

文章编号: 1009-6248(2004)03-0007-08

内蒙古西部甜水井地区中二叠世A型花岗岩

贺 锋¹, 许立权^{1,2}, 苏宏伟^{1,2}, 李新仁¹

(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: 内蒙古北山甜水井地区龙脊山—神蛇岭岩体, 总体呈北西向长椭圆状, 面积大于 100 km^2 。按岩石谱系单位划分为一单元含斑细粒黑云母二长花岗岩、二单元含斑中细粒黑云母二长花岗岩和三单元中细粒花岗岩, 归并为一龙脊山序列。岩石富硅碱, ALK 在 $7.23\% \sim 8.37\%$, AKI 小于 1, A/CNK = $1.01 \sim 1.07$; OX 较高, 在 $0.47 \sim 0.83$ 。相对富集大离子亲石元素、轻稀土元素, 亏损 Ba、Nb、Sr、Zr、Ti, 稀土配分曲线呈现显著的“V”字型。副矿物组合为 Mt–Ap–Zi 型。由早单元到晚单元, 向酸碱性增强方向演化, 显示深源浅成铝质 A 型 (A2 型) 花岗岩特征。各类构造环境判别图解投点, 具造山后或后造山特征。同位素测年 (锆石 U–Pb 法) 为 267.1 Ma 。反映本区中二叠世碰撞造山作用的存在, 中二叠晚期已转入稳定的陆内发展环境。

关键词: 甜水井地区; 中二叠世; A 型花岗岩

中图分类号: P588.11¹ 5 文献标识码: A

甜水井地区位于内蒙古阿拉善盟北山北部, 西邻甘肃, 区域上红石山—百合山—六驼山构造带从区内通过, 许多学者 (邓晋福 1996, 何世平, 2002, 龚全胜, 2003)^[1~3] 认为是一条晚古生代缝合带, 但有争议。笔者有幸参加了甜水井地区 1:5 万区调项目, 通过 3 年的工作认为, 该构造带南北两侧岩石地层单位一致, 均出露上泥盆统圆锥山组和下石炭统绿条山组, 二者整合接触, 无确切证据证明其为缝合带。该构造带南侧分布许多花岗岩基, 1~20 万区划调为 λ^2 , 通过本次 1:5 万区调工作, 对其进一步解体, 据野外接触关系、岩石学、岩石化学、岩石地球化学、同位素测年资料分解为石炭纪和二叠纪侵入岩。其中, 中二叠世龙脊山序列具 A 型花岗岩特征, 说明本区中二叠世晚期已转入陆内发展演化。

1 宏观地质特征

收稿日期: 2004-02-20; 修回日期: 2004-04-01

基金项目: 甜水井、青山二幅 1:5 万地质调查 (项目编号 10101115007), 中国地质调查局国土资源大调查资助项目 (10101115007)

作者简介: 贺锋, (1969-), 男, 内蒙古包头人, 工程师, 从事区域地质调查。

本区位于北山北部红石山—百合山—六驼山大断裂南侧, A 型花岗岩分布于甜水井南龙脊山—神蛇岭一带, 总体呈北西向长椭圆状, 可划分为 3 个单元, 归并为龙脊山序列, 各单元关系密切均呈脉动接触。该序列侵入甜水井超单元 (C_2T) 和白泥滩超单元 (P_2B), 区域上侵入上泥盆统圆锥山组 (D_{3y})、下石炭统绿条山组 (C_1l)。被下白垩统赤金堡组 (K_1c) 不整合覆盖。

该序列早期单元呈半环状分部于东部、北部, 与中二叠世白泥滩超单元 (P_2B) 关系密切, 接触界线呈不规则状、港湾状, 接触面较陡, 有内倾, 也有外倾, 围岩无变形; 晚期穿刺于早期单元及围岩中。各单元内部及边部原生叶理均不发育。岩体边部可见许多白泥滩超单元围岩捕虏体, 形态各异, 大小不等, 规模一般小于 $300 \times 500 \text{ m}^2$, 分布无规律 (图 1)。岩体中近南北向的闪长玢岩、花岗斑岩等专属性脉岩很发育。岩石新鲜, 无蚀变, 球状风化发育。

