

·专题研究·

# 阿尔泰造山带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

童 英<sup>1</sup>, 洪大卫<sup>1</sup>, 王 涛<sup>1</sup>, 王式洸<sup>2</sup>, 韩宝福<sup>2</sup>

(1. 中国地质科学院 地质研究所, 北京 100037; 2. 北京大学 地球与空间科学学院, 北京 100871)

**摘 要:** 在阿尔泰造山带南缘发育一系列后造山花岗岩体。富蕴南额尔齐斯断裂带中发育具有片麻理的黑云母花岗岩体, 其中还侵入有未变形的黑云母花岗岩体。本文对这两个岩体进行了 TIMS 法锆石 U-Pb 测年, 结果分别为  $281 \pm 5$  Ma (变形岩体) 和  $275 \pm 2$  Ma (不变形岩体), 显示其为后造山花岗岩体。该研究表明, 阿尔泰造山带在  $281 \pm 5$  Ma 时仍存在一定规模的后造山剪切作用,  $275 \pm 2$  Ma 之后变形作用开始变弱。

**关键词:** 后造山花岗岩, 锆石年龄, 变形, 阿尔泰造山带, 富蕴

中图分类号: P588.12<sup>+</sup>1; P597<sup>+</sup>.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2006)02-0085-05

## TIMS U-Pb zircon ages of Fuyun post-orogenic linear granite plutons on the southern margin of Altay orogenic belt and their implications

TONG Ying<sup>1</sup>, HONG Da-wei<sup>1</sup>, WANG Tao<sup>1</sup>, WANG Shi-guang<sup>2</sup> and HAN Bao-fu<sup>2</sup>

(1. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

2. School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract:** A series of post-orogenic granite plutons occur on the southern margin of Altay orogenic belt. A gneissic deformed granitic pluton occurs in the Ertix faulted zone to the south of Fuyun, intruded by an underformed granitic pluton. The former pluton is dated by U-Pb TIMS method at  $281 \pm 5$  Ma and the latter at  $275 \pm 2$  Ma. These data indicate that shearing deformation still took place to some extent along Ertix zone during ca. 280~275 Ma in the post-orogenic period. The deformation probably ended or became much weaker after  $275 \pm 2$  Ma.

**Key words:** post-orogenic granitoid; zircon age; deformation; Altay orogenic belt; Fuyun

阿尔泰造山带位于中亚造山带南缘, 为典型的显生宙增生造山带 (Sengör *et al.*, 1993)。该造山带自晚前寒武世晚期到早古生代早期为稳定大陆边缘阶段, 早古生代到晚古生代 (石炭纪中期) 发生了俯冲、碰撞、增生, 其中, 早古生代 (志留纪—泥盆纪) 到晚古生代 (早石炭世中期) 为洋壳俯冲阶段, 中石炭世中期以后可能发生碰撞造山作用 (何国琦等, 1994; 许继锋等, 2001; Windely *et al.*, 2002; Li *et*

*al.*, 2003; Xiao *et al.*, 2004; 王涛等, 2005), 早-中二叠世为后造山阶段 (如何国琦等, 1994; 王涛等, 2005)。

作为造山带重要组成部分, 不同时代不同变形程度的花岗岩能很好地记录构造变形史, 是造山带研究的重要对象。阿尔泰造山带花岗岩主要由古生代及少量中生代花岗岩体构成 (Zou *et al.*, 1989; 岳永君等, 1990; 王中刚等, 1990; 刘伟, 1993; 赵振华等, 1993; 何国琦等, 1994; 胡蔼琴等, 1997; Chen

收稿日期: 2005-05-31; 修订日期: 2005-08-29

基金项目: 国家重大基础研究规划项目 (2001CB409802), 国际合作基金 (40210647), 国家自然科学基金资助项目 (40472101, 49772105)

作者简介: 童 英 (1974-), 男, 汉, 在读博士, 主要从事花岗岩研究, 电话: 010-68999732, E-mail: zentralasia@163.com。

