

# 河南卢氏八宝山岩体地质特征及找矿意义

□张照锋 刘理娜 丁喜仙 杨鹤

(三门峡市国土资源局, 河南三门峡 472000)

摘要: 在前人研究的基础上, 通过分析研究斑岩体地质特征, 对八宝山矿区深部和外围找矿前景进行预测, 探索矿床深部及周边地区隐伏矿床的找矿方向。

关键词: 八宝山; 岩体; 地质特征; 找矿方向

## 1 区域地质特征

河南省卢氏县八宝山地区处于秦岭东西向复杂构造带与新华夏系太行构造带的交接部位<sup>[1]</sup>, 区内地层结晶基底为主要形成于新太古代的中深变质岩系太华群, 太华群为一套原岩为中基—中酸性火山—沉积岩建造的中深变质岩系, 自下而上由基性喷发表壳岩和观音堂组及焕池峪组组成。盖层主要为古元古界长城系熊耳群、中元古界蓟县系官道口群、青白口系栾川群、震旦系陶湾群、罗圈组<sup>[2]</sup>。熊耳群主为一套厚度较大的陆相火山喷发岩系组成, 岩性以中基性熔岩为主, 夹杂酸性熔岩及火山碎屑沉积岩。官道口群由石英砂岩夹凝灰质板岩组成, 局部夹赤铁矿层, 中部为巡检司组及龙家园组, 由硅质条带及条纹白云岩组成; 上部为杜关组, 由泥质白云岩夹千枚岩组成, 局部夹碳质千枚岩。栾川群由硅质板岩、杂色板岩及碳质板岩组成; 震旦系罗圈组由含砾碳质千枚岩组成, 砾石由下伏白云岩及石英岩组成, 大小各异, 形状复杂, 为冰水沉积物; 陶湾群由绿泥绢云大理岩夹绢云石英片岩组成。

区内的岩浆岩主要是中生代小岩体, 出露面积为 0.6~1 km<sup>2</sup>, 均呈北北东向有规律的平行排列 (图 1)<sup>[3]</sup>。

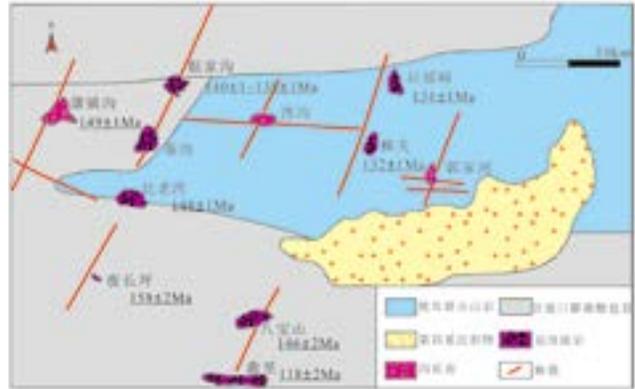


图1 八宝山区域岩体分布(据陈岳龙等, 1994)

## 2 岩体地质特征

### 2.1 岩体形态

八宝山岩体侵入中元古界官道口群白云岩中, 呈岩株状产出, 岩体与围岩边界明显, 岩体出露形态呈头东尾西的鱼形, 长约 2 km, 面积约 1.05 km<sup>2</sup>, 在 600 m 标高以上, 岩体与围岩接触带向内倾, 呈喇叭形, 600 m 标高以下接触带陡直呈筒状 (图 2)<sup>①</sup>。

