

# 北大别山商城汤家坪富钼花岗斑岩体 地球化学特征及构造环境

杨泽强<sup>1,2)</sup>

1) 河南省地质矿产勘查开发局第三地质调查队,河南信阳,464000;

2) 河南省地质调查院,郑州,450007

**内容提要:** 本文详细论述了汤家坪富钼花岗斑岩的地球化学特征,利用图解判别了其形成的构造环境,并初步探讨其成因机制。研究认为汤家坪花岗斑岩化学成分具超酸( $\text{SiO}_2$  72.94%~77.9%)、富碱( $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$  为 7.06%~9.66%),贫钠富钾( $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  为 1.21~2.12)等特点,属超酸性铝不饱和和高钾钙碱性系列岩浆岩,轻稀土明显富集,重稀土亏损,  $(\text{La}/\text{Yb})_N$  在 18.12~23.52 之间,具较平坦的 HREE 配分模式,铕异常系数( $\delta\text{Eu}$ )0.46~0.59,铈负异常中等。汤家坪花岗斑岩体形成于华北地块和扬子地块陆—陆主碰撞期后,区域伸展机制下的后碰撞构造环境。通过对岩体中角闪安山岩包体的研究表明,花岗斑岩的形成与加厚下地壳拆沉作用密切相关,拆沉作用引起下地壳不同深度位置的岩石同时发生部分熔融,后侵位的角闪安山岩浆与早期花岗岩浆在通道内发生混合作用。软流圈减压熔融流体系统提供了岩浆侵位动力和成矿物质来源。

**关键词:** 花岗斑岩;地球化学特征;构造环境;汤家坪钼矿;大别山;河南

河南省商城县汤家坪花岗斑岩体位于大别造山带北麓,其中赋存的汤家坪钼矿为大别山北麓钼成矿带中唯一达大型规模的钼矿床,矿区地理坐标:东经:115°19'~115°20';北纬:31°31'~31°32'。1982年,河南省区调队开展1:5万达权店幅区域地质调查,圈定香子岗序列花岗斑岩,由汤家坪单元花岗斑岩和李河冲单元钾长花岗斑岩组成,发现并初步确定为小型钼矿(河南省地矿厅区调队<sup>①</sup>),报告对斑岩体的特征作了定性描述,测定了花岗斑岩锆石 U-Pb 谐和线年龄。2003年,随着我国经济的高速发展,对钼矿资源的需求促使钼矿勘查又一次成为热点。河南省地质矿产勘查开发局第三地质调查队在前人工作的基础上,经综合分析研究,施钻验证,认为汤家坪岩体为具明显蚀变分带的独立花岗斑岩体,同时引资勘查,探明了钼资源量二十多万吨。本文详细论述了汤家坪花岗斑岩体地球化学特征,结合区域地球动力学背景,讨论其形成的构造环境及成因,为研究大别山北麓花岗岩与钼多金属成矿提供可借鉴的资料。

## 1 地质背景及花岗斑岩的岩石学特征

### 1.1 地质背景

大别造山带为秦岭造山带东延部分,带内以北西向定远—八里畈深大断裂(F4)为界(见图1),其北侧为北淮阳构造带,南侧为桐柏—大别变质核杂岩隆起带。汤家坪岩体位于桐柏—大别变质核杂岩隆起带北部,围岩为新元古界花岗质片麻岩和零星分布的太古宇变质表壳岩系,另有少量浒湾岩组地层,以推覆体形式叠置于花岗质片麻岩之上。

造山带内岩浆活动十分频繁,尤以燕山期最为强烈,主要表现为大量陆相中酸性火山岩沿造山带北缘信阳—霍山一带分布,岩性组合为英安岩—流纹岩,属大陆边缘钙碱性火山岩系列。早白垩世花岗岩规模最大,分布面积约占全区基岩面积的1/5,如沿桐柏—商城断裂(F<sub>3</sub>)分布的灵山岩体、新县岩体和商城岩体等。燕山期中酸性小岩体密布,可划分为桃花岭—亮山和母山—汤家坪两个构造岩浆岩带,岩体多为酸性富碱的花岗斑岩、似斑状花岗岩、石英斑岩、花岗闪长斑岩等,这些中酸性小岩体明显