2 岩石学特征

各单元岩石类型及主要矿物特征见表 1, 岩石类

型由早单元到晚单元依次为含斑细粒黑云母二长花岗岩, 含斑中细粒黑云母二长花岗岩和中细粒花岗岩。具成分演化为主, 结构演化为辅的双重演化特征。

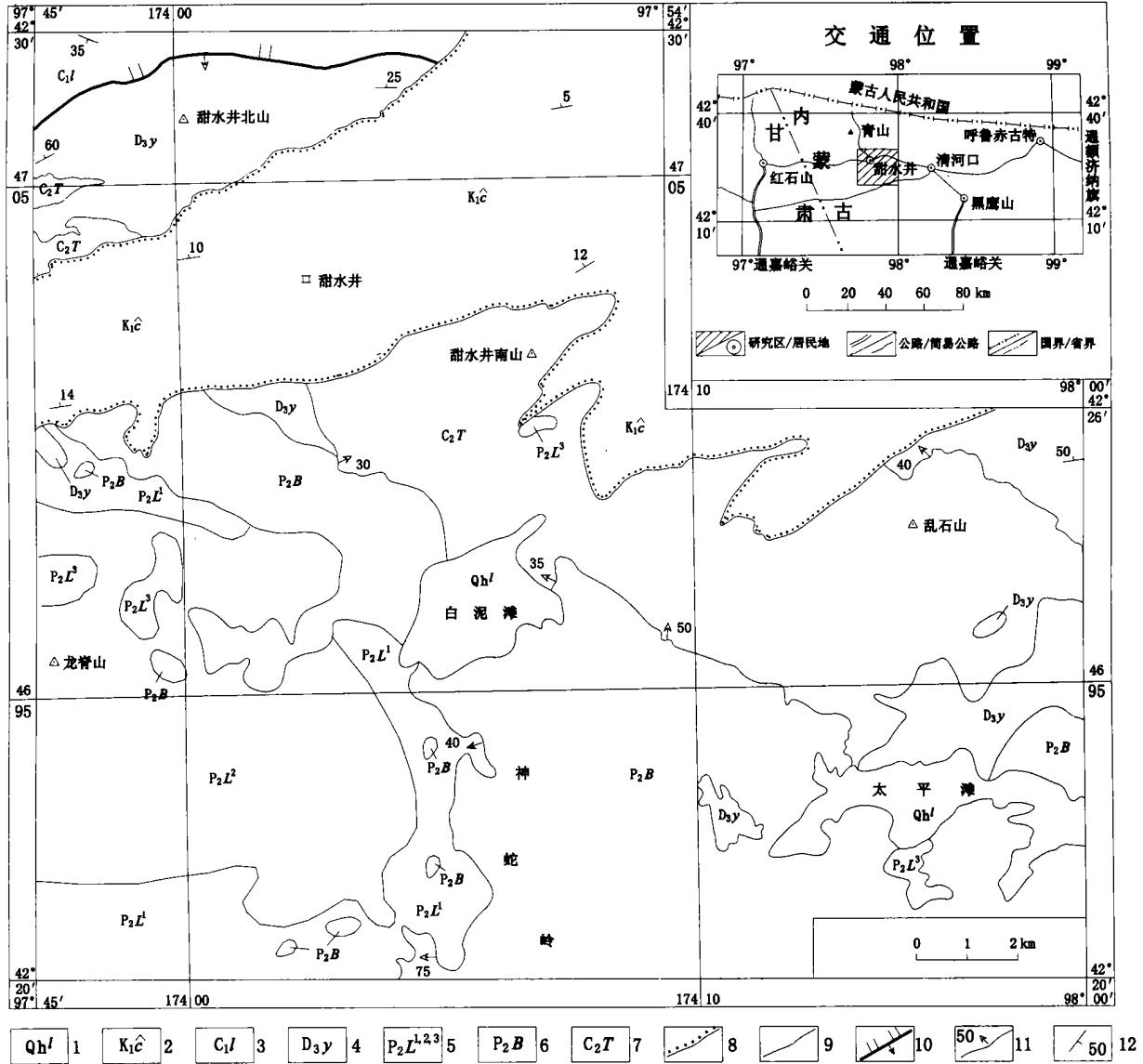


图 1 甜水井地区地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of Tianshuijing area

1. 全新统湖积淤泥; 2. 下白垩统赤金堡组; 3. 下石炭统绿条山组; 4. 上泥盆统圆锥山组; 5. 龙脊山序列(一、二、三单元); 6. 白泥滩超单元; 7. 甜水井超单元; 8. 角度不整合界线; 9. 侵入及整合界线; 10. 逆断层; 11. 接触面产状; 12. 地层产状

于三单元中采取一件人工重砂样，副矿物主要为磁铁矿、钛磁铁矿、褐铁矿、钛铁矿、锆石、磷灰石、黄铁矿、钼铅矿、白钨矿，副矿物组合类型为 $Mt-Zr-Ap$ 型，详见表 2。

龙脊山序列岩石化学特征及相关参数见表 3。各单元主要氧化物含量变化较小, A/CNK 在 1.01 ~ 1.07, $Na/K = 0.84 \sim 0.88$, $ALK = 7.23\% \sim 8.37\%$, $AKI = 0.70 \sim 0.89$, $\sigma = 1.60 \sim 2.09$, 氧化系数 $OX = 0.47 \sim 0.83$ 。长英指数 FL 和分异指数 DI 变化较大, 反映该序列分异程度较高。岩石富硅碱

