

西藏改则县鱼鳞山地区新近系鱼鳞山组火山岩特征

岳龙,王敏,曾昌兴,陈仁,贺永忠,易成兴

(贵州省地质调查院,贵州 贵阳 550081)

[摘要]笔者在参与西藏1:25万加措幅区域地质调查项目的基础上,对西藏鱼鳞山地区鱼鳞山组火山岩进行进一步岩石学、岩石地球化学分析数据挖掘及再研究。研究表明该组由火山碎屑岩及火山熔岩组成至少具有三个韵律;主量元素表明其为高碱富钾的基—中性岩类,属钾玄岩系列—高钾质系列;稀土元素中轻重稀土的 $\sum \text{LREE} / \sum \text{HREE}$ 比值和 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 比值分别为16.44~19.39和73.04~84.18,火山岩轻重稀土的分馏程度较大;微量元素中高场强元素Nb、Ta、Zr、Hf、Ti相对于相邻大离子亲石元素明显亏损,且Sr同样表现出亏损态势。结合稀土及微量元素特征,鱼鳞山组火山岩为板内裂谷幔源玄武质岩浆演化而来,仅伴有少量的地壳混染,为喜山造山运动中板内应力松弛阶段之产物,近东西向昆楚克错断裂在喜山期复活为岩浆活动提供了通道。

[关键词]鱼鳞山组;火山岩;岩石学;地球化学;西藏

[中图分类号]P588.1;P534.6 [文献标识码]A [文章编号]1000-5943(2021)-01-0035-08

1 概况及地质背景

自印度大陆与欧亚大陆碰撞以来,在班公湖—怒江缝合带以北的羌塘地块先后发育了碱性玄武岩系列、高钾钙碱性系列、钾玄岩系列及过碱性钾质—超钾质系列火山活动(迟效国,2005)。在古近纪—新近纪,沿龙木措—双湖和拜惹布措—金沙江缝合带及大断裂普遍发育断陷盆地的河、湖相沉积,并有强烈的钾质—超钾质火山岩和少量高钾钙碱性火山岩喷发作用(谭建政,2013)。羌塘地块新生代火山岩是在青藏高原地区碰撞造山后高原快速隆升的过程中喷发形成的,同位素定年资料显示,火山的喷发作用主要在45—14Ma(邓万民,1998;莫宣学等,2009;丁林等,2000;李光明,2000;谭富文等,2000;黄勇,2003)。

贵州省地质调查院在此进行1:25万加措幅区域地质调查时,在西藏鱼鳞山地区发现面积分布较广的火山岩,通过对该火山岩的研究,厘定为

新近系中新统鱼鳞山组。鱼鳞山组火山岩总体沿近东西向的昆楚克楚错深大断裂展布(图1),角度不整合于古近系康托组、二叠系下统展金组及石炭系擦蒙组之上(贵州省地质调查院,2005)。本文在前人研究基础上,对该火山岩进行进一步岩石学、岩石地球化学分析数据挖掘及再研究,总结其特征,为青藏高原羌塘地块新生代火山岩的研究提供基础资料。

2 岩石学特征

剖面上火山岩可分为两类:火山碎屑岩类及火山熔岩类。据此将本剖面大致分为3个旋回,每个旋回以火山碎屑岩为底,之上为火山熔岩,单个旋回厚26~185m,呈似层状、块状产出(图2)。由下而上依次为:(1)底为火山角砾岩、含火山角砾凝灰岩及凝灰岩组成3~7个不完整喷发层,单一喷发层厚0.4~2.6m,局部含火山角砾凝灰岩具正粒序,其上依次为粗面岩、石榴石响

