

doi:10.12097/j.issn.1671-2552.2022.09.011

云南梨园—拉柏乡一带基性火山岩特征及归属

蔡云华, 谭华, 朱汇派, 徐博伦, 熊斌, 武胜波

CAI Yunhua, TAN Hua, ZHU Huipai, XU Bolun, XIONG Bin, WU Shengbo

四川省地质矿产勘查开发局化探队, 四川 德阳 618000

Geochemistry Exploration Brigade of Sichuan Bureau of Exploration and Development of Geology and Minerals Resources, Deyang 618000, Sichuan, China

摘要:云南西北部瓜子—梨园—拉柏乡一线出露有带状分布的基性火山岩,前人对该套火山岩的归属意见不同。调查研究表明,该套火山岩分布于扬子陆块最西缘,主要由橄榄玄武岩、辉斑玄武岩、火山角砾岩等组成,岩石发育有枕状构造和柱状节理构造,显示出水陆交互的喷发环境;岩石地球化学表现出富碱、低钾、高钛、轻稀土强烈富集、富集大离子亲石元素和高场强元素的特征;该带火山岩总体与云南西北部丽江—宾川地区二叠纪峨眉山玄武岩具有相似的特点,应归属于丽江地层分区的峨眉山玄武岩组。此外,在该套火山岩地层中下部的生物碎屑灰岩夹层中获取了一批生物化石,经鉴定时代为早—中二叠世,说明该套基性火山岩可能形成于早—中二叠世。

关键词:扬子陆块西缘;甘孜—理塘结合带;基性火山岩;峨眉山玄武岩;地质调查工程;云南

中图分类号:P588.14 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2022)09-1624-10

Cai Y H, Tan H, Zhu H P, Wu S B, Xu B L, Xiong B, Wu S B. Characteristics and attribution of basic volcanic rocks in Liyuan-Labai township area, Yunnan Province. *Geological Bulletin of China*, 2022, 41(9):1624-1633

Abstract: There are basic volcanic rocks with banded distribution in the Zhuazi-Liyuan-Labai township area of Northwest Yunnan Province. Previous views concerning the attribution of basic volcanic rocks are controversial. According to the investigation and research, the basic volcanic rocks are distributed in the westernmost margin of the Yangtze Block, mainly composed of olivine basalt, pyroxene basalt, volcanic breccia, et. The rocks have pillow structure and columnar joint, showing the eruption environment of water land interaction; the petrological geochemistry shows enriched alkali, low potassium, high titanium, enriched LREE, enriched LILE and enriched HFSE characteristics; the basic volcanic rocks in this area are generally similar to the Permian Emeishan basalt in Lijiang-Binchuan area of northwest Yunnan Province, and belong to the Emeishan basalt formation in Lijiang stratigraphic regionalization. In addition, a number of biological fossils were obtained from the bioclastic limestone intercalations in the middle and lower part of the basic volcanic rocks. The age is identified as Early—Middle Permian, which shows that the basic volcanic rocks were formed in the Early—Middle Permian.

Key words: western margin of the Yangtze Block; Ganzi-Litang suture zone; basic volcanic rocks; Emeishan basalt; geological survey engineering; Yunnan Province

云南省西北部瓜子—梨园—拉柏乡一带出露的基性火山岩,由于对其大地构造背景、地质特征等缺少深入研究,前人对该套火山岩的地层归属、形成时代尚有争议。1:20万永宁幅区域地质调查

报告^①将其划为甘孜地层区的下二叠统中村组;1:25万中甸幅区域地质调查报告^②将其划为甘孜—理塘构造地层分区的二叠系洛吉组,为构造混杂岩带的组成单元。本次在系统野外地质调查和样品

收稿日期:2020-06-08;修订日期:2021-11-10

资助项目:中国地质调查局项目《云南省1:5万三江口、奉科乡2幅区域地质调查》(编号:DD20160016-12)

作者简介:蔡云华(1985-),男,硕士,工程师,从事区域地质调查和矿产勘查工作。E-mail:659317305@qq.com

分析测试的基础上,对该套火山岩的地质特征、岩石学及地球化学特征进行了详细研究,明确了归属问题;同时根据获取的年龄数据,对其形成时代进行了初步探讨。通过研究,为该带区域地层划分、构造演化探讨、矿产地质研究等提供新的地质资料。

1 地质特征

瓜子—梨园—拉柏乡一带的基性火山岩在大地构造位置上处于扬子陆块西南缘盐源—丽江边缘拗陷带的最西缘^[1-3](图 1-b),与甘孜—理塘结合带毗邻,呈近北东向带状展布,向西、向南、向东均与扬子陆块的中—上三叠统(T_2b 、 T_3sg)呈断层接触,

向北与甘孜—理塘结合带(P-TL)呈断层接触,在黄明一带被南北向具右行走滑性质的鸣音断裂(F_2)错切(图 1-a)。

2 岩石学特征

该带的基性火山岩主要由橄榄玄武岩、辉斑玄武岩、杏仁状玄武岩、火山角砾岩、凝灰岩等组成,中下部夹生物碎屑灰岩透镜体。熔岩多具斑状结构(图 2-a、b)、间隐—间粒结构,杏仁状构造、块状构造;在增沟农场、棋盘地等地发育有枕状构造(图 2-c),俄动局一带发育柱状节理构造(图 2-d),显示水陆交互的喷发环境。火山碎屑岩多具火山碎屑

