

文章编号: 1004 — 5589 (2007) 04 — 0413 — 07

河南商城鲢鱼尖变形花岗岩体地质、 地球化学及含矿性特征

张保平¹, 丁见广², 申开洪²

1. 河南省地质矿产勘查开发局 区域地质调查队, 郑州 450051; 2. 河南省地质调查院, 郑州 450051

摘要: 河南商城鲢鱼尖变形花岗岩岩体的地质、地球化学特征、成因及含矿性研究表明, 岩体具有贫 SiO_2 、 K_2O , 富 Al_2O_3 、 TiO_2 、 CaO 、 MgO 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 之特征, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 为 7.65% ~ 8.84%。 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 为 0.66~0.9; 分异指数 (DI) 为 71.2~80.7, ASI 值为 0.81~0.98, 氧化指数 (OX) 为 0.55~0.32, δ 值为 3.1~4.05, 为准铝质钙碱性岩石系列。在 An-Ab-Or 图解及 R_1 - R_2 多阳离子图解上多落于花岗闪长岩-二长花岗岩区, 为斑状二长花岗岩-斑状花岗闪长岩。岩体与围岩接触带上可形成 Cu、Pb、Zn、Ag、Mo 多金属矿 (床)。

关键词: 河南; 商城鲢鱼尖; 变形花岗岩; 地球化学; 含矿性

中图分类号: P595

文献标识码: A

Characteristics of geology, geochemistry and lithogenesis from Lianyujian deformation granite mass in Shangcheng of Henan, China

ZHANG Pao-ping¹, DING Jian-guang², SHEN Kai-hong²

1. Team of Regional Geological Survey, Henan Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development, Zhengzhou 450051, China;

2. Geological Survey Institute of Henan Province, Zhengzhou 450051, China

Abstract: The study of characteristics of geology, geochemistry, lithogenesis and ore potentiality from Lianyujian deformation granite mass in Shangcheng of Henan, shows that SiO_2 and K_2O in low contents with Al_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ are high in contents; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ranging from 7.65% to 8.84%; the ratio of K_2O and Na_2O is 0.66~0.9; the differentiation index (DI) is 71.2~80.7; the value of ASI is 0.81~0.98; the oxidation index (OX) is 0.55~0.32; and δ is 3.1~4.05. The results indicate that the mass belongs to metaluminous rocks series. The sample contents fall into granodiorite - adamellite area in the diagrams of An-Ab-Or and R_1 - R_2 more cations. The granite mass belongs to porphyritic adamellite - porphyritic granodiorite. The contact zone between the mass and country rock can form polymetallic ore (deposit).

Key words: Henan; Lianyujian of Shangcheng; deformation granite; geochemistry; ore potentiality

商城鲢鱼尖变形花岗岩体位于商城县贾家坳— 鲢鱼尖一带, 距离商城县南约 10 km 处。以往的



地质工作将其作为晚元古代苏家河群浒湾组的重要组成部分,并认为其是由混合岩化作用而成的眼球状混合岩。1:5万商城幅、达权店幅区域地质、矿产调查根据其分布位置、形态、产状、与围岩接触关系、内部构造、矿物组合及变质变形特征,将其从苏家河群中解体出来,并认为是由于岩浆侵位固结成岩以后,受区域应力的作用,发生后期的叠加变形,但总体保持岩体的外貌特征^①。本文着重阐述侵入苏家河岩群浒湾岩组、上古生界定远岩组中鲢鱼尖花岗岩体的地质、岩石地球化学特征,并就其岩浆成因类型及含矿性、构造背景等进行初步探讨。

