

# 新疆南天山盲起苏晚石炭世侵入岩的确定及对南天山洋盆闭合时限的限定\*

朱志新<sup>1,2</sup> 李锦轶<sup>3</sup> 董连慧<sup>4</sup> 张晓帆<sup>1</sup> 胡建卫<sup>4</sup> 王克卓<sup>2</sup>

ZHU ZhiXing<sup>1,2</sup>, LI JinYi<sup>3</sup>, DONG LianHui<sup>4</sup>, ZHANG XiaoFan<sup>1</sup>, HU JianWei<sup>4</sup> and WANG KeZhuo<sup>2</sup>

1. 新疆大学, 乌鲁木齐 830000

2. 新疆地调院, 乌鲁木齐 830011

3. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037

4. 新疆地矿局, 乌鲁木齐 830011

1. University of Xinjiang, Urumqi 830000, China

2. Geological Research Academy of Xinjiang, Urumqi 830011, China

3. Institute of Geology, CAGS, Beijing 100037, China

4. BGMRED of Xinjiang, Urumqi 830011, China

2008-07-23 收稿, 2008-09-08 改回.

Zhu ZX, Li JY, Dong LH, Zhang XF, Hu JW and Wang KZ. 2008. The age determination of Late Carboniferous intrusions in Mangqisu region and its constraints to the closure of oceanic basin in South Tianshan, Xinjiang. *Acta Petrologica Sinica*, 24 (12): 2761-2766

**Abstract** Granodiorite dominated Mangqisu intrusions in the middle of Erben Mountains of South Tianshan was regarded as Devonian product previously. The authors dated the intrusions using zircon SHRIMP U-Pb approach, which yielded two ages of  $296.9 \pm 5.4$  Ma and  $304.2 \pm 11.6$  Ma. The intrusions also have characteristics of metaluminous and peraluminous syn-collision granite petrology. Coupled with the data of post orogenic k-rich granites in Permian and other regional geological data, the authors proposed the South Tianshan Paleozoic oceanic basin have been closed in Late Carboniferous.

**Key words** Mangqisu Intrusions; SHRIMP; Syn-collision; Oceanic Basin Closure

**摘要** 南天山额尔宾山中部出露的盲起苏侵入岩主要由花岗闪长岩组成, 前人认为是泥盆纪产物, 对其中锆石进行 SHRIMP 定年, 获得侵入岩形成年龄  $296.9 \pm 5.4$  Ma 和  $304.2 \pm 11.6$  Ma。其岩石学具有偏铝和过铝同碰撞花岗岩的特征, 结合该带二叠纪后造山花岗岩及其它方面的区域资料, 从而提出南天山古生代洋盆的闭合时限为晚石炭世。

**关键词** 盲起苏侵入岩; SHRIMP; 同碰撞; 洋盆闭合时限

中图法分类号 P588.122; P597.3

西南天山的地质研究一直是中亚成矿域研究的热点, 尤其是最近几年, 随着我国矿业部门在中亚成矿域加大了矿产资源勘查工作的力度, 大大促进了地质矿产资源研究的进展, 取得了大量研究成果 (李锦轶等, 2006; 高峻等, 2006; 朱永峰等, 2007a, b; 朱永峰, 2007)。南天山造山带位于天山山脉南部, 在中亚地区, 呈北西走向、向南西凸出的弧形, 在中

国境内呈近东西走向、向北凸出的弧形, 主要由哈尔克山、额尔宾山、虎拉山等组成。该带主要由古生代陆缘岩系和洋的残余组成。出露较少的花岗岩质侵入岩。额尔宾山位于南天山中段腹地, 北以乌瓦门断裂为界与巴仑台地块相邻, 南以开都河与虎拉山分开, 东西分别与巴音布鲁克、焉耆盆地相连, 地势总体北高南低, 西高东低, 中部高东西两侧低, 主

\* “十一五”国家科技支撑计划重点项目 (编号 2006BAB07B08-2)、973 项目 (2007CB411306) 资助成果。

第一作者简介: 朱志新, 男, 博士, 高级工程师, 从事区域地质研究, E-mail: zhuzhixin8888@163.com

要以中高山为主,地形切割较强,山顶宽广平坦。其中和静一带盲起苏侵入岩为该带中出露的主要侵入体,前人对其形成时代和构造背景研究较少,本文通过对其精确定年及其构造背景的研究,对古生代南天山洋盆的闭合时限进行了讨论。

