

燕山地区侏罗纪 - 白垩纪岩浆活动特征 及其与造山演化的关系

汪 洋^{1,2}, 姬广义³, 邓晋福²

1. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 2. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083; 3. 北京市地质研究所, 北京 100011

摘 要:根据燕山地区侏罗纪—早白垩世岩浆岩的同位素年代学和化学成分资料, 以及该地区构造变形序列, 初步总结了燕山造山带岩浆活动时间序列和岩性组合: 第一阶段的代表是早侏罗世英安岩和玄武岩; 第二阶段以中侏罗世中性火山岩和闪长岩-石英二长岩/花岗闪长岩-花岗岩侵入岩组合为标志; 第三阶段表现为晚侏罗世中、酸性火山岩和闪长岩-石英二长岩-正长岩-花岗岩侵入岩组合的活动; 第四阶段为早白垩世早期安粗岩和流纹岩以及闪长岩-石英二长岩-正长岩-碱性正长岩-花岗岩侵入岩组合为标志; 第五阶段以 120 Ma 以后发育的小规模火山岩和花岗岩-碱性花岗岩组合为标志。与之相对应, 燕山造山带侏罗纪-白垩纪造山过程演化模式为: 玄武岩底侵、地壳物质熔融形成安粗岩和流纹岩岩浆—地壳被加热并弱化—推覆构造发育、地壳增厚—后造山崩塌。

关 键 词:岩浆活动序列; 构造事件; 侏罗纪 - 白垩纪; 燕山造山带

中图分类号: P588.1

文献标识码: A

文章编号: 1007-2802(2003)03-0344-06

燕山造山带是侏罗纪 - 白垩纪中国大陆东部环太平洋构造-岩浆-成矿带的重要组成部分。正确厘定其岩浆活动序列, 有助于对其中生代大地构造演化的认识。然而, 以前对火山岩和侵入岩定年所采用的方法多为 K-Ar 法。由于燕山地区侏罗纪—白垩纪岩浆岩普遍遭受蚀变作用影响, 许多年龄值的精度不高, 甚至有相当数量的数据所反映的年代关系与地质体的接触关系有矛盾^[1,2]; 而且燕山地区中生代多为相变剧烈的陆相火山岩地层, 在相对缺乏可靠的同位素年龄数据控制的情况下, 地层时代横向对比的难度很大。因此, 原先建立在 K-Ar 法测年结果和火山岩地层岩性对比基础上的结论可能有问题^[1,2]。本文根据近年来发表的一系列基本符合野外地质体先后顺序关系、同时在地质年代学方法上又比较可信的燕山地区中生代火成岩同位素年龄^[1~3], 勾画燕山造山带侏罗纪 - 早白垩世时期岩浆活动的框架, 探讨其与造山演化的关系。

1 燕山地区岩浆活动序列及岩石组合

根据前人总结的北京、冀北、辽西地区燕山期岩浆岩的地层时代、同位素年代和化学成分等方面的资料^[1~6], 以及 Davis 等^[1,2]确立的燕山地区侏罗纪到早白垩世的构造变形序列, 初步总结了燕山地区侏罗纪 - 早白垩世岩浆活动时间序列和岩性组合

(表 1), 其中火山岩组合以辽西地区为典型代表, 侵入岩组合以北京和冀北地区为典型代表。表 1 中火山岩组合中括号外的岩性为该组合的重要岩性成分, 而括号内的为次要端员。

从表 1 可以看出, 燕山期的第一幕岩浆活动的火山岩以早侏罗世英安岩和玄武岩为代表, 时代早于 175 Ma; 兴隆沟组火山岩厚度为 180 ~ 600 m^[3,8], 考虑到辽西地区髫髻山组和义县组中的火山岩层(包括火山碎屑岩, 但不包括火山碎屑沉积岩)的总厚度为 2000 ~ 3000 m, 兴隆沟组火山岩约占燕山地区侏罗纪 - 早白垩世火山岩总厚度的 5% ~ 10%。第二幕以髫髻山组下部中性火山活动为特征, 岩性以安粗岩为主(随不同火山盆地而有差异), 侵入岩则为闪长岩 + 花岗闪长岩(或石英二长岩) + 花岗岩组合, 活动时代是中侏罗世 175 ~ 160 Ma。第三幕以晚侏罗世髫髻山组上部酸性和中性火山活动为特征, 岩性组合主要为流纹岩、粗面岩加安粗岩, 侵入岩组合为闪长岩 + 石英二长岩 + 正长岩 + 花岗岩, 活动时代 150 ~ 135 Ma。第四幕以义县组下部火山岩为代表, 岩性主要为安粗岩和酸性岩, 侵入岩组合为闪长岩 + 石英二长岩 + 正长岩 + 碱性正长岩 + 花岗岩, 活动时代为早白垩世早期 (K_1^3) 135 ~ 120 Ma。第五幕是早白垩世晚期 (K_2^3), 火山活动趋于尾声, 岩性为义县组上部的中酸性火山岩, 而

收稿日期: 2003-02-15 收到, 2003-05-29 改回

基金项目: 国家自然科学基金(40104003)、中国博士后科学基金, 以及中国科学院王宽诚博士后奖励基金资助项目

第一作者简介: 汪洋(1969—), 男, 博士, 从事岩石学和地球化学研究。E-mail: maryhiva@95777.com.

