

金平地区二叠纪玄武岩地球化学特征

张学书^{1,2}, 范柱国¹, 秦德先¹, 陈爱兵¹, 邓明国¹, 刘光亮¹

(1. 昆明理工大学 国土资源工程学院, 云南 昆明 650093; 2 云南省有色地质勘查院, 云南 昆明 650051)

摘要: 金平地区二叠纪玄武岩分布于扬子克拉通西南缘哀牢山深大断裂南西侧. 通过对金平地区东南部出露最全的金平县城至那发剖面二叠纪玄武岩岩石化学特征、微量元素及稀土元素特征等方面的研究, 初步认为, 金平地区玄武岩兼具洋中脊及大陆裂谷碱性-拉斑玄武岩特征, 但总体上仍属大陆板内与地幔热柱成因有关的玄武岩.

关键词: 玄武岩; 地球化学特征; 金平

中图分类号: P588 145 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007 - 855X(2005)04 - 0013 - 05

Geochemistry of Permian Flood Basalts in Jinping Area

ZHANG Xue-shu^{1,2}, FAN Zhu-guo¹, QIN De-xian¹, CHEN Aibing¹,
DENG Ming-guo¹, LU Guang-liang¹

(1. Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China;
2 Yunnan Non-Ferrous Metals Geological Bureau, Kunming 650051, China)

Abstract: The flood basalts in Jinping area are distributed along the SW side of Ailaoshan deep-situated structure zone which is located in the southwest margin of Yangtze craton. On the basis of primary study focused on the petrochemical characteristics of flood basalts, the trace elements and REE data of flood basalts, it is preliminarily concluded that flood basalts in Jinping area are related to mantle plume, although they have both the alkali and calc-alkali basalts of middle ocean ridge and continental rift.

Key words: basalts; geochemistry of basalts; Jinping area

0 引言

金平地区下—上二叠统玄武岩分布于哀牢山深大断裂西南侧, 并主要集中分布于金平县大老塘至李家寨一线以西、三家河以东的地区及沿勐拉河—藤条河北西向断裂的东侧的狭长地带(图1), 向南延伸进入越南境内, 与黑水河裂谷带相接; 火山岩层总体走向北西, 与区域构造线相一致. 由于地幔热柱成因的二—三叠纪溢流玄武岩多与大规模成矿作用有成因联系, 因而引起众多研究者的关注^[6~8]. 许多学者通过研究认为金平地区玄武岩与丽江—宾川地区玄武岩可以进行对比, 并以此作为推断金平地块是由于红河断裂的左行滑移作用而自丽江或宾川地区推移而至今位置的证据^[5]. 本文旨在对金平地区玄武岩的岩石化学特征及微量元素含量及其图解特征研究基础上, 初步探讨本地区二叠纪玄武岩地球化学特征及其所代表的构造环境.

1 地质特征及采样

1.1 地质特征

金平地区二叠纪玄武岩主要分布于金平县南东及西部藤条河北西向断裂东侧一带, 其中金平县城东

收稿日期: 2004 - 07 - 20 基金项目: 云南省国际合作项目资金 (项目编号: 2002GH11).

第一作者简介: 张学书 (1965 ~), 男, 在读博士研究生, 高级工程师. 主要研究方向: 矿产地质及勘查找矿.

南大老塘一带二叠纪玄武岩厚度最大,达4530余m,向西至伊黎河减薄至1221m,且以熔岩占绝对优势.在金平大老塘一带玄武岩可大致划分为自火山角砾岩、斑状或杏仁状玄武岩、致密块状玄武岩、粗玄武岩至主要为玄武质凝灰岩的两个火山喷发旋回.

1.2 样品采集

本次玄武岩样品采自金平—那发公路二叠纪玄武岩剖面(即大老塘剖面,图1),顶部风化程度较高,直接与中三叠统碳酸盐岩接触,样品控制玄武岩剖面厚度约为4000m左右.

