

文章编号: 1009-3850(2001)01-0001-10

云南鲁春晚三叠世硅质岩的 地球化学特征及成因

牟传龙, 王立全

(成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要: 云南鲁春晚三叠世火山沉积盆地是在江达-维西火山弧的基础之上, 通过拉张作用形成的碰撞后拉张盆地, 盆地内广泛发育一套由玄武岩和流纹岩组成的“双峰式”火山岩及与其相伴的硅质岩。硅质岩可分为凝灰质硅质岩和纹层状硅质岩两类。通过对两类硅质岩所进行的地球化学研究和分析, 表明云南鲁春晚三叠世火山沉积盆地中的凝灰质硅质岩属火山沉积成因, 而纹层状硅质岩为海底喷流热液/热泉(热水)沉积成因的热水硅质岩。

关 键 词: 硅质岩; 拉张盆地; 晚三叠世; 鲁春铜矿床; 地球化学特征

中图分类号: P534.51

文献标识码: A

The origin and geochemistry of the Late Triassic siliceous rocks in Luchun, Yunnan

MOU Chuan-long, WANG Li-quan

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China)

Abstract: The Luchun Late Triassic volcano-sedimentary basin in Yunnan is a post-collisional strike-slip extensional basin grounded upon the Jomda-Weixi volcanic arc. The basin is conspicuous by bimodal volcanic rocks composed of basalts and rhyolites and by associated siliceous rocks. The siliceous rocks in the basin may fall into two categories: tuffaceous and laminated. The former is characterized by high Σ REE, enriched LREE, minor negative Ce anomaly and marked negative Eu anomaly, whereas the latter is typical of low

收稿日期: 2000-12-06

基金项目: 原地质矿产部青年地质学家基金资助项目(Qn979808); 国家攀登预选资助项目(95-预-39, 3-

Σ REE, slightly enriched LREE, minor negative Eu anomaly and marked negative Ce anomaly. The study of the geochemistry of the above-mentioned two siliceous rocks shows that the tuffaceous siliceous rocks have a volcano-sedimentary origin, while the laminated siliceous rocks are of submarine-exhalative or hydrothermal (hot-spring) sedimentary origin.

Key words: siliceous rock; extensional basin; Late Triassic; Luchun copper deposit

鲁春及邻区晚三叠世火山沉积盆地是在江达-维西火山弧的基础之上,通过拉张作用形成的,而后者位于金沙江弧地陆碰撞结合带和昌都-兰坪-思茅陆块之间。由于近些年在鲁春火山沉积分地中发现了与喷流作用有关的Cu-Pb-Zn矿床和所处的独特的构造位置,而吸引了众多的地质学家对其进行有关地学研究工作,并取得了一系列的富有成效的科技成果。笔者主要对鲁春晚三叠世的硅质岩进行有关地球化学方面的研究,以探讨硅质岩的成因,从而对鲁春铜多金属矿床的成因研究提供不可缺少的地质证据。

1 硅质岩的产出地质背景

鲁春及邻区晚三叠世火山沉积盆地的大地构造背景,综合起来主要有:①属江达-白茫雪山由扩张形成的滞后型弧后盆地^[1~4];②从火山岩的特征看,存在江达火山弧的弧盆体系^[5]。实际上鲁春及邻区晚三叠世火山沉积盆地中的火山岩和沉积特征表明,该火山沉积盆地为碰撞后的拉张盆地。

鲁春及邻区晚三叠世火山沉积盆地的形成演化与金沙江洋盆的洋-陆及其以后的弧-陆转换作用密切相关。金沙江洋盆的俯冲消减作用大致始于早二叠世晚期,自东向西形成朱巴龙-羊拉-东竹林火山弧及其西渠河-雪压央口-工农弧后盆地和江达-维西火山弧及其昌都-兰坪-思茅弧后盆地。从早二叠世至晚二叠世,江达-维西火山弧的火山岩显示出由低钾岛弧拉斑玄武岩系列-钙碱性岩系列-钾玄武岩系列的组合演化趋势。

早三叠世-中三叠世,该弧的火山岩系发生转变,显示出火山活动发生于较厚的陆壳条件下,由俯冲型向碰撞型陆缘火山弧演变。而晚三叠世早期的火山岩系沿江达-维西火山弧南、北方向广泛分布,并存在着很大的差异。位于南段的鲁春一带,晚三叠世早期的火山岩系的特点显示其形成于拉张环境。在野外露头上清楚显示出有基性(玄武岩)和酸性(流纹岩)组成的宏观韵律,为“双峰式”火山岩组合。下部为基性玄武岩和辉长辉绿岩墙群及岩脉,岩石化学成分表明以拉斑系列为主,少数为钙碱系列。岩石化学成分 SiO_2 为 44.20%~53.03%, TiO_2 为 0.25%~1.85%, K_2O 为 0.14%~0.95%, Na_2O 为 1.36%~4.25%, 且 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$, 岩石具有富钠、贫钾、低 TiO_2 的特征;与岛弧玄武岩的区别为 Al_2O_3 的含量较低,为 13.34%~16.65%,平均为 15.12%,而岛弧玄武岩的 Al_2O_3 的平均值为 17.8%,反映其为拉张条件下的产物。上部为酸性流纹岩,岩石化学成分表明为碱性系列的钾质流纹岩, SiO_2 为 70.75%~81.78%, TiO_2 为 0.12%~0.49%, K_2O 为 2.64%~5.66%, Na_2O 为 0.06%~3.38%, $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$,其 $\text{K}_2\text{O}/\text{TiO}_2$ 介于 6.77~51.45 之间,与日本岛弧火山岩($\text{K}_2\text{O}/\text{TiO}_2$ 为 0.3~1.0)、中墨西哥陆缘弧火山岩($\text{K}_2\text{O}/\text{TiO}_2$ 为 0.3~2.0)和南秘鲁陆缘弧火山岩($\text{K}_2\text{O}/\text{TiO}_2$

