华北陆块南缘燕山期陆内造山岩浆活动特征

刘振宏^{1,2},王世炎^{1,2},张 良¹,杨长秀^{1,2},武太安^{1,2},崔霄峰^{1,2} (1.河南省地质调查院,河南郑州 450007; 2.河南地矿局区域地质调查队,河南平顶山 467021)

摘 要:在区域地质调查基础上,依据岩浆活动特点,将华北陆块南绿燕山期岩浆活动自南向北划分为合峪一二郎庙一交口 祖师顶岩浆混合花岗岩带、四棵树一神林—黄山 S型花岗岩带、太山庙—叶庄 角子山 A型花岗岩带、认为华北陆块南缘存在一个完整的陆内造山岩浆演化旋回,造山作用经历了陆内俯冲地光加厚隆起—地 壳抬升走滑剪切 地壳伸展减薄三个阶段的构造岩浆演化过程,为重塑华北陆块南缘构造演化提供了岩浆作用 方面的证据。

关键词:华北陆块南缘;燕山期;陆内造山作用;岩浆混合花岗岩;S型花岗岩;A型花岗岩
中图分类号:P588.1
文献标识码:A
文章编号:1007-6956(2004)01-0035-08

秦岭造山带在主造山期(Pt3-T2)的俯冲一碰撞,使华北陆块和扬子陆块拼合成了统一的中国大陆^[1]。到了燕山期,由于扬子陆块和秦岭造山带向北的陆内俯冲,华北陆块南缘便持续不断隆起抬升,并在陆内造山作用下,形成一系列自北向南或自南向北的大规模逆冲推覆^[2,3]和岩浆侵入活动^[4]。笔者在承担1:25万内乡县幅、平顶山市幅的区域地质调查项目过程中,对华北陆块南缘岩浆岩的岩石学、地球化学、同位素年龄学进行了系统研究,提出华北陆块南缘在燕山期经历了陆内俯冲地壳加厚隆起、抬升、走滑剪切、伸展减薄的构造演化过程新认识。

1 区域地质概况

三门峡一鲁山断裂和栾川断裂之间的豫西 地区,宽不过六、七十千米,却可划出三大构造 单元^[5],自北向南是华北陆块、华北陆块南缘、 北秦岭构造带。华北陆块具基底和盖层二元结 构,但基底大部分被稳定地台环境的盖层连续 沉积所覆盖,构造运动主要表现为断块式差异 升降及宽缓褶皱变形,岩浆活动微弱。华北陆 块南缘则大量出露基底变质岩,并有自北向南 或自南向北的大规模逆冲推覆和复杂的褶皱变 形,燕山期岩浆活动强烈,显示出强烈的陆内造 山作用。北秦岭构造带以厚皮叠瓦状逆冲推覆 为主要特征,燕山期岩浆活动相对较弱。本文 以华北陆块南缘栾川、鲁山、方城一带不同类型 花岗岩为基础,探讨陆内造山岩浆活动特征。

2 燕山期岩浆岩时空分布

华北陆块南缘燕山期的岩浆活动,以花岗 岩的大规模侵入而缺乏与之共生的火山岩为其 特征。岩体主要侵入于寒武纪以前的变质地 层,仅在方城一带零星见到侵入上白垩统。这 些岩体自南向北可划分为三个不同类型的花岗 岩带(图 1)。

南部为合峪一二郎庙一交口一祖师顶花岗 岩带,由合峪超单元、鸡冢序列、交口序列、牛心 山序列、祖师顶超单元组成。受岩浆活动影响, 栾川断裂自北向南逆冲推覆形成一系列不同规 模的外来岩片。黑云母 K-Ar 年龄 151 Ma ~ 127 Ma^①,时代为晚侏罗世一早白垩世早期。

中部为四棵树一神林一黄山花岗岩带,由四 棵树序列、神林超单元、黄山序列组成,侵入鸡家 岩体和祖师顶岩体,空间上面形分布,呈岩株产 出,其形成受北西一南东向下汤一拐河韧性剪切 带控制,具S型花岗岩特征。黑云母 K-Ar 年龄 126 Ma~ 108 Ma^{②③},时代为早白垩世中期。

收稿日期:2004-02-02

基金项目:中国地质调查局国土资源大调查项目(200113000013)

作者简介:刘振宏(1963),男,高级工程师,主要从事区域地质调查工作。

①河南省区域地质调查队.1:5万出山幅、春水幅地质图及说明书,2000.

②河南省区域地质调查队.1:5万神林幅、丹霞寺幅地质图及说明书,1993.