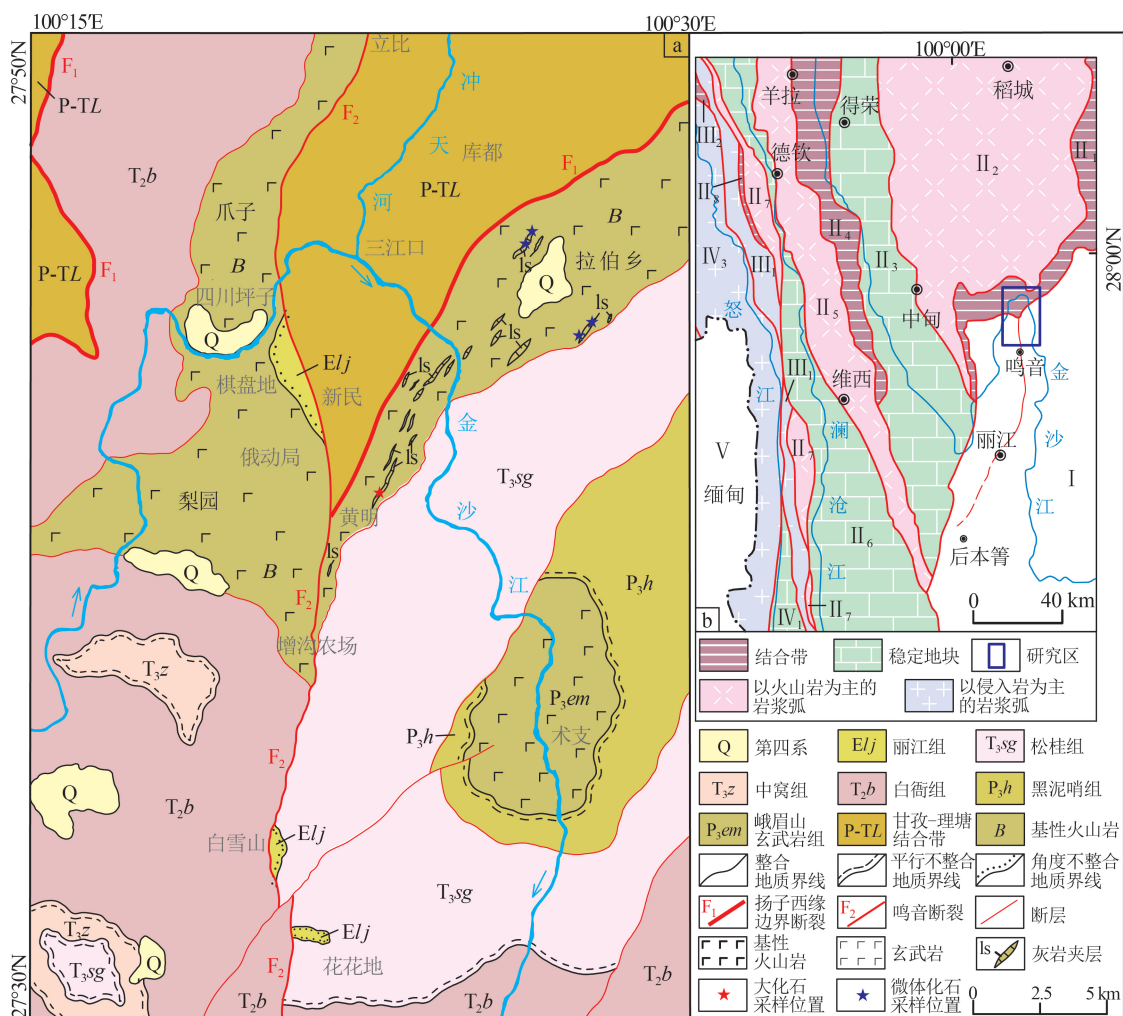


图 1 研究区地质简图(a)及大地构造位置图(b,据参考文献[4]修改)

Fig. 1 Geological sketch map(a) and geotectonic location map(b) in the study area

I—扬子陆块; II—三江造山系; II₁—甘孜—理塘结合带; II₂—德庆—乡城岩浆弧; II₃—中甸—中甸地块; II₄—金沙江—哀牢山结合带; II₅—江达—维西陆缘弧; II₆—昌都—思茅地块; II₇—开心岭—竹卡—景谷岩浆弧; II₈—澜沧江结合带; III—班公—怒江—昌宁—孟连结合带; III₁—左贡—临沧—勐海岩浆弧; III₂—昌宁—孟连结合带; IV—冈底斯—腾冲陆缘造山带; IV₁—保山—镇康地块; IV₃—冈底斯—腾冲岩浆弧; V—印度陆块

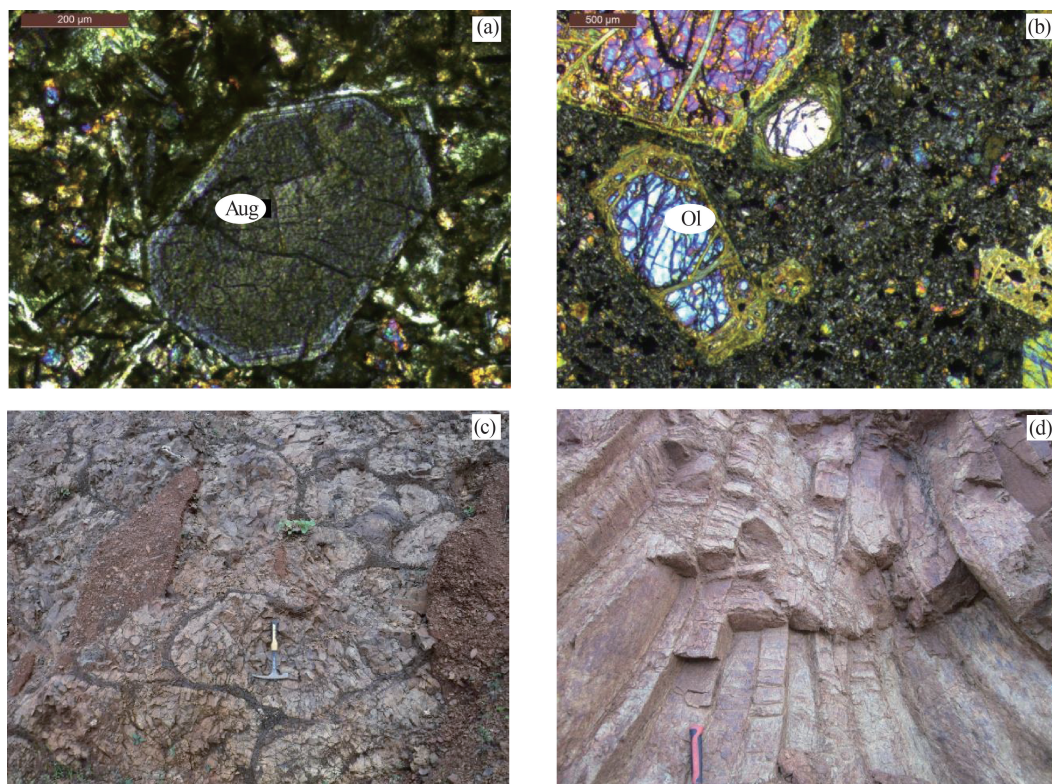


图2 基性火山岩特征

Fig. 2 Characteristics of basic volcanic rocks

a—辉石斑晶显微结构;b—橄榄石斑晶显微结构;c—枕状构造;d—柱状节理构造;Aug—辉石;Ol—橄榄石

结构、偶见熔结结构,块状构造。该带岩石除地表遭受强烈风化外,未见明显的变形、变质现象,与甘孜—理塘结合带中的基性火山岩有显著差别。

3 地球化学特征

本次在该带基性火山岩分布的梨园、爪子和拉柏乡3处共采集地球化学样品32件,样品分析由武汉上谱分析科技有限责任公司完成,主量元素利用Primus II X射线荧光光谱仪(XRF)分析完成,微量元素利用Agilent 7700e ICP-MS分析完成,样品分析数据结果见表1—表3。

3.1 主量与微量元素特征

样品分析结果显示,岩石中 SiO_2 含量为44.88%~51.32%,平均为47.36%,属基性火山岩; $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 含量为1.15%~6.80%,且 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$,岩石具低钾特征;在TAS图解(图3)中,样品点主要落入正常玄武岩区,少量在粗面玄武岩区,且多分布在碱性系列或Ir分界线附近,说明该火山岩主体属于碱性玄武岩系列。

徐义刚等^[6]将 $\text{TiO}_2 > 2.8\%$ 或 $\text{Ti/Y} > 500$ 定义为高钛玄武岩。本次样品中 TiO_2 含量平均为2.9%, Ti/Y 平均值为567,因此研究区火山岩属于高Ti型。样品中MgO含量较高,平均为7.61%,这与岩石中含有大量辉石、橄榄石斑晶一致;TFe含量为8.81%~14.41%,MnO含量为0.13%~0.24%,MnO的变化基本与TFe相伴;CaO含量为5.82%~11.50%; Al_2O_3 含量为7.53%~14.60%。上述主量元素含量均显示出峨眉山玄武岩的特征^[7-8]。

稀土元素配分曲线为轻稀土元素富集的右倾近直线型(图4-a),反映轻、重稀土元素分馏程度大,与板内碱性玄武岩的分布曲线相似;样品中有微弱负Eu(δEu 平均值0.93)异常,说明没有强烈的斜长石结晶分异。微量元素表现为富集Th、U、Pb、Nd、Zr等元素,K、Rb、Ba有明显波动;Ta、Nb有微弱负异常,表明岩浆受地壳混染程度小;Sr、P有明显负异常,其中Sr主要赋存在斜长石中,然而稀土元素配分图中无明显负Eu异常,说明Sr的负异常不是斜长石分离结晶作用引起的,考虑到Sr是活动