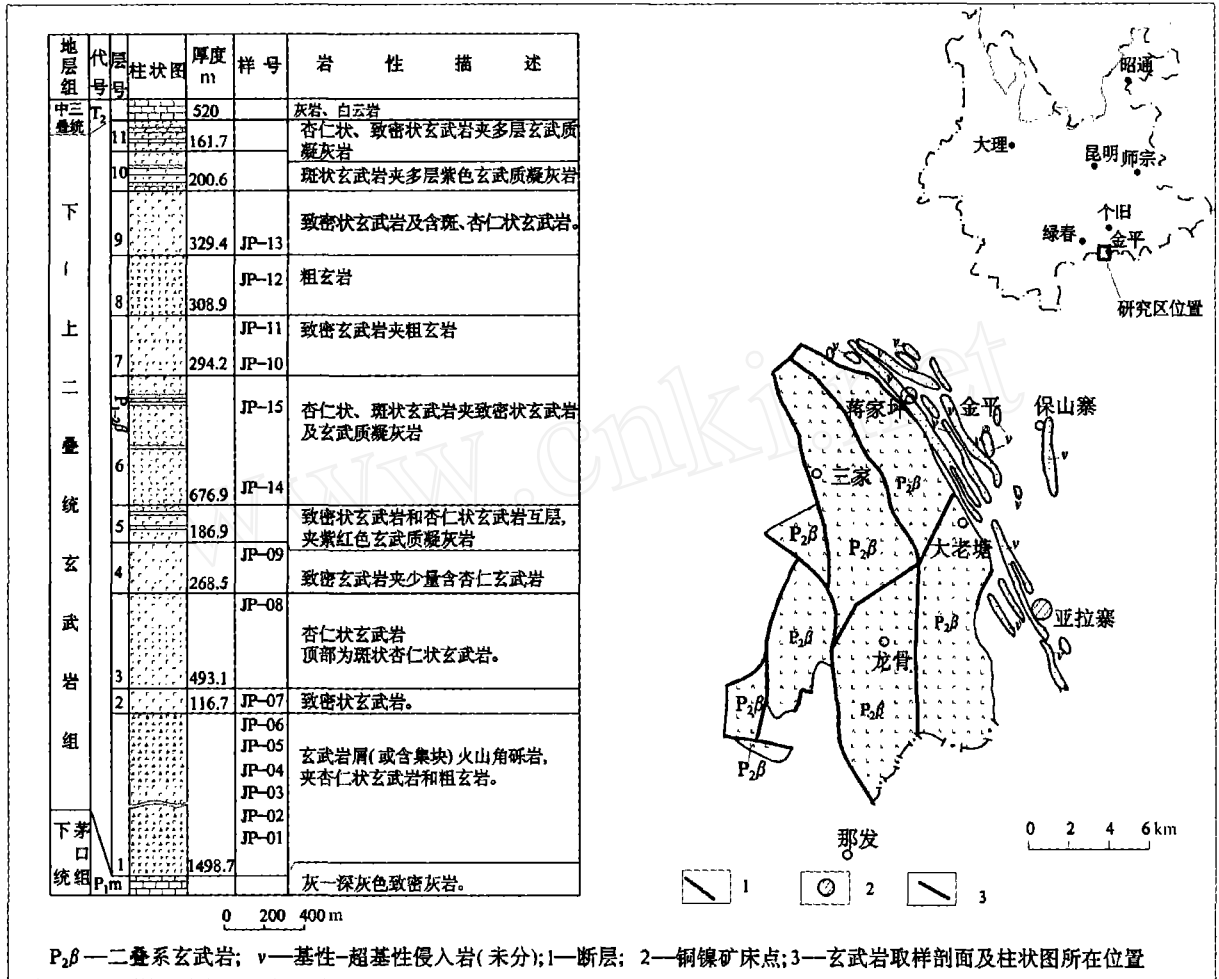


图1 金平二叠纪玄武岩分布及其柱状图
Fig.1 Permian basalts and its petrological column in Jinping area

2 玄武岩岩石化学特征

玄武岩的常量元素分析数据如表 1. 金平地区二叠纪玄武岩的 $(K_2O + Na_2O) / (SiO_2 - 39)$ 比值为 0.02 ~ 0.67, 按该比值 0.37 为划分拉斑玄武岩 (< 0.37) 与碱性玄武岩 (> 0.37) 的标准, 本区下部以拉斑玄武岩为主, 上部以碱性玄武岩为主. 岩石里特曼指数 为 0.01 ~ 7.46, 且岩石 $Na_2O > K_2O$, 岩石为太平洋型—大西洋型(钠质)钙碱性—碱性系列岩石. 侵入于玄武岩中的煌斑岩 $(K_2O + Na_2O) / (SiO_2 - 39)$ 比值为 0.41, 属拉斑玄武岩类, 里特曼指数 为 3.89, 全碱含量为 7.55%, 且 $K_2O > Na_2O$, 为弱太平洋型钙碱性岩系. 金平地区二叠纪玄武岩与峨眉山玄武岩的岩石化学成份特征基本相同(表 1), 表现为低钛、 $Na_2O > K_2O$ 及相近似的里特曼指数等特征, 属低钛系列岩石^[5,9].

