

新疆北部额尔齐斯构造带434 Ma 埃达克质岩的确立及地质意义

秦纪华¹,周刚²,张立武¹,董连慧²,李永³,赵忠合¹,何立新¹

(1.新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局第四地质大队,新疆 阿勒泰 836500;2.新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局,新疆 乌鲁木齐 830000;3.新疆有色地勘局地质勘察院,新疆 乌鲁木齐 830000)

摘 要:额尔齐斯构造带中萨勒巴斯岩体主要由糜棱岩化石英闪长岩和英云闪长岩组成,锆石 U-Pb SHRIMP 年龄为(434±10)Ma, SiO₂ 含量 60.17%~65.52%, Al₂O₃ 含量较高,富 Na、贫 K、Y、Yb 等, Sr 含量较高, Sr/Y 值较高,轻稀土明显富集。该岩体具正的铕异常或微弱负铕异常;具明显的 Nb、Ta、Ti 负异常和 Sr 正异常;具低的 Sr 初始值、高的 ε_{Nd}(T) 值及较年轻的 Nd 模式年龄。该岩体具与典型埃达克岩相似的地球化学特征,岩浆来源于俯冲板片熔融,具较低的 Mg[#](40~44)及 Cr、Co、Ni 含量,表明其未与地幔发生明显的相互作用,形成环境属活动大陆边缘或陆缘弧。埃达克质侵入岩的发现,为古亚洲洋在早古生代向西伯利亚板块俯冲提供了较直接的岩石学证据,为额尔齐斯构造带内及北侧寻找斑岩型铜、金矿提供了可能。

关键词:新疆北部;额尔齐斯构造带;早志留世;埃达克质岩

新疆北部额尔齐斯构造带处于西伯利亚板块和哈萨克斯坦-准噶尔板块接合部位,其物质组成及构造演化特征研究备受学界关注^[1-8]。该构造带内侵入岩发育,前人研究表明,带内存在以二叠纪为主的多期岩浆侵入活动^[9-13],未发现早古生代侵入岩。对埃达克岩、富铌玄武岩等与板块俯冲作用有关的岩石研究仅限于构造带南侧的准噶尔北缘^[14-16],尚未发现准噶尔-哈萨克板块向西伯利亚板块俯冲较直接的岩石学证据。笔者在该区从事 1:5 万区调工作时,对位于该构造带内的萨勒巴斯岩体进行研究,发现该岩体具与埃达克岩相似的地球化学特征,随即对其进行同位素年代学研究。

1 岩体地质特征

萨勒巴斯岩体位于额尔齐斯构造带中,呈长条状侵入于上元古界富蕴群片麻岩内(图1),与区域构造线基本一致,长约 40 km,最大出露宽 2 km。该岩体岩性较单一,为中细粒石英闪长岩及英云闪长岩。岩石强烈变形,发育片麻理,片麻理与围岩面理基本一致。岩体接触界线不清晰,具混合岩化现象,附近常产出伟晶岩细脉。岩石普遍发生糜棱岩化,反映后期受到强构造变形扰动。岩石呈灰白-浅灰色,具花岗变晶结构、鳞片粒状变晶结构、糜棱结构、

交代结构,片麻状构造。主要由斜长石(66%~70%)、石英(20%)、角闪石(6%~8%)、黑云母(4%~5%)、钾长石(3%~5%)及少量副矿物等组成。斜长石呈它形粒状,部分呈圆状、凸镜状,长轴普遍定向排列,具波状消光,弱泥化、绢云母化。岩石粒径 0.4~2 mm,部分被钾长石交代,边缘呈蚕蚀港湾状,局部出现蠕英石。测得个别斜长石 An=36±,属中长石。石英呈粒状,部分碎粒化,受应力作用具波状消光,塑性拉长明显,常呈带状定向富集分布,形成定向构造,方向与片麻理一致,粒度 0.2~0.6 mm,部分交代钾长石。角闪石呈它形粒状、柱状,粒径 0.2~1.8 mm,具绿至浅黄绿色多色性,断续定向不均匀分布。黑云母呈片状,片径 0.2~0.6 mm,局部绿泥石化、绿帘石化,断续定向分布。钾长石呈拉长粒状,粒径 0.4~1.6 mm,不均匀分布,并交代蚕蚀斜长石。副矿物主要为少量磁铁矿、锆石、磷灰石等。

2 锆石 U-Pb 年龄

萨勒巴斯岩体中采样,样品重约 10 kg,样品编号 TW005S-1,采样位置为东经 89°18'48",北纬 47°01'27"。样品破碎后经人工淘洗分离出重砂,经重液分离和磁选后,在双目镜下挑选出代表性锆石。将挑选出的锆石与数粒 RSES TEM 置于环氧树脂

