

甘肃北山造山带红石山地区埃达克质 花岗岩类的发现及其地质意义

刘明强

(甘肃省地质调查院, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 甘肃北山造山带红石山地区的海西-印支期花岗岩类岩石属于钙碱性岩浆系列, 具有岛弧花岗岩的特点, 但岩石化学、地球化学和同位素组成等的研究表明, 它们具有埃达克岩的特征。这些岩石 SiO_2 含量均大于 56%, Al_2O_3 含量多 $\geq 15\%$, 富 Na, MgO 含量 $< 3\%$, $\text{Mg}^\#$ 为 30.71~59.13, Sr 含量高, Sr/Y 在 19.71~72.86 之间, 8 个样品中有 6 个比值大于 40; $Y < 18 \times 10^{-6}$ ($6.0 \times 10^{-6} \sim 14.7 \times 10^{-6}$); Eu 异常不明显或具弱的 Eu 负异常, 稀土元素分异强烈, 属强烈的轻稀土元素富集型; Nb 负异常十分明显, Sr 也具有较明显的正异常, 其 $\epsilon\text{Nd}(t)$ 为正值 [$\epsilon\text{Nd}(t) = 4.09 \sim 5.67$] (La/Yb)_N - Yb_N 和 Sr/Y - Y 图解上样品主要落入埃达克质岩区域。这些埃达克质岩石的发现, 对于研究北山造山带晚古生代的构造演化、地球动力学特征及找矿具有十分重要的意义。

关键词: 甘肃北山造山带, 红石山地区, 埃达克质岩, 花岗岩类岩石, 地球化学, 岛弧

中图分类号: P588.12⁺1; P591

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2007)03-0232-07

Geochemical characteristics and geological significance of adakitic granitoids in Hongshishan area of the Beishan orogenic belt, Gansu Province

LIU Ming-qiang

(Gansu Institute of Geological Survey, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The Hercynian-Indosinian granitoids in Hongshishan area of the Beishan orogenic belt belong to the calc-alkaline series and have characteristics of island-arc granitoids. A study of their petrochemical, geochemical and Nd-isotopic characteristics shows that they have the characteristics of "adakite". These rocks have the following characteristics: $\text{SiO}_2 > 56\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 15\%$, Na_2O and Sr are high, $\text{MgO} < 3\%$, $\text{Mg}^\# = 30.71 \sim 59.13$, $\text{Sr}/\text{Y} = 19.71 \sim 72.86$, $Y < 18 \times 10^{-6}$ ($6.0 \times 10^{-6} \sim 14.7 \times 10^{-6}$); no Eu anomaly or only weak negative Eu anomaly can be observed; REE distribution patterns show strong REE segregation and belong to the type of enriched LREE; and there exist very prominent negative Nb anomaly and obvious positive Sr anomaly in the trace element spidergram. $\epsilon\text{Nd}(t)$ values are positive [$\epsilon\text{Nd}(t) = 4.09 \sim 5.67$], major samples fall into the area of adakite on $(\text{La}/\text{Yb})_N - \text{Yb}_N$ and $\text{Sr}/\text{Y} - \text{Y}$ diagrams. Therefore, the discovery of the adakitic rock has great significance in the study of Late Paleozoic tectonic evolution and geodynamics and the search for ore deposits in the Beishan orogenic belt of Gansu Province.

Key words: Beishan orogenic belt, Gansu; Hongshishan area; adakitic rock; granitoids; geochemistry; island arc

埃达克岩(adakite)自 1978 年被提出以来,其研究一直是地学界关注的前沿课题(Defant *et al.*, 1990; 汪焰等, 2000; 张旗等, 2001, 2002, 2003)。笔者在 1/5 万红岭幅等 3 幅区调项目调研过程中,发现有一些晚古生代—中生代中酸性侵入岩和火山岩具有埃达克岩的地球化学特征。本文报道其地球化学特征并探讨其地质意义。

1 区域大地构造背景及研究区地质特征

北山造山带为一多旋回复合造山带,其演化历

史可追溯到晚太古代,古陆壳基底经太古宙古陆核、早元古代褶皱增生、中元古代盖层沉积及晋宁期泛大陆形成等演化过程,在震旦纪开始的古陆壳裂解基础上开始了多旋回复合造山的演化历史^①。从震旦纪开始发生的古陆破碎和裂离作用,使其在中奥陶世处于最大拉张时期,洋盆位于小黄山—石板井一带,具有典型的“多岛洋”构造格局;从晚奥陶世开始地壳转入收缩体制,随着小黄山洋壳的向南俯冲,形成马鬃山早古生代岛弧,牛圈子—洗肠井弧后盆地等(图 1);加里东末早古生代沟-弧-盆体系演化结束(龚全胜等, 2002, 2003; 何世平等, 2002)。