[收稿日期]2020-04-21 [修回日期]2020-12-17

[作者简介]岳龙(1970—),男,高级工程师,主要从事区域地质调查、区域矿产调查工作。邮箱:3324862842@qq.com。

岩、粗面安山岩;(2)底为火山角砾岩,其上依次为粗面岩、粗面安山岩;(3)底部熔结含火山角砾晶屑凝灰岩,岩石呈层状、似层状产出,其上依次为

粗面岩、白榴石响岩。在响岩和粗面岩中发育具定向排列的斑晶和气孔构造及指示方向性的流纹构造,岩石呈块状产出。

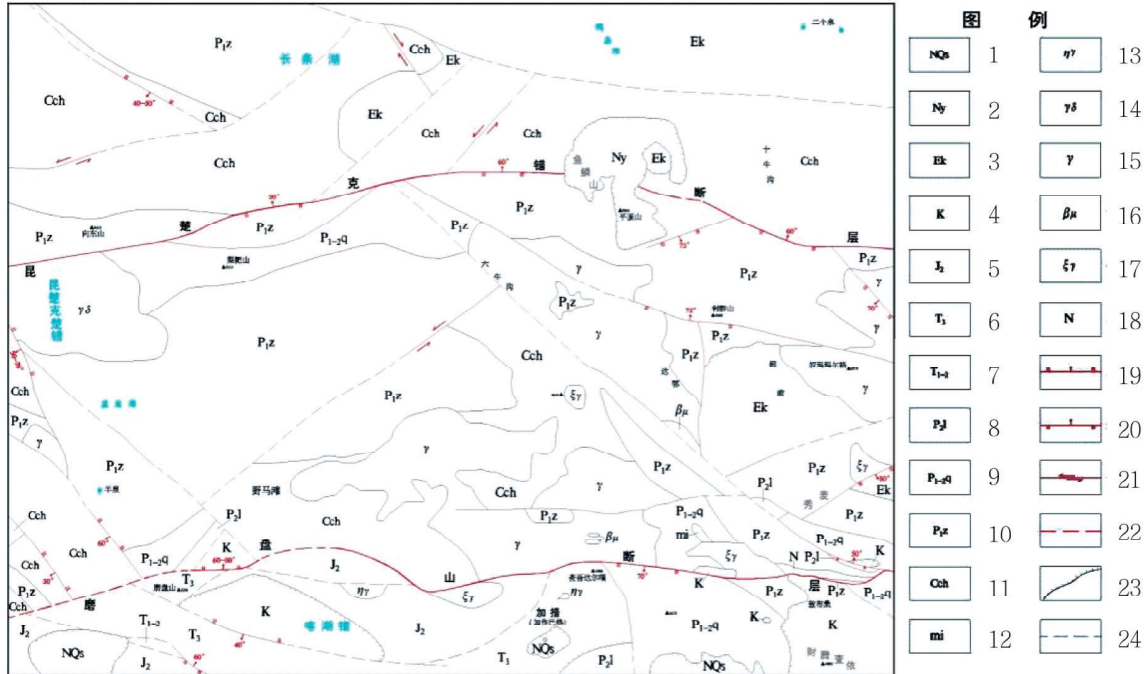


图1 改则县鱼鳞山地区地质简图(据1:25万加措幅地质图,2005,略有修改)

Fig. 1 Geological sketch of Yulinshan area in Gaize county

1—喷纳湖组;2—鱼鳞山组;3—康托组;4—白垩系;5—中侏罗统;6—上三叠统;7—下中三叠统;8—龙格组;9—曲地组;10—展金组;11—擦蒙组;12—混合岩;13—二长花岗岩;14—花岗闪长岩;15—花岗岩;16—辉绿岩;17—钾长花岗岩;18—基性侵入岩;19—正断层;20—逆断层;21—平移断层;22—推测断层;23—角度不整合界线;24—平行不整合界线

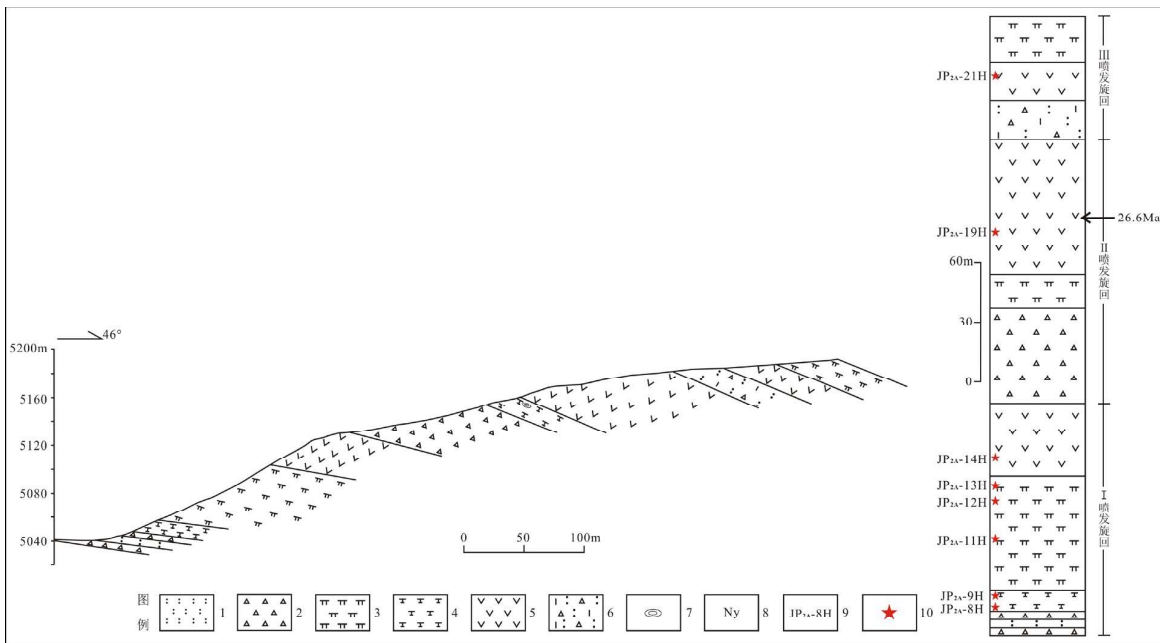


图2 西藏自治区改则县鱼鳞山新近系鱼鳞山组实测剖面、旋回示意图

Fig. 2 Tested section and cycle diagram of Neogene Yulinshan formation in Yulinshan, Tibet