TiO_2 为 2.0~5.0)有较大的差异。化学在成分投点在 $lg\tau - lg\sigma$ 中, 全部落入造山带; 稀土元素投点在 $La/Yb-Yb$ 中, 位于弧火山岩-伸展盆地火山岩之间的过渡区。

鲁春和箐口塘-催依比-上兰地区, 晚三叠世的火山岩以由下部玄武岩和上部流纹岩组合构成的“双峰式”火山岩系为特点。火山岩的结构构造和其间的正常沉积物反映出在不同地区和时间段, 其沉积环境具有很大的差别。空间上, 鲁春和箐口塘-催依比-上兰两个次级盆地呈近乎南北向展布, 盆地中主要为硅质浊积岩和凝灰质浊积岩, 具有不完整的鲍马序列组合代表了深水盆地沉积环境。而在深水盆地之间的地段, 主要为紫红色砂岩和流纹岩, 在紫红色砂岩中发育有重荷摸、浪成沙纹等沉积构造, 而流纹岩广泛发育柱状节理, 显示出其沉积环境为大陆和滨浅海。从而由北而南构成“地堑和地垒”相间的沉积格局, 反映出鲁春和箐口塘-催依比-上兰盆地应为碰撞后的拉张盆地^[5]。

2 硅质岩的地质特征

鲁春火山沉积盆地在其形成演化过程中, 沉积了不同类型的硅质岩, 主要有凝灰质硅质岩和纹层状硅质岩。前者主要与火山岩和火山碎屑岩相伴, 在矿区外围几家顶和阿姑咱剖面上大量分布; 后者与喷流-沉积型块状硫化物矿床相伴, 局限于鲁春矿区的剖面上。

凝灰质硅质岩主要产于晚三叠世地层中, 与“双峰式”火山岩相伴生(图 1, 2)。在几家顶和阿姑咱剖面上, 主要出露一套由玄武岩和流纹岩构成的“双峰式”火山岩, 在火山岩中出露由火山岩-凝灰岩-凝灰质硅质岩组合构成的多个韵律。从沉积相上看, 凝灰质硅质岩与凝灰

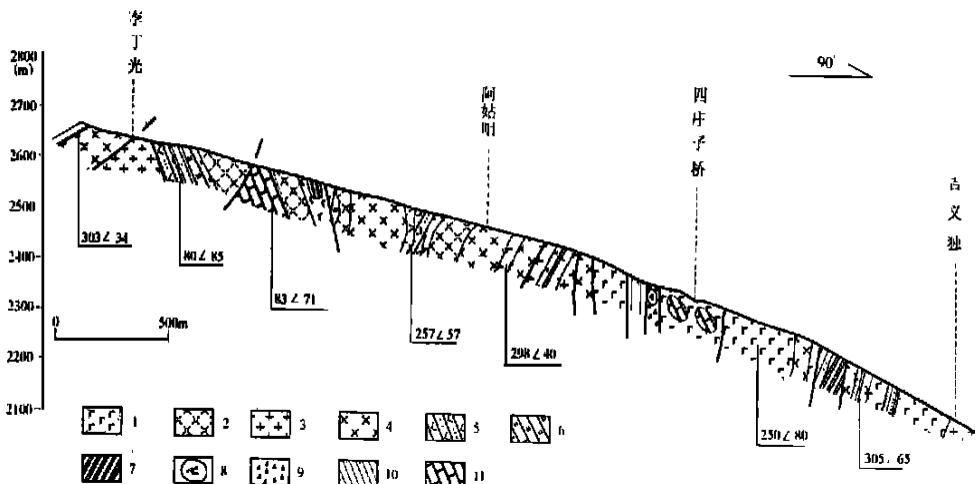


图 1 阿姑咱晚三叠世“双峰式”火山岩系地质剖面

1 玄武岩; 2 流纹岩; 3. 花岗岩; 4. 辉长辉绿岩; 5. 凝灰岩; 6. 泥质板岩; 7. 凝灰质硅质岩; 8. 超基性岩; 9. 角砾岩; 10. 砂质板岩; 11. 泥质灰岩

