

白银地区细碧石英角斑岩地球化学特征 ——兼谈白银板块构造环境

蒋心明 从桂新

(冶金部天津地质研究院)

关键词: 细碧石英角斑岩; 地球化学特征; 板块构造环境; 白银地区

提 要: 白银地区细碧石英角斑岩具有高钠低钙、富水的特点。地球化学成分与世界其他地区细碧角斑岩基本接近,而明显地区别于正常玄武岩。在里特曼岩系指数图上,细碧岩是一条斜率较大、碱性程度较高的曲线;石英角斑岩是一条斜率较小、碱性程度较低的曲线。从各种岩石的氧化物含量、比值和化学图解看出,其原岩为钙—碱系列岛弧玄武岩。据微量元素含量和图解、稀土元素标准化模式和稀土比值也得出与岛弧大陆拉斑玄武岩一致的结论。因此,该区为弧—沟系敛合型的岛弧及其活动的大陆边缘。

一、引 言

前人曾对白银地区细碧石英角斑岩的地球化学做了大量工作,把细碧石英角斑岩分成细碧岩、角斑岩、石英角斑岩及其相应的凝灰岩。但尚缺少系统的地球化学研究报导。笔者用大型X 荧光光谱分析方法,做了40个岩石全分析,并收集了270个样品数据,做为该文主元素研究的对象;用X 荧光光谱法做了5499项微量元素定量分析;用等离子体直读光谱法做了12个稀土元素分析。总结了该区细碧石英角斑岩的地球化学特征和该区所处的板块构造环境。

二、地质概况

白银中部成矿带属北祁连加里东地槽东段,是向南俯冲的北祁连板块构造“敛合”残留的岛弧。区内岩浆活动频繁,以海底细碧石英角斑岩浆活动为主,亦有少量基性至酸性岩浆侵入。沿成矿带走向方向,以石膏洞为界,西部以基性火山岩为主,夹杂少量碱性火山岩;东部以酸性火山岩为主,上部发育大量钾细碧岩和钠细碧岩。

白银地区岩层可划分为四个火山旋回,第一旋回为中基性火山喷发,形成一套细碧岩和细碧凝灰岩。第二旋回为中酸性、以强烈爆炸式为主,形成石英角斑岩类。第三旋回以基性、中基性宁静喷发为主。第四旋回以基性喷发为主(表1)。

细碧石英角斑岩主要有钠细碧岩、钾细碧岩、细碧凝灰岩、角斑岩、石英角斑岩和石英角斑凝灰岩组成。由于岩石受火山口喷发物和陆源物所控制，相变较为强烈，可见清楚的过渡现象。

表1 白银地区及其外圍中寒武纪地层火山旋回表*

Table 1 The division of middle Cambrian stratigraphy and volcanic cycles in Baiyin and surrounding areas

统	岩组	旋迴	接触性质	厚度 (m)	岩石类型	喷发性质	喷发类型	备注
中	大井子沟组	IV 旋迴 (基-中基性旋迴)	喷发间歇	>700	细碧岩及其凝灰岩, 角斑岩及其凝灰岩	混合式喷发	裂隙型喷发	分布于石岗沟、六公里一带。
				700—1000	枕状细碧岩、钾细碧岩、球状细碧岩及其凝灰岩, 角斑岩及其凝灰岩、钾角斑凝灰岩	喷溢为主、时有混合式喷发		折腰山、陶家庄~大井子沟、铁匠石北, 长川子沟南东段、李家大沟、大洞沟
寒	双洞峡组	III 旋迴 (中性、基性-中性旋迴)	喷发间隙	>600	石英角斑凝灰岩沉积岩		中心类型喷发为主	六公里一带折西、胜家梁、大井子沟以南
				175—520	角斑岩为主夹角斑凝灰岩, 偶夹石英角斑岩			双洞峡-石照子
				412	角斑岩、细碧岩及其凝灰岩和钙质绢云片岩	混合式喷发及喷溢和喷发		铜厂沟北、缸沟、火焰山南, 牌楼沟、黑石山马鞍桥、石照子、双洞峡
统	白银矿山组	II 旋迴 (酸性旋迴)	连续喷发	150	石英角斑凝灰岩、石英角斑熔集块岩、石英角斑凝灰熔岩、凝灰质千枚岩	强裂喷发为主、时有混合式喷发	中心类型喷发为主	折北
				400	石英角斑凝灰熔岩、石英角斑岩、无英斑石英角斑岩	混合式喷发为主、时有喷溢和喷发		白银矿区、黑石山、车沟沟南侧
				450	石英角斑凝灰岩	喷溢和强裂喷发		白银矿区
	房子沟组	I 旋迴 (基-中性)	喷发间歇		细碧岩及其凝灰岩	喷溢为主、时有混合式喷发	裂隙型	房子沟、放羊沟、四个圈西等地

