闪长岩; γ_3 —斜长花岗岩; γ_4 —花岗闪长岩; 1—断层; 2—矿床及矿点

向断裂等基底构造控制。矿床由3条含金石英方解石脉体组成,脉体大部分位于侏罗纪安山质角砾熔岩中,严格受火山机构控制。矿体多赋存于脉体拐

弯处和膨大部位的条状石英方解石脉和粒状石英脉中,其形态、规模、产状等受破火山口内放射状断裂中的追踪张扭断裂裂隙控制。形成于燕山早期。

火山洼地基底为呈北北东向(北部)和南南向(南部)紧密褶皱的,由二叠系浅变质的海相、海陆交互沉积岩,夹少量碎屑岩和中酸性火山喷发岩层组成。侏罗系中酸性陆相火山岩层以角度不整合覆盖其上。本区火成作用强烈,尤以燕山期火山作用晚期形成的小型中酸性侵入体及火山岩与金、多金属矿化关系密切。

火山岩的地球化学特征

1. 岩石化学特征

本区所见火山产物,系一套晚侏罗世多旋回、多阶段喷发的大陆火山岩系(Rb-Sr等时年龄为147.5Ma)。这套火山岩岩性复杂,岩石化学成分测试表明(表1), SiO_2 变化较大,从不饱和到过饱和,富碱、铁和镁等。据计算, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 值一般小于1(大多在0.4~0.95之间), $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 5.817$ (平均),近于杰克斯(1972)划分的大陆边缘的钙碱性火山岩系列。应用R.W.勒梅特的TAS图解分析,本区火山岩近40个样品绝大部分落在玄武安山岩、安山岩、英安岩、流纹岩区内(图2),结合野外地质特征分析,本区火山岩应归属玄武安山岩—安山岩—英安岩—流纹岩组合类型。

• 本文在1988年11月中国金属学会冶金地质青年科技工作者首届学术报告会上被评为优秀论文。

刺洞沟金矿区火山岩平均化学成分表

表 1

岩石名称	岩石化学平均值 (%)											SI
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	
玄武安山岩	57.46	0.75	17.29	2.93	3.62	0.14	3.20	7.00	3.78	1.83	0.27	21
(辉石、角闪、斜长)安山岩	58.97	0.70	16.94	3.44	2.76	0.09	3.26	4.53	3.74	1.95	0.22	21.43
安山质岩石	59.93	0.56	15.64	2.20	2.77	0.09	2.91	4.69	3.38	2.88	0.18	19.28
英安岩	73.80	0.19	13.09	0.85	1.31	0.07	0.53	1.42	3.46	4.18	0.06	5.13
流纹岩	73.82	0.20	11.89	0.70	1.10	0.043	0.47	0.31	1.30	3.58	0.04	6.73
次火山岩	57.65	0.70	16.88	2.46	4.50	0.10	3.13	5.13	3.24	2.75	0.24	18.33

注：由40个样品分类平均的结果。

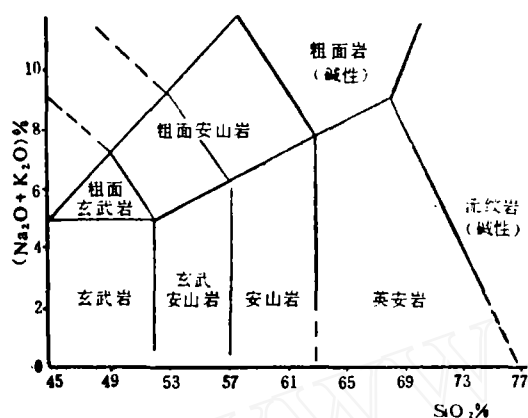


图 2 全碱和氧化硅 (TAS) 图解

行广松久 (1979) 等人研究发现, 纯分异演化的火山岩系, 其主要氧化物与固结指数的 $\log SI$ 值呈线性关系。应用氧化物— $\log SI$ 图解分析本区火山岩, 由图 3 可知, b、c 两图明显不呈线性关系, 而 d、e 则基本上呈线性关系, a 图次之。说明当火山岩浆上升时与围岩广泛的接触, 发生了同化混染作用。Al、Ca 影响明显, SiO_2 影响较小, 而 Mg、K、Na 的影响甚微, 所以 d、e 两图仍呈线性关系。这与本区的地质情况, 基底为一套浅变质的海相、海陆交互沉积岩地层, 总体为富 Al、Ca 而贫 K、Na 的特点相一致。