Fig. 1 Geological section through the Late Triassic bimodal volcanic rock series in Aguza
 1=basalt; 2=rhyolite; 3=granite; 4=gabbro-diabase; 5=tuff; 6=muddy slate; 7=tuffaceous siliceous rock; 8=ultrabasic rock; 9=breccia; 10=sandy slate; 11=muddy limestone

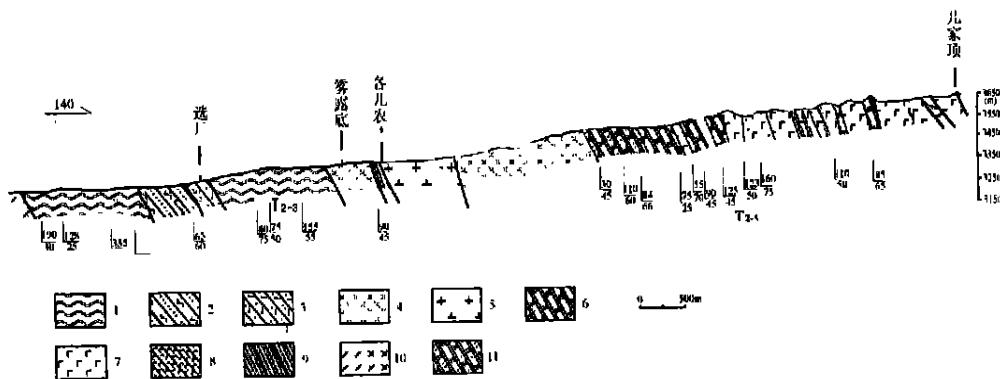


图2 几家顶晚三叠世“双峰式”火山岩系地质剖面

1.绢云石英片岩; 2.砂质板岩; 3.凝灰岩; 4.流纹岩; 5.花岗闪长岩; 6.硅质板岩; 7.玄武岩; 8.泥质灰岩; 9.凝灰质硅质岩; 10.辉长辉绿岩; 11.凝灰质硅质板岩

Fig. 2 Geological section through the Late Triassic bimodal volcanic rock series in Jijiading

1=sericite quartz schist; 2=sandy slate; 3=tuff; 4=hyalocrite; 5=granodiorite; 6=siliceous slate; 7=basalt; 8=mud-limestone; 9=tuffaceous siliceous rock; 10=gabbro-diabase; 11=tuffaceous siliceous slate

质浊积岩相伴出现,具有不完整的鲍马序列组合(图3),代表了深水盆地沉积环境。

纹层状硅质岩,只局限于鲁春铜矿床矿区本部出露。矿区含矿岩系以强绿泥石-绢云母化板岩为主夹辉绿岩-辉绿玢岩、流纹岩、铜锌层状矿体、纹层状泥质灰岩和硅质岩(图4),属低绿片岩相变质岩系;纹层状硅质岩分布于含矿岩系的上部,具有典型的纹层状构造。含矿岩系的上覆被厚度巨大的流纹岩岩被所覆盖,形成了很好的成矿地球化学障蔽。

3 地球化学特征及成因

由于不同成因的硅质岩在成岩物质来源、成岩环境及物理化学条件等方面的差异,其岩石化学成分必然有所不同,这是利用岩石化学研究硅质岩成因的理论基础。研究不同类型硅质岩的成因及形成环境,尤其是对于研究鲁春铜矿床这样的形成于走滑拉张盆地的喷流-沉积型矿床而言,选取硅质岩岩石化学研究方法,并与世界上典型硅质岩进行对比研究,是研究成因及形成环境的一种有效方法。

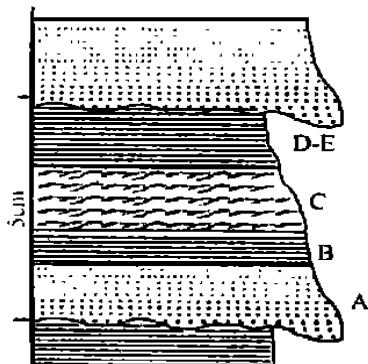


图3 凝灰质硅质岩与凝灰质浊积岩组合构成的鲍马序列

A层:凝灰岩粒序层; B层:凝灰岩下平行层; C层:凝灰岩沙纹层; D-E层:凝灰质硅质岩上平行层

Fig. 3 Bouma sequences composed of tuffaceous siliceous rocks and tuffaceous turbidites
A=graded tuff bed; B=lower parallel tuff bed;
C=ripple bed; D—E=upper parallel bed of tuffaceous siliceous rock

