

北疆及邻区石炭—二叠纪花岗岩时空分布 特征及其构造意义

童英¹, 王涛¹, 洪大卫¹, 韩宝福², 张建军¹, 史兴俊¹, 王超¹

(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:北疆及邻区发育大量的花岗岩, 其中石炭—二叠纪花岗岩较为突出。本文总结了该期花岗岩的时空分布特征。北疆及邻区不同构造单元石炭—二叠纪花岗岩特征不同, 形成时代峰期也不一致。在阿尔泰, 该期花岗岩主要集中在早二叠世(289~266 Ma), 晚石炭世出现一个明显的岩浆宁静期, 西准噶尔可以分为早石炭世(340~320 Ma)和晚石炭世—早二叠世(310~290 Ma)两期, 后一期较强, 铝质 A 型花岗岩分布广泛是该地区的一个重要特征, 形成时代集中在 300 Ma 左右, 东准噶尔地区石炭—二叠纪花岗岩多沿断裂带展布, 岩浆活动从晚石炭世一直延续到早二叠世(320~270 Ma), 该地区最大的特点是发育多条碱性(A 型)花岗岩带, 在晚石炭世—早二叠世连续产出。西天山大致可以分为 3 期: 早石炭世(355~345 Ma), 早石炭世晚期—晚石炭世(335~305 Ma)和二叠纪(300~255 Ma), 早石炭世花岗岩主要集中在北天山, 早二叠世花岗岩浆活动最为强烈, 其中的碱性(A 型)花岗岩不仅在南天山呈带状大面积分布, 在北天山也有发育, 东天山—北山是区内石炭—二叠纪花岗岩最为发育的地区, 岩体数量多, 分布面积广, 锆石年龄主要集中在 335~310 Ma 和 300~270 Ma, 相对来说东天山石炭纪花岗岩较多, 北山二叠纪花岗岩较多。总体而言, 北疆及邻区石炭—二叠纪花岗岩时代主要集中在晚石炭世—早二叠世, 特别是早二叠世, 整体展现出同步性, 这个时期碱性岩最发育, 可能揭示了不同构造背景下的伸展特点。这是整个中亚造山带及邻区大量的酸性和基性—超基性岩浆活动及暗示的伸展环境的一个缩影。

关键词:花岗岩; 石炭纪; 二叠纪; 锆石年龄; 伸展; 中亚造山带

中图分类号: P588.12⁺1; P54

文献标识码: A

文编编号: 1000-6524(2010)-0619-23

Spatial and temporal distribution of the Carboniferous-Permian granitoids in northern Xinjiang and its adjacent areas, and its tectonic significance

TONG Ying¹, WANG Tao¹, HONG Da-wei¹, HAN Bao-fu², ZHANG Jian-jun¹, SHI Xing-jun¹
and WANG Chao¹

(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: Numerous granitoids occur in northern Xinjiang and its adjacent areas, with Carboniferous-Permian granitoids being most typical. This paper summarizes the spatial and temporal distribution characteristics of these granitoids. Carboniferous-Permian granitoids show different features in different units, and the peak values of their formation epochs are also different. Formation epochs of the Carboniferous-Permian granitoids in Altay are mainly concentrated in early Permian (289~266 Ma), and late Carboniferous seemed to be a distinct magmatic

收稿日期: 2010-09-12; 修订日期: 2010-10-07

基金项目: 973 项目(2007CB411307); 国家自然科学基金资助项目(40702010); 基本科研业务费(J0906); 中国地质调查局地质调查项目(12123206043, 1212010611817)

作者简介: 童英(1974-), 男, 博士, 主要研究方向为花岗岩地球动力学, E-mail: Yingtong@cags.ac.cn.

calm period. Western Junggar Carboniferous-Permian granitoids formation periods can be subdivided into early Carboniferous (340~320 Ma) and late Carboniferous-early Permian (310~290 Ma), with the latter being more stronger. Aluminum A-type granites, concentratedly formed at about 300 Ma, are widely spread, constituting an important feature of western Junggar. Carboniferous-Permian granitoids in eastern Junggar occur along the fault zones and were formed mainly from late Carboniferous to early Permian (320~270 Ma), characterized by the continuous emplacement of quite a number of alkaline (A-type) granites in this region in this period. Carboniferous-Permian granitoids in western Tianshan can be divided into three stages: early Carboniferous (355~345 Ma), late early Carboniferous-late Carboniferous (335~305 Ma) and early Permian (300~255 Ma). The early Permian granitic magma activity is the strongest, and Carboniferous granitoids mainly intruded into northern Tianshan, and the early Permian alkaline (A-type) granitoids are not only distributed in a large zonal area of southern Tianshan but also spread in northern Tianshan. Eastern Tianshan-Beishan is an area with most developed Carboniferous-Permian granitoids, characterized by both large quantities and wide distribution. Zircon ages show two obvious peaks, being respectively at 335~310 Ma and 300~270 Ma. Granitoids in eastern Tianshan are mostly Carboniferous ones, whereas granitoids in Beishan are mostly Carboniferous ones. In general, Carboniferous-Permian granitoids of northern Xinjiang and its adjacent areas were mainly formed in the late Carboniferous-early Permian period, especially during the early Permian, showing synchronization in the whole region. This period is also characterized by most developed alkaline (A-type) granitoids, which is regarded as the reflection of the extensional setting, maybe revealing extension characteristics in different tectonics. This is a microcosm of lots of acid and mafic-ultramafic magmatism in the Central Asian Orogenic Belt and the implication of its extensional setting.

Key words: granitoids; Carboniferous; Permian; zircon U-Pb age; extension; Central Asian Orogenic Belt

中亚造山带(CAOB Jahn *et al.*, 2000),或称之为北亚造山区(李锦轶等, 2009),位于西伯利亚克拉通与塔里木-中朝克拉通之间,是在古亚洲洋和古太平洋(蒙古-鄂霍茨克带)基础上发展起来的复合造山带,泛指从西伯利亚克拉通到中朝-塔里木克拉通之间的宽泛造山区,由多个造山带组成。其显著特点是发育大量的岩浆岩(如,韩宝福等,1998,2006; Jahn *et al.*, 2000; Wu *et al.*, 2002; 夏林圻等, 2006),其中石炭-二叠纪岩浆岩极为发育,特别是北疆及邻区,从基性玄武岩到碱性花岗岩都分布广泛(如,刘家远等,1996; 陈汉林等,2006; 李锦轶等, 2006a; Dmitry *et al.*, 2007; Ao *et al.*, 2010),且与成矿关系密切(Hong *et al.*, 2003; 肖文交等, 2006; Pirajno *et al.*, 2008; Yang *et al.*, 2009)。同时,石炭-二叠纪也是中亚造山带形成演化的关键时期,其构造环境还有争论(肖序常等,1992; 何国琦等, 1994; Xiao *et al.*, 2004, 2008, 2010; 韩宝福, 2006; 李锦轶等, 2006b)。查明该地区石炭-二叠纪花岗岩的时空分布和成因特点对深入探讨大地构造演化具有重要意义。对此前人做了大量的工作,积累了大量的资料,对准噶尔地区石炭-二叠纪后碰撞花岗岩也

进行了初步总结(韩宝福等, 2006; 陈家福等, 2010)。本文收集了近年来发表的高精度锆石年龄,试图进一步分析总结北疆及邻区石炭-二叠纪花岗岩的时空分布特点,并结合相关岩浆岩的研究,探讨研究区石炭-二叠纪的构造属性,为探讨中亚造山带在该时期的构造环境提供依据。

1 区域地质基本概况和大地构造单元组成

北疆及邻区构造上可分为6个单元(李锦轶等, 2009),中部为准噶尔盆地,盆地周缘分别阿尔泰造山带、西准噶尔造山带、东准噶尔造山带、西天山造山带、东天山-北山造山带。有关准噶尔盆地的基底性质,尽管目前尚有不同的认识,但除石油钻孔中见到少量花岗岩,基本都被覆盖,不在本文讨论范围,在此仅就周缘的5个构造单元进行简要介绍。

阿尔泰造山带位于准噶尔盆地北侧,以额尔齐斯断裂带为界,由多个性质不同的块体组成,以红山嘴-诺尔特断裂、康布铁堡-库尔特断裂和额尔齐斯断裂带为界,可以简单地归为北、中、南阿尔泰(何国

琦等,1994;Li *et al.*,2003;Xiao *et al.*,2004)。北阿尔泰山体主要由中晚泥盆世火山岩(安山岩、英安岩等)和晚泥盆世—早石炭世火山—沉积岩组成。中阿尔泰山即中部块体主要由震旦纪—早古生代深变质岩系以及奥陶纪—二叠纪侵入岩组成,并可能有前寒武纪基底,具有微陆块的特点(Hu *et al.*,2000;Windley *et al.*,2002;Li *et al.*,2003;Xiao *et al.*,2004;Wang *et al.*,2006)。南阿尔泰山由古生代(志留纪—石炭纪)片麻岩和火山—沉积岩岩系组成。该造山带于晚前寒武纪晚期到早古生代早期为稳定大陆边缘阶段,大致从晚寒武纪开始发生俯冲、增生,其中,早古生代(奥陶纪—泥盆纪)为洋壳俯冲阶段,之后,可能发生碰撞造山作用(Windley *et al.*,2002;Wang *et al.*,2006;Sun *et al.*,2008;孙敏等,2009;汪涛等,2010),于石炭纪基本奠定了阿尔泰山带的构造格局(何国琦等,1994;Tong *et al.*,2010)。阿尔泰山发育的大量花岗岩主要形成于早古生代(董英等,2007;Yuan *et al.*,2007;Sun *et al.*,2008;孙敏等,2009;汪涛等,2010)。