表 1 燕山造山带侏罗纪 - 早白垩世岩浆活动和构造事件序列

Table 1 Sequences of Jurassic - Early Cretaceous magmatic and tectonic events in the Yanshan orogen

时代	时限/ Ma	辽西火山岩组合	北京-冀北侵入岩组合	构造变形	沉 积
早白垩世	135 ~ 96				沙海组含煤地层
		义县组上部/L + T(R) , 彰武叶参 1 井:117 ±2. 4 ~ 121 ±0. 8Ma(Ar-Ar)	γ + Ay; 阳坊:γ:118 ±1. 5Ma 大海坨:γ:119 ±2Ma	晚 K ₁ 时期,伸展构造及 区域正断层活动:云蒙山 变质核杂岩形成	九佛堂组湖相沉积
		义县组下部/L + R ±(BA) , 义县:121 ±0. 5 (K-Ar) ~ 129 ±0. 6Ma(Ar) , 彰武:121 ±0. 5 ~ 127 ± 0. 5Ma(Ar-Ar) ,	δ ±Qη + ζ + Aζ + γ; 薛家石梁:δ:127 ±1. 5Ma 房山 Qη:129 ±1. 5Ma , 雾灵山 ζ:132 ±1. 5Ma 千层背:γ:129 ±1. 5Ma	早 K ₁ 末,局部逆断层活动	
				K ₁ 以来,发育左旋走滑 断层	
晚侏罗世	154 ~ 135			J ₃ 末,逆冲推覆构造	土城子组磨拉石建造
		髫髻山组上部/ R + L + T ± (BA) ,海房沟:138 ±0. 9 Ma (K-Ar) , 蓝旗:145 ±0. 1Ma(Ar) 喀参 1 井上部:146 ±8. 5 Ma(Ar-Ar)	δ + Qη + ζ + γ; 上苇甸 δ:138 ±1. 5 Ma 云蒙山 γ:141 ±2 ~ 143 ±3 Ma 沙坨子 γ:151 ±2 Ma 长元 δ:151 ±2 Ma		
				J ₂ 末,逆冲推覆构造	磨拉石建造
中侏罗世	175 ~ 154	髫髻山组下部/L ±(BA + T + R) , 朝阳:166 ±0. 8 Ma(Ar) , 喀参 1 井下部:161 ±1. 1 Ma(Ar-Ar)	δ + γδ/ Qη + γ; 北石城 δ:159 ±2 Ma	J ₂ 时期,小规模伸展断层 活动	
早侏罗世	203 ~ 175				九龙山组碎屑岩建造
					下花园组煤系地层
		兴隆沟组/ B + D , 北票:188 ±7. 4 Ma(Ar-Ar)			
晚三叠世	230 ~ 203			J ₁ 之前,逆冲推覆构造	

注: . 岩性代号: B. 玄武岩, BA. 玄武安山岩, D. 英安岩, L. 安粗岩, T. 粗面岩, R. 流纹岩; v. 辉绿岩, δ. 闪长岩, Qη. 石英闪长岩, γδ. 花岗闪长岩, γ. 花岗岩, ζ. 正长岩, Aζ. 碱性正长岩, Ay. 碱性花岗岩; . 同位素年龄: (1) 辽西火山岩年龄据陈义贤等^[3], 括号内为测年方法: Ar 为 ⁴⁰Ar-³⁹Ar 坪年龄或全熔年龄, Ar-Ar 为 ⁴⁰Ar-³⁹Ar 等时线年龄, K-Ar 为 ⁴⁰Ar/³⁶Ar-⁴⁰K/³⁶Ar 等时线年龄; (2) 冀北和北京的侵入岩年龄均为锆石 U-Pb 年龄^[2]; . 构造变形序列据文献[1]与[2], 地层名称据文献[7]

侵入岩组合为花岗岩 + 碱性花岗岩,以出现碱性花岗岩为特征,活动时代为 120 ~ 110 Ma。

根据表 1 并结合前人资料^[3~6],我们归纳了燕山造山带中 - 晚中生代时期岩浆活动序列的主要特点是:1) 火山活动和侵入活动大致可分为 5 期,即早侏罗世、中侏罗世、晚侏罗世和早白垩世早期及晚期;其中火山活动以前四期表现明显,最后一期大致可与第四期衔接;侵入活动则以后四期表现明显。因此火山活动和侵入活动就其在整个造山过程而

