

## 峨眉山玄武岩分布区内铂族元素 异常分析及其找矿远景预测

李晓敏<sup>1,2</sup>, 郝立波<sup>2</sup>, 甘树才<sup>2</sup>, 来雅文<sup>2</sup>

(1. 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放研究实验室, 贵州 贵阳 550002;  
2. 吉林大学, 吉林 长春 130061)

**【摘要】** 区域地球化学填图成果表明, 在中国西南川-滇-黔交界地区存在一个与产出规模巨大的峨眉山玄武岩分布范围相吻合的 Pt, Pd 地球化学巨省。作为地幔热柱成因的峨眉山玄武岩的铂族元素丰度虽略有偏高, 但玄武岩中铂族元素很难形成可以利用的铂族矿物, 故该异常是“非找矿异常”。在该区内寻找铂族元素矿床应在基性岩-超基性岩体出露较多的中岩区南段, 注意沿循已知的矿床、矿化或较小型基性岩侵入体, 将矿区(或岩体)的整体地质特征、地球化学特征等与典型的岩浆型铂族元素矿床相比较, 进而研究、预测本矿区或本岩体的铂族元素成矿的可能性及远景规模等, 寻找岩浆型铂族元素矿床, 而在岩浆型矿床的周边地质体内注意寻找热液型铂族元素矿床。

**【关键词】** 峨眉山玄武岩; 铂族元素; 远景预测; 非找矿异常

中图分类号: P619.22<sup>+</sup>1; P588.14<sup>+</sup>5, P618.53 文献标识码: A

文章编号: 1001-6872(2003)03-0021-05

峨眉山玄武岩广泛出露于中国西南川、滇、黔三省交界的广大地区, 以其巨大的分布面积( $30 \times 10^4 \text{ km}^2 \sim 50 \times 10^4 \text{ km}^2$ ) 和产出体积(大于  $30 \times 10^4 \text{ km}^3$ ), 一直受到地学界的广泛关注, 并已取得了丰硕的科研成果<sup>[1~15]</sup>。自 1929 年赵亚曾先生命名“峨眉山玄武岩”以来, 其含义已发生了很大的变化。目前, 地学界对于峨眉山玄武岩的关注, 已不仅仅着眼于狭义的、典型的大陆溢流玄武岩上, 而将其岩浆活动及其结果作为一个整体——峨眉大火成岩省来考虑<sup>[16~20]</sup>。以大地构造位置处于扬子板块西缘的典型的大陆溢流玄武岩(峨眉山玄武岩)为研究对象, 样品采自张云湘等<sup>[13]</sup>所划分为东、中、西三个岩区的东岩区及中岩区的四川会理。目前世界上铂族金属

的来源主要是几个著名的巨大铂族元素矿床, 如南非的布什维尔德、加拿大的肖德贝里、美国的斯提尔沃特、俄罗斯的诺里尔斯克、乌拉尔、贝辰加、中国的金川等。这些矿床规模十分巨大, 同时它们又都无一例外与超基性岩-基性岩有着成因上的密切联系, 这一现象无疑意味着(巨大)铂族元素矿床的寻找首先应从超基性岩-基性岩开始, 而产出规模巨大的峨眉山玄武岩就为研究提供了这样的契机。区域地球化学填图成果表明, 峨眉山玄武岩分布在川-滇-黔-桂 Pt, Pd 地球化学巨省内, 区内铂、钯的丰度值分别为  $1.39 \times 10^{-9}$  和  $1.12 \times 10^{-9}$ , 区域浓集比率分别为 3.32 和 3.04<sup>[21]</sup>, 而且局部地区(如盘江流域、水城、威宁、东川等地)还出现铂、钯的更高的丰度

收稿日期: 2003-01-19; 改回日期: 2003-05-29

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G1999043212)

