

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2020.03.001

新疆萨吾尔地区扎合岩体地球化学特征及构造意义

杨涛¹, 辛存林²

(1. 喀什大学生命与地理科学学院, 新疆维吾尔自治区, 新疆 喀什 844000;

2. 西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要:扎合岩体位于哈萨克斯坦-准噶尔板块北缘, 属于萨吾尔晚古生代岛弧带, 岩石类型以花岗闪长岩为主。笔者通过对该岩体的岩石地球化学、岩石类型、岩浆源区、构造背景研究表明, 扎合岩体属于钙碱性系列侵入岩, 在岩浆演化过程中没有明显的分离结晶作用且分异程度不高, 暗示其原始岩浆的来源可能为上地幔, 形成环境为后碰撞阶段的挤压环境; 扎合岩体地球化学特征的确定为晚古生代西准噶尔地区地壳的垂向增生以及后碰撞岩浆活动的研究提供了新的证据。

关键词:构造意义; 后碰撞阶段; 地球化学; I 型花岗岩; 萨吾尔地区; 新疆

中图分类号: P618.51

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2020)03-0001-09

Geochemical Characteristics and Tectonic Significance of Zhahe Rock Mass in Sawu'er Area, Xinjiang

YANG Tao¹, XIN Cunlin²

(1. College of Life and Geographic Sciences, Kashi University, Kashi 844000, Xinjiang, China; 2. College of Geography and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, Gansu, China)

Abstract: Zhahe rock mass is located in the northern margin of the Kazakhstan-Junggar plate, belonging to the Sawu'er island arc belt of late Paleozoic. And the rock type is mainly granodiorite. Based on a study of rock geochemistry, rock type, magma source area and tectonic setting, the authors found that the Zhahe rock mass was the calc-alkaline intrusive rocks. There was no obvious separation crystallization in the magmatic evolution process and the differentiation degree was not high, suggesting that the original magma may come from the upper mantle and the compression environment in the post-collision stage. Zhahe geochemical characteristics provide new evidence for the study of the vertical crustal accretion and the post-collisional magmatic activities in the late Paleozoic in western junggar.

Keywords: tectonic significance; post-collisional stage; geochemistry; type I granite; Sawu'er area; Xinjiang

处于中亚造山带的新疆北部地区是研究古生代陆壳增生最具代表性的地区之一, 中亚造山带古生

代陆壳增生主要是因为后碰撞岩浆活动, 所以该地区目前已成为研究后碰撞构造-成矿作用的热点地

收稿日期: 2019-12-13; 修回日期: 2020-04-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(41262001), 甘肃省科技支撑项目(1104FKCA116)

作者简介: 杨涛(1991-), 男, 硕士研究生, 助教, 研究方向为地质环境与矿产。E-mail: 270153522@qq.com

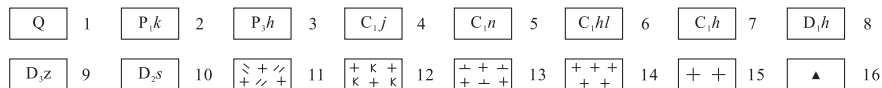
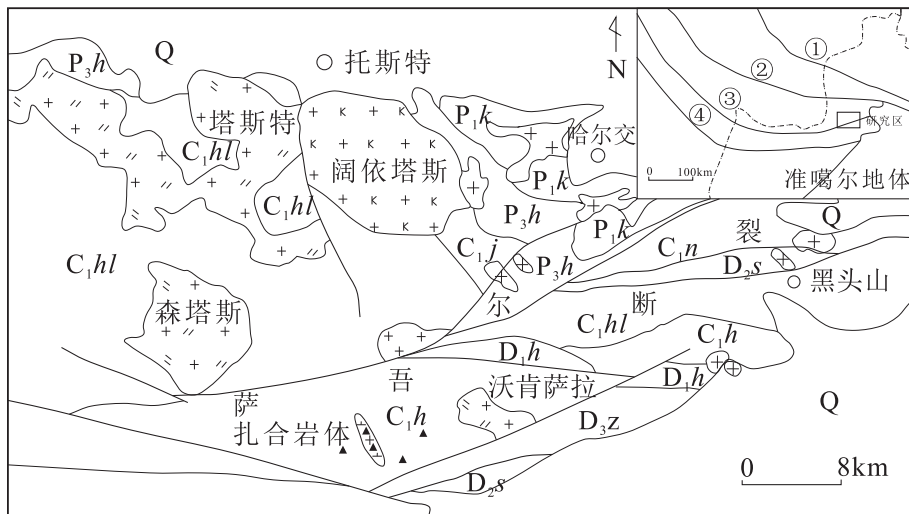
区(周刚等,1999;彭素霞等,2018)。萨吾尔位于新疆北部阿勒泰吉木乃县及布克塞尔县等地区,晚古生代酸性侵入岩发育广泛,研究该区侵入岩的地球化学及年代学特征对了解新疆北部后碰撞-成矿作用有着重要的意义(涂光炽,1999)。王京彬等依据对后碰撞的定义,通过研究该地区地球物理资料和花岗岩浆作用的特征(袁峰等,2006;王京彬等,2006),厘定新疆北部后碰撞岩浆活动主体的形成时代应该为石炭纪—二叠纪,并且认为新疆北部大规模成矿的高峰期与后碰撞阶段的伸展期、挤压-伸展转变期相同(韩宝福等,1999;周涛发等,1999)。但是新疆北部地区后碰撞阶段的时限还存在很多争议,该区侵入岩的岩石系列、物质来源和构造背景还需要进一步厘定。

辛存林(2009)首次对扎合岩体的地质特征及成因进行了初步的探讨,并讨论了其岩体的形成年代。但是,至今尚无人对扎合岩体地球化学特征及构造环境进行研究,对扎合岩体的岩石系列、物质来源和构造背景还缺乏系统地了解,制约了对扎合金矿床成因和成矿规律的认识。因此,笔者通过研究扎合岩体地球化学数据,并结合野外地质特征,确定该岩