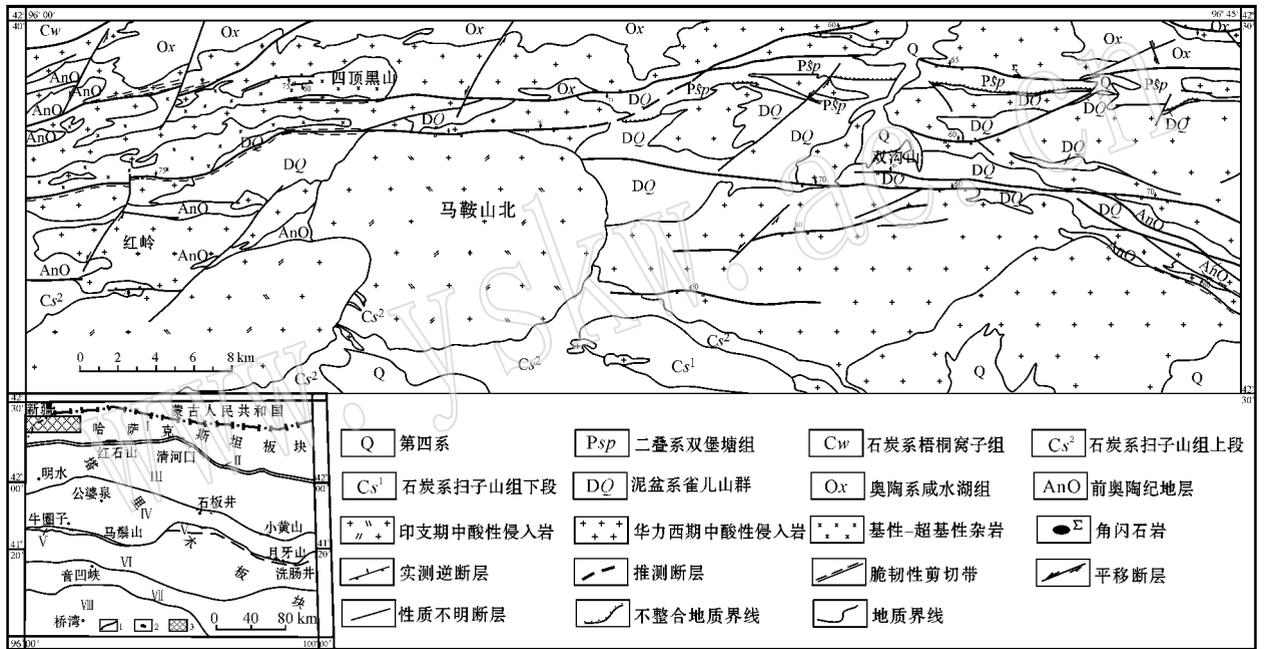


图 1 红石山地区地质构造简图[大地构造位置图据龚全胜等(2002)简化]

Fig. 1 Geological and structural sketch map of Hongshishan area (simplified from Gong Quansheng *et al.*, 2002)

1—深大断裂 2—蛇绿混杂岩 3—研究区位置; I—野马泉-雀儿山古生代岩浆弧; II—红石山晚古生代蛇绿构造混杂岩带; III—白山-狼娃山晚古生代岩浆弧; IV—马鬃山早古生代岩浆弧; V—牛圈子-洗肠井早古生代弧后盆地; VI—双鹰山早古生代被动陆缘; VII—红柳园古生代裂谷; VIII—敦煌地块

1—fault; 2—ophiolitic mélangé; 3—study area; I—Paleozoic Yemaquan-Que 'ershan magma arc; II—Late Paleozoic Hongshishan ophiolitic mélangé; III—Late Paleozoic Baishan-Langwashan magma arc; IV—Early Paleozoic Mazongshan magma arc; V—Early Paleozoic Niuquanzi-Xi-changing back-arc basin; VI—Early Paleozoic Shuangyingshan passive continental margin; VII—Paleozoic Hongliuyuan rift; VIII—Dunhuang massif

晚古生代形成的红石山缝合带代表了塔里木板块与哈萨克斯坦板块的最终碰撞对接带(龚全胜等, 2002)。该缝合带地球物理特征表现为重力梯度带和局部磁力高异常、高导异常带,其构造特征和岩石

组合均表现出南北对称的特点,说明具有双向俯冲的特征。哈萨克斯坦板块南缘和塔里木板块北缘均为活动大陆边缘,形成野马泉-雀儿山岛弧带和白山-狼娃山岛弧带。二叠纪局部出现拉张环境,形成二

① 甘肃省地质调查院, 2001. 1/25 万马鬃山幅区域地质调查报告.