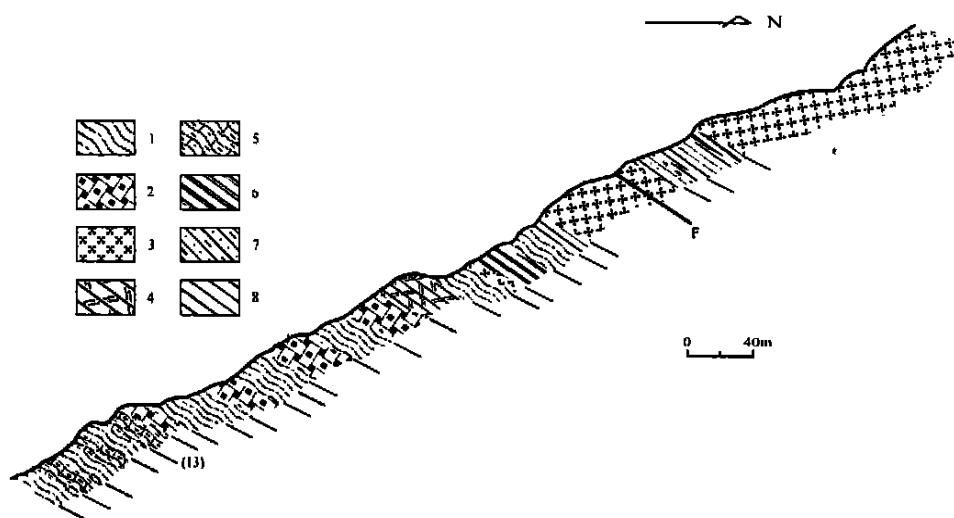


图4 鲁春铜矿床含矿岩系地质剖面

1. 纶云绿泥板岩; 2. 铜矿体; 3. 流纹岩; 4. 凝灰岩; 5. 泥灰岩; 6. 层纹状硅质岩; 7. 砂泥岩; 8. 砂质、碳质页岩

Fig. 4 Geological section through the ore-bearing rock series of the Luchun copper deposit

1= sericite chlorite slate; 2= copper ore body; 3= rhyolite; 4= tuff; 5= marl; 6= laminated siliceous rock; 7= sandstone and mudstone; 8= sandy and carbonaceous shale

3.1 常量元素地球化学特征

鲁春矿区含矿岩系(绿泥绢云板岩、绿泥板岩、层纹状硅质岩)及其矿区外围凝灰岩、凝灰质硅质岩的岩石化学成分列表1, 在 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)/10^{-6}$ - $w(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/10^{-6}$ (图5), $w(\text{Al}_2\text{O}_3)/10^{-6}$ - $w(\text{TiO}_2)/10^{-6}$ (图6), $w(\text{Al}_2\text{O}_3)/10^{-6}$ - $w(\text{P}_2\text{O}_5)/10^{-6}$ (图7)的图解中, 皆投影于热液区或火山-热泉区, 与生物化学沉积的硅质岩有着明显的差别, 这与其地质剖面上出露有大量的火山岩是一致的; 岩石化学成分特征值列表2, 鲁春矿区的含矿系和矿区外围的凝灰岩和凝灰质硅质岩的 $\text{Si}_2\text{O}/w_{\text{B}}/\%$

表1 鲁春含矿岩系、纹层状硅质岩及外围凝灰质硅质岩、凝灰岩的岩石化学成分($w_{\text{B}}/\%$)Table 1 Petrochemical compositions of the ore-bearing rock series laminated siliceous rocks tuffaceous siliceous rocks and tuffs in Luchun ($w_{\text{B}}/\%$)

样 号	地 点	岩石名称	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	烧失量
97HL32	鲁春南	纹层状硅质岩	96.02	0.05	1.44	0.61	0.43	0.02	—	0.05	0.05	0.55	0.02	0.64
97LN1	鲁春北	绿泥绢云板岩	64.08	0.38	13.09	0.54	4.33	0.12	2.00	4.76	1.28	2.51	0.18	6.52
97LN3	鲁春北	绿泥绢云板岩	60.02	0.43	20.51	1.53	4.21	0.24	1.70	0.38	0.13	6.03	0.15	4.00
97HL22	鲁春南	绿泥板岩	67.19	0.35	12.82	4.02	3.69	0.18	2.60	0.34	0.13	2.34	0.15	5.49
97Bh3	几家顶	凝灰质硅质岩	78.03	0.26	10.42	0.42	2.06	0.07	1.20	0.96	3.76	0.98	0.12	1.77
97L27	阿姑咱	凝灰质硅质岩	63.30	0.32	14.11	1.26	4.13	0.36	1.80	1.78	1.28	7.92	0.09	3.17
97L5	阿姑咱	流纹质凝灰岩	66.38	0.63	15.91	1.53	3.75	0.07	1.80	0.58	7.43	0.11	0.19	0.96
97L64	阿姑咱	硅质板岩	60.04	0.68	17.37	1.68	5.76	0.08	2.86	2.40	2.40	2.68	0.21	3.76

Al_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$, MnO/TiO_2 , SiO_2/MgO , $\text{SiO}_2/(K_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ 比值, 不同于生物化学沉积的硅质岩, 而与火山沉积成因的硅质岩相一致; 鲁春铜矿区的纹层状硅质岩的 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$, MnO/TiO_2 , SiO_2/MgO , $\text{SiO}_2/(K_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ 比值, 明显不同于生物化学沉积的硅质岩, 也与火山沉积成因的硅质岩有一定的差异, 而与海底喷流热液或热泉(热水)沉积作用形成的硅质岩相一致。即凝灰质硅质岩具有火山沉积成因的特征, 来源于盆地内的火山喷发; 纹层状硅质岩具有海底喷流热液或热泉(热水)沉积成因的特征, 来源于盆地内的海底喷流, 是喷流热液成矿作用的晚期产物。