## 1 区域地质背景

额尔宾山为南天山古生代造山带的一个重要组成部分,岩石组成主要以古生代陆源碎屑岩、碳酸盐岩为主,其中以泥盆纪地层占主体。在东部有少量的晚志留统,在西北角有少量的震旦纪冰碛砾岩和砂泥岩出露。在开都河两侧一带发育较多的早泥盆世中基性钙碱性火山岩。岩层均已浅变质,变质变形总体北强南弱,构造样式从山系中部向南北两侧总体为一正扇形。从北向南额尔宾山可分为巴仑台地块、额尔宾山古生代北缘增生楔、额尔宾山弧前增生带、库勒湖一大山口水电站火山岛弧等(图1A)。额尔宾山盲起苏石炭纪侵入岩侵位于额尔宾山弧前增生杂岩带中。组成额尔宾山弧前增生杂岩的陆源碎屑岩为泥盆纪地层,从下泥盆统到上泥盆统均有出露,下泥盆统在该带占主体,岩石组合主要为一套细碎屑岩夹碳酸盐岩,下部与早古生代地层阿尔皮什布拉克组为整合过渡关系,其上被萨尔明组角度不整合覆盖或为断层接触。

## 2 样品采集位置及样品特征

盲起苏侵入体分布于额尔宾山中部地区,由巨大岩基出露于盲起苏至哈尔萨拉一带,近东西向展布。岩体南界面平直,向北陡倾;北界面略有弯曲,向北倾。岩体侵入泥盆纪地层中,围岩为一套陆源碎屑沉积岩,岩体围岩残留体及捕房

体较多,接触带围岩蚀变较强,发育角岩化、砂卡岩化、硅化、大理岩化等。岩性主要有中细粒花岗闪长岩、中粗粒花岗闪长岩、中粗粒似斑状花岗闪长岩等。该岩体时代一直认为是泥盆纪侵入岩,作者对该岩体中细粒花岗闪长岩、似斑状中粗粒花岗闪长岩中分别取锆石 U-Pb SHRIMP 同位素年龄样 ST04、ST06(图1B)。

所采样品为灰白色细中粒花岗闪长岩和似斑状中粗粒花岗闪长岩,细中粒花岗和似斑状结构,块状构造。岩石由钾长石 10%、斜长石 54%、石英 25%、黑云母 10%、白云母 1% 组成,另有微量磷灰石。

## 3 样品测试与结果分析

锆石由中国地质科学院实验室按照常规方法分选,然后在双目镜下进一步选出测年的锆石颗粒,与标样一起置于环氧树脂做成的样品靶,将靶上锆石磨至一半,使锆石内部暴露,接着进行锆石透射、反射光的照射和分析,抛光、清洗、镀金,然后进行 SHRIMP 分析。在锆石的阴极发光图像(图2)中,锆石大部分呈短柱状,晶形比较完整,环带发育,均具典型的岩浆成因锆石的特征。

锆石的 SHRIMP 分析在北京离子探针中心 SHRIMP II 上进行。使用的标准锆石为 SL13(铀含量  $238 \times 10^{-6}$ , 年龄为 572Ma)和 TEM(年龄为 417Ma),前者用于标定 U、Th 和 Pb 的含量,后者用于校正年龄。TEM 和未知样品的分析按照 1:3 进行,其成果见表 1 和图 3。表 1 中显示似斑状花岗闪长岩 11 个样中有 9 个点年龄较集中,9 个点加权年龄为  $296.9 \pm 5.4$ Ma,而另 2 个点年龄较大,通过对锆石晶形的研究,判断为捕获锆石,其中有一个锆石年龄达到 1608Ma,说明来自古老的结晶基底;中细粒花岗闪长岩的 5 个点的年龄都比较集中,其加权年龄为  $304.2 \pm 11.6$ Ma。总的来说,盲起苏岩体侵入时代为晚石炭—早二叠世。

## 4 盲起苏侵入岩构造属性

盲起苏侵入体镜下定名均为花岗闪长岩,仅是岩石结构有所变化,有中粗粒、细粒及似斑状等,说明均为同源演化,只是先后结晶的问题,岩石中普遍含有白云母,为确定其形成构造背景,我们在该岩体中采了 5 个岩石化学样,由中国地科院测试中心完成,其常量元素、稀土元素、微量元素成果见表 2。从表 2 中可以看出,  $\text{SiO}_2$  含量在 68.17% ~ 73.54% 间,均为酸性岩,  $\sigma$  在 1.75 ~ 2.44 间,为钙碱性岩系。A/NKC 大部分在 1.0 ~ 1.2 间,为偏铝和过铝质的,钾钠和在 6.49% ~ 8.28% 间,基本为高钾。稀土元素总量变化较大,  $\Sigma\text{REE}$  在  $56.8 \times 10^{-6}$  ~  $141.1 \times 10^{-6}$  间,稀土配分型式为轻稀土富集、重稀土平坦(图 4 左),Eu 略负异常,其分配型式和壳源的相似。微量元素蛛网图中显示具有 Sr、P、Ti、Nb 的亏损(图 4 右)。