叠纪裂谷及裂陷槽。关于红石山缝合带的形成时代存在不同的观点,部分学者认为是晚石炭世(龚全胜等 2003),但有些学者认为哈萨克斯坦板块与塔里木板块可能是在二叠纪晚期发生碰撞,而这次碰撞事件可能一直影响到了三叠纪,即印支期(江思宏等 2003)。中生代北山处于陆内演化时期,地壳活动微弱。

本文的研究区域位于红石山缝合带北侧(图1),为野马泉-雀儿山岛弧带,主要由零星出露的前奥陶纪地层、奥陶系咸水湖组、泥盆系雀儿山群、石炭系扫子山组、二叠系双堡塘组、第四系及晚古生代中酸性侵入岩组成。前奥陶纪地层变质程度达低角闪岩相—高绿片岩相,并发育多期构造变形,原岩恢复表明其岩石组合为沉积碎屑岩—火山岩建造;火山岩为钙碱性系列,主元素、微量元素构造环境判别显示该地层中的火山岩构造环境类似于岛弧或活动大陆边缘大地构造环境,被断层围陷或晚期花岗岩体吞蚀,呈残块形式分布。雀儿山群、扫子山组为岛弧型火山岩。早二叠世双堡塘组为裂陷槽及断陷盆地沉积。

晚古生代由于红石山洋的俯冲引起强烈的地壳重熔和岩浆侵入活动,在研究区形成华力西期大规模的中酸性岩体侵位,构成壮观的构造岩浆岩带,这些岩浆岩多为岛弧钙碱性系列的中酸性侵入岩,按时代可划分为华力西期花岗岩和印支期花岗岩。华力西期花岗岩体分布于研究区北部及东部,多呈不规则状、近东西向带状展布,岩石类型多样,主要岩石类型为石英闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩,次为闪长岩、英云闪长岩、钾长花岗岩。干河梁南岩体平面上呈近椭圆形同心环状,从边部到中心具有从偏基性到偏酸性的演化趋势,边部英云闪长岩普遍发育片麻理,在该岩体的黑云母二长花岗岩中获得单颗粒锆石 U-Pb 年龄值为 263.5 ± 4.7 Ma(单颗粒锆石 U-Pb 测年)^①,其时代应为华力西晚期,它是华力西期最晚的一期岩浆活动。印支期花岗岩体分布于研究区中西部,平面上呈近同心圆状套叠式展布,从边部到中心具有从偏基性到偏酸性的演化趋势,表现为同源岩浆演化的特征。主要岩石类型为花岗闪长岩、二长花岗岩,次为石英闪长岩、钾长花岗岩。在斑状角闪黑云母花岗闪长岩中获得单颗粒锆石 U-Pb 年龄为 237.8 ± 4.3 Ma(刘明强等,2006),其地质时代为印支早期。

2 花岗岩类的地球化学特征

研究区花岗岩类的主元素、微量元素和稀土元素分析结果见表1。

分析结果表明,所有样品的 SiO_2 含量均大于 56%(58.39%~72.32%), Al_2O_3 含量多数 $\geq 15\%$,富 Na($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 1.00 \sim 5.34$,只有 1 个样品为 0.96), MgO 含量 $< 3\%$,只有 1 个样品为 3.66%; $\text{Mg}^\#$ 为 30.71~59.13。在微量元素特征上, Sr 含量高,差别较大,最高可达 679×10^{-6} ,最小者仅为 310×10^{-6} , Sr/Y 在 19.71~72.86 之间,8 个样品中有 6 个比值大于 40; $\text{Y} < 18 \times 10^{-6}$ ($6.0 \times 10^{-6} \sim 14.7 \times 10^{-6}$)。里特曼指数(σ) = 1.55~2.31,碱度率(AR) = 1.56~2.72,铝饱和指数(A/CNK) = 0.87~1.03,岩石属钙碱性系列,为偏铝质—过铝质岩石。稀土元素特征显示出低的 HREE 含量,Eu 异常不明显或具弱的 Eu 负异常,稀土元素球粒陨石标准化图解(图2)上显示出强烈的稀土元素分异(Ce/Yb)_N > 1 (2.26~12.93),属强烈的轻稀土元素富集型;在微量元素比值蛛网图(图3)上, Nb 的负异常十分明显, Sr 也具有较明显的正异常。(La/Yb)_N - Yb_N 和 $\text{Sr}/\text{Y} - \text{Y}$ 图解(图4)上样品主要落入埃达克质岩区域,并靠近经典岛弧岩石区域。

从以上岩石化学和地球化学特征可以看出,研究区的花岗岩类基本符合典型的埃达克质岩的地球化学特征(钱青,2001;肖庆辉等,2002),同时也具有岛弧花岗岩类的地球化学特征,即具有高场强元素 Nb 的亏损和大离子亲石元素的富集;Y 的亏损以及高的 Sr/Y 比值说明这些花岗质岩石的源区部分熔融的残留物应为榴辉岩(张旗等,2001;肖庆辉等,2002;裴先治等,2003)。此外,较高的 $\text{Mg}^\#$ 值表明俯冲洋壳板片的部分熔融产物在岩浆上升过程中可能与地幔橄榄岩之间发生过明显的相互作用。

