第11卷 第4期 岩 石 学 报 Vol. 11, No. 4
1995年11月 ACTA PETROLOGICA SINICA Nov., 1995

新疆阿拉套山花岗岩带的主要特征及形成构造环境*

Tectonic Environment and Origin of Granitoids from Alatao Mountain, XinJiang, China

周泰禧 陈江峰 李学明
Zhou Taixi, Chen Jiangfeng and Li Xueming

(中国科学技术大学地球和空间科学系，第三世界科学院中国科学技术大学地球科学和天文学高级研究中心 合肥 230026)
(*Department of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Advanced Centre for Earth Sciences and Astronomy, University of Science and Technology of Chian, Third world Academy of Science, Hefei, 230026, China*)

提 要 阿拉套山花岗岩带产出于巩乃斯板块东北缘，岩带的岩石组合、化学成分、同位素组成表现出由东北向西南的系统变化，随离俯冲带距离的增大，古老地壳物质的贡献愈显著。构造环境判别表明早期花岗闪长岩-二长花岗岩组合产出于岩浆弧环境，与消减作用直接有关，晚期二长花岗岩-碱长花岗岩组合为造山后花岗岩，产出于张性环境，其形成标志着造山作用的结束。

Abstract Granitoids in Alatao Mountain are located in the northeastern margin of Gunes microplate. A systematic variation in rock association, major and trace element concentration as well as isotopic composition has been observed among these granitoids. As the distance to paleosubduction zone increases, old continental component shows greater contribution in these granitoids. Tectonic discrimination shows that early granodiorite-monzogranite association was formed in a magmatic arc environment and directly related to the subduction. Granites of later monzogranite-alkaline feldspar granite association are post-orogenic granites and were formed in an extension setting. The formation of these post-orogenic granites indicates the end of the orogeny.

主题词 花岗岩 岩石学 地球化学 构造环境 新疆阿拉套山
Key Words: Granite; Petrology; Geochemistry; Tectonic discrimination; Alatao Mountain, XinJiang

---

* 本文1993年10月7日收到，1994年10月30日改回.
本文为国家自然科学基金资助项目成果之一.
第一作者简介：周泰禧 男 1936年出生 教授 岩石学专业

分类号：P588.12
Classific. code：P588.12

天山山系的阿拉套山位于新疆博尔塔拉蒙古自治州的北部(东经 80°30′～82°45′，北纬 44°40′～45°20′)。山脉近东西走向，其北坡为哈萨克斯坦共和国。沿山脉南坡分布有一花岗岩带，其中有些岩体伴有钨、锡矿床，并有一定经济意义，同时，这些花岗岩的研究对认识北天山地质演化历史也十分重要。

新疆维吾尔自治区地质矿产局区域地质调查大队（1985）概述过阿拉套山花岗岩的一般特点，但总的来说，阿拉套山花岗岩的研究程度较低。近年来，已系统报道了阿拉套山花岗岩的同位素地质年龄(陈江峰等 1994)和岩石化学的研究成果(周泰禧等 1994)。

本文通过对阿拉套山花岗岩的时代、岩石学、主量和微量元素特征以及地球化学的综合研究，揭示阿拉套山花岗岩的主要特征、产出构造环境、成因模式及其大地构造意义。

1　地质概况

1.1　区域地质

研究区位于巩乃斯板块（中国科学院登山科学考察队，1985）的东北边缘（图 1）。巩乃斯板块与其东北的准噶尔板块在本区以艾比湖断裂为界，板块边界在艾比湖附近呈北西-南东走向，在艾比湖以北的哈萨克斯坦共和国境内，变为北西西-南东东走向。

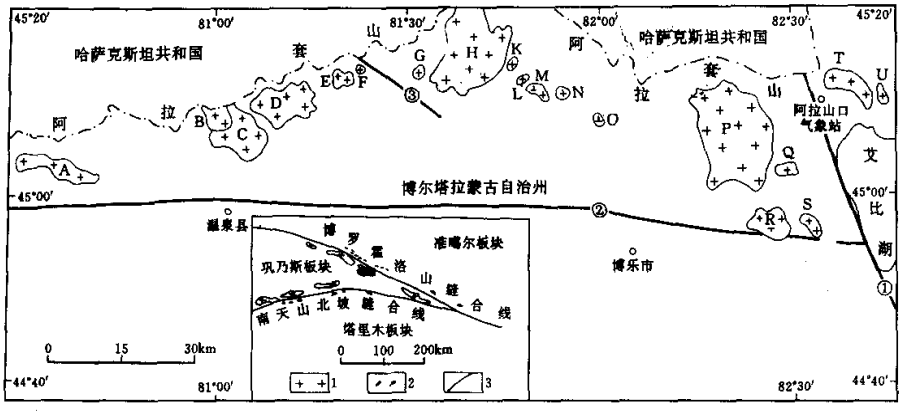

图 1　新疆阿拉套山花岗质岩石分布简图

图中小插图为西天山板块构造示意图；A、B、C、D、E、F、G、H、K、L、M、N、O、P、Q、R、S、T、U 分别为察哈乌苏、库克托木、查干泽迪、喀孜别克、祖鲁洪、米尔其克、阿尔夏特、乌拉斯坦、五道桥、乌兰哈德、苏更达板、合贝勒哈特、阿克萨依、孔吾萨依、玉奇克孜勒、卡桑布拉克、科克阿拉乔克及两个阿拉山口等 19 个岩体；①艾比湖断裂；②博尔塔拉河断裂；③米尔其克断裂；小图中的 1、2、3 分别为花岗岩、超基性岩和板块缝合线