3 岩石化学特征

表1 岩石学特征表

Tab. 1 Petrologic characteristics

序列	单元	岩性	颜色	结构构造	主要矿物含量及特征
中二叠世龙脊山序列	三单元	中细粒花岗岩	肉红 浅肉红 浅灰黄	中细粒 花岗结构 块状构造	钾长石: 50%, 0.3~5 mm, 不规则宽板状微斜长石, 表面干净, 格子双晶发育, 部分含斜长石、石英颗粒 斜长石: 17%, 0.3~3.0 mm, 半自形板状更长石, 聚片双晶细密, 普遍轻度绢云母化, 少量绿帘石化 石英: 32%, 0.3~5.0 mm, 不规则粒状, 普遍具波形消光 黑云母: 1%, 1.5 mm, 以下鳞片状, 具褐-黄褐色多色性, 部分发生绿泥石化, 分布不均。磁铁矿: 少量, <0.4 mm, 粒状
	二单元	含斑中细粒黑云母二长花岗岩	浅灰红 灰红 灰黄	中细粒 花岗结构 块状构造	斑晶: 1%~3%, 6~8 mm, 为微斜长石、条纹长石, 呈半自形板状, 表面干净, 常包含斜长石、石英、黑云母颗粒 基质: 由钾长石、斜长石、石英、黑云母等组成 钾长石: 35%, 0.3~5 mm, 粒状, 不完整板状, 与斜长石接触处见蠕虫结构 斜长石: 30%, 0.3~4.5 mm, 半自形板状更长石, 少数发育环带, 轻绢云母化 石英: 27%, 0.3~5.0 mm, 不规则粒状, 普遍强波形消光, 消光角 30°~35°; 个别 40° 黑云母: 5%, 0.3~1.5 mm, 鳞片状, 具褐-褐黄色多色性, 少数绿泥石化 白云母: 少量, <1 mm, 鳞片状, 分布不均。磷灰石、锆石、磁铁矿: 少量
	一单元	含斑细粒黑云母二长花岗岩	浅灰红 浅灰	细粒花岗 结构 块状构造	斑晶: 小于 5%, 5~7 mm, 半自形板状, 为微斜长石、条纹长石, 表面干净。常包含斜长石、石英、黑云母颗粒 基质: 由钾长石、斜长石、石英、黑云母、白云母等组成 钾长石: 35%, 0.1~3.0 mm, 多为粒状, 部分为不完整板状, 与斜长石接触处见蠕虫结构 斜长石: 30%, 0.1~2.0 mm, 半自形板状, 为更长石, 少数发育环带构造, 弱绢云母化 石英: 25%, 0.1~2.0 mm, 不规则粒状, 普遍强波形、带状消光, 消光角一般 30°~35° 黑云母: 5%+, 1 mm, 具褐-黄褐色多色性、少数绿泥石化 白云母: 很少, 鳞片状, 分布不均, 0.5 mm 以下鳞片状, 见于斜长石颗粒中或颗粒间 磁铁矿、锆石、磷灰石: 少量

表2 三单元副矿物特征一览表

Tab. 2 Characteristic of accessory mines in third unit

矿物种类	磁铁矿	钛磁铁矿	褐铁矿	钛铁矿	锆石	磷灰石	黄铁矿	钼铅矿	白钨矿	泡铋矿	碳硅石	类型	样号
含量(10 ⁻⁶)	24	2 012	21.4	97	15.5	60.4	13.4	1.5	0.4	微量	微量	Mt-Zi-Ap型	4P13GS21
主要副矿物特征	锆石	浅黄色为主, 个别近无色, 透明, 金刚光泽, 性脆, 硬度大于 5, 紫外灯下发鲜黄光。含浅黄色针状、粒状包体, 包体多平行锆石长轴方向排列, 部分锆石有环带构造。锆石晶形完好, 长 0.06~0.3 mm, 长比宽: 2~1~3~1, 少数 2~1.5。多为由 {100} {111} 组成的四方双锥长柱体, 个别由 {100} {111} {110} 组成的四方双锥长柱体, 柱面 {100} 最发育											
	磷灰石	无色透明为主, 个别为浅黄、浅黄褐色。玻璃光泽, 性脆, 硬度 5。含有白色质点状包体。有细小次生生长锥(晶芽)不均匀分布于晶体表面。碎粒粒径: 0.05~0.2 mm											

贫铁镁钙, 为过铝质、钙性-钙碱性系列岩石。且由早单元到晚单元, 随 SiO_2 含量的增高, Al_2O_3 、 FeO 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 、 MgO 、 P_2O_5 、 CaO 、 H_2O^+ 、 An 、 Il 、 Mt 、 Hy 、 Ap 、 C 等含量及 SI 、 A/CNK 、 Na/K 等值有降低趋势, 而 MnO 、 K_2O 、 Na_2O 、 Q 、 Or 、 Ab 含量及 ALK 、 DI 、 OX 、 σ 、 FM 、 FL 、 AR 等值有增高趋势。