③河南省区域地质调查队.1:5万鲁山县幅、下汤幅地质图及说明书.1995.



图 1 华北陆块南缘地质简图

Fig. 1 Sketch map of the southern margin of North China craton

Q. 第四系; ∈. 寒武系; Pt₃ ln. 栾川群; Pt₂-₃ kn. 宽坪岩群; Pt₂ ry. 汝阳群; Pt₂ gn. 官道口群; Pt₂ xn. 熊耳群; Arth. 太华岩群; K, TξY. 太山庙序列; K, YξY. 叶庄序列; K, JξY. 角子山超单元; K, SKηY. 四棵树序列; K, SηY. 神林 序列; K, HηY. 黄山序列; K, HYηY. 合峪单元; K, JKηY. 交口序列; K, ZηY. 祖师顶超单元; J₃ JηY. 鸡家序列; Pt₃ ηY. 新元古代花岗岩; Pt₂ SY. 中元古代正长花岗岩; Sgn. 石板河片麻岩; 1. 岩浆混合花岗岩; 2. S型花岗岩; 3. A 型花 岗岩; 4. 中基性火山岩; 5. 片麻岩; 6. 片麻状花岗岩; 7. 地质界线; 8. 不整合界线; 9. 逆冲断层; 10. 区域性断裂; 11. 韧性剪切带; F1. 三门峡一鲁山断裂; F2. 车村断裂; F3. 下汤一拐河断裂; F4. 栾川断裂

北部为太山庙一叶庄一角子山花岗岩带,由 太山庙序列、叶庄序列、张士英序列、角子山超单 元组成,侵入于四棵树一神林一黄山花岗岩带, 呈不规则岩株产出。黑云母 K-Ar 年龄 121 Ma ~ 123 Ma,形成时代为早白垩世晚期。

3 岩石学特征

3.1 合峪—二郎庙—交口—祖师顶岩浆混合花 岗岩带

该岩带的岩浆活动规模较大,经历了两次以 上岩浆脉动或涌动侵入,岩性为二长花岗岩,平 面上呈套环式分布。早期形成的大斑中(粗)粒 黑云母二长花岗岩单元位于岩体边部,直接与围 岩侵入接触。向内依次为中期中斑中粒黑云母 二长花岗岩单元和晚期的含斑中细粒黑云母二 长花岗岩单元,岩石结构出现由粗到细或斑晶由 多到少的规律性变化。岩体内部暗色微粒包体 发育,大至几米,小至几厘米甚至更小,形态复 杂,类型多样,有球状、椭球状、辉圆状、透镜状、 钫锤状、扁豆状、长条状、蝌蚪状、撕裂状、火焰状 及不规则形态,与花岗岩呈弥漫型或截然形接触,接触部位花岗岩暗色矿物含量明显增多,并 出现钾长石混合斑晶或捕虏晶。暗色微粒包体 岩性为闪长岩、石英闪长岩,具岩浆成因细粒半 自形粒状结构,块状构造,由斜长石(50%)、黑云 母(25%)、角闪石(30%)及少量石英、钾长石组 成,粒度在 0.1 mm±。针状鳞灰石(1%)穿插于 其它矿物之间,并见次生加大的石英颗粒,说明 岩浆之间有成分上的交换。这类包体与马昌 前^[6]总结的北京房山岩体暗色微粒包体特征相 同,显示出较大温差条件下的岩浆混合特征。

3.2 四棵树一神林一黄山S型花岗岩带

岩浆活动相对较弱,岩性以二长花岗岩为 主,少量为正长花岗岩。岩石中含少量白云母, 斑晶为自形长条状钾长石,呈小斑出现。岩体中 富云包体(富含黑云母的包体)发育,形态为条纹 状、条痕状、似层状、透镜状、网格状及不规则状 等,与花岗岩渐变过渡。包体岩性为黑云母石英 片岩、黑云母片麻岩等,具变质成因鳞片变晶结 构,片状或片麻状构造。矿物成分以黑云母为 主,少量石英、长石等,局部可见长石、石英熔融 析出,黑云母成为难熔残留体。源岩来自于沉积 岩,显示壳源 S型花岗岩特征。

3.3 太山庙—叶庄—角子山A型花岗岩带



组成该岩带的岩体多经历了两次或三次以 上的岩浆侵入,各岩体单元间呈离散式分布,由 中粗粒正长花岗岩、似斑状中粗粒正长花岗岩、 中细粒正长花岗岩、石英正长岩及少量花岗斑岩 组成。岩石具晶洞、晶腺构造;矿物以石英、钾长 石为主,黑云母少见;具成因标志的富云包体,暗 色微粒包体少见;具 A 型花岗岩特征,与岩浆混 合花岗岩、S 型花岗岩形成较大反差。

