

文章编号: 1009-3850(2000)03-0077-15

钠长岩类地质地球化学特征及变质 变形与铜矿的形成 ——以四川会理拉拉铜矿床为例

申屠保涌

(成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要: 本文论述了拉拉铜矿区钠长岩类的地质地球化学特征及变质变形与铜矿的形成。伴随前寒纪的构造运动, 拉拉地区经历了 NWW 向的剪切变形, 使钠长岩产生碎裂-糜棱岩化作用, 形成碎裂结构、碎斑结构, 显微眼球构造、压力影、云母鱼等。这些结构构造的形成使岩石孔隙度增加, 起到扩容作用。由沿近东西向主断裂侵位的辉绿辉长岩体提供的含矿流体及区域变质中产生的变质热液沿钠长岩的碎裂-糜棱构造充填交代, 在其产生多种蚀变的同时, 铜、钼、钴硫化物沉淀成矿, 形成钠长岩型浸染状铜矿石或脉状-网脉状铜矿石。在金云母化较强地段, 在变质作用下, 形成片岩型铜矿石。因而总体上, 拉拉铜矿属动力变质热液型铜矿床。

关键词: 拉拉铜矿; 钠长岩; 变质变形; 碎裂-糜棱构造; 充填交代

中图分类号: P588.13

文献标识码: A

Geology-geochemistry, metamorphism and deformation of albitites and their bearings on copper mineralization: an example from the Lala copper deposit in Huili, Sichuan

SHENTU Bao-yong

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

Abstract: The detailed studies have been conducted on the geology-geochemistry, metamorphism and deformation of albitites and their bearings on the mineralization of the Lala copper deposit in Huili, Sichuan. The NWW-trending (nearly E-W-trending) shear deformation caused by the Precambrian tectonic movements in the Lala dis-

收稿日期: 1999-07-05

trict is believed to be responsible for the generation of cataclasis and mylonitization of the albitites in this area, and for the formation of such textures and structures as cataclastic texture, mortar structure, micro-augen structure, pressure shadow and fish-shaped mica, which brought about the increase in porosity. The ore-bearing fluids from the diabase and gabbro masses emplaced along the nearly E—W-trending major fault and metamorphic hydrothermal solutions originated from regional metamorphism infilled and replaced the fissures and pore spaces within the cataclastic-mylonitic structures. The subsequent alterations resulted in the precipitation and mineralization of copper, molybdenum and cobalt sulfides, and in the formation of the albitite-type impregnated or vein-netvein copper ores. In the places where the phlogopitization occurred, the schist-type copper ores were formed by metamorphism. It follows that the Lala copper deposit is of dynamic metamorphic-hydrothermal origin.

Key words: Lala copper deposit; albitite; metamorphism and deformation; cataclastic-mylonitic structure; filling and replacement

1 钠长岩概述

地质学家对钠长岩(albitite)有不同的认识: Turner(1900)^[1], 指具有细晶结构的结晶柱状脉岩, 主要由钠长石(96%)组成, 它首先在美国加利福尼亚州被发现, 后来 Duparc 等在乌拉尔也发现了它。前苏联学者^[1]把产在铁矿建造岩石中的主要由钠长石组成的交代作用产物列入钠长岩。在由围岩交代作用形成的钠长岩中, 根据构造特征可划分为块状钠长岩、条带状钠长岩和角砾状钠长岩; 根据颜色划分为灰色钠长岩、玫瑰色钠长岩和红色钠长岩; 根据结构划分为糖粒状钠长岩和叶片状钠长岩; 根据矿物混入物, 划分为含纤蓝闪石钠长岩、含霓石钠长岩和不含混入物的钠长岩。

我国地质学家孙鼐和彭亚鸣(1985)^[2]把钠长岩列入正长岩亚类中的一种特殊岩石, 主要由钠长石组成, 有时含有少量钾长石和石英, 深色矿物含量极少或没有, 为一种灰/灰白色/灰红色的浅色岩石。钠长岩在我国见于与闪长岩有关的接触交代型铜、铁矿区或其附近, 如山西西安里地区及宁芜等地。中生代火山盆南端的钟钟九地区, 钠长岩-钠长闪长岩体出露面积约 1km², 其时代为早白垩世中期, 主要由板条状钠长石组成, 此外尚有少量石英和钾长石充填于自形钠长石晶体所构成的间隙中。

关于钠长岩的成因, 部分认为是晚期富钠残余岩浆结晶的产物; 也有认为是富钠的气体或溶液交代闪长岩而成, 即钠长岩是闪长岩类岩石钠长石化的产物。

此外, 还有一类钠长石岩是喷出-沉积类型的长石岩。它的形成是由含钠的复杂铝硅酸盐凝胶, 经成岩作用形成钠长石岩, 不属本文讨论之列。

本文将要讨论的是拉拉厂铜矿区的细碧角斑岩系次火山相或超浅成相侵入体的钠长岩。这类岩石与铜矿的成矿关系密切。

2 钠长岩类的产出及其类型

拉拉铜矿区的钠长岩类属次火岩或顺层超浅成侵入体。由图 1 可知,钠长岩(Nap)、角闪钠长岩(ah)皆分布于钠长辉绿辉长岩体的边缘,可能为辉绿辉长岩体边缘的产物。若将辉绿辉长岩体的暗色矿物剔除,则与钠长岩的矿物成分、结构完全相同,全由自形一半自形