表 1 梨园—拉柏乡一带基性火山岩主量元素含量
Table 1 Major elements content of basic volcanic rocks in Liyuan-Labai township area

采集地	样品编号	室内定名	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	烧失量	总计	Alk	σ	SI	DI	m/f
梨园	PM103-13	橄榄玄武岩	47.47	3.05	12.94	4.86	7.52	0.18	6.07	10.30	2.75	1.19	0.32	3.09	99.73	3.94	2.72	27.16	31.53	0.51
	PM103-22	玻质玄武岩	49.53	2.99	12.23	12.30	1.42	0.14	4.28	8.90	4.23	1.09	0.29	2.33	99.74	5.32	3.69	18.92	43.98	0.34
	PM103-24	凝灰岩	47.70	3.14	13.23	5.84	6.78	0.18	5.81	9.55	2.99	1.13	0.32	3.02	99.69	4.12	2.85	25.91	33.65	0.48
	PM103-33	含杏仁橄榄玄武岩	47.60	3.13	13.19	6.29	6.42	0.18	5.82	9.52	2.99	1.19	0.33	3.10	99.77	4.17	2.96	25.85	33.76	0.48
	PM103-35	橄榄玄武岩	45.88	2.14	7.53	3.60	9.02	0.18	18.46	7.51	0.98	0.17	0.21	3.75	99.43	1.15	0.29	57.27	9.71	1.51
	PM103-36	含杏仁橄榄玄武岩	46.46	3.41	11.93	6.54	6.15	0.19	7.92	9.51	2.24	1.65	0.32	3.30	99.63	3.89	3.08	32.62	29.87	0.66
	PM103-40	含玻玄武岩	47.33	3.17	13.19	7.04	5.82	0.18	5.74	9.44	3.04	1.28	0.33	3.21	99.77	4.31	3.27	25.34	34.5	0.47
	PM103-45	玻质玄武岩	47.79	3.11	13.01	6.95	5.65	0.17	5.74	9.63	3.05	1.18	0.33	3.20	99.81	4.22	2.92	25.72	34.41	0.48
	PM103-54	富玻橄榄玄武岩	47.77	3.17	13.18	5.87	6.78	0.18	5.79	9.57	2.96	1.11	0.32	3.04	99.74	4.06	2.75	25.89	33.58	0.48
	PM103-59	玄武质角砾熔岩	47.27	3.19	13.24	5.85	6.98	0.19	5.89	9.60	3.03	1.07	0.34	3.11	99.77	4.10	3.03	25.94	33.13	0.48
	PM103-65	含杏仁状玻质玄武岩	44.88	3.76	12.91	6.84	6.85	0.19	6.63	8.99	2.56	2.13	0.44	3.43	99.62	4.68	6.38	26.73	35.63	0.51
	PM103-67	富玻玄武岩	47.20	3.20	13.45	5.74	7.05	0.19	5.92	9.66	2.83	1.23	0.33	2.96	99.76	4.05	3.03	26.16	32.23	0.48
	PM103-73	玄武岩	47.55	3.17	13.22	5.43	7.23	0.18	5.89	9.76	2.94	1.07	0.33	2.95	99.72	4.01	2.79	26.21	32.68	0.49
	PM103-78	富玻玄武岩	45.10	3.91	14.06	6.34	8.13	0.24	5.70	9.13	2.99	0.82	0.51	2.86	99.80	3.81	4.33	23.92	31.15	0.41
	D2151	杏仁状含斑玄武岩	48.15	3.01	9.67	4.51	7.10	0.19	11.57	9.34	2.49	0.18	0.29	2.93	99.42	2.67	1.11	44.89	22.95	1.04
瓜子	PM107-3	斑状杏仁状玄武岩	45.40	2.73	10.34	4.51	7.10	0.16	10.99	11.50	0.41	2.69	0.27	3.36	99.46	3.10	2.43	42.88	20.14	0.98
	PM107-7	少斑玄武岩	47.83	4.02	12.63	6.64	7.27	0.21	4.94	7.46	4.30	0.90	0.44	3.25	99.89	5.20	4.42	20.64	43.17	0.37
	D0122	蚀变少斑玄武岩	47.86	3.80	14.10	5.30	6.78	0.15	4.90	9.38	3.09	0.89	0.55	2.30	99.10	3.98	2.61	23.51	35.53	0.42
	PM107-96	含角砾凝灰岩	45.41	1.88	10.06	3.56	7.83	0.17	14.45	9.35	1.54	0.16	0.20	4.77	99.39	1.69	0.64	52.52	14.7	1.31
拉柏乡	PM107-102	斑状玄武岩	47.09	3.54	12.53	9.93	4.45	0.21	3.82	9.79	2.42	1.58	0.51	3.79	99.65	4.00	2.77	17.6	35.67	0.29
	PM107-107	斑状玄武岩	46.44	4.41	12.89	3.62	11.15	0.15	4.82	7.82	2.78	0.90	0.55	4.30	99.85	3.68	2.66	20.73	33.17	0.33
	PM107-113	片理化玄武岩	51.32	1.74	14.29	3.04	6.85	0.14	6.02	7.95	3.17	1.01	0.22	3.95	99.71	4.18	1.8	29.95	38.11	0.63
	PM107-123	斑状玄武岩	47.69	4.26	12.57	7.25	7.00	0.19	4.21	7.88	2.87	1.79	0.53	3.23	99.48	4.66	3.55	18.38	40.69	0.31
	PM107-125	蚀变斑状玄武岩	47.39	1.85	14.44	4.97	7.33	0.22	5.27	8.05	1.71	3.95	0.23	4.41	99.82	5.66	5.28	22.71	39.64	0.45
	PM107-136	杏仁状斑状玄武岩	45.97	1.63	11.10	4.37	6.53	0.16	13.12	8.96	2.21	0.91	0.18	4.39	99.53	3.12	2.01	48.47	25.32	1.25
	PM107-143	蚀变杏仁状玄武岩	45.35	1.76	10.58	4.05	6.45	0.16	14.71	8.98	1.79	0.74	0.20	4.82	99.59	2.53	1.46	53.18	20.58	1.46
	PM107-147	杏仁状斑状玄武岩	50.44	1.62	12.39	2.60	6.95	0.17	9.22	7.80	3.92	0.96	0.21	3.32	99.60	4.88	2.74	38.99	40.32	0.99
	PM107-151	含角砾凝灰岩	46.13	1.81	10.60	3.55	7.05	0.16	13.76	8.57	1.70	1.30	0.23	4.73	99.60	3.00	1.78	50.3	23.27	1.34
	PM112-17	辉斑玄武岩	49.59	2.48	14.60	6.69	4.55	0.15	4.32	7.52	3.32	3.35	0.34	2.76	99.66	6.66	5.79	19.61	49.37	0.41
	PM112-18	片理化玄武岩	49.02	1.55	12.20	1.87	7.12	0.13	12.09	6.41	3.75	0.05	0.21	5.32	99.73	3.80	1.82	48.59	33.95	1.37
	PM112-23	蚀变含斑玄武岩	47.35	2.56	13.28	6.74	4.65	0.16	6.16	8.35	1.66	5.14	0.30	3.06	99.39	6.80	8.09	25.5	44.01	0.57
	PM112-27	玄武质火山角砾岩	47.46	4.27	13.54	8.28	6.47	0.15	3.62	5.82	3.45	1.75	0.54	4.20	99.56	5.20	4.34	15.54	45.71	0.26