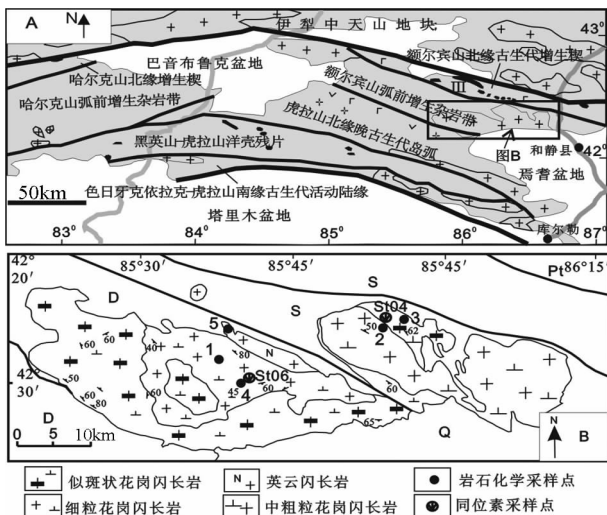


图 1 研究区大地构造位置(A)及采样位置图(B)

Fig. 1 Tectonic geological (A) and sample distributing (B) map of the studied area

表1 ST06-6和ST06-4锆石SHRIMP U-Pb年龄结果

Table 1 The zircon SHRIMP dating results for samples of ST06-6 and ST06-4

点号	U ( $\times 10^{-6}$ )	Th ( $\times 10^{-6}$ )	$\frac{^{232}\text{Th}}{^{238}\text{U}}$	Pb ( $\times 10^{-6}$ )	$^{206}\text{Pb}_c$ %	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	误差 %	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	误差 %	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	误差 %	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ 年龄/Ma	误差 $\pm$ Ma
ST06-6-1	109	116	1.10	26.6	0.41	0.1212	2.0	4.73	2.7	0.2833	1.8	1,608	26
ST06-6-2	738	44	0.06	29.4	0.41	0.0518	2.8	0.329	3.3	0.04612	1.7	290.6	4.8
ST06-6-3	2222	169	0.08	90.2	0.14	0.05193	0.80	0.3377	1.8	0.04716	1.6	297.1	4.8
ST06-6-4	2734	202	0.08	108	0.24	0.05130	0.90	0.3255	1.9	0.04601	1.6	290.0	4.7
ST06-6-5	904	29	0.03	38.0	0.26	0.05203	1.3	0.3500	2.1	0.04879	1.7	307.1	5.0
ST06-6-6	7710	87	0.01	324	0.54	0.05131	1.1	0.3444	1.9	0.04867	1.6	306.4	4.9
ST06-6-7	2871	170	0.06	115	0.14	0.05208	0.74	0.3336	1.8	0.04646	1.6	292.7	4.7
ST06-6-8	2170	88	0.04	90.4	0.08	0.05214	0.71	0.3482	1.8	0.04844	1.6	304.9	4.9
ST06-6-9	354	251	0.73	14.2	1.00	0.0495	4.7	0.315	5.0	0.04616	1.7	290.9	4.9
ST06-6-10	1511	54	0.04	60.6	0.16	0.05249	1.1	0.3375	2.0	0.04662	1.7	293.8	4.7
ST06-6-11	322	271	0.87	19.3	0.17	0.05586	1.5	0.5364	1.7	0.06964	0.69	434.0	2.9
ST06-4-1	432	309	0.74	18.1	0.45	0.0529	3.5	0.353	3.6	0.04804	0.65	304.8	2.0
ST06-4-2	1033	712	0.71	43.1	0.34	0.05174	1.5	0.3455	1.7	0.04871	0.58	304.9	1.8
ST06-4-3	510	355	0.72	21.1	0.23	0.0523	2.6	0.3466	2.6	0.04795	0.61	302.8	1.8
ST06-4-4	652	452	0.72	26.7	0.33	0.05189	1.6	0.3404	1.7	0.04750	0.56	299.6	1.7
ST06-4-5	763	384	0.52	30.8	0.49	0.05083	1.8	0.3277	1.9	0.04673	0.55	294.5	1.6