1—(含火山角砾)凝灰岩;2—火山角砾岩;3—响岩;4—粗面岩;5—安山岩;6—含火山角砾晶屑凝灰岩;7—第四系洪、冲积物;8—气孔;9—地层代号

表1 鱼鳞山组基—中性火山岩主量元素分析结果($W_B/10^{-2}$)

Table 1 Analytical results of major elements in basic-intermediate volcanic rocks of Yulishan formation($W_B/10^{-2}$)

JP _{2A} -8H	粗面岩	57.04	0.70	18.42	5.52	0.20	0.21	0.39	2.51	2.72	7.95	0.06	3.84	99.56
JP _{2A} -9H	粗面岩	58.08	0.75	18.02	5.06	0.44	0.14	0.42	2.54	2.48	8.52	0.08	2.98	99.51
JP _{2A} -11H	碱玄质响岩	52.45	0.90	19.05	3.56	1.49	0.13	0.82	5.14	4.11	7.74	0.18	3.91	99.45
JP _{2A} -12H	碱玄质响岩	53.61	0.76	17.32	4.58	1.42	0.19	0.54	5.48	3.99	7.52	0.08	4.35	99.84
JP _{2A} -13H	碱玄质响岩	53.10	0.75	16.67	4.92	1.81	0.25	0.72	5.78	3.76	7.36	0.18	4.05	99.35
JP _{2A} -14H	粗面安山岩	55.28	0.80	17.78	6.06	1.46	0.11	0.65	4.69	2.60	4.32	0.20	5.26	99.21
JP _{2A} -19H	玄武质粗面安山岩	49.76	1.26	14.89	5.49	2.60	0.15	3.76	10.27	3.00	3.34	0.96	3.84	99.32
JP _{2A} -21H	粗面安山岩	53.21	0.97	17.81	5.51	1.64	0.16	0.74	4.43	2.11	7.09	0.20	5.61	99.48

测试单位:国土资源部贵阳矿产资源监督检测中心

表2 鱼鳞山组基—中性火山岩 CIPW 标准矿物计算

Table 2 Calculation of CIPW standard minerals for basic-intermediate volcanic rocks of Yulishan formation

样号	样品名称	Ap	Ilm	Mt	Or	Ab	An	Di			Hy		由(Ab)转来		Ol		C	Q
								Wo	En	Fs	En ¹	Fs ¹	Ne	Ab	Fo	Fa		
JP _{2A} -8H	粗面岩	0.23	1.23	3.19	47.27	23.07	11.68	/	/	/	0.99	2.88	/	/	/	/	0.92	3.60
JP _{2A} -9H	粗面岩	0.25	1.49	3.28	55.52	/	3.90	3.26	1.02	2.41	/	/	11.77	13.40	/	/	/	/
JP _{2A} -14H	粗面安山岩	0.37	1.52	3.30	25.56	21.99	22.48	/	/	/	1.61	5.93	/	/	/	/	0.61	10.20
JP _{2A} -19H	粗面安山岩	2.14	2.19	3.97	19.51	/	17.52	11.50	6.83	4.07	/	/	0.85	23.61	1.75	1.22	/	/
JP _{2A} -21H	粗面安山岩	0.37	2.10	3.98	41.75	17.82	18.35	1.16	0.51	0.77	1.32	2.32	/	/	/	/	/	3.12

测试单位:国土资源部贵阳矿产资源监督检测中心。注:JP_{2A}-11H JP_{2A}-12H JP_{2A}-13H JP_{2B}-15H 未能进行有效计算。

SiO₂ 极度不饱和和类型矿物组合见霞石、橄榄石、透辉石,不饱和类型矿物组合见霞石、透辉石,而过饱和类型矿物组合见透辉石、紫苏辉石、石英。Al₂O₃ 饱和度类型仅见偏铝质、过铝质二种类型,前者未见刚玉,而后者出现刚玉。

表3看出,A/CNK 数值特征与 CIPW 标准矿物计算结论一致。基性火山岩 AR = 1.67 和 δ = 5.95,属碱性岩岩石系列;斜长石牌号(计算)为 41.18,种属为中长石。中性火山岩 AR = 1.87-

5.82 和 δ = 3.35-22.68,属钙碱性岩-碱性岩-过碱性岩岩石系列;斜长石牌号(计算)为 4.76-49.29,种属为钠-更-中长石。岩石的次生蚀变作用使斜长石牌号有所降低。

3.2 稀土元素特征

鱼鳞山组玄武质粗面安山岩、粗面安山岩、粗面岩、碱玄质响岩稀土元素分析结果及数值特征见表4、5。

表3 鱼鳞山组火山岩主量元素岩石学计算

Table 3 Petrological calculation of major elements for volcanic rocks of Yulishan formation