言,在时间序列上发育程度“不对称”。2) 从早到晚,侵入岩的谱系逐渐由简单变为复杂,最后又趋于简单,谱系的岩性由以中、基性为主不可逆地转变为以酸性为主。在前四期,侵入岩谱系中均包含有闪长岩等基性端员组分。3) 火山岩组合在时间上的变化也显示出大致相似的变化规律。如流纹岩主要发育于晚侏罗纪世以后,在髫髻山组火山岩组合中均包含有偏基性的玄武安山岩层位^[4,5,7]。4) 侵入岩组合中,碱性正长岩和碱性花岗岩只见于早白垩世。

燕山造山带侏罗纪 - 早白垩世时期发育的岩浆岩在岩石化学成分上以高钾钙碱性系列为主(表 2, 图 1)。区域构造研究表明,它们是与燕山造山运动伴生的高钾钙碱性岩系。在微量元素蛛网图(图 2、3)上,这些岩浆岩绝大多数具有明显的 Nb-Ta 负异常。早期的岩浆岩(辽西兴隆沟组火山岩和北京-冀北地区的长元闪长岩)的 U-Th 负异常不明显,而中后期火山岩和中基性侵入岩大多数具有明显的 U-Th 负异常。我们认为,燕山造山带在中侏罗世时期发育的岩浆岩源区受到俯冲交代地幔影响,属于自

180 Ma 左右开始的古太平洋板块向东亚大陆俯冲形成的岩浆弧内陆一侧岩浆岩带的一部分;而晚侏罗世 - 早白垩世时期的岩浆岩则受到了地壳物质的混染,是幔源岩浆经 AFC 过程演化的产物。其中辽西地区的晚侏罗世火山岩和北京-冀北地区晚侏罗世 - 早白垩世中基性侵入岩的岩浆房位于下地壳,受到亏损 U、Th 的下地壳物质的混染;而晚侏罗世 - 早白垩世酸性侵入岩和部分义县组火山岩的岩浆房位于富集 U、Th 的上地壳,导致其 U-Th 异常不明显。

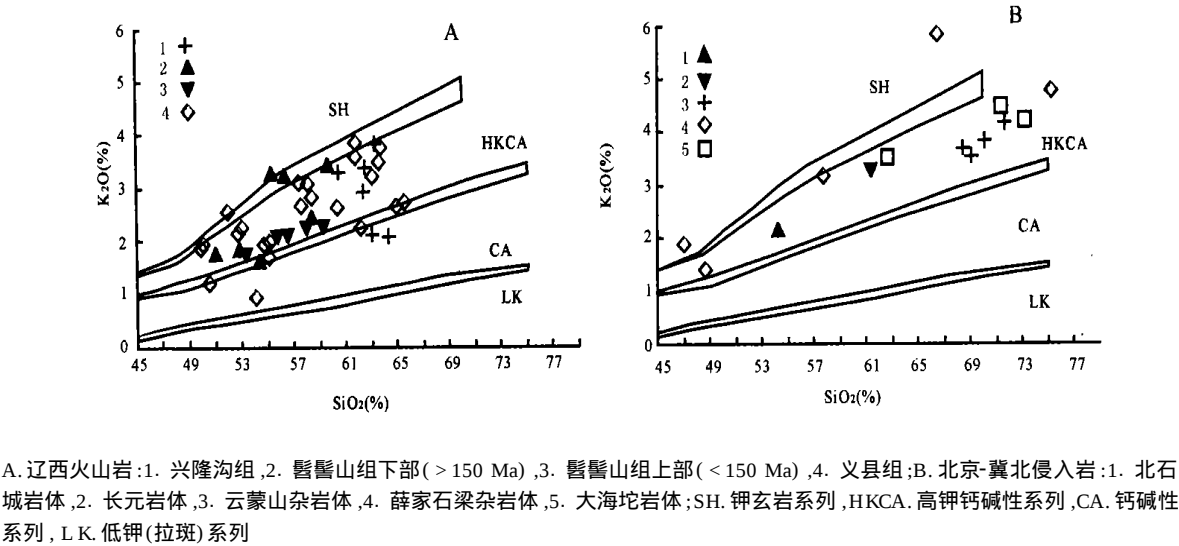


图 1 辽西、北京-冀北地区中生代岩浆岩 SiO₂-K₂O 图

Fig. 1 SiO₂-K₂O diagrams for Mesozoic magmatic rocks in the Western Liaoning and Beijing-Northern Hebei regions