表 2 梨园—拉柏乡一带基性火山岩稀土元素含量
Table 2 REE content of basic volcanic rocks in Liyuan-Labai township area

采集地	样品编号	室内定名	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE	HREE	LR/ HR	(La/ Yb) _N	δCe	
			27.57	58.48	8.55	35.28	7.83	2.40	7.36	1.18	6.44	1.20	3.24	0.45	2.70	0.39	31.12	163.09	140.12	22.96	6.10	7.33	0.95	0.93
梨园	PM103-13	橄榄玄武岩	27.57	58.48	8.55	35.28	7.83	2.40	7.36	1.18	6.44	1.20	3.24	0.45	2.70	0.39	31.12	163.09	140.12	22.96	6.10	7.33	0.95	0.93
	PM103-22	玻质玄武岩	27.64	57.17	8.29	34.39	7.78	2.38	7.25	1.13	5.98	1.08	2.81	0.39	2.34	0.33	28.22	158.96	137.64	21.32	6.46	8.48	0.95	0.92
	PM103-24	凝灰岩	31.27	66.51	9.47	38.74	8.43	2.62	7.81	1.26	6.59	1.22	3.24	0.44	2.59	0.37	31.05	180.57	157.04	23.52	6.68	8.65	0.97	0.94
	PM103-33	含杏仁橄辉玄武岩	31.79	68.91	9.84	39.80	8.68	2.66	8.10	1.28	6.75	1.22	3.21	0.45	2.65	0.38	32.09	185.70	161.67	24.03	6.73	8.62	0.95	0.95
	PM103-35	橄辉玄武岩	14.26	32.04	5.04	21.88	5.37	1.67	5.24	0.83	4.38	0.80	2.09	0.28	1.68	0.24	21.21	95.78	80.26	15.52	5.17	6.10	0.95	0.93
	PM103-36	含杏仁橄辉玄武岩	20.30	47.20	7.42	32.05	7.65	2.47	7.53	1.17	6.20	1.13	2.96	0.40	2.33	0.33	29.73	139.14	117.09	22.05	5.31	6.24	0.98	0.94
	PM103-40	含玻玄武岩	32.05	66.06	9.55	38.46	8.24	2.63	7.79	1.22	6.40	1.18	3.14	0.43	2.56	0.38	31.09	180.09	156.98	23.10	6.79	8.98	0.99	0.92
	PM103-45	玻质玄武岩	30.54	64.43	9.27	37.35	8.19	2.49	7.41	1.19	6.33	1.19	3.14	0.42	2.53	0.36	31.29	174.84	152.27	22.57	6.75	8.67	0.96	0.93
	PM103-54	富玻橄辉玄武岩	30.86	65.84	9.51	39.09	8.48	2.62	7.91	1.22	6.64	1.20	3.13	0.43	2.65	0.38	31.02	179.96	156.40	23.56	6.64	8.35	0.96	0.93
	PM103-59	玄武质角砾熔岩	29.82	63.77	9.30	37.62	8.23	2.46	7.48	1.20	6.34	1.15	3.01	0.41	2.52	0.38	30.14	173.68	151.20	22.48	6.73	8.48	0.94	0.93
	PM103-65	含杏仁状玻质玄武岩	51.31	104.09	14.04	54.86	11.04	3.28	9.84	1.49	7.71	1.37	3.58	0.49	2.80	0.40	35.85	266.31	238.62	27.69	8.62	13.12	0.94	0.93
	PM103-67	富玻玄武岩	30.17	64.87	9.34	37.82	8.44	2.55	7.73	1.22	6.31	1.17	3.11	0.43	2.55	0.37	30.72	176.08	153.18	22.90	6.69	8.48	0.95	0.94
	PM103-73	玄武岩	30.89	66.44	9.50	38.27	8.31	2.62	7.91	1.27	6.65	1.24	3.24	0.45	2.63	0.38	31.10	179.78	156.02	23.76	6.57	8.43	0.97	0.94
	PM103-78	富玻玄武岩	39.61	84.24	11.91	48.41	10.61	3.17	9.40	1.48	7.64	1.36	3.65	0.50	3.07	0.44	36.61	225.50	197.95	27.55	7.19	9.25	0.95	0.94
	D2151	杏仁状含斑玄武岩	27.67	63.31	8.24	34.85	7.60	2.42	7.64	1.06	6.15	1.04	2.81	0.36	2.09	0.28	27.53	165.50	144.08	21.42	6.73	9.51	0.96	1.02
爪子	PM107-3	斑状杏仁状玄武岩	25.37	54.49	8.07	33.93	7.57	2.26	6.73	1.08	5.77	1.04	2.75	0.36	2.13	0.31	26.67	151.85	131.69	20.16	6.53	8.56	0.95	0.93
	PM107-7	少斑玄武岩	40.47	89.61	13.07	53.88	11.87	3.47	11.05	1.66	8.80	1.60	4.17	0.57	3.29	0.48	40.60	243.99	212.36	31.63	6.71	8.81	0.91	0.95
	D0122	蚀变少斑玄武岩	46.28	102.06	12.83	54.69	11.66	3.64	11.41	1.62	8.93	1.58	4.13	0.55	3.29	0.42	44.06	263.12	231.17	31.94	7.24	10.10	0.95	1.01
拉柏乡	PM107-96	含角砾凝灰岩	19.96	41.31	6.02	24.02	5.24	1.56	4.79	0.77	4.24	0.77	1.94	0.26	1.55	0.18	20.22	112.62	98.12	14.50	6.77	9.25	0.93	0.91
	PM107-102	斑状玄武岩	55.24	114.02	14.92	56.43	10.63	2.80	9.04	1.42	7.57	1.45	3.93	0.57	3.38	0.50	38.76	281.89	254.03	27.85	9.12	11.72	0.85	0.96
	PM107-107	斑状玄武岩	58.54	121.23	16.44	65.20	13.35	3.54	12.04	1.85	10.07	1.81	4.74	0.66	3.87	0.52	48.77	313.85	278.30	35.56	7.83	10.85	0.84	0.94
	PM107-113	片理化玄武岩	24.05	47.79	6.56	26.69	6.13	1.72	5.67	0.95	5.37	1.01	2.74	0.38	2.36	0.35	26.58	131.77	112.93	18.84	5.99	7.31	0.87	0.92
	PM107-123	斑状玄武岩	54.76	114.41	15.73	60.96	12.52	3.47	11.61	1.83	9.67	1.76	4.80	0.69	4.19	0.58	47.55	296.97	261.85	35.13	7.45	9.38	0.86	0.94
	PM107-125	蚀变斑状玄武岩	12.59	27.93	4.29	18.80	4.97	1.71	5.51	0.94	5.76	1.12	3.11	0.46	2.89	0.42	29.90	90.49	70.28	20.21	3.48	3.12	0.99	0.93
	PM107-136	杏仁状斑状玄武岩	14.97	31.38	4.59	19.43	4.50	1.42	4.39	0.73	4.09	0.74	1.93	0.27	1.58	0.22	19.22	90.23	76.29	13.94	5.47	6.80	0.97	0.92
	PM107-143	蚀变杏仁状玄武岩	20.22	42.17	5.99	24.24	5.22	1.54	4.65	0.74	3.94	0.71	1.92	0.26	1.47	0.22	19.30	113.29	99.37	13.91	7.14	9.83	0.94	0.93
	PM107-147	杏仁状斑状玄武岩	33.51	62.90	8.16	30.49	6.05	1.60	5.39	0.88	4.87	0.90	2.50	0.35	2.10	0.32	24.65	160.05	142.72	17.33	8.24	11.43	0.84	0.90
	PM107-151	含角砾凝灰岩	20.02	41.14	5.87	23.63	5.20	1.47	4.75	0.79	4.27	0.79	2.20	0.31	1.82	0.26	20.80	112.51	97.33	15.18	6.41	7.90	0.89	0.92
	PM112-17	辉斑玄武岩	46.32	90.86	11.82	44.35	8.26	2.35	7.42	1.12	6.14	1.12	3.00	0.42	2.54	0.36	28.79	226.07	203.96	22.11	9.23	13.07	0.90	0.93
	PM112-18	片理化玄武岩	21.13	42.98	5.96	23.91	5.14	1.43	4.83	0.75	4.13	0.76	1.94	0.29	1.56	0.21	19.75	115.02	100.54	14.48	6.94	9.70	0.86	0.92
	PM112-23	蚀变含斑玄武岩	24.84	54.30	7.98	31.88	6.68	2.08	6.27	0.99	5.43	0.99	2.60	0.36	2.23	0.31	25.72	146.96	127.76	19.19	6.66	7.99	0.97	0.94
	PM112-27	玄武质火山角砾岩	74.55	149.07	18.91	70.04	13.18	3.52	11.74	1.78	9.33	1.66	4.49	0.61	3.64	0.53	43.55	363.06	329.28	33.79	9.75	14.67	0.85	0.95