样号	样品名称	SiO ₂ 饱和度类型	Al ₂ O ₃ 饱和度		FL 长英指数	SI 固结指数	MF 镁铁指数	AR 碱度	DI 分异指数	δ 里特曼指数	斜长石牌号(计算)
			类型	A/CNK							
JP _{2A} -8H	粗面岩	过饱和	过铝质	1.03	80.96	2.40	93.01	3.08	73.94	8.11	20.56
JP _{2A} -9H	粗面岩	不饱和	偏铝质	0.85	81.24	2.52	92.55	3.30	68.92	8.02	20.59
JP _{2A} -11H	碱玄质响岩	/	偏铝质	0.78	69.75	4.63	86.03	2.92	/	14.86	/
JP _{2A} -12H	碱玄质响岩	/	偏铝质	0.70	67.75	2.99	91.74	3.04	/	12.49	/
JP _{2A} -13H	碱玄质响岩	/	偏铝质	0.68	65.80	3.88	90.34	2.96	/	12.24	/
JP _{2A} -14H	粗面安山岩	过饱和	过铝质	1.02	59.60	4.42	91.66	1.89	57.75	3.90	49.09
JP _{2A} -19H	玄武质粗面安山岩	极度不饱和	偏铝质	0.55	38.17	20.99	67.52	1.67	43.97	5.95	41.18
JP _{2A} -21H	粗面安山岩	过饱和	偏铝质	0.93	67.50	4.41	90.25	2.41	62.69	8.29	49.25

测试单位:国土资源部贵阳矿产资源监督检测中心。

表 4 鱼鳞山组火山岩稀土元素分析结果 ($W_B/10^{-6}$)

Table 4 Analysis results of rare earth elements for volcanic rocks of Yulishan formation ($W_B/10^{-6}$)

样号	样品名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
JP _{2A} -8H	粗面岩	499.0	807.2	83.13	246.0	31.94	6.69	16.31	2.25	10.68	1.87	4.71	0.70	4.18	0.65	45.00
JP _{2A} -9H	粗面岩	567.7	885.2	91.14	282.7	36.13	7.83	21.78	2.69	12.86	2.23	5.24	0.75	4.64	0.68	51.93
JP _{2A} -11H	碱玄质响岩	420.2	693.6	72.56	225.1	29.17	6.99	17.11	2.28	10.54	1.84	4.32	0.61	3.49	0.52	40.07
JP _{2A} -12H	碱玄质响岩	587.9	949.0	92.37	286.5	36.72	8.18	20.93	2.79	13.17	2.36	5.87	0.84	5.01	0.72	53.81
JP _{2A} -13H	碱玄质响岩	709.2	1 163.	115.5	365.5	47.51	10.2	28.24	3.49	16.14	2.91	6.95	0.99	5.68	0.80	70.31
JP _{2A} -14H	粗面安山岩	674.90	1 103.0	109.4	346.00	44.70	9.93	25.27	3.41	16.31	2.88	6.91	1.02	6.23	0.92	69.00
JP _{2A} -19H	玄武质粗面安山岩	430.80	783.30	83.27	310.20	40.28	9.66	25.27	3.08	14.18	2.24	4.98	0.67	3.74	0.55	46.11
JP _{2A} -21H	粗面安山岩	618.40	985.70	100.3	337.20	42.11	9.98	26.55	3.35	15.93	2.71	6.45	0.87	5.32	0.76	63.00

测试单位:国土资源部贵阳矿产资源监督检测中心。

表 5 鱼鳞山组火山岩稀土元素数值特征

Table 5 Numerical characteristics of rare earth elements for volcanic rocks of Yulishan formation

样号	样品名称	Σ REE	Σ LREE	Σ HREE	Σ LREE/ Σ HREE	δ Ce	δ Eu	La _N /Yb _N	La _N /Sm _N	Gd _N /Yb _N
JP _{2A} -8H	粗面岩	1 760.31	1 673.96	86.35	19.39	0.87	0.80	80.48	9.83	3.15
JP _{2A} -9H	粗面岩	1 973.50	1 870.70	102.80	18.20	0.85	0.79	82.49	9.88	3.79
JP _{2A} -11H	碱玄质响岩	1 528.40	1 447.62	80.78	17.92	0.88	0.88	81.17	9.06	3.96
JP _{2A} -12H	碱玄质响岩	2 066.17	1 960.67	105.50	18.58	0.89	0.83	79.11	10.07	3.37
JP _{2A} -13H	碱玄质响岩	2 476.11	2 410.91	135.51	17.79	0.89	0.79	84.18	9.39	4.01
JP _{2A} -14H	粗面安山岩	2 419.88	2 287.93	131.95	17.34	0.89	0.83	73.04	9.50	3.27
JP _{2A} -19H	玄武质粗面安山岩	1 758.33	1 657.51	100.82	16.44	0.94	0.86	77.66	6.73	5.45
JP _{2A} -21H	粗面安山岩	2 218.63	2 093.69	124.94	16.76	0.87	0.85	78.37	9.24	4.03

样品稀土元素总量 (Σ REE) 变化范围在 (1 528.40 ~ 2 476.11) μ g/g 之间。反应轻重稀土分馏程度的 Σ LREE/ Σ HREE 比值和 (La/Yb)_N 比值分别为 16.44 ~ 19.39 和 73.04 ~ 84.18。数据表明样品稀土元素总量 (Σ REE) 变化范围较大,且所有样品的轻重稀土的分馏程度较大。