*et al.*, 2002)。其中,一部分花岗岩体为不规则圆形、椭圆形,岩体地质及年代学研究表明它们为典型的后造山花岗岩,如喇嘛昭岩体、哈拉苏岩体(Windely *et al.*, 2002;王涛等, 2005;肖庆辉等, 2005<sup>①</sup>);也有一部分小花岗岩体沿区域构造线呈线性展布,如富蕴南线性小岩体群,其中,一部分岩体具有与区域构造线相一致的片麻理,它们侵入于石炭纪黑云母片岩、片麻岩,年代学研究表明它们可能为后造山花岗岩,杨新岳等(1994)测得萨勒巴斯混合花岗岩的 Rb-Sr 年龄为  $267 \pm 10$  Ma;其他的岩体都很小,未发生变形,侵入于石炭纪黑云母片岩、片麻岩和变形的花岗岩中,也表明其可能为后造山花岗岩。因此,对这两类岩体的精确定年对于深入认识和研究阿尔泰造山带花岗岩的时代以及造山带的演化具有重要意义。

## 1 岩体地质

岩体位于富蕴南约 2 km 的额尔齐斯断裂带内(张湘炳等, 1996)(图 1),前人将其划入萨勒巴斯推覆体(杨新岳等, 1994)。岩体可分为两种类型:一种是具有片麻理的变形岩体,岩性为灰白色中粒黑云母花岗岩,呈长条状顺层侵入到石炭纪喀喇额尔齐斯组片岩、片麻岩中,发育同区域构造线相一致的透入性片麻理构造,表现为成分条带的差异和石英略微定向,显示了一定程度的岩浆流动面理和轻微的同构造变形特点;另一种为未变形岩体,呈不规则状

侵入到变形岩体和石炭纪喀喇额尔齐斯组,岩性为灰白色细-中粒黑云母花岗岩,岩性均一,未变形,未见矿物成分条带。

## 2 样品分析及结果

样品 A13(变形岩体)和 A14(未变形岩体)采自富蕴南的采石场,标本新鲜,均为黑云母花岗岩。锆石颗粒的挑选在河北省地调局廊坊区调队化学实验室完成,两个样品的锆石颗粒绝大多数晶形完好,部分颗粒破碎,但是晶棱、晶面清晰。锆石样品的测试工作在天津地质矿产研究所通过 TIMS 方法进行,测试之前,根据形态、颜色、透明度、晶形、颗粒完整程度对锆石进行了分组。样品 A13 的锆石颗粒均为无色透明长柱状,粗细不等,部分锆石颗粒破损,分为 3 组:第 1 组和第 2 组均为无色透明的长柱状细小自形晶,第 3 组为剩余的锆石组成,粗细均有,部分晶体破碎;样品 A14 的锆石比较复杂,也分为 3 组:第 1 组锆石为长柱状黄色透明,晶形比较好,但都为大碎块;第 2 组为长柱状,但晶体较细,浅黄色透明,晶体自形程度好;第 3 组为短柱状,浅黄色半透明自形晶。

分析过程中,以  $^{205}\text{Pb} - ^{233}\text{U} - ^{235}\text{U}$  为混合稀释剂,同位素比值的测定在 Finnigan Triton 质谱仪上完成。全流程本底分别为  $\text{Pb} < 0.05$  ng,  $\text{U} < 0.002$  ng,其化学流程和质谱分析方法详见文献(Parrish *et al.*, 1987; Noble *et al.*, 1993; 陆松年等, 2003),应用 Steiger 等(1977)推荐的  $^{238}\text{U}$  和  $^{235}\text{U}$  衰变常数进行年龄计算。分析结果及计算值见表 1。

样品 A13 中的第 3 组锆石给出  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄为  $273 \pm 4$  Ma,第 1、2 组锆石  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄统计权重平均值为  $281 \pm 5$  Ma。样品 A14 中的第 3 组锆石给出  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄为  $226 \pm 6$  Ma,第 1、2 组锆石  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄统计权重平均值为  $275 \pm 2$  Ma。

## 3 讨论

### 3.1 花岗岩体的侵位时代

变形的片麻状黑云母花岗岩体(A13)有两组锆石年龄数据比较接近,即第 1、2 组锆石  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表