西准噶尔造山带位于准噶尔盆地西侧,夹在额尔齐斯—斋桑缝合带与北天山缝合带之间,与阿尔泰山带和天山造山带相接,主要由一系列的增生杂岩带和古生代岩浆弧构成(Windley *et al.*,2007;Xiao *et al.*,2008;Han *et al.*,2010;Chen *et al.*,2010),发育多条古生代蛇绿混杂岩或蛇绿岩带(徐新等,2006;张元元等,2010)。尽管近年通过大量的锆石 U-Pb 年代学研究证实,西准噶尔地区早古生代花岗岩比较发育(Chen *et al.*,2010),但是晚古生代花岗岩占主体地位(Chen and Jahn,2004)。

东准噶尔北临阿尔泰山,南接东天山,向东沿入南蒙古,主要分布一套泥盆纪和石炭纪的凝灰质粉砂岩、火山岩、火山碎屑岩以及沉积地层,还有少量的二叠纪火山岩和志留纪地层(李锦轶,2004;毛启贵等,2008),其最典型的特征是发育两条北西—南东向展布的蛇绿岩带——扎河坝—阿尔曼太蛇绿岩带和卡拉麦里蛇绿岩带以及与这两条蛇绿带产出部位相一致的两条碱性岩带——乌伦古碱性岩带和卡拉麦里碱性岩带。锆石年代学研究表明,这两条蛇绿岩的形成时代均早于 370 Ma(简平等,2003;肖文交等,2006;张元元等,2010),而这两条碱性岩(A型花岗岩)带的岩体都形成于晚古生代(338~278 Ma)(表 1)。

西天山位于中亚造山带的西南缘,经历了复杂的增生造山过程,是哈萨克斯坦板块与塔里木克拉

通的汇聚带。西天山发育 4 条蛇绿带,南、北两条蛇绿岩带(北天山晚古生代蛇绿岩带、南天山晚古生代蛇绿岩带)将西天山与哈萨克斯坦板块和塔里木板块分隔开来,中天山北缘早古生代蛇绿混杂岩带和南天山南缘早古生代晚期—晚古生代早期蛇绿混杂岩带将西天山分为北天山、中天山、南天山 3 个块体。北天山主要由泥盆纪火山岩、火山碎屑岩、下石炭统安集海组灰绿色凝灰岩、火山熔岩、凝灰砂岩、灰岩夹层或透镜体,中石炭统巴音沟组浅海相类复理石砂泥质凝灰砂岩、砂岩、砾岩和晚泥盆世—早石炭世蛇绿混杂岩组成,构成俯冲增生杂岩系,向北叠瓦式推覆逆冲于准噶尔盆地之上;中天山(伊犁地块)主要为一套前寒武纪角闪岩相变质岩,以及石炭纪、二叠纪火山岩和沉积岩,一部分被中生代沉积物覆盖;南天山是中亚地区线性特征相对完好的构造带(李锦轶等,2009),主要由志留—泥盆系地层组成,前寒武系、寒武系—奥陶系仅有零星出露,古生界最为发育,沉积厚度巨大,火山岩稀少,海相沉积构成该区主体,以发育数条长达数百公里的高压—超高压变质带为特征(高俊等,2006)。西天山地区也与阿尔泰山一样发育大量的早古生代花岗岩,分布比较广泛,在中天山两侧相对较为发育(高俊等,2006;龙灵利等,2007),晚古生代花岗岩在西天山分布相对少些(图 1、表 1)。

东天山—北山是西伯利亚板块与塔里木克拉通的汇聚地区(李锦轶等,2002),东天山与北山基本上可以星星峡断裂为界,具有新元古代汇聚与裂解的明确反映,但全区主要以石炭纪火山—沉积岩为主,泥盆系分布于研究区中东部和西南部,大部分出露于阿齐克库都克—沙泉子断裂以北,总体为一套滨、浅海相火山—沉积岩系,分属不同的构造沉积相区。花岗岩从新元古代到中生代均有发育,但以晚古生代为主,新元古代花岗岩主要集在西南缘,早古生代花岗岩则主要分布于柳园地区,晚古生代花岗岩在全区大面积分布,中生代花岗岩则零星出露。

2 石炭—二叠纪花岗岩时空分布

由于 Rb-Sr、K-Ar、Ar-Ar 等方法易受后期热扰动的影响,其结果有时会多解,年龄意义需要仔细分析。近年来通过大量高精度的锆石 U-Pb 年代学研究,发现北疆及邻区一些岩体的形成时代应进行很大的修正,如阿尔泰山带发育的大量花岗岩,早期多被认为主体主要形成于晚古生代,近年来的锆

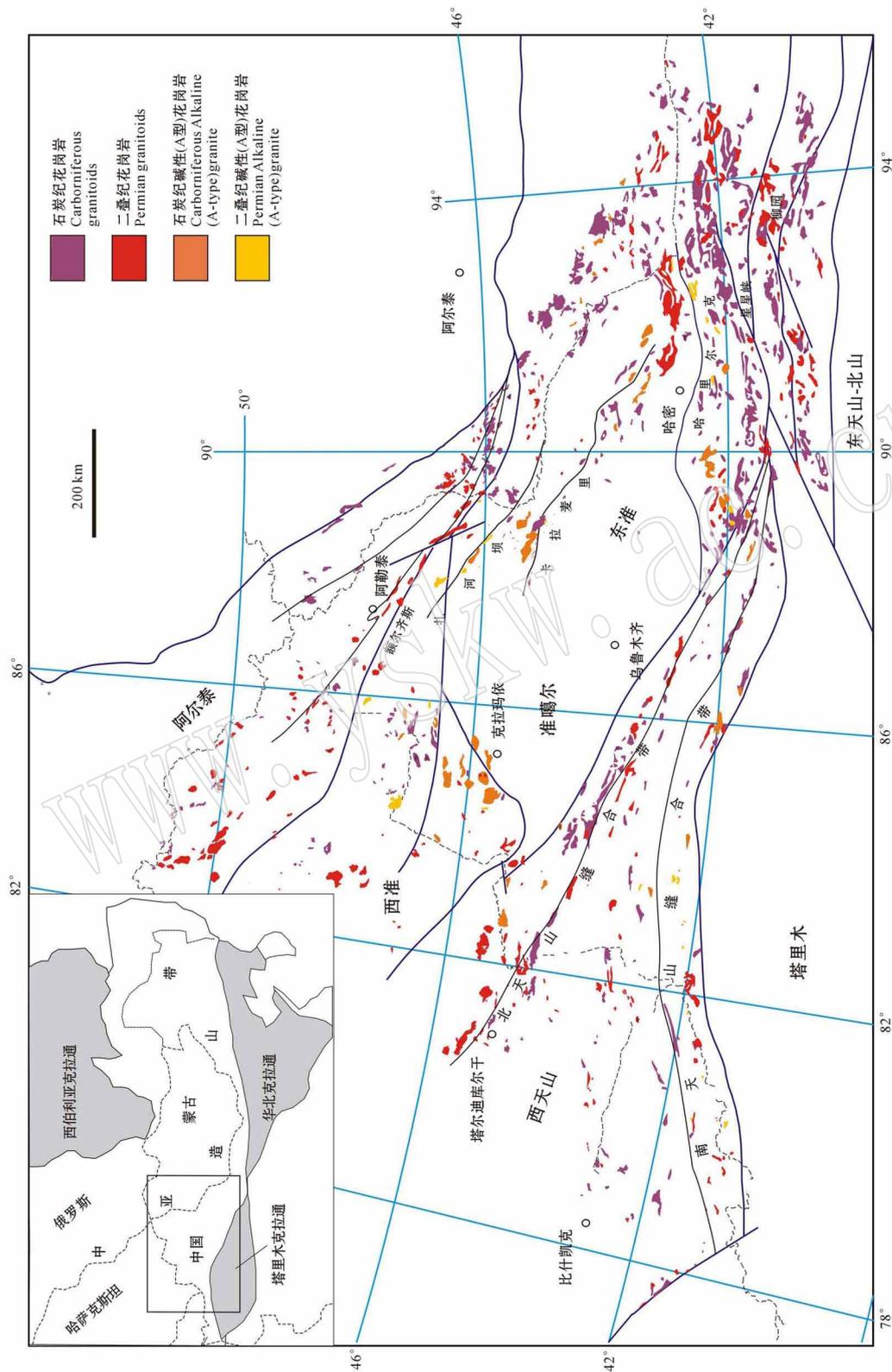


图 1 北疆及邻区石炭-二叠纪花岗岩分布图(构造分区据李锦铁等, 2009; 花岗岩根据 1:2 500 000 亚洲中部及邻区地质图(修编)

Fig. 1 Geological sketch map of Carboniferous-Permian granitoids in northern Xinjiang and its adjacent areas (tectonic division after Li Jinyi *et al.*, 2009; granitoids after 1:2 500 000 Geological Map of the Central Part of Asia and Adjacent Areas)

表 1 北疆及邻区石炭-二叠纪花岗岩年代学数据

Table 1 U-Pb ages of the Carboniferous-Permian granitoids in northern Xinjiang and its adjacent areas