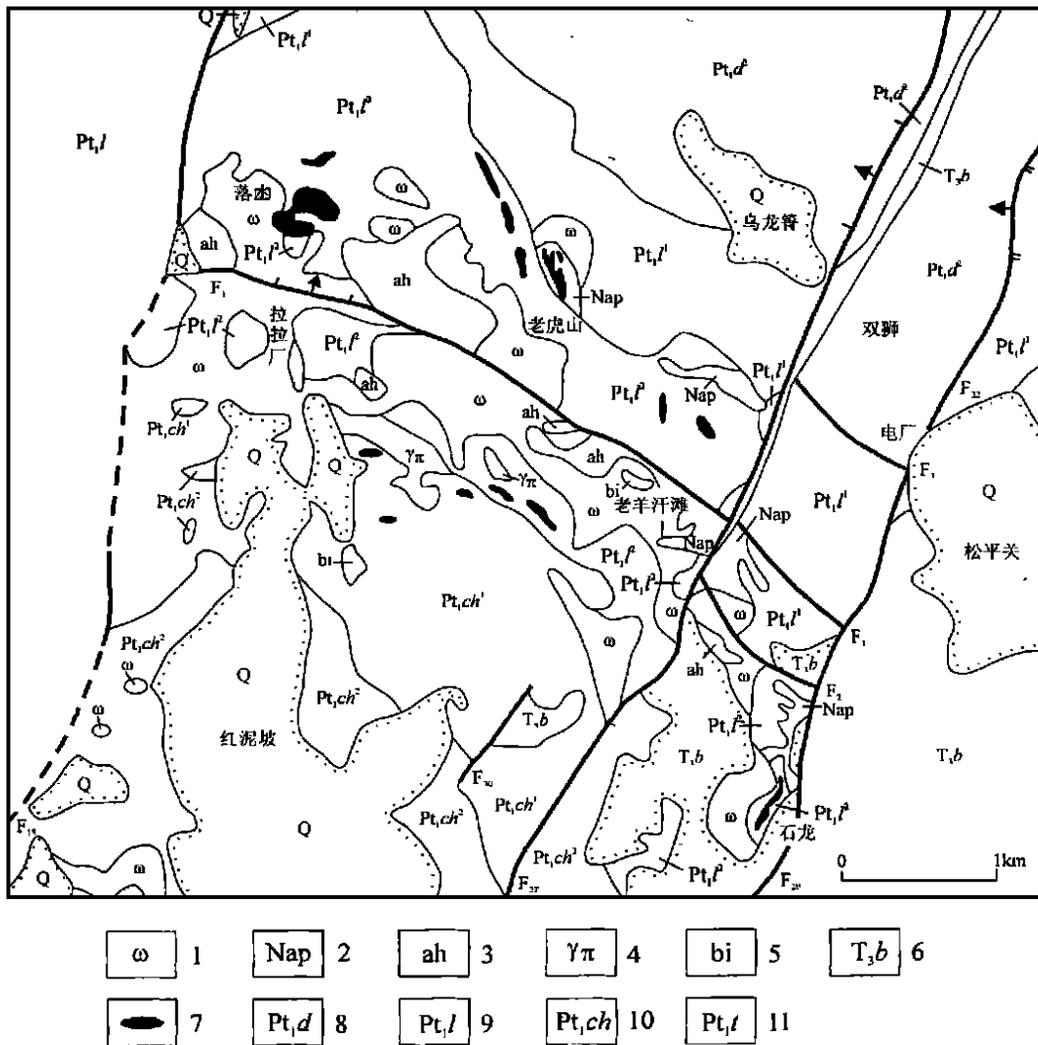


图 1 拉拉厂铜矿床地质略图

(据 403 地质队原图修改)

1. 钠长辉绿辉长岩; 2. 斑状石英钠长岩; 3. 角闪钠长岩; 4. 花岗斑岩; 5. 侵入角砾岩; 6. 上三叠统白果湾煤组; 7. 铜矿体; 8. 大云山组; 9. 落函组; 10. 长冲组; 11. 通安组

Fig. 1 Schematic geological map of the Lala copper deposit in Huili, Sichuan

1= albite diabase-gabbro; 2= porphyritic imandrite; 3= amphibole albitite; 4= granite-porphry; 5= intrusive breccia; 6= Upper Triassic Baiguowan Coal Formation; 7= copper orebody; 8= Dayunshan Formation; 9= Luodang Formation; 10= Changchong Formation; 11= Tong'an Formation

的钠长石组成。

钠长岩类的岩石类型有钠长岩、斑状钠长岩、角闪钠长岩,其岩石特征如下:

钠长岩 岩石呈灰白色,块状构造,常见于落函组,为大致顺层或穿插岩层的次火山岩。自形一半形晶结构。岩石几乎全由板柱状钠长石($An < 5$)组成,呈半自形板状晶体交叉排列。此类岩石常有铁白云石化,铁白云石沿碎裂的钠长石裂隙、粒间充填交代,也见有硅化石英呈乳滴状交代钠长石形成似文象结构。副矿物有磁铁矿、磷灰石、锆石、褐帘石,有时见有硫化物呈浸染状分布。

斑状钠长岩 广泛分布于落函组和长冲组,一般为顺层的侵入体。老虎山铜矿就产于这类岩石中。岩石为灰色/灰白色,斑状/聚斑状结构。斑晶为无定向排列的半自形板状钠长石,含量达 20%~40%。基质为半自形钠长石或粒状钠长石和石英、碳酸盐(后期蚀变产物)、磁铁矿。副矿物有榍石、磷灰石、锆石、氟碳铈矿等。有硫化物呈浸染状分布。

角闪钠长岩 呈岩床产出,一般产于钠长辉绿辉长岩岩体的边缘。主要矿物组合为钠长石、普通角闪石,次为石英、黑云母和绿帘石。副矿物为磁铁矿、榍石、磷灰石、锐钛矿等。岩石为柱粒状变晶结构,钠长石为粒状变晶,普通角闪石呈长柱状晶体置于粒状银嵌的钠长石之上。由钠长石的粒状银嵌变晶推测,该类岩石的原岩为钠长岩,经碎裂-糜棱岩化重结晶,然后经变质而形成此类岩。

3 钠长岩的矿物成分及岩石化学特征

3.1 钠长岩的矿物成分

钠长岩的矿物成分见表 1。钠长石是钠长岩的最主要成分,其次为石英,有时见有极少量钾长石。由表 1 可知,钠长石的含量在 40%~80%范围内变化,大多数可达 70%~80%。石英的含量一般为 5%~10%。表 1 中石英含量较高者可能为硅化所致,而金云母、碳酸盐皆后期蚀变产物。钠长岩的副矿物主要为磁铁矿、磷灰石、榍石、褐帘石。

3.2 钠长岩的化学成分

拉拉地区钠长岩的化学成分见表 2。由表 2 可知绝大多数钠长岩的 SiO_2 含量为 44%~56%,属中基性岩类。其化学成分的特点是:

(1) TiO_2 含量较高,平均达 2.09%,最高达 3.8%,变化范围为 0.65%~3.38%,多数含量为 1.40%~1.90%。

(2) Na_2O 含量高,其平均含量达 6.4%,绝大多数钠长岩 Na_2O 含量为 5%~7%,最高达 9.06%,与岩石主要由钠长石组成相一致。

(3) MgO 、 CaO 含量高,钠长岩的 MgO 含量达 2%~4%;角闪钠长岩的 MgO 达 4%~7%,与基性岩相当。 CaO 含量高与碳酸盐化有关。

(4) Fe_2O_3+FeO 含量高,但变化大,最高达 20.86%,最低仅 3.09%,多数 $> 6%$,平均为 10.78%。

(5) 与宁芜交代型的钠长岩相比(表 2),宁芜的 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Na_2O 、 K_2O 含量高,而 TiO_2 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MgO 、 CaO 含量则低。