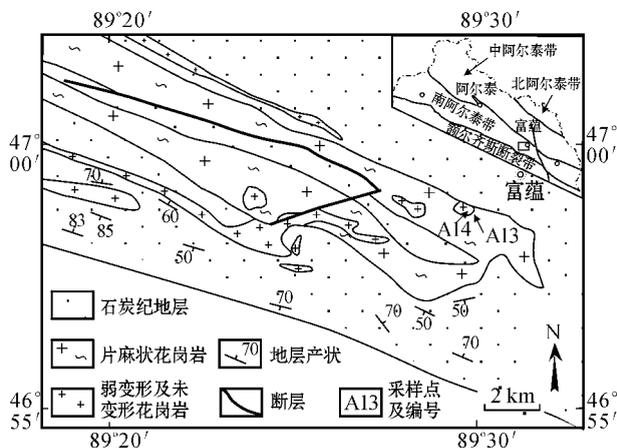


图 1 富蕴南花岗岩体的地质简图

Fig. 1 Simplified geological map of granite plutons in the southern Fuyuan

① 肖庆辉,王涛,邓晋福,等. 2005. 中国重大花岗岩问题研究. 中国地质调查局地质报告.

表 1 具有片麻理的变形黑云母花岗岩(A13)和未变形黑云母花岗岩(A14)TIMS 法锆石 U-Pb 年龄测定结果

Table 1 U-Pb age dating (TIMS) of the deformed biotite granite with gneissosity (A13) and undeformed biotite granite (A14)

点号	样品情况		U Pb		普通铅含量/ng	同位素原子比率*					表面年龄/Ma			
	锆石类型及特征	质量/ $\mu\text{g}$	$w_{\text{B}}/\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Pb		$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	
变形花岗岩	1	无色透明长柱状细小自形晶	30	69	3	0.014	438	0.057 91	0.045 07 <170>	0.324 3 <185>	0.052 20 <203>	284.2	285.2	294.2
	2	无色透明长柱状细小自形晶	30	137	7	0.024	495	0.068 10	0.044 58 <89>	0.315 4 <94>	0.051 31 <103>	281.2	278.4	254.7
	3	无色透明长柱状自形晶(粗细兼有,晶体缺损)	30	125	6	0.019	920	0.081 98	0.043 22 <57>	0.304 6 <61>	0.051 12 <71>	272.8	270.0	246.4
未变形花岗岩	1	长柱状黄色透明自形晶(大碎块)	10	1076	43	0.002	12 535	0.052 59	0.043 76 <72>	0.312 3 <73>	0.051 76 <78>	276.1	276.0	274.9
	2	细长柱状浅黄色透明自形晶	30	489	20	0.025	163 7	0.014 61	0.043 63 <36>	0.308 8 <31>	0.051 34 <28>	275.3	273.3	256.3
	3	短柱状浅黄色半透明自形晶	25	166	6	0.018	530	0.030 50	0.035 61 <87>	0.249 1 <91>	0.050 72 <124>	225.6	225.8	228.1

注：①  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  已对实验空白 ( $\text{Pb}=0.05\text{ ng}$ ,  $\text{U}=0.002\text{ ng}$ ) 及稀释剂做了校正,其他比率中的铅同位素均为放射性成因铅同位素,括号内的数字为 ( $2\sigma$ ) 绝对误差,例如  $0.043\ 22<57>$  表示  $0.043\ 22\pm 0.000\ 57(2\sigma)$ ；② 国土资源部天津地质矿产研究所周慧芳测试,变形花岗岩(A13)1、2号数据点  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄统计权重平均值  $281\pm 5\text{ Ma}$ ,3号数据点  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄值  $273\pm 4\text{ Ma}$ ,未变形花岗岩(A14)1、2号数据点  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄统计权重平均值  $275\pm 2\text{ Ma}$ ,3号数据点  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄值  $226\pm 6\text{ Ma}$ 。