表 2 鲁春含矿岩系、纹层状硅质岩及外围凝灰质硅质岩、凝灰岩的岩石化学成分特征值

Table 2 Characteristic values of the petrochemical compositions of the ore bearing rock series laminated siliceous rocks tuffaceous siliceous rocks and tuffs in Luchun

样 号	地 点	岩石名称	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{FeO}}$	$\frac{\text{MnO}}{\text{TiO}_2}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{MgO}}$	$\frac{\text{SiO}_2}{(K_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})}$	资料来源
97HL32	鲁春南	纹层状硅质岩	66.68	1.42	0.40	—	160.03	本文
97LN1	鲁春北	绿泥绢云板岩	4.90	0.12	0.32	32.04	16.91	本文
97LN3	鲁春北	绿泥绢云板岩	2.93	0.36	0.56	35.31	9.74	本文
97HL22	鲁春南	绿泥板岩	5.24	1.09	0.51	25.84	27.20	本文
97BH3	几家顶	凝灰质硅质岩	7.49	0.20	0.27	65.03	16.46	本文
97L27	阿姑咱	凝灰质硅质岩	4.49	0.31	1.13	35.17	6.88	本文
97L5	阿姑咱	流纹质凝灰岩	4.17	0.41	0.11	36.88	8.80	本文
97L64	阿姑咱	硅质板岩	3.46	0.29	0.12	20.99	11.82	本文
生物化学沉积		硅质岩	92~107	4.40~4.94	2.30	338.0~346.0	235.0~259.8	杨建民等(1999)
火山沉积		硅质岩	13.7~14	0.46	0.24	65.9~70.0	36.0	杨建民等(1999)
海底热液/热泉沉积		硅质岩	15.0~31.9	0.51	—	20.9~97.2	108.0~183.0	杨建民等(1999)

3.2 稀土元素地球化学特征

通过各种岩石的稀土元素分析(表 3, 4, 5), , 鲁春矿区外围的凝灰质硅质岩及其矿区的含矿岩系(绿泥绢云板岩, 绿泥板岩)的稀土配分模式与矿区流纹岩的稀土配分模式极为相

表 3 鲁春含矿岩系、纹层状硅质岩、流纹岩及外围凝灰质硅质岩的稀土元素成分($w_{\text{B}}/10^{-6}$)

Table 3 REE analyses of the ore-bearing rock series laminated siliceous rocks rhyolites and tuffaceous siliceous rocks in Luchun($w_{\text{B}}/10^{-6}$)

样 号	地 点	岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
97HL32	鲁春南	纹层状硅质岩	3.02	3.26	1.05	3.60	0.82	0.19	1.16	0.17	1.04	0.25	0.78	0.18	1.56	0.14	6.20
97BH3	几家顶	凝灰质硅质岩	25.76	46.38	5.78	22.88	4.45	0.66	4.46	0.63	3.54	0.76	2.12	0.35	2.44	0.41	18.76
97L27	阿姑咱	凝灰质硅质岩	46.15	78.02	9.78	39.85	8.14	1.80	10.03	1.43	10.44	2.22	6.19	1.00	6.79	1.11	55.38
97LN1	鲁春北	绿泥板岩	31.28	54.17	7.46	27.32	5.38	1.16	5.89	0.88	5.18	1.09	3.00	0.47	3.12	0.52	28.52
97LN3	鲁春北	绿泥板岩	29.90	49.10	7.46	24.82	4.80	0.82	5.03	0.73	5.05	1.09	3.10	0.51	3.47	0.57	26.77
97HL22	鲁春南	绿泥板岩	29.54	52.75	7.46	25.52	5.00	0.75	5.21	0.90	5.84	1.29	3.72	0.59	3.96	0.60	30.85
平均值	鲁春南	流纹岩	31.08	36.22	7.46	22.19	3.98	0.31	3.79	0.67	4.01	0.92	2.76	0.47	3.34	0.56	23.94