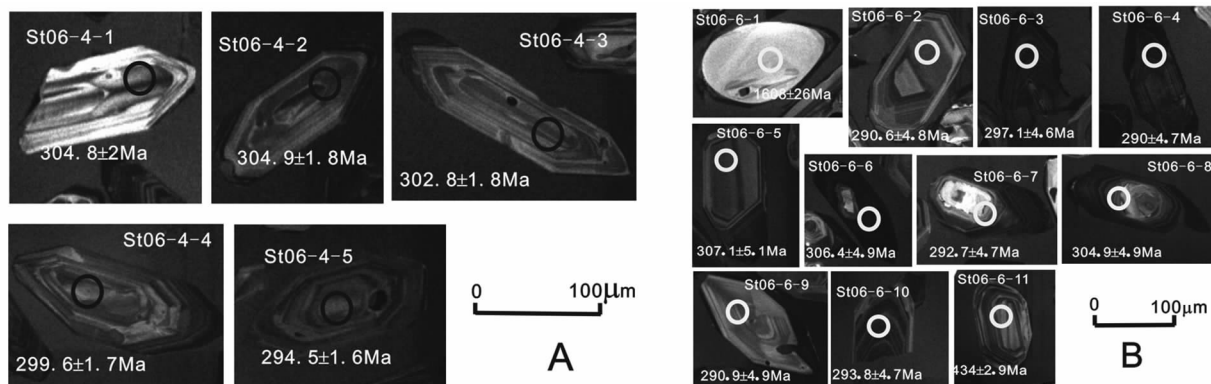
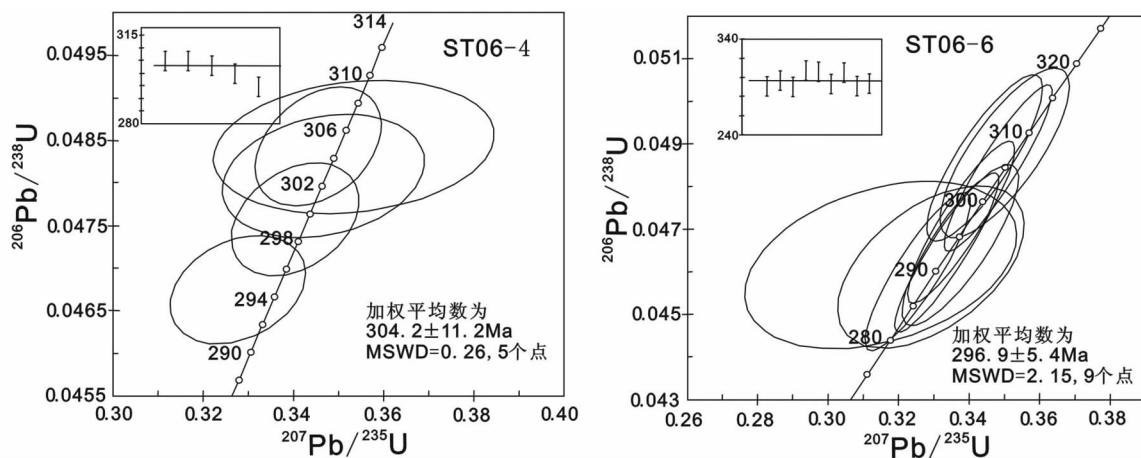


图2 ST06-4、-6锆石阴极发光图像

Fig. 2 Zircon CL images of sample ST06-4、-6

图3 ST06-4、-6 SHRIMP  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  谐和图Fig. 3 Zircon SHRIMP ST06-4、-6  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  diagram

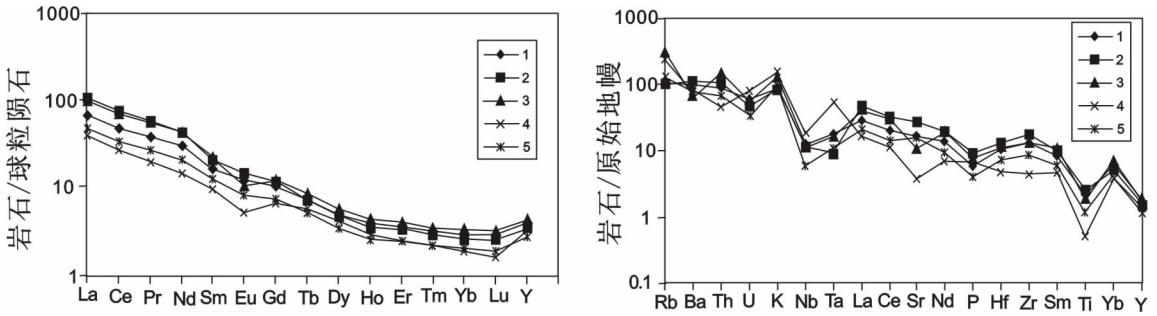


图4 盲起苏侵入岩稀土(标准值据 Taylor and McLennan, 1985)、微量元素(标准值据 Wood *et al.*, 1979)配分型式  
Fig. 4 REE pattern (The normalized values are based on Taylor and McLennan, 1985) and trace element web diagram (The normalized values are based on Wood *et al.*, 1979) of intrusions at Mangqisu