面年龄统计权重平均值为  $281\pm 5\text{ Ma}$ ,而第 3 组给出的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄为  $273\pm 4\text{ Ma}$ 。这两个年龄有 3 种可能的解释：①  $281\pm 5\text{ Ma}$  为捕获锆石年龄,  $273\pm 4\text{ Ma}$  代表的是岩体侵位时代；②  $281\pm 5\text{ Ma}$  为岩体的侵位时代,  $273\pm 4\text{ Ma}$  可能因为 Pb 丢失或者受后期侵入体的影响；③ 后期侵入的花岗岩质脉体的锆石年龄。显然第 2 种可能性较大,原因如下：①  $281\pm 5\text{ Ma}$  是两组年龄相近锆石的统计权重平均值,其锆石数量占总数的绝大多数,代表岩体自身锆石的可能性要大些；② 岩体的围岩为石炭纪喀喇额尔齐斯组片岩、片麻岩,比测定的年龄要大,而年龄为  $281\pm 5\text{ Ma}$  的锆石均为无色透明长柱状细小自形晶,是一种典型的岩浆锆石(肖庆辉等 2002)；③ 第 1 个年龄与第 2 个年龄在误差范围内是一致的；④ 第 1 组与第 2 组锆石均为无色透明长柱状细小自形晶,而第 3 组锆石则为无色透明长柱状自形晶,粗细均有,并且部分晶体缺损,多数情况下会造成 Pb 丢失,因此造成时代偏新,这一点在谐和图上也能清楚显示出来(图 2)。实际上还可以排除受到后期侵入体影响,尽管该组年龄与不变形花岗岩的主体年龄相一致,但是仔细研究其 U、Pb 含量可以看出,不变形花岗岩第 1、2 组锆石的 U、Pb 含量远高于变形花岗岩的锆石 U、Pb 含量。所以,该变形岩体的侵位时

代应该是  $281\pm 5\text{ Ma}$ 。

未变形的黑云母花岗岩体(A14)有两组锆石年龄数据比较接近,即第 1、2 组锆石  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄统计权重平均值为  $275\pm 2\text{ Ma}$ ,而 3 号数据点给出  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄  $226\pm 6\text{ Ma}$ 。这两组年龄有两种解释：①  $275\pm 2\text{ Ma}$  代表捕获锆石年龄,  $226\pm 6\text{ Ma}$  代表的是岩体的生成年龄,因为  $275\pm 2\text{ Ma}$  与围岩(变形花岗岩)的第 3 组锆石年龄( $273\pm 4\text{ Ma}$ )相近；②  $275\pm 2\text{ Ma}$  代表的是花岗岩侵位时代,而  $226\pm 6\text{ Ma}$  则是后期脉体的年龄。分析来看,第一种可能性不大,因为,尽管与围岩(变形花岗岩体)的第 3 组锆石年龄( $273\pm 4\text{ Ma}$ )相近,但从颜色和形态上可以清楚地看出这两类花岗岩的锆石是不同的：A14 的第 1 组锆石为黄色长柱状(大碎块),第 2 组锆石为浅黄色细长柱状,而 A13 的第 3 组锆石为无色长柱状(粗细兼有,晶体有缺损)。另外 A14 的锆石的 U、Pb 含量远高于 A13,所以不变形花岗岩的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄统计权重平均值( $275\pm 2\text{ Ma}$ )代表的应是岩体的生成年龄,而不是捕获锆石年龄,该未变形岩体的侵位时代应该是  $275\pm 2\text{ Ma}$ 。3 号数据点给出的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄  $226\pm 6\text{ Ma}$  可能是后期脉体的年龄。