注:本文为河南金达矿业有限公司“河南省商城县汤家坪矿区钼矿勘探”项目的成果。

收稿日期:2008-08-17;改回日期:2009-04-21;责任编辑:章雨旭。

作者简介:杨泽强,男 1967 年生。1990 年毕业于西安地质学院地质矿产勘查专业。现为高级工程师,主要从事矿产资源评价工作。

Email:yzq816@126.com。

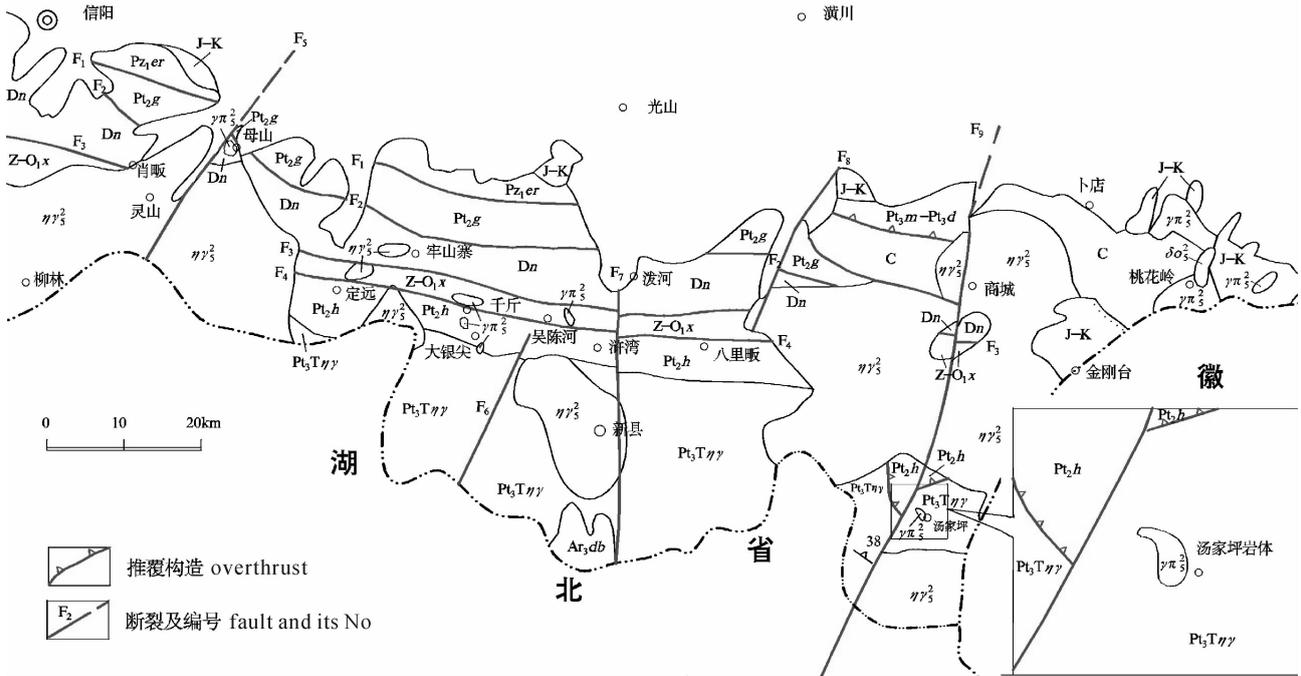


图1 大别山北麓地质简图

Fig. 1 Sketch map of the northern foot of Dabie Mountain

J-K—白垩纪至侏罗纪火山岩及火山沉积岩；C—石炭系；Dn—泥盆系南湾组；Pz<sub>1er</sub>—下古生界二郎坪群；Z-O<sub>1x</sub>—震旦系—下奥陶统肖家庙岩组；Pt<sub>3m</sub>—Pt<sub>3d</sub>—新元古界煤窑沟组和大洪口组；Pt<sub>2h</sub>—中元古界浒湾岩组；Pt<sub>2g</sub>—中元古界龟山岩组；Ar<sub>3db</sub>—新太古宇大别岩群； $\eta\gamma_5^2$ —燕山期二长花岗岩； $\gamma\pi_5^2$ —燕山期花岗斑岩； $\delta\sigma_5^2$ —燕山期石英闪长岩；Pt<sub>3T\eta\gamma</sub>—新元古界田铺序列片麻状花岗岩  
 J-K—Jurassic—Cretaceous volcanic and volcanic—sedimentary rocks；C—Carboniferous；Dn—the Nanwan Fm., Devonian；Pz<sub>1er</sub>—the Erlangping Gr., Lower Paleozoic；Z-O<sub>1x</sub>—the Xiaojiamiao Rock Formation, Sinian—Lower Ordovician；Pt<sub>3m</sub>—Pt<sub>3d</sub>—the Meiyaogou Fm. and Dahongkou Fm., Neoproterozoic；Pt<sub>2h</sub>—the Huwan Fm., Mesoproterozoic；Pt<sub>2g</sub>—the Guishan Rock Formation, Mesoproterozoic；Ar<sub>3db</sub>—the Dabie Rock Group, Neo Archean； $\eta\gamma_5^2$ —Yanshanian monzogranite； $\gamma\pi_5^2$ —Yanshanian granitic porphyry； $\delta\sigma_5^2$ —Yanshanian quartz diorite；Pt<sub>3T\eta\gamma</sub>—gneissic granite, the Tianpu Series, Neoproterozoic

受网格状断裂体系控制，具有成群成带等间距分布特点，且与斑岩型钼铜成矿关系密切，如母山岩体、天目山岩体、大银尖岩体、汤家坪岩体等，共同构成东秦岭——大别钼（铜）成矿带的东部。

### 1.2 花岗斑岩的岩石学特征

汤家坪花岗斑岩体地表形态为一东南宽、北西窄的牛角形，出露面积 0.40km<sup>2</sup>。呈不规则小岩株状，剖面上岩体呈正“八”字型外倾，东部倾角较陡，倾角 75°以上，西部较缓。

岩体由花岗斑岩和似斑状花岗岩组成，普遍见角闪安山岩包体(图 2a)。新鲜岩石为灰白—肉红色，斑状结构(图 2b)，局部似斑状结构，基质具细粒—微细粒花岗结构，块状构造。斑晶含量约 10%~25%。钾长石斑晶，浅肉红色，多数为微斜长石，颗粒大小 1~3mm，自形程度高，晶体较大，普遍发育格子双晶，个别见卡氏双晶，常见有斜长石嵌晶。费氏台测定结果，钾长石的 2V 介于 65°~84°之间，