体的岩石系列、岩浆源区和成岩构造背景,为研究新疆北部的岩浆演化过程提供理论依据。

1 研究区地质特征

研究区地处哈萨克斯坦-准噶尔板块北缘的萨吾尔晚古生代岛弧带上(李锦轶等,1999)。该区断裂广泛发育,萨吾尔复式向斜和哈拉巴依复式背斜为区域两大主要褶皱,为近东西向逆冲断裂系和走滑剪切断裂系。主要出露有泥盆系、二叠系,各地层单元基本呈整合接触,第四系松散堆积物分布广泛(杨海英等,2005;周涛发等,2006)。研究区自中泥盆世至二叠世均有火山活动,区内侵入岩较发育,岩石类型复杂多样,从超基性岩至酸性岩均有分布,但以酸性岩为主。其中哈尔交岩体、阔依塔斯岩体、塔斯特岩体和森塔斯岩体主要分布在萨吾尔大断裂以北;在萨吾尔大断裂以南岩体较少,主要为沃肯萨拉岩体和扎合岩体(袁峰等,2006;何元方等,2018)。其中扎合岩体前人未曾做过深入的研究工作,该岩体呈岩枝、岩脉状产出,呈北西—南东延伸,在研究区出露长约 5 km;宽 1~1.5 km(图 1)。



1. 第四系;2. 卡拉岗组;3. 哈尔加乌组;4. 吉木乃组;5. 那林卡拉组;6. 哈拉巴依组;7. 黑山头组;8. 洪古勒楞组;9. 朱鲁木特组;10. 萨吾尔山组;11. 二长花岗岩;12. 碱长花岗岩;13. 花岗闪长岩;14. 花岗岩;15. 花岗斑岩;16. 采样位置;①. 阿尔泰岩浆弧;②. 额尔齐斯-高桑缝合带;

③. 扎尔玛-萨吾尔岩浆弧;④. 博什库勒-成吉斯岩浆弧

图 1 新疆萨吾尔地区地质图及大地构造位置图(据杨海英,2019 年修改)

Fig. 1 Geological map and tectonic location of Sawu'er region in west Jungger, Xinjiang

(After YANG Haiying, 2019)

2 样品特征与分析

本次分析的 5 件样品均采自扎合岩体,采样采集过程中尽量选择新鲜样品,在室内显微镜下详细观察后,挑选出相对蚀变较弱的新鲜样品,去掉岩石样品表面的风化物,送由核工业北京地质研究院分析测试中心测试。其中 ZHB110 花岗闪长岩样品呈浅灰白色,具半自形粒状结构,块状构造;主要的

矿物成分为他形微晶及细粒集合体的蚀变斜长石、普通角闪石、绿泥石、绢云母等,其次为他形粒状石英;蚀变斜长石粒径 0.1~1.4 mm,具聚片双晶,显环带构造,泥化中度,绢云母化轻度,部分晶粒黝帘石化蚀变强,成分为中长石,密集分布,部分裂纹发育,受应力压扁定向,大致呈条带状分布,少数已破裂;普通角闪石呈半自形柱状,粒径 0.1~2.4 mm,黄绿色,部分绿泥石化(图 2);褐铁矿和黄铁矿呈细粒分散状。

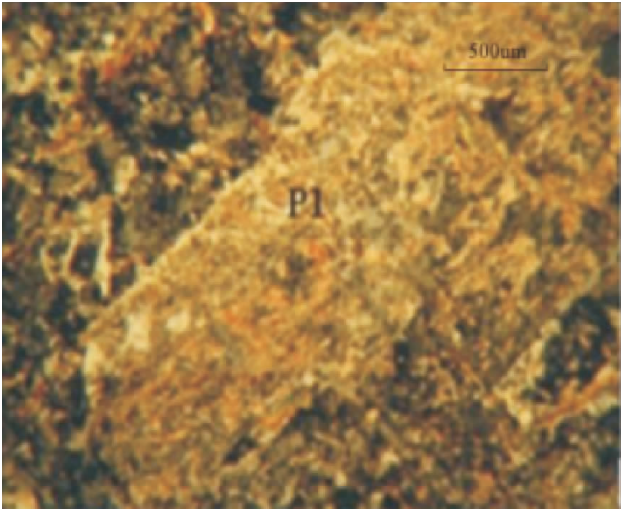


图 2 扎合岩体 ZHB110 样品及镜下照片(正交偏光×100,P1-斜长石)
Fig. 2 The microscope photos of the granodiorite in Zhahe intrusion

3 岩石地球化学特征

3.1 主量元素地球化学特征

扎合岩体主量元素分析结果见表 1。其特征是:SiO₂ 含量为 65.74%~70.00%,平均值为 67.90%,属酸性岩范围,在侵入岩全碱-硅(TAS)分类图解中(图 3),样品全部落入花岗闪长岩区域。Al₂O₃ 含量为 15.05%~17.59%,A/CNK 值为 0.94~1.05,均小于 1.1,表现出 I 型花岗岩特征,A/NK 值为 1.38~1.83,在 A/NK-A/CNK 图中显示出准铝质-弱过铝质特征(图 4)。K₂O+Na₂O 含量为 6.38%~7.61%,且 K₂O/Na₂O 值为 0.33~0.6,具富 Na 特点,在 K₂O-SiO₂ 图解中样品基本落入属于钙碱性系列范围内(图 5)。另外,CaO 变化幅度较大,含量为 2.37%~4.24%。