收稿日期:2013-09-23;修订日期:2014-01-07;作者 E-mail:1456561626@qq.com

第一作者简介:秦纪华(1970-),男,河南太康人,高级工程师,1991年毕业于石家庄经济学院,主要从事地质矿产勘查、研究及技术管理

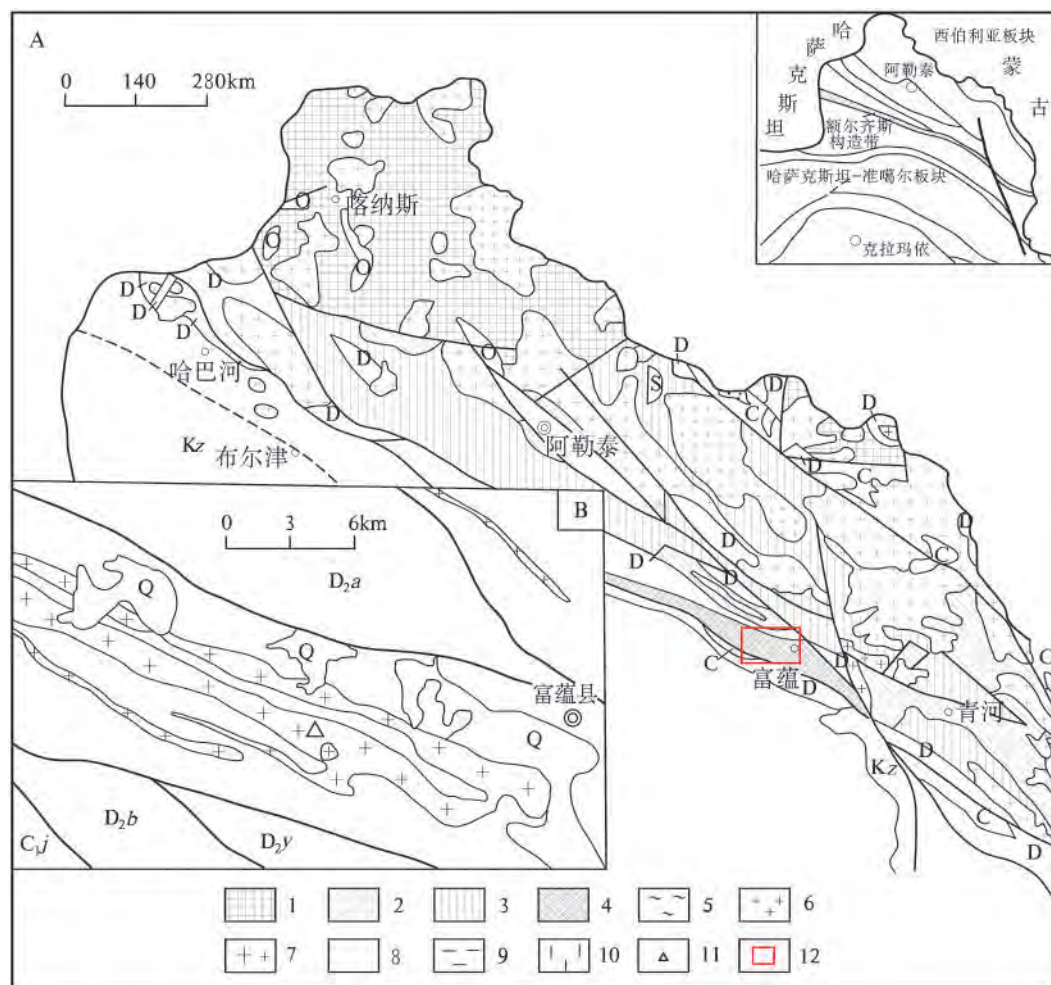


图1 萨勒巴斯岩体一带地质略图

Fig.1 Geological map of the Salebasi area

- 1.震旦系沉积岩; 2.新元古代富蕴群; 3.古—中元古代克木齐群; 4.克木齐群+富蕴群; 5.片麻岩; 6.花岗岩;
7.似斑状花岗岩; 8.沉积岩; 9.变质双峰式火山岩; 10.火山-沉积岩; 11.萨勒巴斯岩体中
锆石 SHRIMP 年龄采样位置; 12.研究区
Kz——新生界; C——石炭系火山-沉积岩; D——泥盆系火山岩及沉积岩; S——志留系变质岩; O——奥陶系
火山-沉积岩; C_j——下石炭统姜巴斯套组; D_{2b}——中泥盆统北塔山组; D_{2a}——中泥盆统阿勒泰组

中,用于阴极发光、背散射电子相研究及 SHRIMP U-Pb 分析。阴极发光和背散射电子相研究由中国地质科学院矿产资源研究所电子探针实验室完成,锆石 U-Pb 同位素分析在北京离子探针中心的 SHRIMP II 上进行。采用 RSES 参考锆石 TEM(417 Ma)进行元素分馏校正,SL13(年龄 572 Ma; U 含量 238 μg/g)标定所测锆石的 U, Th, Pb 含量,运用 PRAWN 方法进行数据处理,普通铅据实测 ²⁰⁴Pb 进行校正,分析结果见表 1。由表 1 看出,该岩体锆石的 U, Th 含量较低,分别为 6~256 μg/g 和 0~54 μg/g, Th/U 比值较低,变化较小,为 0~0.32,具岩浆锆石特征。有 2 个测点 Th/U 比值小于 0.1,具变质锆石特征。其 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄值偏小,分别为 293.8 Ma 和 340 Ma,所测锆石有明显的核,应为两期变质事件时代。锆石大多呈自形

短柱状,长 100~300 μm,长短轴之比为 1.5:1~2:1。阴极发光照片中,锆石多具典型环带状结构,个别锆石核部可见熔蚀现象(图 2)。14 个测点中除上述 2 个测点结果年龄值偏小外,其余 12 个测点的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄为 415~478 Ma。剔除 10 号测点,其余 11 个测点在误差范围内有一致的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄,加权平均年龄为 (434±10) Ma(图 3),代表了岩体结晶年龄。

3 岩体地球化学特征

样品编号前为“YQ”的样品由宜昌地质矿产研究所中南实验检测中心完成,其中主要元素全分析为湿化学法。稀土元素及 Nb, Zr, Hf, Sr, Ba, V 等元素采用 ICP-AES 法测定, Cr, Ni, Co 等元素采用原子吸收光谱法, Th 采用光度法, U 采用激光荧光法, Ga

表1 萨勒巴斯岩体锆石U-Pb SHRIMP年龄分析结果表
Table 1 SHRIMP U-Pb dating data of the zircons of Salebasi pluton

序号	U	Th	Th/U	$f_{206}^{\#}/\%$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	
1	31	8	0.27	2.040	0.071	3.1					441.0	18.0		
2	23	6	0.28	1.410	0.066	2.9					415.0	13.0		
3	256	54	0.22	15.500	0.070	1.0	0.556	3.3	0.058	3.1	436.9	4.5	683	58
4	32	9	0.30	2.120	0.074	2.4	0.600	17.0	0.060	17.0	457.0	14.0	1 698	150
5	41	11	0.27	2.640	0.071	2.1					439.0	11.0		
6	26	8	0.32	1.810	0.075	2.5					466.0	16.0		
7	15	4	0.28	0.934	0.068	2.3	0.485	13.0	0.052	12.0	424.0	11.0	1 090	170
8	32	8	0.27	1.970	0.069	2.3	0.481	12.0	0.051	12.0	429.0	11.0	1 799	300
9	37	10	0.29	2.440	0.071	3.0	0.660	21.0	0.067	20.0	442.0	16.0	1 579	340
10	55	10	0.19	3.830	0.077	2.2	0.550	23.0	0.052	23.0	478.0	13.0	1 564	190
11	246	7	0.03	10.100	0.047	2.1	0.314	15.0	0.049	15.0	293.8	6.3	-405	680
12	35	8	0.24	2.300	0.069	2.4					432.0	16.0		
13	6	0	0.00	0.429	0.054	6.2					340.0	240.0		
14	34	9	0.29	2.340	0.070	2.5					433.0	19.0		

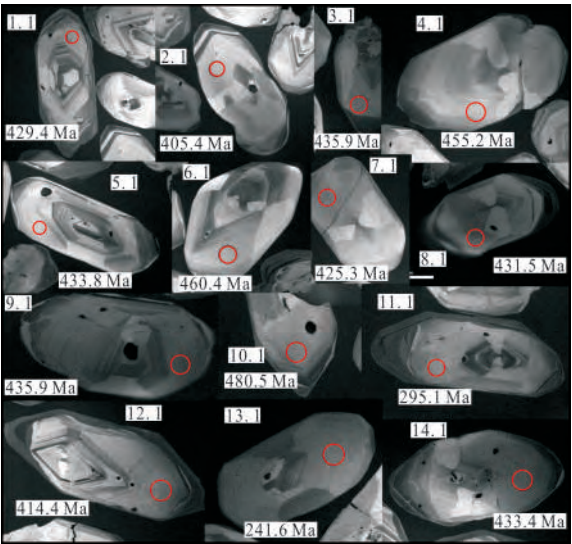


图2 萨勒巴斯岩体锆石CL影像图
Fig.2 Cathodoluminescence images of zircons of the Salebasi pluton

