

文章编号: 1000-6524(2003)02-0112-07

华北陆块北缘印支期 S 型花岗岩带 特征及其构造环境

陶继雄¹, 胡凤翔¹, 陈志勇^{1,2}

(1. 内蒙古自治区地质调查院 内蒙古 呼和浩特 010020; 2. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083)

摘要: 华北陆块北缘内蒙古中部地区分布着大量近东西向展布的印支期花岗岩, 形成一条规模巨大的复式花岗岩带。岩石类型主要为斑状黑云二长花岗岩、钾长花岗岩, 1:5 万区调同位素测年获得 207~227 Ma 的一系列锆石 U-Pb 表面年龄, 岩相学和岩石地球化学研究显示其具有 S 型花岗岩特征, 表明其形成于碰撞后构造环境, 并不是华北板块与西伯利亚板块碰撞造山作用的产物。

关键词: 华北陆块北缘; S 型花岗岩; 印支期; 碰撞后构造环境; 内蒙古中部

中图分类号: P588.12⁺ 1; P584

文献标识码: A

Characteristics and tectonic setting of Indosinian S type granites in the northern margin of North China landmass

TAO Ji_xiong¹, HU Feng_xiang¹ and CHEN Zhi_yong^{1,2}

(1. Geological Survey of Inner Mongolia, Hohhot 010020, China; 2. Faculty of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Indosinian S type granites are widely distributed in central Inner Mongolia on the northern margin of North China landmass. Spread in nearly EW direction, the granites have formed a gigantic compound granite belt, with porphyritic biotite-admellite and moyite being the two main types. SiO₂ is abundant, Al₂O₃ is 12.38%~15.34%. A/NKC (molecule ratio) > 1.1, K₂O/Na₂O = 1.1~3.1, δ = 1.9~2.6, ΣREE is 45.778 × 10⁻⁶~486.501 × 10⁻⁶, and δEu = 0.1~0.8. A series of zircon U-Pb surface ages (207~227 Ma) for the granites have been recently obtained from 1/50 000 regional geological survey. As the lithofacies and geochemical characteristics of the granites are similar to those of S type granites, the authors conclude that the Indosinian granite in this area was formed in a post-collision setting instead of in the setting of syn-collision between North China plate and Siberia plate.

Key words: northern margin of North China landmass; S type granites; Indosinian; post-collision tectonic setting; central part of Inner Mongolia

华北陆块北缘与兴蒙造山带边界缝合带南侧分布着一条规模巨大的复式花岗岩带, 内蒙古自治区地质矿产局(1991)将其划归为华力西晚期侵入岩。近年来, 通过在白云鄂博地区相继开展 1:5 万和 1:

25 万区调工作, 在这一岩浆岩带中获得了许多较精确的同位素年龄和岩石化学、稀土元素地球化学等资料, 由此对其成因、形成构造环境及本区构造岩浆活动演化产生了一些新的认识。

收稿日期: 2002-05-17; 修订日期: 2002-12-16

基金项目: 中国地质调查局国土资源大调查资助项目(10101115015)

作者简介: 陶继雄(1965-), 男, 工程师, 从事区域地质矿产调查工作, 电话: 0471-6266143。

1 区域地质概况及岩石学特征

研究区位于内蒙古中部华北陆块北缘,以白音敖包苏木-苏吉断裂为界,南部区属华北陆块,北部区属兴蒙造山带南缘早古生代褶皱带。该花岗岩带集中出露于白云鄂博-渣尔泰构造岩浆岩区,沿白

云鄂博-达茂旗一线展布(图 1),向西延伸至乌拉特中旗,向东延伸至土牧尔台、化德一带,总长约 500 km,南北宽近 20 km,分布连续。花岗岩带的产出与区域东西向大断裂有密切关系,各侵入体在平面形态上多为不规则状,总体呈东西向带状展布,其展布方向与围岩的构造线呈截切关系,边界线清楚,具锯齿状、枝杈状形式。花岗岩带的南北两侧分别侵入

