

金宝山岩体铂族元素特征及成因意义

陶 琰¹, 高振敏¹, 罗泰义¹, 祁敬东²

1. 中国科学院 地球化学研究所矿床地球化学重点实验室, 贵阳 550002;

2. 云南云宝铂钨矿业有限公司, 云南 大理 671000

摘 要: 金宝山岩体是西南暗色岩系中的一个典型铂族元素矿化岩体, 本文通过对岩体铂族元素地球化学特征的分析, 探讨了岩体的成因属性。研究表明, 金宝山岩体铂族元素特征与西南暗色岩区大部分铜镍硫化物型铂族元素含矿岩体基本相同, 类似于典型地幔柱源的冰岛玄武岩及俄罗斯诺里尔斯克岩体, 是地幔柱活动类 OIB 源部分熔融作用产物, 成因上与峨眉山地幔柱活动相联系。

关 键 词: 铂族元素; 基性—超基性岩; 峨眉山地幔柱; 云南

中图分类号: P618.530.674 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2802(2004)01-0028-04

峨眉山玄武岩已被国际地质学界确认为全球晚古生代最重要的大火成岩省之一^[1]。近年来认为其成因与地幔柱活动有关^[2~5]。区内大量产出晚古生代铜镍硫化物铂族元素矿化岩体, Zhou^[6]、作者等^[7]研究指出它是峨眉山地幔柱活动的产物。金宝山岩体是其中一个重要的典型成矿岩体, 赋存有目前我国储量最大的独立铂族元素矿床。作者等^[8]曾对其铂族元素的热液活动性进行过分析, 本文拟进一步从金宝山矿化岩体铂族元素的地球化学特征探讨岩体的成因属性。

1 金宝山含矿岩体特征

金宝山矿化岩体位于扬子地台西缘南端云南省弥渡县, 呈似层状侵入泥盆系金宝山组地层。区内地层呈两翼平缓的短轴背斜, 被礼社江从中分割为南北两部分, 以北段发育较好。北段北西向延伸, 工程控制长 2560 m、宽 760~1240 m、岩体厚 25.07~109.06 m, 最大垂厚 170.11 m(图 1)。野外可见岩体周围有少量基性岩脉穿插到下二叠统灰岩中。据周美夫研究(私人通信), 金宝山岩体的形成年龄为 259 Ma, 与峨眉山玄武岩同期。

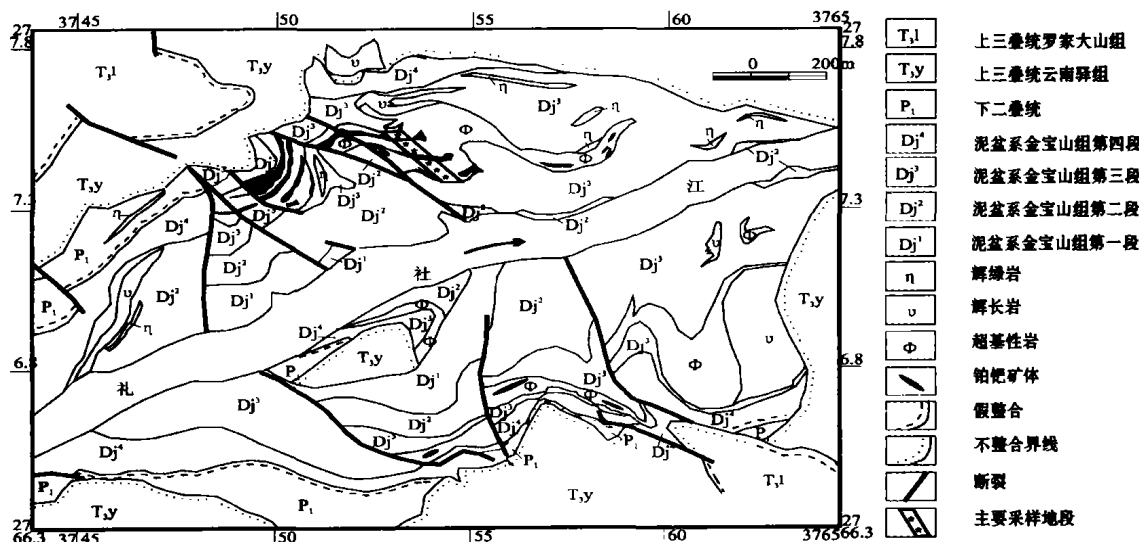


图 1 金宝山矿区地质简图(据云南地质三大队, 1989)

Fig. 1 Geological sketch map of Jinbaoshan mine(after No. 3 Team of Yunnan Geological Exploration, 1989)