1 区域地质背景

工作区位于秦岭—大别造山带北侧,在其漫长的构造演化中,经历了多次的伸展裂解、碰撞拼贴和多期变质作用及复杂的岩浆活动,直至最后隆起,形成了不同时代、不同建造,经历不同变形变质历史的不同地质体拼合焊接在一起的复合型造山带的面貌^[1-9]。区内基本构造格架表现为近东西向展布的强变形带及由它们分隔或被它们夹持的、变形程度相对较弱的弱变形域相间分布,强变形带及弱变形域中均表现出规模不等的网结状构造轮廓。研究区是其中变形相对较弱的区域,广泛发育中元古代苏家河岩群浒湾岩组、上古生界定远岩组及泥盆系南湾岩组。其中浒湾岩组主要岩性为黑云斜长片岩、二云斜长片麻岩、黑云钾长片麻岩夹斜长角闪片岩、斜长透闪绿泥石岩等,局部地段见眼球状糜棱岩;定远岩组主要岩性为浅粒岩夹角闪片岩、斜长透闪绿泥石岩等。南湾岩组为黑云绿帘石英片岩、黑云石英片岩、黑云变粒岩夹浅粒岩。此外,区内尚有大量的燕山期侵入岩体出露。

2 岩体地质特征

商城鲢鱼尖变形花岗岩体平面上呈狭长带状,呈北西—南东展布,长约8 km,宽度约2.5 km,面积约9 km² (图1)。北部与上古生界定远岩组呈韧性剪切带接触,在岩体的西北部部分地段可见明显侵入接触关系 (图1)。而大部分地段均为韧性剪切带接触,接触界面两侧面状组构产状一致。这些特征说明该岩体侵位后与围岩一起共同经受了同一方向应力作用。在南侧鲢鱼尖花岗岩体 (长英质

糜棱岩) 中可见围岩捕虏体 (片岩或片麻岩)。由以上特征可知,鲢鱼尖变形花岗岩体,在岩浆固结成岩以后,受后期构造应力的作用与围岩一起发生变形,原先的侵入构造大部分改造消失,沿长轴定向拉长。

由于受后期区域构造应力的作用,使岩体发生强烈的改造,并发生韧性变形,原岩面貌消失,经野外详细的工作,结合室内镜下鉴定结果,综合分析表明,岩体变形后主要为长英质糜棱岩,风化后灰白—灰黄色,新鲜面浅灰红色,岩石致密坚硬,由碎斑和碎基两部分组成。具碎斑结构、糜棱结构,眼球状构造,碎基具眼球状纹理构造,假流纹构造。碎斑由斜长石、钾长石 (微斜长石) 组成,含量为12%~34%,其中斜长石5%~32%、钾长石2%~20%。眼球状产出,经过旋转变形沿长轴定向排列,晶体具不均匀绢云母化,粒径最大可达3 mm×6 mm~4 mm×2 mm,最小约0.5 mm。由于长石矿物能干性相对较强,在相同的应力作用下,发生脆性变形,在晶体内部裂纹发育,边缘细粒化,镜下产生不均匀的消光,晶格发生位移。两端颗粒变细,形成压力影。

碎基矿物主要由斜长石、钾长石、石英、黑云母、白云母、绿帘石、绿泥石组成。其中斜长石39%~46%、钾长石10%~45%、石英15%~22%、黑云母2%~5%、白云母2%~10%、绿帘石2%~3%、绿泥石2%~6%。碎基矿物,粒径多为0.05 mm,部分在0.01 mm以下,少部分发生动态重结晶。矿物定向排列,围绕碎斑 (眼球) 分布,形成眼球状纹理构造及糜棱面理,石英被拉长,呈条带定向排列,形成拔丝构造。镜下观察,石英的核幔构造发育。片状云母质矿物,多呈集合体状态出现,由细小的云母片组成,产生揉皱和云母鱼。说明岩体在强烈的构造应力的作用下,发生韧性变形,从而使矿物定向排列,拉长,形成糜棱岩。在分布上与相邻地层单元,发生多期变形的构造片岩接触。