4 岩石地球化学特征

4.1 合峪一二郎庙一交口一祖师顶岩浆混合花 岗岩带

组成该带岩石 SiO₂ 含量中等、富 FeOt,高 Na₂O,K₂O(表 1),成分与 I 型花岗岩^[7]相当。 K/Na为0.90~1.18,早期单元 K/Na<1,晚 期单元K/Na>1;A/NCK为0.98~1.06,多数 接近于1; δ 为2.28~2.63。在 SiO₂-K₂O 图 上(图 2),这类岩石属高钾钙碱性花岗岩类,与 北京房山岩体^[6]、西藏冈底斯山花岗岩^[8]及大 别山刘家洼岩体^[9]花岗岩特征相似,具岩浆混 合花岗岩特征。稀土元素(La/Yb)_N为17.65 ~27.60, δ Eu为0.67~0.89,具较强分馏程度 和弱 Eu 负异常,说明岩浆生成阶段未曾与斜长 石发生过相平衡过程,岩浆来自于加厚陆壳下部 或造山带根部^[9]。稀土元素配分模式为轻稀土 富集型(图 3a),表明岩浆生成过程出现含石榴 石的残留相或有幔源基性岩浆的加入^[10],具岩 浆混合特征。岩石过渡族元素(TME)亏损、富 集大离子亲石元素(LILE),高场强元素(HFSE) 含量接近,其中 Sr>400×10⁻⁶,在345×10⁻⁶ ~1113×10⁻⁶之间;Y<19×10⁻⁶,在5.72× 10⁻⁶~17×10⁻⁶之间,Sr/Y>20,在31.82 ~ 79.70之间,表明岩浆来自加厚地壳。配分模式 (图 4a)出现 Ba、Nb、P、Ti 负异常和 Th、Nb、Yb 正异常。Rb/Sr(0.10~0.54)、Rb/Ba(0.04~ 0.12)相对较低,与 I 型花岗岩^[7]相似,表明岩浆 形成过程有较多基性组分的加入。

4.2 四棵树一神林一黄山S型花岗岩带

该岩带与岩浆混合花岗岩在化学成分上比较 接近(表 1),K2O有所增加,CaO、MgO 略有减少, 显示成分上的连续性,与S型花岗岩^[7]接近。K/ Na 多数>1,在 0.99 ~ 1.24 之间, A/NCK 为 1.02 ~ 1.09,在 SiO₂ - K₂O 图上(图 2),显示出 高钾钙碱性花岗岩特征。稀土元素(La/Yb)N为 10.12~18.81, 81, 81, 0.81~0.43, 除神林招单 元具弱 Eu 负异常外,大多数表现为较低的分馏程 度和明显的 Eu 负异常。配分模式(图 3b)属轻稀 土富集型,曲线为向右倾的不对称 V 字型,与岩 浆混合花岗岩差别明显,显示出壳源型花岗岩特 征。微量元素富 Rb,高 Y,低 Sr、Ba,其中,Y 多数 大于 19×10-6, 为 9.08×10-6~31.14×10-6; Sr<400×10⁻⁶,为238×10⁻⁶~380×10⁻⁶;Sr/ Y<20,在 9.24 ~ 41.85; Rb/Sr、Rb/Ba 分别为 0.44 ~ 0.93 和 0.16 ~ 0.31;配分模式(图 4b)出 现明显 Ba、P、Ti 负异常和 Th、Ce 正异常, 显示了 壳源S型花岗岩特征。

4.3 太山庙---叶庄---角子山 A 型花岗岩带

正长花岗岩高 SiO₂,富 K₂O,贫 Al₂O₃、CaO、 MgO(表 2),K/ Na 为 1.10 ~ 1.70,A/NCK 为 1.02 ~ 1.11,属富鉀的铝质一过铝质花岗岩系。 石英正长岩富 Al₂O₃、FeOt、CaO、MgO,在 SiO₂ – K₂O 图上(图 2)分属高钾钙碱性花岗岩和钾玄岩 系。稀土元素(La/Yb)_N 为 6.12 ~ 26.71, δ Eu 为 0.21 ~ 0.69,具较低分馏程度及明显的 Eu 负异 常,配分模式为轻稀土富集型,曲线为右倾不对称 V字型(图 3c)。微量元素富集 Nb、Ta、Ce、Y、Ga, 亏损 Sr、Ba, Rb/Sr 和 Rb/Ba 分别为 0.32 ~ 10.68和 0.15 ~ 1.94, 配分模式(图 4c)出现 Ba、Sr、Ti 负异常和 Th 正异常, 与 Whalen^[11]总结的

