#### 文章编号: 1006-544X (2006) 04-0456-05

## 云南宾川 – 丽江地区二叠纪镁铁 – 超镁铁岩 及其成矿问题探讨

## 朱士飞1,钱壮志2,姜常义2,秦 勇1,高艳青3

(1. 中国矿业大学 资源与地球科学学院, 江苏 徐州 221008; 2. 长安大学 地球科学与国土资源学院, 西安 710054; 3. 徐州空军学院 机场工程系, 江苏 徐州 221000)

摘 要: 在峨眉山大火成岩省中, 宾川 – 丽江地区的溢流玄武岩厚度最大,发育较为完整,并有 相伴的镁铁-超镁铁侵入岩发育.运用现代岩石成因理论初步分析了该区二叠纪火山岩的岩石学 和地球化学特征,并同国内外铜镍铂钯岩浆硫化物矿床产出的地质背景和成矿条件作了比较.研 究区二叠纪玄武岩以亚碱性玄武岩序列为主,碱性玄武岩系列次之. 据镁质含量可划分为高镁系 列 (MgO > 12%), 低镁系列 (MgO ≤ 12%); 低镁系列又可归为过渡系列 (MgO 8% ~ 12%) 和 低镁系列(MgO≤8%)两个亚系列.研究区及邻区已发现的成矿事实显示,该区二叠纪镁铁-超 镁铁岩浆活动具有 Ni、Cu、PGE 资源的成矿潜力.

关键词:大陆溢流玄武岩;岩石地球化学;成矿潜力;宾川-丽江;云南 中图分类号: P581: P588.145

峨眉山溢流玄武岩省铜、镍、钯铂找矿已取得 了一定的进展,但大型矿床少见.由于铜、镍、铂钯 资源的紧缺,近年来对峨眉山大火成岩省的资源勘 查工作引起了各方面的关注[1-8].本文研究的宾 川、丽江等地是峨眉山火成岩省中厚度最大的地 区,岩性较为复杂,并有镁铁、超镁铁侵入体产于该 区或其中.但迄今为止,该区只发现了米厘、宝坪、 拉马古、金安等火山喷流沉积-热液改造型铜矿床 (点)<sup>[2]</sup>,尚未找到与该套火山岩及侵入体相关的铜 镍铂钯岩浆硫化物矿床. 但是在该区南部邻区及区 域上,却有形成于晚古生代的弥渡县金宝山含铜镍 铂钯矿和金平县白马寨铜镍矿<sup>[6]</sup>以及产在澜沧江 老厂-孟连构造带中的老厂火山岩型银铅锌铜矿 床<sup>[7]</sup>.因而需要对该区的成矿问题加以探讨,评价 其成矿潜力,以期指导进一步找矿工作.

#### 区域地质特征 1

宾川-丽江地区位于峨眉山玄武岩西岩区南 段,即箐河-程海断裂以西,金沙江断裂以东地区, 文献标志码: A

北界为得荣-木里-盐源-带.玄武岩主要出露于 盐源、大理、宾川、丽江、永胜等地(图1),其中宾川 地区的玄武岩在峨眉山火成岩省中厚度最大<sup>[4]</sup>,岩 性复杂,以橄榄拉斑玄武岩、橄榄玄武岩为主,共生 有安山玄武岩和石英拉斑玄武岩,并发育苦橄岩, 在岩系顶部见流纹岩或霏细岩<sup>[1]</sup>.

该区地层发育较为齐全,有震日系上统、古 生界、二叠纪玄武岩、中生界、三叠纪玄武岩、 新生界[8]. 岩浆岩岩石类型比较复杂, 从侵入到 喷出,从超基性到基性、中酸性乃至碱性岩类均 有表现. 在这一区域, 宾川西部、洱海及其丽江 - 永胜间峨眉山玄武岩分布相对集中. 这些地区 的玄武岩层出露较完整, 且厚度大, 岩石类型除 了大面积的低镁玄武岩外,还有少量的高镁玄武 岩层以及与峨眉山玄武岩浆活动有关的镁铁 - 超 镁铁侵入岩产出. 宾川 - 丽江地区区域构造线以 北东向及南北向为主,断裂发育,并具多期活动 特征.其中程海深大断裂为岩浆上升的通道,控 制着本区玄武岩的分布.