* 根据冶金地质三队84年地质报告改编而成。

三、岩石地球化学特征

(一) 细碧石英角斑岩主元素地球化学特征

该区细碧石英角斑岩平均化学成分列于表2。由表2可知，不同地区的细碧岩成分变化稍大，这可能与原岩成分或变质交代改造有关。该区细碧岩的化学成分与世界细碧岩化学成分平均值（宋叔和，1864；赖思德曼，1973）基本接近。

表 2 白银地区细碧石英角斑岩与世界细碧角斑岩化学成分对比表
Table 2 The comparison of chemical composition of spilite—quartz—keratophyre in Baiyin area and other areas of the World

地区	岩石	岩石化学成分 %														灼烧	总量			
		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	CO ₂	SO ₃	SO ₂			S	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻
白银地区	钠细碧岩	47.66	0.88	16.52	2.94	5.63	0.14	4.51	6.00	4.37	1.31	0.27	1.82	0.45	0.002	0.084	2.54	0.13	3.93	99.38
白银地区	钾细碧岩	52.53	0.73	16.50	1.96	5.26	0.113	3.01	4.53	3.67	6.08	0.62	1.23	0.16		<0.01	2	0.12	2.3	100.2
全球 (宋叔和)	细碧岩	49.84	1.49	15.84	3.79	6.14	0.16	5.14	6.56	4.50	0.98	0.19	1.52				1.96	0.45		99.68
全球 (Vallance)	细碧岩	49.65	1.57	16.00	3.85	6.08	0.15	5.10	6.62	4.29	1.28	0.56	1.63				3.49			100.27
乌拉尔 全球	细碧岩	47.75	0.87	19.82	4.14	6.36	0.19	4.88	2.37	0.35										
(戴里1933)	玄武岩	49.06	1.36	15.70	5.38	6.37	0.31	6.17	8.95	3.11	1.52	0.45					1.62			100.00
白银地区	角斑岩	67.35	0.46	13.39	1.76	3.23	0.092	2.13	2.62	3.84	1.07	0.14	1.95	0.065			1.7	0.95	0.3	100.9
全球 (戴里)	角斑岩	61.51	0.45	17.37	1.92	3.25	0.01	1.26	1.08	5.23	5.29									
全球 (戴里)	英安岩	65.68	0.57	16.25	2.38	1.90	0.06	1.41	3.46	3.97	2.76									
白银地区	石英角斑岩	75.92	0.18	12.45	1.39	0.95	0.05	0.74	1.45	4.52	1.21	0.07	0.67				0.52	0.16		100.27
白银地区	石英角斑凝灰岩	73.09	0.20	12.50	0.28	1.65	0.03	1.80	1.55	2.13	2.43	0.05	1.07	0.25						100.88
全球 (宋叔和)	石英角斑岩	78.58	0.30	13.27	1.26	1.34	0.03	0.87	1.24	5.77	0.81	0.13	0.12							100.1

备注：资料主要来源于甘肃冶金地质队历年所做岩石化学全分析，其次西北地质研究所、西冶所、地料院和李慧、李惠民、冶金部天津地质研究所。

该区细碧石英角斑岩系中，钠细碧岩、角斑岩、石英角斑岩的标准矿物 Or 含量在 10% 左右，石英角斑凝灰岩稍高，钾细碧岩 Or 含量最高达 38%。钠细碧岩、角斑岩、石英角斑岩的钾长石含量均小于 12%，与钙碱性火山岩系、钠细碧角斑岩系相当。标准矿物 Ab 的含量以石英角斑岩最高，达 66.4%，其次是石英角斑凝灰岩、角斑岩、钠细碧岩，钾细碧岩最低，为 30.9%。标准矿物 An 的含量顺序为钠细碧岩最高 47.9%，其次是角斑岩、钾细碧岩、石英角斑凝灰岩和石英角斑岩。该区细碧岩、角斑岩、石英角斑岩的钾长石与世界细碧角斑岩系的钾长石平均值接近，只是钙长石相对高，其原因，有可能是原岩的钙成分较高或碳酸盐化的钙变成了钙长石分子。