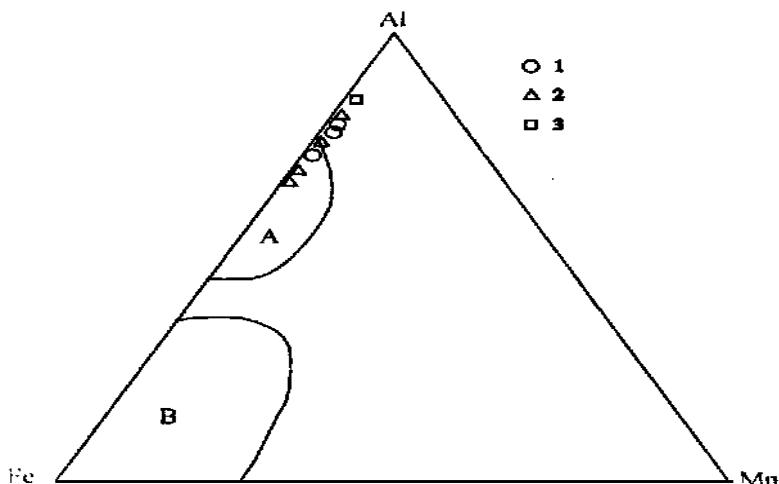


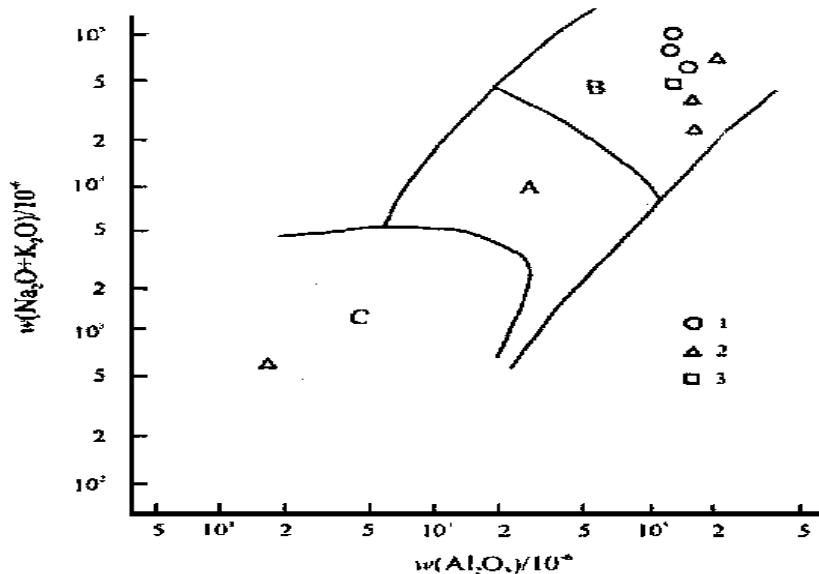
图 5 沉积物的 Al-Fe-Mn 图解

A. 热液区沉积物; B. 非热液区沉积物; 1. 阿姑咱凝灰质硅质岩; 2. 鲁春硅质岩、硅质板岩; 3. 几家顶凝灰质硅质岩

Fig. 5 Al-Fe-Mn diagram for the sediments in the study area

A=hydrothermal sediments; B=non-hydrothermal sediments

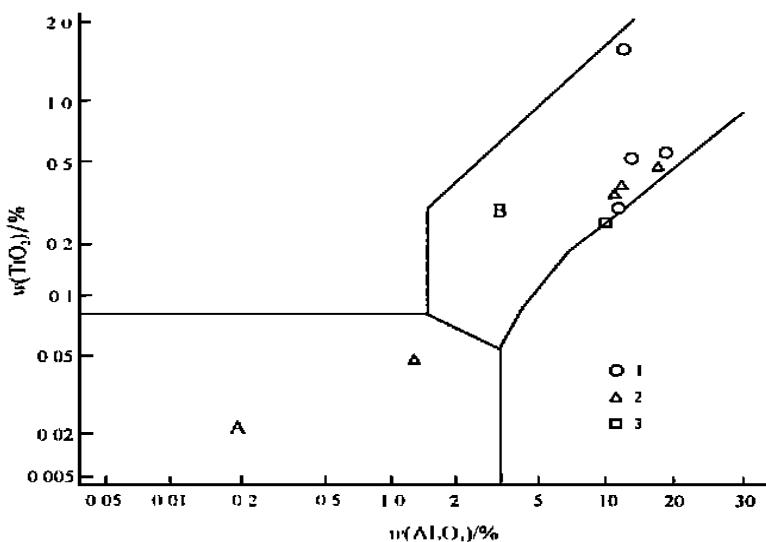
1=Aguza tuffaceous siliceous rocks; 2=Luchun siliceous rocks and siliceous slates; 3=Jijiading tuffaceous siliceous rocks

图 6 不同成因硅质岩中 $w(K_2O + Na_2O)/10^4$ - $w(Al_2O_3)/10^4$ 的关系图

1. 阿姑咱凝灰质硅质岩; 2. 鲁春硅质岩、硅质板岩; 3. 几家顶凝灰质硅质岩

Fig. 6 $w(K_2O + Na_2O)$ versus $w(Al_2O_3)$ diagram for the siliceous rocks of different origins

1=Aguza tuffaceous siliceous rocks; 2=Luchun siliceous rock and siliceous slates; 3=Jijiading tuffaceous siliceous rocks

图 7 不同成因硅质岩中 $w(\text{TiO}_2)$ - $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 的关系图

A. 生物成因硅质岩; B. 火山-热泉成因硅质岩; 1. 阿姑咱凝灰质硅质岩; 2. 鲁春硅质岩、硅质板岩; 3. 几家顶凝灰质硅质岩

Fig. 7 $w(\text{Ti}_2\text{O})$ versus $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ diagram for the siliceous rocks of different origins

A=organic origin; B=volcanic (hot-spring) origin

1=Aguzha tuffaceous siliceous rocks; 2=Luchun siliceous rock and siliceous slate; 3=Jijiading tuffaceous siliceous rocks