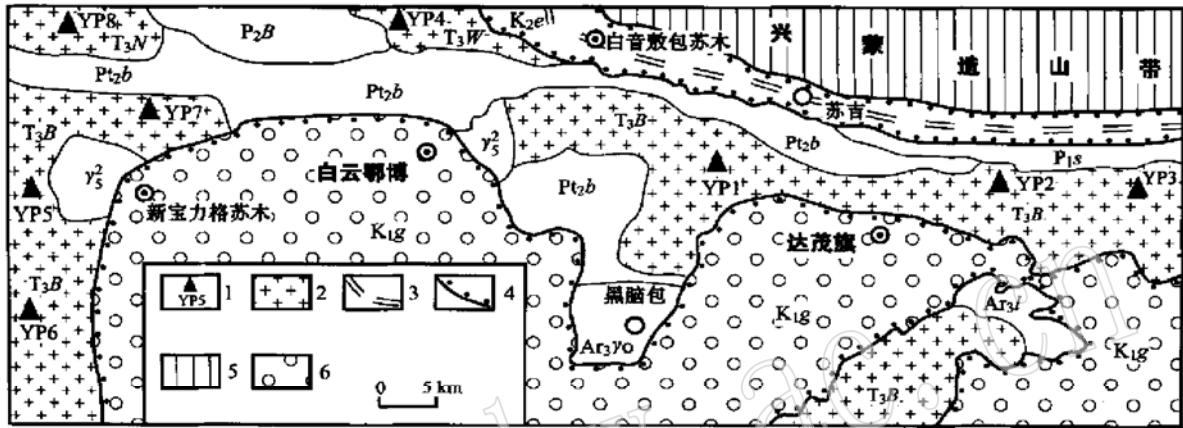


图 1 白云鄂博地区印支期 S 型花岗岩分布图

Fig. 1 Schematic geological map showing the distribution of Indosinian S-type granites in Bayan Obo area

1—同位素年龄样的位置及编号; 2—印支期 S 型花岗岩; 3—大断层; 4—不整合界线; 5—造山带; 6—中生代盆地; K_{2e}—二连组; K_{1g}—固阳组; P_{1s}—苏吉组; P_{t2b}—白云鄂博群; Ar_{3l}—柳树沟岩组; Ar_{3Y0}—新太古代花岗岩; γ₅²—侏罗纪花岗岩; T_{3B}—三叠纪板申图岩体; T_{3N}—三叠纪那日图岩体; T_{3W}—三叠纪乌兰敖包岩体; P_{2B}—巴音满都拉超单元

1—sampling site for isotopic age and its serial number; 2—Indosinian S-type granites; 3—large fault; 4—unconformity; 5—orogenic belts; 6—Mesozoic basin; K_{2e}—Erlian Formation; K_{1g}—Guyang Formation; P_{1s}—Suji Formation; P_{t2b}—Bayan Obo Group; Ar_{3l}—Liushugou Formation complex; Ar_{3Y0}—Neo-Archean granites; γ₅²—Jurassic granites; T_{3B}—Triassic Banshentutu pluton; T_{3N}—Triassic Naritu pluton; T_{3W}—Triassic Wulan' aobao pluton; P_{2B}—Bayinmandula superunit

晚太古代色尔腾山岩群、中晚元古代白云鄂博群、早二叠世苏吉组及新太古代变质侵入岩、晚二叠世巴音满都拉超单元花岗岩,被侏罗纪钾长花岗岩侵入,被早白垩世固阳组不整合覆盖。在接触边界常可见大量棱角状围岩捕虏体,接触面产状较陡,且有岩枝、岩脉贯入围岩。接触带常见角岩化、同化混染现象,侵入体内部定向组构不发育。

花岗岩带内岩石组合类型比较简单,主要为斑状黑云二长花岗岩、钾长花岗岩。斑状黑云二长花岗岩呈灰色,似斑状结构,斑晶为钾长石(微斜条纹长石),占 15%~30%,粒度 80~15 mm,自形,发育格子双晶、卡氏双晶,条纹构造。基质中钾长石占 10%~30%,粒度 0.5~2.5 mm,半自形,为微斜长

石,呈细纹状定向分布;斜长石占 30%~35%,粒度 0.5~2.5 mm,半自形,轻度绢云母化、泥化,发育聚片双晶;石英占 25%,粒度 0.5~2 mm,他形;黑云母少量。钾长花岗岩中钾长石(微斜长石)占 65%,粒度 2~4 mm,自形晶,发育格子双晶,波状消光;斜长石占 15%,粒度 2~3.5 mm,半自形板状,发育聚片双晶, Np∧(010) = 5°, An = 23; 石英占 20%, 2~5 mm, 他形; 黑云母少量。从早单元→晚单元, 岩石结构由含斑结构→似斑状结构→粗粒结构演化, 矿物成分中钾长石、石英增多, 而斜长石、黑云母减少, 副矿物锆石、钛磁铁矿含量增加, 磁铁矿含量减少; 锆石颜色由深变浅, 粒度由粗渐细, 晶形由复杂趋向简单。

2 岩石化学特征

2.1 主量元素

花岗岩带中不同单元的主量元素分析数据(表

1) 显示其具有以下特征: 高硅, SiO_2 含量 ($w_B/\%$) $71.00 \sim 76.42$, Al_2O_3 $12.38 \sim 15.34$, A/NKC [$\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO})$ (分子比)] 均大于 1.1, 属过铝花岗岩, 具陆壳重熔型花岗岩的特点; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 1.1 \sim 3.1$, $\sigma = 1.9 \sim 2.6$, 属钙碱性系列岩石。