岩体名称	岩性	年龄/Ma	年龄资料来源
阿尔泰			
1 哈腊苏铜矿区	蚀变石英二长斑岩	265.6 ± 3.7	薛春纪等(2010)
2 布尔津	斑状黑云母花岗岩	267 ± 6	本文
3 锡泊渡	肉红色二长花岗岩	267 ± 3	本文
4 大桥南	黑云母花岗岩	267 ± 5	本文
5 Gobi-Altai	花岗岩	271 ± 7	Kozakov 等(2007)
6 阿维滩	钾长石巨斑花岗岩	271 ± 2	本文
7 艾登布拉克	二长花岗岩	271 ± 5	本文
8 别拉库都克	花岗岩	273 ± 6	韩宝福等(2006)
9 Tan-Altai	花岗岩	274 ± 5	Kozakov 等(2007)
10 Tan-Altai(Khatan-khaikhan)	花岗岩	274 ± 6	Kozakov 等(2007)
11 富蕴	黑云母花岗岩	275 ± 2	董英等(2006a)
12 沙尔布拉克南	二云母花岗岩	275.1 ± 1.7	孙桂华等(2009)
13 喇嘛昭(康布铁堡)	黑云母二长花岗岩	276 ± 9	王涛等(2005)
14 可可托海 3 号脉	伟晶岩脉	277 ± 6	Wang 等(2007)
15 额尔齐斯挤压带	花岗岩	278 ± 7	Briggs 等(2007)
16 青河	花岗质片麻岩	281 ± 3	胡霏琴等(2006)
17 冲乎尔南	伟晶岩脉	281 ± 10	孙敏等(2009)
18 富蕴	黑云母花岗岩	281 ± 5	董英等(2006a)
19 玛因鄂博	花岗质糜棱岩	281 ± 4	周刚等(2007a)
20 口岸	钾长花岗岩	282 ± 2	刘家远等(1996)
21 玛因鄂博	黑云母花岗岩	283 ± 4	周刚等(2007b)
22 塔克什肯口岸	正长岩(A 型)	286 ± 1	董英等(2006b)
23 Tessel Block	(变质)花岗闪长岩	289.2 ± 2.3	Helo 等(2006)
24 阿舍勒	花岗闪长岩	318 ± 6	Yuan 等(2007)
25 Nenegt-Uul	(变质)花岗岩	318.6 ± 3	Helo 等(2006)
26 布尔根	黑云母二长花岗岩	343 ± 3	本文
27 Erdrengiyin-Nuruu Range	黑云角闪石英英闪长岩	348 ± 1	Yarmolyuk 等(2008)
28 塔尔浪	片麻状二云母花岗岩	355 ± 5	孙敏等(2009)
29 布尔根	碱性花岗岩(A 型)	358 ± 4	Tong 等(2010)
30 塔尔浪	花岗闪长岩	359 ± 5	Yuan 等(2007)
31 富蕴	片麻状黑云母花岗岩	359 ± 5	Yuan 等(2007)
西准噶尔			
1 和布克塞尔凹陷	花岗岩	263 ± 6	Chen 等(2010)
2 和布克塞尔凹陷	花岗岩	281 ± 4	Chen 等(2010)
3 塔尔根	钾长花岗岩	287 ± 6	韩宝福等(2006)
4 阿克巴斯套	钾长花岗岩	290 ± 8	韩宝福等(2006)
5 吾尔喀什尔	钾长花岗岩	290 ± 4	Chen 等(2010)
6 恰其海	碱长花岗岩(A 型)	290.7 ± 9.3	周涛发等(2010)
7 阿拉套山	花岗岩	292.4 ± 4.9	刘志强等(2005)
8 庙儿沟	紫苏花岗岩	296 ± 3	Geng 等(2009)
9 阿克巴斯塔乌	碱长花岗岩	296 ± 7	Geng 等(2009)
10 克拉玛依	碱长花岗岩(铝质 A 型)	296 ± 4	苏玉平等(2006a)
11 阔依塔斯	碱长花岗岩(A 型)	297.9 ± 4.6	周涛发等(2006)
12 庙儿沟	碱长花岗岩	298 ± 4	Geng 等(2009)
13 阿拉套山	花岗岩	298.4 ± 5.7	刘志强等(2005)
14 托斯特	花岗岩	299 ± 4	韩宝福等(2006)
15 多拉那勒	闪长岩	300 ± 4	韩宝福等(2006)
16 红山	碱长花岗岩(铝质 A 型)	301 ± 4	苏玉平等(2006a)
17 哈图	黑云母钾长花岗岩	302 ± 4	韩宝福等(2006)
18 吾尔喀什尔	钾长花岗岩	302 ± 2	Chen 等(2010)
19 喀尔交	钾长花岗岩	302.6 ± 7.6	Zhou 等(2008)

续表 1-1

Continued Table 1-1

岩体名称	岩性	年龄/Ma	年龄资料来源
20 塔城	黑云母钾长花岗岩	303 ± 4	韩宝福等(2006)
21 阿克巴斯套	碱长花岗岩(铝质 A 型)	303 ± 3	苏玉平等(2006a)
22 吾尔喀什尔	钾长花岗岩	304 ± 2	Chen 等(2010)
23 庙儿沟	紫苏花岗岩	305 ± 5	Geng 等(2009)
24 庙儿沟	紫苏花岗岩	305 ± 3	Geng 等(2009)
25 阿克巴斯塔乌	碱长花岗岩	305 ± 4	Geng 等(2009)
26 庙儿沟	碱长花岗岩(铝质 A 型)	305 ± 2	苏玉平等(2006a)
27 庙儿沟	花岗岩(A 型)	306 ± 8.8	高山林等(2006)
28 庙儿沟	碱长花岗岩	308 ± 6	Geng 等(2009)
29 克拉玛依北	花岗岩	308 ± 7	韩宝福等(2006)
30 铁厂沟	黑云母钾长花岗岩	308 ± 4	韩宝福等(2006)
31 包古图斑岩铜矿	花岗闪长岩	311.4 ± 3.3	刘玉琳等(2009)
32 扎斯喀拉依	石英闪长岩	315 ± 5	陈晔等(2006)
33 克拉玛依	花岗岩(I 型)	316.7 ± 3.6	高山林等(2006)
34 阿克巴斯套	花岗岩(A 型)	318 ± 29	高山林等(2006)
35 克拉玛依南	花岗岩	318 ± 5	韩宝福等(2006)
36 萨吾尔	钾长花岗岩	321 ± 5	Chen 等(2010)
37 沃肯萨拉	二长花岗岩	323.8 ± 6.2	袁峰等(2006)
38 沃肯萨拉	二长花岗岩	323.8 ± 6.2	Zhou 等(2008)
39 库孜塔乌	花岗闪长岩	325 ± 4	韩宝福等(2006)
40 塔尔巴哈台	钾长花岗岩	325 ± 3	Chen 等(2010)
41 庙儿沟	花岗岩	327 ± 7	韩宝福等(2006)
42 森塔斯	二长花岗岩	328.2 ± 5.7	袁峰等(2006)
43 森塔斯	二长花岗岩	328.2 ± 5.7	Zhou 等(2008)
44 塔尔巴哈台	花岗闪长岩	332 ± 3	Chen 等(2010)
45 塔尔巴哈台	花岗闪长岩	332 ± 3	Chen 等(2010)
46 塔尔巴哈台	辉石闪长岩	333 ± 2	Chen 等(2010)
47 塔斯特	二长花岗岩	337 ± 4	范裕等(2007)
48 和丰	黑云母钾长花岗岩	338 ± 4	韩宝福等(2006)
49 塔尔巴哈台	二长花岗岩	346 ± 3	Chen 等(2010)
东准噶尔			
1 也布山	花岗岩	268 ± 4	韩宝福等(2006)
2 别拉格库都克	花岗岩	273 ± 6	韩宝福等(2006)
3 白坡南	正长花岗岩(A 型)	278 ± 2	郭芳放等(2008)
4 二台北	晶洞碱性花岗岩(A 型)	279 ± 3	本文
5 贝勒库都克	黑云母正长花岗岩	284	李永军等(2009)
6 大加山	碱性花岗岩(A 型)	284.4 ± 0.7	毛启贵等(2008)
7 库布苏南	花岗闪长岩	287 ± 2	闫存兴等(2008)
8 库布苏	花岗闪长岩	287 ± 2	杨高等(2009a)
9 哈旦逊杂岩体	二长岩	289.5 ± 3.6	周刚等(2009)
10 老鸦泉	钾长花岗岩	292 ± 7	韩宝福等(2006)
11 苏吉泉	黑云母花岗岩	292.6	刘家远等(1996)
12 苏吉泉	钾长花岗岩	295 ± 5	韩宝福等(2006)
13 小红山	钾长花岗岩	296 ± 4	韩宝福等(2006)
14 野马泉	花岗闪长岩	297 ± 6	甘林等(2010)
15 野马泉	二长花岗岩	298 ± 2	甘林等(2010)
16 二台北	花岗闪长岩	299.3 ± 8.7	李宗怀等(2004)
17 红土井子-喀默斯特	花岗闪长岩-花岗岩	300	Hopson 等(1989)
18 野马泉	二长花岗岩	300 ± 2	甘林等(2010)
19 黄羊山	碱性花岗岩(A 型)	302 ± 2	苏玉平等(2008)
20 苏吉泉	黑云母花岗岩(铝质 A 型)	304 ± 2	苏玉平等(2006b)
21 野马泉	碱长花岗岩	304 ± 3	甘林等(2010)