作者简介: 李晓敏, 女, 36 岁, 讲师(博士后), 矿物、岩石、矿床学专业, 研究方向: 矿床地球化学。

值<sup>[22,23]</sup>,并已发现金宝山、杨柳坪等铂、钯矿床<sup>[24]</sup>。探讨峨眉山玄武岩铂族元素丰度异常的成因以及峨眉山玄武岩与已探明的铂族元素矿床间的关系,对于在该地区寻找与地幔热柱岩浆作用有关的岩浆型及岩浆-热液型铂族元素矿床具有十分重要的意义。

## 1 与峨眉山玄武岩分布范围吻合的 Pt, Pd 地球化学巨省

通过进行(泛滥平原沉积物)区域地球化学填图,确定了3个规模巨大的铂、钯地球化学巨省,川-滇-黔-桂 Pt, Pd 地球化学巨省就是其中之一<sup>[22]</sup>。该区域内沉积物的铂、钯的丰度值分别为  $1.39 \times 10^{-9}$  和  $1.12 \times 10^{-9}$ , 区域浓集比率分别为 3.32 和 3.04<sup>[21]</sup>, 而且局部地区还有更高的丰度值,如盘江流域的玄武岩中铂、钯的背景值分别为  $8.65 \times 10^{-9}$  和  $4.75 \times 10^{-9}$ , 而该流域的凝灰岩中铂、钯的背景值更高,分别为  $12.48 \times 10^{-9}$  和  $7.32 \times 10^{-9}$ <sup>[22]</sup>; 云南东川一曲靖地区沉积物铂、钯的丰度值分别为  $3.44 \times 10^{-9}$  和  $3.47 \times 10^{-9}$ , 分别是中国泛滥平原的 7.48 倍和 8.68 倍<sup>[23]</sup>。川-滇-黔-桂 Pt, Pd 地球化学巨省的显著特征之一就是峨眉山玄武岩大面积分布,并且高背景值区与峨眉山玄武岩分布区具有很好的吻合性<sup>[22]</sup>。同时,该区也是我国已经发现的含铂矿床和铂族矿床最集中、数量最多的地区(如金宝山、杨柳坪、核桃树等)。因此深入研究峨眉山玄武岩铂族元素丰度异常的成因及峨眉山玄武岩与已探明的铂族元素矿床间的关系具有重要的找矿指导意义。

选取 20 件有代表性的峨眉山玄武岩(样品基本没有发生蚀变),采用  $\text{Na}_2\text{O}_2$  碱熔分解试样, Te 共沉淀富集, 同位素稀释-等离子体质谱(ICP-MS)方法进行测试(表 1), 检出限为: Pt  $0.23 \times 10^{-9}$ , Pd  $0.11 \times 10^{-9}$ , Ir  $0.02 \times 10^{-9}$ , Ru  $0.045 \times 10^{-9}$ , Rh  $0.024 \times 10^{-9}$ , Au  $0.32 \times 10^{-9}$ 。同时也给出了标样的分析精度(表 1), 从中可见, 该法对于铂族元素及金的测定具有非常好的效果。两个推荐样品的分析误差最大为 21.24%, 最小仅为 0.56%, 总体上测试的质量完全符合分析精度要求。东岩区水城玄武岩的铂族元素丰度平均值为: Pt  $10.79 \times 10^{-9}$ , Pd  $7.73 \times 10^{-9}$ , Ru  $1.71 \times 10^{-9}$ , Ir  $1.16 \times 10^{-9}$ ; Rh  $0.34 \times 10^{-9}$ , 威宁玄武岩的铂族元素的平均丰度值为: Pt  $11.70 \times 10^{-9}$ , Pd  $11.51 \times 10^{-9}$ , Ru  $1.19 \times 10^{-9}$ , Ir  $0.78 \times 10^{-9}$ , Rh  $0.66 \times 10^{-9}$ 。而紧邻中岩区北段的峨眉山清音电站剖面的玄武岩铂族元素丰度平均值为: Pt  $7.71 \times 10^{-9}$ , Pd  $5.48 \times 10^{-9}$ , Ru  $0.49 \times 10^{-9}$ ,