表 1 主量元素分析数据
Table 1 Analytical data of major elements

$w_B/\%$

岩性	序号	样号	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	FeO	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	H_2O^+	Σ	δ	$\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$	A/NKC
中粗粒钾长花岗岩	1	By3-6	73.89	0.2	13.88	1.02	1.03	0.035	0.34	0.85	4.92	3.08	0.065	0.02	99.33	2.1	1.6	1.2
	2	By3-5	72.34	0.208	14.42	0.68	0.65	0.016	0.4	1.69	4.93	2.93	0.078	0.66	99.00	2.1	1.7	1.1
	3	By3-4	76.42	0.042	12.91	0.25	0.86	0.0096	0	0.47	4.41	4.06	0.028	0.34	99.80	2.1	1.1	1.0
	4	By3-3	74.62	0.128	13.76	0.43	0.87	0.02	0.2	0.82	4.57	3.55	0.028	0.63	99.63	2.1	1.3	1.1
	5	By3-2	72.49	0.28	13.84	1.62	0.64	0.037	0.25	1.08	5.8	3	0.157	0.48	99.67	2.6	1.9	1.0
	6	By3-1	75.28	0.23	12.38	1.24	0.85	0.029	0.13	0.29	5.42	2.61	0.29	0.43	99.18	2.0	2.1	1.2
中粒二长花岗岩	7	By2-4	74.93	0.086	13.19	0.21	0.519	0.008	0.2	0.68	6.88	2.19	0.036	0.43	99.36	2.6	3.1	1.1
	8	By2-3	77.4	0.054	12.39	0.44	0.33	0.0096	0	0.6	4.36	3.83	0.0097	0.34	99.76	1.9	1.1	1.0
	9	By2-2	72.54	0.19	14.1	1.63	2.25	0.047	0.048	1.47	4.4	4.18			100.85	2.5	1.1	1.0
	10	By2-1	75.78	0.11	12.61	0.14	0.85	0.016	0.04	0.45	5.34	3.11	0.053	0.44	98.94	2.2	1.7	1.1
细粒斑状黑云二长花岗岩	11	By1-9	72.61	0.267	14.36	1.46	0.61	0.032	0.44	1.37	4.48	3.64	0.187		99.45	2.2	1.2	1.1
	12	By1-8	71.7	0.213	14.3	0.75	0.77	0.022	0.5	1.74	4.6	3.09	0.037	0.82	98.54	2.1	1.5	1.1
	13	By1-7	73.14	0.201	14.35	1.08	0.52	0.037	0.48	1.46	4.58	3.46	0.075	0.64	100.02	2.1	1.3	1.1
	14	By1-6	71.57	0.277	14.19	1.72	0.87	0.056	0.6	1.93	4.17	3.69	0.09	0.64	99.80	2.2	1.1	1.0
	15	By1-5	71	0.23	15.34	1.7	0.74	0.05	0.5	1.64	4.2	3.68	0.219	0.55	99.85	2.2	1.1	1.1
	16	By1-4	73.19	0.15	14.61	1.14	0.73	0.038	0.3	1.2	4.31	3.87	0.247	0.51	100.29	2.2	1.1	1.1
	17	By1-3	73.36	0.2	13.39	1.06	0.41	0.034	0.34	0.96	4.8	3.29	0.32	0.56	98.73	2.2	1.5	1.1
	18	By1-2	74.17	0.1	14.19	0.92	1.91	0.04	0.2	0.92	4.3	3.88			100.63	2.1	1.1	1.1
	19	By1-1	74.15	0.15	13.59	0.98	2.12	0.048	0	1.18	5.38	3.13			100.73	2.3	1.7	1.0

样品由内蒙古地质矿产研究所采用原子吸收分光光度计分析; A/NKC 为分子比。

2.2 稀土元素及微量元素

花岗岩带中不同单元的 21 个稀土元素含量分析值见表 2, 它们具有以下特征: ΣREE 为 $45.778 \times 10^{-6} \sim 486.501 \times 10^{-6}$, $\delta\text{Eu} = 0.1 \sim 0.8$, 稀土元素分配型式为一系列向右倾斜, Eu 呈现明显负异常的曲线(图 2)。上述稀土元素特征与重熔型花岗岩一致, 表明该类花岗岩是由上地壳经不同程度熔融而形成的(王中刚等, 1989; 李昌年, 1992)。

花岗岩带中不同单元岩石的微量元素含量具有以下特征: K, Rb, Th 含量较高, 明显富集, $\text{K}/\text{Rb} = 198 \sim 580$, $\text{Ba}/\text{Sr} = 5 \sim 9$ (表 3)。

3 成因及构造环境

如前所述, 研究区内蒙古花岗岩带中各侵入体在空间上呈带状展布, 与围岩边界清晰, 岩体内部含

有大量变沉积岩捕虏体; 岩体中钾长石(微斜长石)通常呈巨晶出现, 暗色矿物以黑云母为主, 个别含石榴石; A/NKC 多 > 1.1 , 属强过铝花岗岩, 相当于