3.3 钠长岩的碱度

表 1 钠长岩的矿物成分 ($w_B/\%$)Table 1 X-ray determinations of the mineral compositions in albitites ($w_B/\%$)

序号	样品号	岩石类型	钠长石	石英	微斜长石	金云母	透闪石	白云石或方解石	白云母	绿泥石	硫酸盐类	副矿物组合
1	L-6	蚀变钠长质糜棱岩	≤ 80	6	—	10	—	≥ 4	—	—	—	磁铁矿-磷灰石-蛭石-褐帘石
2	L-14	磷酸盐化碎裂钠长岩	≤ 70	19	—	—	—	—	—	—	≥ 11	磁铁矿-磷灰石
3	L-22	蚀变重结晶钠长岩	≤ 40	—	—	25	—	35	—	—	—	蛭石-氟碳钾矿
4	Lh-8	斑状钠长岩	≤ 75	16	—	—	—	15	—	4	—	磁铁矿-磷灰石
5	Lh-13	斑状钠长岩	≤ 80	5	—	—	—	白云石 ≥ 15	很少量	—	—	磁铁矿-磷灰石
6	24 ZK-2	磷酸盐化斑状钠长岩	≤ 80	3	—	—	—	白云石为 17	—	—	—	磁铁矿-磷灰石
7	Ly-10	硅化钠长岩	≤ 75	25	—	—	—	很少量	—	—	—	磁铁矿-磷灰石
8	24 ZK7-8	蚀变钠长岩	≤ 70	极少量	—	≥ 30	—	极少量	—	—	—	磁铁矿-磷灰石-褐帘石
9	24 ZK7-9	蚀变钠长岩	≤ 50	5	—	45	—	少量	—	—	—	磁铁矿-磷灰石-褐帘石

矿物成分由 X 射线测定

表 2 钠长岩石化学成分 ($w_B/\%$)
Table 2 Petrochemical compositions in albitites ($w_B/\%$)

序号	样品号	岩石名称	样品数	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	H ₂ O ⁺	CO ₂	ALK	σ	A·R
27	XI-09	钠长岩	1	44.74	1.40	12.03	1.59	4.81	0.47	3.70	9.34	7.40	0.23	0.13	1.04	13.45	7.63	33.46	2.11
28	CK311-75	钠长岩	1	47.10	0.75	14.27	12.00	8.86	0.10	2.36	2.13	6.98	0.58	0.12	2.10	10.74	7.56	13.94	2.71
29	CK465-5	钠长岩	1	50.60	2.10	13.43	4.99	5.95	0.23	2.06	5.29	6.50	0.72	0.80	1.48	3.20	7.22	6.86	2.38
30	ZK96-1	钠长岩	1	56.06	1.50	15.56	2.86	3.54	0.16	2.14	5.29	7.02	0.38	0.38	1.78	2.75	7.40	4.19	2.10
31	老-1	钠长岩	1	47.86	1.80	13.65	2.67	0.42	0.64	2.41	6.68	6.82	0.53	0.78	1.44	8.27	7.35	11.12	2.13
32		钠长岩	1	49.80	1.42	12.33	1.62	6.42	0.30	0.75	6.86	6.04	0.72	0.53	1.12	8.34	6.76	6.72	2.09
33		钠长岩	1	56.91	1.90	14.13	4.60	3.76	0.15	1.10	3.97	7.20	0.29	0.59	0.86	2.48	7.47	4.01	2.41
34	ZK7-8	钠长岩	1	47.66	2.83	13.08	8.40	8.13	0.11	3.76	3.08	5.92	2.06	1.37	2.28	—	7.98	13.66	2.95
35	ZK7-9	钠长岩	1	49.52	2.99	13.96	9.37	5.82	0.09	3.09	3.18	6.50	1.60	1.26	2.21	—	8.19	10.29	2.83
36		钠长岩	1	46.54	2.10	12.66	1.67	5.60	0.33	2.94	7.99	7.40	0.14	0.78	0.96	10.35	7.54	12.88	2.15
37	Lh-8	斑状钠长岩	1	65.68	1.26	15.77	1.59	2.17	0.05	0.42	0.72	9.06	0.18	0.45	1.44	—	9.24	3.76	3.55
38	Lh-13	碳酸盐化钠长岩	1	51.70	1.39	13.48	1.84	2.90	0.32	2.86	6.35	7.82	0.12	0.69	—	7.88	7.94	5.67	2.34
39	CK465-7	角闪钠长岩	1	46.76	2.60	12.73	5.83	9.10	0.30	3.68	6.76	5.18	0.72	0.44	1.47	1.86	5.90	9.43	1.87
40		角闪钠长岩	2	42.12	3.80	14.43	4.77	10.54	0.26	7.10	5.12	4.54	0.35	0.54	2.52	0.98	4.89	—	1.67
41		角闪钠长岩	3	47.07	2.38	13.98	6.24	7.61	0.19	7.07	5.67	4.06	1.19	0.19	2.32	1.56	5.25	6.77	1.73
42		角闪钠长岩	2	48.84	2.40	16.71	2.82	8.87	0.03	4.21	3.44	5.75	0.81	—	3.89	1.05	6.56	7.37	1.97
43		角闪钠长岩	1	49.82	0.65	10.67	3.69	5.07	0.28	4.88	11.31	4.86	0.67	0.21	1.72	6.62	5.53	4.48	1.67
		钠长岩(平均)	12	51.29	1.76	13.78	4.52	4.43	0.27	2.25	4.96	7.01	0.66	0.66	1.41	6.26	7.69	10.54	2.48
		角闪钠长岩(平均)	9	46.63	2.53	14.18	4.82	8.42	0.19	5.82	5.80	4.76	0.81	0.33	2.55	1.91	5.56	6.99	1.78
		钠长岩类(总平均)	21	49.29	2.09	13.95	4.64	6.14	0.23	3.78	5.32	6.04	0.72	0.52	1.89	4.39	6.78	9.24	2.18
		宁茺(钾九)钠长岩		61.48	0.77	17.42	3.39	0.77	0.24	0.77	0.74	8.45	1.80	0.22	1.33	—	10.34	6.14	3.64