收稿日期: 2003-07-25 收到, 08-06 改回

基金项目: 中国科学院知识创新工程(KZCX3-SW-125, KZCX2-101)资助

第一作者简介: 陶琰(1963—), 男, 博士, 副研究员, 从事矿床地球化学研究。

2 样品及分析

结合地表基岩及部分勘查工程,于金宝山岩体

北段背斜核部(1号勘探线附近)垂向剖面上采集了不同层位的镁铁-超镁铁岩样品及含矿岩石样品。分析结果见表1。分析方法为等离子质谱方法^[9]。

表1 金宝山岩体超镁铁岩铂族元素含量分析(ng/g)

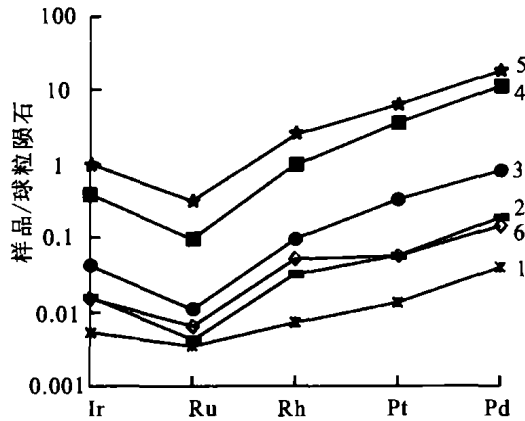
Table 1 PGE concentrations in Jinbaoshan ultramafic rocks(in ng/g)

序号	样品编号	岩石类型	采样位置	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd
1	B-33		顶部	2.52	2.39	0.96	13.23	22.06
2	PD19-176	蛇纹石化辉橄岩	上部	7.49	3.08	4.34	57.51	103.28
3	PD19-19		上部	19.70	7.92	13.07	338.20	461.99
4	322PD1339-6	蛇纹石化辉橄岩	中下部	185.06	69.17	130.77	3671.65	6305.08
5	PD1339-145-3	(矿石)	中下部	479.8	222.57	331.90	6383.10	10079.8
6	PD1309-2	蛇纹石化辉橄岩	底部	7.06	4.51	7.08	56.16	81.31

分析者:中国科学院地球化学研究所等离子质谱分析室漆亮

3 铂族元素特征及成因意义

样品经球粒陨石标准化后见图2。由图2可知,矿石和岩石的铂族元素含量总量上差异巨大,但曲线型式相同。由图2可知,金宝山岩体铂族元素特征表现出三个显著特点:1)标准化型式为显著的左倾型,钯组较铱组高约一个数量级,Pd/Ir一般为10~30;2)Pd>Pt;3)Ru亏损。



图例的序号与表1的序号相对应

C1 球粒陨石据文献^[10]

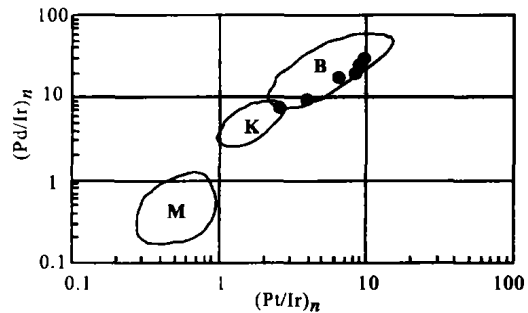
图2 金宝山岩矿石铂族元素原始地幔标准化型式

Fig. 2 C1 chondrite normalized PGE patterns for

Jinbaoshan ultramafic rocks (the C1 chondrite estimates are those of Anders and Grevesse, 1989)

研究表明,地幔捕虏体、阿尔卑斯型橄榄岩及科马提岩 Pd/Ir 比值较低,铂族元素的原始地幔标准化型式是 IPGE 亏损的左倾型或无显著分异的近似水平的曲线。金宝山岩体以 PPGE 富集为特征的显著分异型式,表明岩体为地幔部分熔融作用成因,PPGE 的富集型式类似于布什维尔德、斯蒂尔沃特和诺里尔斯克等著名的 Cu-Ni-PGE 成矿岩体^[11]。

图3是金宝山岩体球粒陨石标准化的 Pd/Ir-Pt/Ir 离散图解,不同成因类型的岩石有比较明确的数值分布区,铂族元素组成基本上都投影在玄武岩类群中,原始岩浆属基性岩浆范畴,有一个投点在科马提岩过渡到玄武岩的边缘部位,表明岩体原始岩浆可能有较高镁质的倾向。根据岩石地球化学特征反演计算,金宝山原生岩浆 MgO 含量为 13% 左右^[13],是一种苦橄质的高镁玄武岩浆。



B. 玄武岩;K. 科马提岩;M. 地幔岩;区分范畴据文献^[12];

C1 球粒陨石据文献^[10]