Fig. 1　Sketch of distribution of granitoids from Alatao Mountain, Xinjiang

阿拉套山花岗岩带出露在巩乃斯板块东北缘，大体平行板块边界展布，长约 200km，岩体总出露面积约 700km^2，岩带东端止于艾比湖附近。博尔塔拉河断裂从本区南部通过，断裂南盘有元古界变质岩系出露，为区域的基底岩石。西北-东南向的米尔其克断裂纵贯本区中部，并将本区分成东北和西南略有不同的两部分。

区内地层由泥盆系中、上统和石炭系组成。泥盆系中、上统为碎屑岩、硅质岩，分布于整个研究地区。石炭系地层仅见于本区东北部，出露较零星①，主要为碳酸盐岩和碎屑岩，其顶部为中酸性火山岩。

花岗岩带由三个大岩基和围绕它们分布的许多岩株和小侵入体构成，岩体名称如图 1 所示。岩体侵入于泥盆纪、石炭纪地层中，多处见到花岗岩与石炭系火山岩呈侵入接触关系。岩体剥蚀较浅，残留顶盖常见，尤其西部岩体中更为常见。

1.2 花岗岩年龄

根据地质产状，接触关系以及^{40}Ar-^{39}Ar 和 K-Ar 定年结果（陈江峰等 1994），阿拉套山花岗岩带诸岩体的侵位发生在约为 306Ma～267Ma，为华力西中期岩浆活动产物，其侵位时代相当于晚石炭世晚期和二叠纪初，大体与本区中酸性火山活动同时，但野外证据表明花岗岩与晚石炭世火山岩呈侵入接触关系。

侵入活动可分为三个阶段：东部岩体侵位较早，发生于约 306Ma 左右，如孔吾萨依和乌拉斯坦岩体。西部岩体侵位较晚，约 300Ma～290Ma，如祖鲁洪、米尔其克、喀孜别克-查干浑迪岩体。最西部岩体侵位最晚，库克托木和察哈乌苏岩体于约 280Ma～270Ma 前侵位，野外见到库克托木岩体侵入于查干浑迪岩基之中。

显然，随离开古板块缝合线距离增大，花岗岩体年龄依次变年轻，岩浆活动中心有自东北向西南迁移的趋势。

1.3 阿拉套山花岗岩的岩石组合

阿拉套山花岗岩的平均化学成分和 CIPW 标准矿物法计算结果见表 1。按 Streckeisen (1976) 的化学-矿物分类法，本区花岗岩分属碱长花岗岩、钾长花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩和石英闪长岩，后者出露极少，有时呈包体出现。

综合岩体年龄，出露位置和岩性特征，可将本区岩石归纳为四种组合。第一阶段花岗闪长岩-二长花岗岩组合 (Ia)，以乌拉斯坦岩体为中心，分布于本区北部；二长花岗岩-钾长花岗岩组合 (Ib)，以孔吾萨依岩体为中心，分布在本区中东部。第二阶段二长花岗岩-碱长花岗岩组合（Ⅱ），以喀孜别克-查干浑迪岩体为中心，分布在本区中西部。第三阶段二长花岗岩和钾长花岗岩组合（Ⅲ），指库克托木岩体和察哈乌苏岩体，分布于本区最西部，从四种岩石组合的分布反映出离板块缝合线的距离由近到远。为讨论方便，将 Ia 和 Ib 组合合称为东北部岩体群，Ⅰ和Ⅲ组合称西南部岩体群。

① 国家三 0 五项目 N-2 课题组. 1990. 博乐钨锡成矿带综合研究报告，1～24.