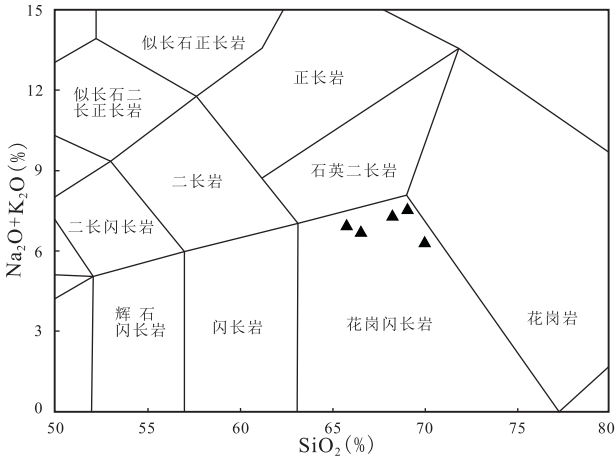


图 3 TAS 分类命名图解(据 MAITRERW et al. ,1989)
Fig. 3 TAS diagrams for classification of Zhahe intrusion (After MAITRERW et al. ,1989)

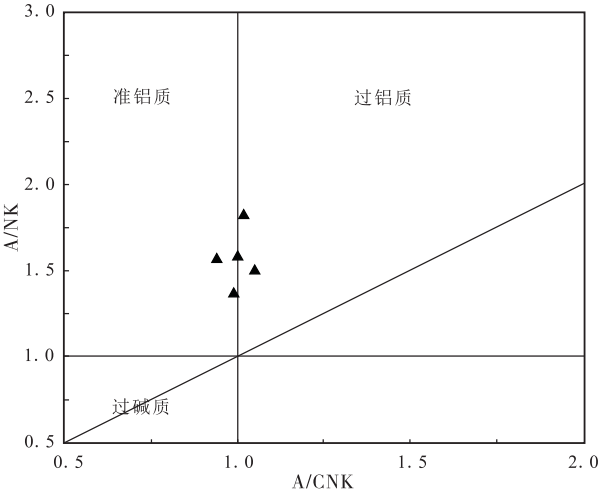


图 4 A/NK - A/CNK 分类命名图(据 CLARKE,1992)

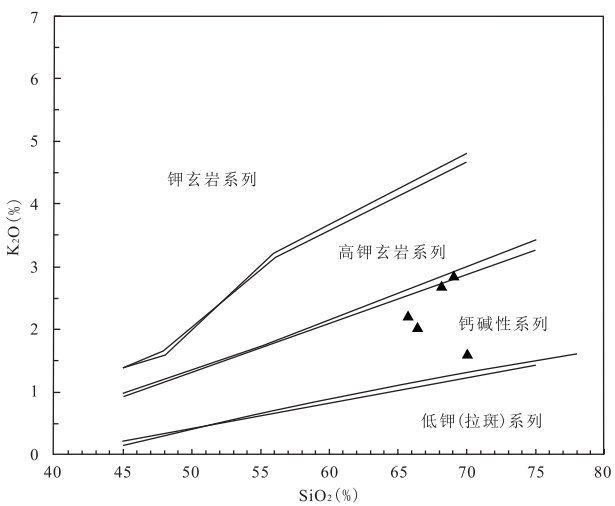


图 5 K₂O - SiO₂ 分类命名图解(据 MIDDLE Emest, 1985)

Fig. 4 A/NK - A/CNK diagrams for Zhahe intrusion
(After CLARKE, 1992)

Fig. 5 K₂O - SiO₂ diagrams for Zhahe intrusion
(After MIDDLE Emest, 1985)

表 1 扎合岩体主量元素(%)、微量元素(10⁻⁶)含量及主要参数表
Tab. 1 Major(%), trace elements(10⁻⁶) and their key parameters of Zhahe intrusion

样品	ZHB102	ZHB110	ZHB202	ZHB303	ZHB304	样品	ZHB102	ZHB110	ZHB202	ZHB303	ZHB304
SiO ₂	65.74	69.07	70	66.45	68.23	La	16.92	16.93	16.83	16.28	13.88
TiO ₂	0.34	0.27	0.4	0.46	0.24	Ce	33.57	32.52	34.62	32.78	24.02
Al ₂ O ₃	16.32	15.05	17.59	15.69	16.02	Zr	306	206	255	193	250
Fe ₂ O ₃	3.62	2.67	4.57	4.2	2.52	Nd	14.67	12.68	16.52	15.24	11.19
FeO	2.35	1.75	2.95	2.7	1.43	Sm	2.89	2.34	3.44	2.96	2.28
MnO	0.1	0.05	0.14	0.1	0.06	Eu	0.96	0.705	0.98	0.96	0.71
MgO	1.02	0.66	1.37	1.33	0.6	Gd	2.08	2.17	1.98	2.77	2.01
CaO	3.31	2.37	4.24	3.7	2.54	Tb	0.42	0.36	0.49	0.46	0.33
Na ₂ O	4.78	4.76	4.79	4.71	4.67	Dy	2.06	2.18	3.03	2.71	2.05
K ₂ O	2.22	2.85	1.59	2.02	2.69	Ho	0.54	0.49	0.62	0.58	0.49
P ₂ O ₅	0.22	0.17	0.27	0.33	0.15	Er	1.36	1.37	1.35	1.61	1.89
LOI	1.73	0.83	1.83	0.54	0.41	Tm	0.25	0.22	0.29	0.26	0.23
Ti	2 038	1 619	2 398	2 758	1 439	Yb	1.69	1.46	1.91	1.64	1.49
V	40.95	26.2	55.7	43.5	20.8	Lu	0.29	0.24	0.34	0.28	0.25
Cr	2.8	2.5	3.2	2.8	2.3	Ta	5.61	6.69	4.51	5.15	5.21
Co	126.3	139.4	113.2	106.9	106.3	Pb	5.83	6.33	5.33	5.93	6.79
Ni	23.85	47.7	26.5	36.5	36.5	Th	3.57	4.56	2.57	3.65	3.66
Cu	6.05	12.1	11.1	19.8	8.1	U	0.77	0.85	0.69	0.96	0.82
Zn	32.9	19.4	46.4	67.8	35.3	A/CNK	1	0.99	1.02	0.94	1.05
Ga	14.9	12.7	17.1	13.9	13.6	A/NK	1.59	1.38	1.83	1.58	1.51
Rb	27.4	29.3	25.5	21.8	29.7	K ₂ O+Na ₂ O	7	7.61	6.38	6.73	7.36
Sr	550	315	785	475	299	K ₂ O/Na ₂ O	0.46	0.6	0.33	0.43	0.58
Y	17.3	15.1	19.5	17.4	15.2	ΣREE	81.59	77.18	86.66	82.38	63.84
Pr	3.89	3.51	4.26	3.85	3.02	LREE/HREE	8.39	8.09	7.66	6.99	6.3
Nb	10.76	11.81	9.71	10.62	12.37	(La/Sm) _N	3.78	4.68	3.16	3.55	3.93
Cs	0.46	0.27	0.65	0.28	0.85	(La/Yb) _N	7.18	8.32	6.32	7.12	6.68
Ba	384	416	351	406	472	δEu	1.14	0.94	1.05	1.01	0.99