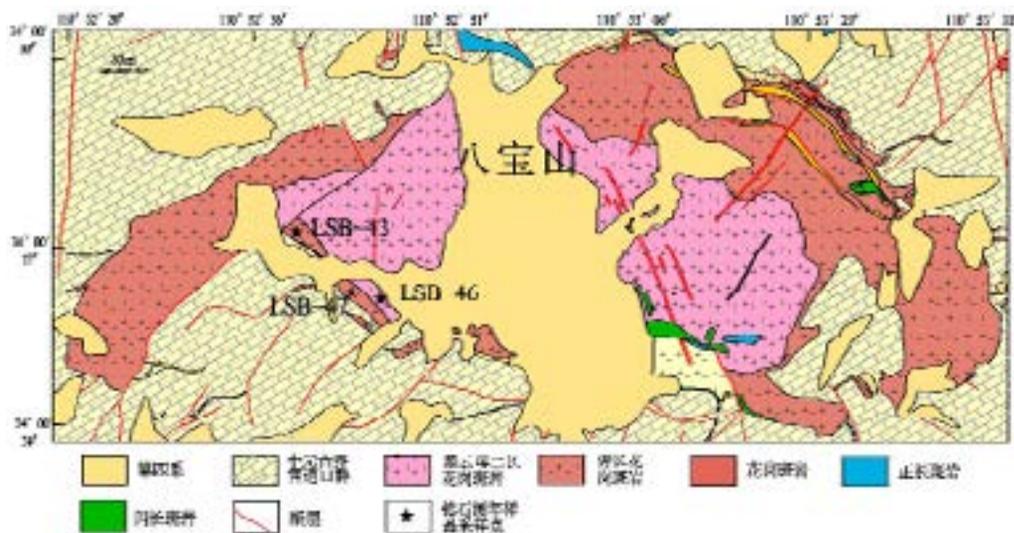


图2 八宝山矿区地质图

作者简介: 张照锋 (1970-), 男, 河南灵宝人, 工程师, 研究方向为矿床地质。E-mail: Smxdzjhk@163.com

① 姚宗仁, 王定国, 盛中烈, 等. 河南省卢氏县八宝山矿区铁铜矿勘探地质报告[R]. 卢氏: 河南省地质局地质四队, 1977.

## 2.2 岩相学及岩石化学特征

八宝山岩体岩性为花岗斑岩，可以分成两个相带，内带为黑云母二长花岗斑岩、外带为钾长花岗斑岩。黑云母二长花岗斑岩呈灰白色，斑状结构，块状构造。斑晶主要是斜长石、钾长石、石英及少量黑云母、角闪石。钾长花岗斑岩呈肉红色，斑状结构，块状构造。斑晶主要是钾长石和石英，含量约占 35%。中国科学院广州地球化学研究所同位年代学和地球化学国家重点实验室（以下简称：广州地化所国家重点实验室）对八宝山岩体的 37 个样品进行分析结果表明：钾长花岗斑岩和黑云母二长花岗斑岩都比较富硅， $\text{SiO}_2$  变化于 64.9%~73.8% 之间。岩体碱含量较高，钾长花岗斑岩的  $\text{Na}_2\text{O}$  和  $\text{K}_2\text{O}$  分别为 0.32%~1.33% 和 8.00%~11.7%， $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$  总量 8.32%~13.0%；黑云母二长花岗斑岩的  $\text{Na}_2\text{O}$  和  $\text{K}_2\text{O}$  分别 2.77%~3.87% 和 3.94%~5.66%， $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$  总量为 8% 左右；在 ANK-ACNK 图解（图 3）中，为准铝质—过铝质花岗岩。因此，八宝山岩体为准铝质—过铝质的钾玄质岩浆岩。

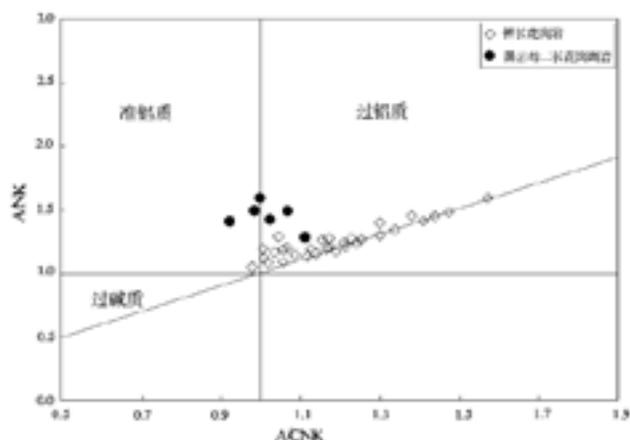


图3 八宝山花岗斑岩ANK-ACNK图解  
(据Maniar and Piccoli et al., 1989)