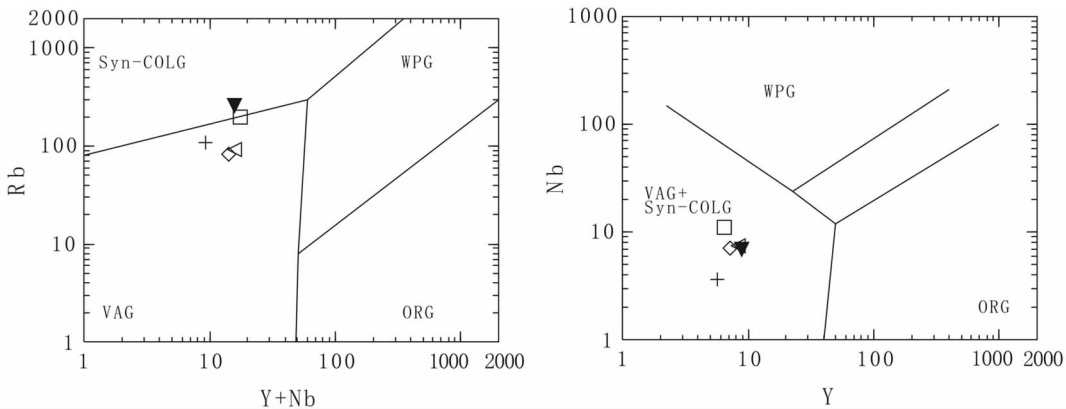


图5 盲起苏侵入岩微量元素构造判别图解(原图据 Pearce *et al.*, 1984)

VAG-火山弧花岗岩;WPG-板内花岗岩;S-COLG-同碰撞花岗岩;ORG-洋中脊花岗岩

Fig. 5 Trace element tectonic discrimination of intrusions at Mangqisu (After Pearce *et al.*, 1984)

从以上可以看出盲起苏侵入岩为钙碱性的偏铝和过铝质的正常大陆弧花岗岩,在微量元素图解中均投入火山弧和同碰撞花岗岩区(图5),在R1-R2图解中也投入同碰撞花岗岩区(图略)。可以看出盲起苏侵入岩为与造山有关的火山弧花岗岩和同碰撞花岗岩。

## 5 讨论

有关天山花岗岩的研究最近取得一些进展(杨天南等, 2006;朱永峰和宋彪, 2006a;张成立等, 2007;王超等, 2007;王博等, 2007;朱志新等, 2006a, b; Zhu *et al.*, 2007),晚古生代的花岗岩均侵入到晚泥盆世—早石炭世的岛弧火山沉积岩中(即“大哈拉军山组”),该套火山—沉积岩中的火山熔岩形成的时代宽度巨大(>50Ma, Zhu *et al.*, 2006;朱永峰等, 2005;朱永峰等, 2006b)而被解体为晚泥盆世特克斯达坂组、早石炭世大哈拉军山组和晚石炭世拉尔敦达坂组(朱永峰等, 2006a)。在早石炭纪晚期,南天山古洋盆进入那拉提山和虎拉山南北两个洋盆的演化阶段,南天山南缘洋盆和北缘

洋盆进一步俯冲,沉积盆地的性质多转变为残余盆地。从那拉提山一带早石炭世的阿克砂克组角度不整合在早石炭世的大哈拉军山组之上,表明,南天山北缘洋盆进入残余洋盆演化阶段,从现有资料来看南天山晚古生代北缘洋盆可能要较南天山南缘洋盆闭合早些时间,在那拉提一带,残余洋盆演化到早石炭纪阿克砂克组就结束了,最近据有关资料显示在特克斯南残余洋盆有演化到早二叠纪的海相化石证据,但是从同碰撞花岗岩和后造山花岗岩来看,那拉提山一带  $333 \pm 9\text{Ma}$  的二长花岗岩①、 $296 \pm 31\text{Ma}$  的花岗闪长岩②的同碰撞花岗岩,那拉提山—库米什一线  $339.7\text{Ma}$  的斜长花岗岩、 $355.1\text{Ma}$  黑云母花岗岩代表同碰撞型花岗岩带(肖序常等, 1990)等都可能是该时期同碰撞事件的产物。

南天山哈尔克山虎拉山一带的早石炭世的野云沟组与其之前的古生代地层的区域性不整合,表明南缘洋盆至早石

① 杨中柱等. 2005. 新疆昭苏县喀拉苏一带 1:5 万区域地质矿产调查报告

② 王世新等. 2005. 新疆特克斯县科克苏南一带 1:5 万区域地质矿产调查报告

表2 盲起苏侵入岩岩石化学成果(常量元素: wt%)、微量元素:  $\times 10^{-6}$ )Table 2 The representative compositions of the Mangqisu intrusions(Major: wt%, Trace:  $\times 10^{-6}$ )