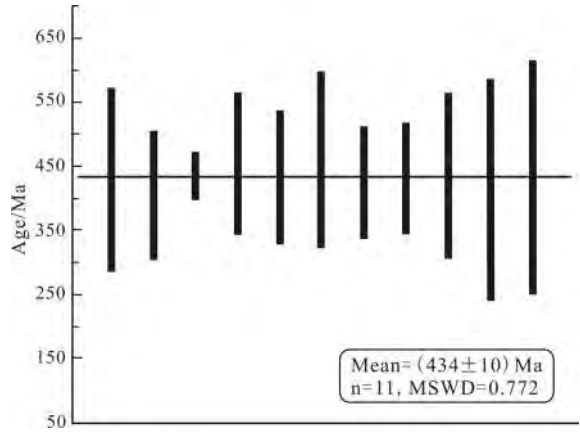


图3 萨勒巴斯岩体锆石U-Pb年龄谐和图
Fig.3 Zircon U-Pb concordia diagram of the Salebasi pluton

采用粉末发射法。编号前为“05S”的样品由国家地质实验测试中心完成。其中主要元素全分析为湿化学法, RSD<2%~8%。稀土元素采用 ICP-MS 测定, 微量元素除 Ba, Sr, V 使用 ICP-A 输 ES 测定外, 其它元素均用 ICP-MS 测定, RSD<10%。Nd, Sr 同位素组成在中国科学院地质与地球物理研究所同位素实验室采用 VG354 固体源热电离质谱计分析测定, NBS987 标样, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.710\ 265\pm12$, La Jolla $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.511\ 862\pm10$, 全流程空白值: $\text{Sr}<0.5\ \text{ng}$, $\text{Nd}<50\ \text{pg}$ 。所有样品的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 和 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 同位素比值统一采用 $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}=0.119\ 4$ 和 $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.721\ 9$ 进行标准化处理。

3.1 主量元素特征

主量元素含量见表2。该岩体 SiO₂ 含量为 60.17%~65.52%, 属中性岩向酸性岩过渡类型。在 QAP 图解中样品大多落在石英闪长岩与英云闪长岩分界线附近; 里特曼指数为 1.23~1.78, 岩体化学成分属钙碱性系列, 碱度率图解中均落在钙碱性区; K₂O-SiO₂ 图解中样品大多落在低钾岩系区或中钾岩系与低钾岩系的分界线附近; 岩石中 Al₂O₃ 含量较高, 为 17.13%~19.07%; 相对富钙, CaO 含量为 5.83%~6.81%; 不同样品中 Na₂O+K₂O 含量基本一致, 为 4.92%~5.63%, 高钠、低钾, K₂O/Na₂O 比值为 0.15~0.24; A/NKC 值小于 1, 为 0.87~0.98, 为准铝质花岗岩类。

3.2 稀土元素特征

由表3看出, 该岩体稀土元素含量较低, ΣREE 为 $25.31\times10^{-6}\sim53.49\times10^{-6}$ 。岩石均为轻稀土富集, $(\text{La}/\text{Yb})_n$ 值为 4.83~10.66。样品大多具微弱的正铈异常, δEu 为 1.03~1.16, 个别样品具弱的负铈异常

表2 萨勒巴斯岩体主量元素含量表
Table 2 The contents of major for Salebasi pluton

样品号	05S-8	YQ-31	YQ-25	05S-9	05S-6	05S-7	05S-11	05S-10
SiO ₂	60.80	60.170	61.800	62.10	62.14	62.56	63.09	65.52
TiO ₂	0.43	0.402	0.388	0.38	0.33	0.39	0.35	0.21
Al ₂ O ₃	18.04	17.860	17.130	17.62	17.35	17.36	17.46	19.07
TF ₂ O	5.27	6.300	5.780	5.11	5.11	4.94	4.86	2.34
MnO	0.16	0.145	0.136	0.16	0.14	0.15	0.13	0.06
MgO	2.27	2.400	2.010	2.08	2.00	1.99	1.73	0.92
CaO	6.05	6.810	6.280	5.96	6.40	6.05	5.99	5.83
Na ₂ O	4.54	4.010	4.360	4.55	4.17	4.24	4.25	4.83
K ₂ O	1.09	0.908	1.040	0.81	0.90	0.87	0.73	0.72
P ₂ O ₅	0.17	0.190	0.176	0.16	0.17	0.16	0.13	0.10
H ₂ O	1.16			0.94	0.80	0.90	0.62	0.44
CO ₂	0.09			0.05	0.23	0.04	0.09	0.04
烧失量	0.84	0.440	0.330	0.65	0.76	0.56	0.39	0.28
总量	100.91	99.635	99.430	100.57	100.50	100.21	99.82	100.36
σ	1.78	1.410	1.550	1.50	1.34	1.33	1.23	1.37
A/NKC	0.97	0.890	0.870	0.92	0.89	0.92	0.93	0.98
A/NK	2.08	2.330	2.070	2.11	2.21	2.21	2.22	2.17
K ₂ O+Na ₂ O	5.63	4.918	5.400	5.36	5.07	5.11	4.98	5.55
K ₂ O/Na ₂ O	0.24	0.230	0.240	0.18	0.22	0.21	0.17	0.15
Mg [#]	44.00	43.00	41.000	43.00	43.00	43.00	40.00	42.00

(05S-6号样品 δEu 为0.85)或明显的正铕异常(05S-10号样品 δEu 为1.89)。从稀土元素分布型式图上可看出(图4),除05S-10号样品外,其它样品稀土分布型式图基本一致,均为较平缓的右倾型,无明显铕异常。05S-10号样品具明显的正铕异常,较其它样品更倾斜,轻稀土富集程度更高。

3.3 微量元素特征

微量元素含量见表3。岩体中Rb,Ta,Zr,Y等微量元素含量偏低,Sr,Ba等元素含量较高,具较低的Rb/Sr比值和较高的Sr/Y比值。由微量元素比值蛛网图可知(图5),岩体中大离子亲石元素富集,但程度较低,特别是Nb,Ta,Ti,Tb,Y,Tm,Yb等高场强元素与球粒陨石相比,富集系数小于10,具明显的Nb,Ta,Ti负异常和Sr的正异常。

