

文章编号: 1000-6524(2003)03-0229-08

# 柴北缘早古生代岛弧火山岩中埃达克质英安岩的发现及其地质意义

史仁灯, 杨经绥, 吴才来

(中国地质科学院地质研究所大陆动力学实验室, 北京 100037)

**摘要:** 在柴达木北缘吉绿素滩间山群火山岩中发现埃达克质(adakitic)英安岩, 其主要地球化学特征如下:  $\text{SiO}_2$  63.7%~64.3%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  15.07%~15.27%,  $\text{MgO}$  3.47%~3.72%,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  0.14~0.25, Y和Yb含量较低, Y为  $17.82 \times 10^{-6}$ ~ $18.10 \times 10^{-6}$ , 平均  $17.96 \times 10^{-6}$ , Yb为  $1.47 \times 10^{-6}$ ~ $1.55 \times 10^{-6}$ , Sr含量较高, 为  $527 \times 10^{-6}$ ~ $537 \times 10^{-6}$ , 亏损HREE, 具弱负Eu和Sr异常。除MgO高于正常的埃达克岩外, 与世界上典型埃达克岩极为相似。据其地球化学研究结果并结合该区埃达克质英安岩( $514.2 \pm 8.5$  Ma)和榴辉岩( $494.6 \pm 6.5$  Ma)的年龄数据, 推测柴北缘板片在晚寒武世开始俯冲, 俯冲板片在75~85 km深处开始部分熔融形成埃达克质岩浆, 而熔融残留部分继续俯冲, 在早奥陶世形成含石榴石残留相的榴辉岩。柴北缘埃达克质英安岩的发现进一步证实了早古生代柴北缘发生过洋陆俯冲作用。

**关键词:** 埃达克质(adakitic); 英安岩; 榴辉岩; 板片俯冲; 早古生代; 柴北缘

**中图分类号:** P588.14<sup>+</sup>2; P542

**文献标识码:** A

## The discovery of adakitic dacite in Early Palaeozoic island arc volcanic rocks on the northern margin of Qaidam basin and its geological significance

SHI Ren\_deng, YANG Jing\_sui and WU Cai\_lai

(Laboratory of Continental Dynamics, Institute of Geology, CAGS, Beijing 100037, China)

**Abstract:** The dacite cropping out at Jilusu on the northern margin of Qaidam basin has lots of adakitic features:  $\text{SiO}_2$  63.7%~64.3%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  15.07%~15.27%,  $\text{MgO}$  3.47%~3.72%,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  ratio is about 0.14~0.25, Y and Yb are both low: Y is  $17.82 \times 10^{-6}$ ~ $18.10 \times 10^{-6}$ ,  $17.96 \times 10^{-6}$  on average, and Yb is  $1.47 \times 10^{-6}$ ~ $1.55 \times 10^{-6}$ , Sr is high ( $527 \times 10^{-6}$ ~ $537 \times 10^{-6}$ ), HREE is depleted and Eu and Sr negative anomalies are relatively weak, but the content of MgO is higher than that of the typical adakite in the world. Generally, the presence of adakite signifies the beginning of slab subduction. The age of adakitic dacite is about  $514.2 \pm 8.5$  Ma, and the age of eclogite from the northern margin of Qaidam basin is  $494.6 \pm 6.5$  Ma. Therefore, it is considered that the slab started its subduction in Late Cambrian, that the adakitic magma was formed at the subduction depth of about 75~85 km, and that the partial melting residues with garnet facies continued subducting

收稿日期: 2003-04-23; 修订日期: 2003-06-30

基金项目: 国家自然科学基金重大国际合作资助项目(49732070); 国土资源部国际合作和科技司“十五”重点资助项目(20010201); 国土资源部地质调查资助项目(DKD2001003)

作者简介: 史仁灯(1969-), 男, 副研究员, 主要从事青藏高原和造山带蛇绿岩及火山岩的研究工作, 电话: 010-68999716, E-mail: shirendeng@yeah.net; shirendeng@ccsd.org.cn.

and finally formed eclogite in Early Ordovician. The discovery of adakitic dacite confirms that ocean-continent subduction occurred in Early Palaeozoic on the northern margin of Qaidam basin.

**Key words:** adakitic; dacite; eclogite; slab subduction; Early Palaeozoic; northern margin of Qaidam basin

中国中部存在一条秦岭-大别-柴北缘-阿尔金的早古生代超高压变质带(杨经绥等, 2000), 在柴北缘地区与该超高压变质带伴生着一条东西向断续长约 600 km 的基性岩带, 产在早古生代滩间山群中。笔者曾在滩间山群中厘定出一套岛弧火山岩, 该岛弧火山岩以玄武岩类为主, 包括一些中酸性岩类, 岩石以普遍遭受绿片岩相蚀变为特征。火山岩单颗粒锆石 U-Pb 年龄为  $514.2 \pm 8.5$  Ma, 说明柴北缘在早古生代发生过洋壳向陆壳的俯冲作用(史仁灯等, 2003)。