A型花岗岩特征相同,具陆内造山作用后期拉张 环境下岩浆活动特征,该岩带的形成标志着陆内 造山作用的结束。

	表工	岩浆混合花岗岩、	5型花岗岩化学	成分、稀土元素和	1 微量元素分析组	吉果
Table 1	Analysis 1	results of chemical,	REE and trace	elements from the	magma-mixed a	nd S-type granites

岩帯	合峪	郎庙 交	口 祖师	顶岩浆准	合花岗	岩带 (m;	agma-mixeo	granite)	四棵树 神林-	- 黄山 S ;	製花岗岩	带(Stype	e granite
岩体	合峪	通单元	鸡冢	序列	交口	序列	祖师顶	超单元	伸林趙单元	四棵相	对序列	黄山	序列
代号	H · 1	H-2	J-1	J 2	JK-1	JK-2	Z-1	Z 2	S	SK-1	SK 2	HS-1	HS-2
样数	11	5	2	2	3	2	5	4	4	4	5	2	2
SiO ₂	70.3	70, 55	69.44	66,87	69.45	72.44	69, 91	70, 72	70.52	70.36	69,05	71.19	72, 52
TiO_2	0.33	0.3	0, 30	V. 47	0.34	0.28	0, 33	0.23	0, 31	0.30	0, 38	0.32	0.29
Al_2O_3	14.4	14.63	15.04	15.23	14.73	14.76	15.38/	15.34	14.43	14.77	14.94	14.66	14, 21
Fe_2O_3	1, 31	2.19	1, 13	1,76	1, 81	1.44	1.53	1,00	1, 75	1.31	1.45	1.68	1,01
FeO	1.52	0, 76	2,09	2.28	1.18	0.98	0.96	0, 90	1, 48	1.62	1.91	0.50	1, 35
MnO	0.09	0, 05	0.07	0.16	0.06	0, 03	0.06	0.05	0,08	0.09	0.06	0.06	0,07
MgO	0.85	0.71	0.68	t, 99	1.26	0, 70	0.82	0, 62	0,61	1.03	1.04	0, 51	0.65
CaO	1.65	1.44	2, 30	2, 14	2.17	0.54	1,96	1.70	1,21	1.25	1,80	1.56	1.49
Na ₂ O	4.13	3.91	4.18	4.12	4.15	3, 83	4.29	4.23	4,03	3, 85	4.18	3, 84	3.93
K ₂ ()	4.25	4.6	3, 90	3.71	3.91	4, 38	3.63	4.32	4.11	4,51	4, 18	4,25	3, 90
P_2O_5	0.14	0,12	0.21	0, 29	0,20	0.14	0, 17	0,10	0. t7	0.15	0, 16	0.10	0,08
Loss	0, 65	0.99	0.57	0, 85	0.43	0, 66	0, 81	0.48	0, 91	0,65	0.62	0.99	0,26
Total	99.59	100,07	99, 89	99, 82	99.69	100, 15	99, 84	99, 69	99, 58	99, 91	99, 75	99, 64	99, 74
La	53.47	70.15	47.14	60, 42	51.26	34, 94	42, 24	49,66	29, 87	55, 44	88, 79	43, 63	41.01
Ce	99, 59	121.68	84, 25	112,92	78.55	66, 65	75.13	88,06	58, 54	107, 42	173,71	90, 77	79.63
Pr	9.51	12.28	8,14	11.07	8,12	6, 18	9, 89	8, 38	5.64	11.76	17.96	9, 395	8.85
Nd	35.84	42.45	29, 93	40.24	27.19	20.66	26, 88	31.29	20, 70	37.96	58,67	30, 17	28, 11