收稿日期: 2005-08-18

基金项目: 云南省自然科学基金资助项目(2003D0016Z);中国地质调查局地质大调查综合研究项目(200110200058)

作者简介:朱士飞(1976-),男,博士研究生,研究方向:地质地球化学. E-mail: shfzhu@163.com



**图 1 宾川 – 丽江地区地质图**(据文献 [8] 略修改) Fig. 1 Geological sketch map of Binchuan – Lijiang region Q—第四系; N—上第三系; E—下第三系; K—白垩系; J—侏 罗系; T—三叠系; Pe—上二叠统峨眉山玄武岩; P<sub>1</sub>—下二叠 统; C—石炭系; P—泥盆系; S—志留系; O—奥陶系;  $\epsilon$ — 寒武系; Z—震旦系; P<sub>1</sub>—元古界; An  $\epsilon$ —前寒武系;  $\xi_6$ —喜 马拉雅期正长岩;  $\xi\pi_6^i$ — 喜马拉雅期正长斑岩;  $\eta O \pi_6$ —喜马拉 雅期石英二长岩;  $\eta \pi_8^i$ —燕山期二长斑岩; 1—整合/不整合地 层界线; 2—断层; ①红河 – 金沙江断裂; ②木里 – 丽江断裂; ③程海断裂

## 2 镁铁 - 超镁铁岩岩石系列与地球 化学特征

宾川 – 丽江地区镁铁 – 超镁铁岩岩石的主量 元素和部分微量元素分析结果(表1),除注明外 都由国家地质实验测试中心韩慧明分析完成,其 中主量元素采用 X 荧光光谱仪(3080E),微量元 素采用等离子质谱(ExceⅡ)分析.

#### 2.1 玄武岩岩石地球化学特征与分类

根据全碱 - 硅图解(图 2a),该区玄武岩以 亚碱性玄武岩序列为主,碱性玄武岩系列次之. 落入 TAS 图解中亚碱性系列的 29 件样品在 AFM 图解中,所有点均落在拉斑玄武岩区(图 2b), 且多数点远离钙碱性系列与拉斑玄武岩系列的分 界线.

总的看来,该区玄武岩主量元素变化较大,



图 2 宾川 – 丽江地区火山岩 TAS 和 AFM 图解 (a 图仿文献 [9]; b 图仿文献 [10])
Fig. 2 TAS and AFM diagram of Binchuan – Lijiang region
A一似长岩;B一苦橄质玄武岩;C一玄武岩;D一玄武质安山岩;
E一安山岩;F一粗面玄武岩;G一玄武质粗面安山岩;图 a 中虚 曲线是碱性系列与亚碱性系列分界线,系 Kuno(1966)给出

具有碱质偏高、TiO2高、SiO2低的特点. 按照最新的 IUGS 划定的高镁火山岩的界限 w(MgO) = 12% 来划  $\mathcal{A}^{[11]}$ ,将该区玄武岩划分为高镁系列 w(MgO) >12%,低镁系列 w(MgO)≤12%,同时结合前人资料, 将本区低镁火山岩进一步划分为两个亚系列:过渡 系列 w(MgO) 介于 8% ~12%;低镁系列, w(MgO) <8%. 另外,对于研究区高镁玄武岩 w(MgO) > 12%,又可按照 IUGS 的高镁和苦橄质火山岩分类 方案进一步确定其种属(图3),图解显示这些岩石 分属苦橄岩、科马提岩和麦美奇岩.其特征是明显 相对贫硅,SiO,含量均小于45%,属于喷出的超基 性岩.研究区岩石样品 WL5-1-1和 WL5-1-2 为苦橄岩,系斑状玄武岩,斑晶主要为斜长石斑晶、 单斜辉石斑晶、橄榄石斑晶,基质主要为斜长石、单 斜辉石、铁质和隐晶质. 镜下命名为橄榄玄武岩、 橄斑玄武岩.