以上分析表明,这两个岩体侵位时间为早-中二

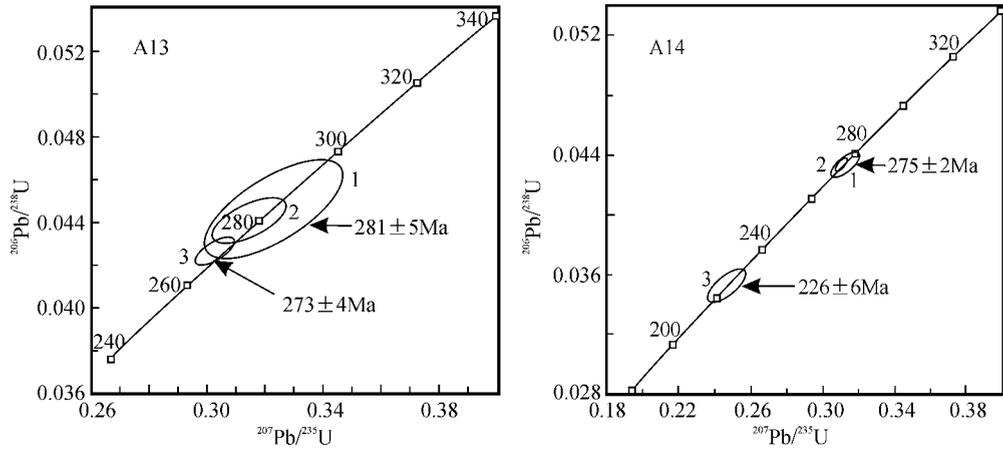


图 2 变形黑云母花岗岩(左)和未变形的黑云母花岗岩(右)TIMS法 U-Pb 年龄谐和图

Fig. 2 Zircon U-Pb concordia diagram( TIMS ) of the deformed biotite granit( left ) and the undeformed biotite granit( right )

叠世。花岗岩以及区域构造研究(王涛等, 2005)表明,此时,主造山期已经接近结束,属后造山阶段,所以,该花岗岩应为后造山花岗岩。

### 3.2 构造意义

以上分析说明,变形花岗岩的形成时代为  $281 \pm 5$  Ma,该岩体发育一定程度的透入性的片麻理,与区域构造线相一致,表现为成分条带的差异和石英略微定向,显示了一定程度的岩浆流动面理和轻微的同构造变形特点。这说明,在该岩体侵位中,该地区可能发生过一定程度的变形。这为额尔齐斯断裂带在该时期的剪切变形和活动提供了一个证据。处于同一构造位置的混合岩的变质角闪石 K-Ar  $280.80$  Ma 的年龄可能是这一事件的反映(杨新岳等, 1994)。

未变形花岗岩体的侵位年龄是  $275 \pm 2$  Ma,与区域上未变形花岗岩体的侵位时代相一致[喇嘛昭 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄  $276 \pm 9$  Ma(王涛等, 2005) 大喀拉苏 TIMS 法锆石 U-Pb 年龄  $256 \pm 3$  Ma]表明阿尔泰山地区后造山剪切作用以及相应的变形在中二叠世可能已减弱了。这对于深入认识阿尔泰山带南缘及额尔齐斯构造带的变形演化,特别是变形的强度、时间提供了新的证据。杨新岳等(1994)测得的萨勒巴斯混合花岗岩的侵位年龄  $267 \pm 10$  Ma(Rb-Sr),胡霭琴等(1997)获得的斜长片麻岩的 Ar-Ar 等时线年龄  $273.39 \pm 1.48$  Ma、坪年龄  $270.76 \pm 2.07$  Ma 和全岩年龄  $265.76 \pm 21.84$  Ma,可能代表的是剪切作用结束的冷却年龄。本研究获得的未变形岩体中的第 3 组数据给出的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$

表面年龄  $226 \pm 6$  Ma,与杨新岳等(1994)测得萨勒巴斯的酸性岩脉 Rb-Sr 年龄( $241.87 \pm 15.5$  Ma)有可能是后期岩浆活动或热液活动的产物。

## 4 结论

(1)富蕴南具有与区域构造线相一致片麻理的变形黑云母花岗岩的侵位年龄为  $281 \pm 5$  Ma,未变形的黑云母花岗岩的侵位年龄为  $275 \pm 2$  Ma。这表明,在阿尔泰山南缘额尔齐斯构造带中发育有典型的后造山线状花岗岩体。

(2)该岩体的年龄和构造变形对比研究表明,阿尔泰山南缘额尔齐斯构造带在  $281 \pm 5$  Ma 时仍存在一定规模后造山剪切作用以及相应的变形作用,但在  $275 \pm 2$  Ma 之后,变形作用开始变弱。