注:(La/Sm)_N, (La/Yb)_N, δEu 均使用 Sun and McDonough 球粒陨石标准值计算, 1989。

3.2 微量元素地球化学特征

扎合岩体的微量元素组成具有下列特点:在以原始地幔为标准的微量元素蛛网图上(图6)显示出相似的配分模式,配分曲线整体表现出陡右倾趋势,岩体富集大离子亲石元素,亏损高场强元素,较强富集的元素有 Ba、K、Ta、Sr、Zr、Hf;中等富集的元素有 Rb、Th、La、Ce、Nd、Sm;轻微富集的元素为 Y、Yb、Lu;明显亏损的元素为 Ti。

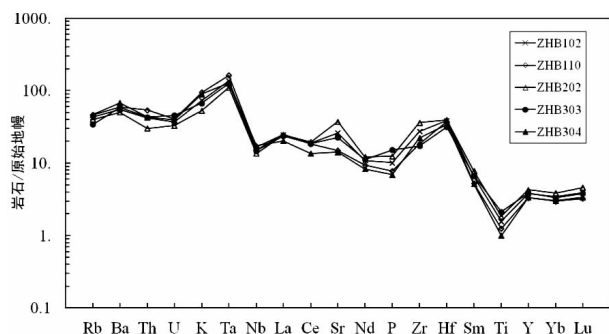


图6 扎合岩体微量元素原始地幔标准化蛛网图
(据 SUN S S et al. , 1989)

Fig. 6 Trace elements spider diagram for Zhahe intrusion
(After SUN S S et al. , 1989)

3.3 稀土元素地球化学特征

扎合岩体稀土元素特征见图7。稀土元素配分模型总体上为轻稀土富集的右倾配分模型。 ΣREE 范围为 $63.84 \times 10^{-6} \sim 86.66 \times 10^{-6}$, 平均值为 78.33×10^{-6} ; LREE/HREE 值范围在 6.3 ~ 8.39, 平均值为 7.49, 重稀土相对于轻稀土亏损较大, 曲线相对较陡; δEu 值范围在 0.94 ~ 1.14, 平均值为 1.03, Eu 轻微富集, 具正异常, 反映其岩浆演

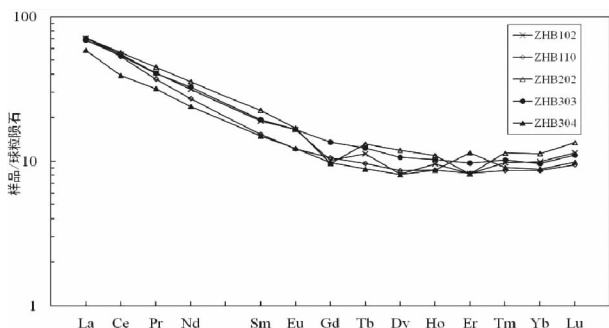


图7 扎合岩体稀土元素球粒陨石标准化分布模式图
(据 EVENSEN et al. , 1978)

Fig. 7 Chondrite-normalized REE patterns for Zhahe intrusion (After EVENSEN et al. , 1978)

化过程中没有发生明显的分离结晶作用; $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 范围在 6.32 ~ 8.32, 平均值为 7.12, $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 较大, 反映其轻、重稀土分馏程度较高; $(\text{La}/\text{Sm})_N$ 范围在 3.16 ~ 4.68, 平均值为 3.82, 表明该区岩体的原始岩浆中酸性成分较大, 具幔源特征。

4 讨论

4.1 岩体的年代学特征

关于西准噶尔地区岩浆岩体的形成时限一直有很多争议。前人(韩宝福等, 1999)对该地区后碰撞岩浆活动的时限进行了厘定, 大概在 330 ~ 250 Ma。周涛发等(2006)认为萨吾尔地区侵入岩时代上应属晚石炭世—早二叠世, 时限为 328.2 ~ 290.7 Ma。近期又有学者发现了在萨吾尔地区有形成于晚志留世—早泥盆世的花岗岩, 并依此将西准噶尔晚古生代年代格架由 2 期变为 3 期(袁峰等, 2006)。研究区内已报道的侵入岩年龄由早到晚为森塔斯岩体 (328 ± 5.7) Ma、沃肯萨拉岩体 (323.8 ± 6.2) Ma、塔斯特岩体 (313.6 ± 3.2) Ma、哈尔交岩体 (302 ± 7.6) Ma 和阔依塔斯岩体 (297 ± 4.6) Ma (谭绿贵, 2007; 赵蛟龙等, 2012)。区内的哈尔加乌组和卡拉岗组火山岩的年龄为 296.7 ~ 280 Ma, 属于后碰撞岩浆活动的产物, 而后碰撞阶段通常伴随大规模的花岗质岩浆作用及剪切活动, 以大规模(钙碱性—偏碱性)花岗质岩浆活动和剪切活动结束(周泰禧等, 1996)。根据地层接触关系说明, 扎合岩体的形成年代应晚于早二叠纪。辛存林等(2009)对扎合岩体曾进行过 Rb—Sr 定年, 得出扎合岩体的成岩时间为 (246 ± 13) Ma, 岩体侵位时代应该为晚二叠世末, 同东准噶尔后碰撞的时间(二叠纪末)相符。