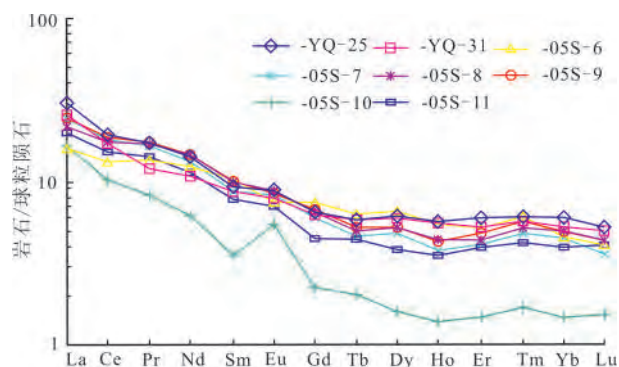


图4 球粒陨石标准化稀土元素分布型式图
Fig.4 Chondrite-normalized REE patterns of the Salebasi pluton
(据 Boynton, 1984)

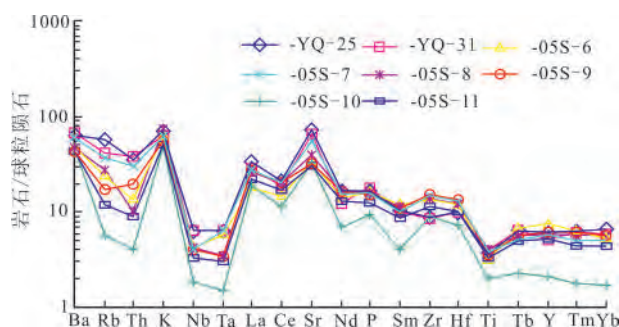


图5 萨勒巴斯岩体微量元素比值蛛网图
Fig.5 Spider diagram for primitive mantle-normalized trace elements of the Salebasi pluton

3.4 同位素特征

岩体Sr,Nd同位素分析成果见表3。两个样品的Sr初始值分别为0.704 31和0.704 27。 $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ 大于0,为5.67~7.01。在 $I_{\text{Sr}}-\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ 图解中,位于第2象限,落在亏损地幔演化趋势线上,与阿尔泰山带部分晚古生代花岗岩特征相似(图6)。在侵入年龄与 $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ 关系图解中,该岩体样品 $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ 明显高于阿尔泰山带早古生代花岗岩,与晚古生代花岗岩相似,接近北疆地区洋壳地壳。两个样品具较年轻的2阶段模式年龄,分别为714 Ma和605 Ma。

4 讨论

4.1 岩石成因及岩浆来源

萨勒巴斯岩体组成岩性单一,无明显成分演化特征。所有样品的A/NKC值小于1,为0.87~0.98,为

表3 萨勒巴斯岩体微量元素和Sr,Nd同位素含量表
Table 3 The contents of trace elements and Rb,Sr isotope

样品号	05S-8	YQ-31	YQ-25	05S-9	05S-6	05S-7	05S-11	05S-10
La	8.18	9.36	10.90	9.00	5.93	8.78	7.44	6.16
Ce	16.90	16.60	18.60	18.00	12.90	16.90	14.30	9.80
Pr	2.35	1.63	2.31	2.40	1.90	2.24	1.93	1.14
Nd	10.30	7.87	10.20	10.30	8.78	9.54	8.09	4.49
Sm	2.34	2.06	2.13	2.28	2.38	2.05	1.78	0.82
Eu	0.76	0.70	0.76	0.75	0.66	0.72	0.62	0.48
Gd	2.05	1.94	2.02	2.09	2.31	1.87	1.39	0.70
Tb	0.29	0.34	0.34	0.30	0.37	0.27	0.26	0.12
Dy	2.02	2.28	2.36	2.02	2.52	1.82	1.48	0.61
Ho	0.38	0.49	0.49	0.36	0.47	0.32	0.30	0.12
Er	1.10	1.33	1.48	1.19	1.32	1.04	0.99	0.38
Tm	0.19	0.21	0.22	0.21	0.22	0.17	0.15	0.06
Yb	1.24	1.31	1.48	1.25	1.18	1.12	0.98	0.37
Lu	0.17	0.19	0.20	0.17	0.16	0.14	0.16	0.06
ΣREE	48.27	46.31	53.49	50.32	41.1	46.98	39.87	25.31
δEu	1.04	1.06	1.10	1.03	0.85	1.10	1.16	1.89
La/Yb	5.00	5.12	5.66	5.50	3.85	6.51	4.83	10.66
Sc	7.86			8.33	12.30	10.30	7.16	1.29
Cr	6.97	6.50	2.95	6.40	10.10	8.97	5.95	4.15
Co	12.60	14.70	14.50	12.20	12.80	8.37	10.60	7.29
Ni	7.47	3.10	6.50	6.18	8.47	6.98	5.41	4.05
V	95.70	133.00	124.00	91.50	108.00	98.90	99.90	51.70
Rb	9.72	14.20	20.20	6.19	8.35	12.60	4.15	1.97
Sr	462.00	785.00	874.00	379.00	416.00	650.00	461.00	377.00
Ba	325.00	475.00	438.00	292.00	327.00	397.00	302.00	318.00
Ga	16.60	26.30	24.00	15.80	16.80	17.40	16.30	13.80
Y	12.50	10.30	11.90	12.50	13.00	11.30	10.30	4.20
Nb	1.46	2.22	2.15	1.43	1.48	1.44	1.16	0.66
Ta	0.07	0.13	0.13	0.07	0.12	0.14	0.06	0.03
Zr	95.30	58.90	61.2	107.00	95.60	102.00	78.60	61.40
Hf	2.36	2.04	1.98	2.71	2.47	2.56	2.04	1.45
Th	0.42	1.60	1.50	0.84	0.58	1.27	0.37	0.17
U	0.05	0.70	0.70	0.06	0.10	0.14	0.03	0.03
Zr/Sm	40.73	28.59	28.73	46.93	40.17	49.76	44.16	74.88
Sr/Y	36.96	76.21	73.45	30.32	32.00	57.52	44.76	89.76
⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr					0.053			0.032 4
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr					0.704 641			0.704 471
(⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr) _i					0.704 31			0.704 27
¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd					0.164 6			0.116 4
¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd					0.512 837			0.512 768
ε _{Nd} (t)					5.67			7.01
T _{2DM}					714 .00			605.00

注:微量元素单位为×10⁻⁶;Sr,Nd同位素单位为%

准铝质花岗岩,不同于阿尔泰造山带中部较发育的具片麻岩构造的S型花岗岩,具I型花岗岩特征。

从岩石地球化学特征可知,萨勒巴斯岩体中SiO₂含量较低,Al₂O₃含量较高,Na₂O含量明显高于K₂O含量,重稀土元素Y,Yb等含量低,Sr含量较高,Sr/Y值较高,轻稀土明显富集,具正的铕异常或微弱负铕异常。岩体岩石地球化学特征与典型的埃达克岩基本一致(表4)。在Sr/Y-Y判别图解上(图7),萨