一般 65°~70°之间，三斜度 0.53~0.85，有序化程度中等，显示岩体形成于浅成环境。斜长石斑晶，灰白色，半自形板柱状，颗粒大小 0.9×2~0.6×0.9mm<sup>2</sup>，见斜长石呈包体分布于钾长石大斑晶之内；部分发育细密而平直的聚片双晶，局部见钠长石化的净边。所有的长石皆见绢云母粘土岩化蚀变，切面较模糊。X 射线斑晶衍射结果，显示其结构有序度指数为 83.92，属低温过渡型斜长石。费氏台测定斜长石牌号 An<sub>14</sub>~20(环带)，少量 An<sub>8</sub>±，普遍偏低，多为更长石，部分为钠长石。石英，斑晶半自形—它形粒状，颗粒大小 0.6~0.9mm，呈柱面不发育的六方双锥，并普遍被熔蚀成港湾状、不规则状，有的为浑圆状。一些岩体的石英斑晶有再生加大，碎裂和波状消光现象。基质由微细粒钾长石(20%~56%)、斜长石(10%~30%)和石英(10%~25%)，另有少量黑云母、白云母分布。副矿物组合为磁铁矿、自然铁、磁赤铁矿、锆石，次为榍石、磷灰



图 2 汤家坪花岗斑岩角闪安山岩包体(a,c)及石英斑晶(b)特征

Fig. 2 The characteristics of the hornblende andesite inclusion(a,c) and quartz porphyritic crystal(b) in the Tangjiaping granodiorite porphyry

(a) 花岗斑岩中的角闪安山岩包体,二者界线清晰;(b) 花岗斑岩的斑状结构,石英斑晶呈浑圆状;

(c) 角闪安山岩包体具斑状结构,常见角闪石和黑云母斑晶

(a) the hornblende andesite inclusion in the Tangjiaping granodiorite porphyry, with a clear boundary;(b) porphyritic texture of the granodiorite porphyry, the quartz porphyritic crystals are rounded;(c) the hornblende andesite inclusion has porphyritic texture, porphyritic crystals of biotite and hornblende can often be seen

石、金红石等。其中锆石呈浅水红色、淡黄色,玻璃光泽,透明至半透明,晶体中含气、液状包体,其含量 1662.08g/t。晶体呈四方双锥柱状,由{111}、{110}面组成聚形,见晶棱被熔蚀,晶面有凹坑,其长宽比为 2:1 到 3:1,说明锆石在生长过程中,纵向(轴向)生长明显超过横向,显示近地表浅成环境(河南省地矿厅区调队<sup>①</sup>)。

角闪安山岩多以包体形式产出,呈团块状零星分布于花岗斑岩中,与寄主岩呈截然接触关系,包体

直径一般 10cm 左右,最大直径约 15m。灰褐—灰绿色,斑状结构(图 2c),角砾状、块状构造。斑晶成分主要为斜长石,少量角闪石、钾长石和石英,含量在 5%~10% 左右。斜长石,直径 1~4mm,呈自形一半自形板状,发育有环带结构和聚片双晶及卡氏双晶,核部具微弱的绢云母、帘石化蚀变,边缘具钠长石化的净边,个别被钾长石所交代。角闪石,褐色,边缘常见暗化边。钾长石斑晶较大,多以集合体形式出现,直径 5mm 左右,发育卡氏双晶,具条纹

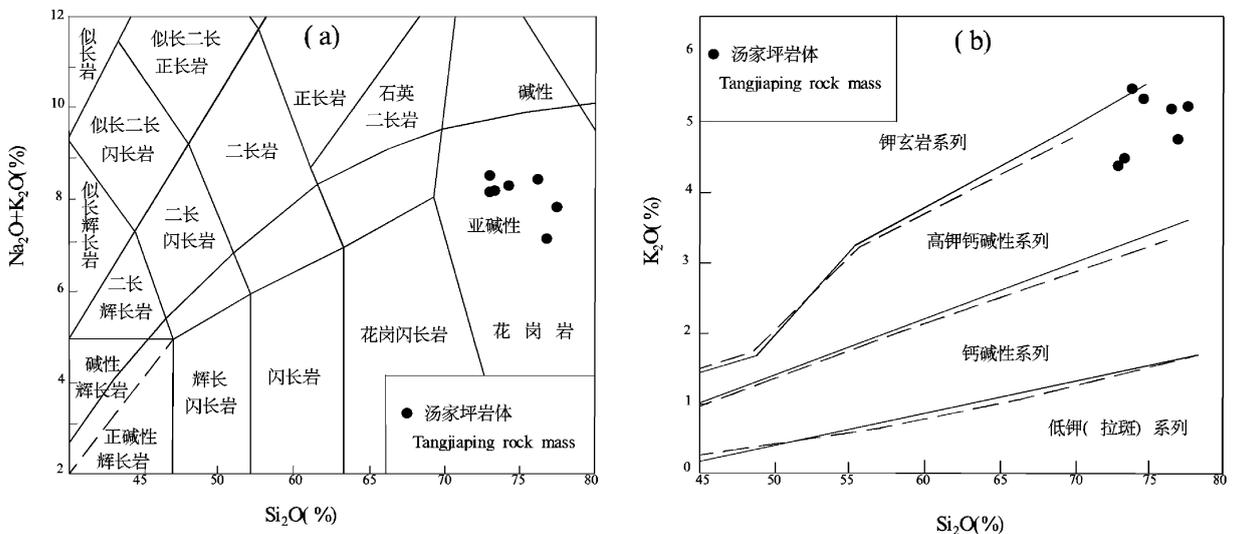


图 3 汤家坪花岗斑岩的全碱—硅图解(a)和 K<sub>2</sub>O—SiO<sub>2</sub>图解(b)