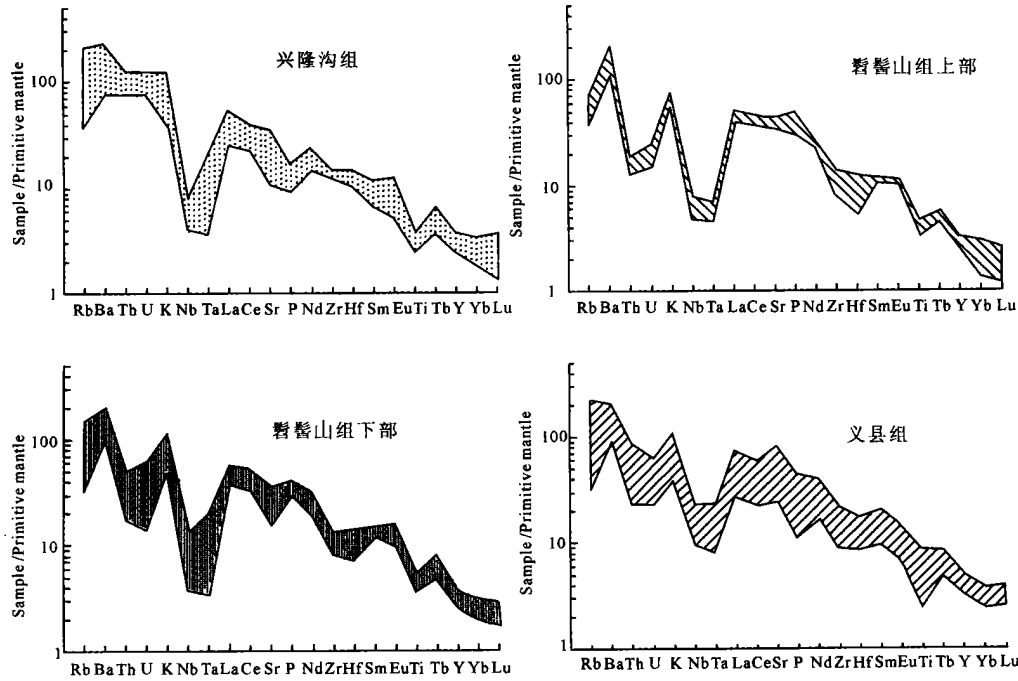
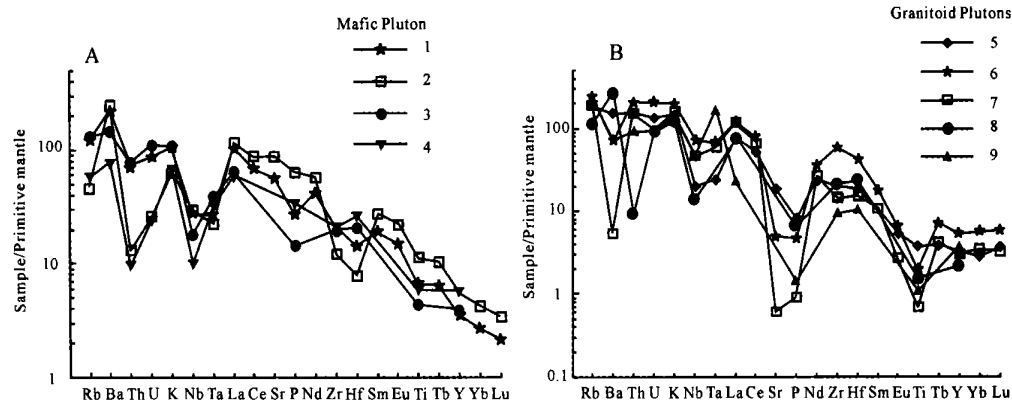


图 2 辽西地区中生代火山岩的蛛网图

Fig. 2 The spider diagrams of Mesozoic volcanic rocks in Western Liaoning

表 2 燕山造山带侏罗纪—早白垩世岩浆岩成分
Table 2 Compositions of Jurassic—Early Cretaceous magmatic rocks in the Yanshan orogen