表 1 金平地区二叠纪玄武岩常量元素质量分数表 (%)

Tab 1 Major elements contents of Permian basalts in Jinping area (%)

序号	样号	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 ⁺	H ₂ O ⁻	CO ₂	总和
1	JP-05	50.52	1.34	14.47	2.14	8.46	0.16	4.96	8.11	3.39	0.18	0.22	4	0.23	1.87	100.05
2	JP-06	50.69	1.34	14.6	1.58	8.46	0.17	5.92	8.44	3.84	0.36	0.2	3.38	0.24	0.69	99.91
3	JP-07	52.08	1.44	14.16	3.08	7.64	0.16	6.93	8.72	1.97	1.23	0.18	2.28	0.26	0.38	100.51
4	JP-09	46.1	2.1	14.56	5.74	8.32	0.2	5.01	8.96	4.27	0.54	0.46	3.16	0.19	0.85	100.46
5	JP-10	47.8	3.6	14.17	2.85	9.83	0.19	5.03	8.34	3.08	1.71	0.39	2.44	0.3	0.09	99.82
6	JP-11	46.58	1.16	14.26	2.01	9.24	0.2	7.94	10.81	2.86	0.34	0.13	3.32	0.24	0.4	99.49
7	JP-12	48.4	1.08	14.39	7.25	3.65	0.1	3.17	15.86	0.19	0.02	0.22	5.36	0.39	0.23	100.31
8	JP-13	53.14	1.17	10.99	1.39	8.17	0.15	9.3	8.02	1.56	0.1	0.11	4.71	0.49	1.67	100.99
9	JP-14	51.26	1.64	13.46	1.55	8.47	0.14	6.73	9.1	2.26	1.14	0.18	3.88	0.24	0.16	100.21
10	JP-15	51.4	1.66	12.23	2.64	7.48	0.16	6.68	11.81	1.64	0.13	0.18	3.46	0.2	0.1	99.77
金平玄武岩平均		49.8	1.65	13.73	3.023	7.972	0.16	6.169	9.817	2.51	0.58	0.23	3.6	0.28	0.64	100.15
峨眉山玄武岩		49.73	3.37	13.79	5.05	6.27	0.12	4.67	9.02	3.03	0.53	0.33	烧失量		95.93	1.88

测试单位:中地质调查局宜昌地质矿产研究所,2003年 9月,峨眉山玄武岩资料据莫宣学^[1](1993)

3 岩石化学图解特征

在 TAS图解中(图 2),玄武岩投影点多数落于 B 区玄武岩的范围内,只有 9 号块状玄武岩落于玄武安山岩区;在 ATK图解(图 3)中,投影点落于大陆裂谷玄武岩区、洋脊玄武岩(及三江洋脊玄武岩)、弧后玄武岩的分布区.在 TFe - MgO - Al₂O₃三角图解(图 4)中玄武岩落于洋岛区和大陆区.总体上金平二叠纪玄武岩兼具洋中脊及洋岛玄武岩和大陆裂谷玄武岩的某些特征.

4 玄武岩微量元素图解特征

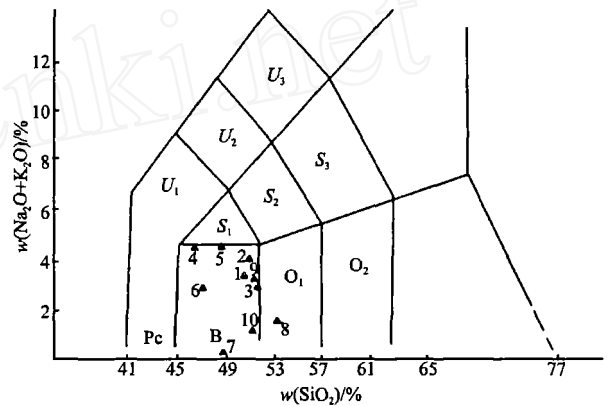
玄武岩的微量元素含量分析数据如表 2 在 Ti - Zr图解(图 5)中,主要投影点落于洋中脊玄武岩区;而在 Ti/100 - Zr - 3Y图解(图 6)中玄武岩投影点落于 II区和 III区,即洋岛和大陆玄武岩区.