4 岩石地球化学特征

4.1 微量元素特征

龙脊山序列微量元素含量及有关参数见表 4, Sr 、 Ba 、 Nb 、 Zr 、 W 、 Sn 、 Mo 、 V 、 Au 、 Hg 、 Cr 、 Ni 、 Cu 、 Co 、 Zn 含量均较低, 而 Rb 、 Th 、 Bi 、 Ag 、 Pb 等元素含量则较高。且由早单元到晚单元 Nb 、 Sr 、 Zr 、 Sn 、 Mn 、 Cu 、 Zn 、 Ag 、 Hg 、 Cr 、 Co 、 Ni 、 V 含量及 Sr/Ba 、 K/Rb 等比值递减, 而 Rb 、 Ba 、 Th 、 Pb 、 Bi 、 Rb/Sr 值等有增加趋势。在 Rb-Sr-Ba 图解(图 2)中, 有由 Sr-Ba 线向 Rb 端方向演化的特征。

在微量元素蛛网图(图3)中, Ba、Nb、Sr、Ti相
对亏损且程度增强。

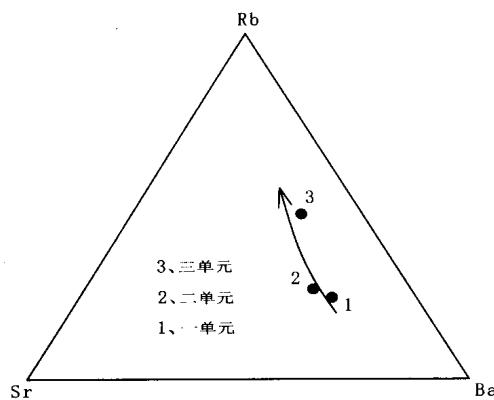


图2 龙脊山序列 Rb-Sr-Ba 图解

Fig. 2 Rb-Sr-Ba diagram

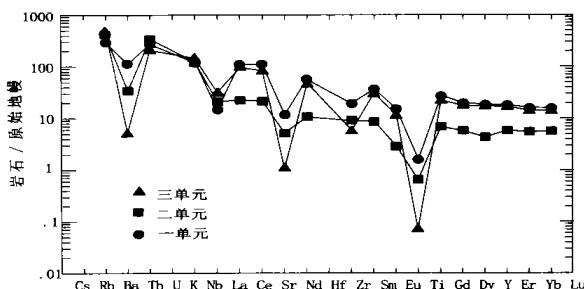


图3 龙脊山序列微量元素比值蛛网图

Fig. 3 Spider diagram of trace elements

4.2 稀土元素特征

龙脊山序列稀土元素含量及有关参数见表5, 稀土总量较高, $\Sigma\text{REE} = 100.69 \times 10^{-6} \sim 468.94 \times 10^{-6}$; $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y} = 2.199 \sim 2.791$; $(\text{La/Yb})_N = 3.513 \sim 5.781$; $\text{Sm/Nd} = 0.21 \sim 0.26$; $\delta\text{Eu} = 0.406 \sim 0.518$; $\delta\text{Ce} = 0.909 \sim 1.014$ 。稀土配分型式为向右倾斜且左陡右平、Eu处深“V型”谷的曲线(图4)。反映该序列轻稀土较富集、重稀土亏损, 轻稀

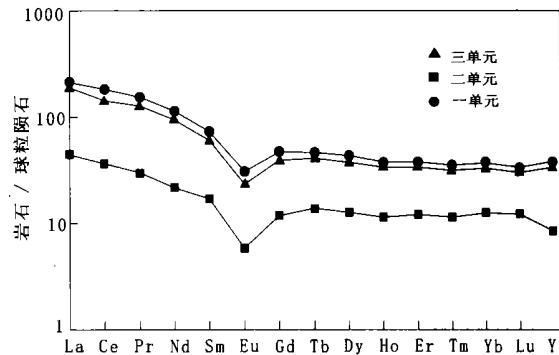


图4 龙脊山序列稀土元素配分曲线图

Fig. 4 Chondrite-normalized REE pattern

土分馏较强、重稀土分馏很弱, Eu强负异常, Ce无异常, 且由早单元到晚单元, 稀土总量、 $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ 、 $(\text{La/Yb})_N$ 、 Sm/Nd 、 δEu 、 δCe 均有总体降低趋势, 显示稀土元素分馏程度减弱, 钕、铈负异常增强特征。