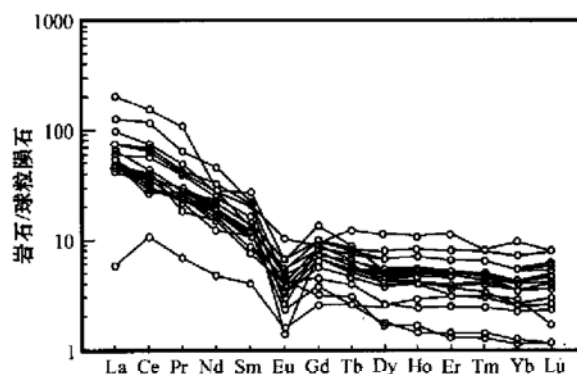


图 2 稀土元素球粒陨石标准化配分型式
Fig. 2 Chondrite-normalized REE patterns

表 2 稀土元素分析结果

$w_B/10^{-6}$

Table 2 Analytical results of rare earth elements

岩性	序号	样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Σ	δEu
中粗粒钾长花岗岩	1	By3_6	26.39	58.327	5.63	19.926	3.43	0.75	3.559	0.56	3.279	0.761	2.14	0.337	1.989	0.318	12.961	140.35	0.7
	2	By3_5	32.5	55	5.97	19.5	3.54	0.64	1.75	0.31	1.13	0.25	0.57	0.09	0.52	0.08	5.44	127.29	0.8
	3	By3_4	31.577	46.551	6.054	18.175	3.459	0.533	3.121	0.49	2.91	0.694	1.989	0.317	1.882	0.307	17.567	135.62	0.5
	4	By3_3	128.7	249.2	27.34	34.88	11.19	1.021	7.362	0.906	3.58	0.806	2.075	0.3	1.612	0.269	17.26	486.50	0.4
	5	By3_2	79.8	186.3	16.5	56.8	8.99	0.63	4.04	0.6	3.41	0.8	2.21	0.33	1.57	0.29	37.9	400.17	0.3
	6	By3_1	34.1	52.7	7.02	23.1	4.15	0.36	2.11	0.26	1.21	0.22	0.63	0.1	0.57	0.08	4.28	130.89	0.4
中粒二长花岗岩	7	By2_4	3.63	17.247	1.767	5.983	1.659	0.246	1.419	0.26	1.681	0.435	1.336	0.223	1.328	0.118	8.446	45.778	0.5
	8	By2_3	30.02	41.93	6.992	28.7	6.635	0.213	4.59	0.666	3.528	0.777	2.074	0.319	1.846	0.291	18.03	146.61	0.1
	9	By2_2	46.6	109.3	10.85	40.2	8.79	0.39	5.19	1.23	7.62	1.67	5.08	0.57	4.48	0.56	55.6	298.13	0.2
	10	By2_1	31.89	58.71	6.36	23.43	4.666	0.579	3.989	0.657	3.759	0.819	2.28	0.347	1.947	0.33	22.111	161.87	0.4
细粒斑状黑云二长花岗岩	11	By1_9	37.73	92.059	9.909	31.072	5.593	0.856	4.311	0.585	2.832	0.628	1.62	0.234	1.207	0.207	12.393	201.23	0.6
	12	By1_8	29.93	60.017	7.499	26.309	5.729	1.011	5.358	0.812	4.652	1.073	2.954	0.45	2.421	0.366	25.086	173.66	0.6
	13	By1_7	28.9	56.4	5.4	15	4.3	0.68	3.12	0.47	2.65	0.6	1.4	0.21	1.14	0.18	10.5	130.95	0.6
	14	By1_6	60.9	119.6	12.3	33.7	8.2	1.6	4.9	0.75	4.5	1.04	3	0.46	2.64	0.43	27.2	281.22	0.8
	15	By1_5	32.785	48.733	6.188	21.443	4.07	0.658	3.158	0.484	2.544	0.598	1.713	0.274	1.631	0.251	14.747	139.27	0.6
	16	By1_4	33.49	57.728	7.599	26.598	5.801	0.812	5.499	0.866	5.328	1.267	3.516	0.557	3.291	0.54	31.06	183.95	0.5
	17	By1_3	27.89	65.25	6.115	20.04	3.614	0.741	3.647	0.549	3.112	0.749	2.078	0.321	1.832	0.326	17.811	154.07	0.7
	18	By1_2	28.01	58.83	6.471	22.37	5.024	0.634	4.729	0.756	4.519	1.048	2.873	0.441	2.51	0.399	26.16	164.77	0.4
	19	By1_1	29.6	62.8	4.62	18.6	3.1	0.63	2.46	0.4	1.8	0.36	1.1	0.17	1.04	0.16	11.7	138.54	0.7
	20	Bx02	41.09	69.42	7.264	24.93	4.412	0.498	3.735	0.561	3.539	0.846	2.323	0.354	1.986	0.341	21.47	182.76	0.4
	21	Bx01	46.92	101.4	10.31	33.85	5.243	0.748	3.625	0.517	2.798	0.637	1.747	0.284	1.65	0.257	16.689	226.67	0.5