2.2 镁铁 – 超镁铁侵入岩体地球化学特征与分类

玄武岩有关的超基性侵入体全部落在亚碱性区域 内,属于亚碱性系列;而在AFM图(4b)上,所 有点均落在拉斑玄武岩系列区域内,向 MgO端元 靠近,并且远离钙碱性系列与拉斑系列的分界线, 这进一步说明该区超基性岩侵入体岩样的化学性 质属于拉斑系列.

另外,基于该区侵入体岩石样品的 MgO 含量 均大于 12%,属于高镁岩石,因此按照最新的 IUGS 分类方案<sup>[11]</sup>进一步确定其种属(图 5),这 些岩石分别为苦橄岩、麦美奇岩和科马提岩,其 MgO 含量高低次序为苦橄岩 < 麦美奇岩 < 科马提 岩.侵入体岩石反映在矿物成分上,几乎全由铁 镁矿矿物组成,主要是橄榄岩和辉岩,长石较少.



### 3 区域成矿表现

#### 3.1 研究区主要成矿显示

研究区已查明与二叠纪玄武岩有关的小型铜 矿 3 处(丽江拉马古矿、永胜宝坪矿和米厘铜 矿),矿点多处(宁蒗树扎,丽江建新、文通、尼 那罗、阿力茨和争鸣等).共获铜金属储量 8.51 万 t. 其中永胜宝坪矿床规模较大,品位较低,丽 江拉马古矿床和其他矿点规模较小,但均为富铜 矿.值得强调的是,这些矿床有一定的赋矿层位, 黑泥哨组为主要的含矿地层,大多数在玄武岩多 个喷发旋回的顶部.另外,丽江、永胜、金沙江 两侧2个滇西最主要的玄武岩成矿带<sup>[6]</sup>,即拉马 古-文通-金安东铜矿带和米厘-梅子箐-宝坪 -厂西铜矿带都处于该区域二叠纪火山活动中心 附近.

#### 3.2 邻区成矿事实

在该区南部邻区及区域上,有形成于晚古生 代的弥渡县金宝山含铜镍铂钯矿和金平县白马寨 铜镍矿.这些矿床的共同特点是产于华力西期的 镁铁、超镁铁岩体内,岩石类型为橄榄岩、辉橄 岩等,很少见纯橄岩,具有低的 m/f 值,范围 1.7 ~4.8,贫镁富铁(铝、钙),属于铁质基性、超 基性岩<sup>[6]</sup>.这些矿床目前虽无肯定的证据是与峨 眉山玄武岩岩浆事件直接有关,但就其形成的大 地构造环境、侵位时代以及与玄武岩空间关系等 方面分析,两者之间在形成大地构造背景以及深 部地质作用过程等方面的联系是可以肯定的.

4 研究区二叠纪镁铁 - 超镁铁岩含 矿性探讨

#### 4.1 成矿元素 Cu、Ni、Cr 的分布

研究区 3 个系列玄武岩及其相关侵入体岩石, 在哈克尔变异图上(图6),Cu、Ni、Cr含量变化 显示出如下趋势:Ni、Cr与 MgO呈正相关关系, 与SiO<sub>2</sub>负相关;而Cu则相反,与SiO<sub>2</sub>呈正相关关 系,与MgO呈负相关关系.显示出低镁系列玄武 岩具有较高的Cu含量和低的Ni、Cr含量,而高 镁系列玄武岩岩与侵入体岩石则具较高的Ni、Cr 含量和低的Cu含量.需要说明的是:昔腊坪岩体 据重砂测量,一般铬含量0.013%~0.133%;岩 石光谱Ni、Cr含量一般为0.1%~0.4%左右,在 岩体下部单辉橄榄岩到斜长单辉橄榄岩之间略 高<sup>[12]</sup>.本次工作在昔腊坪岩体系统采样的分析因 Ni含量超出实验仪器的检出限而未能获得具体数 据,但含Ni的事实是与前人研究结果一致的.