Fig. 3 The Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O vs. Si<sub>2</sub>O (a) and K<sub>2</sub>O vs. Si<sub>2</sub>O (b) diagrams of the Tangjiaping granodiorite porphyry

结构,晶内见有斜长石的包体。石英斑晶呈它形粒状,切面十分明净。黑云母呈黄褐色片状,片径0.5mm。基质为半自形板状的斜长石与它形粒状的石英、钾长石及板片状黑云母、磁铁矿紧密镶嵌,均匀分布。副矿物主要为磁铁矿和磷灰石。因其具岩浆结构,与寄主截然接触,且在岩体中分布广泛,初步确定其为岩浆混合形成的镁铁质微粒包体。

## 2 地球化学特征

### 2.1 主量元素特征

在岩体的中心和两侧采集硅酸盐样品,T-XT-4~6三个样品送国土资源部中南矿产资源监督检测中心(宜昌所)做微量元素全分析,除2437-1为收集河南省地矿厅区调队资料外,其余三个样送我队实验室做硅酸盐分析。汤家坪花岗斑岩的常量元素化学分析结果见表1,由表可知,花岗斑岩的SiO<sub>2</sub>为72.94~77.9%,属硅过饱和。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量变化大,多在12%左右。里特曼指数为1.44~3.03,为钙碱性系列。A/CNK介于0.95~1.2之间,多数小于1.1,为弱过铝质。(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)为7.9%~9.66%,K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O为1.21~2.12,整体属高钾钙碱性系列。在全碱—硅图解(图3a)中,样品投点落于亚碱性系列区,在K<sub>2</sub>O—SiO<sub>2</sub>图解(图3b)中,样品投点落于高钾钙碱性系列区域,与东秦岭钼矿带含矿斑岩体特征一致(李诺等,2007)。

### 2.2 微量元素特征

汤家坪花岗斑岩岩石样品大离子亲石元素分析结果见表1,洋脊花岗岩标准化不相容元素配分蛛网图见图4。与洋脊花岗岩(ORG)相比,花岗斑岩体的大离子亲石元素K、Rb、Th、Ta、Nb、Ce均有不同程度的富集,Zr、Sm出现轻微的亏损,Y、Yb严重亏损。在以洋脊花岗岩为标准的元素蛛网图上,Rb、Th出现不同程度的峰值,K、Ba出现低谷,其余元素呈近直线向右倾斜,其曲线走势与pearce等建立的后碰撞花岗岩的分布形式相同。

岩石稀土元素分析结果见表1,由表

表1 北大别山商城汤家坪富钼斑岩的元素分析结果(%)

Table 1 Major elements content of the Tangjiaping molybdenum-rich granitic porphyry, Shangcheng, northern Dabie Mountains

样号	T-XT-4	T-XT-5	T-XT-6	2437-1	QF1	QF2	QF4
岩石名称	花岗斑岩						
SiO <sub>2</sub>	73.14	72.94	77.56	76.14	77.9	74.4	73.8
TiO <sub>2</sub>	0.15	0.15	0.1	0.15	0.15	0.2	0.22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.26	15.02	9.84	12.26	10.26	12.38	12.78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.88	1.11	1.74	0.16	0.7	1.26	0.82
FeO	1.55	1.25	1.5	0.62	1.08	1.3	1.15
MnO	0.025	0.025	0.025	0.04	0.06	0.02	0.025
MgO	0.48	0.8	0.24	0	0.063	0.13	0.063
CaO	0.96	0.96	0.32	0.83	0.44	0.29	0.44
Na <sub>2</sub> O	3.6	3.68	2.26	3.2	2.68	3	4
K <sub>2</sub> O	4.56	4.44	4.8	5.25	5.22	5.32	5.66
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08	0.032	0.032	0.02	0.14	0.096	0.08
烧失量	1.11	0.35	1.32	0.19	1.01	1.7	0.78
总量	98.795	100.757	99.737	99.86	99.703	100.096	99.818
σ	2.21	2.2	1.44	2.15	1.79	2.2	3.03
A/CNK	0.98	1.2	1.04	0.99	0.95	1.11	0.95
A/NK	1.13	1.38	1.1	1.12	1.02	1.16	1.01
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	8.16	8.12	7.06	8.45	7.9	8.32	9.66
Mg#	35.6	53.3	22.2	0	9.4	15.1	8.90
Rb	271	240	294				
Ba	651	668	232				
Sr	144	156	44.4				
Th	52.7	64.2	71.8				
Ta	3.97	4.3	4.84				
Nb	55.5	56.6	72.2				
Hf	8.97	8.78	10.7				
Zr	235	239	257				
U	12.8	15.3	21.2				
Y	16.1	17.4	13				
La	77.8	77.7	55.6	29.79			
Ce	122	126	92.1	46.3			
Pr	12.5	12.8	9.51	3.57			
Nd	36.8	38.2	28.4	11.24			
Sm	5.16	5.5	3.98	1.76			
Eu	0.83	0.85	0.57	0.27			
Gd	4.63	4.87	3.61	1.15			
Tb	0.57	0.6	0.45	0.18			
Dy	2.84	3.09	2.39	0.92			
Ho	0.54	0.6	0.46	0.19			
Er	1.66	1.78	1.42	0.65			
Tm	0.32	0.34	0.28	0.11			
Yb	2.23	2.35	2.07	0.99			
Lu	0.35	0.36	0.32	0.19			
ΣREE	268.23	275.04	201.16	97.31			
LREE	19.41	18.66	17.29	21.22			
HREE							
δEu	0.52	0.5	0.46	0.59			
(La/Yb) <sub>N</sub>	23.52	22.3	18.12	20.27			