一般认为俯冲板片在深部经脱水作用使其上的地幔楔发生部分熔融, 形成的玄武质岩浆直接上升至地表或地壳浅部, 或底侵至岛弧地壳底部, 加热下部地壳使之发生熔融作用形成中酸性岩浆, 喷出地表形成岛弧火山岩。这种中酸性岩浆一般形成于 20 ~ 40 km 的深度(邱家骧, 1985)。而 Defant 等(1990)认为具 MORB 性质的板片俯冲到 75~ 80 km 的深度也可以发生部分熔融直接形成中酸性岩浆, 这种中酸性岩浆结晶产物就是埃达克岩(adakite), 并认为其形成于岛弧环境, 源于热的俯冲板片部分熔融, 基性原岩的石榴石残留是形成埃达克岩的首要前提条件(Defant *et al.*, 1990, 1991, 1993), 即在板片俯冲过程中埃达克质熔体被抽取后的残留物形成榴辉岩或石榴石角闪岩。埃达克岩的出代表板块俯冲的开始(Defant *et al.*, 1990, 1991, 1993; 王焰等, 2000), 为研究俯冲带的岩浆活动与超高压变质岩(榴辉岩等)的形成提供新的模式。在柴北缘巨型超高压带东段的秦岭和北大别山已分别有埃达克质岩的报道(Xu Jifeng, 2000; 王强等, 2000)。近来, 笔者在柴北缘超高压带的西段滩间山群早古生代岛弧火山岩中发现了埃达克质英安岩。由于柴北缘地区陆续有榴辉岩发现(杨经绥等, 1998, 2000; 张雪亭等, 1999; 张建新等, 2000), 所以研究本区的埃达克质英安岩与榴辉岩在成因上的联系对认识柴北缘地区俯冲-碰撞动力学机制有重要意义。

## 1 区域地质背景

祁连山地块位于青藏高原东北部边缘, 北与阿

拉善地块相接, 西被阿尔金断裂所截, 南以柴达木盆地的北部边缘(柴北缘)为界。柴北缘段东起乌兰县, 西至阿拉山边的冷湖镇。沿该边界有一条宽 30 ~ 50 km 的山脉, 平行于盆地边缘展布, 自西而东分别由赛什腾山、绿梁山、镜铁山、全吉山、欧龙布拉克山等组成。带中主要为前寒武系、下古生界和上古生界夹一些侏罗-白垩纪地层(图 1), 其中下古生界中存在带状分布的超高压变质榴辉岩(杨经绥等, 1998, 2000, 2001, 2002; 张雪亭等, 1999; Zhang Jianxin, 2001)。该超高压变质带向西与南阿尔金早古生代超高压变质带相连(许志琴等, 1999; 张建新等, 2000, 2002), 向东与北秦岭早古生代超高压变质带相连(杨经绥等, 2002), 构成一条横贯东西的中国南北板块的早古生代界线(杨经绥等, 2000)。

滩间山群早古生代火山岩呈北西西-南东东向展布, 西起赛什腾山的吉绿素, 向东经双口山、锡铁山至都兰, 绵延约 600 km, 出露宽度 2~ 12 km(图 1)。火山岩带与元古宙达肯大坂群呈断层接触, 与上覆泥盆统、下石炭统、侏罗系、白垩系及第三系呈断层或高角度不整合接触。新发现的埃达克质英安岩就出露在吉绿素的滩间山群火山岩中(图 2), 出露宽度约 200 m, 与上部玄武岩为平行不整合接触, 界线明显, 并被后期花岗岩侵入。

## 2 埃达克质英安岩的基本特征

受蚀变影响, 柴北缘埃达克质英安岩呈灰绿色, 具块状构造, 斑状结构。斑晶主要是斜长石, 含有少量石英和角闪石, 斜长石斑晶粒径最大可达 1 cm。基质为全晶质, 主要由斜长石、角闪石、石英及一些不透明矿物组成。部分斜长石斑晶和基质中的斜长石发生钠黝帘石化。岩石化学成分测试结果见表 1, 扣除烧失量重新归一后的  $\text{SiO}_2$  含量为 63.7% ~ 64.3% ( $> 56\%$ ), 平均 64.0%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量为 15.07% ~ 15.27% ( $\geq 15\%$ );  $\text{MgO}$  为 3.47% ~ 3.72% (略大于 3% 而小于 6%);  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  值为 0.14~ 0.25 ( $< 0.5$ ); Y 和 Yb 含量均较低, Y 为  $17.82 \times 10^{-6}$  ~  $18.10 \times 10^{-6}$ , 平均  $17.96 \times 10^{-6}$  ( $< 18 \times 10^{-6}$ ), Yb 为  $1.47 \times 10^{-6}$  ~  $1.55 \times 10^{-6}$  ( $< 1.9 \times 10^{-6}$ ), Sr 含

