

文章编号: 1009-3850(2000)01-0063-15

康滇地轴中段前震旦系马鞍山组的发现及特征

李忠雄¹, 周铭魁¹, 张开国², 李国清²

(1. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082; 2. 四川地勘局 404 地质队, 四川 西昌 615000)

摘要: 四川会东县“马鞍山组”的发现, 是近年来康滇地轴中段前震旦系地质研究的重要进展, 对提高基础地质研究, 进一步寻找会理拉拉式铜矿具有重要意义。“马鞍山组”的剖面特征和岩石学研究表明, 该组相当于古元古界河口群, 岩性组合主要为海相喷发的钠质火山岩-细碧岩组合, 蚀变强烈; 火山岩岩石化学特征表现为富钠、贫钾, 高钙、低铁, 岩性偏中酸性, 火山岩属碱性玄武岩系列。微量元素以 Cu-Au-U-Zn-As-Sb-Fe-Cr-Co 组合为特征。岩石的稀土总量低, 轻重稀土比值大, 为轻稀土富集型; 具中等铈亏损和微弱铈亏损; 其配分模式图呈向右倾斜的“V”字型。

关键词: 前震旦系; 岩石特征; 地球化学特征

中图分类号: P534

文献标识码: A

The discovery and significance of the Presinian Ma'an-shan Formation in the central part of the Kang-Dian Axis, southwestern China

LI Zhong-xiong¹, ZHOU Ming-kui¹, ZHANG Kai-guo², LI Guo-qing²

(1. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China; 2. No. 404 Geological Party, Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resources, Xichang 615000, Sichuan, China)

Abstract: The discovery of the Presinian Ma'an-shan Formation in the Huidong region, Sichuan marks an important progress in the research on the Presinian strata in the central part of the Kang-Dian Axis, especially in the prospecting and exploration of the Lala-type copper deposits in Huili, Sichuan. The Ma'an-shan Formation consists of a suite of meta-

morphic sodic volcanic rocks-spilite associations, and may be correlated with the Palaeoproterozoic Hekou Group in Huili, Sichuan and Xiaoliukou Formation in Dongchuan, Yunnan. The volcanic rocks in the Formation that are assigned to the alkaline basalt series are characterized by: (1) higher contents of sodium and calcium and lower contents of potassium and iron; (2)REE association Cu-Au-U-Zn-As-Sb-Fe-Cr-Co; (3) relatively low Σ REE and relatively high LREE/HREE ratios indicating a LREE-enriched type of the rocks; (4) Eu and Ce depletion and a slightly rightward-dipping V-type distribution pattern.

Key words: Presinian; lithology; geochemistry

康滇地轴系指从四川康定到云南红河的近南北向构造带,是我国西南一个重要的构造单元^[1]。在康滇构造带的轴部,前震旦系沿四川冕宁、西昌、会理、会东,云南东川^[3]、易门等地分布。

康滇地轴中段包括四川西昌市以南的德昌县、会理县和会东县及云南东川一带,是康滇地区前震旦系出露最集中的地段之一,也是和云南前震旦系连接的地域。

本区地壳具“双基双盖”结构特征^{2,3]},即前震旦系结晶基底和褶皱基底与海相震旦系—古生界盖层和陆相中新生界盖层。结晶基底由中深变质的康定群和河口群组成,系一套闪长质、花岗质混合片麻岩、混合岩和以细碧角斑岩系为主的变钠质火山-沉积岩。迄今为止,结晶基底只出露在四川会理拉拉、黎溪、通安等地,云南东川地区有零星分布,其余广大地区未见其分布(图 1)^[4]。褶皱基底由中浅变质的会理群和昆阳群组成,系一套海相类复理石碎屑岩夹火山岩-碳酸盐建造和同期异相的复理石碎屑岩建造。

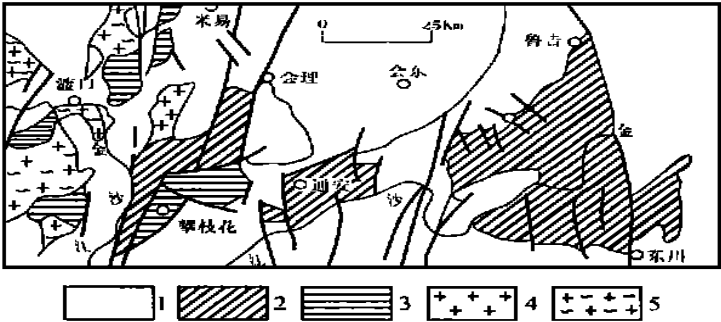


图 1 会理-会东及东川地区前震系分布图(据李复汉等, 1988)
1. 盖层; 2. 会理群/昆阳群 3. 河口群、康定群; 4. 花岗岩; 5. 混合岩

Fig. 1 Distribution of the Presinian strata in the Huili-Huidong region in Sichuan and Dongchuan region in Yunman (after Li Fuhan et al , 1988)
1=overburden; 2=Huili/Kunyang Group; 3=Hekou and Kangding Groups; 4=granite; 5=migmatite

海相盖层由震旦系至二叠系组成,陆相盖层由中新生界组成;盖层构造层与基底构造层呈角度不整合接触,由下至上可分为三个主要建造层^[5]:①震旦系—下二叠统滨浅海相碎屑

-碳酸盐岩建造的多旋回组合;②以陆相喷发为主的幔源暗色岩-峨眉玄武岩武建造;③陆相含煤建造及红色建造。

本区断裂构造以南北向深大断裂为主, 自西向东依次为安宁河断裂、小江断裂和峨边-寻甸断裂;褶皱构造则具有以南北向为主的多方向、多形态和多旋回特征^[9]。

1997~1998 年间, 在实施国家计委地矿行业科技找矿项目“扬子地台西南缘双会-盐源铜(金)矿靶优选和综合评价”的过程中, 首次在四川会东县以东、金沙江以西的野牛坪乡马鞍山地区发现了一套可与河口群进行对比的变钠质火山岩, 将其命名为马鞍山组。下面详细介绍马鞍山组变钠质火山岩的地层剖面、岩石地球化学特征及区域对比结果。

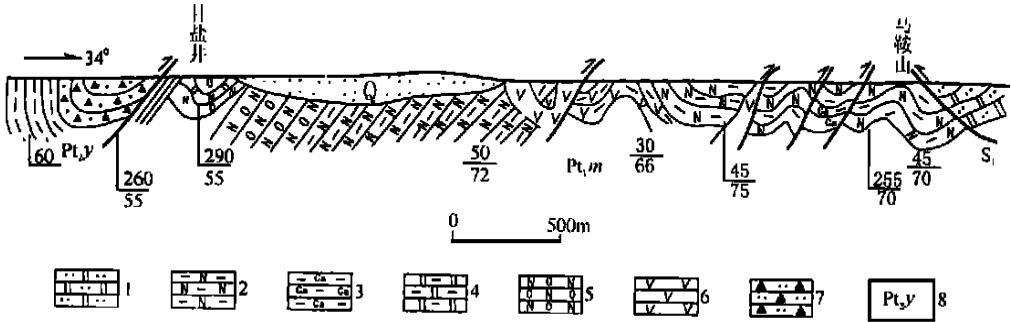


图2 会东野牛坪马鞍山组(Pt_1m)实测地层构造剖面

1 砂质白云岩; 2 钠长岩; 3. 二云片岩; 4. 凝灰岩; 5. 斑状钠长岩、角斑岩; 6. 辉长岩; 7. 角砾岩; 8. 因民组

Fig. 2 Measured stratigraphic and structural section through the Ma'an shan Formation in Yeniuiping, Huidong, Sichuan