本区钠长岩 $ALK(Na_2O+K_2O)$ 为 7%~9%, 角闪钠长岩为 4%~6%, 在莱特(Wright) 碱度率图上(图 2) 处于过碱性—碱性范围内。

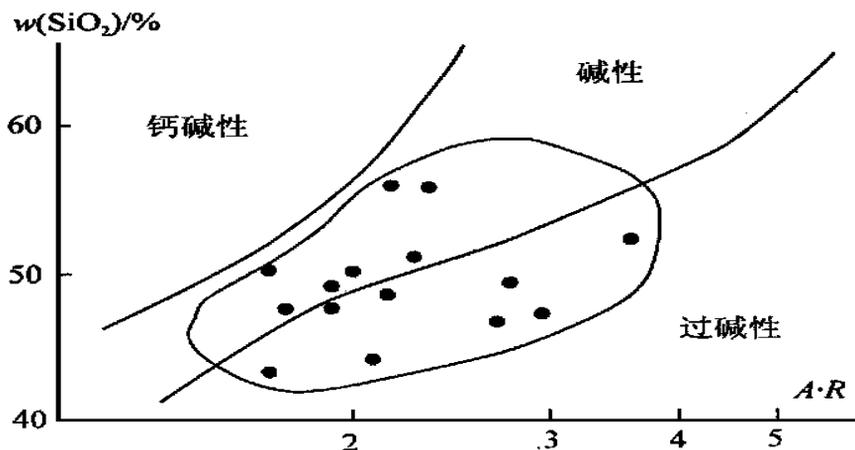


图 2 莱特碱度率图

Fig. 2 Plot of Wright alkalinity

4 钠长岩的稀土元素和微量元素特征

4.1 稀土元素特征

笔者选取不同矿段/地质剖面不同类型的 16 个钠长岩样品作稀土含量测定及特征参数计算(表 3)。

1. 稀土总量(ΣREE)

拉拉铜矿区钠长岩的 ΣREE 含量总体较高, 变化范围较大。本区钠长岩的 ΣREE 平均含量为 508.01×10^{-6} , 其变化范围为 $(88.34 \sim 1597.08) \times 10^{-6}$ 。按 5 个级别作 ΣREE 分布图(图 3), 以 $(300 \sim 500) \times 10^{-6}$ 频率最高, 占 31.25%; $(100 \sim 300) \times 10^{-6}$ 及 $(700 \sim 1600) \times 10^{-6}$ 各占 25%, 而 $< 100 \times 10^{-6}$ 仅一个样品, 占 6.25%。钠长岩稀土总量变化大是与后期的稀土矿化不均一所致。

2. 轻稀土富集特征

本区钠长岩的 ΣCe 高, 平均为 373.21×10^{-6} , 变化范围为 $(25.09 \sim 1374.98) \times 10^{-6}$ 。 $\Sigma Ce / \Sigma Y$ 平均为 2.29, 属轻稀土富集型。

3. 铈异常

16 个样品中, δEu 为正异常的有 7 个, 变化范围为 1.02~2.20, 主要为 1.02~1.38, 表现为弱的铈正异常。落函矿段中的 6 个样品全为正铈异常, 这是由于钠长岩经历了碎裂-糜棱岩化、重结晶、多种蚀变, 特别是磷灰石化, 因为磷灰石是含 δEu 较高的矿物。 δEu 为负异常的 9 个样品, 取自老虎山、老羊滩沟等地段。这些钠长岩的岩浆结构保留较好, 无矿化或矿化很弱。其 δEu 为弱的负异常, 一般 δEu 为 0.6~0.9, 与 I 型花岗岩相似。

表3 拉拉地区钠长岩的稀土元素含量($w_B/10^{-6}$)及特征参数
 Table 3 REE contents ($w_B/10^{-6}$) and characteristic parameters for the albites in the Lala district

序号	采样点	样号	岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
1	涝 西 矿 段	L-6	蚀变钠长质糜棱岩	82.43	163.80	22.22	72.00	12.69	4.47	11.23	1.55	9.70	1.81	4.75	0.64	3.93
2		L-8	蚀变钠长质糜棱岩	47.80	86.24	9.62	31.73	4.90	1.95	4.22	0.57	4.12	0.89	3.07	0.50	3.55
3		L-22	蚀变重结晶钠长岩	2.29	7.52	1.61	8.34	3.53	1.80	4.88	1.01	8.53	2.09	7.74	1.22	8.26
4		L-25	碳酸盐化碎裂钠长岩	10.02	21.72	2.97	11.44	3.18	1.15	3.80	0.64	4.28	0.84	2.40	0.34	2.06
5		L-14	碳酸盐化碎裂钠长岩	142.44	256.00	31.23	112.40	22.12	12.86	18.85	2.49	14.75	2.83	7.93	1.19	7.85
6		L-18	碳酸盐化碎裂钠长岩	341.84	618.40	74.36	268.08	43.44	28.86	35.49	4.53	26.67	4.09	12.82	1.77	11.14
7	L-10	硅化钠长岩	136.52	278.2	36.06	130.56	27.30	7.10	22.36	3.26	19.88	3.96	10.88	1.50	9.22	
8	L-5b	黑云母角闪钠长岩	49.75	111.90	14.85	52.48	10.42	4.64	10.08	1.37	7.90	1.51	3.81	0.52	3.23	
9	Lh-8	斑状钠长岩	159.62	350.20	40.14	128.06	25.56	5.26	37.78	8.71	68.48	13.94	39.56	4.93	26.90	
10	Lh-13	斑状钠长岩	54.79	127.10	14.49	51.78	10.52	2.10	10.98	1.74	11.21	2.10	5.74	0.77	4.75	
11	P-14	铁白云石化斑状钠长岩	31.32	62.81	8.67	33.14	6.09	1.47	7.01	1.28	9.36	1.91	5.83	0.84	5.43	
12	P-16	硅化钠长质糜棱岩	63.40	97.77	12.49	43.38	9.58	2.43	9.60	1.79	12.55	2.56	8.16	1.20	7.98	
13	ZK1-2	碳酸盐化斑状钠长岩	73.44	135.00	16.45	55.45	8.93	1.64	7.22	1.08	7.27	1.52	4.68	0.71	4.89	
14	ZK7-7	角闪钠长岩	78.60	164.74	22.50	94.12	18.93	5.35	17.09	2.45	15.12	2.80	7.96	1.08	6.83	
15	ZK8-1	角闪石化钠长岩	76.62	163.70	21.76	86.52	18.21	4.09	16.82	2.57	16.19	3.05	8.79	1.20	7.37	
16	ZK8-2	钠长岩	32.27	64.80	9.29	39.19	9.62	2.74	9.91	1.64	10.79	2.09	6.44	0.95	6.35	