表 3 梨园—拉柏乡一带基性火山岩微量元素含量
Table 3 Trace elements content of basic volcanic rocks in Liyuan-Labai township area

采集地	样品编号	室内定名	Rb	Ba	Th	U	K	Nb	Ta	Pb	Sr	P	Zr	Hf	Ti	Ti/Y	Ta/Hf	Th/Ta	La/Ta
																			10 ⁻⁶
	PM103-13	橄榄玄武岩	22.34	228.38	3.88	0.81	9863.40	25.48	1.64	4.92	501.55	1398.81	227.96	5.29	18264.39	586.88	0.31	2.36	16.79
	PM103-22	玻质玄武岩	35.99	147.16	3.33	0.77	9054.58	24.48	1.59	5.26	135.03	1282.84	213.82	5.04	17935.54	635.59	0.32	2.09	17.37
	PM103-24	凝灰岩	18.75	468.28	3.80	1.10	9371.95	26.21	1.76	5.07	492.73	1400.96	242.20	5.46	18841.20	606.75	0.32	2.16	17.75
	PM103-33	含杏仁橄榄玄武岩	20.28	429.83	3.46	0.99	9858.97	27.36	1.78	4.85	463.50	1458.87	238.56	5.54	18781.83	585.25	0.32	1.94	17.83
	PM103-35	橄榄玄武岩	13.12	174.61	1.54	0.60	1408.68	9.72	0.60	3.42	216.11	906.75	148.07	3.44	12843.63	605.60	0.17	2.57	23.84
	PM103-36	含杏仁橄榄玄武岩	30.89	843.04	2.17	1.01	13681.51	17.30	1.12	4.31	295.84	1378.53	233.92	5.54	20444.47	687.70	0.20	1.94	18.16
	PM103-40	含玻玄武岩	23.66	350.65	3.57	0.98	10584.66	27.42	1.80	5.26	432.99	1441.95	240.08	5.71	18988.64	610.73	0.31	1.99	17.85
	PM103-45	玻质玄武岩	20.99	251.18	3.68	1.08	9763.69	27.29	1.86	5.42	431.89	1457.33	243.92	5.71	18639.44	595.74	0.33	1.98	16.43
	PM103-54	富玻橄榄玄武岩	19.37	366.09	3.51	1.03	9199.64	24.96	1.53	5.24	408.75	1413.40	237.55	5.54	19008.54	612.72	0.28	2.29	20.16
	PM103-59	玄武质角砾岩	20.66	406.69	3.74	1.04	8868.67	28.27	1.86	5.19	425.64	1463.75	245.63	5.80	19152.63	635.44	0.32	2.01	16.05
	PM103-65	含杏仁状玻质玄武岩	54.00	412.65	5.34	1.44	17645.16	38.29	2.22	7.35	370.46	1932.24	316.23	6.89	22559.22	629.32	0.32	2.41	23.17
	PM103-67	富玻玄武岩	21.09	575.83	3.51	1.14	10199.02	24.40	1.53	5.45	503.66	1458.88	242.50	5.63	19211.65	625.40	0.27	2.30	19.78
	PM103-73	玄武岩	18.56	490.30	3.44	1.06	8905.25	27.01	1.70	5.66	464.72	1434.59	246.95	5.71	18981.29	610.30	0.30	2.02	18.20
	PM103-78	富玻玄武岩	14.84	270.75	3.70	1.04	6785.10	37.89	2.31	4.69	405.05	2211.38	295.32	6.72	23445.75	640.39	0.34	1.60	17.18
	D2151	杏仁状含斑玄武岩	2.70	66.81	3.19	0.80	1461.03	26.87	1.78	3.42	207.30	1278.83	227.24	5.82	18014.98	654.34	0.31	1.79	15.51
	PM107-3	斑状杏仁状玄武岩	67.10	119.23	2.52	0.72	22310.02	20.89	1.43	4.87	66.71	1196.72	206.34	4.45	16363.51	613.56	0.32	1.76	17.76
	PM107-7	少斑玄武岩	18.39	125.97	6.21	1.30	7463.77	29.26	1.75	5.81	231.33	1941.14	328.05	7.39	24071.94	592.87	0.24	3.55	23.11
	D0122	蚀变少斑玄武岩	17.12	364.28	5.56	1.66	7413.06	46.85	2.88	4.88	570.49	2417.99	360.14	8.94	22757.02	516.49	0.32	1.93	16.05
	PM107-96	含角砾凝灰岩	3.62	99.17	2.79	0.66	1289.58	16.68	1.05	4.85	377.98	885.42	141.80	3.36	11299.79	558.90	0.31	2.66	18.99
	PM107-102	斑状玄武岩	48.56	521.92	7.23	1.68	13123.94	38.67	2.14	8.11	534.51	2228.49	362.69	7.90	21218.03	547.43	0.27	3.38	25.81
	PM107-107	斑状玄武岩	18.00	214.59	6.36	1.69	7502.29	30.32	1.85	6.93	199.33	2417.64	409.05	8.99	26467.12	542.69	0.21	3.45	31.71
	PM107-113	片理化玄武岩	28.47	245.48	4.18	1.29	8393.45	14.62	0.90	5.44	258.36	980.09	141.00	3.28	10453.08	393.25	0.27	4.67	26.87
	PM107-123	斑状玄武岩	48.85	432.91	6.39	1.72	14872.67	35.16	1.97	6.50	495.92	2320.81	388.24	8.40	25509.14	536.42	0.23	3.24	27.81
	PM107-125	蚀变斑状玄武岩	76.47	582.78	1.89	0.41	32761.39	11.77	0.69	2.77	115.15	1004.19	115.85	2.44	11105.48	371.48	0.28	2.75	18.33
	PM107-136	杏仁状斑状玄武岩	19.58	178.16	1.72	0.37	7546.10	13.91	0.76	3.86	145.30	803.28	110.80	2.77	9758.61	507.79	0.27	2.26	19.75
	PM107-143	蚀变杏仁状玄武岩	14.42	193.40	2.11	0.49	6111.83	15.65	1.05	3.87	199.54	874.24	133.62	3.30	10544.12	546.43	0.32	2.01	19.22
	PM107-147	杏仁状斑状玄武岩	18.47	208.77	4.84	1.18	7953.27	21.20	1.01	5.66	169.71	929.69	213.72	5.21	9696.29	393.36	0.19	4.80	33.28
	PM107-151	含角砾凝灰岩	28.30	187.53	2.95	0.64	10752.23	18.36	1.13	3.77	170.47	1016.87	152.81	3.61	10845.34	521.50	0.31	2.61	17.76
	PM112-17	辉斑玄武岩	76.65	491.89	5.81	1.32	27778.08	25.06	1.22	11.25	1927.12	1488.53	251.19	5.54	14848.53	515.80	0.22	4.75	37.88
	PM112-18	片理化玄武岩	2.33	98.42	2.09	0.50	428.49	10.13	0.66	3.85	96.50	931.62	142.31	3.61	9283.25	470.10	0.18	3.17	32.01
	PM112-23	蚀变含斑玄武岩	62.53	1252.43	2.78	0.67	42651.24	24.94	1.41	7.04	1613.54	1324.22	198.97	3.95	15341.16	596.50	0.36	1.97	17.67
	PM112-27	玄武质火山角砾岩	48.93	394.87	8.71	2.12	14522.25	41.40	2.44	11.93	456.64	2366.84	373.20	7.90	25615.23	588.13	0.31	3.58	30.60