## 2.3 成岩时代

依据广州地化所国家重点实验室采用单点剥蚀方法测试的八宝山钾长花岗斑岩中 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年结果：结晶年龄为  $146 \pm 1 \text{ Ma}$ <sup>①</sup>，黑云母二长花岗斑岩中锆石 U-Pb 定年结果：形成时代为  $146 \pm 2 \text{ Ma}$ ；表明其是晚侏罗世岩浆作用的产物。

## 2.4 岩体类型

根据不同学者研究，对秦岭造山带中生代花岗岩的成因类型分为：I型和S型<sup>[4]</sup>。研究认为，在准铝质到弱过铝质花岗岩浆中，磷灰石的溶解度很低，并且随着岩浆的分异演化  $\text{SiO}_2$  增加而降低；证明磷灰石在准铝质到弱过铝质花岗岩浆中总是优先结晶的矿物，而残余岩浆的  $\text{P}_2\text{O}_5$  越来越低。磷灰石在 I型和 S型花岗岩浆中的

不同地球化学行为已被成功地用于区分 I型和 S型花岗岩类<sup>[5]</sup>。八宝山岩体  $\text{P}_2\text{O}_5$  含量低 (0.01%~0.30%)，特别是当  $\text{SiO}_2 > 70\%$  时，绝大多数样品的  $\text{P}_2\text{O}_5 < 0.02\%$ ，并且随  $\text{SiO}_2$  含量增加  $\text{P}_2\text{O}_5$  含量降低，与 I型花岗岩演化趋势一致。而且八宝山花岗斑岩具有一系列不同于A型花岗岩的特点：一则，八宝山岩体的  $\text{FeO}_7/\text{MgO}$  比值主要介于 2~8，有别于A型花岗岩显著富铁的特征 ( $\text{FeO}_7/\text{MgO} > 10$ )；二则，岩体的 Zr、Nb、Ce、Y 等元素的含量均较低， $\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y}=192 \times 10^{-6} \sim 340 \times 10^{-6}$ ，小于  $350 \times 10^{-6}$ <sup>[6]</sup>。三是岩体的锆石饱和温度变化于  $745^\circ\text{C} \sim 808^\circ\text{C}$ <sup>[7]</sup>，由于斑岩中未见残留锆石的存在，这一温度应为岩浆温度的最低估计值，即八宝山岩体的岩浆温度是很高的。但是，由于其含有角闪石和黑云母等含水矿物，其原始岩浆是富水的。综上分析，八宝山岩体应属于高分异I型花岗岩。