经过系统测量其S—C面理之间的夹角,从南向北角度由大变小,其应变强度由小变大呈规律性

①河南省区域地质调查队,1:5万商城幅地质图说明书,郑州:河南省区域地质调查队,1992。

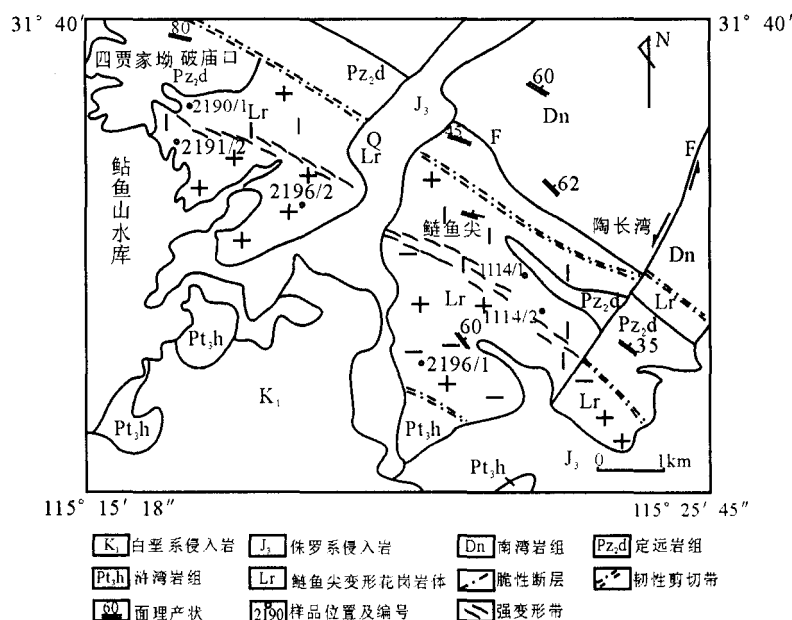


图1 河南商城鲢鱼尖一带地质略图

Fig.1 Geologic sketch of Lianyujian area of Shangcheng County in Henan

变化^[10]。

3 岩体矿化特征

岩体侵位于原苏家河群汴湾岩组、上古生界定远岩组之中，接触带上主要有绿泥绿帘石英片岩、绿帘黑云石英片岩、绿泥石英岩、含石榴绿泥石英片岩和绿帘钠长石岩等，这些岩石均有不同程度的糜棱岩化特征。

(1) 矿化多产在岩体内外接触带上，矿化内接触带主要为糜棱岩化斑状花岗闪长岩，绿泥石化、绿帘石化普遍。外接触带主要有绿泥绿帘石英片岩、绿帘黑云石英片岩、绿泥石英岩、含石榴绿泥石英片岩和绿帘钠长石岩。受北西及北东向断裂的控制，矿（化）体多产在次一级破碎带中，带宽一般1.5~2 m。原生金属硫化物多呈浸染状、次生孔雀石和褐铁矿多呈薄膜状沿岩石裂隙面发育。矿石多呈它形-半自形晶粒状结构、交代结构，浸染状构造，硅化强烈。

(2) 矿石品位为0.3%~1% Cu、0.22%~0.3% Pb、0.3%~3.4% Zn、5%~50g/t Ag、0.01%~0.003% Mo^①。

(3) 矿化带均受到晚期韧-脆性断层的改造而发生变形，从剪切带向岩体边部矿化有所减弱。

4 岩石地球化学特征

4.1 岩石化学

硅酸盐岩石分析结果及有关参数见（表1、2）。

由表1、2可知：6个样品SiO₂ 61.8%~67.44%，Al₂O₃ 16.89%~15.23%，CaO 2.22%~3.28%，MgO 2.23%~1.09%，K₂O 3.05%~3.79%，Na₂O 4.15%~6.60%，与黎彤、饶纪龙（1962年）中国花岗岩平均化学成分相比，6个样品均具有贫SiO₂、K₂O，富Al₂O₃、TiO₂、CaO、MgO、Fe₂O₃+FeO特征。在化学成分上基性组分含量较高，Na₂O+K₂O为7.65%~8.84%。K₂O/Na₂O为0.66~0.9，贫钾富钠，分异指数（DI）为71.2~80.7，ASI值为0.81~0.98，氧化指数（OX）为0.55~0.32，δ值为3.1~4.05，为准铝质钙碱性岩石系列。在利用Ab-An-Or（图2）投点，属花岗闪长岩和二长花岗岩，并且二者投点比较接近。在R₁-R₂多阳离子图解上投点^[11]（图3）多落于英云闪长岩和花岗闪长岩区，实际矿物中暗色矿物含量<10%，岩石化学成分与花岗闪长