表3 岩石化学特征表

Tab. 3 Characteristic of petrochemistry

单位代号	样号	氧化物含量 (w _B %)																			
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	LOS							
三单元	L ₃	76.53	12.67	0.54	0.11	0.014	0.73	0.11	4.54	3.83	0.075	0.039	0.36	0.52	99.708						
二单元	L ₂	75.72	12.90	0.57	0.64	0.120	1.28	0.26	3.90	3.33	0.059	0.060	0.53	0.47	99.309						
一单元	L ₁	71.73	14.31	1.06	1.02	0.290	2.19	0.66	3.97	3.51	0.056	0.182	0.63	0.58	99.558						
单位代号	样号	标准矿物含量 (w _B %)								有关参数											
		Q	C	Or	Ab	An	Hy	Mt	Hm	Il	Ap	A/CNK	σ	OX	AKI	FL	FM	Na/K	ALK	AR	DI
三单元	L ₃	35.26	0.22	26.83	32.41	3.37	0.27	0.56	0.15	0.03	0.09	1.01	2.09	0.83	0.89	91.98	0.86	0.84	8.37	3.67	94.5
二单元	L ₂	38.18	1.02	23.05	28.17	5.96	1.26	0.83		0.23	0.14	1.07	1.60	0.47	0.75	84.96	0.82	0.85	7.23	2.77	89.4
一单元	L ₁	30.67	0.69	23.46	29.7	9.68	2.27	1.54		0.55	0.43	1.02	1.95	0.51	0.70	77.35	0.76	0.88	7.48	2.48	83.8

表4 微量元素含量一览表

Tab. 4 Contents of trace elements

单位	项目 样号	微量元素含量													
		Rb	Bi	Ba	Th	As	W	Nb	Zr	Sr	Mo	Sn	Ag	V	Zn
三单元	L ₃	271.0	2.01	32	18.3	0.5	0.44	20.10	56.7	20.5	5.52	2.3	0.23	7.3	12.8
二单元	L ₂	229.2	8.52	217	29.1	1.7	0.40	13.40	89.1	98.8	2.34	2.2	0.07	8.8	33.4
一单元	L ₁	163.4	0.15	686	23.6	0.8	0.56	9.40	184.8	224.3	0.38	2.6	0.10	25.5	41.2

单位	项目 样号	微量元素含量							有关参数					
		Cu	Au [*]	Hg [*]	Pb	Co	Cr	Ni	Rb/Sr	Sr/Ba	K/Rb	RB	SR	BA
三单元	L ₃	61.0	1.1	4.3	43.0	2.0	11.6	4.1	13.22	0.64	139	83.8	6.3	9.9
二单元	L ₂	23.1	1.3	4.2	27.6	3.2	9.9	3.1	2.32	0.46	141	42.1	18.1	39.8
一单元	L ₁	18.9	1.0	5.3	26.6	3.3	9.4	6.6	0.73	0.33	202	15.2	20.9	63.9

注: *者含量为 10^{-9} , 其余为 10^{-6} 。

表5 稀土元素含量一览表

Tab. 5 Contents of REE

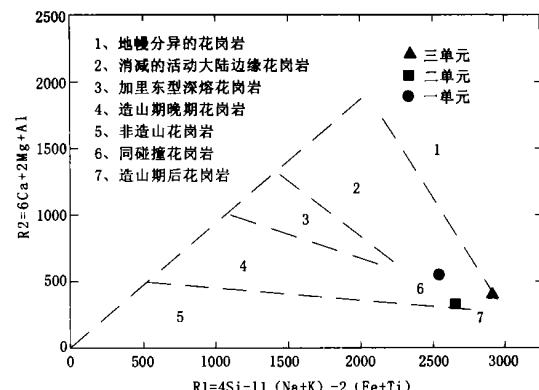
单位代号	样品号	稀土元素含量 (10^{-6})										
		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er
三单元	L ₃	60.48	133.16	15.41	57.18	11.98	1.71	12.10	2.03	11.59	2.48	7.19
二单元	L ₂	14.26	34.52	3.58	13.04	3.39	0.42	3.67	0.69	3.89	0.83	2.54
一单元	L ₁	68.54	172.93	18.45	68.61	14.51	2.20	14.49	2.31	13.24	2.71	7.90

单位代号	样品号	稀土元素含量 (10^{-6})				有关参数					
		Tm	Yb	Lu	Y	Σ REE	Σ Ce/ Σ Y	Sm/Nd	(La/Yb) _N	δ Eu	δ Ce
三单元	L ₃	1.02	6.32	0.93	65.36	388.94	2.568	0.210	5.682	0.484	0.909
二单元	L ₂	0.37	2.41	0.38	16.70	100.69	2.199	0.260	3.513	0.406	1.007
一单元	L ₁	1.14	7.04	1.02	73.85	468.94	2.791	0.211	5.781	0.518	1.014