	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub>	72.62	71.91	73.48	74.18	62.39
TiO <sub>2</sub>	0.30	0.28	0.25	0.13	0.88
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.01	14.28	13.42	13.63	9.86
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.26	0.33	0.34	0.43	0.97
FeO	1.46	1.55	1.21	0.70	4.00
MnO	0.02	0.03	0.03	0.03	0.07
MgO	0.86	1.08	1.07	0.51	2.62
CaO	1.32	1.33	1.50	1.20	4.64
Na <sub>2</sub> O	3.17	3.515	3.36	3.80	3.985
K <sub>2</sub> O	4.83	4.645	4.56	4.43	2.51
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.11	0.10	0.09	0.08	0.18
$\sigma$	2.16	2.3	2.05	2.17	2.3
A/NKC	1.09	1.08	1.02	1.03	0.56
Rb	93.3	81.9	256	196	107
Sr	370	615	239	84.6	348
Ba	719	829	514	634	559
Nb	7.51	7.09	6.86	11.1	3.63
Ta	0.74	0.39	0.69	2.35	0.46
Zr	143	189	142	48.70	91.10
Hf	3.73	4.71	3.90	1.60	2.56
Th	8.58	10.1	13.40	4.40	6.41
U	1.56	1.25	1.54	2.07	0.91
La	20.1	32.40	29.30	11.80	14.60
Ce	37.5	58.9	55.6	21	27
Pr	4.52	6.7	6.54	2.35	3.19
Nd	17.50	24.90	24.30	8.65	12.20
Sm	3.17	3.88	4.14	1.81	2.35
Eu	0.87	1.06	0.75	0.37	0.59
Gd	2.59	2.91	3.09	1.66	1.88
Tb	0.33	0.33	0.40	0.26	0.24
Dy	1.55	1.48	1.76	1.29	1.07
Ho	0.27	0.24	0.30	0.20	0.18
Er	0.73	0.69	0.81	0.51	0.51
Tm	0.10	0.09	0.11	0.07	0.07
Yb	0.61	0.51	0.69	0.38	0.42
Lu	0.09	0.08	0.10	0.05	0.06
Y	8.38	7.19	8.90	6.46	5.70
ΣREE	98.31	141.36	137.09	56.86	70.06

炭纪中晚期,也进入残余洋盆演化阶段,在局部地区可以见到早石炭纪中期的野云沟组到晚石炭—早二叠世的康克林组浅海碳酸盐岩和陆源碎屑岩的连续过渡,并且发育连续的■化石带。局部地区海水较深,在虎拉山东部发育复理石建造。与此同时塔里木板块与中天山-哈萨克斯坦板块复杂的对接、碰撞,所伴随的地壳缩短、加厚使陆壳重熔形成了同碰撞花岗岩,该期在虎拉山北缘形成大量的石炭纪同碰撞花岗岩,岩性主要为片麻状黑云花岗岩、片麻状似斑状黑云母斜长花岗岩、片麻状二云母花岗岩等;西部主要为片麻状二长花岗岩,在片麻状二长花岗岩边部常为片麻状钾长花岗岩(340~330Ma)①。

盲起苏侵入岩位于南天山造山带中部的额尔宾山,为一套偏铝至过铝的具同碰撞花岗岩特征的花岗闪长岩。前人认为是泥盆纪侵入岩,本文取得了岩体结晶年龄为  $296.9 \pm 5.4\text{Ma}$  和  $304.2 \pm 11.6\text{Ma}$ 。在其东部还发育尔古提侵入岩,为高钾的偏铝后碰撞花岗岩的特征,取 Rb-Sr 等时线年龄样,得到等时线年龄  $278.4\text{Ma}$ ②。其西部黑英山北部存在  $275\text{Ma}$  高钾后碰撞花岗岩(刘楚雄等,2004)。前者富铝,后者富钾,形成构造环境为大陆碰撞花岗岩至后造山花岗岩。随着南天山晚古生代洋盆的闭合,至晚石炭世碰撞造山,塔里木板块最终与中天山—伊犁板块复杂的对接,由于塔里木板块与中天山—哈萨克斯坦板块碰撞所伴随的地壳缩短、加厚使陆壳重熔形成了碰撞型改造花岗岩,也即盲起苏侵入岩,大约在  $300 \sim 290\text{Ma}$  南天山古生代洋盆关闭,进入后造山演化阶段。

致谢 本文是“十一五”国家科技支撑计划重点项目(编号 2006BAB07B08)项目、973 项目(编号 2007CB411306)的研究成果。得到山东省第七地质矿产勘查院额尔宾山东段 1:5 万区调项目的大力帮助。朱永峰教授多次提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢!