2. 同位素地球化学特征

本区火山岩的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值为 0.70503 ± 0.00009 (刘文达, 1986), 属玄武岩区范围, 略高于未被混染的现代洋岛玄武岩的平均值 (0.7037), 但低于被认为是混染成因的新西兰火山岩 (0.7055)。这说明本区火山岩浆源于上地幔, 可能在上升运移过程中有部分地壳物质混染。

3. 微量元素特征

24

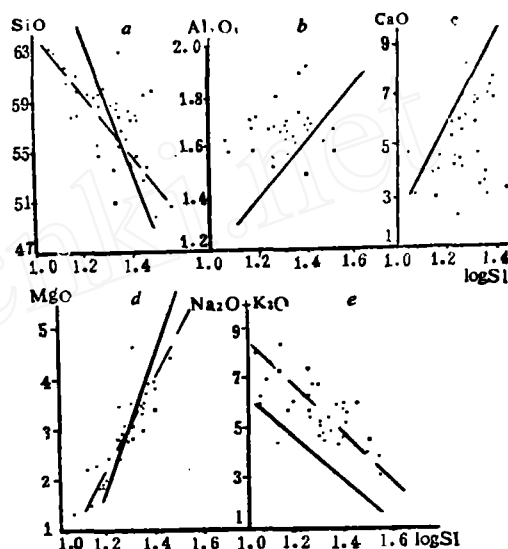


图 3 氧化物— $\log SI$ 图解

(实线为日本八丈岛火山岩系趋势线)

从表 2 可以看出, 某些微量元素在火山岩中含量很高, 大多高于维诺格拉多夫 (1932) 同类岩石含量的几至几十倍, 其中 Au、Ag 的含量尤高, 这就为金矿的形成创造了条件。聚类分析的结果表明 (图 4), Au 与 As、Zn 关系较为密切, Ag 与 W、Mo、Te 相近。由此认为, As、Zn 可作为该金矿床的指示元素。

4. 稀土元素特征

本区 3 件稀土样品的分析结果 (表 3) 表明, 2 个安山质熔岩的 ΣREE 分别为 75.16 和 64.50, 而蚀变角砾岩的 $\Sigma REE < 20.21$, 这可能是受强烈蚀变之故。可是它们的 $\Sigma LREE / \Sigma HREE$ 值很接近 (见表 3)。从图 5 可以看出, 它们的稀土分布型式

微量元素含量表 (ppm)

表 2

类型	样号	名 称	Au	Ag	As	Sb	Cu	Pb	Zn	B	V	Tc	W	Mo
矿	1	方解石石英脉	1.74	1.00	4.47	0.58	45	8	47	13	73	0.4	1.86	1.00
	2	褐铁矿方解石石英脉	1.48	5.05	10.40	25.30	255	20	36	5	<20	2	0.64	0.64
	3	方解石石英脉	4.29	41.15	3.02	2.25	39	39	14	5	<20	16	0.93	0.64
	4	石 英 脉	2.25	4.25	7.35	3.00	52	14	13	5	29	1.2	1.86	0.97
	5	石 英 脉	0.55	98.75	2.44	1.17	72	17	19	5	21	15	1.04	4.0
	6	方解石石英脉	0.28	10.19	9.10	6.95	62	43	26	15	<20	5	0.87	1.57
岩	1	安山质熔岩	0.032	0.25	2.01	0.79	34	8	78	5	83	0.5	0.25	0.25
	2	安山质熔岩	0.038	0.62	5.75	0.79	21	6	72	22	90	0.6	2.9	0.72
	3	角闪安山质熔岩	0.033	0.59	1.23	1.13	29	3	68	14	63	0.9	1.38	0.5
	4	蚀变安山岩	0.019	0.50	3.47	7.29	49	3	67	68	104	0.6	2.20	0.25
	5	蚀变角闪安山岩	0.039	0.50	0.81	0.41	44	17	50	5	104	0.6	1.16	0.50
	6	安山质熔岩	0.55	0.51	5.27	0.50	30	8	65	5	101	0.6	1.04	0.25
维诺格拉多夫 (1962)	基性岩	玄武岩	0.006	0.1	2		100	8	130				1	1.4
	中性岩	闪长岩		0.07	2.4		35	13	72				1	0.9
	酸性岩	花岗岩	0.0045	0.05	1.5		20	20	60				1.5	1