Sample	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Sample	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
SiO ₂	60.48	62.41	62.51	63.07	63.35	64.34	59.64	58.36	57.81	56.33	55.5	54.43	52.85	51	59.35	58.08	56.54	55.88	55.77	53.27	63.01	52.73	50.16	49.96	54.11	51.96	57.68	53.08	62.13	51.96
K ₂ O	3.30	2.93	3.38	2.10	3.84	2.07	3.42	2.43	2.63	3.23	3.21	1.59	1.81	1.73	2.28	2.22	2.11	2.06	2.06	1.73	3.22	2.16	1.95	1.89	0.93	2.49	2.66	2.28	2.22	2.58
Rb	110	94.71	83.08	47.91	134	32.57	90.47	46.79	40.8	80.52	36.94	26.91	19.69	24	46.16	23.32	39.66	36.42	40.61	29.14	79.61	37.96	20.1	21.37	16.23	33.46	63.56	45.48	28.43	21
Ba	1049	1255	1130	1171	588	1554	1290	960	1218	1333	1375	708	754	863	1242	1439	1060	1308	1032	792	1334.58	858.42	1026.49	1422.89	343.92	992.43	958.8	990.43	1510.74	1003.74
Th	9.46	10.73	8.07	8.72	8.48	6.43	2.37	4.20	2.43	3.14	2.42	3.46	1.42	1.94	1.36	1.66	1.15	1.41	1.12	1.27	5.27	4.33	3.03	2.88	1.05	3.61	4	3.97	5.05	3.65
U	2.51	2.2	2.36	2.13	1.96	1.61	0.43	1.30	0.79	0.68	1.17	0.7	0.3	0.29	0.38	0.53	0.31	0.35	0.32	0.40	0.99	0.88	0.63	0.59	0.2	1.44	0.83	0.81	0.97	1.19
Ta	3.00	3.99	4.04	4.6	3.98	5.77	7.71	7.73	7.6	9.31	6.72	7.19	4.78	2.65	5.4	5.55	3.93	5.19	5.09	3.49	11.68	16	16.92	16.27	3.9	17.76	14.55	12.69	10.83	18.09
Nb	0.15	0.31	0.56	0.43	0.58	0.88	0.53	0.40	0.4	0.49	0.33	0.81	0.22	0.14	0.25	0.26	0.21	0.19	0.29	0.2	0.6	0.83	0.84	0.82	0.21	0.91	0.89	0.64	0.56	0.95
La	30.59	33	24.95	25.7	23.6	17.4	39.82	38.42	33.13	38.73	35.11	36.19	25.84	27.52	31.22	34.13	27.85	33.98	27.18	27.72	50.8	41.5	48.6	46.5	9.9	51.1	33.8	40.9	43.5	52.5
Ce	68.82	60	52.28	46.82	54.66	40.78	86.76	73.79	78.12	89.56	90.14	73.16	57.53	59.87	79.1	78.98	71.09	64.44	70.32	74.38	89.6	86.9	104.2	98.8	23	109	69.2	86.7	84.5	111.4
Sr	752	665	637.4	729	232	462.8	665	560.1	741.9	621.6	325.5	586	422.7	785.6	807.5	803.8	867.8	915.3	733.6	714	1137.5	873.2	1324.2	1724.8	484.3	1087.2	812.6	916.4	1262.5	1097.6
P ₂ O ₅	0.31	0.25	0.28	0.20	0.36	0.36	0.84	0.65	0.73	0.72	0.84	0.76	0.90	0.78	0.85	0.94	0.67	0.68	0.67	1.04	0.46	0.71	0.95	0.85	0.20	0.95	0.48	0.76	0.41	1.03
Nd	31.32	27.39	20	20.32	26.53	21.36	36.82	31.46	29.74	42	36.5	33.08	25.57	30.55	35.32	35.11	33.22	33	30.76	39.2	42	54.9	52.7	14.7	53.4	34.1	43.5	35.4	54.4	
Zr	158.33	163	144.19	159	136.63	145.27	152.63	122.33	146	136.02	137.7	129	90.8	115	138.81	157.66	126.84	135.72	119.2	84.59	240.53	195.62	205.41	201.46	113.84	208.76	193.98	167.11	216.62	153.93
Hf	3.55	4.62	3.75	3.78	4.01	3.81	3.69	2.96	4.04	4.12	4.02	3.03	2.22	2.18	3.72	3.24	2.92	2.49	2.96	1.62	5.43	4.81	4.93	4.77	2.82	5.15	4.75	4.09	5.15	4.67
Sm	2.07	1.54	1.58	1.36	1.32	1.39	1.67	2.00	1.91	1.88	2.57	2.14	1.98	1.85	1.81	1.88	1.76	1.86	1.51	1.77	2.47	2.43	1.18	2.2	1.64	1.83	1.36	2.23		
Eu	4.663	4.653	3.747	4.238	4.411	4.896	4.800	5160	5160	5520	5580	6780	6960	6960	4380	4980	4620	4800	4800	6000	3625	6890	11105	10958	5684	7240	5956	5900	3427	9346
Tb	0.70	0.43	0.57	0.47	0.41	0.62	0.53	0.64	0.58	0.86	0.58	0.70	0.58	0.49	0.55	0.52	0.54	0.55	0.49	0.62	0.57	0.7	0.92	0.91	0.63	0.83	0.68	0.73	0.51	0.83
Y	16.58	14.32	10.83	12.66	11.41	11.77	12	12.55	11.49	16.58	11.92	12.66	12.15	14.2	12.17	12.15	12.8	13.62	14.15	14.54	16.8	19.39	23.64	22.76	22.05	18.66	19.66	13.72	22.24	