Rh  $0.25 \times 10^{-9}$ , Os  $0.39 \times 10^{-9}$ , Ir  $0.0698 \times 10^{-9}$ <sup>[12]</sup>。中岩区玄武岩铂族元素的丰度也相对较低, 由于样品较少, 不能将其作为平均丰度来看, 而只表明相对较小范围的玄武岩的丰度变化趋势。

表 1 黔西及四川会理峨眉山玄武岩铂族元素及金分析结果  $\cdot \omega(\text{B})/10^{-9}$

Table 1 PGE and Au contents of the Emeishan Basalts in western Guizhou and Huili, Sichuan (in  $[\times 10^{-9}]$ )

样品号	Ru	Pd	Ir	Pt	Rh	Au
UTM-1 推荐值	10.90	106.00	8.80	128.00	9.50	48.00
UTM-1 测定值	13.11	106.59	9.44	133.12	8.94	37.95
偏差/%	20.28	0.56	7.27	4.00	-5.89	-20.94
UPR-1 推荐值	22.00	235.00	13.50	285.00	13.40	42.00
UPR-1 测定值	24.41	214.84	14.49	257.67	11.76	50.92
偏差/%	10.95	-8.58	7.33	-9.59	-12.24	21.24
SP-2001	1.66	14.16	0.95	6.19	0.40	7.18
SP-2006	1.57	10.68	1.61	6.38	0.58	8.47
SP-2010	2.24	4.36	2.17	14.40	0.29	6.21
SP-2013	2.12	10.76	1.85	13.39	0.38	10.50
SP-2014	1.47	13.26	0.83	14.19	0.56	6.64
SP-2019	1.21	13.38	1.13	14.12	0.50	6.95
SP-2027	1.44	4.95	0.96	9.06	0.25	2.49
SP-2031	1.79	4.42	1.17	13.01	0.34	9.91
SP-2034	2.08	4.72	0.71	12.23	0.20	4.88
SP-2037	2.33	7.17	0.71	17.52	0.44	6.01
SP-2041	1.61	2.40	0.56	3.89	0.14	4.03
SP-2042	2.42	8.93	2.13	7.38	0.37	6.89
SP-2046	1.37	2.42	0.51	6.00	0.16	3.25
SP-2054	0.98	4.23	1.20	9.24	0.15	3.24
SP-2057	1.38	10.09	0.86	14.85	0.31	5.95
平均值	1.71	7.73	1.16	10.80	0.34	6.17
SY3J	0.83	13.71	0.74	13.20	0.55	7.86
SY5J	1.35	2.93	0.98	9.98	1.40	3.99
SY8J	1.27	5.58	0.65	12.59	0.44	5.50
SY10J	1.30	23.80	0.74	11.02	0.25	27.86
平均值	1.19	11.50	0.78	11.70	0.66	11.30
PD-2	1.30	0.84	0.91	6.17	0.12	2.17

测试者: 中国科学院地球化学研究所资源环境测试分析中心, 漆亮; UTM-1, UPR-1 推荐值为标样所测, 采样位置除 PD-2 为中岩区会理; SY3J, SY5J, SY8J, SY10J 为东岩区威宁外, 其余均为东岩区水城