①河南省区域地质调查队，1:20万商城幅矿产报告，郑州：河南省区域地质调查队，1980。

岩相比较接近。因此鲢鱼尖变形花岗岩为花岗闪长岩。由于受后期区域构造应力的作用, 矿物定向, 斑晶定向旋转, 少部分保持原来的晶形特征, 因此其原岩可能为斑状花岗闪长岩。

表1 鲢鱼尖变形花岗岩体岩石化学成分

Table 1 Chemical composition of Lianyujian deformation granite

样号	岩 石 化 学 成 分												
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	LOI	总量
2190/1	61.8	16.68	0.90	3.11	2.23	3.32	2.50	0.14	0.27	3.05	6.60	1.44	100.04
1114/1	67.44	15.23	0.54	2.22	1.09	1.69	2.09	0.12	0.17	3.75	4.15	1.04	99.53
2191/2	62.3	16.89	0.56	3.28	1.89	2.58	2.40	0.13	0.18	3.79	5.05	1.09	100.14
1114/2	63.92	16.09	0.68	2.39	1.43	1.98	2.12	0.15	0.26	3.69	5.08	1.36	99.95
2196/1	65.89	16.26	0.88	3.09	2.09	3.27	2.38	0.16	0.22	3.19	6.15	1.29	100.07
2196/2	64.02	16.42	0.78	2.59	2.21	3.02	2.26	0.11	0.24	3.22	6.53	1.23	100.13

表2 鲢鱼尖变形花岗岩体 C.I.P.W 标准矿物及有关参数

Table 2 C.I.P.W standard mineral and correlation parameters for Lianyujian deformation granite mass

样号	C.I.P.W 标准矿物											其它参数				
	AP	IL	Q	Or	Ab	An	Mf	ASl	En	Fs	Di	K ₂ O+Na ₂ O	K ₂ O/Na ₂ O	δ	AR	OX
2190/1	0.64	1.71	15.83	18.03	38.92	13.66	4.06	0.81	5.55	1.91	71.2	7.65	0.66	3.1	2.26	0.32
1114/1	0.40	1.03	24.87	22.16	35.11	9.90	2.45	0.98	2.72	1.77	80.7	7.9	0.90	2.25	2.65	0.
392191/2	0.39	1.06	8.59	22.34	42.65	12.24		0.86	3.93	2.00	74.4	8.84	0.75	4.05	2.56	0.54
1114/2	0.57	1.29	13.75	21.81	42.99	10.23		0.93	3.54	1.65	79.63	8.77	0.73	3.54	2.81	0.54
2196/1	0.48	1.67	13.39	18.85	43.58	10.07		0.81	5.21	1.83	76.8	8.34	0.62	3.33	2.63	0.55
2196/2	0.52	1.48	13.41	19.03	42.48	11.44		0.85	5.50	1.70	75.86	8.25	0.64	3.24	2.53	0.55