勒巴斯英云闪长岩样品大多落在埃达克岩区,同哈腊苏、喀腊萨依一带埃达克岩落在相同区域^[14]。

该岩体具低的Sr初始比值、较高的ε_{Nd}(T)正值和较年轻的Nd模式年龄,不同于阿尔泰造山带中同造山花岗岩^[17],与准噶尔盆地北东缘也布山岩体、乌伦古碱性花岗岩^[18-19]及乌图布拉克岩体、哈旦逊岩体^[20-21]等晚古生代侵入岩具相似的Sr,Nd同位素组成。也布山岩体被认为岩浆起源于经交代的亏损地幔,推

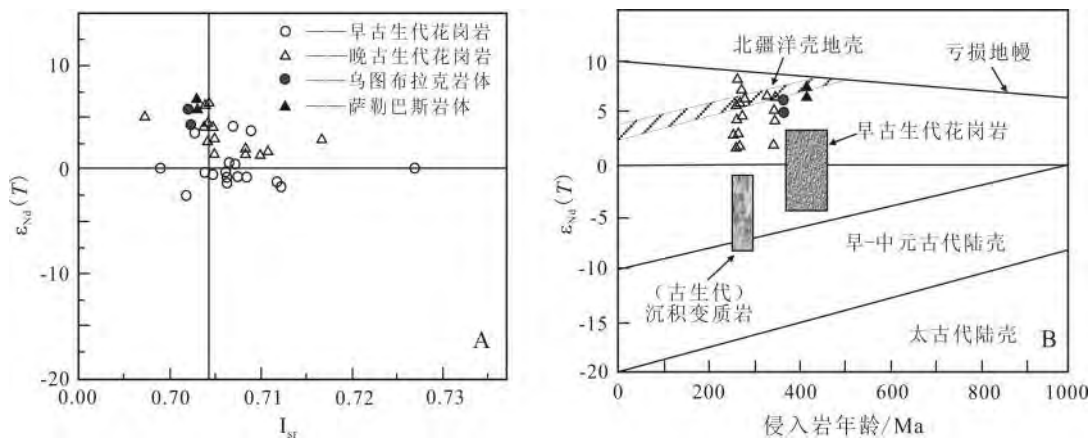


图6 萨勒巴斯岩体的 $I_{Sr}-\epsilon_{Nd}(T)$ 关系图(A)和侵入年龄- $\epsilon_{Nd}(T)$ 关系图(B)
Fig.6 $I_{Sr}-\epsilon_{Nd}(T)$ diagram (A) and intrusive age (Ma)- $\epsilon_{Nd}(T)$ diagram (B) of the Salebasi pluton
(引自王涛等, 2005; 童英, 2006; Wang et al., 2006)

表4 萨勒巴斯岩体与埃达克岩地球化学特征参数对比表
Table 4 Comparasion the Salebasi pluton with adikite for geochemistry feature parameters

岩石名称	埃达克岩	中细粒英云闪长岩
SiO ₂	≥56.00	60.17~65.52
Al ₂ O ₃	≥15.0(很少小于)	17.13~19.07
Na ₂ O/K ₂ O	>1.00	4.17~6.67
MgO %	<3(很少大于6)	0.92~2.40
Y(ug/g)	≤18.00	4.20~13.00
Yb(ug/g)	≤1.90	0.37~1.48
Sr(ug/g)	>400(很少小于)	377.00~874.00
Sr/Y	≥40.00	30.32~89.76
La/Yb	>10.0~20.0	3.85~10.66
Sr异常	正异常	正异常
δEu	正异常或微弱负异常	0.85~1.89

典型的埃达克岩最初被认为是热的俯冲洋壳板块在榴辉岩相条件下的熔融产物^[22],也有研究认为一些具埃达克成分特征的岩石可能由增厚的玄武质地壳在榴辉岩相的条件下熔融形成^[23-25]。新疆晚古生代火山岩中,有大量埃达克质岩石报道,既有俯冲洋壳熔融形成的埃达克岩^[14-15,26],也有增厚玄武质地壳熔融形成的埃达克质火成岩^[25]。前者分别存在于准噶尔北缘泥盆纪岛弧和准噶尔南缘(阿拉套山)石炭纪岛弧中,后者产于阿吾拉勒二叠纪碰撞后的环境中。

准噶尔北缘与埃达克质火山岩相伴产出的还有玻镁安山岩和富铌玄武岩^[14,26-27],并有近于同一时期(形成时代略晚于火山岩)的埃达克质侵入岩^[16,28]。产于准噶尔北缘索尔库都克一带下泥盆统托让格库都克组火山岩中的埃达克岩与萨勒巴斯英云闪长岩相比,具有较低的SiO₂、Al₂O₃含量和 $\epsilon_{Nd}(T)$ 值(+3.02~+4.06),较高的MgO、TiO₂、Cr、Co、Ni、Sr、Ba含量。托让格库都克组中埃达克岩被认为由俯冲的大洋玄武岩板片部分熔融形成,较高的Mg、Cr、Co等元素含量可能是在上升过程中与地幔楔相互作用的结果^[15]。准噶尔北缘发现的希勒克特哈腊苏、喀腊萨依等埃达克质侵入岩地球化学特征与萨勒巴斯岩体基本一致,仅K₂O含量明显偏高,重稀土Y含量略高,MnO和CaO含量偏低。希勒克特哈腊苏、喀腊萨依等埃达克质侵入岩被认为是俯冲花岗岩,是俯冲的大洋玄武岩熔融形成^[16]。K₂O含量偏高(>2%)的埃达克岩被解释为新底侵玄武岩质地壳部分熔融产物^[24,29]。希勒克特哈腊苏、喀腊萨依等埃达克质侵入岩具铜矿化,成岩期后矿化蚀变较发育,岩石钾长石化普遍,而钾长石化主要为后期叠加的热液蚀变^[30-32],因

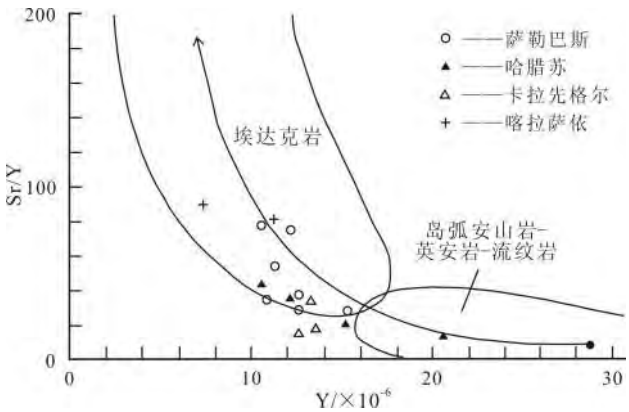


图7 萨勒巴斯岩体Sr/Y-Y图解
Fig.7 Sr/Y-Y diagram of the Salebasi pluton
(据Drummond and Defant,1990)