## 2.5 岩体物质来源推断

八宝山岩体具有高的  $\text{SiO}_2$  (64.87%~73.54%)，相对低的 MgO 含量 (0.10%~1.40%)，显示出地壳来源的特征。全岩 Nd 和锆石 Hf 同位素分析结果显示岩体具有较低的  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  和  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  初始值，分别为  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)=-19.46 \sim -16.4$ 、 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)=-27.55 \sim -20.71$ ，较古老的模式年龄，二阶段 Nd 模式年龄及 Hf 模式年龄分别为  $\text{Nd } t_{\text{DM}}=2.27 \sim 2.49 \text{ Ga}$ 、 $\text{Hf } t_{\text{DM}2}=1.80 \sim 2.93 \text{ Ga}$ 。在  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)-t$  图解和  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}-t$  图解（图 4）中，样品投点主要落在 2.5~3.0 Ga 演化曲线之间，少量落在 1.8~2.5 Ga 演化曲线之间，表现出显著的壳源特征，显示八宝山岩体的成岩物质来源于古老地壳。根据太华群中岩浆锆石的 Hf 同位素<sup>[8]</sup>，计算得到太华群的锆石  $\epsilon_{\text{Hf}}(t=146 \text{ Ma})$  值为 -48 左右，八宝山花岗岩的锆石  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)=-27.55 \sim -20.71$ ，明显小于八宝山花岗岩的锆石  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ ，说明，太华群不可能单独作为八宝山岩体的源区。将熊耳群的 Nd 同位素组成计算得到八宝山岩体形成时 ( $t=146 \text{ Ma}$ ) 的  $\epsilon_{\text{Nd}}$  值为 -25 左右，再采用“地壳 Hf—Nd 相关公式” ( $\epsilon_{\text{Hf}}=1.34 \times \epsilon_{\text{Nd}}+2.82$ )，换算得到熊耳群的  $\epsilon_{\text{Hf}}(146 \text{ Ma})$  为 -30 左右，也明显小于所测八宝山花岗岩的锆石  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  值；表明，熊耳群也不可能单独作为八宝山岩体的源区。此外，八宝山岩体的  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  值与 Jahn et al. (1999)<sup>[9]</sup> 归纳出来的华北克拉通古老下地壳的  $\epsilon_{\text{Nd}}(t=130 \text{ Ma})$  值 (-32~-44) 相差很多。根据二端元混合模拟计算（表 1）结果表明，八宝山岩体的源区可能主要来源于南秦岭和扬子陆块的部分熔融 (60%~85%)。

## 2.6 岩体成因分析

八宝山岩体的锆石定年结果表明，钾长花岗斑岩和黑云母二长花岗斑岩是同一期岩浆作用的产物，只是经历了不同程度的结晶分异。从黑云母二长花岗斑岩到钾长花岗斑岩：岩石的矿物组成中石英和碱性长石含量逐渐升高，

① 赵太平，包志伟，姚军民，等. 卢氏八宝山铁铜多金属矿床成矿规律及深部找矿远景预测[R]. 广州：中国科学院矿物学与成矿学重点实验室，2012.

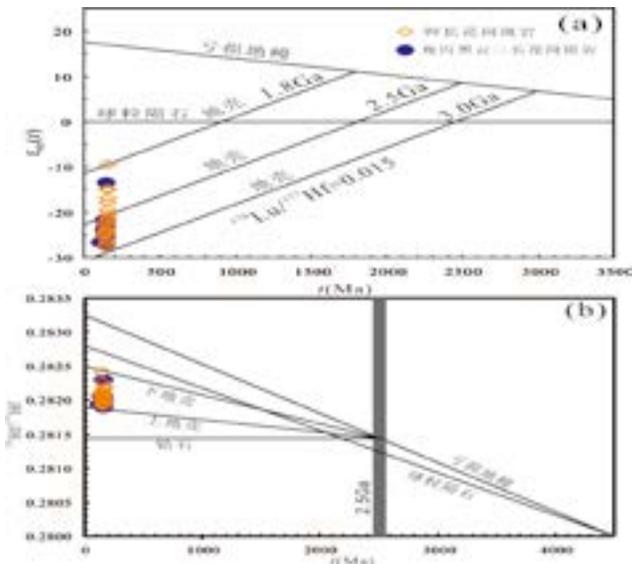


图4 八宝山岩体的锆石Hf同位素特征

表1 二端元混合模拟计算表

端元成分	Hf	$\epsilon_{Hf}(t)$	F 南秦岭	Hf mix	$\epsilon_{Hf}(t)_{mix}$	$\epsilon_{Hf}(t)$ 八宝山
太华群	3.49	-48	60%	4.08	-27.62	-27.55~-20.71
南秦岭	4.47	-17	85%	4.32	-20.76	