致谢 感谢王彦斌研究员、王新社研究员和张华锋博士的有益学术讨论。

## References

- Chen B and Jahn B M. 2002. Geochemical and isotopic studies of the sedimentary and granitic rocks of the Altai orogen of northwest China and their tectonic implications[J]. *Geol. Mag.*, 139(1): 1~13.
- He Guoqi, Li Maosong, Liu Dequan, et al. 1994. Paleozoic Crustal Evolution and Mineralization in Xingjiang of China[M]. Urumchi: Xingjiang People's Publishing House and Educational and Cultural Press LTD, 437 (in Chinese with English abstract).
- Hu Ai qin, Wang Zhonggang and Tu Guangzhi. 1997. Geological Evolu-

- tion and Metallogenetic Regularity in Northern Xinjiang[ M ]. Beijing : Science Press , 52~62 ( in Chinese with English abstract ).
- Li Jinyi, Xiao Wenjiao, Wang Kezhao, *et al.* 2003. Neoproterozoic - Paleozoic tectonostratigraphy, magmatic activities and tectonic evolution of eastern Xinjiang, NW China[ A ]. Mao J W, Goldfarb R J, Seltman R, *et al.* Tectonic Evolution and Metallogeny of the Chinese Altay and Tianshan, IAGOD Guidebook Series 10 : CER-CAM/NHM[ C ]. London , 31~74.
- Liu Wei. 1993. Whole rock isochron ages of plutons, crustal movements and evolution of tectonic setting in the Altai Mts. , Xinjiang Uygur Autonomous Region[ J ]. Geoscience of Xinjiang , 4 : 35~50 ( in Chinese with English abstract ).
- Lu Songnian, Li Huaikun, Li Huimin, *et al.* 2003. U-Pb isotope ages and their significance of alkaline granite in the southern margin of the North China craton[ J ]. Geological Bulletin of China , 22( 2 ): 62~68( in Chinese with English abstract ).
- Noble S R, Tucker T C and Pharaoh T C. 1993. Lower Palaeozoic and Precambrian igneous rocks from eastern England, and their bearing on late Ordovician closure of the Tornquist Sea Constraints from U-Pb and Nd isotopes[ J ]. Geol. Mag. , 130 : 835~846.
- Parrish R R, Roddick J C, Loveridge W D, *et al.* 1987. Uranium-lead analytical techniques at the geochronology laboratory, Geological Survey of Canada[ J ]. Geol. Surv. Canada Paper, 87( 2 ): 3~7.
- Sengör A M C, Natal'in B A and Burtman V S. 1993. Evolution of the Altaid tectonic collage and Paleozoic crustal growth in Eurasia[ J ]. Nature , 364 : 299~307.
- Steiger R H and Jäger E. 1977. Subcommittee on Geochronology Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology [ J ]. Earth Planetary Sci. Lett. , 36 : 359~362.
- Wang Tao, Hong Dawei, Tong Ying, *et al.* 2005. Zircon U-Pb SHRIMP age and origin of post-orogenic Lamazhao granitic pluton from Altai orogen : its implications for vertical continental growth [ J ]. Acta Petrologica Sinica , 21( 3 ): 640~650( in Chinese with English abstract ).
- Wang Zhonggang and Zhao Zhenhua. 1990. Origin and evolution of the granitoids in Altai[ J ]. Geoscience of Xinjiang , 1 : 69~77( in Chinese with English abstract ).
- Windley F B, Kroner A, Guo J, *et al.* 2002. Neoproterozoic to Paleozoic geology of the Altai orogen, NW China : New zircon age data and tectonic evolution[ J ]. The Journal of Geology , 110 : 719~737.
- Xiao Qinghui, Deng Jinfu, Ma Daquan, *et al.* 2002. The Ways of Investigation on Granitoids[ M ]. Beijing : Geological Publishing House , 102~118( in Chinese ).
- Xiao W, Windley B F, Badarch G, *et al.* 2004. Palaeozoic accretionary and convergent tectonics of the southern Altaids : implications for the growth of Central Asia[ J ]. Journal of the Geological Society , 161 : 339~342.
- Xu Jifeng, Chen Fanrong, Yu Xueyuan, *et al.* 2001. Kuerti ophiolite in Altay area of North Xinjiang : Magmatism of an ancient back-arc basin[ J ]. Acta Petrologica et Mineralogica , 20( 3 ): 344~352( in Chinese with English abstract ).
- Yang Xinyue, Li Zhichun and Xie Guoyuan. 1994. Deformation and metamorphism of Salebasi nappe in southern piedmont of Altay orogenic belt, Xinjiang, China[ J ]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences , 19( 4 ): 461~470( in Chinese with English abstract ).
- Yue Yongjun, Wang Shiguang and He Guoqi. 1990. The genetic types of granitoids and its implications on crustal evolution in altay orogenic belt, China[ J ]. Geoscience of Xinjiang , 2 : 72~85( in Chinese with English abstract ).
- Zhang Xiangbing, Sui Jingxia, Li Zhichun, *et al.* 1996. Tectonic Evolution and Mineralization Series in the Erqisi Tectonic Zone[ M ]. Beijing : Science Press. 139~162( in Chinese ).
- Zhao Zhenhua, Wang Zhonggang, Zhou Tianren. *et al.* 1993. The REE, isotopic composition of O, Pb, Sr and Nd and diagenetic model of granitoids in Altai region[ A ]. Tu Guangzhi. New Improvement of Solid Geosciences in Northern Xinjiang[ C ]. Beijing : Science Press , 239~266.
- Zou Tianren, Cao Huizhi and Wu Boqing. 1989. Orogenic and anorogenic granitoids of Altay mountains of Xinjiang and their discrimination criteria[ J ]. Acta Geologica Sinica , 2( 1 ): 45~64.