酈明才等<sup>[25]</sup>给出中国的玄武岩铂族元素丰度平均值为: Pt  $0.54 \times 10^{-9}$ , Pd  $0.46 \times 10^{-9}$ , Ru  $0.08 \times 10^{-9}$ , Rh  $0.054 \times 10^{-9}$ , Os  $0.06 \times 10^{-9}$ , Ir  $0.045 \times 10^{-9}$ , 扬子地台东缘基性岩铂族元素丰度平均值为: Pt  $1.4 \times 10^{-9}$ , Pd  $2.7 \times 10^{-9}$ , Ru  $0.12 \times 10^{-9}$ , Rh  $0.07 \times 10^{-9}$ , Os  $0.15 \times 10^{-9}$ , Ir  $0.07 \times 10^{-9}$ 。与此相比, 峨眉山玄武岩的铂族元素丰度平均值要高出其 1 个~2 个数量级, 表现出较为明显的富集趋势, 并导致其上的沉积物体系中铂族元素丰度值随之提高。另外, 以  $1.0 \times 10^{-9}$  为异常下限分别圈定的 Pt 和 Pd 的异常域在空间上与 Cu, Ni, Co, Cr 等元素的地球化学巨省相重叠<sup>[22]</sup>, 显示出较好的共生成矿趋势, 这似乎也是铂族元素具有较好的成矿远景的有力佐证。

## 2 关于铂族元素的富集异常

对比地球各圈层及不同地区的不同类型的超基性-基性侵入岩及喷出岩的铂族元素丰度<sup>[26-30]</sup>。可知(表 2)峨眉山玄武岩的铂族元素丰度平均值与地壳平均值大致相当,而远远低于上、下地幔及地核;与其他地区的超基性-基性侵入岩及科马提岩相比,

表 2 地球各圈层及不同地区不同类型的超基性岩-基性岩中铂族元素质量分数  $w(B)/10^{-9}$

Table 2 The abundance of PGE in the Earth shells and the various basic-ultra-basic rocks in different regions (in  $[ \times 10^{-9} ]$ )

岩石类型	采样地点	样品数	Pt	Pd	Os	Ir	Ru	Rh	
不同圈层	地壳 <sup>[26]</sup>		50	10	1	1	1	1	
	上地幔 <sup>[26]</sup>		200	90	50	50	100	20	
	下地幔 <sup>[26]</sup>		200	120	50	50	100	20	
	地核 <sup>[26]</sup>		13 000	5 500	8 000	2 600	16 000	3 000	
超基性岩	纯橄岩 <sup>[27]</sup>	中国陕西	65	20~40	20~30	2~4	1~2	5~8	1~2
	斜辉橄岩 <sup>[27]</sup>	中国西藏	41	4	9	5	4	9	1
	辉石岩 <sup>[27]</sup>	中国陕西	53	30	30	3	1	3~5	1~2
	科马提岩 <sup>[28]</sup>	Alexo Area in Canada	3	13.9	20.0		1.71	5.10	
基性岩	辉长岩、苏长岩 <sup>[27]</sup>	南非布什维尔德杂岩	11	21~38	15~31				
	大洋中脊玄武岩 <sup>[29]</sup>	Koleinsey Ridge	2	1.301	3.598		0.048	0.168	
	洋岛玄武岩 <sup>[30]</sup>	Polynesia	10	1.224	1.505		0.112	0.181	0.069
	大洋中脊玄武岩玻璃 <sup>[28]</sup>	Koleinsey Ridge	5	0.312	0.551		0.133	0.039	
	橄辉拉斑玄武岩 <sup>[28]</sup>	Southern Iceland	4	5.38	7.58		0.189	0.646	
碱性玄武岩 <sup>[28]</sup>	Cameroon Line near Bambouto	5	0.249	0.229		0.047	0.115		

峨眉山玄武岩的铂族元素丰度全部偏低;与各类玄武岩相比,峨眉山玄武岩(包括其层位附近的玄武质凝灰岩、玄武质火山碎屑岩等)的铂族元素丰度相对较高。近期研究表明峨眉山玄武岩的源区为幔源型<sup>[19,20]</sup>,但是形成峨眉山玄武岩的岩浆已不是原始岩浆,而是经历了一定程度的分异作用的进化岩浆<sup>[31]</sup>,在分异过程中,岩浆中的铂族元素的配分模式改变,以熔点较低的 Pt, Pd 占有优势。