样品由北京大学地质学系测试中心采用 ICP-AES 法分析。

Chappell 等(1974)所定义的典型 S 型花岗岩,在 ACF 花岗岩成因分类图解(图 3)中绝大多数样品均落入 S 型花岗岩区。上述岩相学和岩石地球化学特征表明该区花岗岩带应属 S 型。

岩浆岩组合和岩石成分与大地构造环境有着密切关系,这一点为大多数地质学家所接受(邓晋福等,2000;罗照华等,1999;洪大卫,1994;洪大卫等,1994;高山,1997),许多学者从不同的角度提出了大量有效的构造环境判别图解。在 Maniar 等(1989)的 4 组图解中,所有样点几乎全部落入后造山花岗岩区(图 4),表明该花岗岩带形成于后造山构造环境中。

4 时代确定

4.1 地质证据

该花岗岩带在白云鄂博地区侵入早二叠世苏吉组火山岩(265.9Ma, K-Ar 法^①)、中晚元古代白云

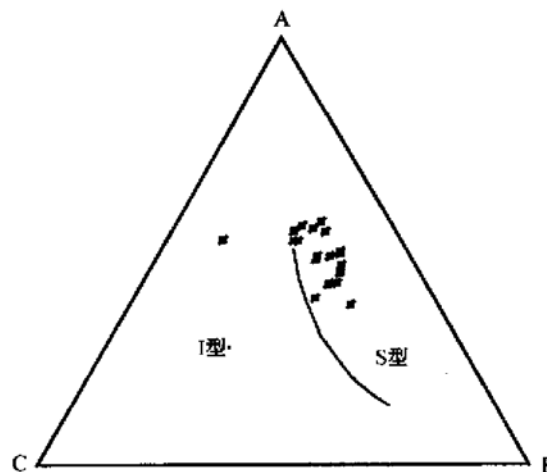


图 3 花岗岩类 ACF 图解

Fig. 3 ACF diagram of granites

鄂博群和晚二叠世巴音满都拉超单元花岗岩(237.3 Ma, 248.7 Ma, 256.3 Ma, 锆石 U-Pb 法^②),并被侏罗纪钾长花岗岩侵入,这些野外现象提供了该花岗

① 内蒙古地质调查局,内蒙古地调院. 1999. 1:5 万查干呼绍地区 4 幅联测区域地质调查报告.

② 内蒙古地质调查局,内蒙古地调院. 1997. 1:5 万白云鄂博地区 10 幅联测区域地质调查报告.

表 3 微量元素分析结果

$w_B/10^{-6}$

Table 3 Analytical results of trace elements

岩性	样号(样数)	K	Rb	Th	Zr	Ba	Sr	Nb	Be	Sn	Li	W	U	K/Rb	Ba/Sr
中粗粒钾 长花岗岩	Bw15(1)	40244	142	16	118.1	926	173.7	10.3	2.9	3.7	23.5	2.68	1.4	283	5
	Bw15(1)	66715	205.9	16.6	222.4	971	107.8	8.1	1.4	4.9	3.9	0.6	1.2	324	9
中粒二 长花岗岩	Bw13(4)	48791	84.2	9.1	74.6	279	49.9	4.7	1.2	3.4	7.9	0.46	0.6	580	6
细粒斑状 黑云二长 花岗岩	Bw12(3)	39746	200.5	23.9	169.8	454	87.5	22.4	4.6	3.4	18.2	0.76	2	198	5
	Bw11- 2(6)	37838	128.1			1127	243.8	16.6	1.5		22.5			296	5
	Bw11- 1(2)	44891	177.2	21.4	136.3	1434	165.5	12.4	3.5	3.7	26.4	0.2	1.8	254	9