部分花岗岩类中 Nd 同位素研究结果表明,其 $\epsilon\text{Nd}(t)$ 为正值 [$\epsilon\text{Nd}(t) = 4.09 \sim 5.67$] (刘明强等,2005),表明源区岩石是由地幔来源的新生岩浆注入而形成的(洪大卫等,2000)。这与埃达克岩的形成环境(埃达克岩形成于岛弧区,是 ≤ 25 Ma 的热俯冲洋壳熔融形成)是相同的。

① 甘肃省地质调查院,2004. 红岭幅、阿勒腾闹尔梗兑乌勒幅、双沟山幅 1/5 万区域地质调查报告。

表 1 红石山地区晚古生代花岗岩类的主元素 ($w_B/\%$)、微量元素和稀土元素 ($w_B/10^{-6}$) 分析及有关参数

Table 1 Whole-rock analyses of major ($w_B/\%$), trace and rare earth elements ($w_B/10^{-6}$) in Late Paleozoic granites of Hongshishan area

地质时代	印支期						华力西期						
	花岗闪长岩	二长花岗岩	二长花岗岩	花岗闪长岩	英云闪长岩	二长花岗岩	变质英安质凝灰岩	英云闪长岩	石英闪长岩	石英闪长岩	石英闪长岩	花岗闪长岩	英云闪长岩
岩石类型	GS-45	GS-46	GS-40	GS-39	GS-59	GS-61	GS-41	GS-63	GS-14	GS-26	GS-27	GS-21	GS-62
样品代号	GS-45	GS-46	GS-40	GS-39	GS-59	GS-61	GS-41	GS-63	GS-14	GS-26	GS-27	GS-21	GS-62
SiO ₂	68.00	70.91	72.32	67.10	61.50	72.66	65.69	65.30	66.50	63.12	58.39	70.82	68.26
TiO ₂	0.52	0.37	0.23	0.56	0.76	0.27	0.63	0.44	0.66	0.56	0.72	0.28	0.24
Al ₂ O ₃	14.99	14.04	13.90	15.51	16.61	13.83	15.38	15.75	15.42	16.39	17.24	15.33	15.80
Fe ₂ O ₃	0.21	0.66	0.05	0.71	1.45	0.59	1.94	1.22	1.11	1.68	1.96	0.25	1.20
FeO	2.64	1.78	1.85	2.53	3.59	1.80	2.17	3.21	3.30	2.96	4.51	2.06	1.39
MnO	0.52	0.55	0.46	0.57	0.09	0.05	1.04	0.08	0.07	0.08	0.11	0.05	0.16
MgO	1.45	0.80	0.46	1.29	2.61	0.69	1.33	2.07	1.43	2.25	3.66	0.86	0.54
CaO	2.64	2.13	1.66	3.50	5.24	1.83	4.04	3.83	3.49	4.88	5.98	2.84	3.44
Na ₂ O	4.69	3.82	3.86	4.28	4.39	3.94	4.10	4.30	4.23	4.49	3.76	5.12	6.14
K ₂ O	2.15	3.96	3.86	2.25	2.15	3.72	2.28	1.81	2.45	1.46	1.13	1.44	1.15
P ₂ O ₅	0.11	0.09	0.06	0.14	0.28	0.11	0.15	0.15	0.17	0.15	0.17	0.10	0.07
Total	97.92	99.11	98.75	98.71	98.44	98.67	99.49	98.16	98.83	98.02	97.63	99.15	98.39
Cr	25.0	10.6	2.8	38.1	25.6	22.5	41.1	14.7	17.30	24.0	37.0	15.0	25.5
Ni	24.8	1.7	13.4	39.8	33.4	6.5	6.5	33.5	8.0	16.9	19.5	10.3	4.6
Co	5.3	10.3	4.1	14.4	11.0	2.6	8.1	8.7	22.0	14.0	23.0	6.0	8.6
Sc	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	18	4	0
V	45.9	34.0	16.2	61.2	91.6	30.9	68.7	96.7	54.0	100.0	160.0	23.0	31.5
Rb	59.07	113.0	144.0	59.2	63.0	143.0	38.9	46.2	71.0	26.0	22.0	22.0	24.5
Cs	7.2	8.5	8.1	6.7	6.2	8.3	5.15	4.9	3.4	1.7	1.4	1.25	4.65
Ba	337	680	578	536	506	508	676	412	650	450	590	210	298
Sr	369	365	320	622	679	346	338	449	370	510	610	310	363
Ta	0.5	0.55	0.87	0.61	1.0	0.5	0.5	0.5	1.1	0.5	0.5	0.89	1.66
Nb	4.05	7.58	7.2	5.04	9.5	7.48	3.64	2.75	10.0	3.7	3.6	3.8	9.83
Hf	4.5	3.73	2.35	3.29	5.7	3.71	3.64	2.54	6.4	4.2	3.5	3.4	2.7
Zr	147	111	60.1	104	212	118	110	82.1	250	150	130	110	61.7
Ti	600	8033	3117	7194	2638	899	2158	2218	3957	3357	4316	1679	1379
Th	7.19	10.6	10.5	7.66	6.95	14.2	3.5	4.07	6.4	2.4	1.8	1.8	4.8
U	2.0	2.33	2.0	2.0	2.33	4.0	1.33	1.0	2.5	2.1	2.1	2.2	3.0
La	15.3	24.7	17.1	23.7	29.5	25.9	17.7	17.7	27.2	11.2	12.4	8.63	18.1
Ce	25.3	41.9	26.0	38.1	53.8	43.0	29.2	29.7	48.7	20.1	25.4	13.9	29.8
Pr	3.60	4.13	2.13	3.84	5.96	3.77	3.17	2.96	4.00	2.31	3.17	1.66	2.55
Nd	11.2	15.9	9.17	15.8	25.7	16.8	13.1	11.9	18.7	11.1	12.9	7.81	12.6
Sm	2.49	2.99	2.23	3.28	4.81	2.97	3.02	2.25	3.8	1.88	2.49	1.26	1.91
Eu	0.80	0.59	0.37	0.73	1.19	0.50	0.94	0.68	0.97	0.75	0.82	0.45	0.51
Gd	2.47	2.62	1.74	2.42	3.97	2.28	2.85	2.22	3.46	1.88	1.90	1.46	2.15
Tb	0.40	0.40	0.28	0.34	0.62	0.34	0.48	0.34	0.54	0.28	0.34	0.23	0.34
Dy	2.42	2.30	1.75	1.90	3.44	1.66	3.08	1.77	3.45	1.64	2.00	1.28	2.27
Ho	0.50	0.37	0.31	0.35	0.57	0.36	0.54	0.25	0.82	0.35	0.35	0.26	0.40
Er	1.47	1.29	1.15	0.92	1.83	1.06	1.79	0.88	1.66	1.00	1.04	0.68	1.51
Tm	0.22	0.2	0.19	0.14	0.28	0.16	0.29	0.13	0.24	0.14	0.16	0.099	0.29
Yb	1.15	1.13	1.18	0.78	1.6	0.86	1.82	0.8	1.69	0.66	0.9	0.58	1.79
Lu	0.15	0.15	0.16	0.1	0.23	0.17	0.25	0.11	0.23	0.1	0.14	0.089	0.26
Y	11.0	10.7	9.92	8.68	14.7	7.67	14.2	7.64	13.0	7.0	9.0	6.0	11.6
Mg [#]	49.47	44.48	30.71	47.61	56.45	40.59	52.21	53.48	43.58	57.54	59.13	42.67	40.92
Sr/Y	33.5	34.1	32.3	71.7	46.2	45.1	23.8	58.8	28.5	72.9	67.8	51.7	31.3
(La/Yb) _N	8.97	14.74	9.77	20.49	12.43	20.30	6.56	14.92	10.85	11.44	9.29	10.03	6.82
Na ₂ O/K ₂ O	2.18	0.96	1.00	1.90	2.04	1.06	1.80	2.38	1.73	3.08	3.33	3.56	5.34