为了解白银地区火山岩带的碱度，笔者用各类岩石的 SiO₂、Na₂O、K₂O 的含量，按照里特曼指数 $\delta = \frac{(Na_2O + K_2O)^2}{SiO_2 - 43}$ 进行计算，求出钠细碧岩 $\delta = 3.56$ ，钾细碧岩 $\delta = 10.29$ ，角斑岩 $\delta = 1.03$ ，石英角斑岩 $\delta = 1.01$ ，石英角斑凝灰岩 $\delta = 0.68$ ，并把各类岩石的 (Na₂O + K₂O) 与 SiO₂ 的数值投影在里特曼岩系指数图上 (图1)。投影点集中为两群，钠细碧岩和钾细碧岩为一群，钠细碧岩在下，钾细碧岩在上。角斑岩、石英角斑岩及石英角斑凝灰岩为一群。角斑岩的 SiO₂ 含量比石英角斑岩稍低。石英角斑凝灰岩较为分散。用趋势线来表示，细碧岩类是一条斜率较大，碱性程度稍高的曲线；角斑岩和石英角斑岩类是一条斜率较小，碱性程度较低的曲线。

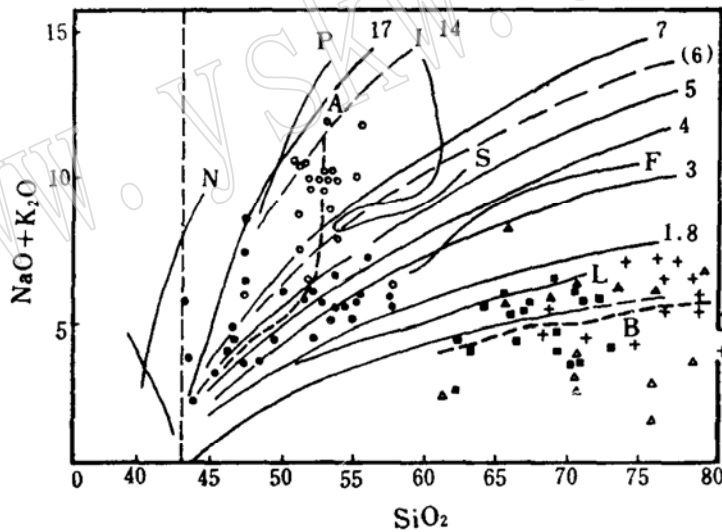


图 1 里特曼岩系指数图(依 A. Rittmann, 1962)

Fig 1 Rittann petrological index diagram

L、F、S、I、P、N 六条线为里特曼选用的六个代表性岩系的投影。L—钙性岩系：美国拉森峰 $\delta = 1.65$ ；F—钙碱性岩系：美国归金山 $\delta = 3.14$ ；S—碱钙性岩系：苏格兰 $\delta = 6.11$ ；I—碱钙性（钾）岩系：意大利伊斯基亚岛 $\delta = 8.67$ ；N—碱性（钠）岩系乌干达纳帕克 $\delta = 122.00$ ；A—白银地区钠细碧岩和钾细碧岩投影点连线；B—白银地区角斑岩、石英角斑岩投影点连线
○钾细碧岩；●钠细碧岩；■角斑岩；+ 石英角斑岩；▲石英角斑凝灰岩

根据里特曼指数和皮科克岩系划分对照 (表3)，说明该区钠细碧岩系属碱钙性岩系，钾细碧岩属碱性岩系，而角斑岩、石英角斑岩、石英角斑凝灰岩属钙性岩系，虽然缺失钙碱性岩系，但从其他图解中可知，细碧石英角斑岩系应是连续演化过程。