Sm	6.03	6.32	4.40	6.61	4.39	3.43	4.32	5.03	3.63	6, 682	9.59	5.31	4.845
Eu	1.13	1,26	1,12	1.48	1.04	0, 74	0, 91	1.13	0, 84	0.828	1,24	0.835	0.645
Gd	3.93	4.07	3.06	4.54	3, 29	2.06	3,05	3.54	2, 57	4.922	6,73	4.105	3,72
ТЬ	0.56	0.56	0.38	0, 65	0.37	0.25	0, 42	0, 45	0, 37	0, 778	1.01	0, 635	0.6
Dy	3, 19	2.87	2.03	3.21	2.02	1.22	1.96	1, 85	1, 83	4.63	5, 97	3.35	3.4
Ho	0, 61	0, 55	0, 37	0.63	0.47	0,20	039	0,40	0, 35	0, 93	1, 19	0,7	0,68
Er	1.66	1.43	0, 93	1.61	1,15	0.52	1.01	1.04	0, 91	2, 64	3, 19	1, 98	1.98
'I'm	0.28	0.23	0.15	0, 28	0.13	0.07	0.17	0.16	0, 15	0, 43	0, 52	0, 33	0.35
Yb	1,76	1,45	0.95	1.54	1.07	0.50	0.99	1,02	0, 92	2,68	3.11	2.18	2.36
Lu	0, 28	0.23	0, 15	0, 23	0.17	0.08	0.14	0,15	0, 15	0, 41	0, 47	0,35	0.38
<u> </u>	1/		10.57	15.80	10, 54	5.72	9.13	10.66	9,08	25,90	31.14	19, 18	20, 96
NG	24.7	10	0.2	9.7	N. I	3.3	14, 12	10,90	3.6	53, 3	6.4	16, 45	4.3
C=	50	51	4-1	0.9	0.7	5.7	5, 38	4, 93	4.9	4,8	4.9	4,70	5.7
v	38	26	32.6	41 57.2	JL. 0 45	50,4 34 3	30.03	15, 75	63.9	5.5	32, 0	23.10	138.0
Rh	199	170	136.4	111	116	24.5	128 40	120	32.5	37.3	39.8	21,90	23.2
Sr	541	559	838	1113	840	345	616 6	570 5	380	197,0	1/1.5	221, 50	211.5
Ba	1626	2060	1387	2479	1851	1300	1479	1571	644	232, 6 1170, 1	1001 6	238.00	239.5
Nb	42.2	38.6	28.5	24 7	18.8	19.7	19	17	13.90	767.2	34.05	21 05	0/0.5
Ta	5.7	3, 85	2.7	1.8	2	1.8	1, 44	1.49	1	2.982	3 465	⊿1,95 1.90	22.1
Hf	6.4	7, 45	4.9	6.9	4.4	4, 3	6.16	5, 38	• 4, 40	6.934	8,865	6.00	2.2 5 7
Sc	1.8	2,0	3	4.87	3, 16	1,93	2.94	2, 35	2, 41	4, 72	4, 10	4 25	э. / д 7
Ζī	215	246	169.7	192	122	143	180, 8	156.75	118	213.6	278	183.50	159.5
Ga	18, 7	21	24.6	14.6	17.5	19, 8	19.34	21.90	17.3	18,35	17, 25	23, 30	18.1
Th	14, 3	13.75	15	9.7	12, 5	10, 7	14.60	15, 8	11.2	19.34	20, 35	27.70	20, 9