续表 3

Table 3 Continued

序号	样号	Lu	Y	Σ REE	Σ Ce	Σ Y	Σ Ce/ Σ Y	δ Eu	δ Ce	(Ce/Yb) _N	(La/Yb) _N	(La/Sm) _N
1	L-6	0.53	45.38	435.33	355.81	79.52	4.47	1.12	0.92	10.63	13.82	3.89
2	L-8	0.59	25.11	224.86	182.24	42.62	4.28	1.29	0.90	6.20	8.87	5.94
3	L-22	1.26	66.48	126.56	25.09	101.47	0.25	1.34	0.87	0.23	0.18	0.42
4	L-25	0.31	23.19	88.34	50.48	37.86	1.33	1.02	0.93	2.69	3.20	1.92
5	L-14	1.17	72.94	707.10	577.10	130.00	4.44	1.89	0.87	8.32	11.95	3.92
6	L-18	1.49	123.20	1597.08	1374.98	222.10	6.19	2.20	0.88	14.16	20.21	4.79
7	Ly-10	1.25	93.50	781.49	615.74	165.74	3.71	0.86	0.97	7.70	9.75	3.04
8	Ly-5b	0.47	39.17	312.10	244.04	68.06	3.59	1.38	0.92	8.84	10.15	2.91
9	Lh-8	3.33	395.80	1308.27	708.84	599.43	1.18	0.52	1.01	3.32	3.91	3.80
10	Lh-13	0.66	56.25	345.98	260.78	94.20	2.77	0.60	1.04	6.83	7.60	3.17
11	P-14	0.82	52.56	228.54	143.50	85.04	1.69	0.69	0.87	2.95	3.80	3.13
12	P-16	1.10	69.29	343.16	228.93	114.23	2.00	0.74	0.88	3.13	5.23	4.03
13	ZK1-2	0.75	37.37	356.40	290.91	65.49	4.44	0.61	0.83	7.04	9.98	5.00
14	ZK7-7	0.99	73.14	511.70	364.24	127.46	3.01	0.90	0.91	6.15	7.58	2.53
15	ZK8-1	1.04	79.38	507.31	370.90	136.41	2.72	0.71	0.93	5.67	6.85	2.56
16	ZK8-2	0.99	56.05	253.12	157.91	95.21	1.66	0.86	0.87	2.60	3.35	2.04
平均				508.51	373.21	135.30	2.99	1.04	0.91	6.02	7.90	3.32

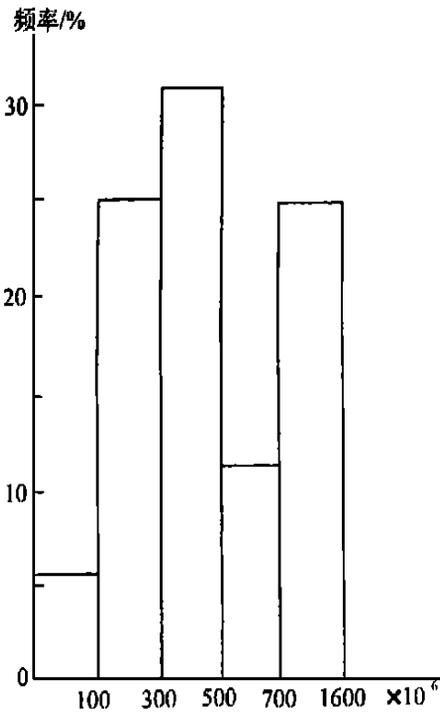


图3 稀土总量(Σ REE)频率分布图
Fig. 3 Histograms showing the frequency distribution of Σ REE

4. 稀土配分模式

本区钠长岩的稀土配分模式图总体呈现是高右低, 向右倾斜的轻稀土富集型(图4、图5、图8、图9); 还有一类为向右倾斜不明显, 较平缓, 有中等负铕异常的海鸥型(图6、图7); 第三类为重稀土富集型(图5), 其图型为左低右略高。

4.2 微量元素特征

本区钠长岩微量元素含量列表4。由于钠长岩变形-蚀变, 岩石微量元素含量变化大, 规律性不强。但由 Rb/Sr 比值, 来探讨岩浆源具有一定意义。本区钠长岩除少数钠长质糜棱岩异常外, Rb/Sr 比值变化范围为 0.04 ~ 0.45, 代表本区钠长岩原岩浆的 Rb/Sr 比值。

据 Taylor(1965)^[3] 研究, 地壳 Rb、Sr 丰度(Rb $\approx 90 \times 10^{-6}$, Sr $\approx 375 \times 10^{-6}$) 计算, 大陆壳 Rb/Sr 比值为 0.24; 而上地幔, 根据来源于上地幔未经地壳混染的大洋拉斑玄武推算, Rb/Sr 比值为 0.025。而本区钠长岩的 Rb/Sr 比值为 0.04 ~ 0.24, 与 Turekian(1961) 统计的玄武岩类 Rb/Sr 比值为 0.06、富钙花岗岩类 Rb/Sr 值为 0.25 相近似。表明本区钠长岩的源岩浆可能来自上地幔, 在侵位上升过程中混有少量地壳物质。

本区钠长岩中含量高且稳定的微量元素有 Zr、Ti。Zr 除一个样品外, 其余均大于 200×10^{-6} , 且大于 500×10^{-6} 的有 9 个样, 占 56%, 与岩石中普遍含锆石相一致。Ti 的含量, 绝大多数大于 2000×10^{-6} , 最高达 17100×10^{-6} , 具基性岩特点。表明源岩浆的上地幔的特点。过渡元素 Cr、Ni、Co 含量变化不大, 相对稳定; 但 Co 及 Mo 有异常值, 与岩石中含有辉钴矿、辉钼矿有关。

5 钠长岩的变形-蚀变与成矿

5.1 钠长岩的变形

伴随着前寒武纪的构造运动(小官河运动-晋宁运动), 本区经历了近 E-W 的剪切变形, 按 Ramsay(1980) 分类^[17], 属韧性-脆性剪切带, 因而本区钠长岩由于韧-脆性剪切作用产生碎裂-糜棱岩化作用, 这种作用主要反映在钠长岩结构构造的演变。