4.2 岩石类型的判别

由于 M 型花岗岩在自然界中存在较少。因此, 对于花岗岩的分类研究主要集中在 I、S、A 3 类。S 型花岗岩是一种强过铝质岩石, 以含白云母、石榴子石等过铝质矿物并富含钛铁矿物为特征。根据图 4 可以看到, 扎合岩体属于准铝—弱过铝质系列。

A 型花岗岩与高度分异的 I 型花岗岩相同点很多, 大多数图解中也难以区分。WHALEN J B 等(1987)提出了 $(\text{Zr} + \text{Nb} + \text{Ce} + \text{Y}) - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / \text{CaO}$ 图解用以区别 A 型花岗岩与其他类型花岗岩。通过图 8 可以看到扎合岩体基本落入 OGT 区域。

前人研究表明,新疆萨吾尔山存在 2 种不同成因类型的花岗岩:一种为 A 型花岗岩,岩石类型以花岗岩为主,伴有闪长岩;另一种为 I 型花岗岩,岩石类型包括二长闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩等。在侵入岩 TAS 图解(图 3)中扎合岩体主要落入花岗闪长岩区域。扎合岩体 Rb/Sr 平均值为 0.06(<3)、Th/U 平均值为 4.4(>3);($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i 平均值为 0.704 33(0.704 000~0.704 895)。这些特征都显示扎合岩体具有典型 I 型花岗岩的特征。在 $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ 图上(图 9)样品也均投到 I 花岗岩区域。综上所述,扎合岩体为准铝-弱过铝质钙碱系列的 I 型花岗岩。

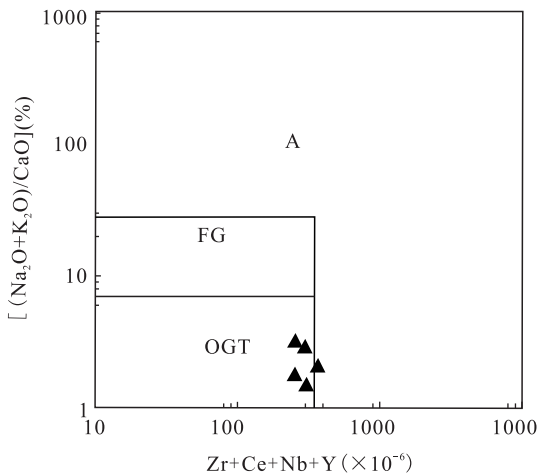


图 8 $(\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y})-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{CaO}$ 图解

Fig. 8 $(\text{Zr}+\text{Nb}+\text{Ce}+\text{Y})$ versus $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{CaO}$ diagram

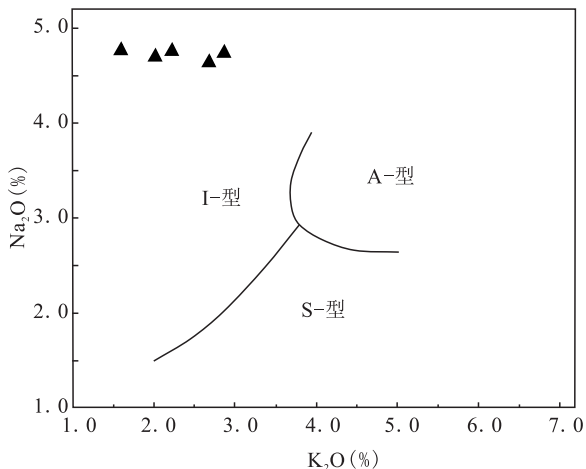


图 9 $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ 构造判别图

Fig. 9 $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ diagram for Zhahe intrusion

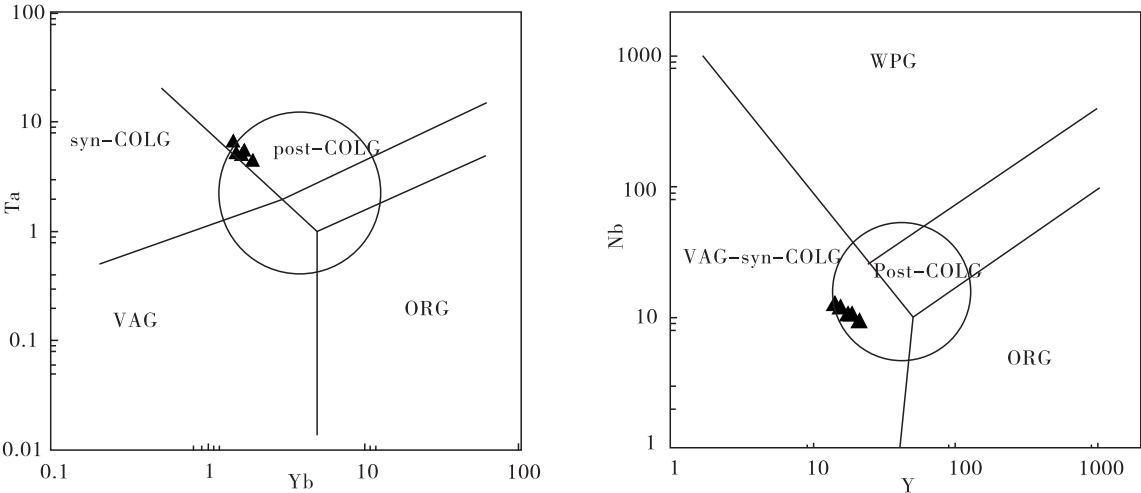
4.3 源区性质

谭绿贵等(2007)通过对本地区主要岩体的成岩物质研究,得出阔依塔斯岩体($^{87}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$)_i 值为 0.705 59,恰其海岩体($^{87}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$)_i 值为 0.703 92,均显示出幔源特征。周泰禧等(1996)研究认为,该地区花岗岩的构造背景主要为拉张环境,并且根据 Pb 同位素组成在 Pb 同位素构造模式图中落于地幔线附近,得出恰其海岩体和阔依塔斯岩体的物质来源为幔源。另外,哈尔交岩体($^{87}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$)_i 值为 0.704 04,森塔斯岩体($^{87}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$)_i 值为 0.703 92,沃肯萨拉岩体($^{87}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$)_i 值为 0.703 54,也显示出其具有幔源特征。扎合岩体($^{87}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$)_i 值平均为 0.704 33(0.704 000~0.704 595),与萨吾尔地区其他岩体的($^{87}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$)_i 值相近,也表现出幔源特征。