1=sandy dolostone; 2=albitite; 3=two-mica schist; 4=tuff; 5=porphyritic albitite and keratophyre; 6=gabbro; 7=breccia; 8=Yimin Formation

1 马鞍山组地层剖面(图2)

马鞍山组出露在会东县野牛坪乡马鞍山到甘盐井一带, 出露面积近 3km^2 , 剖面地层顶底出露不全, 顶部与会理群/昆阳群因民组(Pt_2y)呈断层接触。从剖面上看, 马鞍山组为一系列构造断片所构成, 总体为一套无序的非史密斯地层, 但在独立的断片中应用构造地层学方法, 仍可建立层序, 即有限史密斯地层柱。野外观察表明, 原始层序基本被片理所置换($S_1//S_0$), 片理往往又被劈理所置换, 再一次发生置换作用($S_2//S_1$)。

根据岩性组合及构造特点, 马鞍山组可分成两段(图3)。

下段(Pt_1m^1)以灰绿色凝灰质片岩、凝灰质角砾岩为主, 夹变细碧岩和钠长石英斑岩, 偶夹黑色碳质板岩。出露厚度为 797m。

上段(Pt_1m^2)以浅灰色/灰白色石英钠长岩、钠长石英岩为主, 夹变细碧岩、变角斑岩、黑云片岩、凝灰质片岩。出露厚度为 500m。

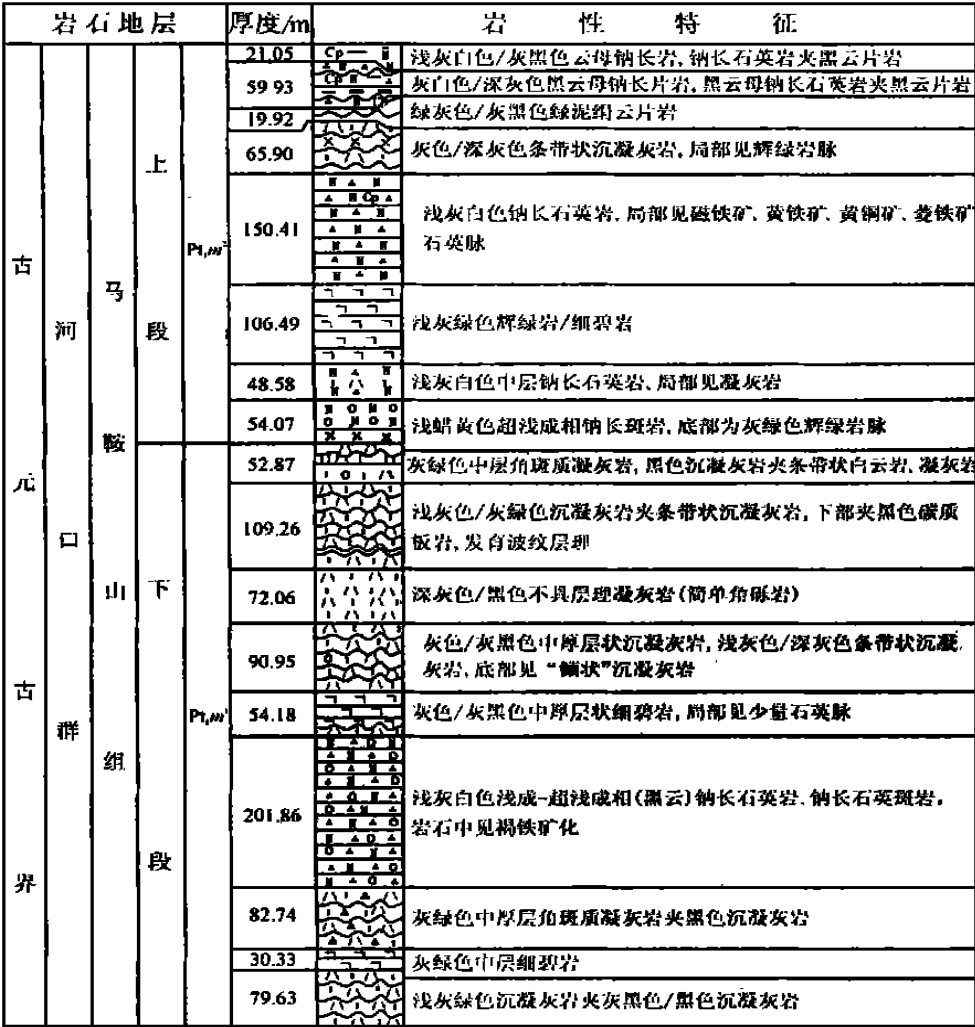


图3 会东野牛坪马鞍山组柱状图

Fig 3 Columnar section through the Ma'anshan Formation in Yeniuiping, Huidong, Sichuan

2 马鞍山组岩石类型及岩石地球化学特征

2.1 岩石类型

马鞍山组火山岩均为火山喷发的钠长岩、细碧岩系列, 其中以钠长岩、斑状钠长岩为主, 细碧岩少量, 其岩石特征如下:

钠长岩 岩石主要由钠长石、石英和蚀变矿物组成; 粗大的板柱状钠长石格架中充填有绿泥石、碳酸盐及磁铁矿等蚀变矿物, 蚀变而成的碳酸盐矿物呈粒状集合体与绿泥石、磁铁矿等伴生; 副矿物主要有锆石、磷灰石、磁铁矿、钛铁矿、电气石和榍石等。

蚀变钠长岩 岩石具自形一半自形粒状结构和粒片状变晶结构; 岩石主要由钠长石(含少量歪长石、微斜长石)和少量石英组成, 石英粒小量少多为重结晶, 而蚀变矿物除碳酸盐矿

物外,还有黑云母、绿泥石、透闪石、白云母等;副矿物有锆石、榍石、电气石、磷灰石、磁铁矿和褐铁矿等。

斑状钠长岩 岩石具斑状结构,基质具粒状变晶结构、交代残余结构等,岩石成分单一,主要为钠长石和少量石英,以及微量碳酸盐岩和绿泥石等;斑晶含量大于 15%,有单斑晶和聚斑晶两种类型;副矿物有锆石、磷灰石、电气石、榍石、磁铁矿和褐铁矿等。

云母钠长片岩 岩石具片状构造,褶曲片状变晶结构,主要由细小的柱粒状钠长石与细片状云母紧密定向排列而成,成分除钠长石和云母外,还有许多碳酸盐矿物和少量石英、绿泥石等;副矿物有锆石、磷灰石、电气石、磁铁矿和褐铁矿等。

角闪钠长岩 岩石具粒状变晶结构,局部具糜棱结构。岩石组分中钠长石占 70%左右,角闪石占 10%~12%,石英含量大于 5%,另有碳酸盐矿物及各种蚀变矿物,其中钠长石为自形一半自形板柱状,部分发育宽窄不等的钠长石双晶,而角闪石则几乎全部蚀变为黑云母、透闪石、绿泥岩、白云母及碳酸盐矿物,有的蚀变矿物仍保存角闪石的外形和特征;副矿物有锆石、磷灰石、磁铁矿和褐铁矿等。