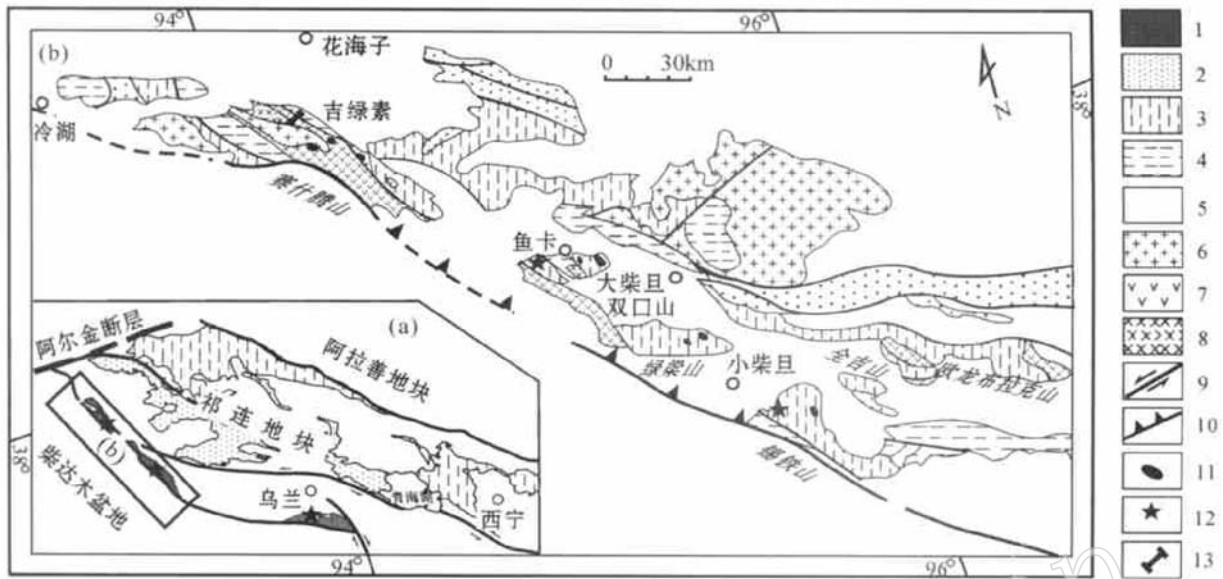


图 1 柴北缘超高压变质带中早古生代岛弧火山岩分布地质简图

Fig. 1 Schematic geological map showing the distribution of Early Paleozoic island arc volcanic rocks associated with the UHP metamorphic belt in northern Qaidam basin

1—超高压变质带; 2—前寒武系; 3—晚元古代达肯大坂群; 4—上古生界; 5—第四系; 6—花岗岩; 7—火山岩; 8—辉长岩; 9—走滑断层; 10—逆冲断层; 11—超基性岩; 12—榴辉岩; 13—取样剖面位置

1—UHP metamorphic belt; 2—Precambrian; 3—Late Proterozoic Dakendaban Group; 4—Upper Paleozoic; 5—Quaternary; 6—granite; 7—volcanic rocks; 8—gabbro; 9—strike slip fault; 10—thrust fault; 11—ultrabasic rocks; 12—eclogite; 13—section

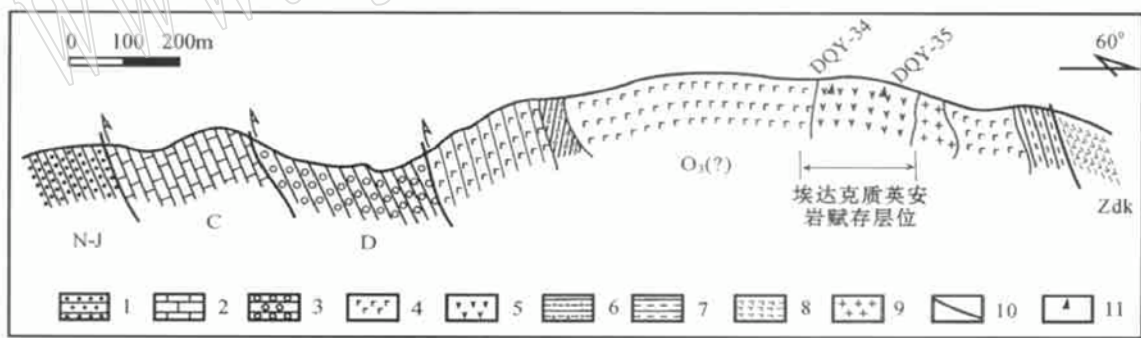


图 2 柴北缘早古生代岛弧火山岩中埃达克质英安岩的取样剖面图

Fig. 2 Geological section of Early Paleozoic island arc volcanic rocks in northern Qaidam basin

1—第三纪-侏罗纪砂、砾岩; 2—石炭纪灰岩; 3—泥盆纪磨拉石; 4—玄武岩; 5—埃达克质英安岩; 6—火山碎屑岩; 7—凝灰岩; 8—含榴辉岩的达肯大坂群片麻岩; 9—花岗岩; 10—断层; 11—取样位置

1—Neogene-Jurassic sandy conglomerate; 2—Carboniferous limestone; 3—Devonian molasse; 4—basalt; 5—adakitic dacite; 6—pyroclastic rock; 7—tuff; 8—eclogite-bearing gneiss in Dakendaban Group; 9—granite; 10—fault; 11—sampling location

量较高, 为  $527 \times 10^{-6} \sim 537 \times 10^{-6}$  ( $> 400 \times 10^{-6}$ ); Sr/Y、La/Yb 值较高, 分别为 29.6~29.7 和 25.5~27.0。

埃达克岩是一种中酸性火成岩, 包括安山岩、英安岩、流纹岩及相应的侵入岩, 最常见的矿物组合为

斜长石+角闪石±黑云母±辉石±不透明矿物, 化学成分特征为:  $SiO_2 > 56\%$ ;  $Al_2O_3$  含量较高, 一般  $> 15\%$ ; MgO 含量一般  $< 3\%$  (很少超过 6%); 一般富  $Na_2O$ , 其含量一般在 4% 左右;  $K_2O$  含量大多为 1%~2%,  $K_2O/Na_2O$  值小于 0.5。它与一般的碱性岩

表 1 柴北缘埃达克质英安岩的化学成分和特征值及其与世界典型埃达克质岩的对比

Table 1 Chemical composition and eigenvalues of the studied adakitic dacite and the typical adakites in the world