表3 里特曼指数和皮科克岩系划分对比表

Table 3 The Comparison of the Rittman index and Peacock rock classification

皮科克划分的岩系	碱性	碱钙性	钙碱性	钙性
皮科克钙碱系数值	51	56	61	
里特曼岩系指数值	9	3.3	1.8	
里特曼划分的岩系	碱性大西洋型 (钠质) 地中海型 (钾质)		$\sigma^- = 4$	钙碱性太平洋型

在AlK—Fe—Mg图(图2)解中,该区细碧岩、石英角斑岩都落入钙碱性系列岩石的范畴。沿AlK边演化,从细碧岩到石英角斑岩Mg和Fe的含量略有减少,AlK显著增加。这与拉斑玄武岩的AlK—Fe—Mg演化趋势是一致的。在TiO₂—SiO₂变异图(略)中,钠细碧岩和钾细碧岩大部分都集中在陆缘或岛弧玄武岩中。

(二) 细碧石英角斑岩微量元素地球化学特征

该区各类岩石微量元素与A.Π.维诺格拉多夫(1962)统计的微量元素在岩石中的丰度(表4、图3)进行对比,该区造矿元素铜与对应的基性岩、酸性岩、沉积岩基本类似,Zn明显低,铅又明显地高。V、Cr、Mn、Co、Y与对应的基性岩、中性岩、酸性岩也基本类似。但该区的Ti、Sr、Ni明显地低于对应的各类岩石。Zr、Ba在该区各类岩石中显示较高的异常,其中钾细碧岩中的Zr高出基性岩的13倍,钠细碧岩中的Ba是基性岩的17倍。

某些微量元素不受风化及浅变质的影响,利用这一特征作图,以达到鉴别各类玄武岩的性质及其板块构造环境。在log Ti—log Cr(ppm)变异图、Zr—Ti/100—Y×3三角图、Zr—Ti/100—Sr/2三角图、Ti—Zr变异图、Zr/Y—Zr变异图等五种图解中,细碧岩绝大多数落在钙碱玄武岩区或岛弧拉斑玄武岩区,与印度尼西亚、日本北海道、几内亚北部玄武岩类似。

(三) 细碧石英角斑岩稀土元素地球化学特征

细碧石英角斑岩稀土元素特征值(表5)和标准化模式图都反映了细碧岩类和石英角斑岩类具有一定的共性。除硅化细碧凝灰岩外,稀土总量都在57.51—139.95之间。均为富铈、富轻稀土型或铈无亏损的轻稀土富集型。La/Sm比值(最小为1.56)都远大于大洋洋