注: 河南地矿局区调队实验室测试, 1992

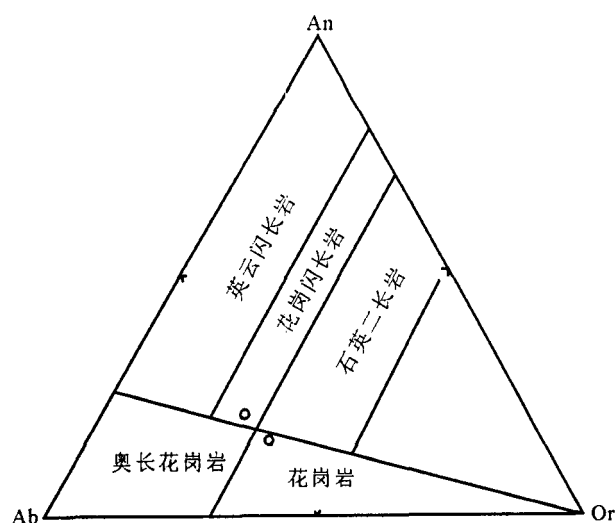
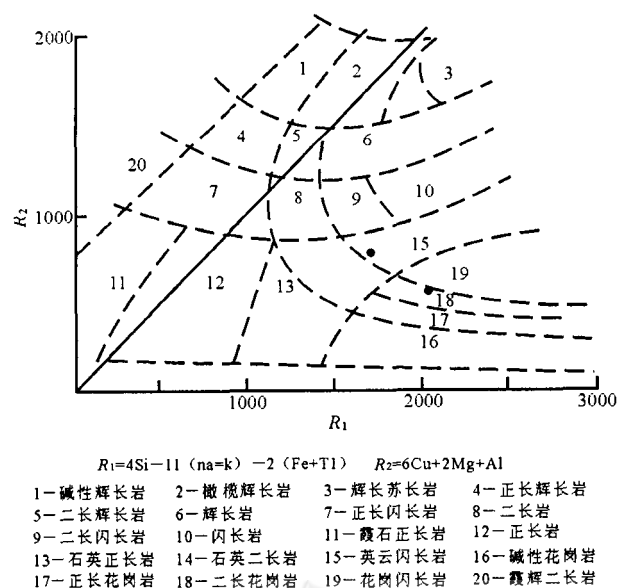


图2 鲢鱼尖岩体 An-Ab-Or 图解

Fig.2 An-Ab-Or diagram for Lianyujian pluton

图3 鲢鱼尖岩体的 R_1 - R_2 图解^[11]Fig.3 R_1 - R_2 diagram for Lianyujian pluton

4.2 稀土元素

分析结果及有关参数见表 3。

稀土总量 ΣREE $210.78 \times 10^{-6} \sim 288.03 \times 10^{-6}$ ，轻重稀土比值 ($\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$) 为 $5.068 \sim$

5.713 ，轻稀土中等富集，铕异常系数 (δEu) 为 $0.7 \sim 0.857$ ，具轻微的负铕异常，稀土元素分布模式曲线为左高右平，向右倾斜之的滑曲线，与华南同熔型花岗岩分布曲线相似 (图 4)^[12-15]。

表 3 鲢鱼尖变形花岗岩体分析结果及有关参数

Table 3 Analysis result of REE and correlation parameters for Lianyujiang deformation granite mass

样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy
1114/1	46.77	81.55	8.67	32.04	5.84	1.18	4.52	0.73	3.82
2190/1	59.01	115.5	11.73	48.5	8.28	2.09	6.19	0.79	4.71
2191/2	45.38	98.36	8.32	39.29	5.66	1.28	4.89	0.76	3.99
1114/2	48.49	100.22	10.37	47.58	8.02	1.99	5.26	0.74	4.09
2196/1	50.28	114.09	9.68	46.02	7.91	1.65	6.08	0.77	4.62
2196/2	58.89	99.04	11.02	35.94	6.59	1.58	5.01	0.75	4.12
样号	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	$\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$	δEu
1114/1	0.79	2.05	0.32	2.2	0.37	19.94	210.78	5.068	0.7
2190/1	0.93	2.58	0.4	2.51	0.40	24.5	288.03	5.705	0.875
2191/2	0.76	2.02	0.38	2.25	0.39	20.09	233.82	5.5809	0.73
1114/2	0.88	2.32	0.31	2.50	0.37	22.45	255.59	5.5671	0.88
2196/1	0.91	2.18	0.35	2.32	0.33	23.31	270.5	5.6185	0.7
2196/2	0.79	2.43	0.34	2.44	0.36	21.05	250.35	5.7136	0.81