样品由内蒙古地质矿产研究所采用 X 荧光法分析。

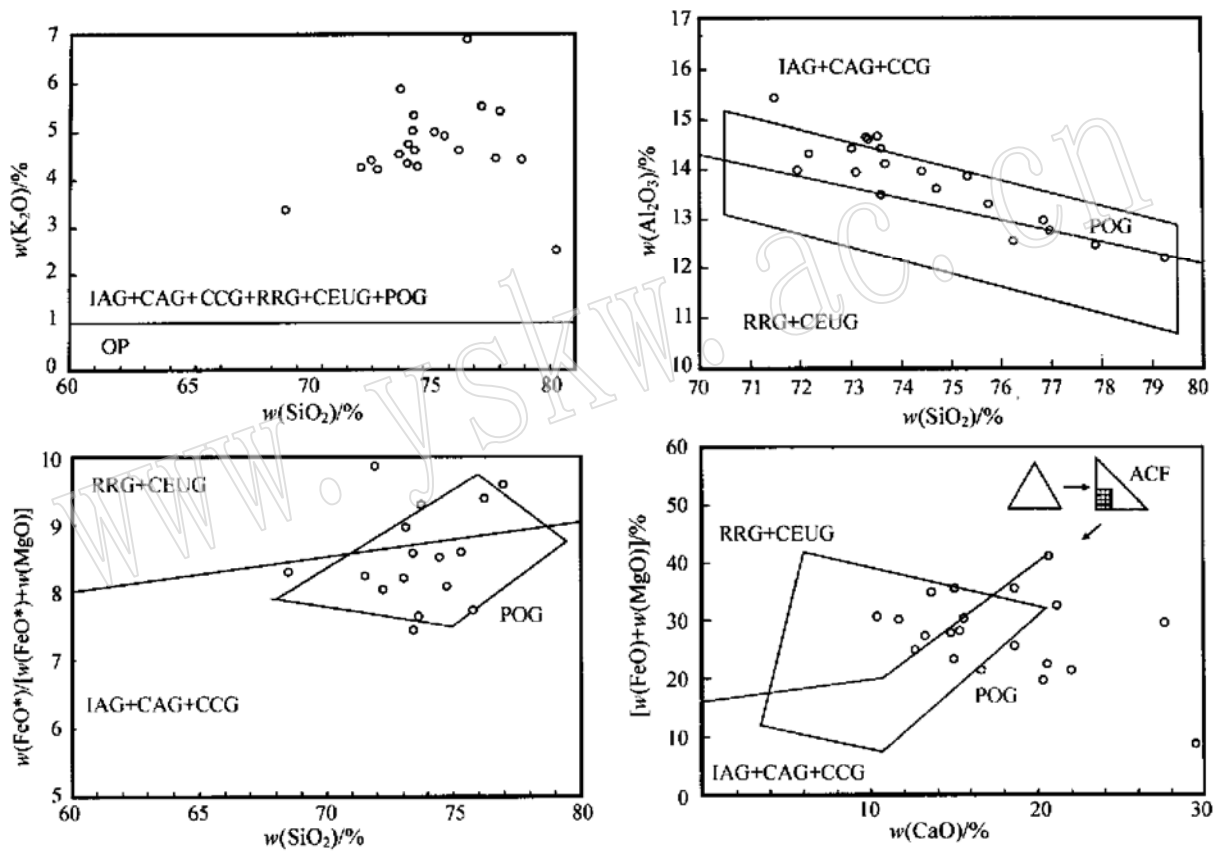


图 4 花岗岩构造环境判别图解(据 Maniar *et al.*, 1989)

Fig. 4 Discriminant diagram for tectonic setting of granites (after Maniar *et al.*, 1989)

IAG—岛弧花岗岩类; CAG—大陆弧花岗岩类; CCG—大陆碰撞花岗岩类; POG—后造山花岗岩类; RRG—与裂谷有关的花岗岩类;
CEUG—与大陆的造陆抬升有关的花岗岩类; OP—大洋斜长花岗岩

IAG—*island arc granitoids*; CAG—*continental arc granitoids*; CCG—*continental collision granitoids*; POG—*post-orogenic granitoids*;
RRG—*rift-related granitoids*; CEUG—*continental epeirogenic uplift granitoids*; OP—*oceanic plagiogranites*

岩带的大致时代范围。

4.2 同位素年龄依据

1996 年内蒙古地调院在白云鄂博地区进行 10

幅 1:5 万区调联测工作, 分别对该花岗岩带中不同地点的不同单元采集了同位素样品(图 1), 获得一系列锆石 U—Pb 表面年龄(表 4)。以往地质工作中^①也

① 原地矿部矿床研究所. 1991. 内蒙古赛音乌苏—老羊壕—十八顷壕地区与金矿有关的花岗岩地质特征研究报告.

表 4 花岗岩同位素年龄
Table 4 Isotopic ages of the granites

样号	地点及测年对象	年龄 (Ma)	方法	资料来源
YP1	惠得斯细粒少斑黑云钾长花岗岩	227	U - Pb 法(表面年龄)	①
YP2 YP3	乌兰敖包中粗粒钾长花岗岩	223.9 217.4	U - Pb 法(表面年龄)	①
YP4	乌兰敖包黑云母钾长花岗岩	183.46 ± 2.97	K - Ar 法	③
YP5 YP6	板申图中粒二长花岗岩	210.7 216.945	U - Pb 法(表面年龄)	②
YP7	毛呼都格斑状黑云二长花岗岩	218.512	U - Pb 法(表面年龄)	②
YP8	那日图细粒含斑黑云二长花岗岩	207.9	U - Pb 法(表面年龄)	②