2　花岗岩带的成分特征和物源

不同岩石组合中，主元素、微量元素以及同位素组成有自东北向西南随距艾比湖断裂（博罗霍洛山缝合线的北段）距离增大而系统变化的特点。

2.1　矿物组合和主量元素

本区各岩石组合的共同暗色矿物是黑云母，角闪石只出现在东北部岩体中。含白云母的花岗岩分布在西南部，有时还有微量石榴石，表明岩石富铝。

主量元素-SiO_2 关系图表明，在整个岩带范围内，随岩体的 SiO_2 含量增加，即由花岗闪长岩组合到钾长花岗岩和碱长花岗岩组合，MgO、CaO、Al_2O_3 和 FeO 含量降低，K_2O 增加，其它元素变化趋势不显著。Ia 组合的二长花岗岩，Ib 和 Ⅱ、Ⅲ组合的岩体中，SiO_2 变化范围相似，但西南部岩体群的 Al_2O_3 和 FeO 较高，而 Na_2O 和 Fe_2O_3 较低（图 2）。

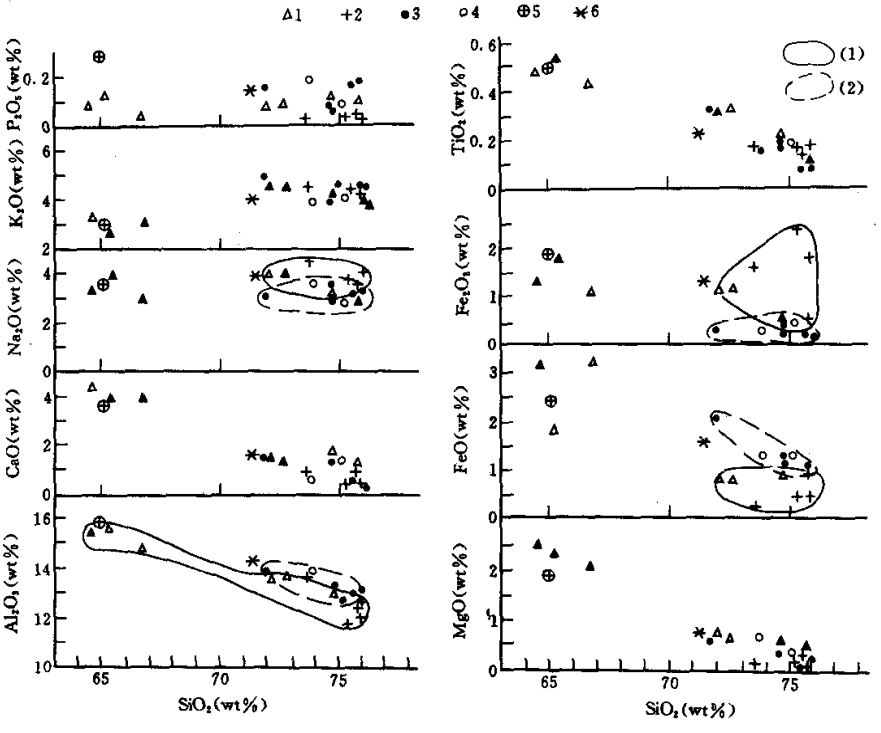

图 2　阿拉套山花岗岩带的主量元素含量变化趋势

1. Ia 组合；2. Ib 组合；3. Ⅱ组合；4. Ⅲ组合；5. 黎彤等(1963)的花岗闪长岩平均值；6. 黎彤等(1963)的花岗岩平均值；(1). 东北部岩体群；(2). 西南部岩体群

Fig. 2　The diagram of major elements of granitoids from Alatao Mountain, Xinjiang

西南部岩体群的 FeO 较高表明它们形成于较还原的环境，即侵位深度较深，这与西南部岩体群主要侵入于泥盆系地层而东北部岩体群侵入到石炭系地层的事实一致。相应 CIPW 标准矿物法计算结果东北部一些岩体出现 Hm（赤铁矿）与这一特征也正好吻合。

本区各种岩石化学指数，如 $Al_2O_3/(Na_2O+K_2O+CaO)$ 比值，C/ACF 成分值，标准矿物刚玉分子含量以及化学成分在 ACF 图上的投影均表明阿拉套山花岗岩带西南部岩体主要有 S 型花岗岩属性，东北部岩体有 I 型花岗岩属性，中间有些岩体具有过渡特征，如祖鲁洪岩体（周泰禧等 1994），这表明在阿拉套山，可以区分出 S 型和 I 型两类花岗岩，而且 I 型花岗岩靠近艾比湖边界断裂，S 型花岗岩远离艾比湖边界断裂。

2.2 微量元素

阿拉套山花岗岩的微量元素含量(部分微量元素数据列于表 1)也由东北到西南显示系统变化趋势，特别是对指示物源很灵敏的 K-Rb 关系。本区东北部花岗岩和西南部花岗岩的这一关系分别可与俄罗斯滨海地区的壳下花岗岩系列和地壳花岗岩系列(Ставров и Столяров 1984)相对比(图 3)，这与主量元素得到的趋势相一致。