Yb	1.67	1.17	1.30	1.09	0.87	0.88	1.20	1.56	0.98	1.16	1.30	1.58	0.98	1.35	0.66	0.79	1.06	1.1	1.27	1.49	1.21	1.58	1.84	1.79	2.2	1.76	1.5	1.63	1.14	1.76
Lu	0.20	0.23	0.27	0.17	0.22	0.10	0.13	0.21	0.16	0.18	0.13	0.21	0.20	0.21	0.09	0.16	0.11	0.17	0.17	0.19	0.2	0.25	0.29	0.28	0.36	0.28	0.24	0.26	0.18	0.29
Sample	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
B ₂ O ₃	0.34	0.31	0.35	0.22	0.38	0.38	0.59	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Al ₂ O ₃	50.54	55.16	54.77	63.49	61.72	60.27	61.78	63.54	63.63	57.34	58.40	65.62	58.11	55.16	65.02	70.12	61.34	54.33	75.20	71.72	68.44	69.13	48.75	47.75	67.75	66.48	75.26	62.62	71.45	73.17
K ₂ O	1.22	1.95	1.94	3.72	3.88	2.63	3.60	3.49	3.76	3.12	2.83	2.74	3.08	1.68	2.66	3.83	3.27	2.10	4.31	4.15	3.69	3.52	1.41	1.90	3.16	5.83	4.79	3.54	4.48	4.19
Rb	24.29	42.81	25.92	92.44	118.41	73.38	96.78	88.17	90.42	40.16	140.63	84.7	82.6	36.8	152	91.4	71	77.8	19	29	71	77.8	19	29	71	77.8	19	29	71	81
Ba	636.15	929.34	810.8	1465.64	1243.19	812.74	1131.62	1309.95	1343.1	1011.12	1405.47	1490	1019	538	511	1019	1856	1388	1199	1763	1562	497	38	1094	1080	1042	497	38	1094	1080
Th	2.06	4.63	3.36	5.15	5.15	5.18	4.95	5.03	5.26	4.06	7.42	0.7	6.7	0.8	7.8	5	0.8	3.1	1.02	1.09	5.97	17.8	12.9	9.1	13.2	8	12.9	9.1	13.2	8
U	0.51	1.02	0.62	0.98	0.92	1.04	0.92	0.88	1.13	0.83	1.32	1.1	2.3	0.5	1.9	2.6	1.9	1	0.82	0.55	1.87	4.34	1.97	1.7	2.8	0.9	4.34	1.97	1.7	2.8
Nb	6.86	9.25	16.71	14.43	16.17	11.95	16.09	14.32	15.15	18.12	10.89	18.5	12.8	7	34.1	12	9.8	17.7	28	21	20	51	33	26	14	14	33	26	14	14
Ta	0.34	0.48	0.97	0.78	0.8	0.76	0.84	0.76	0.8	1.1	0.69	1.6	1.3	6.8	15.3	28.1	50.9	36	63.3	79.6	70	81.9	79.7	53.6	52.5	53.5	79.7	53.6	52.5	53.5
Ce	40.9	71.6	71.8	100	110.1	57.3	109.4	101.2	103.6	75.5	79.3	75.5	79.3	75.5	79.3	75.5	79.3	75.5	79.3	75.5	79.3	75.5	79.3	75.5	79.3	75.5	79.3	75.5	79.3	75.5
Sr	527	1034.7	849	845.6	871.7	604.1	926.2	850	836.2	975.9	861.1	975.9	861.1	975.9	861.1	975.9	861.1	975.9	861.1	975.9	861.1	975.9	861.1	975.9	861.1	975.9	861.1	975.9	861.1	975.9
P ₂ O ₅	0.78	0.73	0.52	0.48	0.60	0.27	0.66	0.51	0.50	0.44	0.24	0.07	0.31	0.74	0.03	0.08	0.14	0.13	1.06	1.39	0.59	0.10	0.02	0.34	0.18	0.17	0.02	0.34	0.18	0.17
Nd	22.6	35.7	36.7	42.4	46.7	26.9	47.5	42.8	43.7	38.2	33.8	22.1	21.6	22.1	21.6	22.1	21.6	22.1	21.6	22.1	21.6	22.1	21.6	22.1	21.6	22.1	21.6	22.1	21.6	22.1
Zr	99.23	161.55	201.69	315.96	321.21	187.96	291.47	307.82	327.44	221.52	216.12	175	222	234	103	241	236	223	129	134	231	649	163	302	227	122	163	302	227	122
Hf	2.68	4.03	4.96	6.86	6.92	4.59	6.3	6.7	7.13	5.35	5.25	5.8	6.4	8.1	3.2	6.2	7.3	6.7	2.51	2.44	4.45	12.8	4.72	6.4	5.7	4.6	4.72	6.4	5.7	4.6
Sm	4.18	5.95	6.41	6.14	6.76	4.68	7.02	6.24	6.31	1.88	1.26	1.88	1.26	1.88	1.26	1.88	1.26	1.88	1.26	1.88	1.26	1.88	1.26	1.88	1.26	1.88	1.26	1.88	1.26	1.88
Eu	1.16	1.63	1.78	1.45	1.68	1.31	1.76	1.51	1.49	0.83	0.55	0.83	0.55	0.83	0.55	0.83	0.55	0.83	0.55	0.83	0.55	0.83	0.55	0.83	0.55	0.83	0.55	0.83	0.55	0.83
Ti	3854	5154	7737	3553	4166	5014	4701	3636	3585	10265	3248	1024	5663	7675	1404	1759	1984	1919	15300	14520	8520	2520	900	480	4920	2040	2520	900	480	4920
Tb	0.53	0.66	0.77	0.57	0.63	0.59	0.65	0.58	0.58	0.83	0.55	0.83	0.55	0.83	0.55	0.83	0.55	0.83	0.55	0.83	0.55	0.83	0.55	0.83	0.55	0.83	0.55	0.83	0.55	0.83
Y	15.41	18.9	21.5	14.67	15.44	17.77	16.4	15.13	15.02	24.13	14.9	9.1	17.9	26.3	16.7	1														