表 4 鲁春含矿岩系、纹层状硅质岩、流纹岩及外围凝灰质硅质岩的稀土元素特征值

Table 4 REE characteristic values for the ore bearing rock series laminated siliceous rocks rhyolites and tuffaceous siliceous rocks in Luchun

样 号	地 点	岩石名称	ΣREE	LREE/HREE	δEu	δCe
97HL32	鲁春南	纹层状硅质岩	23.42	1.04	0.66	0.38
97BH3	几家顶	凝灰质硅质岩	139.38	3.16	0.51	0.79
97L27	阿姑咱	凝灰质硅质岩	278.33	1.94	0.68	0.77
97LN1	鲁春北	绿泥板岩	175.44	2.60	0.70	0.74
97LN3	鲁春北	绿泥板岩	162.24	2.52	0.57	0.74
97HL22	鲁春南	绿泥板岩	173.30	2.29	0.50	0.78
平均值	鲁春南	流纹岩	155.71	2.50	0.27	0.54

似(图 8), 表现为 ΣREE 相近, $\Sigma \text{LREE} > \Sigma \text{HREE}$, LREE 富集型, 具有弱的负 Ce 异常 ($\delta \text{Ce}=0.54 \sim 0.79$) 和强的负 Eu 异常 ($\delta \text{Eu}=0.27 \sim 0.70$), 从另外一个侧面说明鲁春铜矿床的含矿岩系为火山凝灰岩(晶屑凝灰岩和玻屑凝灰岩), 与镜下的原岩恢复结果相吻合。

鲁春矿区纹层状硅质岩的稀土配分模式, 既不同于矿区流纹岩和含矿岩系(绿泥绢云板岩、绿泥板岩)的稀土配分模式, 也不同于矿区外围凝灰质硅质岩的稀土配分模式(图 8), 而与川西呷村块状硫化物矿床的磁铁石英岩(热水硅质岩, 侯增谦等, 1995)的稀土配分模式极

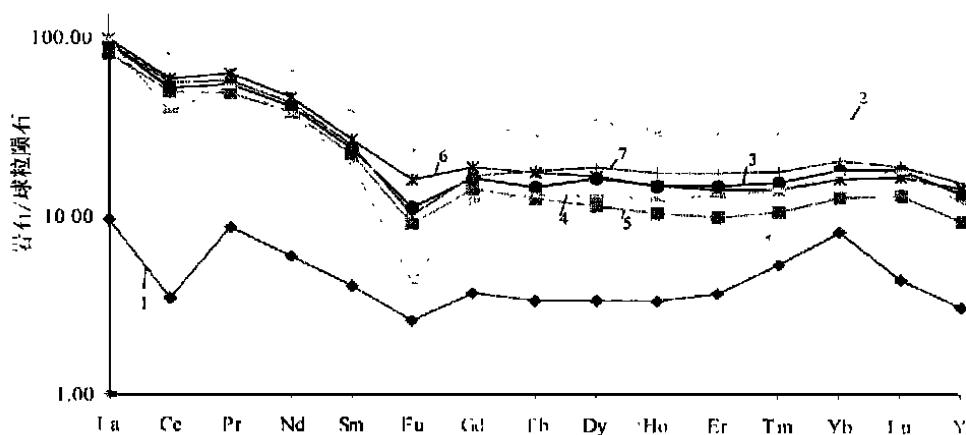
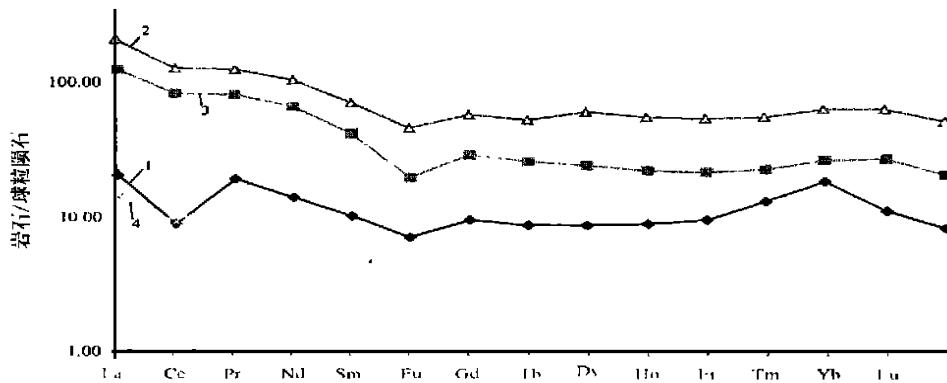


图8 鲁春含矿岩系、纹层状硅质岩、流纹岩及外围凝灰质硅质岩的稀土配分模式

1 鲁春南硅质岩(97HL32); 2. 阿姑咱硅质岩(97L27); 3. 鲁春北绿泥板岩(97LN3); 4. 鲁春南流纹岩(平均值); 5. 几家顶硅质岩(97BH3); 6. 鲁春北绿泥板岩(97LN1); 7. 鲁春南绿泥板岩(97HL22)