续表 1-2

Continued Table 1-2

岩体名称	岩性	年龄/Ma	年龄资料来源
22 贝勒库都克	碱性花岗岩(A型)	306±5	李月臣等(2007)
23 萨北	碱性花岗岩(A型)	306±3	唐红峰等(2007)
24 黄羊山	碱性花岗岩(A型)	310±4	苏玉平等(2008)
25 黄羊山	碱性花岗岩(A型)	311±12	杨高等(2009b)
26 乌伦古河恰库尔图	碱性花岗岩(A型)	311.2±2.5	本文
27 恰库尔图	碱性花岗岩(A型)	312±5	韩宝福等(2006)
28 红土井子	黑云母花岗岩	312.2	刘家远等(1996)
29 萨北锡矿	钠铁闪石花岗岩(A型)	313±2	林锦富等(2007)
30 萨北	碱性花岗岩(A型)	313	刘家远等(1996)
31 贝勒库都克	黑云母花岗岩	313	刘家远等(1996)
32 塞铁列克	碱性花岗岩(A型)	314±2	刘家远等(1996)
33 萨北锡矿	钠铁闪石花岗岩(A型)	314±5	林锦富等(2007)
34 乌伦古河恰库尔图	碱性花岗岩(A型)	314.2±5.2	本文
35 红土井子-喀默斯特	英云闪长岩-奥长花岗岩	316	Hopson 等(1989)
36 黄羊山	碱性花岗岩(A型)	317.7	刘家远等(1996)
37 二台	钾长花岗岩	319±7	韩宝福等(2006)
38 萨尔铁列克	碱性花岗岩(A型)	320	刘家远等(1996)
39 塔斯嘎克	钾长花岗岩	323	刘家远等(1996)
40 白坡南	钾长花岗岩(A型)	338.3±4.3	郭芳放等(2008)
西天山			
1 南天山买来	二云母钾长花岗岩	258.4±3	张招崇等(2010)
2 南天山	碱长花岗岩	259.9±2.6	姜常义等(1999)
3 南天山霍什布拉克	碱长花岗岩	261.5±2.7	杨富全等(2001)
4 南天山	碱长花岗岩	264.6±1.2	姜常义等(1999)
5 西天山博罗霍努	钾长花岗岩(A型)	266±6	Wang 等(2007)
6 中北天山天格尔地区	碱长花岗岩	269.7±0.7	王居里等(2009)
7 南天山伊兰里克	黑云霞石歪长伟晶岩(A型)	273	刘楚雄等(2004)
8 西南天山巴雷公	花岗岩	273±2	王超等(2007)
9 南天山黑英山克其果勒	霓霞正长岩(A型)	275	刘楚雄等(2004)
10 南天山塔里木西	黑云霓辉花岗岩(A型)	275	刘楚雄等(2004)
11 南天山阔什布拉克	钾长花岗岩	275.4±2.8	罗金海等(2010)
12 吉尔吉斯天山 Kok-kiya	淡色花岗岩(A型)	279±3	Dmitry 等(2007)
13 吉尔吉斯天山 Uch-koshkon	淡色花岗岩(A型)	279±8	Dmitry 等(2007)
14 南天山川乌鲁	正长岩—二长岩	280	黄河等(2010)
15 西天山博罗霍努	钾长花岗岩	280±5	Wang 等(2007)
16 吉尔吉斯天山 Mudryum	淡色花岗岩(A型)	281±2	Dmitry 等(2007)
17 西天山阿吾拉勒阔尔库岩基	正长花岗岩(A型)	281±9	李永军等(2007)
18 南天山	花岗岩	284.4±1.5	姜常义等(1999)
19 南天山黑英山	花岗岩	285±4	Long 等(2008)
20 北天山阿拉套山博乐地区北部岩体	钾长质花岗岩脉	285±13	刘志强等(2005)
21 西天山博罗霍努	黑云母花岗岩(A型)	285.3±7.3	Wang 等(2007)
22 中天山哈希勒根大坂	黑云母花岗岩	286.8±0.8	徐学义等(2006a)
23 吉尔吉斯天山 Maidandir	花岗岩(A型)	288.6±6.3	Dmitry 等(2009)
24 西天山达巴特	花岗斑岩(A型)	289±2	唐功建等(2008)
25 吉尔吉斯天山 Terekty	花岗岩(I型)	291±5	Dmitry 等(2009)
26 吉尔吉斯天山 Ak-shiyrak	黑云母角闪花岗岩(A型)	292±3	Dmitry 等(2009)
27 西天山西段乌什布拉克	含黑云母花岗岩闪长岩	292±3	代文军等(2006)
28 北天山阿拉套山博乐地区南部岩体	花岗岩	292.4±4.9	刘志强等(2005)
29 北天山哈拉套山乌拉斯台	花岗闪长岩	294±4	陈必河等(2007)
30 吉尔吉斯天山 Terekty	花岗岩(I型)	294±5.3	Dmitry 等(2009)
31 西天山博罗霍努	黑云母花岗岩	294±4	王博等(2007)
32 西天山博罗霍努	黑云母花岗岩	294±7	Wang 等(2007)

续表 1-3

Continued Table 1-3

岩体名称	岩性	年龄/Ma	年龄资料来源
33 吉尔吉斯天山 Inylchek clesisty	花岗岩(I型)	295.3±4.4	Dmitry 等(2009)
34 中天山白石头泉	花岗岩	295.6±1.3	刘四海等(2008)
35 吉尔吉斯天山 Djangart	黑云母角闪花岗岩(A型)	296±4	Dmitry 等(2007)
36 南天山额尔宾山盲起苏	似斑状花岗岩闪长岩	296.9±5.4	朱志新等(2008)
37 南天山	闪长岩	298.2	姜常义等(1999)
38 北天山哈拉套夏尔熬腊	黑云母二长花岗岩	299±6	陈必河等(2007)
39 吉尔吉斯天山 Tashkoro	含角闪石花岗岩(I型)	299±4	Dmitry 等(2009)
40 南天山额尔宾山盲起苏	花岗闪长岩	304.2±11.6	朱志新等(2006)
41 西天山博罗科努	闪长岩	308.2±5.4	朱志新等(2006)
42 西天山阿吾拉勒	正长岩	311.9±2.5	Sun 等(2008)
43 南天山巴什索贡	霓辉角闪正长岩(A型)	313	刘楚雄等(2004)
44 北天山四棵树	花岗岩	315.9±2.5	Han 等(2010)
45 西天山达巴特	英安斑岩	316±6	王志良等(2006)
46 北天山博乐科克赛	花岗闪长斑岩	317±6	张玉萍等(2008)
47 西天山达巴特	花岗斑岩	317±8	王志良等(2006)
48 北天山巴音沟	斜长花岗岩	324.8±7.1	徐学义等(2006b)
49 中天山 314 国道	石英闪长岩	327	徐学义等(2005)
50 西天山阿吾拉勒阔尔库岩基	花岗岩	331±6	李永军等(2007)
51 西天山莱历斯高尔钼矿	二长闪长斑岩	346±1.2	张东阳等(2009)
52 中天山昭苏煤矿	花岗闪长岩	348.4±0.8	徐学义等(2006a)
53 中天山 314 国道	花岗闪长岩	349	徐学义等(2005)
54 中天山霍城县果子沟	角闪花岗岩	351.9±1.6	徐学义等(2006a)
55 中天山东段沙尔布拉克	含电气石和石榴石的淡色花岗岩(过铝)	354±16	郭召杰等(2007)
56 西天山 3571 铜矿	二长闪长斑岩	354±0.7	张东阳等(2009)
东天山—北山			
1 东天山觉罗塔格地区双岔沟	花岗闪长岩	252.4±2.9	周涛发等(2010)
2 东天山鄯善	钾长花岗岩	252.7±7	李文明等(2002)
3 东天山咸水泉	片麻状花岗岩	254±10	唐俊华等(2007)
4 东天山黄山南	白云母花岗岩(过铝)	259.9±1	唐俊华等(2007)
5 东天山觉罗塔格地区陇东	二长花岗岩	261	李永军等(2007)
6 东天山彩霞山东	石英闪长岩	267.8±1.6	任燕等(2006)
7 东天山克孜尔塔格	花岗闪长岩	271.6±1.6	李少贞等(2006)
8 东天山觉罗塔格地区多头山	钾长花岗岩	271.7±5.5	周涛发等(2010)
9 东天山图拉尔根沟	二云母花岗岩(过铝)	275.4±8.3	唐俊华等(2008)
10 东天山觉罗塔格地区陇东	二长花岗岩	276.2±2.5	周涛发等(2010)
11 东天山三岔口	斜长花岗斑岩	278±4	李华芹等(2004)
12 东天山觉罗塔格地区红石	花岗岩	282.7±4.2	周涛发等(2010)
13 东天山赤湖	斜长花岗岩	283.5±3.5	李文明等(2002)
14 东天山土屋	斜长花岗斑岩	283.5	任秉琛等(2002)
15 东天山伊吾	碱长花岗岩	284±1.1	汪传胜等(2010)
16 东天山觉罗塔格地区管道	花岗斑岩	284.1±5.8	周涛发等(2010)
17 东天山觉罗塔格地区白山东	花岗岩	284.5±4.5	周涛发等(2010)
18 东天山伊吾	二长花岗岩	284.6±1.4	汪传胜等(2010)
19 东天山骆驼峰	钾长花岗岩	285.8±6.8	李文明等(2002)
20 东天山觉罗塔格地区石英滩	钾长花岗岩	287±3	李华芹等(1998)
21 东天山觉罗塔格地区迪坎	似斑状钾长花岗岩	288±2.5	周涛发等(2010)
22 东天山觉罗塔格地区黄山	钾长花岗岩	288±17	周涛发等(2010)
23 东天山赤湖	斜长花岗岩	292.1±3.5	李文明等(2002)
24 东天山土屋	斜长花岗斑岩	292.1±3.5	任秉琛等(2002)
25 东天山库姆塔格沙垄东	二长花岗岩	293.1±6.1	张晓梅等(2006)
26 东天山哈尔里克小铺	片麻状角闪石黑云母花岗岩	293.8±3.3	赵明等(2002)
27 东天山哈尔里克茨茨台	片麻状黑云母花岗岩	296.3±3.5	赵明等(2002)