A. 基性岩, B. 花岗岩和正长岩; 1. 薛家石梁闪长岩, 127 Ma; 2. 上庄辉长岩, 127 Ma; 3. 长元闪长岩, 151 Ma; 4. 北石城闪长岩, 159 Ma; 5. 大海坨花岗岩, 119 Ma; 6. 花果山正长岩, < 127 Ma; 7. 黑熊山花岗岩, < 127 Ma; 8. 云蒙山花岗岩, 143 Ma; 9. 沙坨子花岗岩, 151 Ma

图 3 北京-冀北地区中生代侵入岩蛛网图

Fig. 3 The spider diagrams of Mesozoic plutonic rocks in Beijing-Northern Hebei

2 岩石组合特征演化所反映的造山动力学过程

从上述岩浆活动事件序列、岩性组合和岩石地球化学特征变化的研究,我们认为:(1)岩浆活动早期以火山岩为主而末期以侵入岩为主,反映了燕山造山带地壳中上部的流变学性质由相对脆性转化为韧性,即地壳中上部总体上由冷变热;这是由于脆性地壳有利于岩浆的快速上升和喷发,而韧性地壳有碍于岩浆的快速上升运动^[13]。(2)岩浆总体成分由早期偏中性和基性组合向晚期酸性组合的演化,以及蛛网图 U- Th 异常的变化趋势,反映了造山带地壳熔融和岩浆混合的源区位置随时间由深变浅。(3)多数期次的岩浆组合中暗示偏基性端员组分的存在,燕山造山带岩浆活动的热动力来源与玄武岩岩浆的底侵作用所带来的能量密切相关,这也被燕山地区中生代强过铝质花岗岩类发育规模甚小的现象所佐证^[6,14]。

通过上述岩浆活动和构造事件的关系可以看出,燕山造山带侏罗纪 - 早白垩世时期岩浆活动与构造变形事件的序次有如下两个特点:一是最强烈的髌髌山组下部和上部岩浆活动分别发育在 J₂ 末和 J₃ 末两期主造山幕变形之前,即深部热事件峰期的时代早于造山变形峰期的时代。二是正长岩活动于主造山幕之后及造山后崩塌之前的阶段,而碱性花岗岩发育于造山后崩塌阶段;即正长岩发育在地壳增厚时期,而碱性花岗岩发育在地壳由厚变薄阶段。因此我们认为燕山造山带在主造山幕阶段的深部动力事件轨迹是:深部岩浆活动(玄武质或闪长质岩浆底侵)加热地壳、致使下地壳发生熔融以及幔源岩浆的 AFC 演化、形成安粗岩或花岗闪长岩地壳受

热后流变强度减小、在区域挤压应力作用下导致大规模逆掩断层的活动→地壳增厚→后造山崩塌。

参考文献(Reference) :

[1] Davis G A , Zheng Y , the Wang C , Darby B J , Zhang C , Gehrels G. Geometry and geochronology of the Yanshan belt tectonics [A]. Dept. Geology , Peking University , ed. Collected papers of the international symposium on geological sciences in Peking University [C]. Beijing : Seismological Press , 1998. 275 - 292.

[2] Davis G A , Zheng Y , Wang C , Darby B J , Zhang C H , Gchrels G. Mesozoic tectonic evolution of the Yanshan fold and thrust belt , with emphasis on Hebei and Liaoning provinces , Northern China [J] . GSA Memoir , 2001 , 194 : 171 - 197.

[3] 陈义贤 , 陈文寄 , 周新华. 辽西及邻区中生代火山岩——年代学、地球化学和构造背景 [M]. 北京 : 地质出版社 , 1997. 279. Chen Yixian , Chen Wenji , Zhou Xinhua. The Mesozoic volcanic rocks in Western Liaoning and its surroundings : Geochronology , geochemistry and tectonic setting [M]. Beijing : Seismological Press , 1997. 279. (in Chinese with English summary)

[4] 北京地质矿产局. 北京市区域地质志 [M]. 北京 : 地质出版社 , 1991. 598.

Bureau of Geology and Mineral Resouces of Beijing Municipality. Regional geology of Beijing municipality [M]. Beijing : Geological Publishing House , 1991. 598. (in Chinese with English summary)

[5] 河北省地质矿产局. 河北省北京市天津市区域地质志 [M]. 北京 : 地质出版社 , 1989. 741.