冶金部天津地质研究院分析室, 1985。

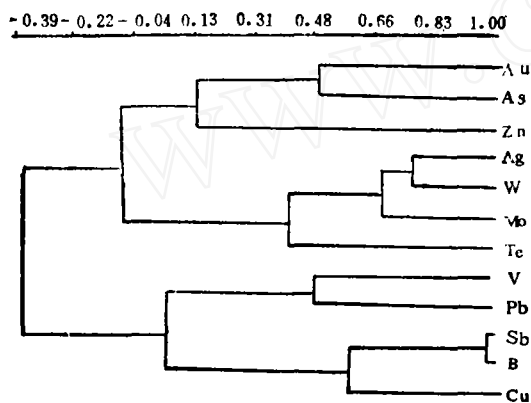


图 4 岩石微量元素聚类分析谱系图

较为相似, 且Sm/Nd值小于0.33 (0.2左右), 属轻稀土富集型分布模式。而Eu/Eu*值在0.93~0.99之间 (接近1), 稀土分布曲线在Eu处也较平缓, Eu亏损甚微, 这可能指示岩浆分异程度不高, 且碱性较强。Sm/Nd值小于0.3, 说明本区火山岩为壳幔混合型, 大地构造环境为活动大陆边缘, 这与前面的结论是一致的。

火山岩与成矿的关系

1. 矿床位于破火山口内, 矿体受火山机构的严格控制, 并直接赋存于侏罗系安山质角砾熔岩

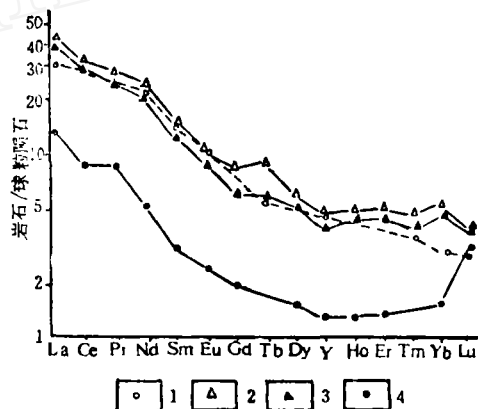


图 5 安山质熔岩球粒陨石标准化稀土模式图

1—蚀变角砾岩 (85ch-4); 2—安山质熔岩 (85c-6); 3—安山质熔岩 (85c-10); 4—北智利安山岩

中, 当其沿走向和倾向延伸至二叠纪地层时, 迅速变窄, 趋于尖灭。这是由于侏罗纪安山质角砾熔岩、安山岩性脆, 受力后易破碎, 利于矿液充填和集中的缘故。

2. 矿石中硫同位素 $\delta^{34}\text{S}\%$ 值一般在-3.4~+5.8之间, 多数在+2~+4之间^①, 与南京铜井火山岩铜矿的 $\delta^{34}\text{S}\%$ 值(+1.8~+4.7)接近, 也

①据吉林地质局黄金所资料, 1982。

稀土元素分析结果表(ppm)