## 3 关于铂族元素来源及富集作用的初步认识

巨大的地幔热柱从核幔边界、下地幔或上地幔产生并向上移动,必然将在地核、下地幔十分富集的成矿物质,如铂族元素等带向地球的外部。峨眉山玄武岩作为地幔热柱作用的产物,处于大陆裂谷或大陆裂谷边缘的地质环境下,这对于铂族元素的富集是很有利的地质条件。因此,玄武岩及玄武质凝灰岩铂族元素的含量明显高于周围其他地质体也是必然的现象。

大规模成矿作用的实质就是成矿物质的巨量供给、传输和聚集的过程<sup>[32]</sup>。从一定意义上讲,峨眉山玄武岩具备了形成大规模铂族元素矿床的物质条件。但是,“物质条件”却不是形成大矿、富矿的唯一条件。同时,这一成矿“物质条件”也只是理论上的,或者说是在“量”上的,而真正的、客观的成矿的“物质条件”还应考察其“质”的属性。

戚长谋等<sup>[33]</sup>阐述了“传统元素丰度”概念的局限性。为了反映元素的量和质两种属性,提出了“元素状态丰度”(state abundance of element)的新概念,即地质体及宇宙体中元素不同状态的含量,并在此基础上,进一步将化探找矿中的“异常”区分为“找矿异常”和“非找矿异常”(找矿异常指化探样品中反

映成矿元素以可利用的矿石矿物相存在的异常,否则为非找矿异常)。对于铂族元素,主要是利用铂族矿物(如铁铂合金、铱铂矿、钨铂矿、钨铂矿、铱钨矿、砷铂矿及硫铂矿等)。而峨眉山玄武岩的铂族元素的丰度值虽然较高,但目前尚未有发现铂族矿物的报道,这至少说明铂族元素的赋存状态是不可被利用的或者说不是可被利用的最佳状态。因此,前述的峨眉山玄武岩的铂族元素地球化学异常不应是“找矿异常”,而是“非找矿异常”。

## 4 铂族矿物形成和富集的可能性

铂族元素在自然界中主要以自然金属、金属互化物、半金属互化物、硫化物和硫砷化物等形式存在,同时还以类质同象的形式进入其他矿物晶格或以离子吸附态的形式存在。矿物相是其主要赋存状态。铂族矿物包括自然元素及金属互化物、化合物及含铂族元素矿物 3 大类型,其中化合物矿物(尤其是硫化物及硫砷化物等)占目前所知铂族矿物总数的三分之二以上,与铂族元素相结合的阴离子主要有 S, As, Sb, Bi, Te 等。峨眉山玄武岩的 As, Sb, Bi, S 含量没有表现出较为强烈的富集,反而具有贫化的趋势。因此,在客观上已不具备形成或大规模形成铂族矿物的物质条件(包括形成铜镍的硫化物矿床)的一个方面,更难聚集形成铂族元素矿床或含铂族元

素矿床;在野外实际考察和室内工作中,在峨眉山玄武岩中也均未见到铂族矿物,分析结论与野外考察结果是一致的。

## 5 峨眉山玄武岩分布区域内铂族元素找矿思路和找矿方向

依上所述,在峨眉山玄武岩系内寻找铂族元素矿床的前景并不乐观,但又必须承认,到目前为止峨眉山玄武岩系分布的广大区域仍是我国发现铂族元素或含铂族元素矿床最多的地区。这说明将该区域作为铂族元素矿床远景区的大方向是正确的,只是找矿方向和思路不应该只是着眼于玄武岩本身。

岩浆型铂族元素矿床与超基性岩-基性岩具有明显的成矿专属性,产于超基性岩-基性岩体中的铂族元素常与铜镍矿化、铬铁矿矿化、钒钛磁铁矿矿化等相互共生或伴生出现,这是岩浆型铂族元素矿床的3种类型<sup>[24]</sup>。世界上已知的几个大型超大型铂族元素矿床都是以这3种矿化类型为主,如南非的布什维尔德、加拿大的肖德贝里、美国的斯提尔沃特、俄罗斯的诺里尔斯克、中国的金川等,矿化都出现在基性岩-超基性岩体或杂岩体中。