测亏损地幔为东准噶尔地区晚古生代花岗岩的重要源区^[18]。乌图布拉克和哈旦逊等岩体岩浆可能主要来自年轻的基性下地壳的重熔,并可能有新的年轻幔源物质的加入^[20-21]。

此其较高的 K_2O 含量可能受后期成矿作用叠加钾化蚀变的影响。

萨勒巴斯岩体具典型的埃达克岩地球化学特征, $\varepsilon_{Nd}(T)$ 值介于准噶尔北缘埃达克质火山岩与埃达克质侵入岩(+7.3~+8.5)间,与准噶尔北部洋壳的 $\varepsilon_{Nd}(T)$ 值基本一致。表明岩浆来源于俯冲板片熔融,这与其相对较低的 SiO_2 含量一致。较低的 $Mg^\#$ (40~44)及Cr,Co,Ni含量,表明其未与地幔发生过明显的相互作用。其形成过程及物质来源与准噶尔北缘发现的中泥盆世埃达克质侵入岩基本相同,而与早泥盆世形成的埃达克质火山岩存在一定区别。

4.2 形成环境

萨勒巴斯岩体具明显的Nb,Ta和Ti的负异常,与典型岛弧花岗岩地球化学特征一致。较低的Nb,Y和Rb含量,在Nb-Y和Rb-(Y+Nb)等花岗岩构造环境判别图解中落在火山弧花岗岩区。在区分大洋岛弧与大陆岛弧的Zr/Y-Zr构造环境判别图解和La/Yb-Sc/Ni图解中,萨勒巴斯岩体样品均落在大陆岛弧区内。

由前述讨论可知,准噶尔北缘发现的与板块俯冲作用有关的早泥盆世埃达克岩及富铌玄武岩和与铜矿化有关的中泥盆世埃达克质侵入岩,表明准噶尔北缘在泥盆纪为岛弧环境^[14-15,33-34],并可能为洋内弧^[27]。萨勒巴斯岩体处于额尔齐斯构造带内,位于额尔齐斯断裂北侧,岩体侵入地层为元古界富蕴群,形成时代为早志留世,产出的地质背景明显不同于希勒克特哈腊苏等埃达克质侵入岩。分布于喀纳斯一带的奥陶纪东锡勒克组为一套中酸性火山岩,形成时代为474 Ma^[35]。出露于阿尔泰山中部的中上志留统松克木群由一套中酸性熔岩及凝灰岩、变砂岩、片岩、灰岩等组成。近年在额尔齐斯构造带北侧乌恰沟一带厘定出一套安山-玄武岩,年龄为436 Ma^[36],表明阿尔泰山南缘早古生代有持续的岩浆活动存在,但火山岩分布范围有限。单强等对喀纳斯一带零星出露的火山岩地球化学研究认为其形成于活动陆缘环境,为陆缘火山弧^[35]。萨勒巴斯岩体的形成环境可能属活动大陆边缘或陆缘弧。

4.3 地质意义

研究表明,古生代在西伯利亚板块与塔里木板块间存在一个古亚洲洋,额尔齐斯构造带是西伯利亚板块与哈萨克斯坦板块构造缝合带^[37]。该缝合带南侧,准噶尔北缘泥盆纪埃达克质岩石发现表明,古亚洲洋板块在早一中泥盆世发生了洋壳俯冲作用,认为是古亚洲洋向南俯冲的依据之一^[14-16]。萨勒巴

斯埃达克质侵入岩的发现,为古亚洲洋在志留纪向西伯利亚板块俯冲提供了较直接的岩石学证据。

萨勒巴斯岩体锆石U-Pb SHRIMP年龄为434 Ma,形成于早志留世,岩体埃达克质侵入岩属性的确定为早古生代阿尔泰山造山带俯冲活动存在的重要证据。准噶尔北缘俯冲花岗岩形成时代为381~376 Ma^[16],表明古亚洲洋在早志留一中泥盆世处于俯冲阶段。肖文交等据阿尔曼太蛇绿岩中斜长花岗岩锆石U-Pb SHRIMP年龄((503±7)Ma)^[38],认为阿尔曼太蛇绿岩形成于晚寒武—早奥陶世,早古生代早期古亚洲洋发生洋内俯冲作用,形成阿尔曼太SSZ型蛇绿岩。古亚洲洋闭合过程中,这种洋内俯冲可能是持续的,一直到中泥盆世(376 Ma)。古亚洲洋板块向西伯利亚板块的俯冲始于早古生代,时间不晚于434 Ma。古亚洲洋是否为早古生代向北俯冲,而泥盆纪转向南俯冲,并是否由此对阿尔泰山南缘泥盆纪火山-沉积盆地形成提供了一种动力学机制?

埃达克岩与浅成低温热液Au-Ag及斑岩型Cu,Au矿床有密切关系^[39-41],环太平洋地区大型和世界级斑岩铜矿均与埃达克岩有关^[39]。我国与铜矿有关的斑岩均具埃达克岩地球化学特征^[42-43]。埃达克岩的形成需很高温(850~1 150℃)和压力(1.0~4.0 GPa),还需水的参与^[44]。埃达克质岩石有利于成矿的关键是角闪石的脱水作用,角闪石分解产生的大量流体,不仅有利于埃达克质岩浆的形成,还有利于地幔和基性岩中富集的Cu,Au,Mo,Ag等元素的萃取和迁移。准噶尔北缘及环准噶尔周边地区,发现大量与埃达克质岩石有关的斑岩型铜(金、钼)矿^[45-47],萨勒巴斯岩体中也发现铜矿化现象。埃达克质侵入岩的发现,为额尔齐斯构造带内及北侧寻找斑岩型铜、金矿提供了一种可能。

5 结论

(1) 萨勒巴斯岩体主要由糜棱岩化石英闪长岩和英云闪长岩组成,具高的Sr,Al,富Na,贫K,贫Y,Yb等,Sr/Y值较高,轻稀土明显富集,具正的铕异常或微弱的负铕异常。具明显的Nb,Ta,Ti的负异常和Sr的正异常,属较典型的埃达克岩。

(2) 萨勒巴斯岩体具低的Sr初始值和高的 $\varepsilon_{Nd}(T)$ 值,岩浆来源于俯冲板片熔融,较低的 $Mg^\#$ 值及Cr,Co,Ni含量,表明未与地幔发生明显的相互作用。