## 附中文参考文献

- 何国琦,李茂松,刘德权,等. 1994. 中国新疆古生代地壳演化及成矿[ M ]. 乌鲁木齐 : 新疆人民出版社和香港文化教育出版社 , 1~437.
- 胡霏琴,王中刚,涂光炽,等. 1997. 新疆北部地质演化及成矿规律[ M ]. 北京 : 科学出版社 , 52~62.
- 刘伟. 1993. 新疆阿尔泰地区岩浆岩类的等时线年龄、地壳构造运动以及构造环境的发展演化[ J ]. 新疆地质科学 , 第4辑 : 35~50.
- 陆松年,李怀坤,李惠民,等. 2003. 华北克拉通南缘龙王花岗岩 U-Pb 年龄及其地质意义[ J ]. 地质通报 , 22( 2 ): 62~68.
- 王涛,洪大卫,童英,等. 2005. 中国阿尔泰造山带后造山喇嘛昭花岗岩体锆石 SHRIMP 年龄、成因及陆壳垂向生长意义[ J ]. 岩石学报 , 21( 3 ): 640~650.
- 王中刚,赵振华. 1990. 阿尔泰花岗岩类的成因与演化[ J ]. 新疆地质科学 , 第1辑 : 69~77.
- 肖庆辉,邓晋福,马大钊,等. 2002. 花岗岩研究思维与方法[ M ]. 北京 : 地质出版社 , 102~118.
- 许继峰,陈繁荣,于学元,等. 2001. 新疆北部阿尔泰地区库尔提蛇绿岩 : 古弧后盆地系统的产物[ J ]. 岩石矿物学杂志 , 20( 3 ): 344~352.
- 杨新岳,李志纯,谢国源. 1994. 新疆阿尔泰造山带南缘萨勒巴斯推覆体的变形和变质作用[ J ]. 地球科学——中国地质大学学报 , 19( 4 ): 461~470.
- 岳永君,王式洸,何国琦. 1990. 中国阿尔泰造山带中花岗岩类的成因类型及其在地壳演化中的意义[ J ]. 新疆地质科学 , 第2辑 : 72~85.
- 张湘炳,隋静霞,李志纯,等. 1996. 额尔齐斯构造带构造演化与成矿系列[ M ]. 北京 : 科学出版社 , 139~162.
- 赵振华,王中刚,邹天人,等. 1993. 阿尔泰花岗岩类 REE 及 O、Pb、Sr、Nd 同位素组成及成岩模型[ A ]. 新疆北部固体地球科学新进展[ C ]. 北京 : 科学出版社 , 239~266.