细碧岩 岩石具特征的细碧结构,即板柱状钠更长石格架中充填蚀变暗色矿物和脱玻而成原绿泥石。岩石成分中钠长石占 80%左右(包括少量更长石),蚀变暗色矿物为 15%左右(主要有绿泥石、黑云母、阳起石和含铁碳酸盐矿物),暗色矿物原来可能为辉石,现由绿泥石、黑云母、碳酸盐矿物替代,但仍保留原暗色矿物外形;副矿物有磁铁矿、锆石、磷灰石、榍石和钛铁矿等。

2.2 矿物组合特征

本区变钠质火山岩在矿物组合特征上与拉拉铜矿火山岩极为相似(周铭魁等,1995),其主要造岩矿物仍为钠长石、角闪石、石英和黑云母等,而次要矿物有绿泥石等,副矿物主要为锆石、磷灰岩、电气石、榍石、磁铁矿、褐铁矿和钛铁矿等。

钠长石 钠长石为本区最主要的造岩矿物,在各类火山岩中十分发育。钠长石结晶细小,粗大颗粒少见,晶形处于自形到半自形之间,在柱粒状、板状、晶粒状等,主要发育卡氏双晶、聚片双晶、简单双晶等。笔者通过对本区钠长石样品电子探针分析(表 1),钠长石成分特点主要有:①主要成分 Na_2O 为 11.25%~12.35%,平均为 11.72%; Al_2O_3 为 18.77%~20.01%,平均为 19.47%; SiO_2 为 65.3%~69.79%,平均为 68.37%,其它成分含量较少。与会理拉拉矿区河口群钠长石成分相比^[7],本区 Na_2O 含量略偏低,而 Al_2O_3 含量略偏高,其余成分十分相似。②从表 2 中可知,本区钠长石矿物成分 Ab 为 88.2%~100%,平均为 96.3%;An 最高为 11.7%,最低为零,平均 3.2%;Or 含量则很低。与会理拉拉河口群(Ab 平均为 98.2,An 平均为 1.38)相比,本钠长石的 Ab 的略偏低,An 则偏高,Or 相似。

我们测定了马鞍山组钠长石等矿物的 X 射线衍射谱线(图 4),五件样品中检出的矿物及其 $d(10^{-10}\text{m})$ 值如下:

样品 B76 检出:①钠长石 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$,主要 $d(10^{-10}\text{m})$ 为 6.38,4.03,3.78,3.67,3.50,3.19,2.93;②石英 SiO_2 。

样品 B77 检出:①钠长石 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$,主要 $d(10^{-10}\text{m})$ 为 6.38,4.03,3.78,3.67,3.19,2.93;②石英 SiO_2 和方解石 CaCO_3 。

表 1 钠长石成分分析($w_B/\%$)

Table 1 Electronic microprobe analyses of albite from Ma'anshan in Huidong and Lala in Huili, Sichuan ($w_B/\%$)													备注
序号	编号	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	Ti ₂ O	Cr ₂ O ₃	MnO	FeO	NiO	
1	B45-1	11.25	0.01	19.87	68.84	0.03	0.22	0.13	0.00	0.00	0.19	0.11	会 东 马 鞍 山
2	B45-2	11.74	0.00	19.69	68.99	0.17	0.15	0.02	0.04	0.07	0.03	0.04	
3	B45-3	12.02	0.00	18.77	69.80	0.01	0.00	0.15	0.00	0.02	0.07	0.09	
4	B47-1	12.35	0.01	19.26	68.93	0.00	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00	0.06	
5	B47-2	11.37	0.01	19.68	69.25	0.07	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	B47-3	11.89	0.01	18.94	69.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.04	
7	B65-1	11.96	0.00	19.41	68.74	0.00	0.59	0.00	0.00	0.07	0.00	0.07	
8	B56-2	11.83	0.00	19.50	68.36	0.06	0.13	0.00	0.00	0.10	0.02	0.01	
9	B65-3	11.50	0.00	19.26	68.55	0.09	0.29	0.07	0.91	0.01	0.16	0.15	
10	B69-1	11.57	0.04	19.36	69.00	0.04	0.09	0.25	0.09	0.00	0.45	0.08	
11	B69-2	11.91	0.00	19.52	66.86	0.08	0.10	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	
12	B69-3	11.73	0.00	19.44	68.49	0.00	0.24	0.00	0.06	0.04	0.05	0.00	
13	B77-1	11.98	0.00	19.35	65.33	0.03	0.72	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	
14	B77-2	11.39	0.00	19.94	68.53	0.06	0.36	0.08	0.02	0.02	0.01	0.06	
15	B77-3	11.31	0.02	20.01	66.88	0.00	0.29	0.00	0.00	0.05	0.07	0.01	
16	落 14Zk63-1	13.27	0.00	18.46	67.28	0.07	0.01	0.00	0.02	0.00	0.08	0.00	会 理 拉 拉
17	落 5Zk142-7	11.86	0.03	18.84	67.20	0.04	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.11	
18	落 6Zk5-13	13.03	0.02	19.68	67.48	0.13	0.34	0.00	0.15	0.01	0.02	0.11	
19	落 Zk63-2	12.34	0.00	18.80	67.15	0.16	0.05	0.00	0.38	0.00	0.08	0.00	
20	落 5Zk142-5	12.70	0.01	18.79	67.27	0.03	0.03	0.00	0.06	0.02	0.05	0.00	

注: 16~20 据阙梅英

表 2 钠长石成分($w_B/\%$)

Table 2 Mineral compositions of albite from Ma'anshan in Huidong and Lala in Huili, Sichuan($w_B/\%$)																				
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ab	95.7	96.4	99.9	100	99.6	99.8	90.2	97.3	94.3	98.1	97.8	95.7	88.2	93.2	94.6	99.5	99.8	94.0	98.3	99.3
An	4.1	2.7	0	0	0	0.2	9.8	2.4	5.3	1.7	1.8	4.3	11.7	6.5	5.4	0.2	0	5.4	0.9	0.5
Or	0.2	0.9	0.1	0	0.4	0	0	0.3	0.4	0.2	0.4	0	0.1	0.3	0	0.3	0.2	0.6	0.8	0.2

序号同表 1

上述分析结果与镜下观察和电子探针微区分析的结果基本一致。根据五件样品中钠长石的 $d(10^{-10}\text{m})$ 值可以判断出马鞍山组钠长石为低温钠长石, 其有序度较高, 此特征与会理拉拉地区钠长石较高有序度一致^[7], 这可能是由于马鞍山地区与拉拉地区具有相似的地质构造背景造成的。