#### 4.2 成矿条件地质评价

诺里尔斯克(Noril'sk)-塔尔纳赫(Talnakh)矿 床产出于西伯利亚地块西北边缘深断裂带内, 岩体沿深断裂带断续分布.单个含矿岩体可达12×





2 km<sup>2</sup>,岩盘状,属拉斑玄武岩浆系列<sup>[13]</sup>.在诺里 尔斯克矿区,CFB 直接喷发于陆表沉积地层之上, 出露岩石主要为苦橄质和拉斑质熔岩,厚达3 500 m. 其岩石化学成分具有如下特点(图7):

(1) TiO<sub>2</sub>的含量多数 < 2.5%, 但也有少部分





接近于 4%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>的含量多数 < 0.4%, 少部分 > 1% (图 7b).

 (2) K<sub>2</sub> O/Na<sub>2</sub> O < 1, Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub>/MgO 均 < 4 (图 7a、b).

图 7c、d 可知,研究区玄武岩 TiO<sub>2</sub>含量在 1% ~5% 之间连续变化; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>多数小于 0.4%,少部 分介于 0.4% ~0.7%;而 K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O 多数小于 1,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/MgO 多数小于 4,岩石化学性质显示一定的 相似性.

另外,与火山作用同期的侵入体在诺里尔斯 克发育,侵入体的化学组成与伴生熔岩地层相关. 典型侵入体多分布在同源岩浆熔岩厚度最大的地 方,具矿化作用的侵入体与 NNW – SSE 倾向的深 大断裂紧密相关,深大断裂延伸到地幔,为岩浆 喷发通道或是侵入体就位的地方<sup>[13]</sup>.

研究区 CFB 与 Noril'sk 溢流玄武岩的地质背 景有许多相似之处:①都有厚层拉斑玄武岩;② 都有同源岩浆侵入,并出现苦橄岩类;③都存在 深大断裂,穿透地幔,并作为岩浆通道;④两区 CFB 都产生于陆缘环境,喷溢(发)在陆表沉积 层上.由此显示研究区二叠纪峨眉山玄武岩及其 相关侵入岩具有与诺里尔斯克(Noril'sk)一塔尔 纳赫(Talnakh)带相似的背景,从而亦揭示研究 区具有一定的 Ni、Cu、PGE 成矿背景条件.

## 5 结 论

(1)研究区二叠纪玄武岩以亚碱性玄武岩序 列为主,碱性玄武岩系列次之.据镁质含量可划分 为高镁系列(MgO > 12%),低镁系列(MgO ≤ 12%);低镁系列又可归为过渡系列(MgO 介于 8% ~12%)和低镁系列(MgO ≤8%)两个亚系列;高镁 系列岩石分属苦橄岩、科马提岩和麦美奇岩.研究 区与二叠纪玄武岩有关的超镁铁岩侵入体属于亚 碱性系列,据镁质含量属于高镁系列,亦分属苦橄 岩、科马提岩和麦美奇岩,与该区高镁系列玄武岩 一致,从而显示了二者的物源联系.

(2)研究区及邻区已发现成矿事实显示,该 区二叠纪镁铁 - 超镁铁岩浆活动具有 Ni、Cu、 PGE 资源的成矿潜力.

(3) 与西伯利亚 Noril'sk - Talnakh 带地质对 比研究,该区具有一定的 Ni、Cu、PGE 岩浆矿床 成矿背景条件.