续表 1-4

Continued Table 1-4

岩体名称	岩性	年龄/Ma	年龄资料来源
28 东天山维权矿	花岗岩	297 ± 3	王龙生等(2005)
29 东天山八大石	二长花岗岩	298 ± 2	汪传胜等(2009)
30 东天山土屋	斜长花岗岩	301 ± 13	李文明等(2002)
31 东天山大盐池西	闪长岩	303 ± 15	王德贵等(2006b)
32 东天岩觉罗塔格地区白石泉	钾长花岗岩	303 ± 18	周涛发等(2010)
33 东天山哈尔里克山	片麻状黑云母花岗岩	311 ± 9	孙桂华等(2009)
34 东天山大南湖	二长花岗岩	312.6 ± 8	李文明等(2002)
35 东天山彩中	黑云母二长花岗岩	316 ± 4	李文铅等(2006)
36 东天山哈尔里克	闪长岩	316 ± 3	孙桂华等(2005)
37 东天岩觉罗塔格地区百灵山	花岗闪长岩	317.7 ± 3.7	周涛发等(2010)
38 东天山阿克库都克南侧	花岗岩	318 ± 5	孙桂华等(2006)
39 东天岩觉罗塔格地区天目	钾长花岗岩	320.3 ± 3.1	周涛发等(2010)
40 东天山土屋	斜长花岗岩斑岩	321	徐学义等(2005)
41 东天山赤湖铅铜矿区	斜长花岗岩斑岩	322 ± 10	吴华等(2006)
42 东天山大盐池东	花岗闪长岩	323 ± 5.9	王德贵等(2006a)
43 东天山红云滩	花岗闪长岩	328.5 ± 9.3	吴昌志等(2006)
44 东天山延东	斜长花岗岩斑岩	333 ± 4	陈富文等(2005)
45 东天山土屋	花岗岩斑岩	333 ± 2	刘德权等(2003)
46 东天山土屋	斜长花岗岩斑岩	334 ± 3	陈富文等(2005)
47 东天岩觉罗塔格地区长条山	石英闪长岩	337.4 ± 2.8	周涛发等(2010)
48 东天岩觉罗塔格地区石英滩	钾长花岗岩	342 ± 11	周涛发等(2010)
49 东天岩觉罗塔格地区西凤山	钾长花岗岩	349 ± 3.4	周涛发等(2010)
50 东天山阿克库都克南侧	花岗闪长岩	350 ± 7	孙桂华等(2006)
51 中天山东段沙尔布拉克	含电气石和石榴石的淡色花岗岩(过铝)	354 ± 16	郭召杰等(2007)
52 东天山克孜尔卡拉萨依	二长花岗岩	357.3 ± 6.2	宋彪等(2002)
53 北山大红山	钾长花岗岩	265	本文
54 北山雀儿山	二长花岗岩	273	本文
55 北山雀儿山	二长花岗岩	274	本文
56 北山长流水	钾长花岗岩	275	本文
57 北山黑山梁	二长花岗岩	279	本文
58 北山小西弓	花岗闪长岩	294	本文
59 北山雀儿山	二长花岗岩	299	本文
60 北山明水	二长花岗岩	300	本文
61 北山460金矿	角闪斜长花岗岩	303	崔惠文等(1996)
62 北山雀儿山	英云闪长岩	304	本文
63 北山明水南	花岗闪长岩	312	本文
64 北山白墩子	白云母花岗岩	313	本文

石年代学研究表明其主体是早古生代花岗岩(肖庆辉等 2009)。因此,本文仅依据发表的大量锆石 U-Pb 年龄数据进行统计分析。

2.1 阿尔泰

初步统计分析显示,阿尔泰石炭-二叠纪花岗岩相对较少,尤以石炭纪花岗岩最少,其中少量的早石炭世花岗岩分布于布尔根和塔尔浪地区,岩性包括黑云母花岗岩、二云母花岗岩、花岗闪长岩(Yuan *et al.*, 2007),时代在集中 359~343 Ma,同时在布尔根也有典型的含钠铁闪石的碱性花岗岩(358 Ma)出露(Tong *et al.*, 2010)。晚石炭世出现一个明显的

岩浆宁静期(图 2),与之相对的二叠纪花岗岩则很发育,不仅分布于造山带南缘,如布尔津、锡泊渡、富蕴、塔克什肯口岸、玛因鄂博等岩体(童英等, 2006a, 2006b;周刚等, 2007a, 2007b),也在造山带内部有所分布,如阿维滩、喇嘛昭岩体(王涛等, 2005),但岩体都较小,分布面积有限,除几个分布在额尔齐斯断裂带内的岩体发生变形外,如富蕴南部的线性变形岩体(童英等, 2006a; Briggs *et al.*, 2007; 孙桂华等, 2009),玛因鄂博糜棱岩(周刚等, 2007a),基本不变形,多呈不规则圆形、椭圆形,多切割区域构造线,如喇嘛昭岩体(王涛等, 2005),塔克什肯口岸岩体(童英等, 2006b),

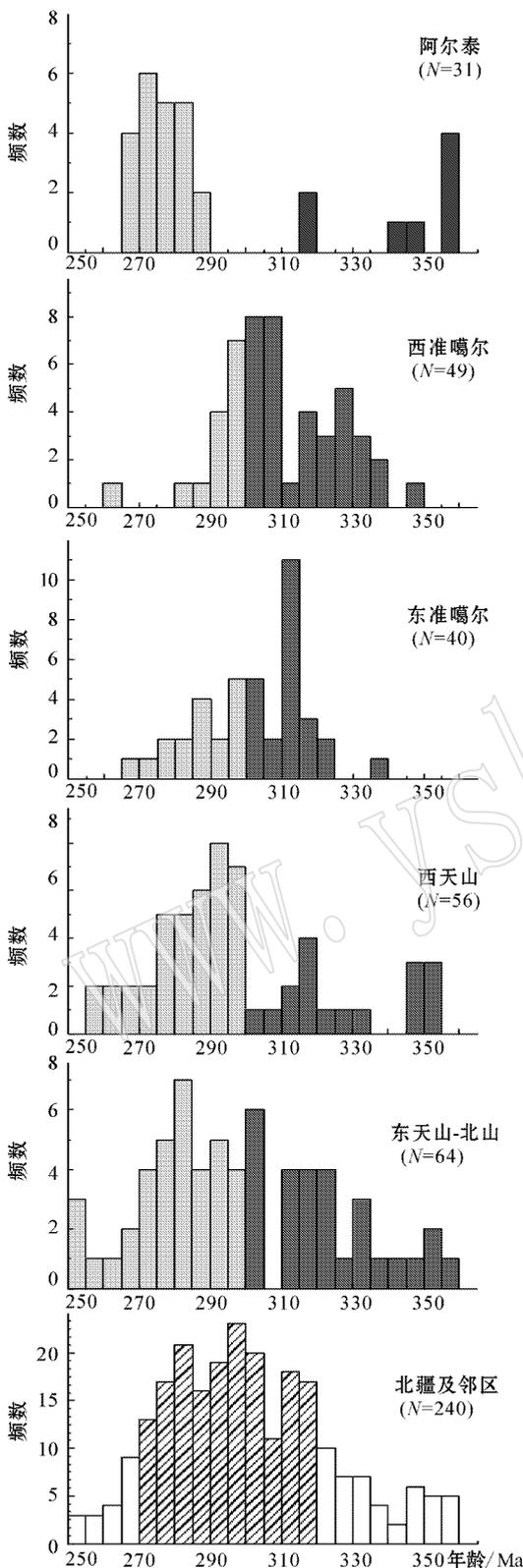


图 2 北疆及邻区石炭-二叠纪花岗岩年代统计直方图(数据来源依据表 1)

Fig. 2 Age histogram of the Carboniferous-Permian granitoids in northern Xinjiang and its adjacent areas (data sources after Table 1)

这些岩体形成时代非常集中(289~266 Ma), 峰期在 281~271 Ma(图 2), 主要岩石类型包括二长花岗岩、石英二长岩、伟晶岩、正长岩等(表 1), 以 I-A 过渡型、A 型为主(表 1), A 型花岗岩分布于造山带东南缘, 而 I-A 过渡型则分布广泛(王涛等 2010)。