峨眉山玄武岩分布区内基性岩-超基性岩体主要出露在中岩区的南段,如著名的攀枝花钒钛磁铁矿矿床就位于这一地区,而且现已查明有铂族元素矿化与其伴生<sup>[24]</sup>,在该区域内分布最广的小型基性岩体也以含铜、镍、铂族元素等矿化为特征<sup>[5]</sup>。因此,在该区域内寻找岩浆型铂族元素矿床,应尽量沿循已知的矿床、矿化或较小型基性岩侵入体,将矿区(或岩体)的整体地质特征、地球化学特征等与典型的岩浆型铂族元素矿床相比较,进而研究、预测本矿区或本岩体的铂族元素成矿的可能性及远景规模等。

过去,由于铂族元素的金属产量绝大部分来自岩浆型铂族矿床以及地质学家们过分强调铂族元素的化学惰性,而使得铂族元素的热液地球化学特性的研究一直被忽视。在峨眉山玄武岩系分布的区域内,目前已发现数个铂族元素矿床或含铂族元素矿

床,如:云南弥渡金宝山贫铜镍型铂族元素矿床(独立的铂族元素矿床)、元谋朱布铂(族)铜镍矿床、四川丹巴杨柳坪铜镍型铂族元素矿床(大型)、会理核桃树、力马河、荒草坪、大岩子铜镍型铂族元素矿床等(以上为铜镍型铂族元素矿床或含铂族元素矿床)及四川渡口攀枝花、米易新街、盐边红格、云南牟定安益等含铂(族)钒钛磁铁矿矿床。这些矿床的产出部位一般都在超基性岩-基性岩体内或其临近的层位,也一直被认为都是岩浆型铂族元素矿床<sup>[24]</sup>。但最近有研究表明,有些矿床实质上并不完全是岩浆结晶分异作用形成的,如在丹巴杨柳坪矿区,新近发现了独立的、完全由热液作用形成的铜镍-铂族元素矿体,这类矿体赋存在超基性-基性岩体之外的灰岩-片岩中,与超基性-基性岩没有直接关系,但矿石品位很高。该矿床的铜镍-铂族元素矿化至少有3种主要类型,即:1)岩浆熔离-热液型,该类型曾被认为是该矿床的主要矿化类型,但形成的矿石以中-贫品位为主;2)热液型(包括热液脉型和接触交代矽卡岩型),近年来在采矿过程中逐渐认识到,这类矿化不但常见,而且品位非常富,已经成为优先开采的对象;3)黑色岩系中的铂族元素矿化,尽管Pt,Pd的品位不是很高,但矿区及周边的黑色岩系体积巨大,可以提供丰富的铂族元素来源。这3种矿化类型在峨眉山玄武岩分布区内具有广阔的找矿前景,同时,杨柳坪矿区铜镍-铂族元素富矿体的发现不但提供了热液成矿的实例,而且对于重新认识该地区乃至我国的铂族元素找矿前景也具有重要意义<sup>[34]</sup>。

目前已探明的大型铂族元素矿床中,成因也有与溢流玄武岩有关的个例,如前苏联的诺里尔斯克-塔尔纳赫矿区、南非特兰斯凯地区的因锡茨瓦-英格利杂岩体、美国明尼苏达州的德卢斯杂岩体等<sup>[24]</sup>。张光弟等<sup>[35]</sup>指出攀西-滇中地区(中岩区)与诺里尔斯克地区具有相似的成矿地质背景、火山岩组合、侵入岩类型及矿体特征等,而集中产于该区的金宝山、杨柳坪、朱布、核桃树、力马河、荒草坪等铜镍铂族元素矿床的特征也非常接近诺里尔斯克型铜镍矿床。因此,该地区是我国寻找诺里尔斯克型铂族元素矿床最有前景的地区。