样品均由宜昌地质矿产研究所岩矿测试中心分析,常量元素采用原子吸收光谱法分析,其中全铁用原子吸收光谱法,FeO用容量法分析;微量元素和稀土元素用原子吸收光谱法和电感耦合等离子体发射光谱法分析;Mg[#] = 100[MgO/(MgO+FeO)](分子数)。

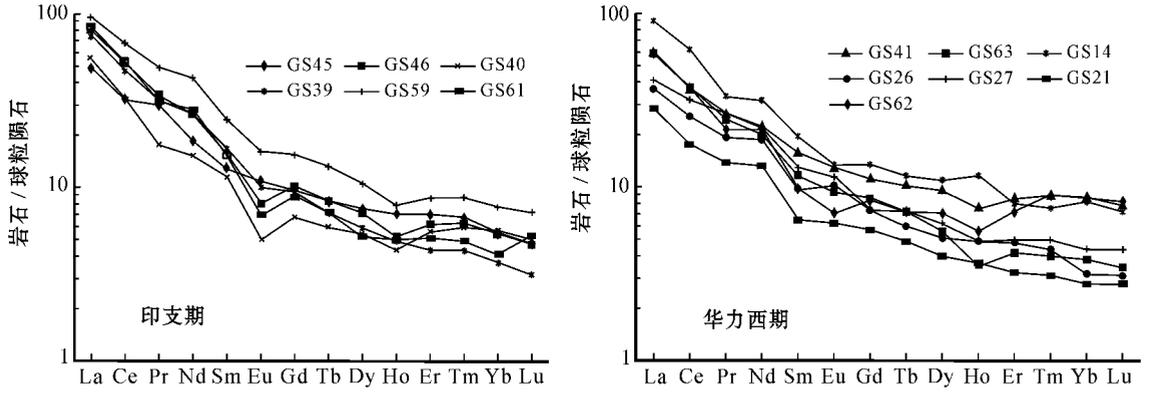


图2 红石山地区花岗岩类的稀土元素配分曲线(球粒陨石标准据 Boynton ,1984)