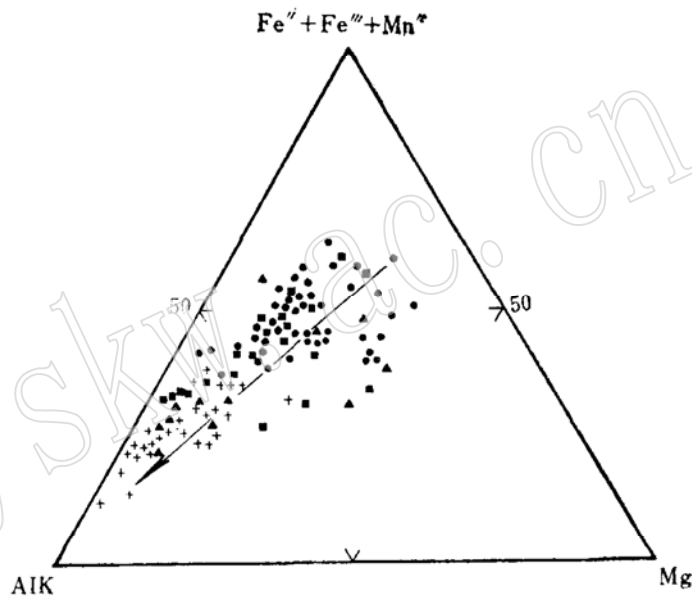


图2 白银地区细碧石英角斑岩 AlK—Fe—Mg 演化趋势图

Fig 2 ALK—Fe—Mg evolution trend of spilite-quartz-keratophyre in Baiyin area

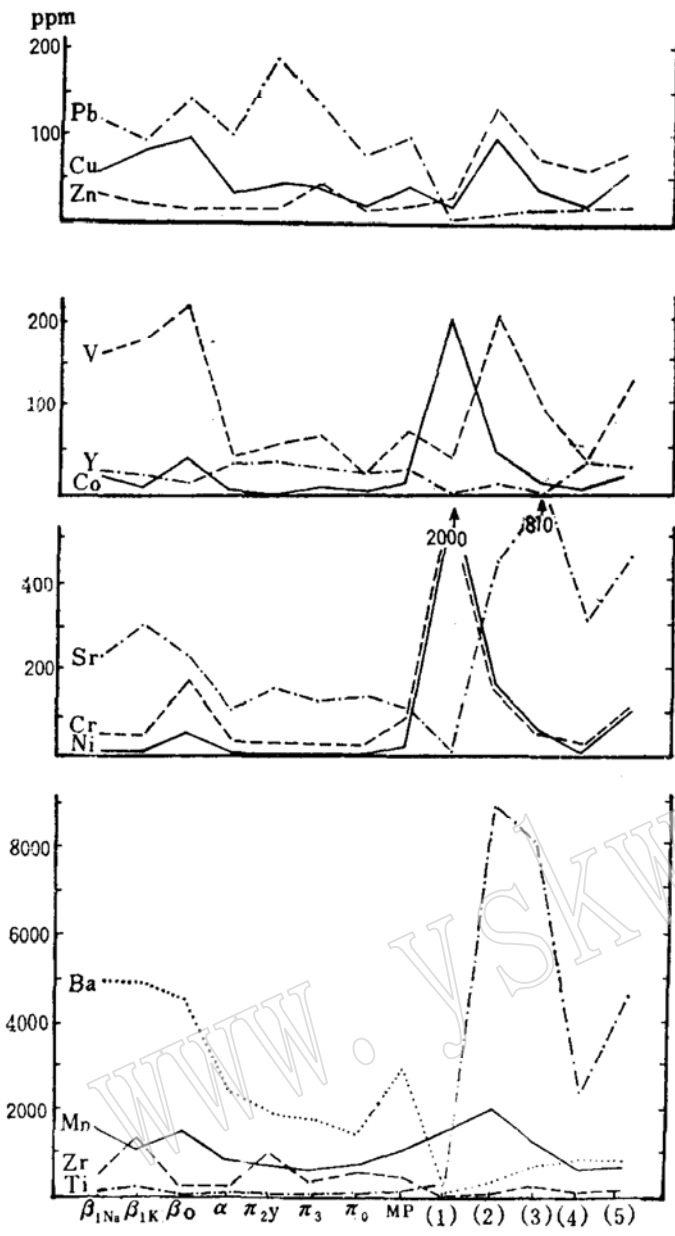


图 3 白银地区岩石微量元素曲线特征图
 Fig 3 The feature of trace elements in rocks of Baiyin area

脊玄武岩 (0.4—0.7)。Sm/Nd 都小于 0.33 (壳源和幔源的界标值), 说明物质来源和成因具有相似性。但细碧岩和石英角斑岩还有一定差异, 细碧岩稀土总量 (除硅化细碧凝灰岩外) 较石英