注:前3个样品在国土资源部中南矿产资源监督检测中心(中国地质调查局宜昌地质矿产研究所)分析;后3个样品在河南省地质矿产勘查开发局第三地质调查队实验室分析;2437-1引自河南省地矿厅区调队。

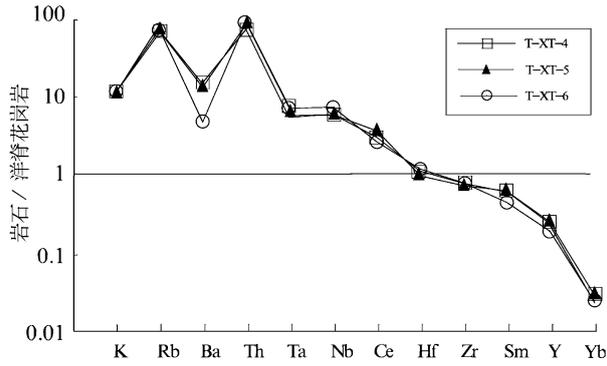


图 4 汤家坪花岗斑岩岩石样品洋脊花岗岩标准化不相容元素蛛网图

Fig. 4 Spider diagram of the ocean ridge granite standardized incompatible elements distribution of the Tangjiaping granodiorite porphyry samples

可以看出, 稀土总量 ( $\Sigma\text{REE}$ ) 为  $97.31 \times 10^{-6} \sim 275.04 \times 10^{-6}$ , 轻稀土含量  $92.93 \times 10^{-6} \sim 261.05 \times 10^{-6}$ , 明显富集, 反映轻、重稀土元素分馏程度的 LREE/HREE 值为  $17.29 \sim 21.22$ , 属轻稀土富集型。经球粒陨石标准化后的稀土元素配分模式(图

5), 为左高右平倾斜的“U”字型, 钕异常系数 ( $\delta\text{Eu}$ ) 为  $0.46 \sim 0.59$ , 钕负异常中等, 表明在花岗斑岩形成中, 未经历明显的斜长石分离结晶作用, 岩石中 Dy、Ho 略亏损, Y/Yb 比值为  $5.5 \sim 7.4$ , 说明角闪石为主要源区残留相, 石榴子石次之。残留相为含角闪石和石榴子石的麻粒岩或斜长角闪岩。

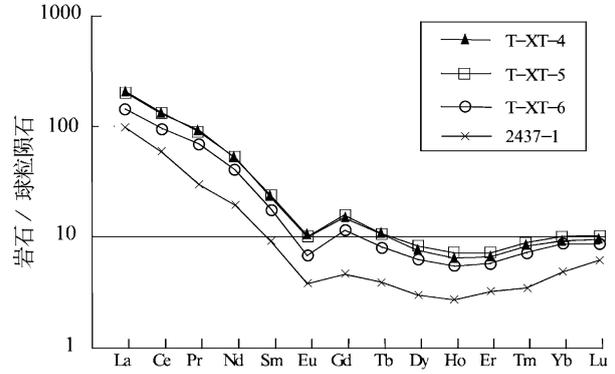


图 5 汤家坪单元花岗斑岩体稀土元素配分模式图  
Fig. 5 REE pattern curves of the Tangjiaping granodiorite porphyry unit