资料来源:1:25 万内乡县幅、平顶山市顿区调:1:5 万鲁山县镇、下汤幅、丹霞寺幅、神林幅、张官营幅、保安幅、春水幅、张台幅、出山 幅、尚店幅、旧县幅区调:化学成分单位为 ut %;稀土、微量元素单位为×10⁻⁶;H-1、大班中粗粒黑云母二长花岗岩:H-2、中斑中粒黑云母 二长花岗岩;J-1、大斑中粒黑云母二长花岗岩;J-2、小斑细粒黑云母二长花岗岩;JK-1、大斑粗中粒黑云母二长花岗岩;JK-2、含中斑中粒黑 云母二长花岗岩;Z-1 大斑中粒黑云母二长花岗岩;Z2、小斑中细粒黑云母二长花岗岩;化学成分由河南区调队化验室分析;稀土、微量元 素由湖北省地质实验研究所测试

岩 体	太山	 唐序列	<u> </u>	角子山	角子山超单元		
代号	T -1	T 2	Y	JZ-1	JZ-2	ZS	
样数	1	1	1	3	4	5	
SiO ₂	76.37	75,14	71,66	74, 17	74.56	67,28	
TiO,	0, 17	0.22	0, 43	0. 23	0.27	0.60	
AbO	12.34	12.89	13. 57	13.38	13.52	14, 48	
Fe ₂ O ₂	0.82	1.11	0.02	0.86	0.96	1 40	
FeO	0.56	0.47	2.65	1 13	0.77	2 20	
Mn()	0.07	0.15	0.05	0.07	0.07	0.08	
Ma()	0.18	0.26	0.05	0.46	0.01	1 34	
C.O.	0.451	0.52	0.57	0.96	0,21	1.54	
Cat)	2.051	0.32	0.37	0.96	0.08	2, 14	
Na ₂ O	2.95	5.14	4.05	3,80	4.08	4. 35	
K ₂ O	4.9	5.33	5.05	4, 75	4.48	4, 80	
P_2O_5	0.21	0.037	0,14	0,07	0,06	0.32	
Loss	0.82	0.78	1, 12	0.50	0.41	0, 50	
Total	99, 85	99.92	99, 72	100.36	100,07	99, 49	
La	39.06	61.05	122	63, 68	56, 34	82, 3	
Ce	75.81	102, 80	233. 4	101.26	105.36	141.7	
Рт	8.12	12, 25	24, 22	10.02	10.22	14, 14	
Nd	23, 78	38.58	70.81	27, 46	29, 93	45. 14	
Sm	4.12	6.33	10, 23	4, 14	4.81	6.47	
Eu	0.34	0.80	0, 89	0.475	0.41	1.26	
Gd	3, 30	4.81	6.95	3.04	3, 48	4.32	
l b To	0.64	0, 79	0.89	0,46	0.59	0.62	
Dy	3.88	4. 22	5, 42	2, 21	3.44	3, 23	
но	0.82	0,80	1, 1	0.48	0.69	0.59	
Er	2,84	2.37	2.69	1.38	2.10	1.69	
1 m	0.52	0.40	0,45	0,24	0.39	0.27	
Y D	3. /1	2,64	2,78	1.8	2.88	1.79	
Lu	0.53	0.40	0,45	0.27	0, 43	0.25	
1 ()-	26, 21	23.37	27.89	13.61	22, 48	17, 38	
CO NC	25	24. 5		3.2	2.5	7.6	
ini Cr	5,0	0, 3 =		4.8	4, /	9.6	
v	.) 11 8	5 24 2		0.9	1.42	125	
r RI	321	24.2	147	10,0	15.0	56.4	
Sr.	31	172	147	477.5 103.0	213.3	189	
Be	171	197	962	103. 0 420. 0	37, 1 776 D	144.0	
Nb	64-3	40.2	702 43.60	420.0	2/0.U	144.9	
. т., Т.,	0 1 .J	-v.2 5.6	3 26	3 5	J4. /	33,60	
H	6.1	73	11 40	5.5	++, / 10_1	2.9	
Sc	1 5	3.0	11.40	J./ 2 5	20.1	y, 50 4 2	
7r	157	22.2	300	2. J 176 5	J. 4 748 7	4. 3	
Ga	23 5	23.9		19.3	18.8	20V 10.4	
Th	63	39.9	54	44 4	30.6	17.4	
* **	V	J &		TT. T	12 11		

表 2 太山庙一叶庄一祖师顶 A 型花岗岩化学成分、稀土元素和微量元素分析结果 Table 2 Analysis results of chemical, REE and trace elements from the A-type granites

资料来源:1:25 万内乡县幅、平顶山市幅区调:1:5 万鲁山县幅、下汤幅、丹霞寺幅、神林幅、张宫营幅、保安幅、春水幅、张台幅、出山幅、尚店幅、旧县幅区调:化学成分单位为 wt %、稀土、微量元素单位为×10⁻⁶;T-1.中粗粒正长花岗岩;T-2.细中粒正长花岗岩;Y,中粗粒正长花岗岩;JZ-1.中斑中粗正长花岗岩;JZ-2.中粗粒正长花岗岩;ZS.石英正长岩;化学成分由河南区调队化验室分析;稀土、微量元素由湖北省地质实验研究所测试



5 岩浆活动与陆内造山作用

花岗岩作为大陆地壳的主要组成,其形成 与壳幔相互作用和大陆的构造演化密切相关。 不同源岩、不同构造背景下所形成的花岗岩,具 有不同的岩石学及地球化学特征,因此,花岗岩 的研究对重塑大陆地质和构造演化有着重要意 义。华北陆块南缘不同类型岩浆活动特征显示,陆内造山岩浆活动经历了岩浆混合花岗岩

-S型花岗岩-A型花岗岩的连续演化。



(样号见表1、2)