## References

- Gao J, Long LL, Qian Q, Huang DZ, Su W and Klemd. 2006. South Tianshan: A Late Paleozoic or a Triassic orogen? *Acta Petrologica Sinica*, 22 (5): 1049 - 1061 (in Chinese with English abstract)
- Li JY, Wang KZ, Li YP, Sun GH, Chu CH, Li LQ and Zhu ZX. 2006. Geomorphological features, crustal composition and geological evolution of the Tianshan Mountains. *Geological Bulletin of China*, 25(8): 895 - 909 (in Chinese with English abstract)
- Liu CX, Xu BL, Zhou TR, Lu FX, Tong Y and Cai JH. 2004. Petrochemistry and tectonic significance of Hercynian alkaline rocks along the northern margin of the tarim platform and its adjacent area. *Xinjiang Geology*, 22 (1): 43 - 49 (in Chinese with English abstract)

① 湖北省地质调查院. 2006. 新疆和静县额尔宾山中段一带 1:5 万区域地质矿产调查报告

② 新疆维吾尔自治区地质矿产局物化探大队. 1996. 新疆和静县额尔宾山协力万财一带 1:5 万区域地质矿产调查报告

- Pearce JA, Harris NBW and Tindle AG. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rock. *J. Petrol.*, 25: 956–983
- Taylor SR and McLennan SM. 1985. *The continental crust: Its composition and evolution.* Oxford: Blackwell
- Wang B, Shu LS, Cluzel D *et al.* 2007. Geochronological and geochemical studies on the Borohoro plutons, north of Yili, NW Tianshan and their tectonic implication. *Acta Petrologica Sinica*, 23(7): 1885–1900 (in Chinese with English abstract)
- Wang C, Liu L, Luo JH *et al.* 2007. Late Paleozoic post-collisional magmatism in the southwestern Tianshan orogenic belt, take the Baleigong pluton in the Kokshal region as an example. *Acta Petrologica Sinica*, 23(7): 1830–1840 (in Chinese with English Abstract)
- Wood DA, Joron JL and Treuil M. 1979. A re-appraisal of the use of trace element to classify and discriminate between magma series erupted in different tectonic settings. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 45: 326–336
- Xiao XC, Tang YQ, Li JY, Zhao M, Feng YM and Zhu BQ. 1990. *Tectonic Evolution of the Northern Xinjiang and Its Adjacent Regions.* Geological Science of Xinjiang. Beijing: Geological Publishing House, 47–68 (in Chinese)
- Yang TN, Li JY, Sun GH and Wang YB. 2006. Earlier Devonian active continental arc in Central Tianshan: Evidence of geochemical analyses and zircon SHRIMP dating on mylonitized granitic rock. *Acta Petrologica Sinica*, 22(1): 41–48
- Zhang CL, Zhou DW, Wang JL and Wang RS. 2007. Geochronology, geochemistry and Sr-Nd isotopic composition and genesis implications of Huangjianshishan granite intrusion in Kumishi area of southern Tianshan. *Acta Petrologica Sinica*, 23(8): 1821–1829 (in Chinese with English Abstract)
- Zhu YF. 2007. Indosinian movement and the related metallogeny in Xinjiang. *Geological Bulletin of China*, 26(5): 510–519 (in Chinese with English abstract)
- Zhu YF and Song B. 2006. Petrology and SHRIMP chronology of mylonitized Tianger granite, Xinjiang: Also about the dating on zircon hydrothermal zircon rims in granite. *Acta Petrologica Sinica*, 22: 135–144 (in Chinese with English abstract)
- Zhu YF, Zhang LF, Gu LB *et al.* 2005. The zircon SHRIMP chronology and trace element geochemistry of the Carboniferous volcanic rocks in western Tianshan Mountains. *Chinese Science Bulletin*, 50: 2201–2212
- Zhu YF, Guo X, Zhang LF and Song B. 2006. Geochemistry and zircon SHRIMP dating on the Late Paleozoic volcanic rocks in west Tianshan Mountains (Central Asia, Xinjiang). *Geochim. Cosmochim. Acta, Suppl.*, A755
- Zhu YF, Guo X and Zhou J. 2006b. The petrology and Sr-Nd isotopic geochemistry of the Carboniferous volcanic rocks in the western Tianshan Mountains, NW China. *Acta Petrologica Sinica*, 22(5): 1341–1350 (in Chinese with English abstract)
- Zhu YF, Zhou J, Song B, Zhang LF and Guo X. 2006a. Age of the “Dahalajunshan” Formation in Xinjiang and its disintegration. *Geology in China*, 33(3): 487–497 (in Chinese with English abstract)
- Zhu YF, Wang T and Xu X. 2007a. Progress of geology study in Xinjiang and its adjacent regions. *Acta Petrologica Sinica*, 23(8): 1785–1794 (in Chinese with English abstract)
- Zhu YF, He GQ and An F. 2007b. Geology and Metallogenesis in the core part of Central Asian: A Review. *Geological Bulletin of China*, 26(9): 1167–1177 (in Chinese with English Abstract)
- Zhu YF, Zhou J and Zeng YS. 2007. The Tianger (Bingdaban) shear zone hosted gold deposit, west Tianshan, NW China: Petrographic and geochemical characteristics. *Ore Geology Reviews*, 32: 337–365
- Zhu ZX, Wang KZ, Xu D, Su YL and Wu YM. 2006a. SHRIMP U-Pb dating of zircons from Habierga Carboniferous pluton in western Tianshan, Xinjiang, and its geological implication. *Geological Bulletin of China*, 25(8): 986–991 (in Chinese with English abstract)
- Zhu ZX, Wang KZ, Zhen YJ, Sun GH, Zhang C and Li YP. 2006b. The age ascertainment of Devonian and Silurian granitic intrusions of Yili Block, Xinjiang and preliminary discussion of their tectonic setting. *Acta Petrologica Sinica*, 22(5): 1193–1200 (in Chinese with English abstract)