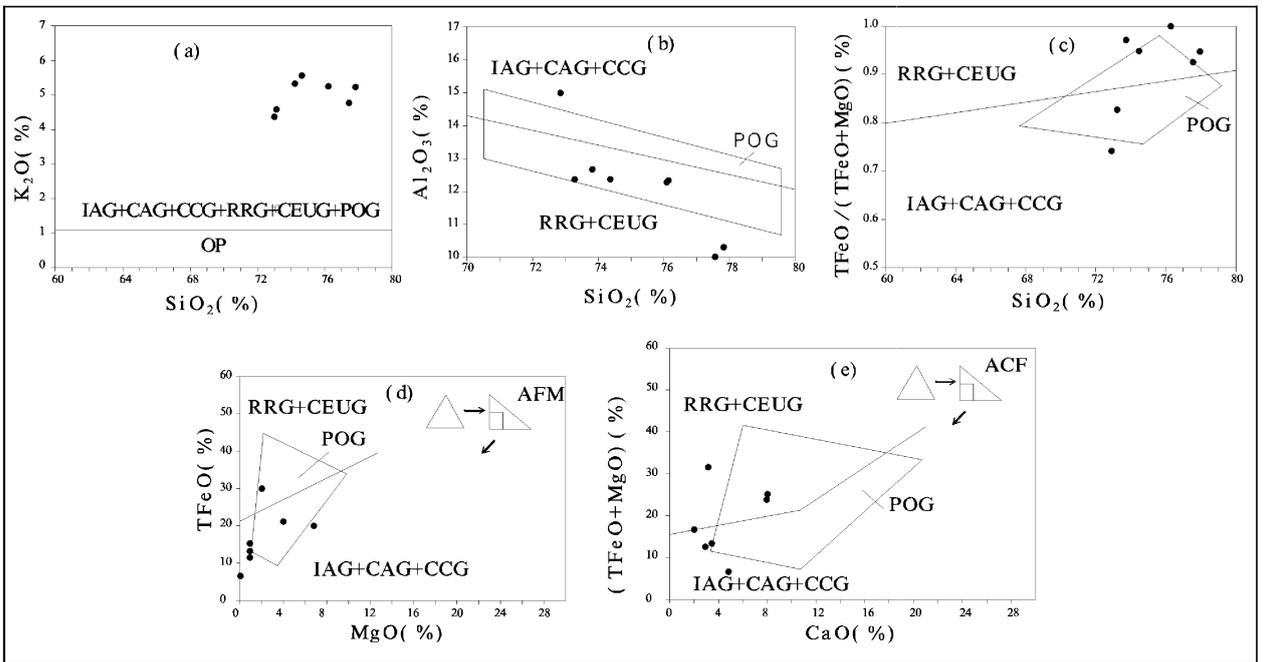


图 6 汤家坪花岗斑岩形成的构造环境判别图

Fig. 6 The tectonic environment discrimination diagram of the Tangjiaping granodiorite porphyry

(a)  $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$  图解; (b)  $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$  图解; (c)  $\text{SiO}_2 - \text{TFeO} + (\text{TFeO} + \text{MgO})$  图解;  
(d) AFM 三元图解; (e) ACF 三元图解。(据 Harris 等, 1986; Pearce, 1996)

(a)  $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$  diagram; (b)  $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$  diagram; (c)  $\text{SiO}_2 - \text{TFeO} + (\text{TFeO} + \text{MgO})$  diagram;  
(d) AFM triangle diagram; (e) ACF triangle diagram (after Harris et al., 1986; Pearce, 1996)

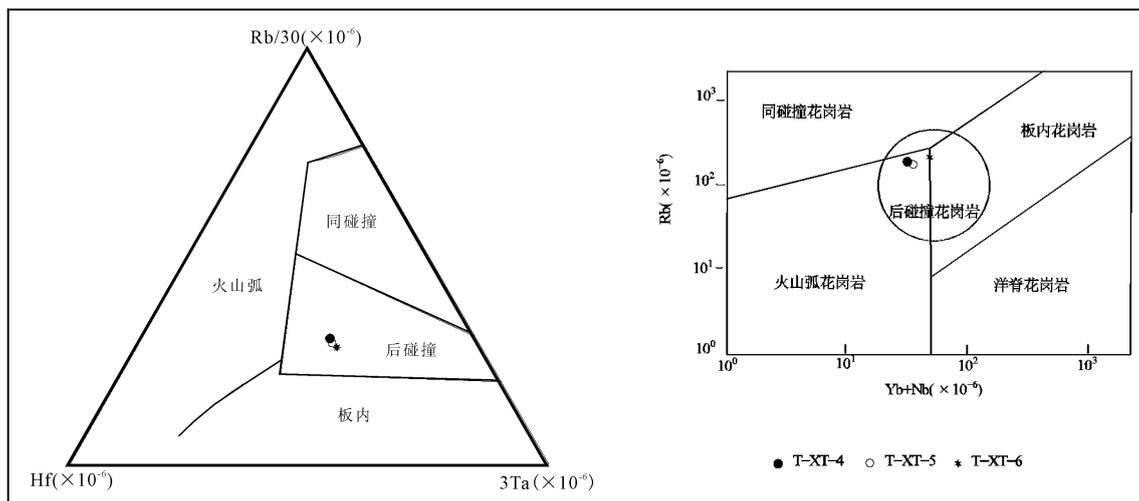


图7 汤家坪花岗斑岩体构造环境的 Hf—Rb/30—3Ta 和 Rb—(Y+Nb) 判别图解  
 Fig. 7 The Hf—Rb/30—3Ta and Rb—(Y+Nb) diagrams of tectonic environment discrimination of the Tangjiaping granodiorite porphyry

### 3 构造环境判别

在 Maniar 和 Piccoli 提出的多组分主元素构造环境判别图解(图 6)中,汤家坪花岗斑岩体投点靠近后造山花岗岩类(POG)区域。对一些在蚀变过程中不活泼的元素进行构造环境判别(图 7),样点投入后碰撞花岗岩区域。

秦岭造山带属于印支—燕山期大陆碰撞造山带(张静等,2002),主碰撞造山作用使华北地块沿北西向栾川—明港—固始深大断裂向南俯冲,深切上地幔的深大断裂带打破了岩石圈原有的“平衡”,通过壳—幔相互作用,发生物质和能量的交换,区域性的岩石圈拆沉作用和地幔物质上侵,为大别地区加厚陆壳的重熔提供了条件。