从稀土元素地球化学特征上看,阔依塔斯岩体和恰其海岩体为 A 型花岗岩,形成于后碰撞结束阶段拉张体制下,稀土元素特征显示其岩浆演化过程中分离结晶作用发育完全,其来源特征应为幔源岩浆受地壳物质混染所致。哈尔交岩体、森塔斯岩体和沃肯萨拉岩体为 I 型花岗岩,形成于后碰撞阶段晚期挤压体制下,其在岩浆演化过程中没有发生明显的分离结晶作用,可能是因为原始岩浆基性成分较大(杨海英等,1996),受普通角闪石、榴石、单斜辉石、斜方解石和石榴子石的影响。这 2 类岩体均具幔源特征,属于同种构造作用下不同时期的产物(周泰禧等,1996)。扎合岩体的稀土元素总体表现为轻稀土富集的右倾配分模型,重稀土相对于轻稀土亏损较大,曲线相对较陡;稀土元素 HREE/LREE 值、 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 较大,其轻、重稀土分馏程度较高;Eu 轻微正异常,其在岩浆演化过程中斜长石或长石的分离结晶作用不明显,岩体的原始岩浆中酸性成分较大,与 I 型花岗岩的特征基本一致,表现出幔源特征。综上所述,可认为扎合岩体的成岩物质有地幔物质参与,这与整个萨吾尔地区岩体成岩物质来源基本一致。

4.4 岩体的构造背景及意义

笔者研究的扎合岩体主体为准铝-弱过铝质钙碱性的 I 型花岗闪长岩,该类岩石可以形成于不同的构造环境,在造山环境下的岛弧、大陆弧和后造山环境均有发现。将扎合岩体岩石地球化学数据投点于微量元素构造环境判别图解上(图 10),其结果显示样品落在后碰撞花岗岩区域。



VAG. 火山弧花岗岩;Syn-COLG. 同碰撞花岗岩;WPG. 板内花岗岩;ORG. 洋中脊花岗岩;Post-COLG. 后碰撞花岗岩

图 10 微量元素构造环境判别图解(据 PEARCE et al. ,1984)

Fig. 10 Tectonic discrimination diagram of trace elements

前人(周刚等,1999;袁峰等,2006;辛存林,2009)的研究表明,萨吾尔地区侵入岩体的构造背景均为后碰撞成岩环境。由于哈萨克斯坦-准噶尔板块与西伯利亚板块在早石炭世已经完全焊接碰撞在一起,随后萨吾尔地区可能处于由北向南的伸展与挤压相互转换的构造应力场中。在 328~314 Ma,该地区又转变为伸展环境,形成的沃肯萨拉岩体、森塔斯岩体和塔斯特岩体表现出了明显的 I 型花岗岩特征;在 302 Ma 形成的哈尔交岩体又处于挤压环境;萨吾尔地区构造应力体制在早二叠世早期(297~290 Ma)又转为伸展拉张的构造背景,在此背景下形成的阔依塔斯岩体、恰其海岩体表现出 A 型花岗岩特征;最后在晚二叠世末(246±13)Ma,该地区又转变为挤压环境,形成了具有 I 型花岗岩特征的扎合岩体(图 11)。

后期,萨吾尔山地区在碰撞成岩环境下拉张伸展。这一时期侵入岩类岩石由幔源上侵至壳幔界面过渡层附近,使得局部岩石在岩浆的熔融作用下形成了基-中酸性岩浆。由于区域应力的缓慢释放,致使岩浆沿着本区构造薄弱带上升、运移,岩浆冷却时发生分离结晶作用,以致钙碱性及高钾钙碱性岩浆形成了基性、中性、酸性(花岗岩)类岩石。如森塔斯岩体、恰其海岩体、塔斯特岩体、阔依塔斯岩体和沃肯萨拉岩体。在构造挤压环境下,残留的小洋盆俯冲于大陆边缘之下,在上地幔或壳幔边界发生部分熔融作用形成了基性-中酸性岩浆,该岩浆沿着断裂

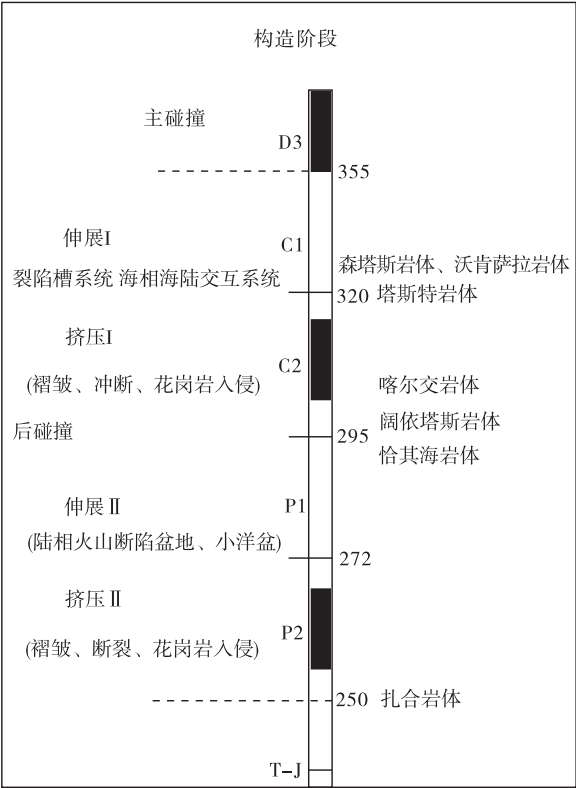


图 11 萨吾尔地区侵入岩的形成与后碰撞构造演化关系图(据谭绿贵,2006,修改)