在经球粒陨石标准化后的稀土元素配分形式中(图 6),所有样品具有相似的轻稀土富集的右倾型稀土配分型式。稀土元素数值显示其比原始地幔源区岩浆和球粒陨石高、但又低于地壳源区岩浆。计算出火山岩样品中 δ Eu 值变化为 0.79 ~ 0.88, δ Ce 值变化为 0.85 ~ 0.94, 显示为轻微 Eu

及 Ce 的弱负异常。La_N/Yb_N 为 73.04 ~ 84.18, La_N/Sm_N=6.51 ~ 10.07, Gd_N/Yb_N=3.15 ~ 5.45。

3.3 微量元素特征

鱼鳞山组玄武质粗面安山岩、粗面安山岩、粗面岩、碱玄质响岩微量元素分析结果及数值特征见表 6。

鱼鳞山组火山岩具有极其类似的微量元素特征,表现为 Rb 元素相对贫化, Sr 元素相对富集,表现出 Sr 迁移性较 Rb 相对明显。在经过球粒陨石标准化后的蛛网图中可见高场强元素 Nb、Ta、Zr、Hf、Ti 相对于相邻大离子亲石元素明显亏损(图 7),且 Sr 同样表现出亏损态势。

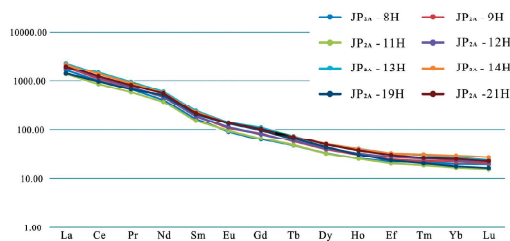


图 6 鱼鳞山组基—中性火山岩稀土元素球粒陨石标准化分布图

Fig. 6 Standardized distribution of REE chondrite of basic-intermediate volcanic rocks of Yulishan formation

4 讨论

4.1 源区性质

LREE 相对于 HREE 的富集可以由橄榄石、斜方辉石、单斜辉石的存在引起,因相对于 LREE, HREE 的亏损,最可能表明源区存在石榴子石。而微量元素 Ti 的亏损,可能表明源区存在着金红

表6 鱼鳞山组基—中性火山岩微量元素分析结果($W_B/10^{-6}$)

Table 6 Analysis results of trace elements in the basic-intermediate volcanic rocks of Yulishan formation($W_B/10^{-6}$)

样号	样品名称	Pb	Cr	Ni	Co	Cd	Li	Rb	Se	Te	Nb	Ta	Zr	Hf	U	Th	V	Sc
JP _{2A} -8H	粗面岩	/	3.6	2.08	9.0	0.04	8.60	196	0.05	0.047	74.3	2.82	997	25.6	7.53	101.	94	1.02
JP _{2A} -9H	粗面岩	/	6.6	2.92	9.8	0.04	9.90	199	0.05	0.049	61.4	2.37	882	23.0	8.35	81.8	108	1.17
JP _{2A} -11H	碱玄质响岩	/	4.8	2.82	11.5	0.04	11.7	169	0.07	0.048	58.6	2.84	641	14.9	5.27	52.9	121	1.09
JP _{2A} -12H	碱玄质响岩	/	2.4	3.10	9.9	0/05	12.4	267	0.06	0.035	65.7	2.52	922	22.0	10.7	86.3	136	0.74
JP _{2A} -13H	碱玄质响岩	/	1.2	3.56	10.6	0.06	8.46	137	0.06	0.053	71.6	2.55	1035	24.8	10.0	113.	135	1.09
JP _{2A} -14H	粗面安山岩	/	1.1	3.56	10.6	0.06	4.34	72.8	0.06	0.047	73.0	2.72	1061	25.8	7.09	116	142	1.29
JP _{2A} -19H	玄武质粗面安山岩	/	12.0	15.6	24.0	0.07	12.6	148	0.10	0.056	57.2	2.98	576	13.4	5.20	61.9	220	7.43
JP _{2A} -21H	粗面安山岩	/	2.3	4.17	11.9	0.06	11.7	68.9	0.06	0.042	108.	4.65	944	24.6	12.2	128.	175	1.25
样号	样品名称	Ga	In	Ge	Tl	Be	B	Se	Te	Nb	Ta	Zr	Hf	U	Th	Y		
JP _{2A} -8H	粗面岩	/	0.07	1.85	1.35	3.6	7.69	0.05	0.047	74.3	2.82	997	25.6	7.53	101.	45.00		
JP _{2A} -9H	粗面岩	/	0.04	1.66	0.74	7.1	9.16	0.05	0.049	61.4	2.37	882	23.0	8.35	81.8	51.93		
JP _{2A} -11H	碱玄质响岩	/	0.05	1.74	0.65	5.4	1.11	0.07	0.048	58.6	2.84	641	14.9	5.27	52.9	40.07		
JP _{2A} -12H	碱玄质响岩	/	0.05	1.30	0.88	6.4	3.35	0.06	0.035	65.7	2.52	922	22.0	10.7	86.3	53.81		
JP _{2A} -13H	碱玄质响岩	/	0.07	1.00	0.77	7.0	2.12	0.06	0.053	71.6	2.55	1035	24.8	10.0	113.	70.31		
JP _{2A} -14H	粗面安山岩	/	0.02	3.01	0.69	4.0	5.17	0.06	0.047	73.0	2.72	1061	25.8	7.09	116	69.00		
JP _{2A} -19H	玄武质粗面安山岩	/	0.06	2.40	0.45	6.0	1.17	0.10	0.056	57.2	2.98	576	13.4	5.20	61.9	46.11		
JP _{2A} -21H	粗面安山岩	/	0.03	1.16	0.62	6.6	14.9	0.06	0.042	108.	4.65	944	24.6	12.2	128.	63.00		