(3) 萨勒巴斯岩体锆石U-Pb SHRIMP年龄为(434±10)Ma,形成于早志留世,属活动大陆边缘或陆缘弧环境。

(4) 埃达克质侵入岩的发现,为古亚洲洋在早古生代向西伯利亚板块俯冲提供了较直接的岩石学证据,为额尔齐斯构造带内及北侧寻找斑岩型铜、金矿提供了一种可能。

参考文献

- [1] 成守德,王元龙.新疆大地构造演化基本特征[J].新疆地质,1998,16:97-107.
- [2] 吴波,何国琦,吴泰然,等.新疆布尔根蛇绿混杂岩的发现及其大地构造意义[J].中国地质,2006,33(3):476-486.
- [3] 周刚,张招崇,杨文平,等.新疆阿尔泰山南缘玛音鄂博断裂南侧变质基性岩的发现及其地质意义[J].地球科学,2005,30(6):738-746.
- [4] 陈柏林,张招崇,闫升好,等.阿尔泰山额尔齐斯构造带岩石应变特征及其构造意义[J].地质科学,2008,43(1):119-132.
- [5] 董连慧,朱志新,屈迅,等.新疆蛇绿岩带的分布、特征及研究新进展[J].岩石学报,2010,26(10):2894-2904.
- [6] 刘崱国.东准噶尔玛因鄂博蛇绿混杂岩形成时代确定[J].新疆地质,2011,29(4):385-388.
- [7] 周刚,张招崇,何斌,等.新疆北部玛因鄂博断裂带中片麻岩锆石 U-Pb SHRIMP 定年及其地质意义[J].中国地质,2006,33(6):13-20.
- [8] 张小林,周刚,罗世宾,等.阿尔泰山南缘东段玛因鄂博韧性剪切带特征及运动学、动力学分析[J].新疆地质,2007,25(1):26-33.
- [9] 童英,洪大卫,王涛,等.阿尔泰山南缘富蕴后造山线形花岗岩体锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J].岩石矿物学杂志,2006,25(2):85-89.
- [10] 宫红良,陈正乐,胡远清,等.阿尔泰山额尔齐斯带东段酸性岩墙群地球化学特征及其地质意义[J].岩石学报,2007,23(5):889-899.
- [11] 周刚,张招崇,王新昆,等.新疆玛因鄂博断裂带中花岗岩糜棱岩的锆石 U-Pb SHRIMP 和黑云母 ^{40}Ar - ^{39}Ar 同位素年龄及其地质意义[J].地质学报,2007,81(3):359-369.
- [12] 周刚,张招崇,罗世宾,等.新疆阿尔泰山南缘玛因鄂博高温型强过铝花岗岩:年龄、地球化学特征及其地质意义[J].岩石学报,2007,23(8):1909-1920.
- [13] 刘国仁,秦纪华,赵忠合,等.新疆阿尔泰山额尔齐斯构造带片麻岩的锆石 U-Pb SHRIMP 定年及其地质意义[J].现代地质,2008,22(2):190-196.
- [14] 许继峰,梅厚钧,于学元,等.准噶尔北缘晚古生代岛弧中与俯冲作用有关的 adakite 火山岩的发现及其大地构造意义.科学通报,2001,46(8):684-687.
- [15] 张海洋,牛贺才,Hiroaki Sato,等.新疆北部晚古生代埃达克岩、富铋玄武岩组合:古亚洲洋板块南向俯冲的证据.高校地质学报,2004,10(1),106-113.
- [16] Zhang Z C, Yan S H, Chen B L, et al. SHRIMP zircon U-Pb dating for subduction-related granitic rocks in the northern part of east Junggar, Xinjiang[J]. Chinese Science Bulletin, 2006,51(8): 952-962
- [17] Wang T,Hong DW,Jahn BM,et al.Timing, Petrogenesis, and setting of Paleozoic synorogenic intrusions from the Altai Mountains, Northwest China: Implications for the tectonic evolution of an Accretionary Orogen. The Journal of Geology,2006,2114: 735-751.
- [18] 韩宝福,王式浣,孙元林,等. εNd(T) 值的准铝-过铝花岗岩:新疆也布山岩体.科学通报,1998,43(12):1323-1328.
- [19] Han BF,Wang SG,Jahn BM,et al.The Nd isotope of Wulunguhe alkaline granite from Xinjiang and the significance to the Phanerozoic crust growth.Chinese Science Bulletin,1997,17(42):1829-1831.
- [20] 周刚,张招崇,吴淦国,等.新疆准噶尔北缘造山后伸展及陆壳生长:来自哈旦逊杂岩体的岩石学及地球化学证据.地质学报,2009,83(3):331-346.
- [21] 周刚,吴淦国,董连慧,等.新疆准噶尔北东缘乌图布拉克岩体形成时代、地球化学特征及地质意义.岩石学报,2009,25(6):1390-1402.
- [22] Defant M J, Drummond M S.Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere.Nature, 1990,347: 662-665.
- [23] Atherton M P, Petford N.Generation of sodium-rich magmas from newly underplated basaltic crust. Nature,1993,362:144-146.
- [24] 张旗,王焰,钱青,等.中国东部中生代埃达克岩的特征及其构造-成矿意义[J].岩石学报,2001,36(2):236-244.
- [25] 熊小林,赵振华,白正华,等.西天山阿吾拉勒 adakite 型钠质中酸性岩及地壳垂向增生[J].科学通报,2001,46(4):281-287.
- [26] 王强,赵振华,白正华,等.新疆阿拉套山石炭纪埃达克岩、富 Nb 岛弧玄武岩:板片熔体与地幔橄榄岩相互作用及地壳增生[J].科学通报,2003,48(12):1342-1349.
- [27] 刘德权,唐延龄,周汝洪.新疆北准噶尔泥盆纪洋内弧及博宁岩[J].新疆地质,1993, 11(1),1-12.
- [28] 万博,张连昌.新疆阿尔泰山南缘卡拉先格尔铜矿带含矿斑岩地球化学及其成矿意义[J].中国地质,2006,33(3):618-628.
- [29] 肖龙,Robert P RAPP,许继峰.深部过程对埃达克质岩石成分的制约[J].岩石学报,2004,20(2):219-228.
- [30] 闫升好,滕荣丽,张招崇,等.阿尔泰山南缘卡拉先格尔斑岩铜矿带成因的再认识[J].矿床地质,2006,25(3):292~301.
- [31] 薛春纪,赵战峰,吴淦国,等.中亚构造域多期叠加斑岩铜矿化:以阿尔泰山南缘哈腊苏铜矿床地质、地球化学和成矿时代研究为例[J].地学前缘,2010,17(2):53-82.
- [32] 杨富全,闫升好,刘国仁,等.新疆准噶尔斑岩铜矿地质特征及成矿作用[J].矿床地质,2010,29(6):956-971.
- [33] 杨文平,张招崇,周刚,等.阿尔泰山铜矿带南缘希勒克特哈腊苏斑岩铜矿的发现及其意义[J].中国地质,2005,32:107-114.
- [34] 牛贺才,于学元,许继峰,等.中国新疆阿尔泰山晚古生代火山作用及成矿[M].北京:地质出版社,2006.
- [35] 单强,牛贺才,于学元,等.新疆北部哈纳斯盆地火山岩地球化学特征、锆石 U-Pb 年龄及其构造意义[J].地球化学,2005,34(4): 315-327.
- [36] 连政,陈君华.富蕴县乌恰沟一带变质地层划分和时代归属[J].新疆地质,2011,29(4):389-392.
- [37] 肖序常,汤耀庆,李锦轶,等.新疆北部及其邻区的构造演化[M].北京:地质出版社,1992,1-180.
- [38] 肖文交,Windley B F,阎全人,等.北疆地区阿尔曼太蛇绿岩锆石 SHRIMP 年龄及其大地构造意义[J].地质学报,2006,80(1):32-37.
- [39] Thieblemont D,Stein G,Lescuyer J L.Gisements epithermaux et porphyriques:la connexion adakite[J].Earth Planet.Sci.1997,325: 103-109.
- [40] Defant MJ,Xu JF,Kepezshinskas P,et al.Adakites:some variations on a theme[J].Acta Petrologica Sinica,2002, 18(2):129-142.
- [41] 王强,许继峰,赵振华.强烈亏损重稀土元素的中酸性火成岩(或埃达克质岩)与 Cu、Au 成矿作用[J].地学前缘,2003,(10):561-572.
- [42] 张旗,王焰,刘伟,等.埃达克岩的特征及其意义.地质通报,2002,21(7):431-435.
- [43] 王元龙,张旗,王强,等.埃达克岩与 Cu-Au 成矿作用关系的初步探讨[J].岩石学报,2003,19(3):543-550.
- [44] Rapp R P Xiao L,Shimizu N.Experimental constraints on the origin of potassium-rich adskites in eastern China.Acta Petrologica Sinica,2002,18(3):293-302.
- [45] 吴淦国,董连慧,薛春纪,等.新疆北部主要斑岩铜矿带[M].北京:地质出版社,2008,1-345.
- [46] 董连慧,徐兴旺,屈迅,等.初论环准噶尔斑岩铜矿带的地质构造背景与形成机制[J].岩石学报,2009,25(4):713-737.
- [47] 张招崇,闫升好,陈柏林,等.阿尔泰山铜矿带东段找矿靶区优选及评价[M].北京:地质出版社,2010.