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI	Total
	<i>w<sub>B</sub>/ %</i>												
DQY_34	62.16	0.45	14.76	3.31	2.70	0.13	3.60	5.97	3.06	0.44	0.11	2.68	99.37
DQY_35	61.96	0.43	14.65	3.51	2.56	0.12	3.37	6.94	2.85	0.71	0.10	2.05	99.25
	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Tm	Yb	Lu	Y
	<i>w<sub>B</sub>/ 10<sup>-6</sup></i>												
DQY_34	39.74	71.28	23.79	4.25	0.97	3.90	0.55	2.69	0.55	0.21	1.47	0.26	18.10
DQY_35	39.58	68.64	24.37	4.13	1.15	3.69	0.45	2.74	0.52	0.23	1.55	0.26	17.82
	Rb	Sr	Ba	U	Th	V	Cr	Co	Ni	Zr	Hf	Nb	Ta
	<i>w<sub>B</sub>/ 10<sup>-6</sup></i>												
DQY_34	13.00	537.0	231.0	2.7	13.0	154.0	54.0	15.0	17.0	77.0	2.90	11.00	0.70
DQY_35	13.00	527.0	940.0	2.9	15.0	150.0	50.0	16.0	13.0	107.0	4.10	12.00	0.70
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Yb	Y	Sr	Cr	Ni	Co	V	<i>w(La)/</i>	<i>w(Sr)/</i>		
	<i>w<sub>B</sub>/ %</i>			<i>w<sub>B</sub>/ 10<sup>-6</sup></i>									
埃达克岩	> 56	> 15	< 1.9	< 18	> 400					> 10	20~ 40		
柴北缘英安岩	63.7~ 64.3	15.1~ 15.3	1.47~ 1.55	17.8~ 18.1	527~ 537	50~ 54	13~ 17	15~ 16	150~ 154	25.5~ 27.0	29.6~ 29.7		
NAVZ	62.0~ 67.0	16.1~ 17.2	0.80~ 1.54	8~ 17	463~ 608					29.43*	42.29*		
Reclus	65.8~ 67	16.6~ 16.8	0.99~ 1.20	9~ 12	532~ 545					18.79*	52.7*		
Cook Island	59.6~ 61.51	18.0~ 18.36	0.85~ 1.01	4~ 6	770~ 2003					32.9*	364.9*		
圣海伦斯山	56.9~ 66.9	17.7	1.18	12.1						10.5	41.2		
Mount Adams	56.0~ 76.3			29.6		20~ 100**	10~ 30**	20~ 30**	200~ 400**				14.5

NAVZ 为智利安第斯 Austral Volcanic Zone 火山中心北部的 Lautaro、Viedma、Aguilera 埃达克质安山岩和英安岩, 数据来源于 Stern and Killian (1996); Reclus 和 Cook Island 为智利 AVZ 南部的埃达克岩, 数据来源于 Stern and Killian (1996); 圣海伦斯山埃达克岩和 Mount Adams (美国北部西海岸的正常系列的岛弧火山岩) 数据来源于 Defant and Drummond (1993); 带\* 者为笔者根据原数据计算所得, \*\* 者为正常岛弧火山岩范围数据, 来源于赖绍聪等 (1996); 特征对比表中柴北缘埃达克质英安岩的主要氧化物为去掉烧失量后重新归一的数据; 化学成分测试在国土资源部国家地质测试中心完成, 主要元素用 XRF 法测定, 并用等离子光谱和化学法测定法互样和对比, 微量元素中的 V、Cr、Co、Ni、Sr、Zr、Nb、Ta、Hf、Ba、Th、U 等元素用 XRF 和酸溶等离子质谱 (ICP-MS) 法测定, 稀土元素用 ICP-MS 法测定, 其中 Nb、Ta、Zr、Hf 用碱溶法沉淀酸提取, 等离子质谱法测定。

不同, 与正常的岛弧 ADR (安山岩-英安岩-流纹岩) 相比, 典型埃达克岩亏损 HREE、Y 和 Yb,  $Y < 18 \times 10^{-6}$ ,  $Yb < 1.9 \times 10^{-6}$ , Sr 高, 大多数大于  $400 \times 10^{-6}$ , La/Yb 值大于 10, Sr/Y 值介于 20~40 之间, 一般具有正铕异常 (少数具有极弱负铕异常), 高场强元素 (HFSE) 如 Nb、Ta、Zr、Hf、Ti 和 P 含量相对较低, 其  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  初始比值与大部分岛弧环境的 ADR 一致, 常常小于 0.704 (Defant *et al.*, 1990)。

经对比发现, 本区英安岩的化学成分及其特征值与世界上典型埃达克岩极为相似, 而不同于正常的岛弧火山岩。在稀土元素配分模式图 (图 3) 上, 样

品明显亏损 HREE, 有非常弱负铕异常, 配分曲线落在南美洲智利安第斯 Austral Volcanic Zone (AVZ) 的北带埃达克岩 (NAVZ) 的范围内, 与 AVZ 带最南端 Cook 岛的埃达克岩较为相似。在  $\text{Mg}^{\#} - \text{SiO}_2$  (图 4)、 $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}} - \text{Yb}_{\text{N}}$  (图 5) 和  $\text{Sr}/\text{Y} - \text{Y}$  (图 6) 图解上, 该英安岩均落在埃达克质岩石范围内, 与南美洲智利的 NAVZ 埃达克岩极为一致。但是, 本区英安岩与正常埃达克岩相比, MgO 含量偏高, 一般认为这是由于板片熔体 (埃达克质熔体) 在上升过程中与地幔橄榄岩发生交换反应的结果。另有研究认为埃达克质熔体与地幔橄榄岩发生交换反应的深度也会



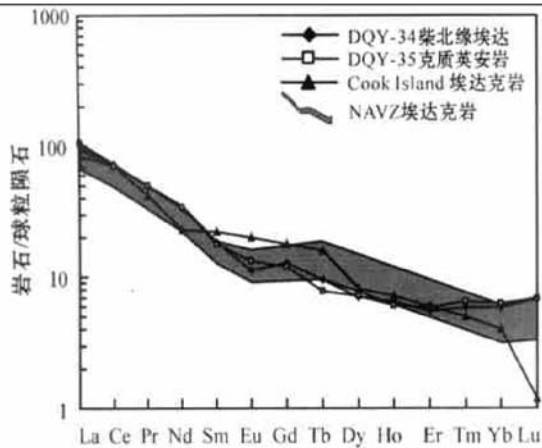


图 3 柴北缘埃达克质英安岩的稀土元素配分模式  
Fig. 3 Chondrite-normalized REE patterns of the adakitic dacite in northern Qaidam basin  
Cook Island 和 NAVZ 数据来源同表 1  
The data origin of Cook Island and NAVZ are same as those in Table 1