角闪石

角闪石几乎全部蚀变为黑云母、透闪石、绿泥石、白云母及碳酸盐矿物, 在蚀变过程中析

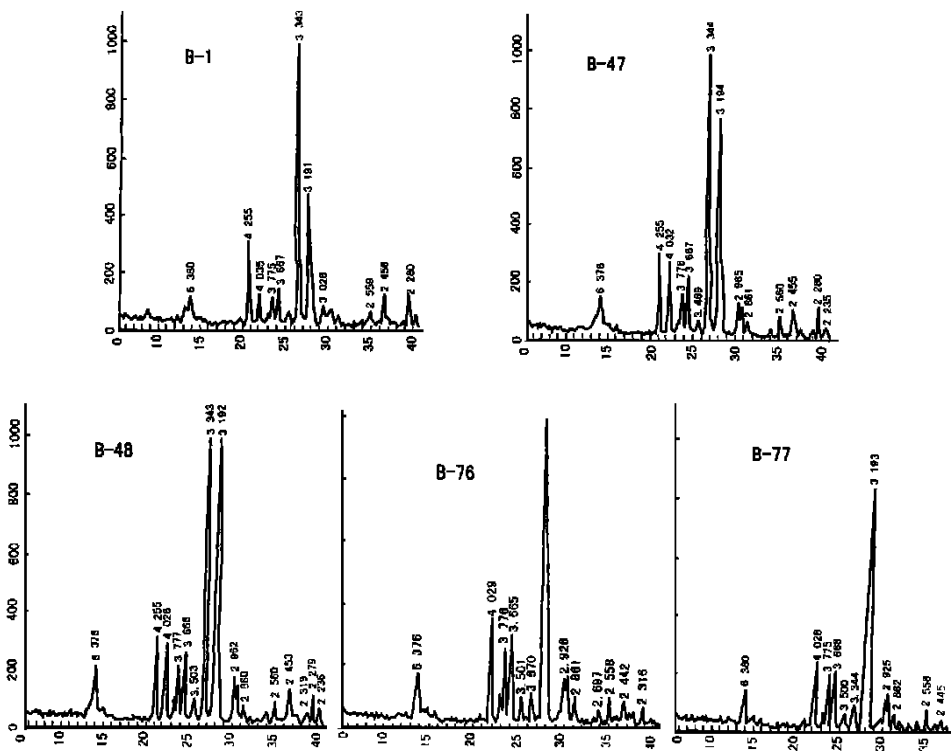


图 4 钠长石、石英等矿物 X 射线衍射图

Fig. 4 X-ray power diffraction diagrams of albite, quartz and other minerals

出铁、钛而生成磁铁矿、钛铁矿和榍石等, 有的蚀变矿物仍保存角闪石的外形特征, 同时又有长石、磷灰石等矿物的包体。

2.3 马鞍山组的岩石化学成分

马鞍山组及邻区会理拉拉河口群和东川小溜口组^[8] 火山岩岩石化学成分列表 3, 从表中可以看出如下特征:

- (1) 由于受到强烈蚀变的影响, 岩石 SiO_2 的含量变化较大, 从 20.86% 到 77.6% 皆有出现, 其中马鞍山组 SiO_2 含量为 20.86% ~ 77.6%, 拉拉河口群为 44.74% ~ 65.68%, 东川小溜口组为 37.92% ~ 61.92%。
 - (2) 由于强烈碳酸盐化影响, 岩石中 CaO 和 MgO 含量普遍较高, 其中马鞍山组 $\text{CaO} + \text{MgO}$ 平均含量为 12.99%, 最高值为 33.5%; 拉拉河口群 $\text{CaO} + \text{MgO}$ 平均值为 7.77%, 最高值为 13.04%; 东川小溜口 $\text{CaO} + \text{MgO}$ 平均值为 14.34%, 最高值为 21.85%。
 - (3) 岩石的 Na_2O 含量普遍较高, 且 Na_2O 大于 K_2O , 马鞍山组 Na_2O 平均含量为 4.14%, K_2O 平均含量为 1.13%; 拉拉河口群 Na_2O 平均含量为 6.99%, K_2O 平均含量则为 0.76%; 东川小溜口组 Na_2O 平均含量为 4.51%, K_2O 平均含量由为 1.62%。
 - (4) 岩石中的 Fe_2O_3 和 FeO 的含量较低, 除少数大于 10% 外, 绝大多数小于 10%。
- 上述特征表明马鞍山组与拉拉河口群和东川小溜口组在化学成分上既存在相似性, 又具差异性, 总体上说相似性多于差异性。

将表 3 中数据投入到邱家骧的综合图解中,从火山岩的酸度和碱度(图 5)可以发现马鞍山组中的蚀变钠长岩、斑状钠长岩和细碧质角砾岩主要落在碱性玄武岩、粗安岩范围内,角闪钠长岩和斑状石英钠长岩则落入在英安岩、英安流纹岩和流纹岩范围内;拉拉河口群钠长岩主要投在碱性玄武岩、玄武粗安岩和粗面岩范围内;东川小溜口组则落在粗面岩和超基性岩范围内。

表 3 会理-会东及东川地区火山岩岩石化学成分($w_B/\%$)

Table 3 Petrochemical compositions of the volcanic rocks from the Huili-Huidong region in Sichuan and Dongchuan region in Yunnan ($w_B/\%$)

序号	编号	岩石名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	FeO	烧失	A. R	备注
1	B1	角闪钠长岩	69.60	0.36	11.00	0.35	2.72	0.91	0.05	1.73	3.99	0.12	4.37	3.89	1.32	会 东 马 鞍 山 地 区
2	B2	细碧质角砾岩	48.20	0.31	8.05	3.72	10.30	3.81	0.12	0.91	3.67	0.41	3.49	15.14	1.86	
3	B3	蚀变钠长岩	47.86	0.53	12.26	8.68	8.06	4.77	0.23	3.64	2.46	0.17	—	9.90	2.43	
4	B4	强碳酸岩化 斑状钠长岩	52.56	0.44	8.56	5.46	9.98	3.78	0.29	0.93	3.38	0.17		1.30	1.67	
5	B5	强碳酸岩化 斑状钠长岩	42.76	0.06	1.83	6.91	14.34	8.68	0.32	0.43	0.18	0.01	—	22.70	3.94	
6	B6	强碳酸岩化 斑状钠长岩	20.86	0.08	1.99	7.82	21.94	11.56	0.52	0.39	0.28	0.03	—	33.00	4.29	
7	B7	蚀变钠长岩	49.06	0.55	11.05	5.42	9.00	4.67	0.19	1.67	3.88	0.15	—	12.90	3.36	
8	B8	云母钠长片岩	35.36	0.40	8.47	8.82	9.39	8.18	0.34	1.39	2.55	0.14	—	17.80	2.63	
9	B10	蚀变辉长岩	41.36	3.86	14.64	15.00	9.91	5.30	0.16	0.57	4.27	1.75	—	1.20	2.06	
10	B47	斑状石英钠长石	75.30	0.25	11.49	0.27	0.79	0.26	0.01	0.14	7.17	0.30	1.48	1.06	1.61	
11	B48	斑状石英钠长石	77.60	0.16	11.72	0.31	0.38	0.17	0.01	0.12	7.41	0.18	1.02	0.31	1.08	
12	B76	细晶钠长岩	64.70	0.59	15.18	1.82	2.44	0.49	0.04	0.36	9.18	0.21	0.97	2.81	1.06	
13	B77	角闪钠长岩	55.40	1.23	14.44	4.47	5.32	0.90	0.09	0.69	8.18	1.29	0.88	6.10	1.77	
14	B86	蚀变钠长石	50.50	0.64	12.18	1.54	6.86	4.13	0.11	2.60	4.01	0.19	6.76	8.95	1.57	
15	B90	钠长岩	30.50	0.34	5.99	0.20	15.18	10.58	0.40	1.36	1.53	0.31	6.16	24.29	1.49	
16	XI-09	钠长岩	44.74	1.40	12.03	1.59	9.34	3.70	0.47	0.23	7.40	0.13	4.81	13.45	2.11	会 理 拉 拉 地 区
17	Zk96-1	钠长岩	56.06	1.50	15.56	2.86	5.29	2.14	0.16	0.38	7.02	0.38	3.54	2.75	2.10	
18	Zk7-8	钠长岩	47.66	2.83	13.08	8.40	3.08	3.76	0.11	2.06	5.92	1.37	8.13	—	2.95	
19	Zk7-9	钠长岩	49.52	2.93	13.96	9.37	3.18	3.09	0.09	1.60	6.59	1.26	5.82	—	2.83	
20	Lh-8	斑状钠长岩	65.68	1.26	15.77	1.59	0.72	0.42	0.05	0.18	9.06	0.45	2.17	—	3.55	
21	Lh-13	碳酸岩化钠长岩	51.70	1.39	13.48	1.84	6.35	2.86	0.32	0.12	7.82	0.69	2.90	7.88	2.34	
22	Ck465-7	角闪钠长岩	46.76	2.60	12.73	5.83	6.76	3.68	0.30	0.72	5.18	0.44	9.10	1.86	1.87	
23	C1	中酸性凝灰岩	61.92	0.70	18.62	0.24	2.68	1.66	0.01	0.69	9.25	0.19	0.92	2.88	2.75	东 川
24	C2	凝灰岩	41.34	0.33	8.84	0.37	12.19	9.66	0.02	0.53	4.03	0.10	2.48	18.64	1.55	
25	C7	蚀变钠长岩	37.92	3.30	13.05	0.68	11.46	5.38	0.17	3.63	0.25	0.50	4.86	15.78	1.38	