表 2 金平地区二叠纪玄武岩微量元素含量表(×10⁻⁶)

Tab 2 Trace elements contents of Permian basalts in Jinping area(×10⁻⁶)

样号	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	Co	Rb	Cs	Sr	Ba	V	Sc	Nb	Ta	Zr	Hf	U	Th	Ti/Y	Th/Hf	Th/Ta	Th/Zr	Th/Nb	Nb/Zr
JP-05	15.2	<1	84.8	259	29.6	33.3	6.8	5.3	144	234	238	30.2	12.6	0.84	101	3.35	1	9.28	365.5	2.77	11.05	0.092	0.74	0.125
JP-06	15.6	1	94.4	307	2.35	31	19	5.95	265	294	234	29.6	12.4	1.2	142	3.93	1.16	12.6	302.3	3.2	10.5	0.089	1.02	0.087
JP-07	64.3	<1	88.8	335	134	37.2	52.4	6.3	280	467	275	29.9	14	0.93	174	5.04	1	12	307.5	2.38	12.9	0.069	0.86	0.080
JP-09	234	<1	120	33.5	51.4	31.1	10.5	7.3	91.4	254	308	20.6	22.2	1.28	164	4.48	0.87	15.2	26.4	3.39	11.88	0.09	0.68	0.14
JP-10	222	<1	115	66.3	74.7	37.7	52.1	7	513	78	387	26.1	36.3	1.93	222	6.12	1	8.44	677.1	1.37	4.37	0.04	0.23	0.16
JP-11	192	15.5	91	201	122	43.8	15.4	5.95	184	276	299	43.7	10.5	0.72	88.2	2.86	1.1	2.64	245.9	0.92	3.61	0.03	0.25	0.12
JP-12	86.1	6	109	59.9	46.5	30.2	<1	3.4	16.1	193	291	20	9.75	<0.5	93	2.78	1	6.56	238.2	2.36		0.07	0.67	0.10
JP-13	62.3	<1	77.4	512	123	35.8	5.9	6.1	95.1	203	235	26.4	8.37	<0.5	573.1	2.38	1.33	8.44	302.6	3.55		0.12	1.01	0.11
JP-14	57.7	29	96.1	220	42.1	34.4	41.2	5.2	141	366	270	25.8	14.6	0.73	138	4.34	1.33	7.52	261	1.73	10.3	0.054	0.52	0.106
JP-15	62.1	27	94.1	263	65.9	32.8	4.5	4.6	68.7	198	250	18	14	0.72	161	4.65	0.67	6.8	287	1.46	9.4	0.04	0.49	0.087

测试单位:中国地质调查局宜昌地质矿产研究所,测试方法:ICP-MS,测试时间:2003年 9月.



Pc—苦橄玄武岩; B—率玄武岩; O₁—玄武安山岩; O₂—安山岩;
 S₁—粗面玄武岩; S₂—玄武粗安岩; S₃—粗面安山岩;
 U₁—碧玄武岩、碱性玄武岩(序号同表1)

图2 金平地区二叠纪玄武岩化学成份TAS图解
 Fig.2 TAS diagram of Permian basalts in Jinping area

5 玄武岩稀土元素特征

金平地区二叠纪玄武岩稀土含量变化较大,总量 (表 3) $\Sigma REE = (102.9 \sim 288.2) \times 10^{-6}$; $\Sigma Ce/\Sigma Y$ 为 1.23 ~ 5.96, (La/Lu)*N* 比值在 4.21 ~ 12.93 之间, (La/Yb)*N* 为 3.03 ~ 13.4,轻稀土富集; Eu 为 0.94 ~ 1.1,稀土分布模式无明显的 Eu 异常. 玄武岩的球粒陨石标准化稀土配分曲线均为右倾轻稀土富集型^[2] (图 7),铕的亏损或富集程度均不明显, Eu 值在 0.85 ~ 1.1 之间,表现出既有轻微亏损亦有轻微富集的特征.