早期合峪一二郎庙一交口一祖师顶岩浆混 合花岗岩带的岩浆活动强烈,大量暗色微粒包 体的出现以及地球化学所反映出的高钾、富碱、 弱 Eu 负异常、大离子亲石元素富集,以及高 Sr、 低 Y 等特点,表明岩浆形成过程中有大量幔源 基性岩浆的加入,壳幔之间有着相互作用,岩浆 上升侵位过程中同化混染机制(AFC)起到了重 要作用,岩体的形成与俯冲板片的熔融或加厚 地壳底部的基性岩石部分熔融有关。袁学 诚^{12]}、程顺有^[13]、路凤香^[14]的研究结果表明, 燕山期南秦岭上地幔以鳄鱼式构造俯冲到北秦 岭构造带和华北陆块的下部或上地幔,形成以 莫霍面为底面的地壳叠置加厚。南秦岭上地幔 岩浆物质的侵入和底侵作用使华北陆块南缘下 地壳物质发生部分熔融,形成花岗质岩浆和地 幔岩浆的混合。示踪同位素特征显示^[15],华北 陆块南缘花岗岩来自于下地壳太华群的部分熔 融。包体形态及岩体组构表明,岩浆形成过程 中经历了较长距离的迁移。地表受陆内俯冲作 用影响,栾川断裂自北向南逆冲推覆。因此,晚 侏罗世一早白垩世的华北陆块南缘,处在强烈 的陆内俯冲背景下的地壳加厚、岩浆混合及增 生阶段。

中期加厚地壳在俯冲作用下快速抬升,受 下汤一拐河断裂带走滑剪切作用影响,上地壳 重熔形成以四棵树一神林一黄山岩带为代表的 S型花岗岩。一般认为,造山带边缘走滑断裂的 出现,是造山带构造应力场由早期挤压向后期 伸展转换的标志,代表晚侏罗世一早白垩世早 期陆内俯冲地壳加厚向伸展作用下地壳减薄的 构造环境变化。因此,该岩带的形成标志着陆 内造山作用整体进入了伸展阶段。

晚期在伸展作用下地壳拉张减薄,形成太 山庙一叶庄一角子山 A 型花岗岩带。岩石类型 以正长花岗岩为主,发育有晶洞、晶腺构造,岩 石高 SiO₂、富 K₂O、贫 CaO、MgO,富集 Nb、Ta、 Ce、Y、Ga,显示出伸展作用下地壳浅部岩浆活 动特点,表明陆内俯冲加厚地壳形成的山根已 经拆沉,岩石圈减薄,陆内造山作用进入了晚期 伸展作用下拉张或地壳的崩塌阶段,预示着晚 侏罗世一早白垩世大规模陆内造山作用的结 束。

近 20 年的研究表明,造山带在板块碰撞之 后,经历了横向缩短和陆内俯冲导致的地壳加 厚、榴辉岩相变质作用以及岩石圈地幔的拆沉 作用/造山带的伸展塌陷和莫霍面再平衡(山根 的毁坏)三个阶段的地质演化过程。华北陆块 南缘作为陆内造山带,其岩浆活动特点也是经 历了俯冲作用下的地壳增厚抬升一走滑剪切一 地壳伸展减薄的造山过程。从华北陆块南缘大 规模自北向南逆冲推覆作用特征来看,岩浆作 用使地壳加厚增生、下地壳结晶基底变质岩系 抬升至地表,同时还使地壳活化形成与岩浆混 合作用有关的多金属矿产。

从卷入陆内造山作用地层特征看,晚侏罗 世南召组已卷入栾川断裂自南向北的逆冲推 覆,而晚侏罗世鹰嘴山组则不整合在陆内造山 带之上。因此,华北陆块南缘强烈的陆内造山 作用时限为J₃-K₁,与华北东部中生代构造体 制转折峰期时限一致,为同一体制下构造演化 的产物^[16]。

6 结论

(1)华北陆块南缘岩浆活动分为三期,早期 为岩浆混合花岗岩,中期为S型花岗岩,晚期为 A型花岗岩,构成一个挤压一走滑一伸展背景 下的造山岩浆旋回,表明华北陆块南缘在J₃一 K₁时段存在一次明显的陆内造山作用。

(2)早期岩浆混合花岗岩是地幔底侵造成 下地壳部分熔融岩浆混合产物,中期 S 型花岗 岩形成于上地壳的部分重熔,晚期 A 型花岗岩 形成于伸展作用下地壳的部分熔融。

(3)从岩浆活动特征所反映的深部地质作用特征来看,华北陆块南缘经历了俯冲作用下地壳加厚隆升、地壳抬升走滑剪切、最后到伸展作用下的地壳减薄的陆内造山的连续过程。

(4)地表构造特征显示,岩浆混合不仅使地 壳大规模生长,同时伴随一系列自北向南的逆 冲推覆。从某种意义来说,岩浆混合作用是大 规模陆内造山作用开始的标志。

致谢:成文过程中得到了河南地矿局总工 程师张宗恒,河南区调队总工程师张振海、裴放 的指导,文字和图件由河南区调队陈淑梅、巴 莉、胡敏华处理,在此一并致谢!