序号 1~15 为自测(成都地矿所化分室);16~22 据申屠保涌;23~25 据张学诚等

在莱特碱度图上(图 6), 马鞍山组投影点较为分散, 但多数点仍投在钙碱性和弱碱性范围内; 拉拉河口群和东川小溜口组则投在弱碱性和过碱性范围内。而在($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) 对 SiO_2 变异图(久野, 1966) 上(图 7), 马鞍山组大多数点落在碱性玄武岩系列中, 仅有四个点落在高铝玄武岩系列和拉斑玄武岩系列中; 拉拉河口群全部落入碱性玄武岩系列中; 东川小溜口组大部分也投在碱性玄武岩系列中。

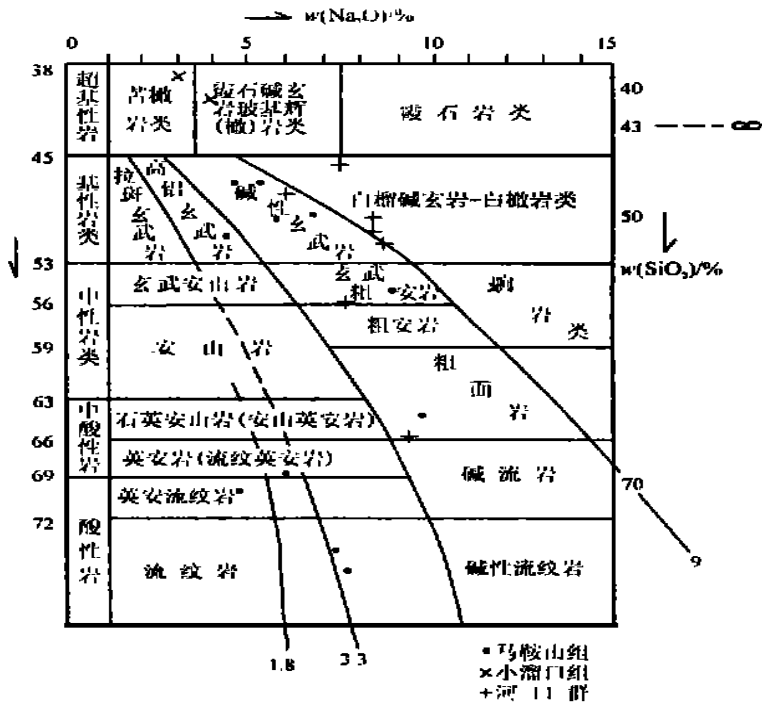


图 5 马鞍山组及邻区火山岩图解

Fig 5 Composite diagram of the volcanic rocks from the Ma'an Shan Formation and its adjacent areas

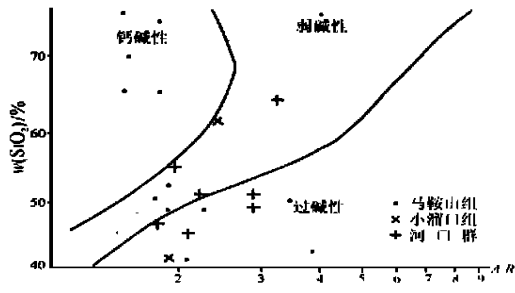


图 6 莱特碱度图

Fig 6 $\text{A}^\circ\text{R}-\text{SiO}_2$ diagram of the volcanic rocks from the Ma'an Shan Formation and its adjacent areas

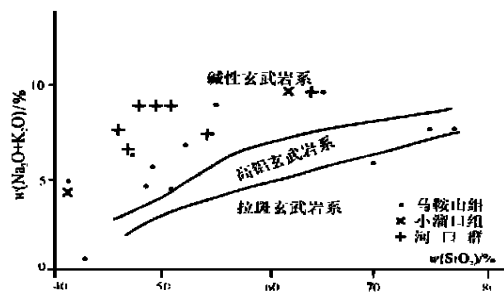


图 7 ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)- SiO_2 变异图

Fig 7 ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)- SiO_2 variation diagram

以上分析表明, 虽然彼此有一些差异, 但马鞍山组火山岩特征总体上与拉拉河口群和东川小溜口组火山岩特征十分相似, 其火山岩岩浆系列同属碱性玄武岩系列。

2.4 马鞍山组火山岩的微量元素特征

马鞍山组不同类型火山岩的微量元素含量列表 4。为便于研究, 笔者采用富集系数(K 值= 地层岩石平均含量/ 地壳丰度值或世界标准岩石丰度) 作为判别微量元素在岩石中强烈

表 4 微量元素含量($w_B/10^{-6}$)