The Early Paleozoic Adakitic Intrusive Rocks of Erqisi Tectonic Belt in Northern Xinjiang

Qin Jihua¹, Zhou Gang², Zhang Liwu¹, Dong Lianhui², Li Yong³, Zhao Zhonghe¹, He Lixin¹

(1.No.4 Geological Paty,Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources, Altai,Xinjiang,836500,China;

2. Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources,Urumqi,Xinjiang,830000,China;3.Geological

Exploration Institute,Xinjiang Bureau of Nonferrous Geological Exploration,Urumqi,Xinjiang,830000,China)

Abstract: The Salebasi pluton is mainly composed by mylonitized quartz diorite and tonalite rocks in Erqisi tectonic belt,the zircon SHRIMP U-Pb age is 434 ± 10 Ma. The content of SiO_2 in the pluton is 60.17% ~ 65.52%,higher Al_2O_3 ,Sr and Sr/Y,enriched in Na and LREE,depleted in K,Y,Yb,has positive Eu anomaly or slightly negative Eu anomaly,has visible positive Nb,Ta,Ti anomaly and negative Sr anomaly. The Salebasi pluton is geochemically similar to adakite,e.g.,lower Sr initial value,higher $\epsilon_{\text{Nd}}(\text{T})$ and younger Nd model ages. The Salebasi pluton magma derived from subducted slab melting, it have lower contents of $\text{Mg}^*(40-44)$ and Cr,Co,Ni, indicates that it is not occurred obvious interaction with the mantle. The Salebasi pluton formation environment belongs to an active continental margin or continental margin arc, the discovery of this adakitic intrusive rocks provides a direct petrology evidence that the ancient Asian Ocean subduct to Siberia in the early Paleozoic,and also provides possibility to find porphyry copper and porphyry gold in the north of the Erqisi tectonic belt.

Key words: Northern Xinjiang;Erqisi tectonic belt;Early Paleozoic;Adakitic intrusive rocks

下期要目预告

- | | |
|--|-----|
| 西准噶尔谢米斯台山西缘中志留世火山岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年及构造意义 | 孙勇 |
| 东天山雅满苏镇北一带南华纪冰碛岩地质特征及意义 | 曹福根 |
| 新疆北山地区红石山岩体橄榄石与铬尖晶石成分特征及成因意义 | 夏昭德 |
| 东天山东段四顶黑山一带早泥盆世岛弧花岗岩年龄、特征及构造意义 | 施文翔 |
| 新疆卡特巴阿苏金铜矿区二长花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及地质意义 | 邢令 |
| 新疆达坂城铜沟铜矿床地质特征及流体包裹体研究 | 李平 |
| 西天山克细克红那海银铜矿地质特征及成因初探 | 伏多旺 |
| 东准噶尔苏海图地区首次发现自然铜的启示和意义 | 王建中 |
| 新疆 210 金矿床黄铁矿标型特征及地质意义 | 曹煦 |
| 新疆卡特巴阿苏金矿床特征及发现意义 | 杨维忠 |
| 基于 MORPAS 平台特征分析法找矿靶区预测——以大平梁外围铜钼多金属矿为例 | 刘申态 |
| 塔河六七区鹰山组-巴楚组混积特征研究 | 葛毓柱 |
| 塔里木盆地柯坪-巴楚地区奥陶系层序界面特征及成因分析 | 姜海健 |
| 玛北斜坡区三叠系百口泉组储集层成岩作用及孔隙演化 | 许琳 |
| 鄂尔多斯塔里木盆地玉北地区奥陶系成岩作用研究 | 蒋海军 |
| 基于缝洞方解石包裹体测试分析塔北轮南地区奥陶系古岩溶期次及环境 | 淡永 |
| 盆地姬塬地区长 8 低渗透砂岩储层微观孔隙结构特征研究 | 蔡玥 |
| 南缘霍玛吐构造带三维地质建模应用效果 | 夏雨 |
| 红外光谱在几种相似硫酸盐矿物判别中的应用 | 彭玉旋 |