参考文献:

- [1]张国伟,张宗清,董云鹏.秦岭造山带主要构造岩石地 层单元的构造性质及其大地构造意义[J].岩石学报, 1995.11(2):101~114.
- [2]宋传中,张国伟.伏牛山推覆构造及动力学控制[J].地 质论评,1999,43(5):492-497.
- [3]石铨曾,尚玉忠,庞继群,等.秦岭造山带的推覆构造格 局[A],叶连俊,钱祥麟,张国伟.秦岭造山带学术讨论 会论文选集[C],西安;西北大学出版社,1991,159-166.
- [4]卢欣祥,秦岭花岗岩大地构造图[M],西安;西安地图 出版社,1999.
- [5]张国伟,张本仁,袁学诚,等.秦岭造山带与大动动力学

[M], 北京:科学出版社, 2001. 397-404.

- [6]马昌前,王仁镜,邱家骧. 花岗质岩浆起源和多次岩浆 混合标志;包体 以北京周口店岩体为例[J]. 地质论 评,1992,38(2);109-119.
- [7] Turner S P, Foden J D et al. Derivation of some A type magma by fraction of basalitic magma; An example from the Patharvay Ridge, South Australia[J]. Lithos, 1992,28;151-179.
- [8] 江万,莫宣学,赵崇贺,等,青藏高原冈底斯带中段花岗 岩类及其中铁镁质微粒包体地球化学特征[J],岩石学 报,1992.15(1):89-97.
- [9] 马昌前,杨坤光,许长海,等.大别山中生代钾质岩浆作 用与超高压地体的剥露机理[J]. 岩石学报, 1999,15 (1);379-375.
- [10]马昌前,杨坤光,明厚利,等.大别山中生代地壳从挤 压转向伸展的时间:花岗岩的证据[J].中国科学(1) 辑),2003,33(9):817-827.

- [11] Whalen J B, Currie K L, Chappell B W. A-Type granite; geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis [J]. Contribution to Mineralogy and Petrology, 1987, 95; 407 - 419.
- [12]袁学诚,秦岭岩石圈速度结构与蘑菇云构造模型[J], 中国科学(D)辑,1996,26(3):209-215.
- [13]程顺有,张国伟,李立,秦岭造山带岩石圈电性结构及 其地球动力学意义[J],地球物理学报,2003,46(31); 390-397.
- [14]路风香,王春阳,郑建平,等.秦岭北界岩石圈组成及 结构一河南明港地区深源捕虏体研究[J].中国科学 (D辑),2003,33(1):1-9.
- [15]张国伟,张本仁,袁厚诚,等,秦岭造山带东大陆动力 学[M].北京;科学出版社,2001,397-404.
- [16] 羅明国,朱日祥,刘建明,等.华北东部中生代构造体 制转折的关键时限[J].中国科学,2003,33(10);913-920.

The Jurassic Magmatism of Intracratonic Orogen in the Southern Margin of the North China Craton

LIU Zhen-hong^{1,2}, WANG Shi-yan^{1,2}, ZHANG Liang¹, YANG Chang-xiu^{1,2}, WU Tai-an^{1,2}, CUI Xiao-feng^{1,2}

(1. Henan Institute of Geological Servey, Zhengzhou 450007; 2. Geological Servey, Henan Bureau of Geology and Mineral Resources, Pingdingshan 467021)

Abstract; Based on the geological survey and the features of magmatic activity in the southern margin of the North China craton, the Jurassic (Yanshan Movement in China) magmation can be divided into three belts, named magma-mixed granitic, S-type granitic and A-type granitic from south to north, indicating an entire magmacyclothem for intra-cratonic orogeny. These magmatic belts correspond to three-steps of the orogenic evolution: thickening of crust by intra-continental subducion, exhumation and strike-slip shearing, and thinning of crustal extension. The paper furnishes data of magmatism for tectonoic evolution in the southern margin of the North China craton.

Key words: southern margin of the North China craton; Jurassic Movement (Yanshan Movement in China); intra-continent orogeny; magma-mixed granite; S-type granite; A-type granite