2.2 西准噶尔

西准噶尔石炭-二叠纪花岗岩体相对较大, 数量也比较多, 形成时代可以分为早石炭世(340~320 Ma)和晚石炭世-早二叠世(310~290 Ma)两期, 后一期较强, 之后岩浆活动明显减弱。早石炭世花岗岩(340~320 Ma)主要分布在本区的扎尔玛、萨吾尔、塔尔巴哈台、森塔斯等地区(Chen *et al.*, 2010), 包括沃肯萨拉、朱青山、布尔干、阿布都拉、活吉尔、萨吾尔、拉斯特等岩体(袁峰等, 2006; 陈家福等, 2010), 分布面积有限, 主要岩石类型包括二长闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩以及钾长花岗岩, 基本都是 I 型(陈家福等, 2010); 晚石炭世-早二叠世(310~290 Ma)在西准噶尔最为发育, 遍布西准噶尔及邻区, 集中发育于 308~296 Ma(Geng *et al.*, 2009; Chen *et al.*, 2010), 岩石类型多样, 包括石英闪长岩、钾长花岗岩、紫苏花岗岩、碱长花岗岩等, 以钾长花岗岩为主, 大量的 A 型花岗岩特别是铝质 A 型花岗岩在该时期集中发育, 时代在 300 Ma 左右(周涛发等, 2006; 苏玉平等, 2006a), 在全区都有分布, 不呈分带性, 这是西准噶尔区别于其他单元的一个重要特征, 显示其特殊性。目前, 本地区晚二叠世花岗岩数据很少, 仅和布克塞尔凹陷中一个花岗岩的时代为 263 Ma(Chen *et al.*, 2010)。

2.3 东准噶尔

东准噶尔地区石炭-二叠纪花岗岩, 基本上是沿扎河坝-阿尔曼太、卡拉麦里两条断裂带展布, 形成时代与西准噶尔的两阶段以及阿尔泰的晚石炭世间断明显不同, 除白坡南钾长(A 型)花岗岩(338.3 Ma, 郭芳放等, 2008)和塔斯嘎克钾长花岗岩(323 Ma, 刘家远等, 1996)形成于早石炭世外, 其他岩体形成时代从晚石炭世一直延续到早二叠世(320~268 Ma, 图 2), 时长约为 50 Ma, 峰期在 315~310 Ma, 在 305~295 Ma 也出现一个小的峰值, 与西准噶尔区别较为明显(图 2)。碱性(A 型)花岗岩在本区非常发育, 在各个时间段内都有产出, 不仅有像苏吉泉这样的铝质 A 型花岗岩(苏玉平等, 2006b), 更重要的是发育以乌伦古(韩宝福等, 2006)、萨北(唐红峰等, 2007)、黄羊山(苏玉平等, 2008)为代表的大

规模典型碱性花岗岩(表1),一些岩体显示出典型的晶洞构造,如二台北及大加山晶洞碱性花岗岩。这是东准噶尔区别于其他单元的一个重要特征,虽然碱性花岗岩多沿南、北两条断裂带分布,但是时间上并没有显示出分带性,整个区域显示出一致性,指示的应该是一种持续的伸展。

2.4 西天山

西天山地区石炭-二叠纪花岗岩较为发育,主要以二叠纪为主,石炭纪相对较少(张招崇等,2010)。根据现有的锆石 U-Pb 年代学数据,基本上可以分为3期:早石炭世早期(355~345 Ma)、早石炭世晚期—晚石炭世(335~300 Ma)和二叠纪(300~255 Ma)。早石炭世早期花岗岩主要分布在中天山伊犁地块北侧,包括昭苏花岗闪长岩、果子沟角闪花岗岩(徐学义等,2006a),以及赋矿的莱历斯高尔钼矿二长闪长斑岩、3517铜矿二长闪长斑岩(张东阳等,2009)等I型花岗岩;早石炭世晚期—晚石炭世(335~305 Ma)花岗岩主要沿北天山缝合带展布,在南天山也有分布,不仅发育像阿吾拉勒阔尔库石英闪长岩(李永军等,2007)、314国道石英闪长岩(徐学义等,2005)、达巴特花岗斑岩(王志良等,2006)等岩体,重要的是发育4个具有典型意义的岩体,分别为巴音沟蛇绿岩侵位于辉长岩中的斜长花岗岩(324.8±7.1 Ma,徐学义等,2006b)、形成于北天山蛇绿混杂岩之后的“钉合岩体”四棵树花岗闪长岩(315.9±2.5 Ma, Han *et al.*, 2010)以及南天山巴什索贡辉角闪正长岩(313 Ma, 刘楚雄等,2004)和西天山阿吾拉勒正长岩(311.9±2.5 Ma, Sun *et al.*, 2008)。二叠纪(300~255 Ma)花岗岩浆活动在西天山最为强烈,特别是早二叠世花岗岩(300~270 Ma)最为发育(姜常义等,1999;张招崇等,2010),岩石类型包括黑云母角闪花岗岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、钾长花岗岩、黑云母花岗岩等I型花岗岩,主要是碱性(A型)花岗岩,这些二叠纪碱性(A型)花岗岩呈带状分布分布于南天山地区,包括中国境内的南天山以及吉尔吉斯境内的南天山都很发育(刘楚雄等,2004; Dmitry *et al.*, 2007; 黄河等,2010),在博罗霍努地区也有分布。这些碱性(A型)花岗岩的形成时代集中280Ma左右(Wang *et al.*, 2007)(表1)。

2.5 东天山-北山地区

东天山-北山是北疆及邻区石炭-二叠纪花岗岩最为发育的地区,无论是东天山,还是北山都很发育,不仅岩体数量多,分布面积也广,呈面状分布,不

具有空间分布带性,类似一个“花岗岩海”(图1)。东天山-北山地区的花岗岩可以分为4期,集中在335~310 Ma和305~270 Ma。第1期(355~325 Ma)花岗岩在北山尚未见报道,主要分布在吐哈盆地南缘东天山觉罗塔格、土屋-延东地区,呈近东西向带状分布,主要包括克孜尔卡拉萨依二长花岗岩(宋彪等,2002)、阿其克库都克南侧以及红云滩花岗闪长岩(孙桂华等,2006;吴昌志等,2006)、石英滩、西凤山钾长花岗岩、长条山石英闪长岩(周涛发等,2010)等,重要的是在吐鲁番地区底尔坎南的沙尔布拉克发育特征的具有指示意义的过铝质含电气石和石榴石淡色花岗岩(354±16Ma,郭召杰等,2007)。第2期(335~310 Ma)花岗岩除在东天山北部的哈尔里克山以及北山明水和白墩子有少量分布且时代较晚以外(孙桂华等,2005),主要沿土屋、延东斑岩型成矿带分布,包括赤湖钼铜矿、土屋、延东铜矿花岗斑岩(刘德权等,2003;徐学义等,2005;陈富文等,2005)、彩中黑云母(李文铅等,2006)二长花岗岩、红云滩、大盐池东、百灵山花岗闪长岩(王德贵等,2006b;吴华等,2006;周涛发等,2010)等。第3期(305~270 Ma)花岗岩在东天山-北山地区最为强烈,遍布全区,在东天山及北山的大部分地区都有分布,岩石类型不仅包括斜长花岗岩、二长花岗岩、石英闪长岩、钾长花岗斑岩这些典型的I型花岗岩,二云母花岗岩(铝质S型)花岗岩也有出露(唐俊华等,2008)。第4期(270~250 Ma)花岗岩在东天山觉罗塔格地区、黄山南、咸水泉以及北山的大红山等地区有所分布,主要岩石类型包括二长花岗岩、钾长花岗岩、花岗闪长岩以及白云母花岗岩(过铝)(李文明等,2002;唐俊华等,2007;李永军等,2007;唐俊华等,2008;周涛发等,2010)。碱性(A型)花岗岩目前尚未见到明确的报道,在二叠纪出现过铝质S型花岗岩这是东天山区别于其他单元的一个特征(表1)。

从以上分析可以看出,总体上北疆及邻区石炭-二叠纪花岗岩可以分为3期:早石炭世(359~320 Ma)、晚石炭世—早二叠世(320~270 Ma)和晚二叠世(270~252 Ma),不同单元石炭-二叠纪花岗岩浆活动不尽相同。即使是相邻两个区域也表现不一,东、西准噶尔花岗岩则主要形成于330~290 Ma,而阿尔泰330~290 Ma花岗岩很少,290~270 Ma花岗岩大量发育,天山则在整个二叠纪都较发育,延续时间较长。同时,不同单元的岩浆性质也有所区别,如东、西准噶尔虽然都发育大量晚石炭世—早二叠

世的 A 型花岗岩,但西准噶尔以铝质 A 型花岗岩为主,东准噶尔却主要是碱性花岗岩。另外,除了西天山花岗岩略微显示出由北向南变新的趋势外,整个北疆及邻区并未显示出明显的由北向南岩浆活动由老变新的趋势,特别是二叠纪整个区域展现出同步性,碱性(A型)花岗岩浆活动也在这个时期集中发育,在时间上不具有分带性,表现出区域一致性(图 2、图 3)。