注：模拟参数来自<sup>[10]</sup>：第五春荣等，2007；沈洁和张宗清，1997；赵子然等，1995。

斜长石的含量逐渐减少，铁镁矿物含量明显下降；随着SiO<sub>2</sub>含量的升高，TiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO、CaO、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>逐渐降低，而全碱含量逐渐升高，显示了黑云母二长花岗斑岩和钾长花岗斑岩之间的同源岩浆分异演化的趋势。稀土元素配分模式和微量元素含量表明，二者具有一定的相似性及演化关系，据此推断两者可能是由同一母岩浆分异形成的。这与两种岩石的锆石Hf同位素和全岩的Nd同位素分析结果也相当一致。八宝山花岗斑岩具有富硅、明显亏损Nb、Sr、P、Ti和Eu等地球化学特征，指示其母岩浆经历了显著的分异结晶演化。与黑云母二长花岗斑岩相比，钾长花岗斑岩相对富集Rb、Ba、Th、U、K等大离子亲石元素，显示了强烈分异的地球化学特征，表明两类花岗岩之间存在一定的分异演化关系。钾长花岗斑岩的Rb/Sr和Ba/Sr比值明显高于黑云母二长花岗斑岩，这也表明钾长花岗斑岩具有更高分异—演化。据八宝山岩体岩石地球化学、锆石U-Pb定年和Hf同位素组成研究的结论：八宝山岩体的形成机制可概括为在晚侏罗世—早白垩世的挤压向伸展转换时期，俯冲于华北南缘陆壳之下的扬子及南秦岭地壳发生部分熔融形成的酸性岩浆上升侵位，从而形成八宝山岩体后碰撞花岗岩。

### 3 对找矿的指导意义

#### 3.1 主要矿化富集于岩体喉管部位使下部找矿成为可能

根据八宝山地区出露的角闪黑云二长花岗斑岩和钾长

花岗斑岩的产状及岩相学特征等显示的超浅成特征，八宝山矿区的工业铁铜矿体主要产于岩体与围岩的接触带，划为南、北、西3个矿带，其中以南、北矿带规模较大，构成了矿床的主体。其次为产于岩体内的细脉浸染型（氧化）铜矿带，分布于北接触带钾长花岗斑岩的内侧。产于岩体接触带上的矿体，受岩体接触带的构造形态和产状的严格控制。南、北、西3面围绕斑岩体分布，沿走向和倾向均呈舒缓坡状。接触带在600 m标高之上倾向岩体中心，倾角70°~80°。600 m标高之下近于直立，总体形态呈喇叭状，矿化富集主要于岩体喉管部位，即岩筒顶部相与岩筒相的交接部位，其标高在500~700 m之间。

#### 3.2 八宝山岩体形成的压力以及深度预示深部可能有隐伏岩体存在

八宝山岩体为侵位于古火山机构的岩颈相的斑岩。隐爆现象的存在表明，岩体为浅侵位的斑岩体<sup>[11]</sup>。据石英斑岩流体包裹体瞬时压力测定及黑云母地质压力计估算<sup>[12]</sup>，近地表的岩石侵位时的深度在2~2.5 km。因此，自八宝山斑岩体侵位以来的区域剥蚀量较小，很好的保留了斑岩成矿系统；可以推断，八宝山斑岩成矿系统未受到构造抬升的破坏，另产于岩颈相的黑云母二长花岗斑岩不可能提供足够的成矿物质来源以形成八宝山矿床铁的储量；成矿物质有可能为深部的隐伏岩体。据此预测，深部应有斑岩体存在。