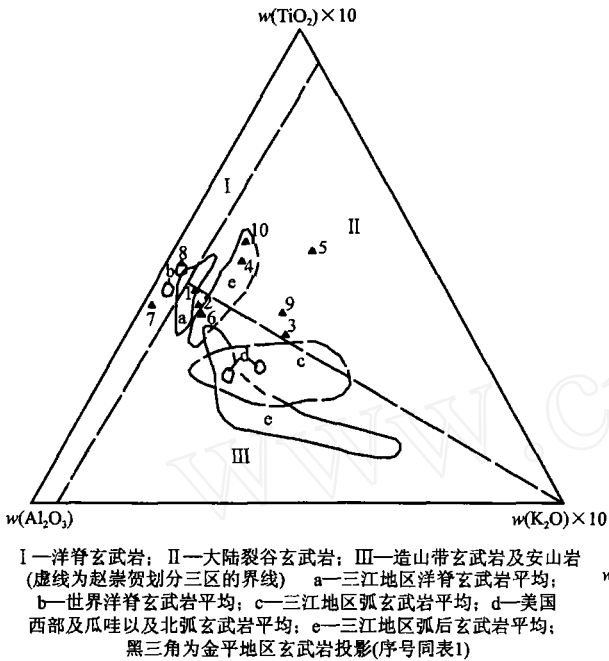


图3 金平地区二叠纪玄武岩化学成份ATK图解(仿赵崇贺, 1991)
Fig.3 ATK diagram of Permian basalts in Jinping area (after Zhao Conghe, 1991)

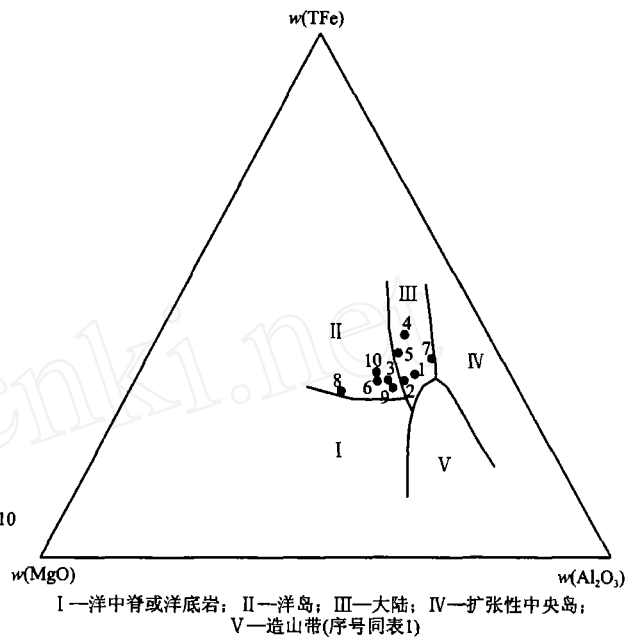


图4 金平地区二叠纪玄武岩化学成份TFe-MgO-Al₂O₃图解(据皮尔斯, 1977)
Fig.4 TFe-MgO-Al₂O₃ diagram of Permian basalts in Jinping area(after Pearce, 1977)

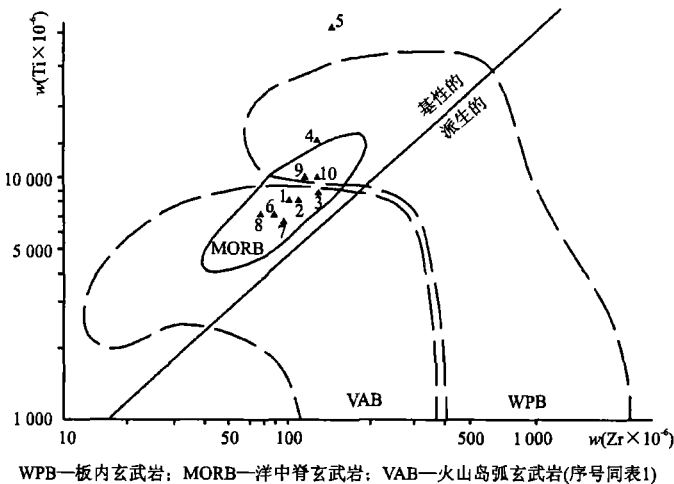


图5 金平地区二叠纪玄武岩微量元素TiO₂-Zr图解
Fig.5 TiO₂-Zr diagram of Permian basalts in Jinping area