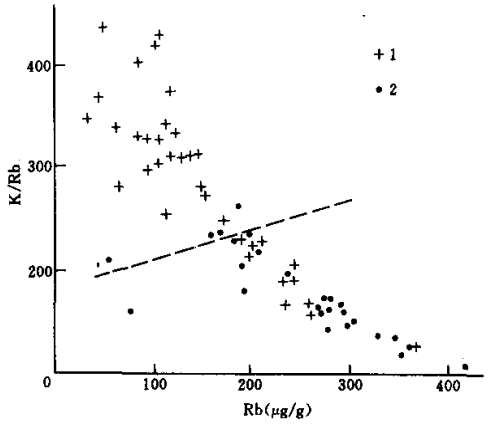

图 3 阿拉套山花岗岩的 K-Rb 关系

图中还标出了俄罗斯滨海地区两类花岗岩的范围：虚线上部为壳下花岗岩建造；虚线下部为地壳花岗岩建造；1. 东北部岩体群；2. 西南部岩体群

Fig. 3 K-Rb plot of granitoids from Alatao Mountain

与东北部岩体群相比，西南部岩体群的 ΣREE 较低，LREE/HREE 比值较低，Eu 的负异常更明显，表明西南部岩体经历了较强的结晶分异作用(周泰禧等 1995)。

2.3 同位素组成

阿拉套山花岗岩的同位素组成也表现出系统变化。东北部两种组合岩石的 $\delta^{18}O$ 变化范围都是约 7‰～11.6‰，Ⅰ组合花岗岩的 $\delta^{18}O$ 较高，为 12.5‰～13.8‰，反映Ⅱ组合花岗岩中地壳沉积物质较多。Ia 组合花岗闪长岩的 Sr 同位素初始比值最低，为 0.7045，Ib 组合岩石其次，为 0.7068，而Ⅱ组合花岗岩为 0.7083～0.7147。Ia 组合的 $^{207}Pb/^{204}Pb=15.44\sim15.47$，Ib 组合为 15.48～15.52，Ⅱ组合花岗岩为 15.49～15.55。两者都反映 Ia 组合中幔源物质贡献较多，而Ⅱ组合花岗岩中有较高的古老陆壳物质贡献。但是整个花岗岩带的 Nd 同位素初始比值 $\varepsilon_{Nd}(t)$ 相差不大，为＋2.2～＋3.2，这种关系也许可以用 AFC 模式(即同化混染和结晶分异联合)解释(周泰禧等 1995)。

表 1 阿拉套山花岗岩的岩石平均化学成分(wt%)、CIPW 计算结果和微量元素含量(μg/g)

Table 1 Average composition (wt%) and CIPW norms, trace element concentration(μg/g) of granitoids from Alatao Mountain

岩体名称	察哈乌苏	库克托木	多浪特	查干浑迪	喀孜别克	祖鲁洪	米尔其克	阿尔夏特	乌拉斯坦
岩性	碱长花岗岩	二长花岗岩	二长花岗岩	碱长花岗岩	碱长花岗岩	二长花岗岩	二长花岗岩	二长花岗岩	花岗闪长岩
岩石组合	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰa	Ⅰa
样品数	2	1	1	9	10	4	3	2	4
SiO_2	73.67	75.01	71.74	75.76	75.52	74.58	74.55	75.69	66.70
TiO_2	0.18	0.20	0.35	0.12	0.11	0.18	0.21	0.15	0.45
Al_2O_3	13.91	12.74	13.98	13.09	13.06	13.29	13.16	12.76	14.78
Fe_2O_3	0.31	0.48	0.29	0.21	0.23	0.18	0.40	0.40	1.10
FeO	1.39	1.46	2.18	1.09	1.15	1.26	1.40	1.04	3.24
MnO	0.05	0.05	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09
MgO	0.68	0.35	0.64	0.19	0.12	0.38	0.38	0.46	2.23
CaO	1.25	1.40	1.54	0.54	0.66	1.35	1.45	1.37	4.06
Na_2O	3.68	2.83	3.11	3.34	3.29	3.65	3.21	2.97	3.03
K_2O	3.92	4.15	4.97	4.63	4.55	4.44	4.18	4.22	3.08
P_2O_5	0.20	0.09	0.16	0.19	0.18	0.08	0.09	0.11	0.05
H_2O	0.65	0.59	0.80	0.87	0.64	0.51	0.81	0.64	0.84
CO_2	0.16	0.10	0.12	0.23	0.14	0.10	0.09	0.11	0.13
Q	33.16	38.44	29.31	36.85	36.66	32.22	35.58	38.34	23.88
C	3.12	2.94	2.80	2.41	2.28	1.43	2.68	2.69	1.26
Or	23.14	24.53	29.37	27.35	26.91	26.21	24.68	24.91	18.17
Ab	31.10	23.95	26.32	28.30	28.32	30.89	27.02	25.10	25.62
An	5.06	6.42	6.70	1.72	2.22	6.30	6.67	6.16	17.62
Di									2.78
Hy	7.60	5.84	9.67	4.34	4.32	5.81	5.79	5.03	18.20
Mt	0.44	0.70	0.42	0.30	0.33	0.27	0.58	0.58	1.60
Il	0.34	0.38	0.67	0.23	0.20	0.34	0.40	0.29	0.86
Ap	0.43	0.20	0.35	0.41	0.40	0.18	0.19	0.23	0.11
Rb	193	181	186	297	306	224	179	143	105
Nb			11.2	10.6	9.90	9.90			5.10
Ta			2.05	2.84	2.54	2.65			1.54
Y	14.8	21.5	36.4	19.0	16.8	45.4	27.8	9.11	20.7
Yb	1.57	2.51	3.79	1.64	0.92	5.52	3.25	1.26	2.44