Fig. 2 Chondrite-normalized REE patterns of granites in Hongshishan area(chondrite standard value after Boynton ,1984)

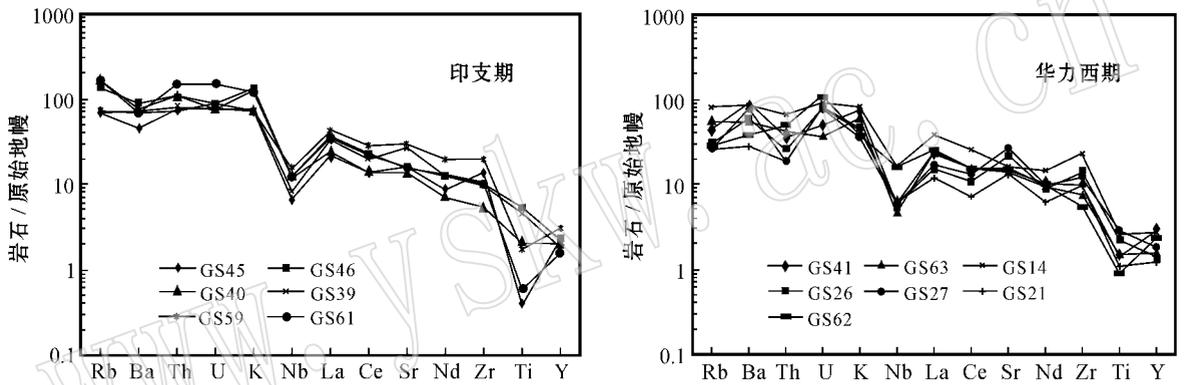


图3 红石山地区花岗岩类的微量元素比值蛛网图(原始地幔标准据 Wood 等 ,1979)

Fig. 3 Trace elements spidergram of granites in Hongshishan area(primitive mantle standard value after Wood *et al.* ,1979)

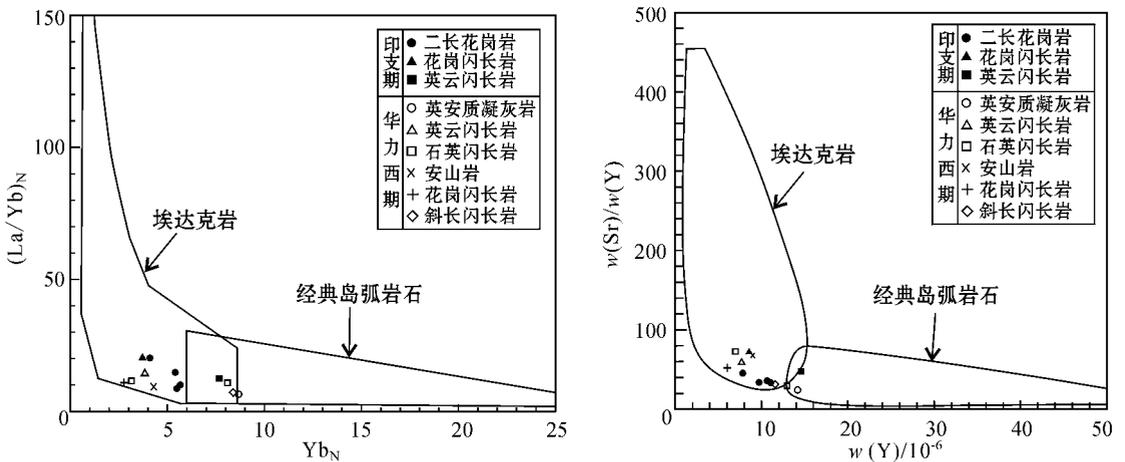


图4 红石山地区花岗岩类的 $(La/Yb)_N - Yb_N$ 和 $Sr/Y - Y$ 图解(据肖庆辉等 ,2002)

Fig. 4 $(La/Yb)_N - Yb_N$ and $Sr/Y - Y$ diagrams of granites in Hongshishan area(from Xiao Qinghui *et al.* ,2002)

3 结论与讨论

埃达克岩首次被 Defant 和 Drummond 引入地质文献以来已经引起了广泛的关注,这类岩石具有的独特地球化学特点以及所隐含的特殊岩石成因机理和成矿机制,在恢复岩石形成的大地构造背景方面具有重要的作用(肖庆辉等,2002)。虽然对其形成环境存在不同的意见,但本文论述的埃达克质岩石与典型的埃达克岩十分相似,可能属于真正意义上的“adakite”。