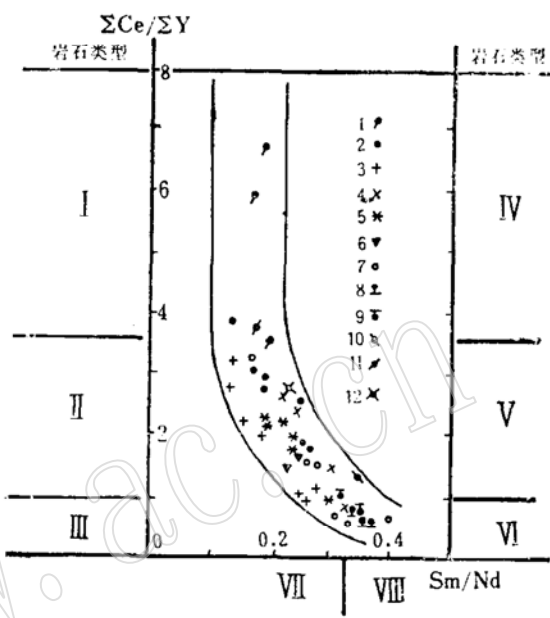


图 4 $\Sigma Ce/\Sigma Y$ —Sm/Nd 图解
 Fig 4 $\Sigma Ce/\Sigma Y$ —Sm/Nd Diagram

I—大陆 板块内; II—岛弧及活动大陆边缘; III—大洋中脊; IV—碱性岩类; V—大陆 拉斑 玄武岩、高铝玄武岩 (细碧石英角斑岩); VI—大洋拉斑玄武岩 (细碧岩); VII—轻稀土 富集型 (壳源或壳幔混合); VIII—轻稀土 亏损型
 1—大陆玄武岩; 2—西德细碧岩; 3—瑞士细 碧岩; 4—白银地区细碧岩; 5—白银地区 细碧角 斑岩; 6—中条山细碧岩; 7—大西洋中脊 细碧 岩; 8—大西洋中脊拉斑玄武岩; 9—东太平洋 隆起拉斑玄武岩; 10—下地壳; 11—上地壳; 12—地壳

角斑岩类高, 细碧岩类轻重稀土比值相差较大, 最低为0.84, 最高3.38。细碧岩稀土标准化模式多数是铈显示为明显正异常, 个别接近平坦型。石英角斑岩铈接近1, 总趋势是向右倾斜, 但最后几个重稀土有抬高之势, 似“U”字型。

从上述特征值看, 与徐克勤教授划分的三种类型中的同熔型 (过渡型地壳) 极为相似。说明细碧石英角斑岩物质来源于地幔和地壳, 为同熔混合交代的地幔混合型, 形成于大洋板块和大陆板块结合的岛弧。

表 4 白银地区岩石微量元素特征表

Table 4 The trace element features of rocks in Baiyin area

单位: ppm

元素	岩石含量	元素在岩石中的丰度 (据A. II. 维诺格拉多夫1962年)							元素在岩石中的丰度 (据A. II. 维诺格拉多夫1962年)					
		钠细碧岩	钾细碧岩	细碧斑岩	角斑岩	石英角斑岩	石英角斑凝灰岩	石英钠长斑岩	千枚岩	超基性岩	基性岩	中性岩	酸性岩	沉积岩
Cu		63	81	95	35	41	40	19	42	20	100	35	20	57
Zn		33	24	15	18	17	40	15	18	30	130	72	60	80
Pb		119	96	142	101	189	136	77	93	0.1	8	15	21	21
Co		22	19	43	5	2	6	4	12	200	45	11	5.1	21
Ni		17	20	55	11	10	10	10	24	2000	160	55	8	95
V		161	177	214	43	52	63	23	70	40	200	100	40	130
Cr		57	53	178	34	37	31	28	81	2000	200	50	25	100
Mn		1579	1129	508	836	750	613	783	1080	1500	2000	1200	600	670
Ti		132	186	53	142	155	126	138	130	300	9000	8000	2300	4500
Y		25	23	14	33	36	31	23	28	—	21	—	34	31
Zr		402	1375	211	251	1038	435	532	494	31	110	260	210	210
Sr		221	301	235	110	152	131	136	114	11	440	810	310	450
Ba		4948	4886	4525	2538	1980	1735	1443	2856	1.1	300	650	830	810

备注 冶金部天津地质研究院实验室测定。

表 5 细碧岩和石英角斑岩类稀土元素特征值对比表

Table 5 The Comparison of REE characteristic values of spilite and keratophyre in Baiyin area

岩石	元素对比值	元素对比值				
		ΣREE	$\Sigma\text{Ce} / \Sigma\text{y}$	La / Sm	Sm / Nd	Eu / Eu^*
细碧岩类	细碧斑岩	58.14	0.84	1.56	0.33	1.27
	富钾细碧岩	139.95	3.38	4.62	0.21	0.93
	细碧岩	103.20	2.30	3.66	0.24	1.12
	细碧岩	104.25	1.43	2.37	0.30	1.26
	硅化细碧凝灰岩	30.85	1.85	3.87	0.25	1.33
石英角斑岩类	石英钠长斑岩	57.51	2.26	6.2	0.19	1.39
	石英角斑凝灰熔岩	78.80	2.22	5.4	0.22	1.19
	石英角斑集块岩	101.65	2.00	4.83	0.24	1.33
	石英角斑凝灰岩	67.49	2.22	7.2	0.19	0.91
	凝灰岩	65.02	1.89	4.96	0.24	1.11