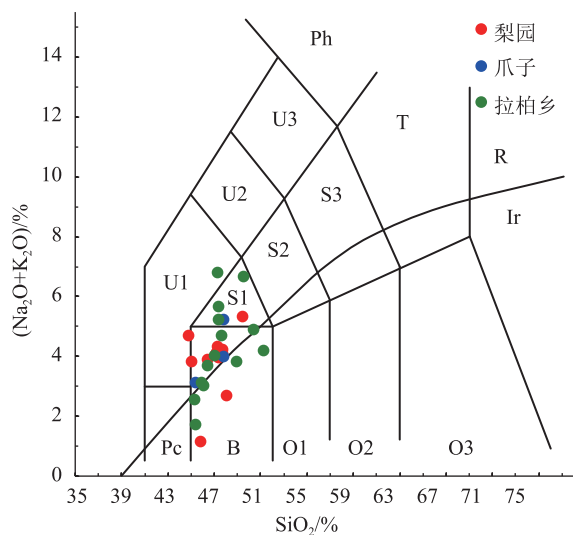


图3 基性火山岩 TAS 图解(底图据参考文献[5])

Fig. 3 TAS diagram of basic volcanic rock

Pc—苦橄玄武岩; B—玄武岩; O1—玄武安山岩; O2—安山岩; O3—英安岩; R—流纹岩; S1—粗面玄武岩; S2—玄武质粗面安山岩; S3—粗面安山岩; T—粗面岩、粗面英安岩; F—副长石岩; U1—碱玄岩、碧玄岩; U2—响岩质碱玄岩; U3—碱玄质响岩; Ph—响岩; Ir—Irvine—分界线, 上方为碱性, 下方为亚碱性

性元素,其负异常可能是受蚀变作用或地幔交代的影响^[10-11];P的负异常可能是磷酸盐矿物的分离结晶,以及源区缺少磷灰石或熔融程度较低所致^[12]。微量元素总体表现出富集大离子亲石元素和高场强元素特征(图4-b)。样品中Ta/Hf值多大于0.3或在0.3左右,Th/Ta平均值为2.63,这与地幔热柱成因岩浆岩的Ta/Hf值(>0.3)、Th/Ta(0.4~4)值

相近^[13],反映该火山岩为地幔热柱活动的产物。研究表明,岩浆直接来源于地幔柱活动而未经历地壳混染作用影响,其La/Ta与La/Sm值一般较小,经历地壳混染后,其La/Ta和La/Sm值会分别增大到25和5以上^[14]。该带火山岩样品的La/Ta值平均为21.58,La/Sm值平均为3.89,说明该基性火山岩为地幔柱活动的直接产物,未经历明显的地壳混染作用。该带基性火山岩与邻区丽江—宾川一带的二叠纪峨眉山玄武岩具有相似的岩石地球化学特征^[15-17]。

3.2 岩浆源区与构造环境

由于轻、重稀土元素在不同矿物中的分配系数差异明显,因此常被用来研究地幔源区的矿物组成特征和熔融程度^[18-19]。在 $(La/Sm)_N - (Tb/Yb)_N$ 判别图(图5-a)上,样品点基本落入石榴子石稳定区,仅个别样品落在尖晶石稳定区,但也靠近二者的分界线;在 $Sm/Yb - La/Sm$ 图解(图5-b)上,样品点落在石榴二辉橄榄岩组成的原始地幔熔融曲线附近(低熔融程度),并远离尖晶石二辉橄榄岩曲线,与平均大陆岩石圈地幔及上、下地壳端元均较远,表明源区由原始地幔的石榴二辉橄榄岩低程度熔融形成。以上证据说明,区内基性火山岩起源于石榴子石稳定区,为大于80 km的深部地幔,软流圈或其附近,这与地幔柱活动产物的结论一致,也与峨眉山大火成岩省其他区域玄武岩源区特征一致。

样品在Zr-Zr/Y图解(图6-a)、Ti/100-Zr-3Y图解(图6-b)中均落入板内玄武岩区域,在

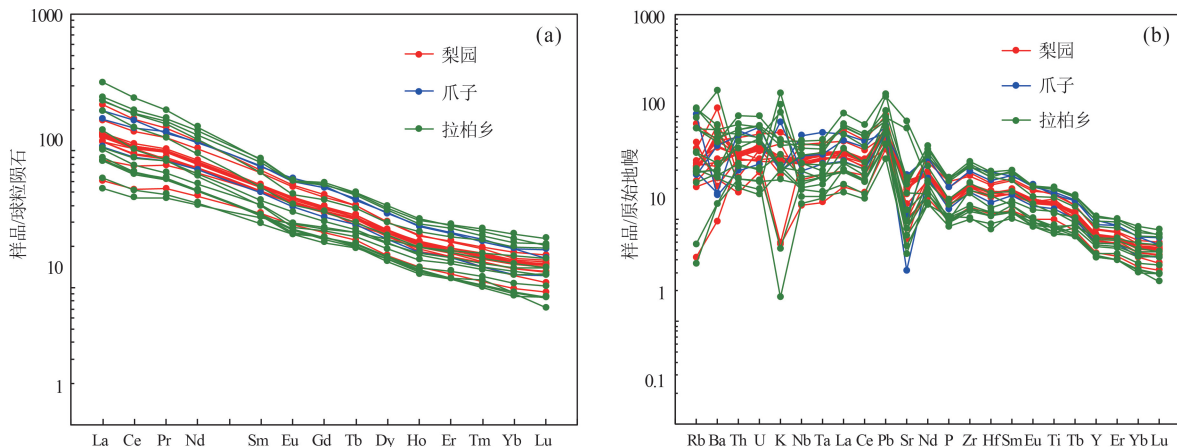


图4 基性火山岩稀土元素球粒陨石标准化配分模式图(a)和微量元素原始地幔标准化蛛网图(b)

(球粒陨石标准化数据及原始地幔标准化数据据参考文献[9])

Fig. 4 Chondrite-normalized REE patterns(a) and primitive-mantle normalized trace elements spider diagrams(b) of basic volcanic rocks