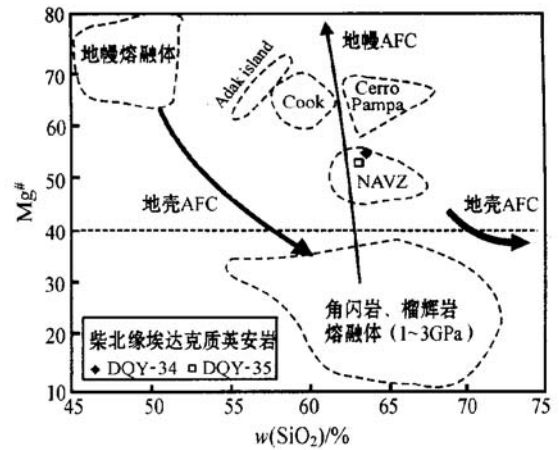


图 4 柴北缘埃达克质英安岩与世界典型埃达克岩的  $Mg^{\#} - SiO_2$  图 (据 Stern and Kilian, 1996)  
Fig. 4  $Mg^{\#} - SiO_2$  plot for the distribution of the adakitic dacite in northern Qaidam basin and the typical adakites in the world (after Stern and Kilian, 1996)

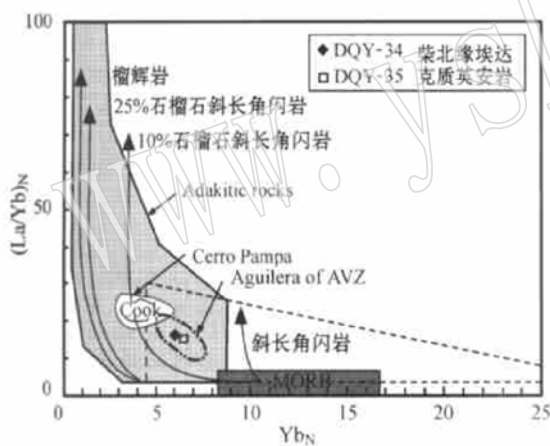


图 5 柴北缘埃达克质英安岩和世界典型埃达克岩的  $(La/Yb)_N - Yb_N$  图 (据 Defant and Drummond, 1990)  
Fig. 5  $(La/Yb)_N - Yb_N$  plot for the distribution of the adakitic dacite in northern Qaidam basin and the typical adakites in the world (after Defant and Drummond, 1990)

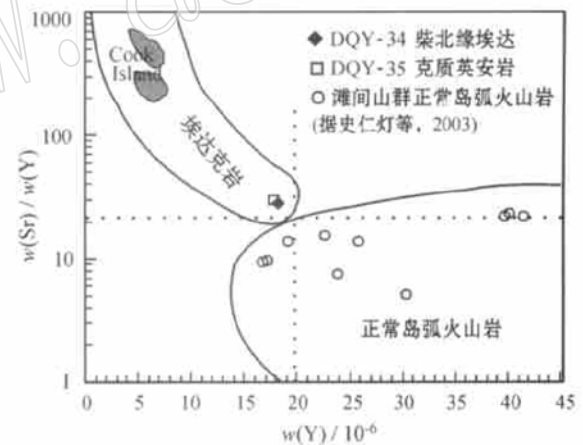


图 6 柴北缘埃达克质英安岩 Sr/Y - Y 图解 (据 Defant and Drummond, 1990)  
Fig. 6 Sr/Y - Y discrimination diagram of the adakitic dacite in northern Qaidam basin (after Defant and Drummond, 1990)

影响反应后熔体的成分差异：若在石榴石稳定区反应，反应后熔体具有正 Eu 和 Sr 异常；若在斜长石稳定区反应，反应后的熔体具有负 Eu 和 Sr 异常(王强等, 2001)。本区英安岩具有非常弱的负 Eu 和 Sr 异常，推测其与地幔橄榄岩发生交换反应的深度可能在斜长石稳定区。因此，柴北缘英安岩应为受到地幔橄榄岩混染的埃达克质岩，而且富 Na，属 O 型(张旗等, 2001) 或 I 型(王强等, 2001)。

### 3 地质意义

目前关于柴北缘加里东期构造环境归属问题的看法分歧较大，主要观点有优地槽说、大洋盆地说、弧后盆地说、岛弧环境说、古裂谷环境说等(赖绍聪等, 1996a, 1996b)。吉绿素早古生代岛弧火山岩中埃达克质英安岩的发现进一步证明了柴北缘在加里东期存在岛弧，并据此推测在柴北缘存在过洋盆。