汤家坪花岗斑岩锆石 U-Pb 和谐线年龄为 120 (−4, +3)Ma,矿床辉钼矿铼—钨同位素等时线年龄为(113.1 ± 7.9)Ma(杨泽强,2007),岩体侵位时间为早白垩世,此前秦岭洋早已闭合,受太平洋构造域的影响,整个区域应力场处于伸展环境,大别造山带伸展垮塌,激发了主造山期后的深源岩浆活动;大量近南北向断裂形成,且与早期北西向深大断裂构成格子状构造系统,为岩浆侵位提供通道和空间,所以汤家坪花岗斑岩体形成于早白垩世区域伸展机制下的后碰撞环境。

### 4 讨论

汤家坪花岗斑岩属高钾钙碱性系列花岗岩,在

(La/Yb)<sub>N</sub>—(Yb)<sub>N</sub>图解(图 8)中,投影点落在斜长角闪岩部分熔融趋势线附近,可能为增厚下地壳的斜长角闪岩发生部分熔融的产物。

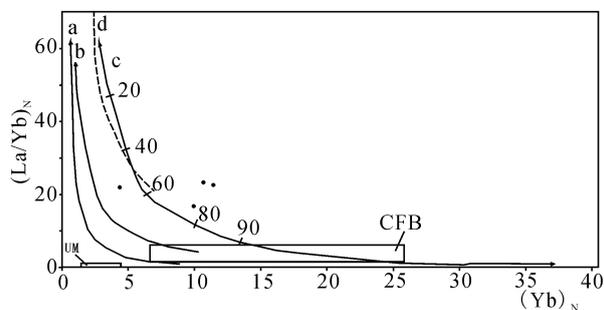


图8 汤家坪花岗斑岩的 (La/Yb)<sub>N</sub>—(Yb)<sub>N</sub> 图解  
 Fig. 8 The (La/Yb)<sub>N</sub>—(Yb)<sub>N</sub> diagram of the Tangjiaping granodiorite porphyry

UM—上地幔;CFB—大陆溢流玄武岩;实线表示 Jane 等计算的玄武质成分在不同源区的熔融趋势线:a—石榴辉岩;b—含石榴子石角闪岩;c—斜长角闪岩;d—太古宙 TTG 岩石分布区;e—斜长角闪岩熔融残余成分的演化趋势;●—汤家坪花岗斑岩投点

UM—the Upper Mantle; CFB—Continental flood basalt; solid lines are melt tendency lines of basaltic component in different resource area calculated by Jane et al.: a—quartz eclogite; b—amphibolite with garnet; c—plagio-amphibolite; d—Archean TTG area; e—evolution of the melt residual composition of plagio-amphibolite; ●—the Tangjiaping granitic porphyry

汤家坪花岗斑岩中广泛分布角闪安山岩包体,包体呈棱角状,与花岗斑岩接触界线清晰,在岩体内

及西部见闪长玢岩脉。据 Fernandez and Barbarin (1991)提出的基于在镁铁质岩浆注入长英质岩浆的结晶度及流变学性质的四阶段混合类型,当长英质岩浆进一步结晶,已接近于固态,可以形成裂隙,镁铁质岩浆可以沿花岗质岩石的裂隙贯入,并与其发生局部反应,形成复合或角砾状岩墙,多呈锯齿状斑块或角砾产出;到晚期阶段,花岗质岩石已固结,只能形成连续的闪长玢岩岩墙。由此推断,深部岩浆源区可能存在两种类型的岩浆,即花岗质和镁铁质,后者稍晚侵入并与前者发生混合作用。

综上所述,两陆块 A 型碰撞,俯冲楔断离拆沉,软流圈上涌,地壳岩石受热部分熔融,形成花岗质岩浆,岩浆沿构造上侵形成广泛分布的花岗岩基。其难融物质下沉及地壳的挤压隆升形成加厚下地壳(邓晋福等,1999),加厚下地壳的局部不稳定性,最终引发下地壳的拆沉作用。罗照华在研究造山后脉岩的成因时提出(罗照华等,2006),岩石圈拆沉作用将形成软流圈窗口,地幔物质快速上涌加热周围的岩石,软流圈顶界埋深达到一定深度时,可以满足处于不同深度的中性麻粒岩、基性榴辉岩和地幔橄榄岩同时发生部分熔融,形成花岗质、埃达克质及玄武质岩浆。局部地壳拆沉形成的虚脱拱形空间,为软流圈减压熔融流体系统提供了聚集场所,伸展体制下的网格状断裂系统为岩浆和高压流体提供了侵位通道。从野外观察到的辉钼矿—石英细脉切穿早期高温石英颗粒以及同成矿期的石英细脉交切错断现象可推断,岩浆上涌为多次抽吸侵位的过程,可能与深部流体压力减小与流体不断集聚增压过程有关,由此导致后期上侵的玄武质岩浆与早期花岗岩浆在通道内发生混合作用,形成汤家坪花岗斑岩体。由于角闪安山岩包体侵位较晚,其含钼矿性明显低于花岗斑岩,而期后就位的闪长玢岩脉基本无钼矿化。