测试单位:国土资源部贵阳矿产资源监督检测中心

石。强不相容元素的比值 (LILE/HFSE、LREE/HFSE 等)不但在一定规模的地幔部分熔融过程中不易变化,而且在岩浆有限程度的低压分离结晶作用过程中也无较大变化 (Volpe et al., 1988), 因此能有效追踪源区的化学性质。样品的 Zr/Y (1.52-2.65) < 18, 暗示岩石岩浆来源于富集地幔 (李昌年, 1992)。且样品中稀土元素数值显示其比原始地幔源区岩浆和球粒陨石高, 但又低于地

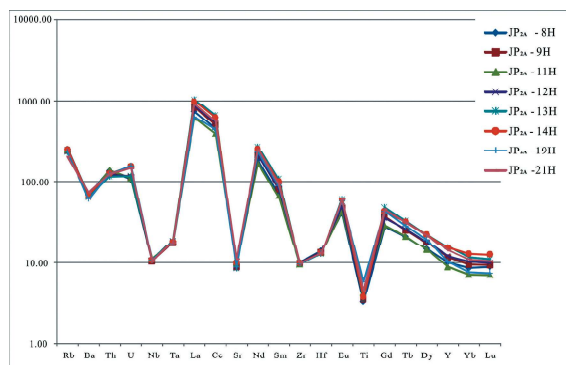


图 7 鱼鳞山组基—中性火山岩微量元素原始地幔标准化配分曲线图

Fig. 7 Standardized partition curve of trace elements primitive mantle of basic-intermediate volcanic rocks of Yulishan formation
标准化值引自 Sun 和 McDonough (1989)

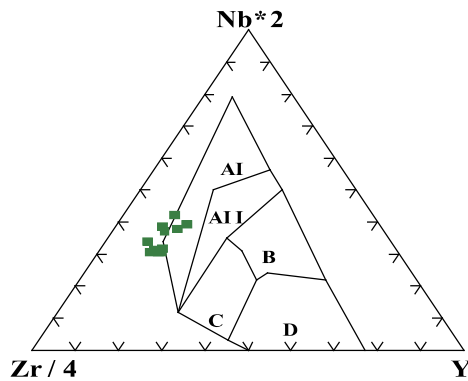


图 8 鱼鳞山组基—中性火山岩 Nb * 2-Zr/4-Y 图解 (底图据 Pearce and Cann, 1973)

Fig. 8 Nb * 2-Zr/4-Y diagram of basic-intermediate volcanic rocks in Yulishan formation

AI+AII-板内裂谷玄武岩, AII+C-板内拉斑玄武岩 B-富集型 MORB, D-正常型 MORB, C+D-岛弧型玄武岩

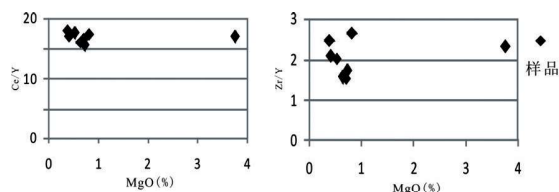


图 9 鱼鳞山组火山岩 Ce/Y 和 Zr/Y 与 MgO 的协变图解
Fig. 9 Ce/Y 和 Zr/Y 与 MgO covariant diagram of volcanic rocks in Yulishan formation

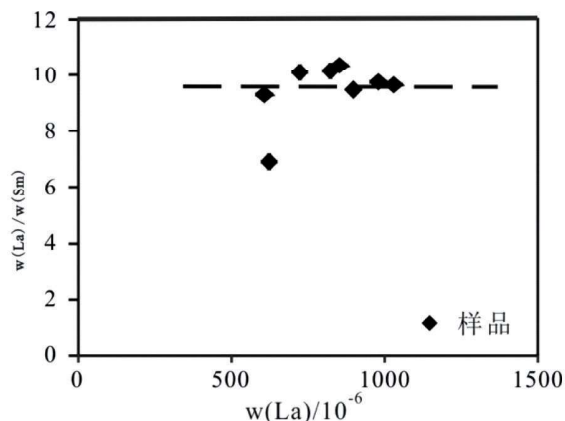


图 10 鱼鳞山组火山岩 La-La/Sm 图 (底图引自 Allegre, 1978)