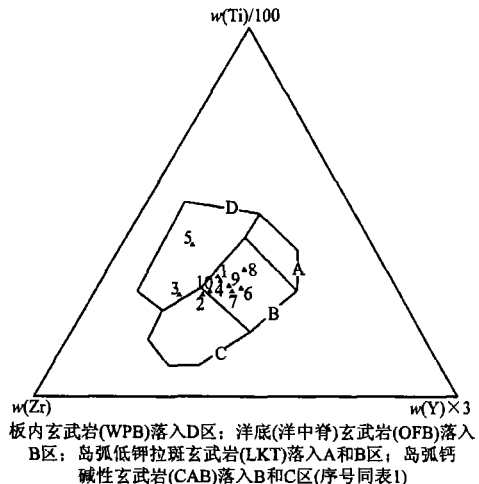


图6 金平地区二叠纪玄武岩微量元素TiO₂/100-Zr-3Y图解
Fig.6 TiO₂/100-Zr-3Y diagram of Permian basalts in Jinping area (after Pearce and Cann, 1973)

表 3 金平地区二叠纪玄武岩稀土元素丰度表 ($\times 10^{-6}$)

Tab 3 REE data of Permian basalts in Jinping area ($\times 10^{-6}$)

样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Σ REE	Σ Ce	Σ Y	Σ Ce/ Σ Y	(La/Yb) _N	(La/Lu) _N	Eu
JP-05	20.8	40.8	4.7	19.1	4.34	1.48	4.73	0.8	5.16	0.94	2.55	0.35	2.02	0.25	22	130	91.22	38.8	2.35	6.78	8.51	1
JP-06	23.1	43.3	5.15	19.6	4.73	1.76	5.89	0.83	5.38	0.98	2.76	0.43	2.26	0.3	26.6	143.1	97.64	45.43	2.15	6.73	7.88	1.03
JP-07	30.7	57	5.99	24.2	5.24	1.76	5.84	0.94	5.57	1.1	2.75	0.4	2.3	0.33	28.1	172.2	124.9	47.33	2.64	8.79	9.52	0.98
JP-09	33.6	66.3	6.82	27.6	6.78	2.49	7.48	1.12	7.51	1.39	3.91	0.56	3.48	0.53	38.6	208.2	143.6	64.58	2.22	6.36	6.49	1.07
JP-10	56.7	109	10.5	43.6	8.56	2.78	9.75	1.0	6.52	1.17	2.92	0.44	2.78	0.45	31.9	288.2	231.1	57.01	4.05	13.4	12.93	0.94
JP-11	12.4	25.1	3.18	11.6	3.2	1.35	4.45	0.8	5.05	0.99	2.97	0.42	2.7	0.43	28.3	102.9	56.83	46.11	1.23	3.03	2.95	1.1
JP-12	16.3	32	3.25	13.6	3.2	1.26	4.01	0.71	4.3	0.87	2.24	0.37	2.05	0.35	27.2	111.7	69.61	42.1	1.65	5.24	4.77	1.09
JP-13	14	31.1	3.01	12.2	3.52	1.25	4.05	0.61	3.93	0.74	2.05	0.37	2.11	0.34	23.2	102.5	65.08	37.4	1.74	4.37	4.21	1.02
JP-14	32.8	63.6	5.88	23.1	5.51	2.03	6.65	1.11	5.93	1.13	3.01	0.45	3.12	0.52	37.7	192.5	132.9	59.62	2.23	6.93	6.48	1.03
JP-15	27.4	55.2	4.97	21.9	5.22	1.92	6.37	1.1	5.39	1	2.7	0.4	2.52	0.46	34.7	171.3	116.6	54.64	2.13	7.16	6.1	1.03
平均	26.8	52.3	5.35	21.7	5.03	1.81	5.92	0.91	5.47	1.03	2.79	0.42	2.53	0.4	29.8	162.3	112.9	49.3	2.24	6.96	6.93	1.02