数据由中国地质科学院测试研究所测定。

四、火山岩浆活动的板块构造环境

A.G. 赫尔曼等利用玄武岩在400°C的低级变质作用过程中, 稀土元素的丰度保持不变的特性, 对比了西德华力西地槽和瑞士的细碧岩, 指出了细碧岩原岩类型为大陆拉斑玄武岩。笔者在 A.G. 赫尔曼的玄武岩和细碧岩 $\Sigma\text{Ce} / \Sigma\text{y}$ 对应分异图的基础上, 作出 $\Sigma\text{Ce} / \Sigma\text{y} - \text{Sm} / \text{Nd}$ 图解 (图4)。图中该区细碧石英角斑岩和西德、瑞士细碧岩均落在与陆壳有关的大

陆拉斑玄武岩内，其对应的构造环境为岛弧及其活动的大陆边缘。该区细碧岩稀土元素标准化模式与大陆拉斑玄武岩极为一致。图 5 也表明该区细碧岩的原岩为拉斑玄武岩。而石英角斑岩为大陆拉斑玄武岩分异的酸性端元。

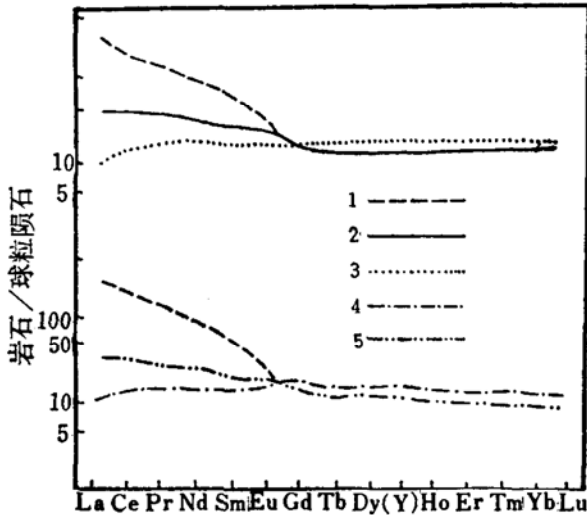


图 5 白银地区细碧岩与不同板块构造环境岩石的稀土模式对比

Fig 5 The comparison of REE oattern between spilite in Baiyin area and rocks from different plate setting

- 1—碱性橄揽玄武岩；2—大陆拉斑玄武岩；3—大洋拉斑玄武岩；4—大洋细碧岩(大西洋中脊8个样)；
- 5—白银地区细碧岩

研究区的 $\Sigma Ce/\Sigma y$ 、 Sm/Nd 、 La/Sm 、 Eu/Eu^* 值反映了该区与岛弧岩石成因具有一致性。表 6 中 SiO_2 、 Al_2O_3 、 MgO 、 $Na_2O + K_2O$ 和 $\langle FeO \rangle/MgO$ 、 Na_2O/K_2O 的值与岛弧环境极其相似。J. A. 皮尔斯用数理统计方法，把玄武岩按板块构造模式分为五种岩浆类型，该区玄武岩所处的构造环境都在敛合板块大陆一侧的岛弧上。

该区微量元素 Cr、Ni、Co、Sr 与岛弧环境对比，其含量很接近。Ba、Zr 明显偏高，说明该区岛弧具有独特的构造环境。从各种微量元素图解也可看出，该区属于大陆火山岛弧环境。

总观上述，白银地区中部成矿带最早是在岛弧环境下形成的。由于板块不断俯冲，板块本身肢解、分离、消失、再生，白银中部成矿带是残留的一部分岛弧，由于出露不全，弧—沟系的敛合板块标志保存极差，恢复较为困难。笔者认为这一套火山岩系是北祁

连大洋板块向南俯冲的敛合板块，靠近祁连山中部隆起北缘的岛弧或弧后盆地。

表 6 白银地区细碧石英角斑岩与不同板块构造环境岩石主元素、微量元素对比

Table 6 The Comparison of main and trace elements between spilite-quartz-karatophyre in Baiyin area rocks from the different plate setting