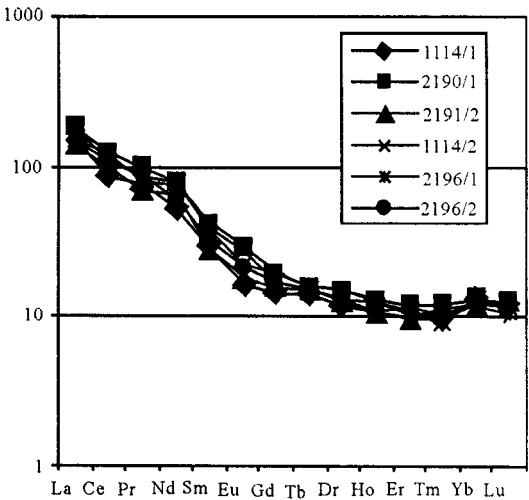


图 4 稀土元素球粒陨石标准化分布型式图

Fig.4 REE distribution pattern for normalized chondrite

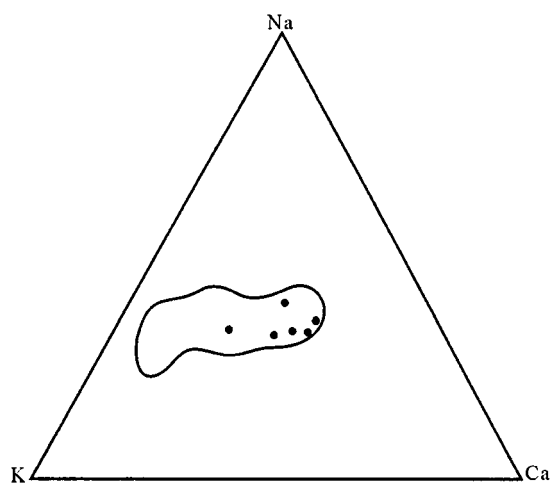
5 形成时代及成因

一般认为地壳下部的基性岩浆经过结晶分异形成的火成岩，具有从基性-中性-酸性的岩石组合，成分上是连续渐变。野外地质调查表明，鲢鱼尖变

形花岗岩体未见有与其共生的基性、中性的岩石，因此其形成不是由于结晶分异作用造成。而是由于地壳下部物质部分熔融而成。在 K-Na-Ca 图 (图 5, 6) 上投点，均落于岩浆花岗岩区，说明其是由岩浆上侵而成，而不是通过混合岩化交代而成^[16]。

区域地质资料表明，鲢鱼尖变形花岗岩体 (长英质糜棱岩) 呈串株状沿近东西向展布，位于桐一商韧性断层南侧 (区内破庙—陶长湾韧性剪切带)。鲢鱼尖变形花岗岩体与桐一商韧性断层联系密切，说明了它的形成及后期变质变形均与桐柏—商城断裂带有密切的成因联系。测区外围宜昌地质所采集三组 Rb-Sr 全岩等时线年龄为 (236 ± 11) Ma、 (225 ± 8) Ma、 (259 ± 33) Ma，为印支早期所经受的变形年龄^①。而整个桐柏—大别山区至今为止，并未真正发现加里东期花岗岩。因此，推测其形成时代应早于印支早期，晚于加里东期，为海西期由南向北推覆过程中岩浆活动的产物。

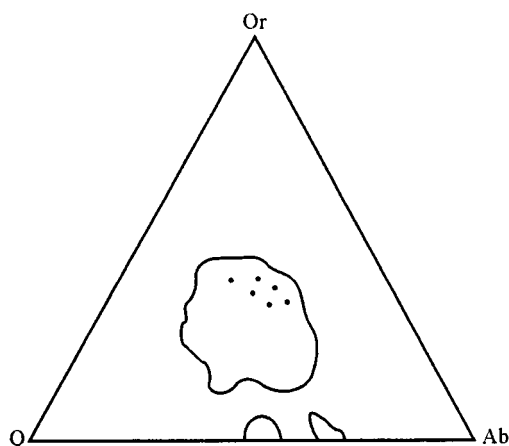
①湖北宜昌地质所. 1:20 万商城幅矿产报告. 郑州: 河南省区域地质调查队. 1980.