图3 金宝山超镁铁岩球粒陨石标准化的 Pt/Ir-Pd/Ir 离散图

Fig. 3 C1 chondrite normalized Pt/Ir-Pd/Ir for Jinbaoshan ultramafic rocks (C1 chondrite estimates are those of Anders and Grevesse, 1989)

玄武岩 PPGE 相对 IPGE 的富集一般被认为是部分熔融作用时的分异, M. Rehkamper 等^[14]根据 Pd, Ir 在硅酸盐和熔体间相容性的差异,模拟 Pd, Ir 的分异,得到较好的效果。另外,在部分熔融作用中,IPGE 可能大部分以合金相形式残留在固相中,也能造成铂族元素在熔体相中的分异^[15]。虽然所有玄武质岩石均有显著的 IPGE 与 PPGE 分异,但不同成因的岩石的分异强度有明显的差异。一般洋脊玄武岩较地幔柱型的玄武岩的分异强度大,

MORB 的 Pd/Ir 值为 30~100, 与地幔柱有关的玄武岩 Pd/Ir 值一般为 10~30^[16], 金宝山岩体岩矿石 Pd/Ir 与洋岛玄武岩相近。

Pd、Pt 的相对含量及 Ru 相对其他铂族元素的关系在类 OIB 源区成因的岩石中变化较大, 其原由尚不完全明晰。如峨眉山玄武岩清音阁剖面的玄武岩表现为 Pt 大于 Pd, 且未出现 Ru 的负异常^[17]。但一般由地幔柱活动形成的玄武岩普遍有 Ru 的负异常和 Pd 大于 Pt 的特点, 西南暗色岩建造中的大部分铂族元素含矿岩体均为 Pd 大于 Pt 并有 Ru 的负异常^[18]。金宝山岩体铂族元素 Pd 大于 Pt 及 Ru 的亏损体现了地幔柱熔融作用的特点, 具有类似特征的岩石广泛发育在地幔柱活动形成的岩浆岩体系中, 如冰岛玄武岩^[13]、格陵兰东南海岸玄武岩^[19]、印度洋海岛玄武岩^[16]及诺里尔斯克含矿岩体^[20]等。

4 结 论

金宝山岩体铂族元素标准化型式为显著的左倾型, 钯较铑高约一个数量级, Pd/Ir 一般为 10~30; Pd 大于 Pt, Ru 亏损, 类似于典型地幔柱源的冰岛玄武岩及诺里尔斯克成矿岩体, 体现地幔柱熔融作用的特点。金宝山岩体是与地幔柱作用有关的板内高镁拉斑玄武岩浆衍生物。

参考文献(Reference):

- [1] Mathoney J J, Coffin M. Large igneous province: Continental, oceanic, and planetary flood volcanism[A]. AGU Geophysical Monography[C]. 1997. 100: 438.
- [2] Xu Y G, Chung S L, Jahn B M, Genyao Wu. Petrological and geochemical constraints on the petrogenesis of the Permo-Triassic Emeishan flood basalts in southwestern China [J]. Lithos, 2001, 58: 145-168.
- [3] 张招崇, 王福生. 峨眉山玄武岩区两类玄武岩的地球化学: 地幔柱-岩石圈相互作用的证据[J]. 地质学报. 2002, 76(2): 281-288.
Zhang Zhaochong, Wang Fusheng. Geochemistry of two types of basalts in the Emeishan Basalts Province: Evidence for mantle plume-lithosphere interaction[J]. Acta Geologica Sinica. 2002, 76(2): 229-237.
- [4] 王登红. 地幔柱及其成矿作用[M]. 北京: 地震出版社, 1998. 160.
Wang Denghong. Mantle plume and the mineralization[M]. Beijing: Seismology Press, 1998. 160. (in Chinese with English abstract)
- [5] Song X Y, Zhou M F, Hou Z Q, Cao Z M, Wang Y L, Li Y G. Geochemical constraints on the mantle source of the upper Permian Emeishan continental flood basalts, Southwestern China[J]. International Geology Review, 2001, 43: 212-225.
- [6] Zhou M F, Malpas J, Song X Y, Robinson P T, Sun M, Kennedy A K, Leshner M, Keays R R. A temporal link between the Emeishan large igneous province (SW China) and the end-Guadalupian mass extinction[J]. Earth Planet. Sci. Lett. . 2002, 196: 113-122.
- [7] 陶琰, 罗泰义, 高振敏, 朱丹. 西南暗色岩铜镍硫化物矿化岩体与峨眉山玄武岩的关系——以云南金宝山超镁铁岩为例[J]. 地质论评, 2004(待刊).
Tao Yan, Luo Taiyi, Gao Zhenmin, Zhu Dan. The Relation Between Emeishan Continental Flood Basalts and Cu-Ni-PGE deposits of Xinan Trap—A case study on Jinbaoshan mafic-Ultramafic Intrusion, Yunnan[J]. Geology Review, 2004(in press) (in Chinese with English abstract)
- [8] 陶琰, 朱丹, 高振敏, 罗泰义. 金宝山铂族元素矿床铂族元素的热液活动研究[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2003, 22(1): 32-37.
Tao Yan, Zhu Dan, Gao Zhenmin, Luo Taiyi. Study on PGE remobilization in Jinbaoshan PGE deposit[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2003, 22(1): 32-37. (in Chinese with English abstract)
- [9] 漆亮, 胡静. 等离子质谱法快速测定地质样品中的痕量铂族元素和金[J]. 岩矿测试, 1999, 18(4): 267-279.
Qi Liang, Hu Jing. Fast determination of platinum group elements and gold in geological samples by ICP-MS[J]. Rock and Mineral Analysis, 1999, 18: 267-279. (in Chinese with English abstract)
- [10] Anders E, Grevesse N. Abundances of the elements: meteoritic and solar[J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 1989, 53: 197-214.
- [11] Naldrett A J. World-class Ni-Cu-PGE deposits: Key factors in their genesis[J]. Mineralium Deposita, 1999, 34: 227-240.
- [12] Puchtel I S, Humayun M. Platinum group elements in Kostomuksha komatiites and basalts: Implications for oceanic crust recycling and core-mantle interaction[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2000, 64: 4227-4242.
- [13] 陶琰, 高振敏, 罗泰义, 祁敬东, 禾英军, 杨廷祥. 云南金宝山超镁铁岩原始岩浆成分反演[J]. 岩石学报, 2002, 18(1): 70-82.
Tao Yan, Gao Zhenmin, Luo Taiyi, Qi Jingdong, He Yingjun, Yang Tingxiang. Inversion of primary magma composition for Jinbaoshan ultramafic intrusion, Yunnan[J]. Acta Petrologica Sinica, 2002, 18(1): 70-82. (in Chinese with English abstract)
- [14] Rehkamper M, Halliday A N, Fitton J G, Lee D C, Wieneke M, Arndt N T. Ir, Ru, Pt, and Pd in basalts and komatiites: New constraints for the geochemical behavior of the platinum-group elements in the mantle[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1999, 63: 3915-3934.