Table 4 Trace element contents in the volcanic rocks from the Ma'anshan Formation																					
序号	编号	岩石名称	微 量 元 素 含 量 (w(Au)/10 ⁻⁹)														Au	Fe	Na	K	Cu
			As	Ba	Co	Cr	Cs	Hf	Rb	Sb	Sc	Ta	Th	U	Zn	Zr					
1	B3	蚀变钠长岩	181	406	16.5	142	1.7	2.5	78.2	2.0	11.4	0.44	7.2	2.2	1564	141	19.5	610	2.78	1.26	0.01
2	B4	强碳酸盐化斑状钠长岩	156	209	19.3	147	1.3	2.6	36.6	1.6	18.2	0.56	9.0	3.7	1830	143	4.8	611	2.73	0.68	0.04
3	B5	强碳酸盐化斑状钠长岩	2500	97	41.2	2050	0.9	0.38	20.3	4.7	3.6	0.39	2.2	4.5	14836	<55	3.4	866	0.31	—	0.02
4	B6	强碳酸盐化斑状钠长岩	571	508	20.5	87	0.45	1.2	10.7	7.0	2.6	<0.1	2.5	2.2	3855	<60	10	11.8	0.28	—	0.01
5	B7	蚀变钠长岩	165	497	24.5	114	1.8	2.9	11.5	2.5	14.5	0.56	9.6	2.3	1810	105	8.5	417	2.77	3.06	0.01
6	B8	钠长岩-云母钠长片岩	1497	554	21.6	202	1.4	1.6	36.4	6.8	4.8	0.33	4.6	7.3	7610	50	78.8	802	1.18	0.65	—
7	B10	蚀变辉长岩	6400	262	33.6	26	2.1	3.6	37.9	6.7	26.7	3.4	13.9	1.2	23009	257	16.6	10.0	3.26	—	0.01
岩石平均含量			1624	361	23	395	1.38	2.11	47.9	4.5	11.7	0.83	7.0	3.3	7788	116	20.2	7.84	1.90	1.41	0.017
地壳丰度值			2.2	390	25	110	1.4	1.5	78	0.6	18	1.6	5.8	1.7	94	130	10	5.8	2.3	1.7	0.0063
富集系数K=岩石平均含量/地壳丰度值			738	0.93	0.92	3.59	0.99	1.41	0.61	7.5	0.65	0.52	1.21	1.94	82.9	0.89	5.05	1.35	0.83	0.83	2.70
备 注			地壳丰度值据黎彤(1976); 其余数据由成都理工学院童纯茵分析(中子活化)																		

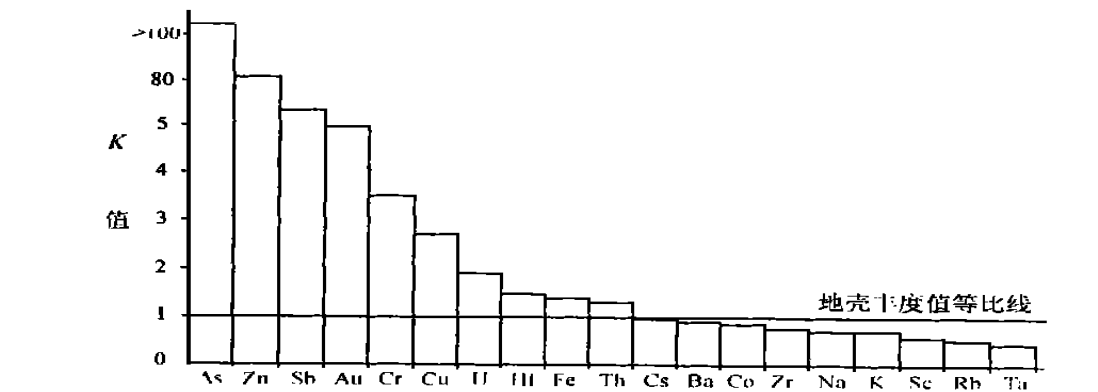


图 8 富集系数(K 值)直方图

Fig 8 Histogram showing the frequency distribution of the enrichment coefficients (K coefficients)

As	1.00																	
Au	0.03	1.00																
Ba	0.38	0.55	1.00															
Co	0.68	0.25	0.65	1.00														
Cr	0.12	0.23	0.65	0.75	1.00													
Cs	0.40	0.14	0.01	0.01	0.39	1.00												
Fe	0.49	0.05	0.05	0.29	0.11	0.51	1.00											
Hf	0.28	0.08	0.11	0.27	0.71	0.85	0.37	1.00										
Na	0.28	0.14	0.05	0.25	0.57	0.89	0.58	0.96	1.00									
Rb	0.32	0.07	0.34	0.29	0.33	0.65	0.83	0.55	0.63	1.00								
Sb	0.56	0.44	0.24	0.33	0.02	0.27	0.88	0.28	0.51	0.62	1.00							
Sc	0.51	0.26	0.29	0.06	0.44	0.79	0.24	0.91	0.89	0.31	0.24	1.00						
Ta	0.90	0.90	0.30	0.40	0.22	0.65	0.24	0.66	0.56	0.03	0.29	0.82	1.00					
Th	0.46	0.15	0.11	0.20	0.53	0.87	0.31	0.96	0.93	0.45	0.23	0.98	0.80	1.00				
U	0.21	0.73	0.12	0.01	0.31	0.26	0.70	0.53	0.47	0.27	0.19	0.54	0.46	0.51	1.00			
Zn	0.97	0.02	0.48	0.86	0.33	0.26	0.52	0.08	0.01	0.40	0.58	0.35	0.79	0.29	0.09	1.00		
Zr	0.62	0.26	0.30	0.08	0.41	0.74	0.03	0.85	0.82	0.18	0.11	0.94	0.89	0.91	0.63	0.46	1.00	
Cu	0.30	0.97	0.48	0.19	0.12	0.02	0.03	0.25	0.25	0.14	0.42	0.34	0.19	0.25	0.85	0.01	0.40	1.00
No	As	Au	Ba	Co	Cr	Cs	Fe	Hf	Na	Rb	Sb	Sc	Ta	Th	U	Zn	Zr	Cu

2.5 马鞍山组火山岩的稀土元素特征

马鞍山地区及其邻区的稀土元素含量及特征参数列表 6 和表 7, 其球粒陨石标准化后的稀土配分曲线见图 10。

马鞍山组岩石的稀土元素具有以下特征:

- (1) 除蚀变辉长岩的稀土总量(618.8×10^{-6}) 较高外, 其余岩石的稀土含量均小于 200×110^{-6} ;
- (2) 所有岩石均具弱到强的负铈异常, δ_{Eu} 值介于 0.63~0.90 之间, 平均值为 0.74; 除一件样品为弱的正铈异常(δ_{Ce} 为 1.02) 外, 其余岩石均为弱负铈异常, δ_{Ce} 值介于 0.88~0.99 之间, 其平均值为 0.93;

表 6 马鞍山组火山岩稀土元素含量

Table 6 REE contents in the volcanic rocks from the Ma'anshan Formation in Huidong, Sichuan

序号	编号	岩石名称	稀土元素含量($w_B/10^{-6}$)													
			La	Ce	Pr	Nb	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
1	B3	蚀变钠长岩	19.2	36.3	3.84	13.4	3.08	0.63	2.16	0.38	2.53	0.55	1.56	0.23	1.46	0.22
2	B4	强碳酸盐化斑状钠长岩	18.8	37.2	4.36	16.4	4.07	0.93	4.49	0.80	5.42	1.19	3.45	0.53	3.34	0.49
3	B5	强碳酸盐化斑状钠长岩	15.0	27.5	3.25	11.8	2.90	0.68	1.82	0.31	1.95	0.40	1.09	0.16	0.94	0.14
4	B6	强碳酸盐化斑状钠长岩	9.50	18.1	2.19	8.2	2.32	0.49	1.85	0.33	2.28	0.51	1.48	0.23	1.46	0.19
5	B7	蚀变钠长岩	46.4	80.0	10.32	38.0	5.89	1.00	3.85	0.64	4.08	0.84	2.27	0.32	1.93	0.31
6	B8	钠长岩-云母钠长片岩	22.7	40.0	5.3	20.0	3.26	0.45	1.48	0.25	1.58	0.33	0.89	0.13	0.76	0.14
7	B10	蚀变辉长岩	150	264	30.99	110	18.2	4.21	12.03	1.95	12.02	2.40	6.32	0.88	5.06	0.77