#### 3.3 八宝山岩体化探特征预示深部存在有利于斑岩铜—金—钼—铅—锌多金属成矿区段

根据卢氏县后清河地区土壤地球化学测量组合异常分析，主要有Mo、Zn、Cu、Pb、Bi、Au、Ag、As地球化学异常，第一类是Mo、Zn、Cu、Pb、Bi、Au、Ag、As地球化学异常；第二类是Ag、Au、Pb、Zn、As地球化学异常；第三类是Ag、Zn、Pb、Mo、Bi、As、Cu地球化学异常。它们的共同特点是Ag、Pb、Zn地球化学异常主要出现在八宝山岩体的外围（八宝山岩体的西面），而Cu、Mo的地球化学异常主要集中在八宝山岩体分布的区域。与典型斑岩成矿体系相似（图5），八宝山矿床亦存在明显的分带性，自矿化中心向外依次为：Mo-Mo、Cu-Cu-Cu、S（黄铁矿）。因此，应进一步加强深部隐伏斑岩矿体找矿及外围寻找层状（脉状）Pb、Zn、Ag矿床。矿石特别是其黄铁矿中的低温成矿元素In、As、Bi的存在指示，目前开采利用的部分可能为八宝山斑岩浅成低温热液成矿系统中斑岩成矿系统的顶端，岩体周边化探异常、铜—钼矿化点的产出也表明，八宝山岩体深部可能存在有利于斑岩铜—金—钼—铅—锌的多金属成矿区段。

#### 3.4 八宝山斑岩源于富水的高氧逸度岩浆体系，有利于斑岩铜（金）矿床形成

八宝山岩体虽然与东秦岭成矿岩体总体上具有高硅、富碱、富集大离子亲石元素，显著亏损Sr、Ti、P相似的地球化学特征和随SiO<sub>2</sub>含量增加Ca、Mg、Fe、P含量减少，Rb/Sr比值增大的演化趋势；但是，八宝山岩体的

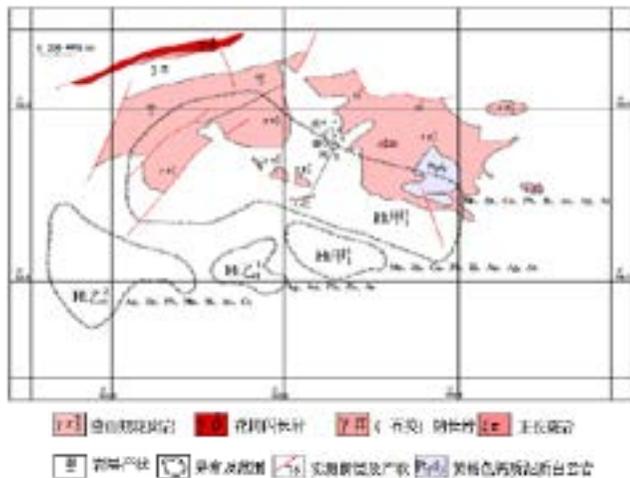


图5 河南省卢氏县八宝山地区土壤地球化学测量组合异常图

SiO<sub>2</sub> 含量相对较低。另外，含水矿物如角闪石和黑云母的存在说明，形成斑岩的岩浆是富水的。斑岩中锆石 Ce<sup>4+</sup>/Ce<sup>3+</sup> 比值主要介于 286~786 之间表明，岩浆的氧逸度较高，这种富水的氧化性岩浆有利于斑岩铜钼（金）矿床的形成。

#### 4 找矿方向预测

下一步的深部找矿工作应当以找隐伏岩体产状陡变部位及其中的构造裂隙密集带为突破口，找寻隐伏在深部的斑岩型铜钼（金）矿及脉状（层状）铅锌矿。根据八宝山斑岩体蚀变及矿床地质等特征，目前，八宝山矿区所控制的矿体应属于斑岩成矿系统分带的第二段（图 6），即斑岩成矿体系的主体部分仍应处于深部隐伏部分。因此，在八宝山地区深部及周边寻找隐伏矿床的前景是比较乐观的。建议应充分利用斑岩成矿体系的分带模型，采用可控源音频大地电磁法（CSAMT）等物探方法确定隐伏断裂构造体系，并结合微重力测量推测隐伏岩体的空间位置，通过钻探工程寻找隐伏斑岩铜（金）—钼矿体及岩体周边的层（脉）状铅锌多金属矿床。

#### 参考文献

[1] 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 等. 秦岭造山带与大陆动力学[M]. 北京: 科学出版社, 2001.  
 [2] 杨长秀. 河南鲁山地区早前寒武纪变质岩系的锆石 SHRIMP U—Pb 年龄、地球化学特征及环境演化[J]. 地质通报, 2008, 27(4): 517-533.