图中圈定的范围为岩浆型其它为交代类型

图5 岩浆花岗岩及交代花岗岩的Ca-Na-K图

Fig.5 Ca-Na-K diagram for magmagranite and metasomatic granite



图内所圈定的范围为Winkler和Vonploten,1961给出的花岗岩质岩区

图6 鲢鱼尖花岗岩体的标准矿物Q-Or-Ab图解

Fig.6 Normative mineral Q-Or-Ab diagram for Lianyu-jian pluton

其形成及变形过程可概述为:

(1) 桐一商韧性断层(区内破庙—陶长湾韧性剪切带)海西期构造运动表现为由南向北的推覆,白云石英构造片岩发生变形,并且在内部发育了S-C组构,在由南向北的推覆过程中,局部地方出现张裂隙,为后期岩浆的侵入提供了通道。

(2) 位于地壳下部的岩浆,沿着张裂隙提供的通道上侵,向四周扩张开辟空间,并且逐步结晶固结成岩。在这一岩体就位过程中,形成了本区的铜及多金属矿化。鲢鱼尖变形花岗岩体岩石学、地球化学及含矿特征,以及其接触带附近的绿泥绿帘石

英片岩、绿帘黑云石英片岩、绿泥石英岩、含石榴绿泥石英片岩和绿帘钠长石岩等特征,很可能暗示了本区矿化类型与斑岩型矿床特征相似。岩体绿泥绿帘石英片岩等很可能是斑岩型矿化的青磐岩化蚀变岩的变形产物,虽然目前还不清楚绿泥绿帘石片岩等岩石,哪些是斑岩体蚀变的产物,哪些是属于地层单元。

(3) 印支早期,断层继续活动,表现为近东西向的左旋剪切^[16],这时已固结成岩的深成岩体(包括鲢鱼尖岩体),一起遭到构造应力的作用,发生韧性变形,内部出现山旋转碎斑及压力影,面理褶皱,石英拉长,从而形成现在所看到的岩体面貌。

致谢: 本文资料来源于1:5万商城幅区域地质矿产调查工作成果(参加工作的人员还有彭松民、刘振宏等),成文过程中得到河南地矿局区调队、教授级高级工程师裴放的指导,在此一并致谢。

参考文献:

- [1] 杨志坚. 试论桐柏—大别地质构造演化特征 [J]. 地质学报, 1982, 56 (2): 123.
YANG Zhi-jian. The characteristics of geological and tectonic evolution of the Tongbai - Dabie Mountains [J]. *Acta Geologica Sinica*, 1982, 56 (2): 123.
- [2] 索书田, 游振东, 朱宝康, 等. 大别变质地体的构造样式及变形序列 [J]. 地球科学, 1988 (4): 341-350.
SUO Shu-tian, YOU Zhen-dong, ZHU Bao-kang, *et al.* The structural patterns and deformation sequences for Dabie metamorphic terrane [J]. *Earth Science*, 1988 (4): 341-350.
- [3] 河南省地质矿产局. 河南省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1989: 395-467.
Henan Bureau of Geology and Mineral Resources. Regional geology of Henan Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989: 395-467.
- [4] CONG Bo-lin. Ultrahigh-pressure metamorphic rocks in the Dabieshan-Sulu region of China [M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996: 224.
- [5] 河南地矿厅. 河南省岩石地层 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 1-299.
Department of Geology and Mineral Resources of Henan Province. Stratigraphy (lithostratic) of Henan Province