经典的埃达克岩是指由俯冲消减板片的 MORB 岩石部分熔融形成的中酸性火山岩(Defant and Drummond,1990)。红石山地区埃达克质花岗岩类形成于华力西期、印支期,红石山缝合带的形成时代为晚石炭世,甚至二叠纪晚期(龚全胜等,2003;江思宏等,2003),而印支期花岗岩体形成于碰撞后阶段,此时古亚洲洋已经在本区消失,与俯冲成因并无关系,其形成的背景可能是古亚洲构造域的造山后伸展作用。这说明印支期的埃达克岩可能是加厚的地壳基性岩部分熔融形成的(张旗等,2001;钱青,2001),它所揭示的是亚洲洋闭合后的一次陆内地壳增厚事件。

从笔者掌握的资料来看,甘肃北山地区未有埃达克质岩的报道,本次在北山造山带北部红石山缝合带以北发现埃达克质岩石,对于研究北山造山带晚古生代的构造演化及地球动力学特征具有十分重要的意义。另外,埃达克岩可能与来自下地壳和壳幔交换作用有关的 Au、Ag、Fe、Cu、Mo 矿等有成因上的联系,与斑岩铜矿的关系极为密切(张旗等,2002;朱弟成等,2003),所以该埃达克质岩石的发现,对寻找以上矿床提供了新的线索。

References

Boyton W V. 1984. Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies [A]. Henderson P. Rare Earth Element Geochemistry [C]. Elsevier, 63~114.

Defant M J and Drummond M S. 1990. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere [J]. Nature, 347: 662~665.

Gong Quansheng, Liu Mingqiang, Li Hailin, et al. 2002. The type and basic characteristics of Baishan orogenic belt, Gansu [J]. Northwestern geology, 35(3): 28~34 (in Chinese with English abstract).

Gong Quansheng, Liu Mingqiang, Liang Minghong, et al. 2003. The tectonic facies and tectonic evolution of Beishan orogenic belt, Gansu [J]. Northwestern Geology, 36(1): 11~17 (in Chinese with English abstract).

He Shiping, Ren Bingchen, Yao Wenguang, et al. 2002. The division of tectonic units of Beishan area, Gansu-Inner Mongolia [J]. Northwestern Geology, 35(4): 30~40 (in Chinese with English abstract).

Hong Dawei, Wang Shiguang, Xie Xilin, et al. 2000. Genesis of positive $\epsilon_{Nd}(t)$ granitoids in the Daxingan MTS. - Mongolia orogenic belt and growth continental crust [J]. Earth Science Frontiers (China University of Geosciences, Beijing), 7(2): 441~456 (in Chinese with English abstract).

Jiang Sihong, Nie Fengjun, Chen Wen, et al. 2003. The determination of the emplacement age of granite in Mingshui, Beishan area, and its implication [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 22(2): 107~111 (in Chinese with English abstract).

Liu Mingqiang, Wang Jianjun and Dai Wenjun. 2006. Single grain zircon U-Pb ages and geological significance of Maanshanbei granite in the Hongshishan area in the Beishan orogenic belt, Gansu [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 25(6): 473~479 (in Chinese with English abstract).

Liu Mingqiang, Wang Jianjun, Dai Wenjun, et al. 2005. Genesis and geological significance of positive $\epsilon_{Nd}(t)$ granitoids in the Hongshishan area in the Beishan orogenic belt, Gansu, China [J]. Geological Bulletin of China, 24(9): 831~836 (in Chinese with English abstract).

Pei Xianzhi, Wang Tao, Ding Saping, et al. 2003. Geochemical characteristics and geological significance of Neoproterozoic adakitic granitoids on the north side of the Shangdan zone in the East Qinling [J]. Geology in China, 30(4): 372~381 (in Chinese with English abstract).

Qian Qing. 2001. Adakite: Geochemical characteristics and genesis [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 20(3): 297~360 (in Chinese with English abstract).

Wood D A, Joron J L and Treuil M. 1979. A re-appraisal of the use of trace elements to classify and discriminate between magma series erupted in different tectonic settings [J]. Earth Planet. Sci. Lett., 45: 326~336.

Wang Yan, Zhang Qi and Qian Qing. 2000. Adakite: Geochemical characteristics and tectonic significances [J]. Sci. Geol. Sinica, 35(2): 251~256 (in Chinese).

Xiao Qinghui, Deng Jinfu, Ma Daquan, et al. 2002. The Ways of Investigation on Granitoids [M]. Beijing: Geol. Publ. House, 172~191 (in Chinese).

Zhang Qi, Wang Yan, Liu Hongtao, et al. 2003. On the space-time distribution and geodynamic environments of adakites in China: Annex: Controversies over differing opinions for adakites in China [J]. Earth Science Frontiers, 10(4): 385~400 (in Chinese with English abstract).