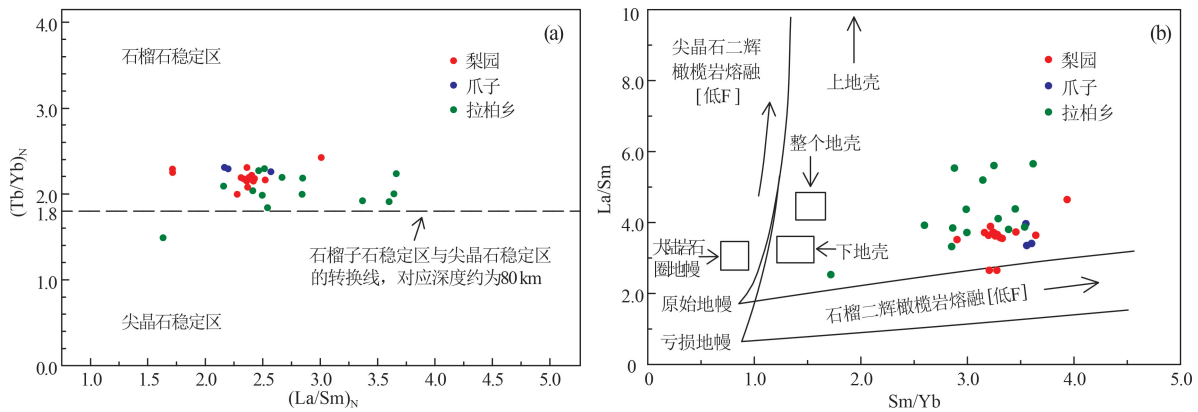
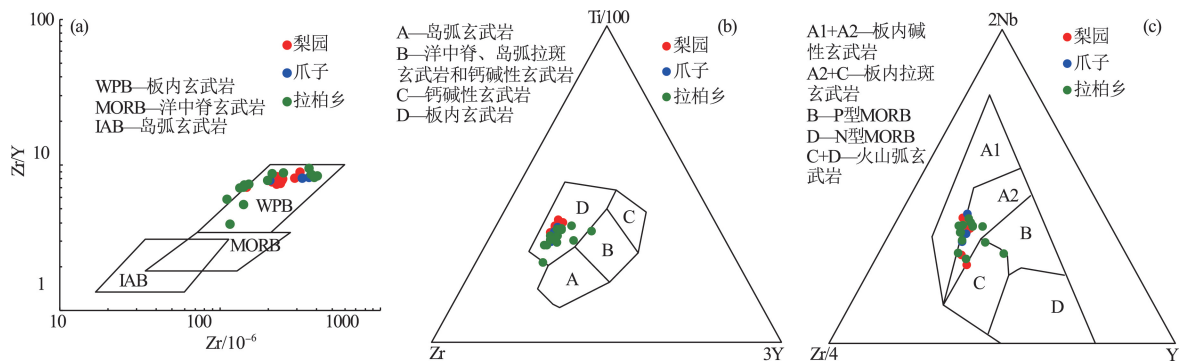
图 5 基性火山岩 $(La/Sm)_N$ — $(Tb/Yb)_N$ (a) 和 Sm/Yb — La/Sm (b) 判别图(a、b 底图分别据参考文献[20][21])Fig. 5 $(La/Sm)_N$ — $(Tb/Yb)_N$ (a) and Sm/Yb — La/Sm (b) diagrams of basic volcanic rocks

图 6 基性火山岩构造环境判别图(a、b、c 底图分别据参考文献[22][23][24])

Fig. 6 Tectonic environment discrimination diagrams of basic volcanic rocks

a— Zr — Zr/Y 图解; b— $Ti/100$ — $Zr/3Y$ 图解; c— $2Nb$ — $Zr/4-Y$ 图解

$2Nb-Zr/4-Y$ 图解(图 6-c)中几乎都落入板内碱性玄武岩区域,由此可知,该带基性火山岩应形成于板内构造环境。

4 形成时代

在黄明—拉柏乡一线,该套基性火山岩的中下部发育多层生物碎屑灰岩沉积夹层(图 1-a),单个灰岩夹层出露厚数米至数十米不等,延伸 150~400 m,最长者可达 1 km 以上。该系列灰岩夹层沿火山岩走向(北东向)可断续延伸十余千米,平面上多呈透镜状分布;灰岩与上下火山岩地层呈整合接触(图 7-a),应为火山喷发间歇期原地沉积的产物,其成岩时代可代表基性火山岩的喷发时间。

本次在生物碎屑灰岩中采集了多件大化石及微体化石样品。经鉴定,大化石为腕足化石类的准小钩形贝 *Uncinunellina* sp. (P_2) (图 7-b);微体化石为牙形石类的外穴欣德刺 *Hindeodus excavate* (P_1^4)、

中舟刺 *Mesogondolella* sp. (P_1)、新曲颚刺 *Neostreptognathodus* sp. (P_{1-2})、梅里尔刺 *Merrillina divergens* (P_2)。一定程度上说明,该套火山岩喷发时代可能为早—中二叠世(P_{1-2})。

5 结 论

(1) 梨园—拉柏乡一带出露的基性火山岩呈北东向带状分布于扬子陆块最西缘,与甘孜—理塘结合带相毗邻。岩性主要为橄榄玄武岩、辉斑玄武岩、杏仁状玄武岩、火山角砾岩、凝灰岩等,中下部夹生物碎屑灰岩透镜体;该火山岩发育有枕状构造和柱状节理构造,显示水陆交互的喷发环境。

(2) 梨园—拉柏乡一带基性火山岩起源于地幔深处的石榴子石稳定区,受地幔柱作用形成于板内构造环境,岩浆上升中未经历明显的地壳混染作用,岩石表现出富碱、低钾、高钛、轻稀土元素强烈富集、富集大离子亲石元素和高场强元素的特征,

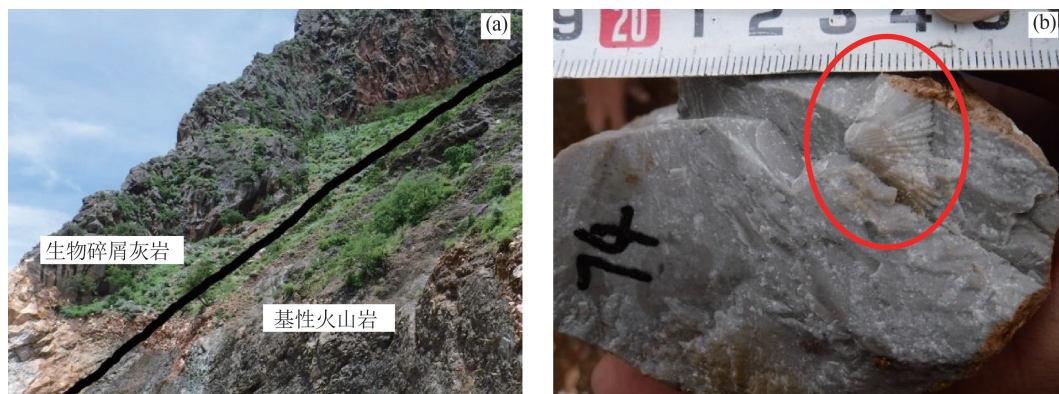


图7 基性火山岩下部生物碎屑灰岩夹层特征

Fig. 7 Characteristics of bioclastic limestone intercalations in the lower part of basic volcanic rocks

a—生物碎屑灰岩与基性火山岩呈整合接触;b—腕足化石

不同于板块汇聚边缘玄武岩,也明显异于大洋玄武岩,总体与邻区丽江—宾川一带二叠纪峨眉山玄武岩有很大的相似性;该套基性火山岩应归属扬子陆块丽江地层分区的峨眉山玄武岩,而非前人划分的甘孜—理塘结合带组成单元。