2.4 阿拉套山花岗岩物源的估计

基于上述资料，可以推测阿拉套山花岗岩的物源可能是地幔和地壳端元的混合物，地幔端元 Al_2O_3、FeO、MgO、CaO 高，K_2O 低，Na_2O 中等，Rb 低，$\delta^{18}O$ 较低，$(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 低，$\varepsilon_{Nd}(t)$ 高，可能为一种经过演化的幔源岩浆。地壳端元相反，K_2O 高，Rb 高，特别是很高的 $\delta^{18}O$ 和 $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$，表明它们是一种沉积成因的古老地壳物质。比较而言，博尔塔拉河断裂南盘的元古界片麻岩的变质程度较高，未必能满足上述制约条件，笔者倾向于认为，直接围岩如泥盆系板岩很可能是地壳端元（周泰禧等 1995）。

续表 1

岩体名称	乌拉斯坦	五道桥	乌兰哈德	苏更大坂	合贝勒哈特	孔吾萨依	卡桑布拉克	玉奇克孜勒	科克阿拉乔克
岩 性	二长花岗岩	花岗闪长岩	二长花岗岩	花岗闪长岩	二长花岗岩	钾长花岗岩	钾长花岗岩	钾长花岗岩	钾长花岗岩
岩石组合	Ia	Ia	Ia	Ia	Ia	Ib	Ib	Ib	Ib
样品数	2	1	1	1	1	10	5	1	1
SiO_2	74.58	64.52	72.57	65.22	71.96	75.60	75.72	73.45	75.17
TiO_2	0.25	0.50	0.35	0.55	0.34	0.16	0.19	0.18	0.19
Al_2O_3	13.04	15.33	13.73	15.56	13.64	12.55	12.10	13.70	11.76
Fe_2O_3	0.45	1.35	1.12	1.89	1.16	0.49	1.78	1.56	2.45
FeO	0.95	3.05	0.85	1.91	0.86	1.02	0.50	0.27	0.44
MnO	0.03	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.05	0.04
MgO	0.58	2.56	0.66	2.41	0.72	0.26	0.10	0.13	0.20
CaO	1.82	4.36	1.46	4.02	1.56	0.96	0.58	0.87	0.42
Na_2O	3.27	3.33	4.05	3.91	3.99	3.71	4.00	4.50	3.79
K_2O	4.30	3.21	4.54	2.79	4.48	4.34	4.07	4.48	4.37
P_2O_5	0.13	0.10	0.09	0.14	0.09	0.04	0.02	0.03	0.03
H_2O	0.67	1.64	0.90	1.62	0.90	0.68	0.89	0.80	1.18
CO_2	0.10	0.24	0.12	0.30	0.16	0.07	0.15	0.14	0.24
Q	34.51	19.04	27.87	19.97	27.61	34.60	35.35	28.06	35.02
C	1.09					0.66	0.52		0.60
Or	25.38	18.97	26.83	16.49	26.48	25.64	24.05	26.48	25.83
Ab	27.67	28.18	34.27	33.09	33.77	31.36	33.83	38.08	32.07
An	6.95	17.40	5.88	16.67	6.08	4.16	2.65	3.95	1.91
Di	1.66	4.48	1.01	2.98	1.36	0.33			
Hy	3.82	17.38	2.94	12.40	2.98	3.54	1.51	1.23	2.14
Mt	0.66	1.96	1.62	2.74	1.68	0.71	1.12	0.51	1.00
Il	0.47	0.95	0.67	1.05	0.65	0.30	0.37	0.34	0.36
Ap	0.28	0.22	0.20	0.31	0.20	0.09	0.05	0.07	0.07
Hm							0.52	1.21	
Rb	128	105	160	85	143	240	149	105	117
Nb	6.40	4.80	8.20	5.40	7.90	12.3	11.1	10.6	11.9
Ta	1.40	1.74	1.79	1.35	1.78	2.32	1.80	1.68	1.88
Y	18.9	18.2	19.7	18.2	21.1	51.9	60.9	51.9	62.4
Yb	2.39	2.10	2.32	1.94	2.39	6.28	7.30	5.77	7.83

3 构造环境判别

虽然根据岩石化学成分进行岩浆岩构造环境的判别有很大局限性，但多种图解联合运用并结合区域地质条件的制约仍能得出许多有用的信息。

采用 Maniar et al.（1989）的主量元素判别图解（图 4），因篇幅所限，图 4 仅列出 SiO_2-$FeO^*/(FeO^*+MgO)$ 图解，图中第一阶段花岗闪长岩-二长花岗岩组合（Ia）岩石属于岛弧型（IAG）或大陆弧型（CAG）花岗岩，本区其它阶段和组合的花岗岩属造山后花岗岩（POG）。将本区样品的主量元素投在 Batchelor et al.（1985）的 R_1-R_2 判别图解中（图 5），Ia 组合的花岗闪长岩投入 2 区（板块碰撞前消减地区花岗岩），该组合的二长花岗岩投入 4 区