曾获得一批同位素地质年龄(表 4)。依据上述测年资料,结合各侵入体的野外地质特征,可将这一花岗岩带确定为三叠纪岩浆活动的产物。

5 构造意义

白云鄂博北侧白音敖包苏木一带由于发现了蛇绿岩残块、混杂岩带以及岛弧型花岗岩,具有古俯冲带的特征,向东与温都尔庙蛇绿岩带相连。中朝-塔里木板块与西伯利亚板块是何时拼合的?碰撞带的位置在哪里?国内外学术界一直存在激烈的争论。目前,华北板块北缘和西伯利亚板块南缘最终沿着该带碰撞缝合,似乎没有多少分歧(邵济安, 1991; 徐备等, 1997; 陈斌等, 2001),而碰撞缝合究竟发生在何时却是一个争论已久的问题。中国大多数地质学家认为拼合的时代在晚泥盆世一早石炭世,而大多数外国地质学家则主张拼合时代在二叠纪,甚至是晚二叠世。解决这个问题最有效的途径就是确定碰撞花岗岩的位置,然后测定它的时代。虽然精确确定缝合时间也许很困难,但发育于缝合带上碰撞花岗岩的侵位年代应该是对碰撞缝合时间的一个可靠的限制,因为碰撞花岗岩代表两大板块最终碰撞缝合之后由于陆壳加厚而发生重熔的产物,碰撞花岗岩的侵位年代代表缝合时间的上限,弧花岗岩的侵位时间代表缝合时间的下限(张国伟, 1993)。最新研究成果表明,发育在该缝合带上的最晚弧岩浆纪录是 310 Ma,而碰撞花岗岩的侵位年代是 230 ~ 250 Ma,因此,华北板块北缘和西伯利亚板块南缘的碰撞缝合应该发生在 310~ 230 Ma 之间(陈斌等, 2001)。

本区三叠纪花岗岩带的形成及其构造环境,以往研究者认为与华北、西伯利亚两大板块间的碰撞作用有着密切联系,为同碰撞期构造环境下的产物。

其出发点是 S 型花岗岩是陆壳增厚、沉积物质部分熔融的产物,但很难设想在板块碰撞强度很弱的情况下,陆壳会大幅度增厚并形成 S 型花岗岩。按 Pitcher(1983)、Pearce(1984)和 Harris 等(1986)的理解,与碰撞有关的强过铝花岗岩形成于地壳缩短和叠置的同碰撞早期,而富 K 的钙碱性或“I”型加里东期花岗岩形成于抬升、拉伸和走滑断裂的碰撞后晚期。而 Sylvester(1998)认为,绝大多数与碰撞有关的强过铝花岗岩都是“碰撞后”的,因为它们侵位在地壳缩短高峰之后(涂绍雄, 2002; 杨坤光, 1997)。从本次对分布于华北陆块北缘的印支期 S 型花岗岩带的研究成果来看,该花岗岩带中的各侵入体空间形态不规则,接触边界清晰,岩体内部无变形,与区域构造线多截切,就位机制显现出被动就位的形式,而且大量同位素测年结果在 207~ 227 Ma 间,显然要晚于两大板块的最终碰撞缝合时间 230Ma。因此,可以认为,本区的 S 型花岗岩带是在华北板块与西伯利亚板块强烈碰撞缝合之后,转入伸展体制下岩石圈“剥离”和热软流圈上涌发生地壳深融作用而形成的,其构造环境为碰撞后,属陆内造山作用的产物,而不是华北板块和西伯利亚板块碰撞造山过程中的产物。

本文在完成过程中得到了教授级高级工程师赵国龙、邵积东、贾和义的帮助,同时得到了评审专家的悉心指导,在此深表感谢。

References

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Inner Mongolia Autonomous Region. 1991. Regional Geology of Inner Mongolia[M]. Beijing: Geological Publishing House, 427~ 439 (in Chinese).
- Chappell B W, White A J R. 1974. Two contrasting granite types[J]. Pacific Geology, 8: 173~ 174.