(3)本次在梨园—拉柏乡一带基性火山岩中下部生物碎屑灰岩沉积夹层中获取了一批腕足化石和微体化石,经鉴定时代为早—中二叠世,说明该地区在早二叠世可能已经有岩浆活动。该成果为研究扬子西缘峨眉山玄武岩提供了新的时代依据。

致谢:野外工作期间得到中国地质调查局成都地质调查中心、四川省地质矿产勘查开发局化探队同仁的大力支持和帮助,审稿专家对本文提出了宝贵修改意见,在此一并表示感谢。

参考文献

- [1] 潘桂棠,王立全,张万平,等.青藏高原及邻区大地构造图及说明书(1:1500000)[M].北京:地质出版社,2013.
- [2] 王立全,潘桂棠,丁俊,等.青藏高原及邻区地质图及说明书(1:1500000)[M].北京:地质出版社,2013.
- [3] 潘桂棠,李兴振,王立全,等.青藏高原及邻区大地构造单元初步划分[J].地质通报,2002,21(11): 701-707.
- [4] 王保弟,王立全,王冬兵,等.三江昌宁—孟连带原—古特提斯构造演化[J].地球科学,2018,43(8): 2527-2550.
- [5] Middlemost E A K. Naming materials in the magma/igneous rock system[J]. Earth Science Reviews, 1994, 37(3/4): 215-224.
- [6] 徐义刚,钟孙霖.峨眉山大火成岩省:地幔柱活动的证据及其熔融条件[J].地球化学,2001,30(1): 1-9.
- [7] 吕劲松,肖渊甫,邓江红,等.滇西北峨眉山玄武岩与冈底斯组下段玄武岩对比研究[J].岩石矿物学杂志,2013,32(1): 73-89.

- [8] 倪平泽,肖龙,何琦,等.滇西丽江树底桥及宁蒗万马场二叠纪玄武岩地球化学特征及成因[J].矿物岩石,2007,27(1): 107-116.
- [9] Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalt: implications for mantle composition and processes[J]. Geological Society of London Special Publication, 1989, 42 (1): 313-345.
- [10] 汪云亮, Hughes S S, 童纯菡, 等.峨眉山玄武岩地球化学和大陆地幔演化[J].成都地质学院学报, 1987, 14(3): 62-77.
- [11] 张招崇,王福生,郝艳丽,等.峨眉山大火成岩省中苦橄岩与其共生岩石的地球化学特征及其对源区的约束[J].地质学报, 2004, 78(2): 171-180.
- [12] 汪云峰,张招崇,王丽娟,等.峨眉山大火成岩省虎跳峡和金安二叠纪玄武岩的地球化学特征及其对源区的约束[J].岩石学报, 2013, 29(12): 4387-4403.
- [13] 汪云亮,张成江,修淑芝.玄武岩类形成的大地构造环境的 Th/Hf-Ta/Hf 图解判别[J].岩石学报, 2001, 17(3): 413-421.
- [14] Lassiter J C, DePaolo D J. Plume/Lithosphere Interaction in the Generation of Continental and Oceanic Flood Basalts: Chemical and Isotopic Constraints [C]//Large Igneous Provinces: Continental, Oceanic, and Planetary Flood Volcanism. Washington DC: American Geophysical Union (AGU), 2013.
- [15] 张招崇, Mahoney J, 王福生, 等.峨眉山大火成岩省西部苦橄岩及其共生玄武岩的地球化学: 地幔柱头部熔融的证据[J].岩石学报, 2006, 22(6): 1538-1552.
- [16] 朱士飞,秦勇,钱壮志,等.云南省丽江—宾川地区二叠纪玄武岩地球化学特征及其构造背景研究[J].矿物岩石, 2008, 28(1): 64-71.
- [17] 姜常义,钱壮志,姜寒冰,等.云南宾川—永胜—丽江地区低钛玄武岩和苦橄岩的岩石成因与源区性质[J].岩石学报, 2007, 23(4): 777-792.
- [18] Dan M, O'Nions R K. Partial Melt Distributions from Inversion of Rare Earth Element Concentrations[J]. Journal of Petrology, 1991, 32 (5): 1021-1091.

- [19] 张雪, 翁凯, 赵晓健, 等. 新疆东天山卡拉塔格二叠纪火山岩成因及构造意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2021, 51(4): 1119–1138.
- [20] Wang K, Plank T, Walker J D, et al. A mantle melting profile across the Basin and Range, SW USA[J]. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 2002, 107(B1): ECV 5–1–ECV 5–21.
- [21] Lassiter J C, Depado D J. Plume/lithosphere interaction in the generation of continental and oceanic flood basalts: Chemical and isotopic constraints [M]. Washington D C. American Geophysical Union Geophysical Monograph Series, 1997: 335–355.
- [22] Pearce J A, Norry M J. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks [J]. Contributions to Mineralogy & Petrology, 1979, 69(1): 33–47.
- [23] Bao J F, Zhao Y J, Sun Z B, et al. Characteristics and tectonic environment of the Late Triassic volcanic rocks in the Baoshan Block of western Yunnan [J]. Advances in Geosciences, 2020, 10 (5): 385–403.
- [24] Meschede M, 韩宝福. 一种用 Nb–Zr–Y 图解判别各种洋中脊玄武岩和大陆拉斑玄武岩类型的方法 [J]. 地质地球化学, 1988, (12): 31–34.
- ① 云南省地质局. 1: 20 万永宁幅区域地质调查报告. 1980.
- ② 云南省地质矿产局区域地质矿产调查大队. 1: 25 万中甸县幅、贡山县幅区域地质调查报告. 2003.

《地质通报》第 41 卷第 10 期要目预告

祁连山东北缘武威盆地隐伏构造	施炜等
藏北班戈地区早白垩世欧特里夫期菊石的发现及其对的约束	王东等
西藏中部中仓地区玄武岩锆石 U–Pb 年龄、岩石地球化学特征及其构造意义	吴浩等
贵州毕节侏罗系恐龙足迹新发现	李辰等
新元古代康滇裂谷盆地沉积古地理的启示: 来自滇东北待补地球碎屑锆石 U–Pb 年龄的源区指示	潘江涛等
西准噶尔白杨河上游花岗岩锆石 U–Pb 年龄、地球化学特征及其构造意义	王元元等
滇东北昭通地区发现峨眉山玄武岩沉积夹层: 峨眉山玄武岩幕式喷发新证据	袁永盛等
内蒙古北山地区野马泉一带泥盆纪双峰式火山岩地球化学特征及其对北山地区早古生代大地构造演化的指示 ...	陶光活等
浙江大陈岛地区花岗岩 Sr–Nd–Hf 同位素特征和锆石 U–Pb 年龄及其地质意义	张延青等
康滇古陆西侧早志留世古海洋氧化–还原环境及优质烃源岩发育模式——以盐源地区 CYD2 井为例	程锦翔等
全球铂族金属资源分布、供需及消费格局	王丰翔等
山东省胶东半岛金矿床成因	毛兴强等
江陵凹陷盐隆构造体系对富钾卤水储层分布特征的影响	杨飞等
川西南大梁子铅锌矿区 F15 主控断裂及其控矿作用机制	吴建标等
广东天堂山锡多金属矿产成矿物质来源及就矿找矿思路	张志辉等