Fig. 10 La-La/Sm diagram of volcanic rocks in Yulishan formation 壳源区岩浆。反映了其物源应为富集型地幔另外。Nb、Zr、Y 数值特征讨论 Nb×2-Zr/4-Y 图解 (图 10) 显示鱼鳞山组火山岩岩浆性质为板内裂谷玄武质岩浆。

4.2 地壳混染作用

鱼鳞山地区火山岩产于大陆区, 与大洋地区相比, 大陆内部喷发的火山岩岩浆在向地表运输的过程中, 可能受到地壳物质不同程度的混染。样品稀土元素数值显示其比原始地幔源区岩浆和球粒陨石高却又低于地壳源区岩浆的特征显示岩浆可能来源于富集型地幔, 并伴有少量壳源物质混染。岩浆结晶分异时 Ce/Y 和 Zr/Y 比值变化均不明显。此外, Ce/Y 对地壳混染和岩浆源区部分熔融程度敏感, 而 Zr/Y 比值对于地壳混染不灵敏, 但可以用来反映岩浆源区部分熔融程度差异 (赵振华, 1997)。研究区 MgO 含量与 Ce/Y 和 Zr/Y 的变化关系如图 11。Ce/Y 和 Zr/Y 随 MgO 变化不大。综合上述特征, 推测鱼鳞山组火山岩在岩浆上升过程中不存在强烈的地壳混染作用。

4.3 分离结晶作用

当用高度不相容元素 La 与亲岩浆元素 Sm 的浓度比值 w(La)/w(Sm) 对高度不相容元素岩浆元素浓度 w(La) 作图时 (图 12), 可见火山岩的轨迹是一条近乎水平的线而非拥有斜率, 说明火山岩形成为岩浆的分离结晶作用 (Allegre 等, 1978)。

另外, 鱼鳞山组火山岩样品中的 REE 配分曲线图 (图 6) 显示, 样品的稀土元素具有轻稀土富

集的右倾型配分型式,轻重稀土的分馏程度较大,且 HREE 也具有分馏特征。岩浆的分离结晶作用是造成岩浆演化过程中稀土元素分馏的重要方式,其中 Eu 的负异常小,推测为在岩浆结晶分异过程中,残余相仅有少量或无钾长石、斜长石和单斜辉石等,或角闪石含量大于或等于斜长石,也说明岩浆在演化过程中斜长石经历了一定程度结晶分异作用。

5 结 论

(1) 鱼鳞山组火山岩由火山碎屑岩与火山熔岩至少构成三个韵律。火山碎屑岩岩性为火山角砾岩、含火山角砾凝灰岩及凝灰岩,火山熔岩岩性为粗面岩、粗面安山岩、玄武质粗面安山岩及白榴石响岩。

(2) 火山岩地球化学特征显示,岩石均属于钾玄岩系列。根据其微量及稀土元素特征推测鱼鳞山组火山岩来自富集地幔的结晶分离作用,火山岩岩浆性质为板内裂谷玄武质岩浆,源区可能存在石榴子石、金红石等矿物,且在火山岩上升过程中不存在强烈的地壳混染作用。

(3) 因鱼鳞山组火山岩角度不整合于古近系康托组之上,且岩石地球化学特征指示大地构造背景为大陆板内陆相幔源型火山岩,构造变形较弱。为喜山造山运动中板内应力松弛阶段之产物,近东西向昆楚克错断裂在喜山期复活为岩浆活动提供了通道。

[参 考 文 献]

迟效国,李才,金巍. 2005. 藏北羌塘地区新生代火山作用与岩石圈构造演化[J]. 中国科学:地球科学,35(5):399-410.
 邓万明. 1998. 青藏高原北部新生代板内火山岩[M]. 地质出版社.