- [15] Barnes S J and Picard C P. The behaviour of platinum-group elements during partial melting, crystal fractionation, and sulphide segregation; An example from the Cape Smith Fold Belt, northern Quebec[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1993, 57: 79-87.
- [16] Fryer B J, Greenough J D. Evidence for mantle heterogeneity from platinum-group element abundances in Indian Ocean basalts[J]. *Can. J. Earth Sci.*, 1992, 29: 2329-2340.
- [17] 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.
Zhang Chengjiang, Li Xiaolin. Geochemical characteristics of platinum group elements in Emeishan Basalts[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 1998, 14(3): 299-304. (in Chinese with English abstract)
- [18] 杨星, 李行. 中国含铂基性超基性岩体与铂(族)矿床[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1992. 88-91.
Yang Xing, Li Hang. Pt-Bearing basic and ultrabasic bodies and Pt(Group) deposits in China[M]. Xi'an. Xi'an Jiaotong University Press, 1992. 88-91. (in Chinese with English abstract)
- [19] Philipp H, Eckhardt J D, Puchelt I S. Platinum-group elements(PGE) in basalts of the seaward-dipping reflector sequence, SE Greenland Coast[J]. *J. Petrology*, 2001, 42(2): 107-132.
- [20] Brugmann G E, Naldrett A J. Siderophile and chalcophile metals as tracers of the evolution of the Siberian Trap in Noril'sk region, Russia[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1993, 57: 2001-2018.

PGE in Jinbaoshan Intrusion: Possible Evidence of Mantle Plume Origin

TAO Yan¹, GAO Zhen-min¹, LUO Tai-yi¹, QI Jing-dong²

1. *Open Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China*; 2. *Yunbao Platinum & Palladium Co., Ltd in Yunnan, Dali, Yunnan 671000, China*

Abstract: The Jinbaoshan intrusion, situated in Midu county, Yunnan, is a classic mafic-ultramafic intrusion with PGE mineralization in Southwestern Trap. This paper discussed the characteristics of PGE geochemistry of the intrusion. For the strong fractionated distribution patterns of PGE, it's clear that the intrusion originated from basic magma rather than ultra-mafic, and it's from OIB-like mantle source for its lower ratio in Pd relative to Ir. In general, the distribution patterns of PGE in Jinbaoshan intrusion are the same as the other intrusions in Southwestern Trap, and similar with that of Iceland basalts and Noril'sk intrusion, which are believed to be the mantle plume products. Thus, Jinbaoshan intrusion can be linked genetically with Emeishan mantle plume.

Key words: PGE; Emeishan mantle plume; mafic-ultramafic intrusion; Yunnan