(造山晚期花岗岩) 后部，其它样品都投在 6 区 (同造山花岗岩) 和 7 区 (造山期后 A 型花岗岩) 以及与其它各区重叠部分，显示出阿拉套山花岗岩由早阶段到晚阶段的构造环境有由消减带环境向造山后环境转化的趋势。

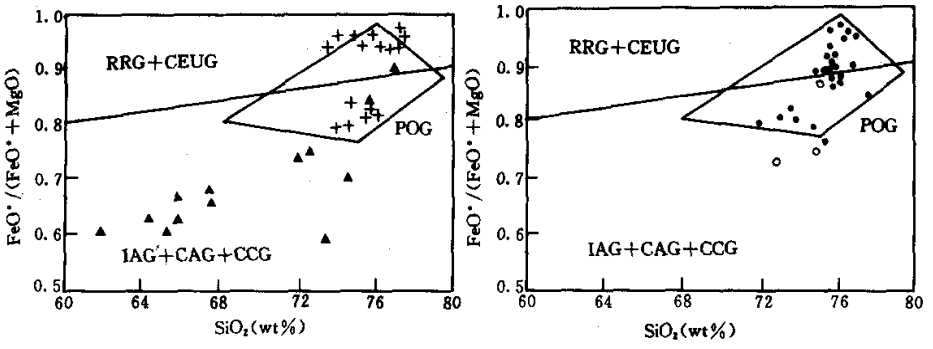

图 4　阿拉套山花岗岩类构造环境判别 (据 Maniar et al. 1989)

IAG 为岛弧型；CAG 为大陆弧型；CCG 为大陆碰撞型；POG 为造山后型；RRG 为裂谷型；CEUG 为大陆造陆抬升型；OP 为大洋斜长花岗岩；图中图例符号同图 2

Fig. 4　Tectonic discrimination of granitoids from Alatao Mountain (after Maniar and Piccoli, 1989)

将阿拉套山花岗岩样品的微量元素投入 Pearce et al. (1984) 的微量元素判别图解 (图 6)，因篇幅所限，图 6 仅列出 Ta 对 Yb、Rb 对 (Yb+Ta) 图解，可见第一阶段花岗闪长岩-二长花岗岩组合 (Ia) 主要投在火山弧型 (VAG) 区域内，二长花岗岩-钾长花岗岩组合 (Ib) 样品投在板内花岗岩 (WPG) 区域内，第二阶段二长花岗岩-碱长花岗岩组合 (Ⅰ) 样品主要投在同碰撞花岗岩 (Syn-COLG) 区域内。微量元素对 SiO_2 变异图也得到类似结论。

总之，不同的构造判别图解得到类似结论，即第一阶段花岗闪长岩-二长花岗岩组合属于火山弧型花岗岩，与消减过程有关，第一阶段二长花岗岩-钾长花岗岩组合与第二阶段二长花岗岩-碱长花岗岩组合都接近于造山后花岗岩。

4　阿拉套山花岗岩带的构造意义

不同时代不同成因的花岗岩类在空间上往往构成一定的岩带，反映出其与区域大地构造发展间的内在联系。活动大陆边缘的花岗岩带多沿着板块边缘分布，平行于板块收敛界线，其形成与消减作用有成因关系，因此可以提供关于大陆增生的信息 (王联魁等 1982)。阿拉套山地区，在泥盆纪时为海洋环境，中泥盆世以后接受了碎屑物质和硅质沉积，石炭纪时继续接受沉积，形成了碳酸盐质、碎屑物质和火山物质的堆积，这一沉积环境一直保持到中石炭世①。

① 国家三 0 五项目Ⅳ-2 课题组. 1990. 博乐钨锡成矿带综合研究报告. 1～24.