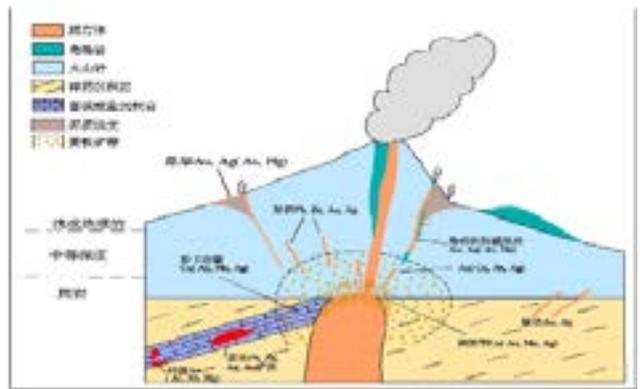


图6 斑岩体成矿体系分带理想模式图

[3] 顾巧根, 陶谋镇, 程德琼. 河南省卢氏—灵宝地区与钼铁铜矿床有关的中酸性小侵入体岩石学研究[J]. 中国地质科学院院报(宜昌地质矿产研究所分刊) 1980, 1(1): 126-142.  
 [4] 卢欣祥, 于在平, 冯有利, 等. 东秦岭深源浅成型花岗岩的成矿作用[J]. 矿床地质, 2002, 21(2): 168-178.  
 [5] 李献华. Sm—Nd 模式年龄和等时线年龄的适用性与局限性[J]. 地质科学, 1996, 31(1): 97-104.  
 [6] Whalen JB, Currie KL and Chappell BW. A-type granites: Geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis[J]. Contrib. Mineral. Petrol, 1987(95): 407-419.  
 [7] Watson EB and Harrison TM. Zircon saturation revisited: Temperature and compositional effects in variety of crustal magma types[J]. Earth Planet Sci. Lett, 1983(64): 295-304.  
 [8] Vervoort J D, Patchett P J, Blichert-Toft J and Albarede F. Relationships between Lu—Hf and Sm—Nd isotopic systems in the global sedimentary system[J]. Earth and Planetary Science Letters, 1999, 168(1): 79-99.  
 [9] Jahn B, Wu F Y, Lo C H, Tsai C H. Crust-mantle interaction induced by deep subduction of the continental crust: geochemical and Sr-Nd isotopic evidence from post-collisional mafic-ultramafic intrusions of the northern Dabie complex, central China[J]. Chemical Geology, 1999, 157(1): 119-146.  
 [10] 第五春荣, 孙勇, 林慈奎, 等. 豫西宜阳地区 TTG 质片麻岩锆石 U—Pb 定年和 Hf 同位素地质学[J]. 岩石学报, 2007, 23(2): 253-262.  
 [11] 马桂霞, 李维明. 豫西卢氏北部地区角砾岩的特征及其找矿意义[J]. 世界地质, 2006, 4(25): 361-365.  
 [12] 刘家齐, 曾贻美. 豫西八宝山斑岩型铜钼铁矿床包裹体研究[J]. 华南地质与矿产, 2001(2): 43-51.

## Geological Features and Prospecting Significance of Babaoshan Rock Mass in Henan Province

ZHANG Zhao-feng LIU Li-na DING Xi-xian YANG He  
 (Land Resources Bureau of Sanmenxia, Sanmenxia 472000, China)

Abstract: On the basis of previous studies, through the analysis of geological characteristics of porphyry, carries on the forecast to the deep and periphery of Babaoshan mining area prospecting, exploration of concealed ore deposits in deep part of the deposit and the surrounding areas of the prospecting direction.

Keywords: Babaoshan; rock mass; geological characteristics; prospecting direction