自 Defant 等(1990)较为详细地论述了埃达克岩以来,这一新的岩石类型已引起国内外学者的广泛关注,并提出有关埃达克岩的多种形成机制,主要包括年轻的( $< 25 \text{ Ma}$ )热俯冲板片的部分熔融,古老的洋壳发生斜向俯冲,老的洋壳在俯冲开始阶段发生部分熔融,底侵玄武岩的部分熔融以及拆沉作用等 7 种机制(钱青, 2001),但总体上可归纳为 2 大类,一类与俯冲板片的消减作用有关,另一类与消减作用无关。与俯冲板片的消减作用有关形成的埃达克岩具有富 Na 的特点,称为 O 型(张旗等, 2001)或 I 型(王强等, 2001)。柴北缘的英安岩与埃达克岩具有相似的地球化学特征,而且  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  值为 0.14~0.25,是富 Na 质的,属 O 型或 I 型。一般富 Na 质的埃达克岩是形成于岛弧环境,由早期俯冲的大洋板片部分熔融所形成的火成岩。俯冲的板片在高压熔融过程中,随着熔融程度的加深,原岩中的斜长石消失,角闪石逐渐减少直至完全消失,石榴石则作为残留相存在于源区形成石榴石角闪岩或榴辉岩(图 7)。由于在角闪石、石榴石和单斜辉石中 Sr 的分配系数较低,分别为 0.058、0.015 和 0.2,而 Y 的分配系数较高,分别为 3.2、12.5、2.0,因此,熔融残留相中角闪石、石榴石和单斜辉石的存在导致熔体中强烈亏损 Y 和 Yb 而富集 Sr,所以形成的埃达克质岩浆具有高的 Sr/Y 和 La/Yb 值(Defant *et al.*, 1990)。在大洋板片俯冲过程中,由于埃达克质岩浆被抽取后的部分熔融残留物就地或继续俯冲到更深处形成榴

辉岩(Defant *et al.*, 1990; 王强等, 2000),因此,柴北缘埃达克质英安岩形成的同时可能会伴有高压超高压的变质作用,从而产生榴辉岩。

张建新等(2000)获得柴北缘榴辉岩的峰期变质年龄为  $494.6 \pm 6.5 \text{ Ma}$ ,同时认为榴辉岩具有过渡型 MORB 特征,其原岩可能是具有洋壳性质的玄武岩。由于埃达克岩的形成是板片开始俯冲的一种标志(Defant *et al.*, 1990; 王焰等, 2000),所以根据柴北缘埃达克质英安岩的形成年龄  $514.2 \pm 8.5 \text{ Ma}$ (史仁灯等, 2003)推测柴北缘至少在晚寒武世就已经开始发生俯冲作用,板片俯冲到一定的深度时发生部分熔融形成埃达克质英安岩,熔融残留部分就地或继续俯冲,在早奥陶世形成榴辉岩。有研究表明,埃达克岩形成的深度与俯冲板片的原岩成分以及水的活度有关:低钾 MORB 熔融形成石榴石+单斜辉石+角闪石的残留相,埃达克岩熔浆的压力为 1.8~2.2 GPa,相当于 60~70 km 深度(Peacock *et al.*, 1994);蚀变 MORB 部分熔融形成埃达克岩的深度为 75~85 km(Defant *et al.*, 1990, 1993);若残留相中存在斜长石,即残留相可能为麻粒岩,则埃达克岩形成的深度为 30 km(Sorensen, 1988; Wolde *et al.*, 1996)。而在柴北缘,由于榴辉岩的形成时代略晚于埃达克质英安岩,推测熔融残留相可能为榴辉岩(部分可能为石榴石角闪岩),所以柴北缘埃达克质英安岩形成的深度应为 75~85 km(图 7)。柴北缘埃达克质英安岩的发现及其与榴辉岩的关系,进一步证实了在早古生代柴北缘发生过洋陆俯冲作用(许志琴等, 1999, 2003; 史仁灯等, 2003)。

## 4 结 论

(1) 柴北缘存在富 Na 埃达克质英安岩(年龄为  $514.2 \pm 8.5 \text{ Ma}$ ),说明柴北缘在早古生代就开始发生洋陆俯冲;

(2) 柴北缘部分榴辉岩可能是当洋壳俯冲到 75~85 km 时由埃达克质熔浆被抽取后的残留物继续俯冲或就地而形成的。

## Reference

- Bonyton W V. 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies[A]. Henderson P. Rare Earth Element Geochemistry [C]. Elsevier, 63~114.
- Defant M J, Drummond M S. 1990. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere[J]. Nature,

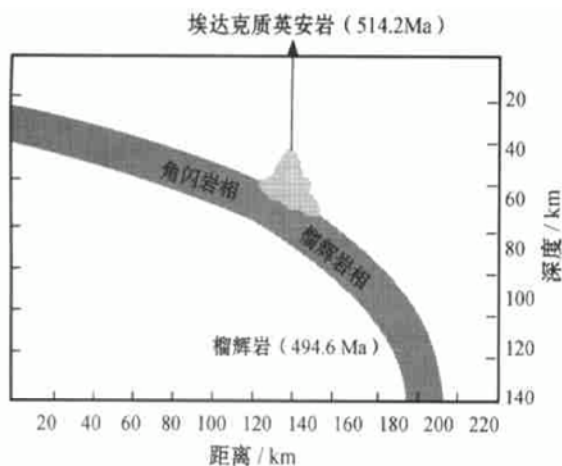


图 7 柴北缘埃达克质英安岩与榴辉岩的形成关系示意图(据 Defant and Drummond, 1990)

Fig. 7 Sketch map showing the relationship between adakitic dacite and eclogite in northern Qaidam basin (after Defant and Drummond, 1990)