注:测试单位:中国地质调查局宜昌地质矿产研究所,测试时间:2003年9月。

6 讨论

前人对本区二叠纪玄武岩的研究表明,金平上二叠统玄武岩与峨眉山大火成岩省宾川等地区的低钛玄武岩具有相似性,微量元素特征亦显示它们具有相同的源区,其相互间存在成因联系^[5,11,12]。本区二叠纪玄武岩的 Th/Hf 比值(表 2)比汪云亮、李巨初等^[15]所定义的峨眉山玄武岩比值(Th/Hf < 0.5)要高,而 Ta/Hf 比值要比其所定义的峨眉山玄武岩(Ta/Hf > 0.5)低,亦较其所定义的地幔热柱成因玄武岩的 Ta/Hf 比值(> 0.3)略低,这可能与峨眉山玄武岩并非原始岩浆(MgO < 8%)所造成的^[5,10-12]。

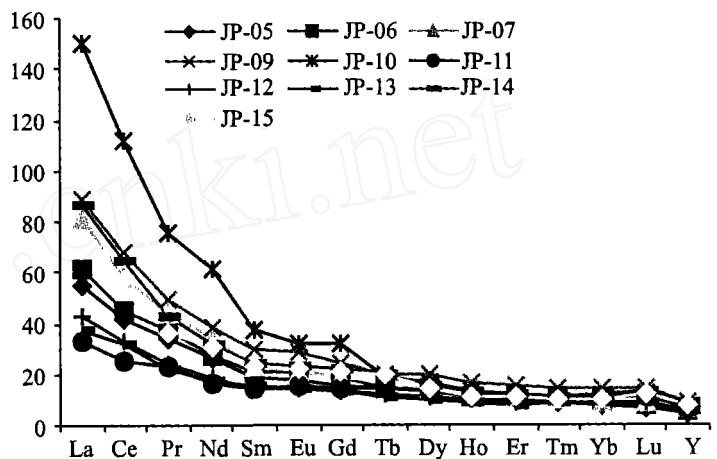


图7 金平地区原始地幔标准化的二叠纪玄武岩稀土元素蛛网图
Fig.7 Primitive mantle-normalized REE distribution patterns of Permian basalts in Jinping area

金平地区二叠纪玄武岩在微量及稀土元素含量特征上,与峨眉山玄武岩主体相比,基体特征类似,即稀土总量变化较大、轻稀土富集、铈的富集与亏损均不明显等为特征,表明其形成与演化与峨眉山玄武岩是一致的,是峨眉山地幔柱多级演化的一部分^{[3][4]},但金平地区玄武岩的 Th、Nb、Zr 含量特征显示在其演化过程中较峨眉山玄武岩主体具有较大程度的地壳成份的混染。金平地区二叠纪玄武岩的 Nb/Zr 比值(0.08 ~ 0.16)总体上与孙书勤等^[13]确定的大陆板内拉斑玄武岩(Nb/Zr = 0.04 ~ 0.15)十分接近,但与典型的地幔热柱成因玄武岩(Th/Nb < 0.11)有较大差别;而 Th/Nb 比值(0.23 ~ 1.02)则与典型裂谷环境(0.11 ~ 0.27)、陆内拉张带(> 0.27,一般 0.27 ~ 0.67)及典型地幔热柱成因玄武岩(Nb/Zr > 0.15)接近,表明金平地区玄武岩作为峨眉山玄武岩的一部分,在空间上远离峨眉山玄武岩主体,其形成过程中受到了较多的地壳成份的混染。

尽管金平地区玄武岩岩石化学成份及其图解特征显示本区二叠纪玄武岩具有洋中脊及洋岛玄武岩的一些特征,这可能是由于金平地区大地构造位置上处于扬子克拉通边缘,受西部昌都—思茅盆地澜沧江洋的形成和发展^[1]及扬子克拉通西缘裂陷作用的影响,使之兼具洋中脊和洋岛玄武岩的某些特征。但总体上仍属大陆板内与地幔热柱成因有关的玄武岩。

参考文献:

[1] 李兴振,刘文均,王义昭,等.西南三江地区特提斯构造演化与成矿(总论)[M].北京:地质出版社,1999.1~276
 [2] 王中刚,于学元,赵振华,等.稀土元素地球化学[M].北京:科学出版社,1989. (下转第 22 页)

3 结论

经以上试验分析可得出,用化学法对钛板表面活化处理是可行的,其方法简单易行.优化条件为:

- 1) 酸浸蚀:室温、98% H_2SO_4 中处理 30 min
- 2) 碱处理:60℃、5 mol/L 的 NaOH 溶液中浸泡 24 h;或 80℃、3 mol/L 的 NaOH 溶液中浸泡 24 h
- 3) 预钙化处理:室温、饱和 $Ca(OH)_2$ 溶液中浸泡 16 h
- 4) 磷酸钙沉积层的生成:室温、过饱和 $Ca_3(PO_4)_2$ 溶液中浸泡 7 d 以上(需每 2 d 换一次新鲜溶液).
- 5) HA 沉积层的形成(碱液后处理):60℃、0.1 mol/L 的 NaOH 溶液中浸泡 48 h;或 80℃、0.1 mol/L 的 NaOH 溶液中浸泡 28 h

参考文献:

- [1] 俞耀庭,张兴栋.生物医用材料[M].天津:天津大学出版社,2000.125~130
- [2] 汪大林.金属种植体的表面处理[J].国外医学生物工程分册,1992,15(5):277.
- [3] 朝仓健太郎.生物医学用新型金属材料[J].国外金属材料,1992(3):24~30
- [4] 张亚平,高家诚,谭继福,等.激光熔覆生物陶瓷复合涂层[J].材料研究学报,1994,8(1):93~95.
- [5] 朱瑞富,王佃刚,吕宇鹏,等.羟基磷灰石涂层热处理晶化工艺研究[J].中国口腔种植学杂志,2002,7(1):13~15.
- [6] 张建民,林昌健,冯祖德,等.电沉积磷酸钙生物活性陶瓷[J].物理化学学报,1998,14(8):698~702
- [7] 张光栋.硬组织修得与骨组织工程材料[M].生物医用材料.天津:天津大学出版社,2000.129.
- [8] 梁芳慧,王克光,周廉,等.预钙化处理后的钛表面磷灰石涂层的形成[J].材料科学与工程,2002,20(4):541~544.
- [9] METOD IIA Z,NAJDOSKI,etc. A simple chemical method for preparation of hydroxyapatite coatings on Ti6Al4V substrate[J]. Materials science:Materials medicine,2001,12:479~483.

(上接第 17 页)

- [3] 李红阳,牛树银,王立峰,等.幔柱构造[M].北京:地震出版社,2002.1~224
- [4] 牛树银,孙爱群,邵振国,等.地幔热柱多级演化及其成矿作用—以华北矿聚区为例[M].北京:地震出版社,2001.1~219.
- [5] 肖龙,徐义刚,梅厚均,等.云南金平晚二叠纪玄武岩特征及其与峨嵋地幔柱关系—地球化学证据[J].岩石学报,2003,19(1):38~48
- [6] Franco Pirajno. Ore - Deposits and Mantle Plumes(M), Netherland: Kluwer Academic Publishers, 2000. 1~545.
- [7] 涂光炽,等.中国超大型矿床(1)[M].北京:科学出版社,2000.250~269.
- [8] Xie Yan Song, Mei - Fu Zhou, Zhi - Min Cao et al Ni - Cu - (PGE) magmatic sulfide deposits in the Yangliuping area, Permian Emeishan igneous province, SW China[J]. Mineralium Deposita, 2003, 38: 831~843.
- [9] 宋谢炎,候增谦,曹志敏,等.峨嵋大火成岩省的岩石地球化学特征及时限[J].地质学报,2001,75(4):498~506
- [10] 何斌,徐义刚,肖龙,等.峨嵋山大火成岩省的形成机制及空间展布:来自沉积地层学的新证据[J].地质学报,2003,77(2):194~202
- [11] 徐义刚.地幔柱构造、大火成岩省及其地质效应[J].地学前缘,2002,9(4):341~353
- [12] 肖龙,徐义刚,何斌.峨嵋地幔柱—岩石圈的相互作用:来自低钛和高钛玄武岩的 Sr - Nd 和 O 同位素证据[J].高校地质学报,2003,9(2):207~217.
- [13] 孙书勤,汪云亮,张成江.玄武岩类岩石大地构造环境的 Th、Nb、Zr 判别[J].地质论评,2003,49(1):40~47.
- [14] 严城民,夏贵光,邓仁宏.滇西北独龙江花岗岩及岩浆作用特征[J].云南地质,2002,21(1):21~33.
- [15] 汪云亮,李巨初,王旺章.微量元素丰度模式与峨嵋山玄武岩成因[J].矿物岩石,1989,9(4):100~105.