成都理工学院三系童纯函分析(中子活化)

- (3) 所有样品的稀土配分曲线均为向右倾斜的轻稀土富集型, 但倾斜程度彼此不同。

东川小溜口组显示弱到强的负铈到正铈异常^[10], δ_{Eu} 0.83~1.51 之间; 样品均显示较强的负铈异常, δ_{Ce} 平均值为 0.48; 稀土配分曲线大多呈向右倾斜的轻稀土富集型, 其稀土总量与马鞍山组相似。

会理通安小青山组显示弱到强的负铈异常, δ_{Eu} 介于 0.52~0.92 之间, 其余特征大体与马鞍山组相似。

会理拉拉河口群稀土配分曲线 δ_{Eu} 和 δ_{Ce} 特征与马鞍山组相似, 但其稀土总量较高, 变化范围介于 $(133.86\sim1026.62)\times10^{-6}$ 之间, 平均值为 475.97×10^{-6} , 远比其它地区高, 可能与该区受稀土矿化影有关。

以上特征说明, 会东马鞍山组岩石的稀土组成较简单, 变化较少, 基本上可与拉拉河口群、会理通安小青山组和东川小溜口组稀土元素特征类比。

2.6 小结

综上所述, 根据岩石类型、矿物组合特征、钠长石成分特征及 X 射线衍射分析、岩石化学成分、微量元素和稀土元素特征, 会东马鞍山组岩石为一套变钠质火山岩、细碧岩组合, 区域上可与会理拉拉河口群、东川小溜口组岩石进行对比。

表 7 会理-会东及东川地区岩石稀土元素特征参数

Table 7 REE characteristic parameters for the volcanic rocks from the Huili-Huidong region in Sichuan and Dongchuan region in Yunnan

序号	编号	岩石名称	REE	LREE	HREE	LREE/HREE	Ɛ _{Eu}	Ɛ _{Ce}	备注
1	C1	中酸性凝灰岩	61. 99	28. 37	33. 62	0. 84	1. 06	0. 40	东川小溜口组
2	C2	凝 灰 岩	139. 59	88. 67	50. 92	1. 74	0. 83	0. 57	
3	C7	蚀变钠长岩	257. 07	154. 11	102. 96	1. 50	1. 51	0. 47	
4	S _{q1}	层状角斑岩	25. 45	10. 92	14. 53	0. 75	0. 62	0. 95	会理通安小青山组
5	S _{q3}	角 斑 岩	146. 27	115. 18	31. 09	3. 70	0. 52	0. 85	
6	S _{q5}	角 斑 岩	30. 76	16. 34	14. 42	1. 13	0. 63	1. 04	
7	S _{q7}	角 斑 岩	174. 11	106. 16	67. 95	1. 56	0. 91	0. 90	
8	B3	蚀变钠长岩	85. 53	76. 45	9. 08	8. 42	0. 75	1. 02	会东野牛坪马鞍山组
9	B4	强碳酸盐化斑状钠长岩	101. 47	81. 76	19. 71	4. 15	0. 67	0. 99	
10	B6	强碳酸盐化斑状钠长岩	67. 93	61. 12	6. 81	8. 98	0. 90	0. 95	
11	B6	强碳酸盐化斑状钠长岩	49. 13	40. 80	8. 32	4. 90	0. 73	0. 96	
12	B7	蚀变钠长岩	195. 86	181. 61	14. 25	12. 75	0. 64	0. 88	
13	B8	钠长岩-云母钠长片岩	97. 26	91. 71	5. 55	16. 54	0. 63	0. 88	
14	B10	蚀变辉长岩	618. 83	577. 40	41. 42	13. 94	0. 87	0. 93	会理拉拉河口群
15	P6	糜棱岩化钾角斑岩	928. 36	616. 84	311. 51	1. 98	0. 60	0. 91	
16	P8	糜棱岩化钾角斑岩	1026. 6	725. 59	301. 01	2. 33	0. 57	0. 88	
17	P14	碳酸岩化斑状钠长岩	228. 54	143. 50	85. 04	1. 69	0. 69	0. 87	
18	P16	硅化钠长质糜棱岩	343. 16	228. 93	114. 23	2. 00	0. 74	0. 88	
19	Zk7-7	角闪钠长岩	511. 70	384. 24	127. 46	3. 01	0. 90	0. 91	
20	Zk3-8	硅化白云钠长片岩	413. 10	253. 14	159. 96	1. 58	0. 63	0. 90	
21	Zk8-1	角闪石化钠长岩	507. 31	370. 90	136. 41	2. 72	0. 71	0. 93	
22	Zk8-2	钠 长 岩	253. 12	157. 91	95. 21	1. 66	0. 86	0. 87	
23	Zk8-3	钠长辉绿辉长岩	133. 86	97. 08	36. 78	2. 64	1. 08	0. 87	
24	Zk202-4	条带状蚀变钠长质糜棱岩	413. 95	278. 39	135. 56	2. 05	0. 48	0. 96	

3 区域地层对比及其地质意义

3.1 区域地层对比

同大多数前震旦系一样,会东马鞍山组的顶底出露不全,其具体层位尚难以肯定,但该组在区域上可以与会理拉拉河口群、通安小青山组(周名魁,李忠雄等,1997)和东川小溜口组进行对比,其主体暂对比为河口群落函组,其底部可能相当于河口群大团箐组上部,顶部可能相当于河口群长冲组的下部(图 11)。

3.2 地质意义

马鞍山组变质火山-沉积岩系在会东县野牛坪乡金沙江边的首次发现,表明古元界河口

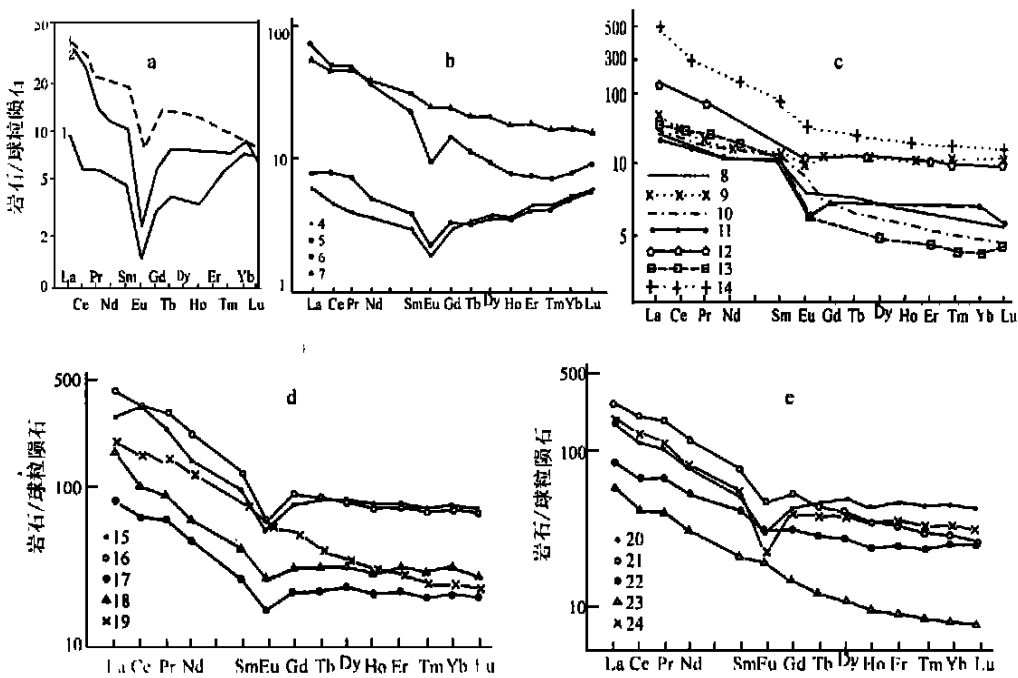


图 10 稀土元素配分曲线(图中序号同表 7: a 小溜口组; b 小青山组; c 马鞍山组; d, e 河口群)