Fig. 11 The relationship between the forming of intrusive body and post-collision in Sawu'er area (After TAN Lügui, 2007)

等构造薄弱带上升,由于钙碱性及高钾钙碱性岩浆在快速上升的过程中发生不完全的结晶分离作用形

成了基性、中性、酸性(花岗岩)类岩石。如扎合岩体等(图 12)。

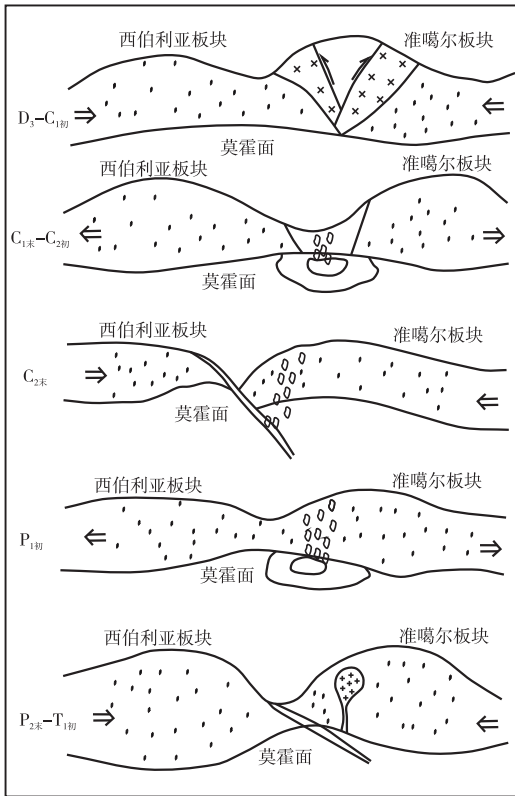


图 12 扎合岩体的成岩模式示意图

Fig. 12 Schematic diagram for diagenetic patterns of Zhahe intrusion

李朋武等(2009)认为古亚洲洋最终碰撞闭合时代应该在二叠纪末期(~ 250 Ma),可能正是由于西伯利亚地块与华北地块这次碰撞后引发的大规模拉伸作用为地幔来源物质的底侵作用和碰撞后的拆沉作用提供了有利的条件,促使由俯冲洋形成的部分年轻地壳同部分古老陆壳的泥质物质一起熔融,形成大面积具幔源性质的晚古生代—中生代花岗岩。

5 结论

(1)扎合岩体在地球化学上属于酸性岩,在 TAS 图解中主要表现为花岗闪长岩, $A/NK - A/CNK$ 图中表现为准铝—弱过铝质,全碱含量较高,为钙碱性系列的 I 型花岗岩类,地球化学特征的确定为晚古生代西准噶尔地区地壳的垂向增生以及后碰撞岩浆活动的研究提供了新的证据。

(2)扎合岩体在岩浆演化过程中分离结晶作用不明显,岩浆分异、演化不彻底,其岩体稀土元素配分模型表现出右倾的稀土配分曲线,具幔源特征。

(3)扎合岩体的成岩时间为 (246 ± 13) Ma,岩体侵位时代应该为晚二叠世末。属于后碰撞花岗岩,应形成于后碰撞阶段的挤压环境,其构造背景属后造山环境;是早期俯冲的岛弧物质在拉张伸展后,再次碰撞挤压熔融所致,反映了碰撞作用发生的时代以及古亚洲洋的最终闭合。

参考文献(References):

- 周刚,秦纪华,何立新. 新疆萨吾尔山花岗岩类的形成时代[J]. 岩石矿物学杂志,1999,18(3):237-242.
- ZHOU Gang, QIN Jihua, HE Lixin. The formation age of granitoids in Saur, Xinjiang[J]. Journal of Petrology and Mineralogy, 1999, 18(3): 237-242.
- 彭素霞,陈向阳,陈隽璐,等. 新疆东准噶尔地区石墨矿成矿特征及成因探讨[J]. 西北地质,2018,51(04):194-201.
- PENG Suxia, CHEN Xiangyang, CHEN Junlu, et al. Metallogenic characteristics and Genesis of the graphite deposits in the Eastern Junggar, Xinjiang[J]. Northwestern Geology, 2018, 51(04): 194-201.
- 涂光炽. 初议中亚成矿域[J]. 地质科学, 1999, 34(1): 397-404.
- TU Guangzhi. Preliminary discussion on the metallogenic domain of Central Asia[J]. Geological Science, 1999, 34(1): 397-404.
- 袁峰,周涛发,谭绿贵,等. 西准噶尔萨吾尔地区 I 型花岗岩同位素精确定年及其意义[J]. 岩石学报, 2006, 22(5): 1238-1248.
- YUAN Feng, ZHOU Taofa, TAN Lugui, et al. Isotopic ages of the I type granites in west Junggar Saurer region[J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(5): 1238-1248.
- 王京彬,徐新. 新疆北部后碰撞构造演化与成矿[J]. 地质学报, 2006, 80(1): 33-144.
- WANG Jingbin, XU Xin. Post-collisional tectonic evolution and metallogenesis in northern Xinjiang[J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(1): 33-144.
- 韩宝福,何国琦,王式洸. 后碰撞幔源岩浆活动、底垫作用及准噶尔盆地基底的性质[J]. 中国科学(D 辑:地球科学), 1999(01): 16-21.
- HAN Baofu, HE Guoqi, WANG Shiguang. Post-collisional mantle-derived magmatism, underplating and properties of Dzongar basin basement[J]. China Science (D: Earth Science), 1999(01): 16-21.