构造环境	主 元 素							微 量 元 素 (PPm)					
	$SiO_2\%$	$\frac{\langle FeO \rangle}{MgO}$	$Al_2O_3\%$	$MgO\%$	$\frac{Na_2O + K_2O}{\%}$	$\frac{Na_2O}{K_2O}$	$TiO_2\%$	Cr	Ni	Co	Sr	Ba	Zr
白银地区	44—80	1.6—9	14—18	3.6	5.9	2—7	0.7—0.9	65	21	23	233	4908	516
岛弧	46—76	1—7	>17	<7.2	>4	<10	<1.2	50	25	20	255	50	60
洋中脊	47—51	0.8—2.1	<17	>7.2	2.5—3	>10	1.2—1.7	300	100	32	135	11	85

岛弧、洋中脊主元素根据余太勤、微量元素根据王基资料。

根据细碧岩是同熔的过渡型地壳和钾细碧岩的存在，俯冲深度应在 200 公里以上，离海沟的距离稍远，相当于浅海环境。海水富含钠质，这给细碧石英角斑岩的形成提供了物质基础。在特定的弧—沟系敛合板块构造条件下，海水渗透，循环迅速，同时伴随有钠质交代，形成了细碧石英角斑岩系。白银地区中部成矿带块状硫化物矿床，是以海水为主组成的含矿

热液, 经过渗透萃取围岩成矿元素, 在海底或靠近海底位置附近形成的, 与细碧石英角斑岩时空上具有一定联系^[3]。

五、结 语

1. 白银地区细碧石英角斑岩系是一套海底喷发的富钠、富钾的基—酸性变质火山岩系。喷发具有多旋回和间歇特点。岩石以石英角斑岩为主。

2. 从岩石主元素、微量元素、稀土元素含量特征, 说明该区细碧石英角斑岩系为连续演化的钙碱系列岛弧玄武岩。

3. 根据岩石组合, 同熔过渡型岛弧玄武岩推断该区是一向南俯冲的弧—沟系敛合板块, 其构造环境为岛弧或活动的大陆边缘。

参加这一工作的还有苏泳军、沈承珩、薛述珉、甘肃冶金地质三队马世强、程隆起。工作中还得到杨敏之研究员的帮助和指导, 在此表示谢意。

参 考 文 献

- [1] 阿姆施蒂茨, 1982, 细碧岩与细碧质岩石, 地质出版社。
 [2] 邱家骧等, 1980, 岩浆岩石学(下册), 地质出版社。
 [3] J·M·费兰克林, J·W·雷登和 D·F·桑格斯特, 1983, 与火山岩有关的块状硫化物矿床, 《经济地质七十五周年年卷》论文选译。

The Geochemical Features of Spilite-keratophyre in Baiyin Area and the Plate Tectonic Setting

Jiang Xinming Cong guixin

(Tianjin Institute of Geology, Ministry of Metallurgical Industry)

Key words: spilite-keratophyre; geochemical feature; Baiyin area

Abstract

Central Baiyin Ore zone is tectonically located in the east part of the North Qinlian Caledonian eugeosyncline, which is a convergent residual arc subducting to the south. The magmatic activities in this region were of frequent and here develops mainly a suite of submarine spilite-keratophyre formation, which can be divided into 4 volcanic cycles showing the basic-acidic-basic eruptive sequence. The spilite-keratophyre formation in chemical composition, characteristic index and standard mineral contents similar to that of the other areas in the world, but in these characteristics shows difference from the normal basalt. The spilite showing as a curve with larger slope and higher alkalinity is

plotted in the upper part of the Rittmann index diagram, while the keratophyre in this diagram is shown as a curve with smaller slope and lower alkalinity. The data of trace elements, oxide contents and their ratios in various rocks indicate that both spilite and keratophyre primarily may be arc basalt of calcic-alkaline series.

The REE data for these rocks all show LREE abundance with no Eu depletion, which is coincident essentially with the normalized pattern. The material sources belong to the syntaxis transformation crust.

The main oxides, trace elements and the REE geochemical features mentioned above indicated that tectonic setting of this region may belong to a trough-convergent arc and active continental margin. Having studied the syntaxis transformational crust and the K-spilite, we suggested, that the volcanic rocks were driven from a relative deep source and formed in a submarine volcanic arc setting away from the trough.

www.yskw.ac.cn