- 347: 662~ 665.
- Defant M J, Drummond M S. 1993. Mount St. Helens: Potential example of the partial melting of the subducted lithosphere in a volcanic arc [J]. *Geology*, 21: 547~ 550.
- Defant M J, Richerson M, De Boer J Z, *et al.* 1991. Dacite genesis via both slab melting and differentiation: petrogenesis of La Yeguada volcanic complex [J]. *Panama J. Petrol.*, 32: 1 101~ 1 142.
- Lai Shaocong, Deng Jinfu, Zhao Hailing. 1996a. Paleozoic ophiolites and its tectonic significance on north margin of Qaidam basin [J]. *Geoscience, Journal of Graduate School, China University of Geosciences*, 10: 18~ 28 (in Chinese with English abstract).
- Lai Shaocong, Deng Jinfu, Zhao Hailing. 1996b. Volcanism and tectonic setting during Ordovician period on North margin of Qaidam [J]. *Journal of Xi'an College of Geology*, 18(3): 8~ 14 (in Chinese with English abstract).
- Peacock S M, Rushmer T, Thompson A B. 1994. Partial melting of subducting oceanic crust [J]. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 121: 227~ 244.
- Qian Qing. 2001. Adakite: Geochemical characteristics and genesis [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 20(3): 297~ 306 (in Chinese with English abstract).
- Qiu Jiaxiang. 1985. *Petrology of Igneous [M]*. Beijing: Geological Publishing House, 275 (in Chinese).
- Shi Rendeng, Yang Jingsui, Wu Cailai. 2003. Island arc volcanic rocks in the North Qaidam UHP Belt, northern Tibet Plateau [J]. *Acta Geological Sinica*, 77(4) (waiting for publishing, in Chinese with English abstract).
- Sorensen S S. 1983. Petrology of amphibolite facies mafic and ultramafic rocks from Catalina schist, southern California metamorphism and magmatism in a subduction zone metamorphic setting [J]. *J. Metamorph. Geol.*, 6: 405~ 435.
- Stern C R, Killian R. 1996. Role of the subduction slab, mantle wedge and continental crust in the generation of adakites from the Andean Austral Volcanic Zone [J]. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 123: 263~ 281.
- Wang Qiang, Xu Jifeng, Wang Jianxin, *et al.* 2000. The recognition of adakite type gneisses in the North Dabie Mountains and the relationship between them and ultrahigh pressure metamorphism [J]. *Chinese Science Bulletin*, 46(10): 1 017~ 1 024.
- Wang Qiang, Xu Jifeng, Zhao Zhenhua. 2001. The summary and comment on research on a new kind of igneous rock—adakite [J]. *Advance in Earth Sciences*, 16(2): 201~ 208 (in Chinese with English abstract).
- Wang Yan, Zhang Qi, Qian Qing. 2000. Adakite: geochemical characteristics and tectonic significances [J]. *Scientia Geological Sinica*, 35(2): 251~ 256 (in Chinese with English abstract).
- Wolde B, Gore Gambella Geotraverse Team. 1996. Tonalite - trondhjemite - granite genesis by partial melting of newly underplated basaltic crust: an example from the Neoproterozoic Birbir magmatic arc, western Ethiopia [J]. *Precambrian Research*, 76: 3~ 14.
- Xu Jifeng, Wang Qiang, Yu Xueyuan. 2000. Geochemistry of high Mg andesites and adakitic andesite from the Sanchazi block of the Mian-Lu ophiolitic mélange in the Qinling Mountains, central China: Evidence of partial melting of the subducted Paleoproterozoic crust [J]. *J. Geochem.*, 34: 359~ 377.
- Xu Zhiqin, Yang Jingsui, Wu Cailai, *et al.* 2003. Timing and mechanism of formation and exhumation of the Qaidam ultra-pressure metamorphic belt [J]. *Acta Geologica Sinica*, 77(2): 163~ 176 (in Chinese with English abstract).
- Xu Zhiqin, Yang Jingsui, Zhang Jianxin, *et al.* 1999. A comparison between the tectonic units on the two sides of the Altun sinistral strike-slip fault and the mechanism of lithospheric shearing [J]. *Acta Geological Sinica*, 73(3): 193~ 205 (in Chinese with English abstract).
- Yang Jingsui, Song Shuguang, Xu Zhiqin, *et al.* 2001. Discovery of eclogite in the North Qaidam basin Paleozoic ultrahigh pressure (UHP/HP) metamorphic belt, NW China [J]. *Acta Geological Sinica*, 5(2): 175~ 179 (in Chinese with English abstract).
- Yang Jingsui, Xu Zhiqin, Li Haibin, *et al.* 1998. Discovery of eclogite at northern margin of Qaidam basin, NW China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 43: 1 755~ 1 760.
- Yang Jingsui, Xu Zhiqin, Pei Xianzhi, *et al.* 2002. Discovery of diamond in North Qinling: Evidence for a giant UHP belt across Central China and recognition of Paleozoic and Mesozoic dual deep subduction [J]. *Acta Geological Sinica*, 76(4): 484~ 493 (in Chinese with English abstract).
- Yang Jingsui, Xu Zhiqin, Song Shuguang, *et al.* 2000. Discovery of eclogite in Dulan, Qinghai Province and its significance for studying the HP-UHP metamorphic belt along the central orogenic belt of China [J]. *Acta Geological Sinica*, 74(2): 156~ 168 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Jianxin, Yang Jingsui, Xu Zhiqin, *et al.* 2002. Evidence for UHP metamorphism of eclogites from the Altun Mountains [J]. *Chinese Science Bulletin*, 47(9): 751~ 755.
- Zhang Jianxin, Yang Jingsui, Xu Zhiqin, *et al.* 2000. Peak and retrograde age of eclogites at the northern margin of Qaidam basin, Northwestern China: Evidences from U-Pb and Ar-Ar dates [J]. *Geochimica*, 29(3): 217~ 222 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Jianxin, Zhang Zeming, Xu Zhiqin, *et al.* 2001. Petrological and geochronology of eclogites from the western segment of the Altun Tagh, northwestern China [J]. *Lithos*, 56(2~ 3): 189~ 208.
- 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).
- Zhang Xueting, Lu Huiqing, Cheng Zhengxing, *et al.* 1999. Discovery of high-pressure metamorphic rocks of eclogite facies in Shaliu area of the North margin orogenic belt of Qaidam basin and its preliminary study [J]. *Qinghai Geology*, 8(2): 1~ 13 (in Chinese with English abstract).