原生钠长岩主要由自形一半自形的钠长石组成, 具有自形-半自形晶结构, 最初变形为碎裂成菱形体, 但晶体颗粒未发生位移; 进一步变形则为碎裂成粒状, 晶体颗粒发生位移, 而

表4 拉拉地区钠长岩微量元素含量 ($w_B/10^{-6}$)
 Table 4 Trace element contents in the albites from the Lala district ($w_B/10^{-6}$)

序号	采样点	样号	岩石名称	As	B	Ba	Co	Cr	Cs	F	Li	Mo	Ni	Rb	Sr	Th	Ti	U	Zn	Zr
1	落 鹵 矿 段	L-6	蚀变钠长质糜棱岩	4085	2.1	182.0	21.9	114.0	4.0	746	7.20	46.20	46.80	25.2	35.2	15.50	5080	2.67	0.5	229
2		L-8	蚀变钠长质糜棱岩	0.90	2.1	683.0	14.5	109.0	7.7	2740	24.00	3.85	55.60	130.0	35.80	23.8	4630	2.38	24.5	247
3		L-22	蚀变重结晶钠长岩	0.50	2.1	30.9	14.70	12.4	3.0	1510	9.90	0.32	15.90	36.2	194.00	8.4	2000	1.84	16.1	99
4		L-25	碳酸盐化碎裂钠长岩	2.95	2.1	21.8	42.70	73.7	3.2	529	6.61	1.96	20.60	3.2	42.40	7.9	12670	0.49	9.4	228
5		L-14	碳酸盐化碎裂钠长岩	1.50	2.1	14.6	3.73	38.8	1.0	180	1.96	27.20	3.66	1.8	32.50	7.9	3020	0.29	17.8	579
6	老 羊 汉 滩	L-18	碳酸盐化碎裂钠长岩	7.55	2.1	23.2	25.20	10.2	1.2	270	4.12	4.98	8.30	2.3	55.00	17.1	2890	0.23	25.1	605
7		L-5b	黑云母角闪钠长岩	0.90	2.1	1180.0	23.3	39.3	4.2	1650	19.70	1.63	18.80	57.3	242.00	12.5	17100	0.83	43.2	214
8		L-10	硅化钠长岩	7.95	2.1	25.5	5.33	65.1	3.0	4240	2.38	2.89	12.3.	2.1	24.70	19.5	1790	1.99	12.6	799
9	老 虎 山	Lh-8	斑状钠长岩	0.25	2.1	15.6	10.2	28.2	1.2	344	5.41	6.61	27.00	2.6	11.00	11.3	6070	3.13	34.0	520
10		Lh-13	斑状钠长岩	<0.1	2.1	18.8	90.6	31.6	1.2	619	4.49	1.45	21.00	4.3	41.50	6.9	6810	1.41	24.3	425
11	拉 拉 剖 面	P-14	铁白云石化斑状钠长岩	<0.1	2.1	26.0	4.39	72.4	0.4	121	0.94	7.95	2.94	4.4	9.88	9.9	2870	0.43	16.3	902
12		P-16	硅化钠长质糜棱岩	<0.1	4.8	538.0	5.49	66.7	1.7	277	2.36	0.64	7.13	150.0	19.60	25.1	1090	3.50	13.3	329
13	老 羊 汉 滩 钻 孔	ZK1-2	碳酸盐化斑状钠长岩	<0.1	2.1	14.4	3.51	14.5	1.2	163	2.19	0.74	4.94	1.3	36.70	8.7	1780	1.99	20.9	915
14		ZK7-7	角闪钠长岩	<0.1	2.1	73.9	20.6	39.1	3.0	907	11.4	4.98	7.60	7.3	30.10	10.1	10230	0.83	61.3	573
15		ZK9-1	角闪石化钠长岩	1.20	2.1	17.3	36.0	43.0	3.0	1150	8.06	10.20	13.50	4.3	14.50	12.5	8980	1.20	72.3	510
16		ZK3-2	钠长岩	0.1	2.1	5.13	17.4	39.7	2.0	1190	7.76	1.98	10.60	0.7	8.50	7.6	6010	1.93	16.9	594

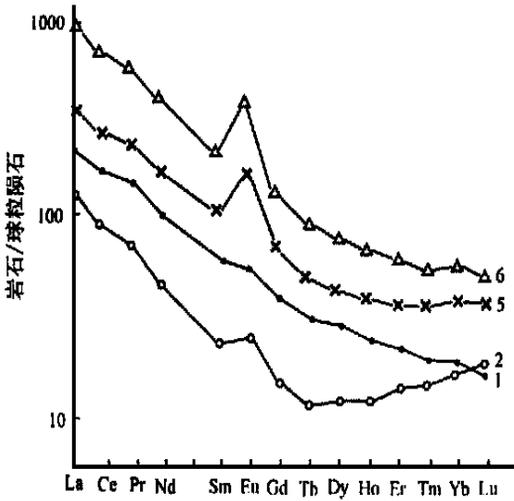


图4 落函矿段碎裂-糜棱状钠长岩稀土配分模式
Fig.4 REE distribution patterns for the cataclastic-mylonitic albites in the Luodang ore block

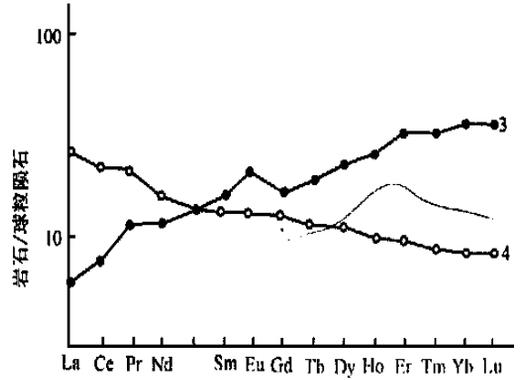


图5 落函蚀变重结晶钠长岩和碎裂钠长岩稀土配分模式
Fig.5 REE distribution patterns for the altered-recrystallized albites and cataclastic albites in the Luodang ore block