Bureau of Geology and Mineral Resouces of Hebei Province. Regional geology of Hebei Province , Beijing municipality and Tianjing municipality [M]. Beijing : Geological Publishing House , 1989. 741. (in Chinese with English summary)

[6] 王季亮 , 李丙泽 , 周星德 , 姚士臣 , 李枝荫. 河北省中酸性岩体地质特征及成矿关系 [M]. 北京 : 地质出版社 , 1994. 140. Wang Jiliang , Li Bingze , Zhou Xingde , Yao Shichen , Li Zhi yin. Geology of the intermediate and acid plutons in Hebei Province and its relation to ore-forming [M]. Beijing : Geological Publishing House , 1994. 140. (in Chinese)

[7] 陈晋镛 , 武铁山. 华北区域地层 [M]. 武汉 : 中国地质大学出

- 版社, 1997. 199.
- Chen Jinbiao, Wu Tieshan. Regional stratigraphy of North China [M]. Wuhan: Press of China University of Geosciences, 1997. 199. (in Chinese).
- [8] 杨欣德, 李星云. 辽宁省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 247.
- Yang Xinde, Li Xingyun. Stratigraphy (lithostratic) of Liaoning Province[M]. Wuhan: Press of China University of Geosciences, 1997. 247. (in Chinese)
- [9] 李伍平, 李献华, 路凤香, 周瑶琪. 辽西早白垩世义县组地质特征及其构造背景[J]. 岩石学报, 2002, 18(2): 193 - 204.
- Li Wuping, Li Xianhua, Lu Fengxiang, Zhou Yaoqi. Geological characteristics and tectonic setting of Early Cretaceous Yixian Formation in Western Liaoning[J]. Acta Petro. Sinica, 2002, 18(2): 193 - 204. (in Chinese with English abstract)
- [10] Davis G A, Qian X, Zheng Y, Yu H, Wang C, Tong H M, Gehrels G, Shafiquallah M, Fryxell J E. Mesozoic deformation and plutonism in the Yunmengshan: A Chinese metamorphic core complex north of Beijing, China [A]. Yin A, Harrison T M, eds. The tectonic evolution of Asia[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 253 - 280.
- [11] 王焰, 张旗. 八达岭花岗杂岩的组成、地球化学特征及成因讨论[J]. 岩石学报, 2001, 17(4): 533 - 540.
- Wang Yan, Zhang Qi. Composition, geochemical characteristics and petrogenesis of Badaling granitic complex[J]. Acta Petrologica Sinica, 2001, 17(4), 533 - 540. (in Chinese with English abstract)
- [12] 许保良, 阎国翰, 黄福生, 赵晖, 赵希强. 冀北雾灵山碱性花岗质杂岩的岩石学、成因类型及构造意义[J]. 岩石学报, 1996, 12(1): 145 - 155.
- Xu Baoliang, Yan Guohan, Huang Fusheng, Zhao Hui, Zhao Xiqiang. Petrology, genetic type and tectonic significance of Wulingshan alkaline granitic complex in northern Hebei Province [J]. Acta Petrologica Sinica, 1996, 12(1): 145 - 155. (in Chinese with English abstract)
- [13] Neugebauer H J. Intrusion of igneous rocks - Physical aspects [J]. Geol. Rund., 1987, 76: 89 - 99.
- [14] 许保良, 阎国翰, 张臣, 何中甫, 张华峰, 王晓芳. 冀晋辽地区燕山期超钾过铝质斑岩特征及岩石学意义[J]. 地质论评, 1999, 45(sup.): 520 - 527.
- Xu Baoliang, Yan Guohan, Zhang Chen, He Zhongfu, Zhang Huafeng, Wang Xiaofang. Characteristics and petrological signification of ultrapotassic peraluminous porphyry of the Yanshan period in the Hebei - Shanxi - Liaoning area[J]. Geological Review, 1999, 45(sup.): 520 - 527. (in Chinese with English abstract)

Jurassic-Early Cretaceous Magmatism in the Yanshan Orogen : Characteristics and Relations with Orogenic Evolution

WANG Yang^{1,2}, JI Guang-yi³, DENG Jin-fu²

1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. Division of Petrology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3. Geological Institute of Beijing Municipality, Beijing 100011, China

Abstract: According to the chronological and geochemical data of Jurassic - Early Cretaceous magmatic rocks and the sequence of tectonic events, the framework of magmatism sequence from the Early Jurassic to Early Cretaceous in the Yanshan orogen, North China was proposed. Early Jurassic dacite and basalt represent the first magmatic stage. The second stage is represented by intermediate volcanic rocks and diorite-quartz monzonite/ granodiorite-granite assemblage of Middle Jurassic. Intermediate and acid volcanic rocks and diorite-quartz monzonite-syenite-granite assemblage were developed in the third stage during Late Jurassic. In the Early Cretaceous, two stages of magmatism were developed. The earlier stage (fourth) is marked by latite and rhyolite in strata and diorite-quartz monzonite-syenite-alkaline syenite-granite assemblage, whereas the later stage (fifth) is represented by small scale volcanic activities and alkaline granite-granite assemblage after 120 Ma. Based on the temporal variations of igneous petrologic assemblages and their geochemical signatures as well as tectonic style, the general model for orogenic process of the Yanshan belt is described as: basaltic underplating and formation of latite or rhyolite magma → crustal heating and rheological weakening → thrust developing and crustal thickening → post-orogenic collapse.

Key words: magmatic sequence; tectonic event; Jurassic-Cretaceous era; the Yanshan orogen