Fig. 10 Chondrite-normalized REE distribution patterns for the volcanic rocks from: (a) Xiaoliukou Formation; (b) Xiaoqingshan Formation; (c) Ma'anshan Formation, and (d) and (e) Hekou Group (The sample numbers in the diagrams are the same as in Table 7)

群西起会理河口拉拉, 经会理通安小青山, 东延至会东野牛坪江边, 再向东过金沙江可达云南东川小溜口, 断续出露超过 100km。这不仅更新了人们对本区区域地质的认识, 也深化了河口期火山裂隙地堑的认识, 极大地推进了基础地质的研究程度, 而且拓宽了在会东地区寻找拉拉式铜矿的前景, 因而具有重大的理论意义和现实意义。

本文是国家计委科技找矿项目“扬子地台西南缘双会-盐源铜(金)矿靶优选和综合评价”的部分研究成果, 是集体劳动的结晶, 除笔者外, 参加项目人员还有牟传龙、金明霞、王泽耀、高巽裔、李希华、汤正荣、徐彬和王泽琰等, 在此, 对他们提供的热情帮助和多方支持表示深切的谢意。

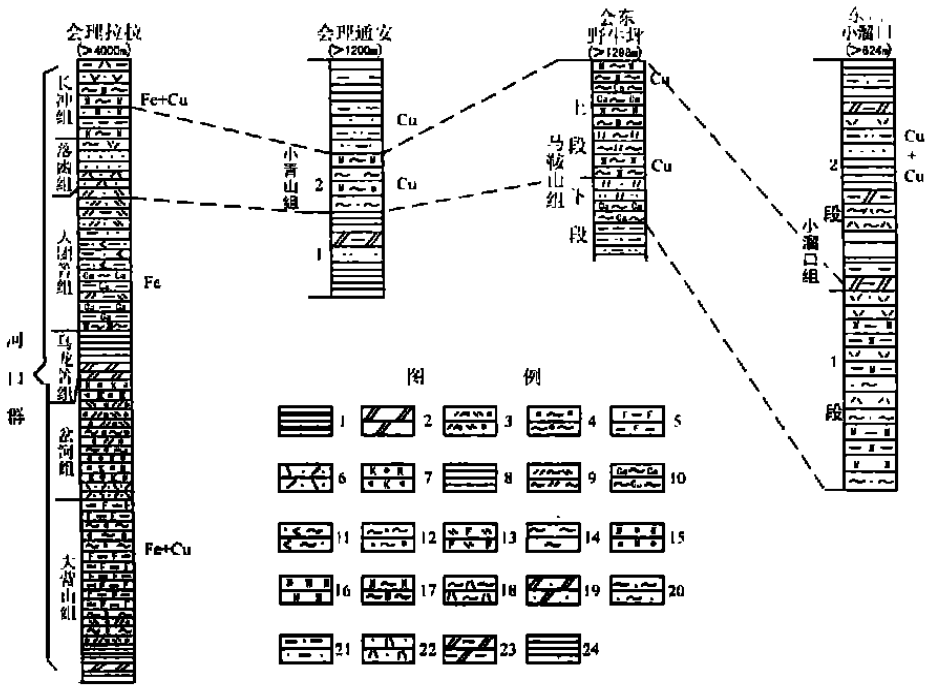


图 11 会理-会东及东川地区河口群柱状对比示意图

1 碳质板岩;2 大理岩;3. 白云石英片岩;4. 石榴二云片岩;5. 含铁钠长岩;6. 石榴黑云片岩;7. 变斑状石英钠长岩;8. 绢云板岩;9. 白云片岩;10. 钙质白云片岩;11. 石榴角闪黑云片岩;12. 含砾白云片岩;13. 黑云石英片岩;14. 铁锰白云片岩;15. 黑云片岩;16. 石英钠长岩;17. 块状钠长岩;18. 钠长片岩;19. 凝灰岩;20. 石英大理岩;21. 砂质千枚岩;22. 含砂碳质板岩;23. 凝灰质砂岩;24. 变砂岩

Fig. 11 Stratigraphic correlation of the Hekou Group in the Huili-Huidong region, Sichuan and Dongchuan region, Yunnan

1=carbonaceous slate; 2=marble; 3=dolomitic quartz schist; 4=garnet two-mica schist; 5=iron-bearing albitite; 6=garnet biotite schist; 7=porphyroblastic quartz albitite; 8=sericite slate; 9=dolomitic schist; 10=calcareous dolomitic schist; 11=garnet amphibole biotite schist; 12=pebbly dolomitic schist; 13=biotite quartz schist; 14=ferromanganese dolomitic schist; 15=biotite schist; 16=quartz albitite; 17=massive albitite; 18=albite schist; 19=tuff; 20=quartz marble; 21=sandy phyllite; 22=sandy carbonaceous slate; 23=tuffaceous sandstone; 24=ap sandstone

参考文献:

- [1] 袁学诚. 论康滇地轴的深部构造[J]. 地质学报, 1989, 63(1): 1—12
- [2] 骆耀南. 中国四川攀枝花—西昌古裂谷带[A]. 中国攀西裂谷文集[C], 北京: 地质出版社, 1985, (1): 1—25.
- [3] 潘杏南, 赵济湘等. 康滇构造与裂谷作用[M]. 重庆: 重庆出版社, 1987, 35—60
- [4] 李复汉, 覃嘉铭等. 康滇地区的前震旦系[M]. 重庆: 重庆出版社, 1988, 24—27, 118—129.
- [5] 管士平, 李忠雄. 康滇地轴东缘岩石与铅锌矿石稀土元素地球化学研究[J]. 地质地球化学, 1999, 27(3): 5—15.
- [6] 扬应选, 李忠雄等. 康滇地轴东缘铅锌矿床成因及成矿规律[M]. 四川科学技术出版社, 1994, 8—17
- [7] 扬应选, 阙梅英等. 西昌—滇中前寒武层控铜矿[M]. 重庆: 重庆出版社, 1988, 118—182
- [8] 张学诚等. 东川矿区“小溜口组”的岩石学研究[J]. 云南地质, 12(1): 12—19.
- [9] 黎彤. 化学元素的地球丰度[J]. 地球化学, 1976, (3): 167—174
- [10] 李天福. 东川矿区“小溜口组”地层特征及其与因民组的接触关系[J]. 云南地质, 1993, 12(1): 1—10.