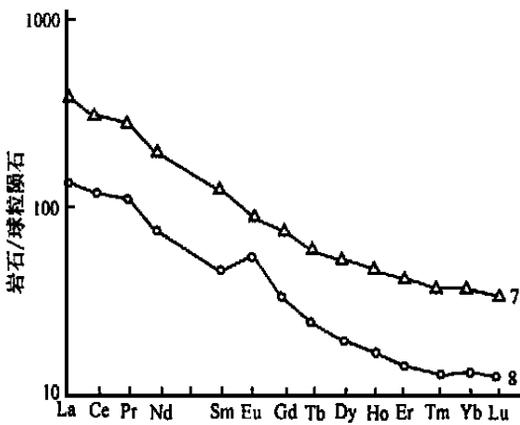


图6 老羊汉滩矿段钠长岩稀土配分模式
Fig.6 REE distribution patterns for the albites in the Laoyanghantan ore block

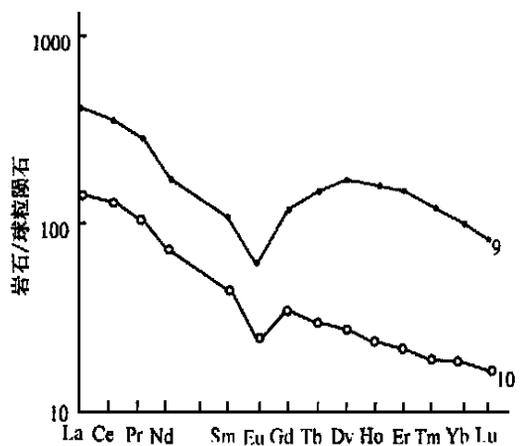


图7 老虎山矿段斑状钠长岩稀土配分模式
Fig.7 REE distribution patterns for the porphyritic albites in the Laohushan ore block

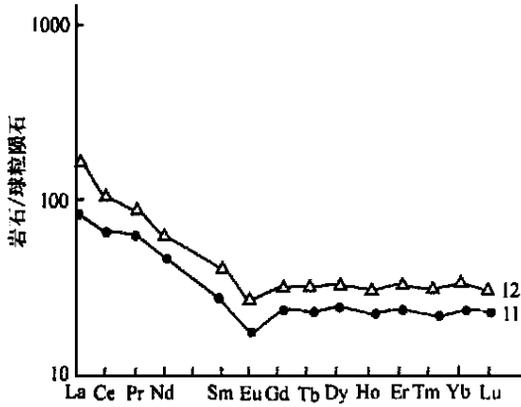


图 8 白云山-拉拉厂剖面上钠长岩稀土配分模式
Fig.8 REE distribution patterns for the albitites in Baiyunshan-Lala geological section

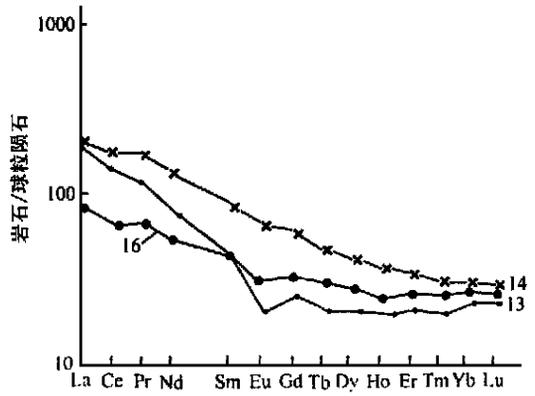


图 9 老羊汉滩矿段钻孔中钠长岩稀土配分模式
Fig.9 REE distribution patterns for the albitites from the boreholes of the Laoyanghantan ore block

残留有原生钠长岩的残留体。钠长岩进一步变形,则形成碎斑结构。由于应力的加强,由碎裂作用向糜棱岩转变,形成具残斑、基质定向的糜棱岩化钠长岩,这就是有人称的糖粒状钠长岩,或称钠长变粒岩,还有误认为是变砂岩。这类岩石在区域变质中经受过重结晶作用。由于糜棱岩化作用的增强,形成钠长质糜棱岩和具钠长眼球,基质为微粒状结构的钠长质糜棱岩。

钠长岩在构造上的变形主要表现在钠长岩的层纹状构造和条纹条带状构造,这不是沉积变质形成的构造,而是剪切变形的结果。当 S-C 组构的夹角等于零,即剪切面与糜棱面平行时可形成上述构造。

5.2 钠长岩的蚀变

原生的钠长岩常有碳酸盐化。碳酸盐沿钠长岩的碎裂隙及粒间充填交代;也见有硅化石英呈乳滴状交代钠长石形成文象结构;还有金云母化和片状集合体呈团、斑状出现。

碎裂-糜棱状钠长岩的蚀变组合主要有:①硅化-微斜长石化为具有格子双晶的粒状微斜长石和石英呈粒状嵌状交代微粒状钠长质糜棱岩,局部微斜长石化强烈地段(在 2080 水平坑道中见到)形成肉红色钾长交代岩;②金云母化为金云母沿剪切面充填交代形成条纹条带状钠长岩或金云母交代岩,或在变质作用下伴随铜矿化形成片岩型铜矿石;③碳酸盐化(铁白云石化)-磷灰石化-萤石化与晚期富矿成矿关系密切,磷灰石化可形成磷灰石交代岩或磷灰石型富矿石,硫化物胶结磷灰石或硫化物胶结磷灰石和褐帘石,萤石化是更晚的蚀变,常与碳酸盐化等一起形成交代岩型稠密浸染状富矿石,局部强碳酸盐化交代钠长质糜棱岩,可形成交代型大理岩(具条纹条带状),铁白云石化与铜矿化关系密切;④钠长石化为局部的肉红色或浅灰色自形、半自形粗钠长石变晶呈柱粒状集合体沿钠长质糜棱面(片理)及岩石的裂隙呈小透镜体、脉状贯入并向两侧进行交代,这种交代与铜矿化关系密切。

5.3 变形-蚀变与成矿

拉拉铜矿的含矿岩系为一套具多种蚀变的碎裂-糜棱状角斑质钠长质岩。韧-脆性剪切作用对矿床的形成具有重要的意义。落函矿区占整个拉拉铜矿储量的70%。该矿段含矿岩性的原岩为一套钠长岩,在韧-脆性剪切作用下形成了一套钠长质的碎裂岩-碎斑岩-糜棱岩,这就起到了扩容作用,即岩石的孔隙度大大增加,由沿 F_1 侵位的辉绿辉长岩体(图1)提供含矿气液及在区域变质中产生的变质热液沿钠长岩的碎裂构造和剪切面及裂隙充填交代,在钠长质碎裂-糜棱岩蚀变的同时,铜、钼、钴硫化物沉淀成矿,形成钠长岩型浸染状铜矿石或脉状-网脉状铜矿石。在金云母化较强地段,在变质作用下形成片岩型铜矿石(硫化物沿片理产出)。因而总体上,拉拉铜矿属动力变质热液型铜矿床。