## 5 结论

(1)汤家坪花岗斑岩化学成分具超酸( $\text{SiO}_2$  72.94%~77.9%)、富碱( $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$  为 7.06%~9.66%),贫钠富钾( $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  为 1.21~2.12)等特点,属超酸性铝不饱和和高钾钙碱性系列岩浆岩。岩石稀土总量为  $97.31 \times 10^{-6} \sim 275.04 \times 10^{-6}$ ,轻稀土明显富集,重稀土亏损,  $(\text{La}/\text{Yb})_N$  在 18.12~

23.52 之间,具较平坦的 HREE 配分模式,钕异常系数( $\delta\text{Eu}$ )0.46~0.59,钕负异常中等,稀土元素分布曲线为左高右平倾斜的“U”字型。

(2)汤家坪花岗斑岩体侵位于早白垩世,其形成环境为华北地块和扬子地块陆—陆主碰撞期后,区域伸展机制下的后碰撞构造环境。

(3)花岗斑岩的形成与加厚下地壳拆沉作用密切相关,拆沉作用引起下地壳不同深度位置的岩石同时发生部分熔融,生成花岗质和玄武质岩浆,后侵位的玄武质岩浆与早期花岗岩浆在通道内发生混合作用。软流圈减压熔融流体系统提供了岩浆侵位动力和成矿物质来源。

## 注 释 / Notes

① 河南省地矿厅区调队. 1994. 中华人民共和国区域地质调查报告, 1:50000, 商城幅, 达权店幅。

## 参 考 文 献 / References

- 邓晋福, 吴宗黎, 赵海玲, 等. 1999. 下地壳性质与壳幔交换. 见: 单文琅. 主编. 岩石圈构造和深部作用. 北京: 地质出版社, 1~7.
- 李诺, 陈衍景, 张辉, 等. 2007. 东秦岭斑岩钼矿带的地质特征和成矿构造背景. 地学前缘, 14(5): 186~198.
- 罗照华, 卢欣祥, 陈必河, 等. 2008. 碰撞造山带斑岩型矿床的深部约束机制. 岩石学报, 24(03): 447~456.
- 罗照华, 魏阳, 辛后田, 等. 2006. 造山后脉岩组合的岩石成因——对岩石圈拆沉作用的约束. 岩石学报, 22(6): 1672~1684.
- 马昌前, 杨坤光, 明厚利, 等. 2003. 大别山中生代地壳从挤压转向伸展的时间: 花岗岩的证据. 中国科学(D辑), 33(9): 817~827.
- 毛景文, 王登红, 余金杰, 等. 2003. 华北及邻区中生代大规模成矿的地球动力学背景——从金属矿床年龄精测得到启示. 中国科学(D辑), 33(4): 289~299.
- 毛景文, Stein L, 杜安道, 等. 2004. 长江中下游地区铜金(钼)矿床—钼年龄测定及对成矿作用的指示. 地质学报, 78(1): 121~131.
- 肖庆辉, 邓晋福, 马大铨, 等. 2002. 花岗岩研究思维与方法. 北京: 地质出版社, 1~294.
- 杨泽强. 2007. 河南商城县汤家坪钼矿辉钼矿—钼—钨同位素年龄及地质意义. 矿床地质, 26(3): 289~295.
- 张静, 陈衍景, 张复新, 等. 2002. 陕西金龙山卡林型金矿带成矿流体地球化学研究. 矿床地质, 21(3): 283~291.
- Maniar P D and Piccoli P M. 1987. Tectonic discrimination of granitoids. Geological Society of America Bulletin, 101: 635~643.
- Pearce J. 1996. Sources and settings of granitic rocks. Episodes, 19(4): 120~125.

## Geochemistry and Tectonic Setting of the Tangjiaping Mo-riched Granodiorite Porphyry in the Northern Dabie Mountains

YANG Zeqiang<sup>1,2)</sup>

1) *Third Geological Survey Team, Henan Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Xinyang, Henan, 464000;*

2) *Henan Institute of Geological Survey, Zhengzhou, 450007*

**Abstract:** Geochemical Characteristics of the Tangjiaping Mo-rich granodiorite porphyry is discussed in this paper. And the forming tectonic setting as well as the genetic mechanism of the porphyry is discriminated with diagrams. It is concluded that the chemical compositions of the Tangjiaping granite porphyry are of characteristics of superacid ( $\text{SiO}_2$  72.94%~77.9%), alkali-rich ( $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  7.06%~9.66%), K-rich and Na-depleted ( $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  1.21~2.12), with LREE-enriched, HREE-depleted, and  $(\text{La}/\text{Yb})_N$  in between 18.12 and 23.52, a relatively flat HREE distribution patterns, coefficient of Eu anomaly ( $\delta\text{Eu}$ ) 0.46~0.59, and a medium-negative Eu anomaly. So, the porphyry belongs to superacid, aluminum-unsaturated, high-K, calc-alkaline series of magmatic rocks. The Tangjiaping granodiorite porphyry was formed after the major collisional period of the North China block and Yangtze block, that is, the post-collisional tectonic setting under the regional extension mechanism. The study of amphibolite andesite enclave shows that the formation of granite-porphyry is closely correlated with delamination of the thickening lower crust, and the delamination effect led to partial melting of rocks at different depths in the lower crust simultaneously, post-emplaced hornblende andesite mixed with the early granitic magma in channel. The decompression melting fluid system of asthenosphere provides the driving force for magma emplacement and metallogenic material.

**Key words:** granodiorite porphyry; geochemistry; tectonic setting; Tangjiaping Mo deposit; Dabie mountain; Henan