Zhang Qi, Wang Yan, Liu Wei, et al. 2002. Adakite: its characteristics

- and implication[J]. Geological Bulletin of China, 21(7):431~435 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Qi, Wang Yan, Qian Qing, et al. 2001. The characteristics and tectonic-metallogenic significances of the adakites in Yanshan period from eastern China[J]. Acta Petrologica Sinica, 17(2):236~244 (in Chinese with English abstract).
- Zhu Dicheng, Pan Guitang, Duan Liping, et al. 2003. Some problems in the reasearch of adakit[J]. Northwestern Geology 36(2):13~19 (in Chinese with English abstract).
- 附中文参考文献**
- 龚全胜, 刘明强, 李海林, 等. 2002. 甘肃北山造山带类型及基本特征[J]. 西北地质, 35(3):28~34.
- 龚全胜, 刘明强, 梁明宏, 等. 2003. 北山造山带大地构造相及构造演化[J]. 西北地质, 36(1):11~17.
- 何世平, 任秉琛, 姚文光, 等. 2002. 甘肃内蒙古北山地区构造单元划分[J]. 西北地质, 35(4):30~40.
- 洪大卫, 王式洸, 谢锡林, 等. 2000. 兴蒙造山带正 $\epsilon\text{Nd}(t)$ 值花岗岩的成因和大陆地壳生长[J]. 地学前缘, 7(2):441~456.
- 江思宏, 聂凤军, 陈文, 等. 2003. 北山明水地区花岗岩时代的确定及其地质意义[J]. 岩石矿物学杂志, 22(2):107~111.
- 刘明强, 王建军, 代文军. 2006. 甘肃北山红石山地区马鞍山北花岗岩体的单颗粒锆石 U-Pb 年龄及地质意义[J]. 岩石矿物学杂志, 25(6):473~479.
- 刘明强, 王建军, 代文军, 等. 2005. 甘肃北山造山带红石山地区正 $\epsilon\text{Nd}(t)$ 花岗岩岩石的成因及地质意义[J]. 地质通报, 24(9):831~836.
- 裴先治, 王涛, 丁仁平, 等. 2003. 东秦岭商丹带北侧新元古代埃达克质花岗岩及其地质意义[J]. 中国地质, 30(4):372~381.
- 钱青. 2001. Adakite 的地球化学特征及成因[J]. 岩石矿物学杂志, 20(3):297~360.
- 王焰, 张旗, 钱青. 2000. 埃达克岩(adakite)的地球化学特征及其构造意义[J]. 地质科学, 35(2):251~256.
- 肖庆辉, 邓晋福, 马大铨, 等. 2002. 花岗岩研究思维与方法[M]. 北京地质出版社, 172~191.
- 张旗, 王焰, 刘红涛, 等. 2003. 中国埃达克岩的时空分布及其形成背景[J]. 地学前缘, 10(4):385~400.
- 张旗, 王焰, 刘伟, 等. 2002. 埃达克岩的特征及其意义[J]. 地质通报, 21(7):431~435.
- 张旗, 王焰, 钱青, 等. 2001. 中国东部燕山期埃达克岩的特征及其构造-成矿意义[J]. 岩石学报, 17(2):236~244.
- 朱弟成, 潘桂棠, 段丽萍, 等. 2003. 埃达克岩的研究的几个问题[J]. 西北地质, 36(2):13~19.

《岩石矿物学杂志》征订征稿启事

《岩石矿物学杂志》是由中国地质学会岩石学专业委员会、矿物学专业委员会、中国地质科学院地质研究所联合主办的学术性期刊, 属地质类全国中文核心期刊, 主要报道内容包括: 岩石学领域的专题性或区域性岩浆岩、变质岩、沉积岩的岩类学、岩理学、实验岩石学、宇宙岩石学、工艺岩石学等方面的基础理论和应用研究成果; 矿物学领域的描述矿物学、理论矿物学、材料矿物学、应用矿物学、宝玉石矿物学、环境矿物学、矿物药理学、矿相学、新矿物及矿物中包裹体等方面的研究成果; 与岩石学、矿物学有关的边缘交叉学科中的构造岩石学、岩石大地构造学、岩石地球化学、同位素年代学、同位素地球化学、岩石成矿学、环境地质学、煤岩学、储层地质学等方面的创造性和综合性研究成果; 岩石和矿物鉴定的新方法、新技术、新仪器; 与岩石学和矿物学有关的最新地质科技信息、研究动态、研究简报、问题讨论、书刊简介、会议简讯等。现设有专题研究、问题讨论、综述与进展、学术争鸣、环境矿物学、宝玉石矿物学、综合资料、方法与应用、新书介绍、简讯等栏目。

《岩石矿物学杂志》为双月刊, 逢单月25日出版, 全年订价150元, 邮发代号82-52, 热忱欢迎专业人士踊跃投稿, 同时欢迎新老读者继续订阅本刊。如误时漏订, 请直接与本刊编辑部联系。

地址: 北京西城区百万庄26号中国地质科学院地质所《岩石矿物学杂志》编辑部, 邮编: 100037; 电话: 010-68328475; E-mail: yskwzazhi@sohu.com。