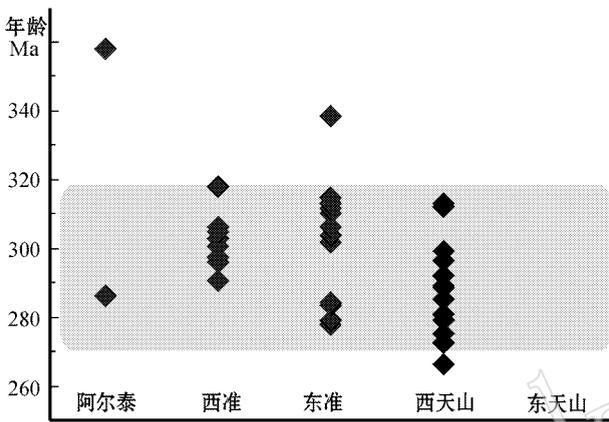


图 3 北疆及邻区不同单元碱性(A型)花岗岩时代对比

Fig. 3 Age comparison of the alkaline(A-type) granitoids in northern Xinjiang and its adjacent areas

3 石炭—二叠纪花岗岩的构造意义探讨

北疆及邻区位于中亚造山带西南缘,作为西伯利亚板块与塔里木板块俯冲、碰撞、拼合最终地带,具有独特的构造演化特征(肖文交等,2006)。对北疆地区的古亚洲洋最终关闭时间的认识长期以来一直存在争议,既有晚古生代(肖序常等,1992;何国琦等,1994;Xiao *et al.*,2004)、三叠纪(张立飞等,2005)、晚石炭世—早二叠世(郝杰等,1993),也有石炭纪(韩宝福等,2006),肖文交等(2006)则认为新疆北部在晚石炭世—二叠纪仍然可能还存在活动陆缘,古亚洲洋南部的最终闭合的时间可能在二叠纪。本文对石炭—二叠纪花岗岩时空分布做一初步探讨。

3.1 阿尔泰

越来越多的区域构造研究成果表明,阿尔泰造山带经历了长时期的造山作用(由北向南的递进俯冲增生),俯冲—碰撞主要发生于早中古生代(如何国琦等,1994;Windley *et al.*,2002;Li *et al.*,2003;Xiao *et al.*,2004;Wang *et al.*,2006;童英等,2007;王涛等,2010;Jiang *et al.*,2010)。对阿尔

泰石炭纪花岗岩,Yuan等(2007)认为是形成于俯冲环境,主要依据花岗岩具有埃达克质特点,但是阿尔泰造山带发育早石炭世(358 Ma)典型的含钠铁闪石碱性花岗岩,无论岩体的形态、变形程度、岩石结构构造特征、矿物组合、地球化学、同位素组成均表明其应形成于晚(后)造山伸展背景下(Tong *et al.*,2010),另外,大量的区域地质证据也表明阿尔泰石炭纪花岗岩可能形成于晚造山阶段或后碰撞伸展背景下,古生代造山作用可能接近尾声,转入了相对平静的晚造山或后造山演化阶段(王涛等,2010),石炭纪出现花岗岩相对宁静期也应是这种构造环境的一个表征(图 2)。阿尔泰造山带二叠纪构造环境也有不同认识,以前研究者认为是非造山环境(邹天人等,1988)。近年来,一些研究者提出俯冲环境(肖文交等,2006)。如上所述,阿尔泰二叠纪花岗岩形成时间较短(289~266 Ma),多呈圆形、椭圆形,不变形,切割区域构造线。虽然也有些花岗岩发生了变形,但这些花岗岩都集中在额尔齐斯断裂带内(童英等,2006a;孙桂华等,2009),应与该断裂带在早二叠世走滑有关(Briggs *et al.*,2007)。该时期的花岗岩以 I-A 过渡型、A 型为主(表 1),并伴生基性岩(脉)(未发表数据),这种岩石组合特征多指示伸展构造环境,而这些花岗岩的地球化学、同位素特征,特别是与早古生代花岗岩明显不同的具有高正 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值(Wang *et al.*,2009)也佐证了这一点。同时考虑到区域地质背景(李锦轶等,2006a,2009),包括石炭纪晚(后)造山阶段碱性花岗岩的确定(Tong *et al.*,2010;王涛等,2010),表明二叠纪阿尔泰花岗岩应形成于晚造山阶段或后碰撞底侵伸展环境。

3.2 西准噶尔

西准噶尔早石炭世(340~320 Ma)花岗岩形成环境有两种不同的认识,一种认为形成于后碰撞环境(袁峰等,2006;范裕等,2007;Zhou *et al.*,2008),主要依据是地球化学特征以及与晚期(300 Ma)花岗岩相类似的性质,只是目前在西准噶尔地区并没有发现早石炭世的 A 型花岗岩,且部分早石炭世花岗岩也显示出弧花岗岩特征(袁峰等,2006),而大量的该时期与弧有关的辉长岩、闪长岩(王瑞等,2010)、火山岩(刘国仁等,2003)的发育,表明早石炭世该地区可能并未进入后造山阶段(陈家富等,2010)。

晚石炭世—早二叠世(310~290 Ma)是西准噶尔花岗岩浆活动最强的时期,Geng等(2009)认为晚石炭世可能存在洋脊俯冲,并有可能延续到二叠纪,然而

这很难解释全区大面积分布的该时期未变形 A 型花岗岩的出现(苏玉平等, 2006a; 周涛发等, 2006)(表 1、图 3)及其明显不同于由俯冲作用产生的弧岩浆岩的特征(韩宝福等, 2010), 同时, 西准噶尔地区到晚二叠世岩浆活动明显减弱, 并且区内并没有出现与俯冲相关的变质作用, 都表明西准噶尔在该时期已转入后碰撞伸展阶段(苏玉平等, 2006a; 周涛发等, 2006; Chen *et al.*, 2010; 韩宝福等, 2010)。

3.3 东准噶尔

大量地质事实表明, 东准噶尔地区在早石炭世早期仍存在着洋盆, 到早石炭世晚期洋盆关闭(舒良树等, 2003; 李锦轶, 2004), 早石炭世白坡南钾长(A 型)花岗岩(338.3 Ma, 郭芳放等, 2008)可能可以作为一个“钉合岩体”进一步限定东准噶尔地区的构造演化。而晚石炭世—早二叠世碱性(A 型)花岗岩在扎河坝和卡拉麦里两条蛇绿岩带两侧大量发育, 时间上连续(图 3), 没有分带性, 整个区域显示出一致性, 表明该地区此时已进入后碰撞伸展阶段(苏玉平等, 2006b, 2008; 韩宝福等, 2006, 2010)。

3.4 西天山

尽管西天山地区南、北天山洋闭合时间不同, 南天山是一个晚古生代造山带也被置疑(李日俊等, 2009), 但早石炭世存在北天山洋盆这已被锆石年代学以及化石证据所证实(肖序常等, 1992; 徐学义等, 2005, 2006b), 中天山伊犁地块北侧的斑岩可能与该时期的俯冲有关, 伴生大量矿产。而四棵树“钉合岩体”(315.9 ± 2.5 Ma, Han *et al.*, 2010)以及南天山巴什索贡霓辉角闪正长岩(313 Ma, 刘楚雄等, 2004)和西天山阿吾拉勒正长岩(311.9 ± 2.5 Ma, Sun *et al.*, 2008)的侵位表明西天山地区在 316 Ma 之后构造体制可能已发生转变, 进入后碰撞阶段(韩宝福等, 2010)。二叠纪(300~255 Ma)遍布全区的花岗岩浆活动, 特别是南天山大量二叠纪(集中 280 Ma 左右)碱性(A 型)花岗岩发育(刘楚雄等, 2004; Dmitry *et al.*, 2007; 黄河等, 2010)(图 3), 表明西天山在二叠纪属后造山伸展环境(姜常义等, 1999; 高俊等, 2006; 韩宝福等, 2010)。

3.5 东天山—北山地区

由于东天山地区目前尚未发现古板块俯冲的证据, 对该地区的石炭—二叠纪构造演化研究缺乏相应的参照系, 争论较大。王京彬等(2006)认为石炭纪东天山地区已进入后碰撞构造演化阶段; 李锦轶等(2006a, 2006b)认为在石炭纪晚期仍属活动陆缘,

早二叠世初期(300~290 Ma)存在着碰撞作用以及由及相关的以南北向挤压为主的构造变形, 早中二叠世为幔源岩浆侵入的伸展背景; 顾连兴等(2006, 2007)认为东天山早石炭世仍存在岛弧, 晚石炭世—早二叠世(311~285 Ma)为碰撞—伸展转折阶段, 二叠纪晚期(285~250 Ma)转入碰撞后伸展背景, 属于后碰撞阶段; 周涛发等(2010)基本与顾连兴等(2006)一致, 认为早石炭世为碰撞阶段, 晚石炭世—晚二叠世为后碰撞阶段。Xia 等(2004), 徐学义等(2005)则认为石炭—二叠纪属裂谷环境。尽管郭召杰等(2007)等在东天山识别出早石炭世淡色花岗岩, 并认为东天山有关的碰撞构造至少在 354 Ma, 但是早石炭世—晚石炭世早期的花岗岩多为与弧相关的花岗岩(孙桂华等, 2006; 吴昌志等, 2006; 周涛发等, 2010), 并发育与弧岩浆关系密切的斑岩型矿产(刘德权等, 2003; 徐学义等, 2005; 陈富文等, 2005), 表明东天山石炭纪花岗岩可能与俯冲—碰撞有关。晚石炭世晚期—二叠世(305~270 Ma)花岗岩在东天山地区大量发育, 遍布全区, 多不变形, 岩石类型主要为 I 型, 并且与大规模的同时期基性、超基性杂岩以及基性岩墙共生(吴华等, 2005; 李锦轶等, 2006a), 表明这个时期的花岗岩应与幔源岩浆底侵有关, 可能形成于后造山伸展或地幔柱作用, 或是两种机制共同作用的结果。