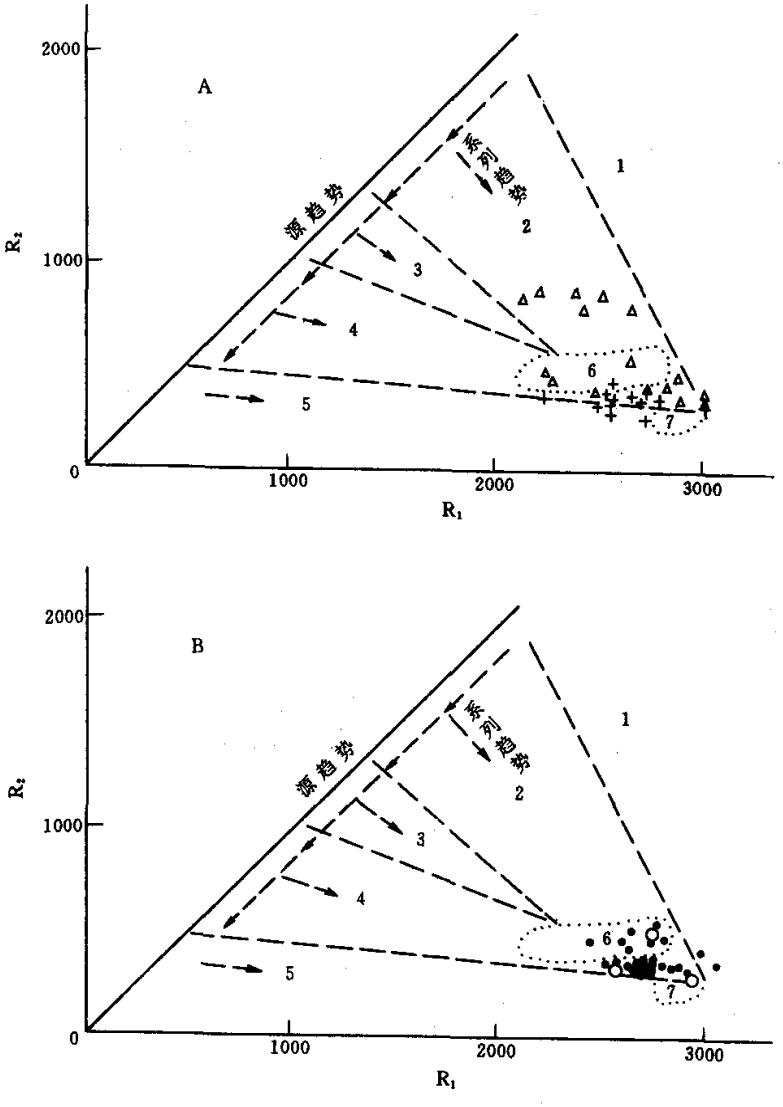

图 5 R_1-R_2 图(据 Batchelor et al., 1985)

A. 东北部岩体群; B. 西南部岩体群; 1. 幔源花岗岩; 2. 板块碰撞前消减地区花岗岩; 3. 板块碰撞后隆起期花岗岩; 4. 造山晚期花岗岩; 5. 非造山区 A 型花岗岩; 6. 同造山花岗岩; 7. 造山期后 A 型花岗岩; $R_1=4Si-11(Na+K)-2(\Sigma Fe+Ti)$; $R_2=6Ca+2Mg+Al$; 图中图例符号同图 2

Fig. 5 R_1-R_2 tectonic disorimination diagram (after Batchelor et al. 1985)

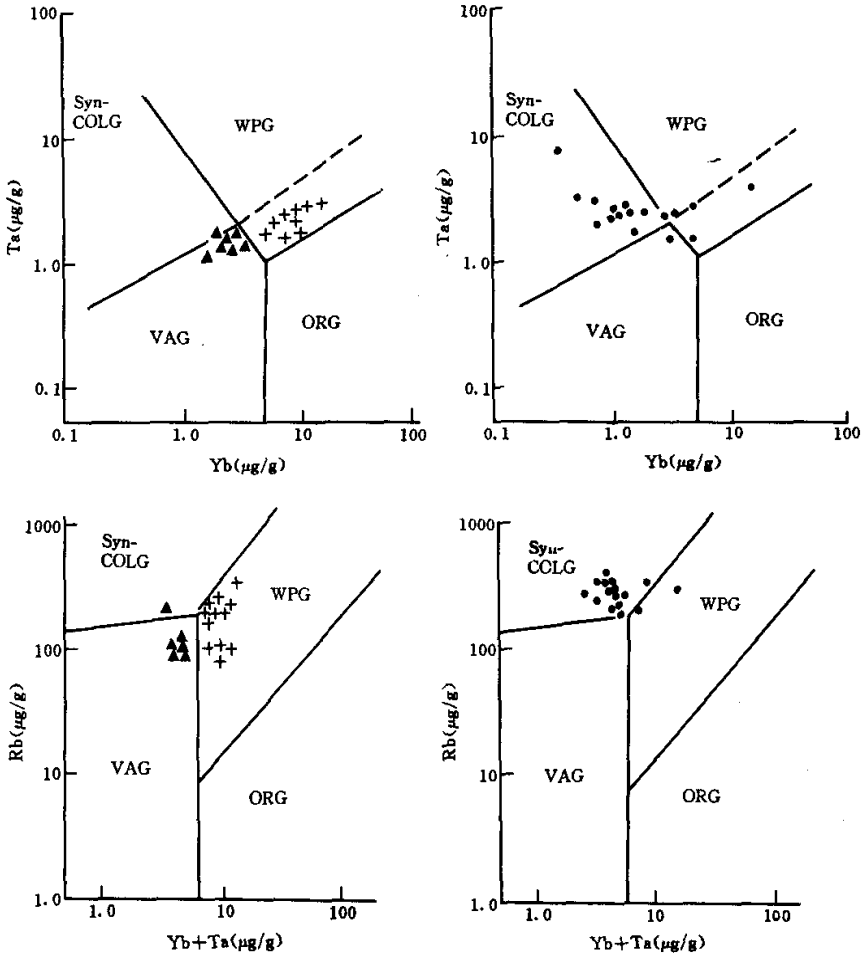

图 6　Ta 对 Yb，Rb 对(Yb+Ta)图解(据 Pearce et al. 1984)