#### 附中文参考文献

- 高俊, 龙灵利, 钱青, 黄德志, 苏文, Reiner. 2006. 南天山: 晚古生代还是三叠纪碰撞造山带? *岩石学报*, 22(5): 1049–1061
- 李锦轶, 王克卓, 李亚平, 孙桂华, 褚春华, 李丽群, 朱志新. 2006. 天山山脉地貌特征、地壳组成与地质演化. *地质通报*, 25(8): 895–909
- 刘楚雄, 许保良, 邹天人, 路凤香, 童英, 蔡剑辉. 2004. 塔里木北缘及邻区海西期碱性岩岩石化学特征及其大地构造意义. *新疆地质*, 22(1): 43–49
- 王博, 舒良树, Cluzel D 等. 2007. 伊犁北部博罗霍努岩体年代学和地球化学研究及其大地构造意义. *岩石学报*, 23(7): 1885–1900
- 王超, 刘良, 罗金海等. 2007. 西南天山晚古生代后碰撞岩浆作用: 以阿克苏彦岭地区巴雷公花岗岩为例. *岩石学报*, 23(7): 1830–1840
- 肖序常, 汤耀庆, 李锦轶, 赵民, 冯益明, 朱宝清. 1990. 试论新疆北部大地构造演化. *新疆地质科学. 第一辑.* 北京: 地质出版社, 47–68
- 杨天南, 李锦轶, 孙桂华, 王彦斌. 2006. 中天山早泥盆世陆弧: 来自花岗岩质糜棱岩地球化学及 SHRIMP-U/Pb 定年的证据. *岩石学报*, 22(1): 41–48
- 张成立, 周鼎武, 王居里, 王润三. 2007. 南天山库米什南黄尖石山岩体的年代学、地球化学和 Sr, Nd 同位素组成及其成因意义. *岩石学报*, 23(08): 1821–1829
- 朱永峰. 2007. 新疆的印支运动与成矿. *地质通报*, 26(5): 510–519
- 朱永峰, 宋彪. 2006. 新疆天格尔糜棱岩化花岗岩的岩石学及其 SHRIMP 年代学研究: 兼论花岗岩中热液锆石边的定年. *岩石学报*, 22(1): 135–144
- 朱永峰, 张立飞, 古丽冰等. 2005. 西天山石炭纪火山岩 SHRIMP 年代学及其微量元素地球化学研究. *科学通报*, 50: 2004–2014
- 朱永峰, 郭璇, 周晶. 2006b. 西天山石炭纪火山岩的岩石学及 Sr-Nd 同位素地球化学研究. *岩石学报*, 22: 1341–1350
- 朱永峰, 周晶, 宋彪等. 2006a. 新疆“大哈拉军山组”火山岩的形成时代问题及其解决方案. *中国地质*, 33: 487–497
- 朱永峰, 何国琦, 安芳. 2007b. 中亚成矿域核心区地质演化与成矿规律. *地质通报*, 26(9): 1167–1177
- 朱永峰, 王涛, 徐新. 2007a. 新疆及邻区地质与矿产研究进展. *岩石学报*, 23(8): 1785–1794
- 朱志新, 王克卓, 徐达, 苏延龙, 吴玉门. 2006a. 依连哈比尔尕山石炭纪侵入岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年及其地质意义. *地质通报*, 25(8): 986–991
- 朱志新, 王克卓, 郑玉洁, 孙桂华, 张超, 李亚萍. 2006b. 新疆伊犁地块南缘志留纪和泥盆纪花岗岩侵入体锆石 SHRIMP 定年及其形成时构造背景的初步探讨. *岩石学报*, 22(5): 1193–1200