6 钠长岩型铜矿石

本区钠长岩型铜矿石的矿物成分(表5)中,金属矿物占总量的14.72%,其中磁铁矿含量最高,其次是黄铁矿,黄铜矿含量最低(占2.54%)。

表5 钠长岩型矿石的矿物成分

Table 5 Mineral compositions of the albitite type copper ores

石英钠长岩型浸染状铁矿-黄铜矿矿石		
矿物名称	占原矿石重量(g)	质量分数($w_B/\%$)
磁 铁 矿	149.8	7.49
黄 铜 矿	50.8	2.54
黄 铁 矿	93.8	4.69
磷 灰 石	77.2	3.86
暗色矿物	327.6	16.38
长 英 矿物	931.6	46.98
碳酸盐矿物	331.0	15.55
副 矿 物	38.2	1.91
合 计	2000	100

本区钠长岩型铜矿石的化学成分及Cu、Co、Mo的含量列表6。由表6可知钠长岩型铜矿石在岩石化学上,与原生钠长岩(表2)和碎裂-糜棱状钠长岩有明显差别,首先是 Al_2O_3 含量明显降低,而 K_2O 含量(多数样品)明显增加,最高达4.78%,这与金云母化有关。其次是 Fe_2O_3 含量明显增加,达19.17%~26.38%,几乎达到贫铁矿的含量,这是由于在铜矿化之前的磁铁矿化所引起。

钠长岩型铜矿铜的含量(表6)为0.24%~1.64%,其中0.46%~1.64%的有5个样品(占70%)达工业品位,其余两个样品(0.24%~0.33%)达边界品位。钴、钼的含量数多样品大于0.01%,可综合利用。

表6 落函矿区钠长岩型铜矿石化学成分

Table 6 Chemical compositions in the albitic type copper ores from the Luodang mining district

化学成分 ($w_B/\%$)	矿体							岩石名称	样品编号
	1号	1号	2号	3号	4号	4号	5号		
SiO ₂	49.83	41.63	44.84	52.22	47.30	48.58	46.35	石英钠长岩	CK179-1495
Al ₂ O ₃	8.94	8.82	8.87	10.59	13.77	9.18	12.05	石英钠长岩	CK179-1497
Fe ₂ O ₃	7.52	9.94	1.40	19.17	22.57	26.38	19.91	石英钠长岩	CK177-1376
TiO ₂	0.81	1.14	0.98	0.85	1.75	0.85	2.36	石英钠长岩	CK177-1389
CaO	11.11	13.51	13.88	1.39	2.12	3.11	3.20	石英钠长岩	CK179-1481
MgO	1.33	2.07	0.63	0.57	1.19	1.66	1.11	石英钠长岩	CK179-1475
K ₂ O	0.33	0.08	4.78	0.25	3.22	1.97	3.64	石英钠长岩	CK179-1506
Na ₂ O	4.16	4.42	0.88	4.63	4.15	3.06	3.42	石英钠长岩	CK179-1495
P ₂ O ₅	0.30	0.53	0.69	1.29	0.61	0.18	1.29	石英钠长岩	CK179-1497
MnO	0.29	0.33	0.28	0.22	0.10	0.15	0.24	石英钠长岩	CK177-1376
FeO	—	—	3.00	3.22	—	—	—	石英钠长岩	CK177-1389
Cu	1.64	1.28	0.46	0.86	0.33	0.24	1.07	石英钠长岩	CK179-1481
Mo	0.032	0.032	0.010	0.007	0.010	0.000	0.092	石英钠长岩	CK179-1475
Co	0.011	0.002	0.010	0.076	0.005	0.014	0.009	石英钠长岩	CK179-1506
S	2.11	1.79	1.96	0.00	0.51	0.75	1.73	石英钠长岩	CK179-1495
F	0.19	0.16	0.18	0.15	0.61	0.54	0.27	石英钠长岩	CK179-1497
REE	0.143	0.012	—	—	0.100	0.114	0.105	石英钠长岩	CK177-1376

参考文献:

- [1] 吴树仁. 岩石学词典[M]. 北京: 地质出版社, 1990.
- [2] 孙霖, 彭亚鸣. 火成岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1985.
- [3] 林景任. 岩浆成因导论[M]. 北京: 地质出版社, 1987.
- [4] 钟增球. 对糜棱岩的一些新认识[J]. 地质科技情报, 1985, 4(3): 63—67.
- [5] 曹熹, 列正宏. 糜棱岩形成机制的显微构造证据[J]. 长春地质学院报, 1988, 18(2): 157—165.
- [6] 王春增. 变形分解及其研究意义[J]. 地质科技情报, 1988(2): 13—19.
- [7] 余树桐. 糜棱岩及与其它区域变质岩的区别[J]. 地质科技情报, 1988, 7(3): 1—9.
- [8] 俞鸿年. 福建平瓦窑断层岩显微构造的某些特征[J]. 地球科学, 1988, (1): 41—45.
- [9] 许志琴. 地壳变形与显微构造[M]. 北京: 地质出版社, 1984.
- [10] 张树业等. 变质岩结构构造图册[M]. 北京: 地质出版社, 1985.
- [11] 曾庆丰. 论热液成矿条件[M]. 北京: 科学出版社, 1986.
- [12] 申屠保涌. 川西南拉拉铜矿含矿岩系特征及矿床成因探讨[J]. 矿物岩石, 1986, 5(2): 111—121.
- [13] 申屠保涌. 西昌-滇中地区前震旦纪细碧-角斑岩系特征、成因及构造环境[J]. 矿物岩石, 1989, 8(4): 321—330.
- [14] 申屠保涌. 四川会理拉拉铜矿床地质地球化学特征及成矿模式[A]. 特提斯地质[C]. 北京: 地质出版社, 1997, (21): 111—128.
- [15] WHITE S H, BURROWS S E, CARRERAS J, SHAW N D and HUM PHREYS F J. On mylonites in ductile shear zone (J). Journal of Structural Geology, 1980, 2(1): 175—187.
- [16] LISTER G S. S-C mylonites (J). Journal of Structural Geology, 1984, 6(5): 617—638.
- [17] RAMSAY J G. Shear zone geometry: a review (J). Journal of Structural Geology, 1980, 2(1): 83—99.