表 3

岩石名称(编号)	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
蚀变角砾岩 (85ch-4)	4.21	8.36	1.05	3.37	0.67	0.19	0.63	<0.3	0.53	<0.1
安山质熔岩 (85c-6)	13.97	31.39	3.41	14.67	2.96	0.76	2.58	0.45	2.10	0.39
安山质熔岩 (85c-10)	12.30	27.31	2.93	12.24	2.49	0.63	2.11	0.34	1.72	0.32
岩石名称(编号)	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	ΣL·ΣH	Sm·Nd	Eu·Eu*	
蚀变角砾岩 (85ch-4)	0.30	<0.1	0.30	<0.1	2.71	<20.21	7.56	0.199	0.99	
安山质熔岩 (85c-6)	1.13	0.16	1.07	0.12	11.19	75.16	8.40	0.202	0.93	
安山质熔岩 (85c-10)	0.95	0.14	0.90	0.12	9.16	64.50	8.77	0.203	0.94	

冶金部天津地质研究院分析室, 1985。

类似于美国亚利桑那州迪亚布洛峡谷铁陨石值, 属上地幔物质派生的, 与本区火山岩的Sr初始比值得出的结论一致。由此可以推断, 金矿床含矿热液的形成与火山岩浆的分异演化有关, 属同源产物。

3. 火山岩中部分微量元素含量较高, Au、Ag尤为明显, 这对提高其在热液中的浓度, 并富集成矿, 是一个有利的因素。从矿石中Zn、B、Cd、V、W的含量比岩石中减少, 而Au、Ag、As、Cu等明显增高, 说明成矿热液稍晚于火山岩生成。当热液上升到火山岩中的有利构造部位时, 可使金等元素进一步活化、富集并形成矿体。

4. 据吉林省地质局黄金研究所资料(1982), 矿区成矿前的流体为强还原环境。在主要成矿阶段的后期出现少量硫酸盐类矿物(如重晶石等), 说明成矿溶液处于弱氧化环境。由此可以看出, 金矿是在强还原向氧化环境演化过程中的弱氧化条件下形成的。依据成矿过程中的蚀变类型和不同期的矿物组合, 推断成矿溶液是由碱性向酸性方向演化的, 而金是在中性到酸性介质中富集沉淀的。

结 论

1. 根据火山岩⁸⁷Sr/⁸⁶Sr值和稀土元素、岩石化学特征, 本区火山岩浆源于上地幔, 并在上升和运移过程中有壳源物质混染。再加上火山岩在造岩矿物相上的不平衡, 尤其是辉石斑晶形成于地下深部和单斜辉石与较酸性的斜长石共生这一特点,

更说明了这一结论。但是, 本区火山岩不是单一阶段形成的, 而是多旋回、多阶段的产物。

2. 未被混染的现代洋岛玄武岩⁸⁷Sr/⁸⁶Sr值大约在0.702~0.706之间, 可代表上地幔源区的现代⁸⁷Sr/⁸⁶Sr值。而本区火山岩的⁸⁷Sr/⁸⁶Sr值在洋岛玄武岩区范围内。由本区火山岩和大洋玄武岩比较说明, 消减洋壳可能为本区火山岩的直接来源。与北智利板块边缘的安山岩比较, 两者的球粒陨石标准化稀土型式极为相似(见图5)。这与新观点相一致, 即当太平洋板块的运动速度以大于2.5cm/年向陆块下面俯冲于上地幔时, 大约处于深100~150公里、压力为30~45kb的消减洋壳局部熔融, 形成了本区火山岩浆。

3. 本区火山岩是成矿物质的主要来源, 成矿稍晚于火山岩的生成。含矿热液的形成与火山岩的分异演化有关, 并同源于火山岩。当期后热液运移上升时, 使火山岩中的成矿物质进一步活化富集, 在有利的构造部位沉淀而形成矿体。

本文工作过程中, 得到了李兆龙、许文斗、庞文忠等同志的指导和帮助, 谨表谢意。

主要参考文献

- [1] 王人镜, 《岩石化学》, 武汉地质学院, 1981年。
- [2] R.W. 勒梅特, 国外地质科技, 1985, 第6期, 第66~78页。
- [3] 李文达, 《稀土元素在矿床研究中的应用》, 北京, 地质出版社, 1987年。