- Chen Bin, Zhao Guochun and Wilde S. 2001. Isotopic ages and tectonic significance of subduction and collision-related granitoids from southern Suzuqi, Inner Mongolia[J]. Geological Review, 47(4): 361~367 (in Chinese).
- Deng Jinfu, Zhao Guochun, Zhao Hailing, *et al.* 2000. Yanshanian igneous petrotectonic assemblage and orogenic-deep process in east China[J]. Geological Review, 46: 41~48 (in Chinese with English abstract).
- Gao Shan, Jin Zhenming. 1997. Delamination and its geodynamical significance for the crust-mantle evolution [J]. Geological Science and Technology Information, 16(1): 1~8 (in Chinese).
- Harris N B W, Pearce J A and Tindle A G. 1986. Geochemical characteristics of collisionzone magmatism [A]. Coward M P. Collision Tectonic [C]. Geol. Soc. Sp. Publ., 19: 67~81.
- Hong Dawei. 1994. The most new progress of granitic researches and its trend of development [J]. Earth Science Frontiers, 1~2: 79~85 (in Chinese).
- Hong Dawei, Huang Huaizeng, Xiao Yijun, *et al.* 1994. Permian alkali line granites in central Inner Mongolia and their geodynamic significance [J]. Acta Geologica Sinica, 68(3): 219~230 (in Chinese with English abstract).
- Maniar P D, Piccoli P M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids [J]. Geol. Soc. Am. Bull., 101: 635~643.
- Li Changnian. 1992. Petrology of Trace Element of Igneous [M]. Wuhan: Publishing House of China University of Geosciences, 1~195 (in Chinese).
- Luo Zhaohua, Deng Jinfu, Han Xiuqing. 1999. Characteristics of Magmatic Activities and Orogenic Process of Taihangshan Intraplate Orogen [M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Pearce J A, Harris N B W and Tindle A G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rock [J]. J. Petrol., 25: 956~983.
- Pitcher W S. 1983. Granite type and tectonic environment [A]. Hsu K. Mountain Building Processes [C]. London: Academic Press, 19~40.
- Shao Ji'an. 1991. Crust Evolution in the Middle Part of the Northern Margin of the Sino-Korean Plate [M]. Beijing: Peking Univ. Publ. House, 11~91 (in Chinese).
- Sylvester P J. 1998. Post-collisional strongly peraluminous granites [J]. Lithos, 45: 29~44.
- Tu Shaoxiong, Wang Xiongwu. 2002. Some significant advances in granitoid researches abroad in 1990s [J]. Acta Petrol. et Mineral., 21(2): 107~118 (in Chinese with English abstract).
- Wang Zhonggang, Yu Xueyuan and Zhao Zhenhua. 1989. Geochemistry of Rare Earth Elements [M]. Beijing: Science Press, 133~212 (in Chinese).
- Xu Bei, Chen Bin. 1997. The structure and evolution of a Middle Paleozoic orogenic belt between the North China and Siberian Blocks, northern Inner Mongolia, China [J]. Science in China (Series D), 27(3): 227~232 (in Chinese).
- Yang Kunguang, Yang Weiran. 1997. Post-collision orogeny process and origin of huge quantity granites in orogenic belt [J]. Geological Science and Technology Information, 16(4): 16~21. (in Chinese).
- Zhang Guowei, Zhou Dingwu and Yu Zaiping. 1993. Research on the origin of the continental orogenic belt [A]. Xiao Qinghui, *et al.* Frontiers of Geological Sciences in 1990's: Research Priorities for China [C]. Wuhan: Publishing House of China University of Geosciences, 145~153 (in Chinese).
- Zhang Qi, Zhao Taiping, Wang Yan, *et al.* 2001. A discussion on the Yanshanian magmatism in eastern China [J]. Acta Petrol. et Mineral., 20(3): 273~279 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 陈斌, 赵国春, Simon Wilde. 2001. 内蒙古苏尼特左旗南两类花岗岩同位素年代学及其构造意义 [J]. 地质论评, 47(4): 361~366.
- 邓晋福, 赵国春, 赵海玲, 等. 2000. 中国东部中生代火成岩构造组合与造山-深部过程 [J]. 地质论评, 46(1): 41~48.
- 高山, 金振民. 1997. 拆沉作用 (delamination) 及其壳-幔演化动力学意义 [J]. 地质科技情报, 16(1): 1~8.
- 洪大卫. 1994. 花岗岩研究的最新进展及发展趋势 [J]. 地学前缘, 1~2: 79~85.
- 洪大卫, 黄怀曾, 肖宜君, 等. 1994. 内蒙中部二叠纪碱性花岗岩及其地球动力学意义 [J]. 地质学报, 68(3): 219~230.
- 李昌年. 1992. 火成岩微量元素地球化学 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1~195.
- 罗照华, 邓晋福, 韩秀卿. 1999. 太行山造山岩浆活动及其造山过程反演 [M]. 北京: 地质出版社.
- 内蒙古自治区地质矿产局. 1991. 内蒙古自治区区域地质 [M]. 北京: 地质出版社, 427~439.
- 邵济安. 1991. 中朝板块北缘中段地壳演化 [M]. 北京大学出版社, 11~91.
- 涂绍雄, 汪雄武. 2002. 20世纪90年代国外花岗岩类研究的某些重大进展 [J]. 岩石矿物学杂志, 21(2): 107~118.
- 王中刚, 于学员, 赵振华. 1989. 稀土元素地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 133~212.
- 徐备, 陈斌. 1997. 内蒙古北部华北板块与西伯利亚板块之间中生代造山带的结构和演化 [J]. 中国科学 (D辑), 27(3): 227~232.
- 杨坤光, 杨巍然. 1997. 碰撞后的造山过程及造山带巨量花岗岩的成因 [J]. 地质科技情报, 16(4): 16~21.
- 张国伟, 周鼎武, 于在平. 1993. 大陆造山带成因研究 [A]. 肖庆辉. 当代地质科学前沿研究领域 [C]. 武汉: 中国地质大学出版社, 145~153.
- 张旗, 赵太平, 王焰, 等. 2001. 中国东部燕山期岩浆活动的几个问题 [J]. 岩石矿物学杂志, 20(3): 273~279.