5 成因、构造环境及时代探讨

龙脊山序列岩石富硅碱, $A/CNK = 1.01 \sim 1.07$; OX 较高, 在 $0.47 \sim 0.83$, $Na/K = 0.84 \sim 0.88$, $AKI = 0.70 \sim 0.89$; 相对富集大离子亲石元素、轻稀土元素, 相对亏损 Ba 、 Nb 、 Sr 、 Zr 、 Ti , Y/Yb 远大于 1.2; 副矿物组合为 Mt - Ap - Zi 型; 稀土配分曲线呈现显著的“V”字型; R_1 - R_2 图解(图 5) 中样点落入 6、7 区附近; 在 K_2O - Na_2O 成因判别图解(图 7) 和 A_1 - A_2 判别图解(图 8) 中样点集中, 分别落在 A 区和 A2 区; 在 Maniar 和 Piccoli 构造判别图解(图 9a、b、c、d) 中主要落入后造山花岗岩区; 在空间上侵入白泥滩超单元、甜水井序列活动陆缘 I 型花岗岩, 并密切共生; 在 Rb 、 Sr 丰度与地壳厚度关系图(图 6) 反映源岩较深, 大于 30

km。上述特征反映该序列岩石为“ A_2 型”花岗岩, 形成于造山后或后造山环境。

图5 龙脊山序列 R_1 - R_2 图解Fig. 5 R_1 - R_2 diagram

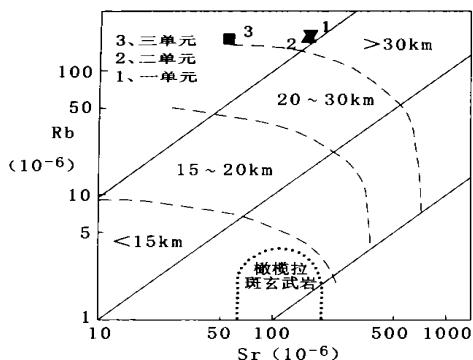


图6 龙脊山序列 Rb、Sr 丰度与
地壳厚度关系图

Fig. 6 Graph of relation between content of Rb,
Sr and crustal thickness

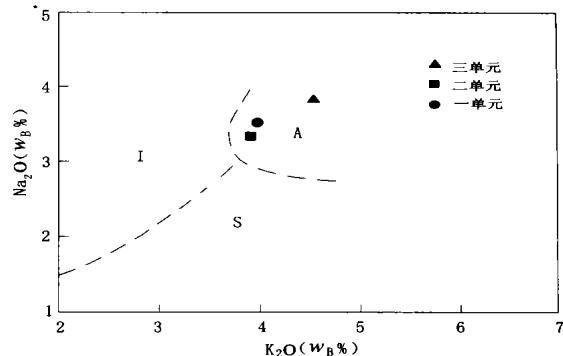


图7 龙脊山序列 K₂O-Na₂O 成因判别图解
(据 Collins 等, 1982)

Fig. 7 Distinguish diagram of K₂O-Na₂O
(After Collins et al., 1982)

表6 二单元含斑中细粒黑云母二长花岗岩锆石 U-Pb 同位素分析结果

Tab. 6 U-Pb isotopic analyses of zircons for granitoids from the second unit

点号	样品		浓度		普通铅 含量 (μg)	同位素原子比率						表面年龄(Ma)		
	锆石类型及特征	重量 (μg)	U (10^{-6})	Pb (10^{-6})		$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	
1	棕黄色透明 短柱状晶体	40	553	28	0.095	436	0.167 3	0.042 11 (25)	0.292 2 (175)	0.050 32 (286)	265. 9	260. 3	210. 0	
2	棕黄色透明 中长柱状 晶体	30	750	33	0.011	3 598	0.135 7	0.042 23 (11)	0.278 3 (108)	0.047 80 (176)	266. 7	249. 3	89. 4	
3	棕黄色透明 短柱状晶体	40	858	40	0.059	1 081	0.144 6	0.042 52 (11)	0.290 8 (106)	0.049 60 (172)	268. 4	259. 2	176. 5	
4	棕黄色透明 中长柱状 晶体	30	797	37	0.000 7	688 63	0.346	0.045 27 (14)	0.293 1 (106)	0.046 95 (162)	285. 4	261. 0	46. 6	

注：1. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 已对实验空白 ($\text{Pb} = 0.050 \mu\text{g}$, $U = 0.002 \mu\text{g}$) 及稀释剂作了校正，其他比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素，括号内数字为 (2σ) 绝对误差，例如 0.04211 (25) 表示 0.04211 ± 0.00025 (2σ)。1~3号数据点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄统计权重平均值： 267.1 ± 3.0 Ma, 4号数据点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄值： 285.4 ± 0.9 Ma。

2. 测试分析由天津地质矿产研究所实验测试室许新英完成，李惠民校对。

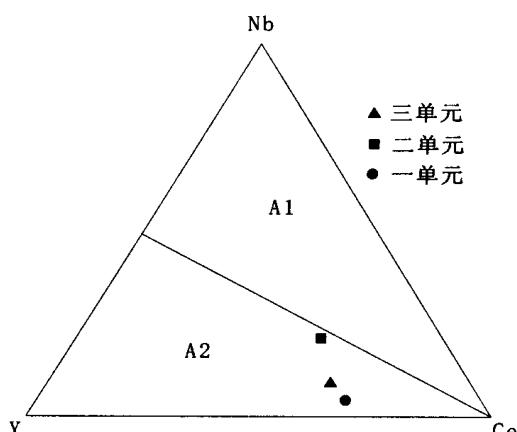


图8 龙脊山序列 A1-A2 判别图解
(据 Eby, 1982)