ORG 为洋脊花岗岩；VAG 为火山弧花岗岩；WPG 为板内花岗岩；Syn-COLG 为同碰撞花岗岩；图中图例符号同图 2

Fig. 6　Ta-Yb, Rb-(Yb+Ta) discrimination diagram (after Pearce et al. 1984)

上石炭世时，博罗霍洛山缝合线东北侧的准噶尔洋壳板块向西南俯冲，阿拉套山花岗岩带所在的巩乃斯板块东北缘具有活动大陆边缘性质，阿拉套山地区上石炭世的火山活动就是这一作用高潮的反映。其时，准噶尔板块向西南扩张，在巩乃斯板块东北缘发生倾斜俯冲，形成安山岩-流纹岩组合火山岩，这与典型岛弧和活动大陆边缘的玄武岩-安山岩-流纹岩组合有所不同，安山岩-流纹岩组合可能反映极缓的消减作用，弧后扩张或与倾斜消减有关 (Hyndman

1985)，阿拉套山 Ia 组合的花岗闪长岩-二长花岗岩，虽略晚于火山岩，但反映同样以挤压为主的构造环境。同一时代的二长花岗岩-钾长花岗岩组合 (Ib)，因为产出在俯冲带发生转折的艾比湖地区附近，虽然物质来源上仍反映较多由俯冲作用导致部分熔融而来的深源物质，但其构造环境却反映拉张环境。

已知的火山作用时段和第一阶段花岗岩的年龄表明俯冲作用于约 300Ma 结束，随后在活动大陆边缘（巩乃斯板块）一侧，由压应力转变为拉张环境，这种拉张也许可看作为弧后扩张的雏型，在此拉张阶段形成了具有造山后特征的花岗岩（第二和第三阶段花岗岩)，它们分布离俯冲带较远，时代较晚，而岩石化学成分和同位素组成反映古老大陆地壳物质在这些花岗岩形成过程中起了关键作用。

总之，阿拉套山花岗岩是准噶尔板块在晚石炭世时向巩乃斯板块俯冲的产物，第一阶段花岗岩类的形成与消减作用密切相关，而第二阶段花岗岩类的形成于造山后的拉张环境之中，造山后花岗岩的出现则是这次造山过程终结的标志，此后，本区即隆起成陆，长期遭受剥蚀直到侏罗纪。

致谢 陈道公、印春生、李彬贤、张巽同志参加了部分野外和室内工作，工作中还得到满发胜、吴守让同志的帮助和指导，在此一并致谢。

参 考 文 献

中国科学院登山科学考察队. 1985. 天山托木尔峰地区的地质与古生物. 乌鲁木齐：新疆人民出版社，37～102

王联魁，朱为方，张绍立. 1982. 华南花岗岩两个成岩成矿系列的演化. 地球化学，(4)：329～339

陈江峰. 陈道公. 李学明. 周泰禧，Foland K A. 1994. 新疆阿拉套山花岗岩的 K-Ar 和^{40}Ar-^{39}Ar 同位素定年. 岩石学报，10(2)：184～192

周泰禧，陈江峰，张巽，陈道公，李学明，李彬贤，印春生. 1994. 新疆阿拉套山花岗岩类的岩石化学. 地球科学，19(2)：149～156

周泰禧. 陈江峰. 陈道公. 李学明. 1995. 新疆阿拉套山花岗岩类的特征及成因研究. 地球化学，24(1)：32～42

新疆维吾尔自治区地质矿产局区域地质调查大队. 1985. 天山花岗岩地质. 北京：地质出版社，3～21

黎彤. 饶纪龙. 1963. 中国岩浆岩的平均化学成分. 地质学报，43(3)：271～280

Batchelor R B, Bowden P. 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters, Chemical Geology. 48: 43～55

Hyndman D W. 1985，邱家骥. 王人镜. 马昌前译. 火成岩与变质岩岩石学. 武汉：中国地质大学出版社，166～239

Maniar P D, Piccoli P M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids. Geological Society of America Bulletin, 101: 635～643

Pearce J A, Harris N B W, Tindle A G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rock. Jour. of Petrol., 25: 956～983

Streckeisen A L. 1976. Classification of the common igneous rocks by means of their chemical composition, A Provisional attempt. Neues Jahrbuch fur Mineralogic Bd, 1807, Nr, 1S:1～15

Ставров О Д, Столяров И С. 1984. Вопросы распленения позднемезозойских гранитоидов Приморья и их оловоносност. Геохмия, (3): 360～369