#### 参考文献:

- [1] 黄开年,杨瑞英,王小春.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 (4):49-60.
- [2] 秦德先,燕永锋,林幼斌.程海断裂带玄武岩及其成矿
   [J].有色金属矿产与勘查,1999,8(6):373-377.
- [3] 王登红.关于地幔柱研究中几个问题的探讨 [C] //骆耀 南.峨眉山地幔柱与资源环境效应学术研讨会论文集,成 都:2003:45-56
- [4] 张云湘, 骆耀南, 杨崇喜. 攀西裂谷 [M]. 北京: 地质 出版社, 1988: 1-466.
- [5]朱炳泉.关于峨眉山溢流玄武岩省资源勘查的几个问题[J].中国地质,2003,30 (4):406-412.
- [6] 张翼飞, 范承钧, 秦德厚. 云南省区域矿产总结 [R]. 昆明: 云南省地质矿产局, 1993: 363-367, 661-707.
- [7] 陈元琰. 云南老厂火山岩型银铅锌铜矿床地质特征及成因[J]. 桂林工学院学报, 1995, 15 (2): 124-130。
- [8]魏福玉.云南宁蒗-丽江-鹤庆地区成矿地质特征 [J].
   华南地质与矿产,2000 (2):43-47.
- [9] Le Maitre R W, Bateman P, Dudek A. A Classification of igneous rocks and glossary of terms [M]. Oxford: Blackwell, 1989: 50-52.

- [10] Irvine T N, Baragar W V A. A guide to the chemical classification of the common volcanis rocks [J]. Can. J. Earth Sci. 1971 (8): 523-548.
- [11] Le Bas M J. IUGS reclassification of the high-Mg and picritic Volcantic rocks [ J ]. Journal of Petrology, 2000, 41 (10): 1467-1470.
- [12] 云南省地质局第一区域地质调查大队. 1:20万丽江幅区 域地质调查报 [R]. 昆明:云南省地质矿产局,1977: 124-131.
- [13] Lightfood P C, Hawkesworth C J. Flood basalts and magmatic Ni, Cu, and PGE sulphide mineralization: comparative geochemistry of the Noril'sk (Siberian Traps) and West Greenland sequences [C] //Mahoney J J, Coffin M F. Large Igneous Province: Continental, Oceanic and Planetary Flood Basalt Volcanism . Washington D C: Amercian Geophysical Union, 1997: 357 - 380.
- [14] 张蓬勃. 宾川 程海地区高镁火山岩岩石地球化学特征 及含矿性 [D]. 西安:长安大学,2003.
- [15] 宋谢炎,侯增谦,曹志敏,等.峨眉大火成岩省的岩石 地球化学特征与时限 [J].地质学报,2001,75 (4): 498-506.

# Mafic-ultramafic rocks in permian period and minerogenitic potentialities

ZHU Shi-fei<sup>1</sup>, QIAN Zhuang-zhi<sup>2</sup>, JIANG Chang-yi<sup>2</sup>, QIN Yong<sup>1</sup>, GAO Yan-qing<sup>3</sup>

(1. College of Mineral Resources and Earth Sciences, CUMT, Xuzhou 221008, China;

2. College of Earth Science and Land Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, China;

3. Department of Airdrome Engineering, Air Academy of the Chinese People's Liberation Army,

Xuzhou 221000, China)

Abstract: In Emeishan basalts , one of the large igneous province, the basalts of Binchuan and Lijiang County have thickest and a series of rocks, with mafic-ultramafic intrusions. By applying modern theory of petrology formation, systemically some characteristics of Emeishan basalts' petro-geochemistry and magma activation are described. On the basis of research, the problem whether the deposits can be formed in Binchuan and Lijiang County is discussed, compared with the geological setting and viscosity of the Norils' k deposits. Through a comprehensive study and comparative analysis of existing datum, some conclusions can be drawn as follow: (1) CFB occurring in this region can be compositionally subdivided into three types: the high-Mg (MgO > 12%), transitional-Mg ( $8\% < MgO \le 12\%$ ) and low-Mg groups ( $MgO \le 8\%$ ). (2) Compared with the metallogenic realities, settings and viscosities at home and abroad, especially with Noril'sk region, the perspective of nickel-copper sulfide deposits in Binchuan and Lijiang County is estimated and further assignment can be carried through in order to expand perspective targets.

**Key words**: continental flood basalts; geochemistry; minerogenitic potentialities; Binchuan – Lijiang region; Yunnan