## 附中文参考文献

赖绍聪, 邓晋福, 赵海玲. 1996a. 柴达木北缘古生代蛇绿岩及其构

- 造意义[J]. 现代地质, 10(1): 18~ 28.
- 赖绍聪, 邓晋福, 赵海玲. 1996b. 柴达木北缘奥陶纪火山作用与构造机制[J]. 西安地质学院学报, 18(3): 8~ 14.
- 钱青. 2001. Adakite 地球化学特征及成因[J]. 岩石矿物学杂志, 20(3): 297~ 306.
- 邱家骧. 1985. 岩浆岩岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 275.
- 史仁灯, 杨经绥, 吴才来. 2003. 柴北缘超高压变质带中岛弧火山岩[J]. 地质学报, 77(4) (待刊).
- 王强, 许继峰, 赵振华. 2001. 一种新的火成岩——埃达克岩的研究综述[J]. 地球科学进展, 16(2): 201~ 208.
- 王强, 许继峰, 王建新, 等. 2000. 北大别山 adakite 型灰色片麻岩的确定及其与超高压变质作用的关系[J]. 科学通报, 45(10): 1017~ 1024.
- 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.
- 许志琴, 杨经绥, 吴才来, 等. 2003. 柴达木北缘超高压变质带形成与折返的时限及机制[J]. 地质学报, 77(2): 163~ 176.
- 许志琴, 杨经绥, 张建新, 等. 1999. 阿尔金两侧构造单元的对比及岩石圈剪切作用[J]. 地质学报, 73(3): 193~ 205.
- 杨经绥, 许志琴, 李海兵, 等. 1998. 我国西部柴北缘地区发现榴辉岩[J]. 科学通报, 43: 1544~ 1548.
- 杨经绥, 许志琴, 裴先治, 等. 2002. 秦岭发现金刚石: 横贯中国中部巨型超高压变质带新证据及古生代和中生代两期深俯冲作用的识别[J]. 地质学报, 76(4): 484~ 493.
- 杨经绥, 许志琴, 宋述光, 等. 2000. 青海都兰榴辉岩的发现及对中国中央造山带内高压-超高压变质带研究的意义[J]. 地质学报, 74(2): 156~ 168.
- 杨经绥, 宋述光, 许志琴, 等. 2001. 柴达木盆地北缘早古生代高压-超高压变质带中发现典型超高压矿物——柯石英[J]. 地质学报, 75(2): 175~ 179.
- 张建新, 杨经绥, 许志琴, 等. 2000. 柴北缘榴辉岩的峰期和退变质年龄: 来自 U\_Pb 及 Ar\_Ar 同位素测定的证据[J]. 地球化学, 29(3): 217~ 222.
- 张建新, 杨经绥, 许志琴, 等. 2002. 阿尔金榴辉岩中超高压变质作用证据[J]. 科学通报, 47(3): 231~ 234.
- 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.
- 张雪亭, 余惠庆, 陈正兴, 等. 1999. 柴北缘造山带沙柳河地区榴辉岩相高压变质岩石的发现及初步研究[J]. 青海地质, (2): 1~ 13.

## 中国地质学会第六届岩石专业委员会组建工作完成

在上一届岩石专业委员会主任委员沈其韩院士的推荐下, 经中国地质学会理事会批准, 中国地质学会岩石专业委员会新一届(第六届)委员会于 2003 年初完成组建。上一届主任委员沈其韩院士、秘书长王碧香研究员及委员们对新一届委员会的组建工作予以很大的支持, 并付出了辛勤的劳动, 在此向他们表示衷心的感谢。

中国地质学会第六届岩石专业委员会下设 4 个学科: ①基性超基性岩学科, 召集人为夏林圻、赖绍聪; ②火山岩学科, 召集人为樊祺诚、毛建仁; ③花岗岩学科, 召集人为侯增谦、徐夕生; ④变质岩学科, 召集人为卢良兆、耿元生。

中国地质学会第六届岩石专业委员会组成人员名单如下:

主任: 杨经绥

副主任: (按姓氏笔划排序): 卢良兆 吴才来 侯增谦 夏林圻 徐夕生 耿元生 樊祺诚

秘书长: 吴才来(兼)

副秘书长: (按姓氏笔划排序): 于海峰 方同辉 杜杨松 林锦荣 骆华宝 郭敬辉

委员: (按姓氏笔划排序)

于海峰 方同辉 毛建仁 王郁 王永敏 王士元 丘志力 卢良兆 孙世华 庄建民 庄育勋 齐金忠 吴建明  
 吴国强 吴才来 宋复梅 宋玉国 张立飞 张泽明 张光亚 杜杨松 杨经绥 杨晓勇 苏春乾 邸素梅 陈洪德  
 周汉文 林锦荣 郑春岐 侯增谦 姚玉鹏 骆华宝 夏林圻 徐夕生 徐高中 徐义刚 耿元生 郭敬辉 高子英  
 黄智龙 黄凯芬 黄浩 彭勇民 谢才富 赖绍聪 熊先孝 樊祺诚

中国地质学会第六届岩石专业委员会通讯地址: 北京市西城区百万庄大街 26 号中国地质科学院地质所, 邮编 100037, 联系方式: 杨经绥, 电话 010-68999698, E\_mail: yangjsui@ccsd.org.cn; 吴才来, 电话 010-68994896, E\_mail: wucailai@ccsd.org.cn; 郜源红(办公室), 电话 010-68997802, 传真 010-68994782, E\_mail: gaoyuanhong@ccsd.org.cn。

中国地质学会第六届岩石专业委员会 供稿

2003 年 6 月