丁林,周勇,张进江,等. 2000. 藏北鱼鳞山新生代火山岩及风化壳复合堆积物的组成和时代[J]. 科学通报,45(14):1475-1481.
 黄勇,牟世勇,卢定彪,等. 2004. 藏北鱼鳞山地区鱼鳞山组火山岩的特征及时代探讨[J]. 贵州地质,21(3):148-151.
 李光明. 2000. 藏北羌塘地区新生代火山岩岩石特征及其成因探讨[J]. 地质地球化学,28(2):38-44.
 莫宣学,赵志丹,喻学惠,等. 2009. 青藏高原新生代碰撞一后碰撞火成岩[M]. 地质出版社.
 谭富文,潘桂棠,徐强. 2000. 羌塘腹地新生代火山岩的地球化学特征与青藏高原隆升[J]. 岩石矿物学杂志,19(2):121-130.
 谭建政. 2013. 藏北布若错地区新生代火山岩及其成因探讨[J]. 桂林理工大学学报,33(3).
 赵振华. 1997. 微量元素地球化学原理. 地球化学理论丛书. 北京:科学出版社.
 贵州省地质调查院. 2005. 1:25 万加措幅(144C003004)区域地质调查成果报告. [R] 贵阳.
 Allegre C J, Shimizu N, Treuil M. 1978. Cultivation, extraction and processing of ramie fibre; a review. *Journal of Physiology*, 300(1): 505-513.
 Hofmann A W, Jochum K P, Seufert M, et al. 1986. Nb and Pb in oceanic basalts; new constraints on mantle evolution[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 79(1-2):33-45.
 Maitre R W L. 2004. *Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms*. Cambridge University Press, 1(70):93-120.
 Middlemost E A K. 1972. A simple classification of volcanic rocks [J]. *Bulletin Volcanologique*, 36(2):382-397.
 Middlemost E A K. 1985. *Magma and magmatic rocks: an introduction to igneous petrology*. Longman.
 Pearce J A, Cann J R. 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 19(2):0-300.
 Peccerillo A, Taylor S R. 1976. Geochemistry of eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58(1):63-81.
 Volpe A M, Macdougall J D, Hawkins J W. 1988. Lau Basin basalts (LBB): trace element and Sr[⁸⁷Sr]₀ isotopic evidence for heterogeneity in backarc basin mantle [J]. *Earth & Planetary Science Letters*, 90(2):174-186.

Characteristics of Volcanic Rocks of Neogene Yulinshan Formation in Yulishan Area, Gaize of Tibet

YUE Long, WANG Min, ZENG Chang-xing, CHEN Ren, HE Yong-Zhong, YI Cheng-xing

(*Guizhou Geological Survey, Guiyang 550081, Guizhou, China*)

[Abstract] On the basis of the Tibet 1:250,000 Jiacao regional geological survey project and the results re- (下转第 64 页)

value of 25.6‰, and extreme value of 15.4‰, which are relatively enriched in heavy sulfur isotopes. The sulfur isotope allplot in the field of sedimentary rocks, which are similar to the sulfur isotopes of sulfate in seawater during earth history, indicating that the sulfur may be sourced from sedimentary rocks. Pb isotopic variations of different minerals from different mining areas are very small in the study area. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ values are between 18.25 and 18.57, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ratios are between 15.63 and 15.92, and $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ratios are from 37.82 to 38.93. There is no obvious difference in Pb isotope composition between different sulfide samples, indicating that the Pb–Zn deposit in the Sangmu anticline area may have a single source of the Pb metal. Pb isotope analyses show that the Pb metal in the Pb–Zn mineralization belt of Sangmu area may be from the underlying basement strata.

[**Key Words**] Sangmu anticline; Lead zinc ore; Sulfur–lead isotope

(上接第 42 页)

port worked in, further petrological and lithochemical analysis was carried out, data mining and re-research on Yulinshan formation volcanic rocks in Yulinshan area, Tibet. The study shows that this formation consisting of tephra and volcanic lava has at least three rhythms; bulk elements show that it is a base – neutral rock with high alkali and rich potassium, belonging to shoshonite series – high potassium series; the ratios of $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ and $(\text{La}/\text{Yb})_N$ of light and heavy rare earth in rare earth elements are 16.44 ~ 19.39 and 73.04 ~ 84.18 respectively, and the fractionation degree of light and heavy rare earth in volcanic rocks is relatively large; the high field strength elements Nb, Ta, Zr, Hf and Ti in trace elements are obviously deficient compared with the adjacent large ion lithophile elements, and Sr also shows a deficit situation. Combined with the characteristics of rare earth and trace elements, the volcanic rocks of Yulinshan formation evolved from mantle-derived basaltic magma from intraplate rift valley, accompanied by only a small amount of crustal contamination, which was the product of internal plate stress relaxation stage in Himalayan orogeny. It cracked east to west towards Kunchu Kecuo, providing a channel for magmatism in Himalayan revival.

[**Key Words**] Yulinshan formation; Volcanic rocks; Petrology; Geochemistry; Tibet

(上接第 28 页)

Study on Petrologic Classification of “Siltstone Sandwich” in Ore-bearing Volcanic Rocks of Nibao Gold Deposit, Southwest Guizhou

QI Liansu

(Ghzhou Institute of Geophysical and Geochemical Prospecting, Guiyang 550018, Guizhou, China)

[**Abstract**] In the study, the formerly deduced “siltstone sandwich” in ore-bearing volcanic rocks of Nibao gold deposit should be a kind of altered tuff, because it possesses the volcanoclastic composition, texture and structure, including melting quartz crystal fragment, feldspar plate crystal pseudomorph, as well as lot of fossils fragments. The former “siltstone sandwich” is not exist, only a short gap of volcanic eruption. The whole volcanic rock series become a late Permian volcanic eruption cycle from partially basic volcanoclastic rock to intermediate basic volcanic breccia. From early stage to late stage of volcanic cycle, the strength of gold mineralization enhanced gradually, it proves the closed relationship between gold mineralization and volcanic rock.

[**Key Words**] Altered tuff; volcanic eruption gap; Late Permian volcanism; Nibao gold deposit; Guizhou