Fig. 8 Distinguish diagram of A1-A2
(After Eby, 1982)

该序列侵入上泥盆统圆锥山组 (D_{3y}) 火山岩 (锆石 U-Pb 法测年为 354.6 Ma 和 353.3 Ma)、甜水井超单元 (锆石 U-Pb 法测年为 311.8 Ma) 和白泥滩超单元 (锆石 U-Pb 法测年为 272.8 Ma)，被赤金堡组 ($K_1 c$) 不整合覆盖。本次工作在二单元取同位素测年样品，获得锆石 U-Pb 表面年龄 267.1 Ma (表6)，基本代表该序列岩浆作用上限年龄。故将其置于中二叠世晚期。

6 结论

多数学者认为 A 型花岗岩与岩石圈减压卸载地幔物质上涌底侵作用密切相关^[4,5]。Eby^[6] (1992) 将其分为 A1 型和 A2 型，A1 型 $Y/\text{Nb} <$

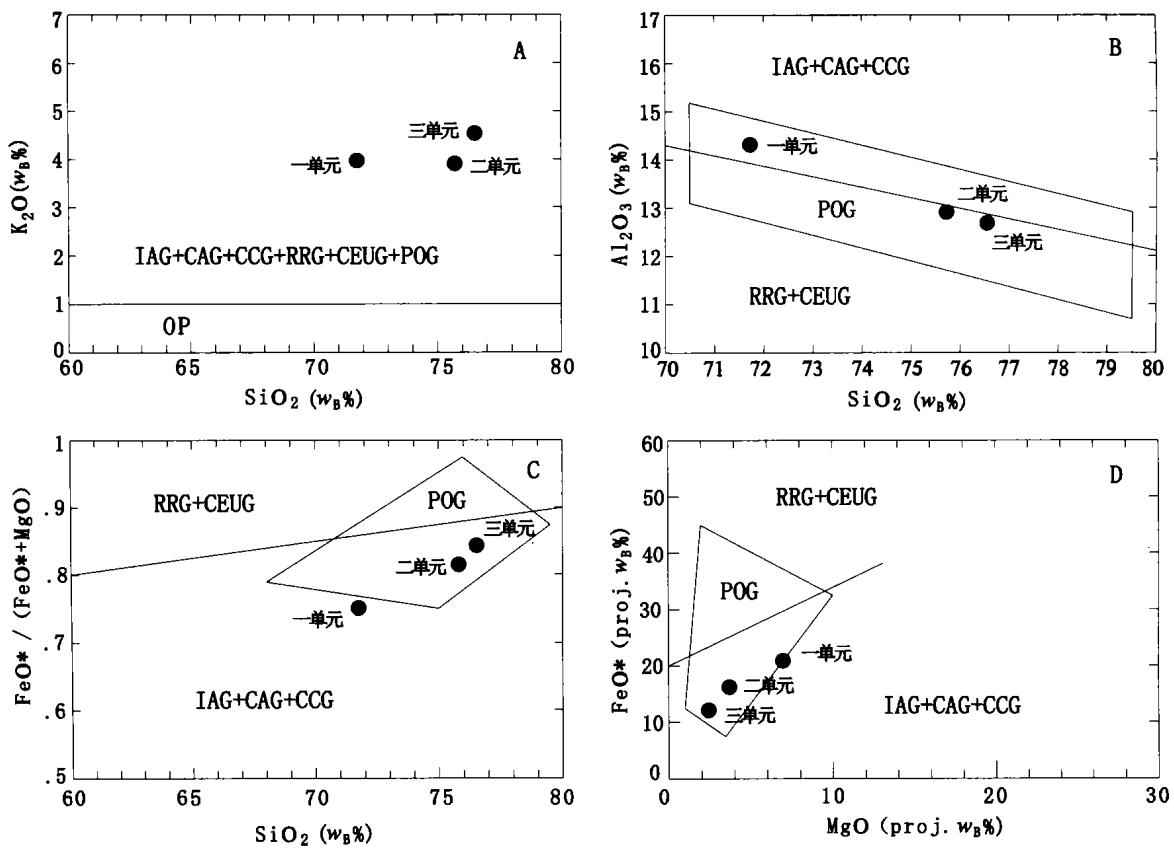


图 9 Maniar 和 Piccoli 构造判别图解

Fig. 9 Distinguishing diagram of Maniar and Piccoli

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. 与大陆抬升有关的花岗岩; OP. 大洋斜长花岗岩

1. 2, 来源于似大洋岛屿玄武岩, 在板内裂谷作用期间侵位; A2型 $Y/Nb > 1.2$, 岩浆起源于经陆- 陆碰撞或岛弧岩浆作用的陆壳或板下地壳。洪大卫等^[7] (1995) 把 A型花岗岩分为 AA型 (非造山) 和 PA型 (后造山), AA型形成于岩石圈裂谷构造环境, 持续活动时间长; PA型的生成紧随在板块俯冲和碰撞作用之后, 是钙碱性岩浆旋回最后的产物, 活动时间短。本区中二叠世 A型花岗岩与钙碱性系列 I型花岗岩在空间、时间上紧密相伴, 源岩深度大于 30 km, 应属 A2型或 PA型。可与昆仑造山带^[8~10]、特提斯-喜马拉雅造山带^[11]及环太平洋造山带^[12]中发现的造山后或后造山 A型花岗岩相对比。

本区 A型花岗岩的确定, 表明中二叠世之前, 碰撞造山的存在, 预示着研究区北部古亚洲洋在中二叠世前已闭合, 中二叠世造山作用已接近尾声, 晚二叠世, 西伯利亚板块与塔里木- 华北板块碰撞造山

结束, 转入稳定的陆内发展时期。

参考文献:

- [1] 邓晋福, 杨建军, 等. 格尔木—额济纳旗断面走廊域火成岩-构造组合与大地构造演化 [J]. 现代地质, 1996. 10 (3): 335~336.
- [2] 何世平, 任秉琛, 等. 甘肃内蒙古北山地区构造单元划分 [J]. 西北地质, 2003. 35 (4): 30~39.
- [3] 龚全胜, 刘明强, 等. 北山造山带大地构造及构造演化 [J]. 西北地质, 2003. 36 (1): 11~17.
- [4] 魏春生. A型花岗岩成因模式及其地球动力学意义 [J]. 地学前缘, 2000. 7 (1): 238.
- [5] 周若, 杨静, 等. 苏州地区 I-A型花岗岩特征与成因的对比研究 [J]. 地球科学, 1997. 22 (3): 240~246.
- [6] Eby G N. Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications [J]

. Geology, 1992, 20: 641-644.

[7] 洪大卫, 王式光, 等. 碱性花岗岩的构造环境分类及其鉴别标志 [J]. 中国科学 (B辑), 1995, 25 (4): 418-426.

[8] 袁万明, 莫宣学, 等. 东昆仑印支期区域构造背景的花岗岩记录 [J]. 地质论评, 2003, 46 (2): 203-210.

[9] 姜耀辉, 杨万志. 西昆仑山 A型花岗岩带的发现及其地球动力学意义 [J]. 地质论评, 2000, 46 (3): 235-243.

[10] 陈丹玲, 刘良, 等. 鄯漫塔格印支期铝质 A型花岗岩的确定及初步研究 [J]. 地球化学, 2001, 30 (6): 540-544.