Fig. 8 Chondrite-normalized REE distribution patterns for the ore-bearing rock series laminated siliceous rocks, rhyolites and tuffaceous siliceous rocks in Luchun

1=97HL32, South Luchun siliceous rocks; 2=97L27, Aguza siliceous rocks; 3=97LN3, North Luchun chloritic slates; 4=mean values for the South Luchun thyrolites; 5=97BH3, Jijiading siliceous rocks; 6=97LN1, North Luchun chloritic slates; 7=97HL22, South Luchun chloritic slates



1. 鲁春南硅质岩(97HL32); 2. 阿姑咱硅质岩(97L27); 3. 几家顶硅质岩(97BH3); 4. 岬村矿区磁铁石英岩(平均值)

Fig. 9 Chondrite-normalized REE distribution patterns for the laminated siliceous rock and tuffaceous siliceous rocks in Luchun and magnetic quartzite in Gacun

1=97HL32, South Luchun siliceous rocks; 2=97L27, Aguza siliceous rocks; 3=97BH3, Jijiading siliceous rocks; 4=mean values for the magnetic quartzite in Gacun

为相似(图9), 表现为 Σ REE 较低, Σ LREE > Σ HREE 和 LREE 弱富集型, 具有弱的负 Eu 异常 (δ Eu = 0.66) 和强的负 Ce 异常 (δ Ce = 0.38), 亦即凝灰质硅质岩为火山沉积成因, 纹层状硅质

岩为海底喷流热液或热泉(热水)沉积成因。

表 5 纹层状硅质岩、凝灰质硅质岩及呷村磁铁石英岩的稀土元素成分($w_B/10^{-6}$)

Table 5 REE analyses of laminated siliceous rocks and tuffaceous siliceous rocks in Luchun, and magnetite quartzite in Gacun

样号	地点	岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
97HL32	鲁春南	纹层状硅质岩	3.02	3.26	1.05	3.60	0.82	0.19	1.16	0.17	1.04	0.25	0.78	0.18	1.56	0.14	6.20
97BH3	几家顶	凝灰质硅质岩	25.76	46.38	5.78	22.88	4.45	0.66	4.46	0.63	3.54	0.76	2.12	0.35	2.44	0.41	18.76
97L27	阿姑咱	凝灰质硅质岩	46.15	78.02	9.78	39.85	8.14	1.80	10.03	1.43	10.44	2.22	6.19	1.00	6.79	1.11	55.38
平均值	呷村矿区	磁铁石英岩	1.93	3.40	0.79	1.70	0.59	0.07	0.49	0.12	0.67	0.17	0.57	0.11	0.62	0.09	2.21

4 结论

(1) 鲁春铜矿区及邻区晚三叠世火山沉积盆地中的火山岩和沉积特征表明, 该火山盆地为走滑拉张盆地。

(2) 盆地中的硅质岩有火山沉积成因的凝灰质硅质岩和海底喷流热液或热泉(热水)沉积成因的热水硅质岩两种类型。

(3) 生物化学沉积的硅质岩的 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$, MnO/TiO_2 , SiO_2/MgO 和 $\text{SiO}_2/(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ 比值大于喷流热液或热泉沉积的热水硅质岩的特征值大于火山沉积的凝灰质硅质岩的特征值。

(4) 凝灰质硅质岩的稀土配分模式与流纹岩和凝灰岩的稀土配分模式极为相似。纹层状硅质岩的稀土配分模式与呷村矿床的热水硅质岩的稀土配分模式十分相似。

(5) 火山沉积成因的凝灰质硅质岩的 ΣREE 较高, 属 LREE 富集型, 具弱的负 Ce 异常和强的负 Eu 异常; 喷流热液或热泉沉积成因的纹层状硅质岩的 ΣREE 较低, 为 LREE 弱富集型, 具弱的负 Eu 异常和强的负 Ce 异常。

参考文献:

- [1] 莫宣学, 路风香, 沈上越等. 三江特提斯火山作用与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1993, 11—205.
- [2] 刘增乾, 李振兴, 叶庆同等. 三江地区构造岩浆带的划分与矿产分布规律[M]. 北京: 地质出版社, 1993, 1—89.
- [3] 沈上越, 张保民, 魏启荣. 三江地区江达维西弧南段火山岩特征研究[A]. 特提斯地质[C], 北京: 地质出版社, 1995(9): 38—53.
- [4] 罗建宁, 张正贵, 陈明等. 三江特提斯沉积地质与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1992, 86—187.
- [5] 牟传龙, 王立全. 云南德钦及邻区晚三叠世火山沉积盆地演化[J]. 矿物岩石, 2000, 20(3): 23—28.
- [6] 杨建民, 王登红, 毛景文等. 硅质岩岩石学研究方法及其在“镜铁山式”铁矿床中的应用[J]. 岩石矿物学杂志, 1999, 18(2): 108—119.
- [7] 侯增谦, 侯立纬, 叶庆同等. 三江地区义敦岛弧构造岩浆演化与火山成因块状硫化物矿床[M]. 地震出版社, 1995.