- [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996: 1-299.
- [6] 从柏林, 王清晨. 大别山—苏鲁超高压变质带研究的最新进展 [J]. 科学通报, 1999, 44 (11): 1127-1141.
- CONG Bo-lin, WANG Qing-chen. The last development of the study of Dabie - Sulu UHPM belt [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1999, 44 (11): 1127-1141.
- [7] 索书田, 钟增球, 游振东. 大别地块超高压变质期后伸展变形及超高压变质岩折返过程 [J]. 中国科学 (D辑), 2000, 30 (1): 9-17.
- SUO Shu-tian, ZHONG Zeng-qiu, YOU Zhen-dong. Post-UHP metamorphism extensional deformation and the UHP rocks exhumation in the Dabie block [J]. *Science in China (Ser. D)*, 2000, 30 (1): 9-17.
- [8] 林伟, 王清晨, Fauer M, 等. 大别山的构造变形期次和超高压岩石折返的动力学 [J]. 地质学报, 2003, 77 (1): 44-54.
- LIN Wei, WANG Qing-chen, Fauer M, *et al.* Different deformation stages of the Dabieshan Mountains and UHP rocks exhumation mechanism [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2003, 77: 44-54.
- [9] Okay A I, Sengor A M C, Satir M. Tectonics of an ultra-high-pressure metamorphic terrane: the Dabieshan-Tongbianshan orogen, China [J]. *Tectonics*, 1993 (12): 1320-1334.
- [10] 游振东, 王方正. 变质岩岩石学教程 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1988: 113-154.
- YOU Zhen-dong, WANG Fang-zheng. Metamorphic petrology [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1988: 113-154.
- [11] De La Roche H, Leterrier J, Grandclaude P, *et al.* A classification of volcanic and plutonic rocks using R_1 - R_2 diagram and major-element analyses: its relationships with current nomenclature [J]. *Chemical Geology*, 1980, 29 (3/4): 183-210.
- [12] 李昌年. 火成岩微量元素岩石学 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992: 45-58.
- LI Chang-nian. Microelemental petrology of igneous rocks [M]. Wuhan: Press of China University of Geosciences, 1992: 45-58.
- [13] 肖庆辉, 邓晋福, 马大铨, 等. 花岗岩研究思维与方法 [M]. 北京: 地质出版社, 2002: 45-58.
- XIAO Qing-hui, DENG Jin-fu, MA Da-quan, *et al.* The ways of investigation on granite [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002: 45-58.
- [14] Henderson P. Rare earth element geochemistry [M]. Amsterdam: Elsevier, 1984: 91.
- [15] 李石. 火成岩中 REE 的地球化学性状 [C] // 全国稀土地球化学学术讨论会论文汇编. 北京: 地质出版社, 1985: 7-8.
- LI Shi. Geochemistry of REE in igneous rocks [C] // The Paper Abstract Compile of REE Geochemistry Conference. Beijing: Geological Publishing House, 1985: 7-8.
- [16] 李石, 王彤. 桐柏山—大别山花岗岩类地球化学 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991: 78-80.
- LI Shi, WANG Tong. Geochemistry of granitoids in Tongbaishan - Dabieshan, central China [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1991: 78-80.
- [17] 索书田, 桑隆康, 韩郁菁, 等. 大别山前寒武纪变质地体岩石学与构造学 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993: 47.
- SUO Shu-tian, SANG Long-kang, HAN Yu-jing, *et al.* The petrology and tectonics in Dabieshan Precambrian metamorphic terranes, central China [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1993: 47.
- [18] 游振东, 索书田, 韩郁菁, 等. 造山带核部杂岩变质过程与构造解析 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991: 35-40.
- YOU Zhen-dong, SUO Shu-tian, HAN Yu-jing, *et al.* The metamorphic processes and tectonic analyses in the core complex of an orogenic belt [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1991: 35-40.