[11] 侯增谦, 曲晓明, 等. 三江地区义敦岛弧碰撞造山过程: 花岗岩记录 [J]. 地质学报, 2001, 75 (4): 484-496.

[12] 邱检生, 王德滋, 等. 福建沿海铝质 A型花岗岩的地球化学及岩石成因 [J]. 地球化学, 2001, 29 (4): 313-321.

Characteristics and tectonic setting of Middle-Permian A-type granites in Tianshuijing area, west of Inner Mongolia

HE Feng¹, XU Li-quan^{1,2}, SU Hong-wei^{1,2}, LI Xin-ren¹

(1. Geological Survey Institute of Inner Mongolia, Huhhot, 010020, China;

2. China University of Geosciences, Beijing, 100083, China)

Abstract: Intrusive rocks of Longjishan-Shensheling, which distributed in Tianshuijing region in west of Inner Mongolia, have an elliptic shape toward northwest. Its area is more than 100 km². They were named Longjishan Series, and included three units. The first unit is phenocryst bearing fine-grained biotite adamellite, the second is phenocryst bearing middle-fine grained biotite adamellite and the third is middle-fine grained granit. Granitoids enrich in SiO₂ and Alk, contents of Alk vary between 7.23% and 8.37%, AKI are less than 1, ratios of A/CNK range from 1.01 to 1.07, and OX values vary between 0.47 and 0.83. The rocks enrich in LILE and LREE, and deplete Ba, Nb, Sr, Zr and Ti relatively. REE patterns have distinct "V" type. Accessory mineral assemblages are Mt-Ap-Zi. Granitoids evolve toward acidity and alkalinity from early unit to late unit, display the characteristics of aluminous A-type granite (A2-type) and have the characteristic of post-orogeny in some tectonic setting distinguish diagram. U-Pb age of Zircon is 267.1 Ma. All of those indicated that the orogenic process occurred in Middle Permian, might end in late of Middle Permian and the tectonic setting might be shifted to the setting of interior plate in Late Permian.

Key words: Tianshuijing area; Middle-Permian; A-type granites