## 参考文献

- [1] 黄开年,杨瑞英,王小春,等. 峨眉山玄武岩微量元素地球化学的初步研究[J]. 岩石学报,1988,(3):49-60.
- [2] 李昌年. 四川攀西裂谷带峨眉山玄武岩的岩石学及成因研究[J]. 地球科学,1986,11(6):577-584.
- [3] 李巨初,汪云亮. 试论峨眉山玄武岩喷发构造环境:微量元素地球化学证据[J]. 成都地质学院学报,1989,16(3):81-87.
- [4] 林建英. 中国西南三省二叠纪玄武岩系的时空分布及其地质特征[J]. 科学通报,1985,30(12):929-932.
- [5] 卢记仁. 峨眉山地幔柱的动力学特征[J]. 地球学报,1996,17(4):424-438.
- [6] 宋谢炎,王玉兰,曹志敏,等. 峨眉山玄武岩、峨眉山地裂运动与幔热柱[J]. 地质地球化学,1998,(1):47-52.
- [7] 汪云亮,Hughes S S,童纯蕊,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):59-74.

- [8] 汪云亮,李巨初,王旺章. 微量元素丰度模式与峨眉山玄武岩成因[J]. 矿物岩石,1989,9(4).
- [9] 汪云亮,李巨初. 峨眉山玄武岩地幔源成分及其变化的微量元素标志[J]. 成都理工学院学报,1994,21(4):45-51.
- [10] 王旺章,汪云亮,曾昭贵,等. 峨眉山玄武岩母岩浆的性质及其成因类型[J]. 矿物岩石,1996,16(1):17-23.
- [11] 熊舜华,李建林. 峨眉山地区晚二叠世大陆裂谷边缘玄武岩系的特征[J]. 成都地质学院学报,1984,(3):43-58.
- [12] 张成江,李晓林. 峨眉山玄武岩的铂族元素地球化学特征[J]. 岩石学报,1998,14(3):299-304.
- [13] 张云湘,骆耀南,杨崇喜,等. 攀西裂谷[M]. 北京:地质出版社,1988.
- [14] 张招崇,王福生,范蔚茗,等. 峨眉山玄武岩研究中的一些问题的讨论[J]. 岩石矿物学杂志,2001,20(3):239-246.
- [15] Chung S L, Jahn B M, Wu G Y, *et al.* The Emeishan flood basalt in SW China: A mantle plume initiation model and its connection with continental break-up and mass extinction at the Permian-Triassic boundary [A]. Flower M, Chung S L, Lo C H, *et al.* **Mantle dynamics and plate interaction in east Asia**[C]. Washington D C: AGU Monograph 27, 1998, 47-58.
- [16] 侯增谦,卢记仁,汪云亮,等. 峨眉火成岩省:结构、成因与特色[J]. 地质论评,1999,45(增刊):886-891.
- [17] 宋谢炎,侯增谦,黄永健,等. 峨眉火成岩省地幔热柱稀土元素标志[J]. 地质论评,1999,45(增刊):872-875.
- [18] 宋谢炎,侯增谦,曹志敏,等. 峨眉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.
- [19] 宋谢炎,侯增谦,汪云亮,等. 峨眉山玄武岩的地幔热柱成因[J]. 矿物岩石,2002,22(4):27-32.
- [20] 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.
- [21] 张洪,陈方伦. 铂族元素:分析方法、矿床地球化学及地球化学勘查[M]. 北京:地质出版社,1996.
- [22] 成杭新,刘占元,赵传冬. 初论盘江流域铂、钯地球化学巨省[J]. 长春科技大学学报,2000,30(3):226-229.
- [23] 郑玉清. 云南东川-曲靖地区铂钯元素地球化学特征及其找矿探讨[J]. 地质找矿论丛,2001,16(2):89-93.
- [24] 梁有彬,刘同有,宋国仁,等. 中国铂族元素矿床[M]. 北京:冶金工业出版社,1998.
- [25] 酆明才,迟清华. 中国东部地壳与岩石和化学组成[M]. 北京:科学出版社,1997.
- [26] 黎彤,倪守斌. 地球和地壳的化学元素丰度[M]. 北京:地质出版社,1990.
- [27] 牟保磊. 元素地球化学[M]. 北京:北京大学出版社,1999.
- [28] Rehkamper M, Halliday A N, Fitton J G, *et al.* Ir, Ru, Pt, and Pd in basalts and komatiites: new constraints for the geochemical behavior of the platinum-group elements in the mantle[J]. **Geochim Cosmochim Acta**,1999,63:3 915-3 934.
- [29] Devey C W, Garbe-Schönberg C D, Stoffers P, *et al.* Geochemical effects of dynamic melting beneath ridges: reconciling major and trace element variation in Kolbeinsey (and global) mid-ocean ridge basalts[J]. **J Geophys Res**,1994,99:9 077-9 095.
- [30] Tatsumi Y, Oguri K, Shimoda G, *et al.* Contrasting behavior of noble-metal elements during magmatic differentiation in basalts from the Cook Islands, Polynesia[J]. **Geology**,2000,28:131-134.
- [31] 李晓敏. 峨眉山玄武岩铂族元素地球化学特征及其成矿意义[D]. 吉林大学博士学位论文,2002.
- [32] 毛景文,华任民,李晓波. 浅议大规模成矿作用与大型矿集区[J]. 矿床地质,1999,18(4):291-299.
- [33] 戚长谋,郝立波,甘述才. 关于元素丰度问题[J]. 长春科技大学学报,2000,30(4):336-337.
- [34] 王登红,楚萤石,罗辅勋,等. 杨柳坪铜-镍-铂族元素矿床的矿化类型及意义[J]. 矿物岩石地球化学通报,2000,19(4):323-325.
- [35] 张光弟,毛景文,熊群尧. 中国铂族金属资源现状与前景[J]. 地球学报,2001,22(2):107-110.