- 周涛发,袁峰,杨文平,等. 西准噶尔萨吾尔地区二叠纪火山活动规律[J]. 中国地质,2006,33(3):553-558.
- ZHOU Taofa, YUAN Feng, YANG Wenping. Regularity of Permian volcanic activity in Sawuer area, western Junggar[J]. Chinese Geology, 2006, 33(3): 553-558.
- 李锦轶,肖序常. 对新疆地壳结构与构造演化几个问题的简要评述[J]. 地质科学, 1999, 34(4): 405-419.
- LI Jinyi, XIAO Xuchang. A brief review on several problems of crustal structure and tectonic evolution in Xinjiang [J]. Geological Science, 1999, 34(4): 405-419.
- 辛存林. 西准噶尔扎合一欧勒金铜多金属成矿作用及成矿潜力评价[D]. 兰州大学, 2009.
- XIN Cunlin. Gold-copper polymetallic mineralization and ore-forming potential evaluation in Zhahefu, western Junggar[D]. Lanzhou University, 2009.
- 杨海英,魏广智,徐丹丽. 萨吾尔山东段侵入岩地球化学特征及其成因初探[J]. 新疆有色金属, 2005(S1): 13-15.
- YANG Haiying, WEI Guangzhi, XU Danli. A preliminary study on the characteristics and genesis of the intrusive geochemistry in the eastern segment of the Sawuer mountains [J]. Non-ferrous Metal of Xinjiang, 2005 (S1): 13-15.
- 周涛发,袁峰,范裕,等. 新疆萨吾尔地区晚古生代岩浆作用的时限、地球化学特征及地球动力学背景[J]. 岩石学报, 2006, 22(5): 1225-1237.
- ZHOU Taofa, YUAN Feng, FAN Yu, et al. Late Paleozoic magmatism in the Sawuer area, Xinjiang, China: Time Limit, geochemistry and geodynamics[J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(5): 1225-1237.
- 袁峰,周涛发,杨文平,等. 新疆萨吾尔地区两类花岗岩萨吾尔地区两类花岗岩 Nd, Sr, Pb, O 同位素特征[J]. 地质学报. 2006, 80(2): 264-272.
- YUAN Feng, ZHOU Taofa, YANG Wenping, et al. Nd, Sr, Pb and O isotopic characteristics of two types of granites in Wuer area, Sawuer area, Xinjiang[J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(2): 264-272.
- 靳松,张兆祎,陈志彬,等. 新疆吉木乃县恰其海 A 型花岗岩的地球化学特征、年代学及构造意义[J]. 地球学报, 2010, 31(06): 803-812.
- JIN Song, ZHANG Zhaoyi, CHEN Zhibin, et al. Geochemistry, geochronology and tectonic significance of the Qiqihai A-type granite in Jimunai County, Xinjiang[J]. Acta Geoscientia Sinica, 2010, 31(06): 803-812.
- 何元方,张振凯,高峰,等. 阿尔金索尔库里地区石英闪长玢岩锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及其地质意义[J]. 西北地质, 2018, 51(03): 38-52.
- HE Yuanfang, ZHANG Zhenkai, GAO Feng, et al. Zircon U-Pb ages, geochemistry characteristics and their geological significance of quartz diorite in the altyn-solkuli area, Xinjiang, China[J]. Northwestern Geology, 2018, 51(03): 38-52.
- 赵蛟龙,邱检生,李真,等. 福建太武山花岗岩体成因: 锆石 U-Pb 年代学与 Hf 同位素制约[J]. 岩石学报, 2012, 28(12): 3938-3950.
- ZHOU Jiaolong, QIU Jiansheng, LI Zhen, et al. Genesis of Taiwushan Granite Pluton: Zircon U-Pb geochronology and HF isotope constraints[J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(12): 3938-3950.
- 辛存林,孙现辉,陈世伟,等. 新疆西准噶尔扎合金矿地质及成因[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2012, 48(2): 48-52.
- XIN Cunlin, SUN Xianhui, CHEN Shiwei, et al. Geology and Genesis of the Erzha alloy deposit in western Junggar, Xinjiang[J]. Journal of the Lanzhou University (Science Edition), 2012, 48(2): 48-52.
- 谭绿贵. 新疆西准噶尔萨吾尔地区后碰撞岩浆活动研究[D]. 安徽:合肥工业大学, 2007.
- TAN Lugui. Study on post-collisional magmatism in Sawuer area, western Junggar, Xinjiang[D]. Hefei University of Technology, 2007.
- 周泰禧,陈江峰,李学明. 新疆阿拉套山花岗岩类高 ϵ Nd 值的成因探讨[J]. 地质科学, 1996(01): 71-79.
- ZHOU Taixi, CHEN Jiangfeng, LI Xueming. Discussion on genesis of high ϵ Nd value of granitoids in Dzungarian Alatau, Xinjiang [J]. Geological Science, 1996 (01): 71-79.
- 洪大卫,王式洸,韩宝福,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 化学 生命科学 地学), 1995(04): 418-426.
- HONG Dawei, WANG Shiguang, HAN Baofu, et al. Classification of tectonic environment of alkaline granites and their distinguishing marks[J]. Chinese science (B: Chemistry, life sciences, geology), 1995(04): 418-426.
- 李朋武,高锐,管焱,等. 古亚洲洋和古特提斯洋的闭合时代-论二叠纪末生物灭绝事件的构造起因[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2009, 39(03): 521-527.
- LI Pengwu, GAO Rui, GUAN Ye, et al. The closing age of the ancient Asian Ocean and Paleo-Tethys Ocean-on the tectonic cause of the end permian mass extinction event [J]. Journal of the Jilin University (Earth Science Edition), 2009, 39(03): 521-527.
- WHALEN J B, CURRIE K L, CHAPPELL B W. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis[J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1987, 95(4): 407-419.