## THE ANALYSIS ON THE PGE ANOMALY AND ITS PROSPECTING FORECASTING IN THE EMEISHAN BASALTS

LI Xiao-min<sup>1,2</sup>, HAO Li-bo<sup>2</sup>, GAN Shu-cai<sup>2</sup>, LAI Ya-wen<sup>2</sup>

{ 1. Lab. of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry,  
Chinese Academy of Science, Guiyang 550002, China;  
2. Jilin University, Changchun 130061, China }

**Abstract:** According to the achievement of regional geochemical mapping, there is a Pt-Pd geochemical mega-province in the southwestern China, which accords with the distribution of Emeishan basalts. The Emeishan basalts which are produced by mantle plume process has slightly high PGE abundance but hardly form available Platinum Group minerals. Therefore, the Pt-Pd anomaly in this region was considered to be an anomaly for non-mineral exploration. To find PGE deposits in this region, much attention should be paid to the south part of middle rock province. Correlation of the geological setting, geochemical characteristics of the known PGE deposits in little basic-rock body with typical magmatic PGE deposits is a way which may lead to the prediction and prospect of new magmatic PGE deposits and hydrothermal PGE deposits around magmatic PGE deposits or basic-rock body.

**Key words:** the Emeishan basalts; platinum group elements (PGE); prospecting forecasting; anomaly for non-mineral exploration

ISSN 1001-6872(2003)03-0021-05; CODEN, KUYAE2

**Synopsis of the first author:** Li Xiaoming, female, 36 years old, a lecturer (graduated) of mineralogy, petrology and deposits. Now she is engaged in deposits geochemistry.