北山地区石炭纪花岗岩分布较少(只在北部地区出露几个晚石炭世岩体, 表 1), 较难讨论该地区石炭纪的构造环境, 在此不做讨论。然而本地区二叠纪花岗岩大量发育, 遍布全区, 不仅在北部地区, 在南部地区分布广泛, 且多不变形, 与东天山该时期的花岗岩相类似, 同时也发育大量该时期的基性岩墙群, 特别是在柳园地区, 大规模集群发育(未发表数据), 显示出与东天山的同步性。尽管在柳园地区发现了二叠纪(?)枕状玄武岩, 但是该玄武岩与上下地层之间的关系多为构造接触或被覆盖, 虽然有大量的硅质岩, 但也未获得充足的化石证据, 而本区大量基性岩墙的侵位也为鉴别和确定该玄武岩的时代增加了难度, 本文倾向于认为北山地区在二叠纪处于后碰撞构造环境。

综上所述, 北疆及邻区不同构造单元在早石炭世所处的构造环境有所不同, 阿尔泰可能已进入后碰撞(造山)阶段, 而东西准噶尔及天山可能都处于俯冲、碰撞阶段, 晚石炭世早期阿尔泰、东、西准噶尔应已进入了后碰撞伸展阶段, 而天山可能仍存在弧;

但到了晚石炭世晚期,或者说到 305 Ma 前后,区内已没有大洋的存在,基本都已进入了后碰撞(造山)阶段,二叠纪整个区域进入统一演化阶段。

4 小结

(1) 北疆及邻区发育大量的石炭—二叠纪花岗岩,不同构造单元特征不同,形成时代峰期也不一致。阿尔泰主要发育早二叠世花岗岩,集中于 289~266 Ma,峰期在 281~271 Ma。西准噶尔可分为早石炭世(340~320 Ma)和晚石炭世—早二叠世(310~290 Ma)两期,后一期较强,集中发育于 308~296 Ma,大量的 A 型花岗岩特别是铝质 A 型花岗岩在该时期集中发育。东准噶尔除少量岩体形成于早石炭世外,其他岩体形成时代从晚石炭世—早二叠世早期连续产出(320~268 Ma),峰期在 315~310 Ma。碱性(A 型)花岗岩在本区非常发育,在各个时间段内都有产出。西天山可分为 3 期:早石炭世早期(355~345 Ma)、早石炭世晚期—晚石炭世(335~305 Ma)和二叠纪(300~255 Ma),石炭纪花岗岩相对较少,二叠纪花岗岩浆活动(包括碱性岩浆活动)却非常强烈,遍布全区。东天山—北山是北疆及邻区石炭—二叠纪花岗岩最为发育的地区,可以分为 4 期:355~335 Ma、335~310 Ma、305~270 Ma、270~250 Ma,第 3 期(305~270 Ma)花岗岩在东天山—北山地区最为强烈,遍布全区。

(2) 北疆及邻区不同区块虽在石炭纪时所处的构造环境有所不同,但到了晚石炭世晚期,或者说到 305 Ma 前后,主要显示后碰撞环境特征,二叠纪整个区域进入统一的后碰撞(造山)阶段演化阶段。这是整个中亚造山带及邻区大量的酸性和基性—超基性岩浆活动及暗示的伸展环境的一个缩影。

致谢 感谢李锦轶研究员的有益指导与讨论。感谢评审人提出的宝贵修改意见。

References

Ao S J, Xiao Wenjiao, Han Chunming, *et al.* 2010. Geochronology and geochemistry of early Permian mafic-ultramafic complexes in the Beishan area, Xinjiang, NW China: Implications for late Paleozoic tectonic evolution of the southern Altai[s]. *J. Gondwana Res.*, doi: 10.1016/j.gr.2010.01.004.

Briggs S M, Yin A, Manning C E, *et al.* 2007. Late Paleozoic tectonic history of the Ertix Fault in the Chinese Altai and its implications for the development of the Central Asian Orogenic System[J]. *Geological Society of America Bulletin*, 119(7/8): 944~960.

Chen B and Jahn B M. 2004. Genesis of post-collisional granitoids and basement nature of the Junggar Terrane, NW China: Nd-Sr isotope and trace element evidence[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 23: 691~703.

Chen Bihe, Luo Zhaohua, Jia Baohua, *et al.* 2007. SHRIMP U-Pb zircon geochronology of igneous rocks from southern margin of the Alataw mountains, Xinjiang, China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23(7): 1756~1764 (in Chinese).

Chen Fuwen, Li Huaqin, Chen Yuchuan, *et al.* 2005. Zircon SHRIMP U-Pb dating and its geological of mineralization in Tuwu-Yandong porphyry copper mine, east Tianshan Mountain[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 79(2): 256~261 (in Chinese).

Chen Hanlin, Yang Shufeng, Wang Qinghua, *et al.* 2006. Sedimentary response to the Early-Mid Permian basaltic magmatism in the Tarim plat[J]. *Geology in China*, 33(3): 545~552 (in Chinese).

Chen Jiafu, Han Baofu and Zhang Lei. 2010. Geochemistry, Sr-Nd isotopes and tectonic implications of two generations of late Paleozoic plutons in northern Western Junggar, Northwest China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 26(8): 2317~2335 (in Chinese).

Chen Jiafu, Han Baofu, Ji Jianqing, *et al.* 2010. Zircon U-Pb ages and tectonic implications of Paleozoic plutons in northern West Junggar, North Xinjiang, China[J]. *Lithos*, 115: 137~152.

Chen Ye, Sun Mingxin and Zhang Xinlong. 2006. SHRIMP U-Pb dating of zircons from quartz diorite at the southeast side of the Baerluke fault, western Junggar, Xinjiang, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 25(8): 992~994 (in Chinese).

Cui Huiwen, Chen Zuyi, *et al.* 1996. Gold Deposit Geology of Beishan Area, Gansu Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1~104 (in Chinese).

Dai Wenjun, Shi Wenquan, Zhu Guangru, *et al.* 2006. The features of Wushibulake rock mass and its significance in the west section of western Tianshan[J]. *Gansu Geology*, 15(1): 29~37 (in Chinese).

Dmitry K, Georgy B, Reimar S, *et al.* 2007. Hercynian post-collisional A-type granites of the Kokshaal Range, Southern Tien Shan, Kyrgyzstan[J]. *Lithos*, 97: 140~160.

Fan Yu, Zhou Taofa, Yuan Feng, *et al.* 2007. LA-ICPMS zircon age of Tasite pluton in Sawuer region of west Junggar, Xinjiang[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23(8): 1901~1908 (in Chinese).

Gan Lin, Tang Hongfeng and Han Yujie. 2010. Geochronology and geochemical characteristics of the Yemaquan granite Pluton in East Junggar, Xinjiang[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 26(8): 2374~2388 (in Chinese).

Gao Jun, Long Linli, Qian Qing, *et al.* 2006. South Tianshan: a Late Paleozoic or a Triassic orogen? [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22

- (5): 1 049~1 061(in Chinese).
- Gao Shanlin, He Zhiliang and Zhou Zuyi. 2006. Geochemical Characteristics Of the Karamay Granitoids and Their Significance in West Junggar Xinjiang[J]. Xinjiang Geology, 24(2): 125~130(in Chinese).
- Geng Hongyan, Sun Min, Yuan Chao, et al. 2009. Geochemical, Sr-Nd and zircon U-Pb-Hf isotopic studies of Late Carboniferous magmatism in the West Junggar, Xinjiang: Implications for ridge subduction?[J]. Chemical Geology, 266: 364~389.
- Gu Lianxing, Zhang Zunzheng, Wu Changzhi, et al. 2006. Some problem on granites and vertical growth of the continental crust in the eastern Tianshan Mountains, NW China[J]. Acta Petrologica Sinica, 22(5): 1 103~1 120(in Chinese).
- Gu Lianxing, Zhang Zunzhong, Wu Changzhi, et al. 2007. Permian geological, metallurgical and geothermal events of the Huangshan-Jing'erquan area, eastern Tianshan: indications for mantle magma intraplating and its effect on the crust[J]. Acta Petrologica Sinica, 23(11): 2 869~2 880(in Chinese).
- Guo Fangfang, Jiang Changyi, Su Chunqian, et al. 2008. Tectonic settings of A-type granites of Shaerdelan area, southeastern margin of Junggar block, Xinjiang, western China[J]. Acta Petrologica Sinica, 24(12): 2 778~2 788(in Chinese).
- Guo Zhaojie, Han Baofu, Zhang Zhicheng, et al. 2007. The discovery of Paleozoic leucogranite in eastern segment of Chinese Middle Tianshan and its tectonic implications[J]. Acta Petrologica Sinica, 23(8): 1 841~1 846(in Chinese).
- Han Baofu, Guo Zhaojie and He Guoqi. 2010. Timing of major suture zones in North Xinjiang, China: Constraints from stitching plutons[J]. Acta Petrologica Sinica, 26(8): 2 233~2 246(in Chinese).
- Han Baofu, Guo Zhaojie, Zhang Zhicheng, et al. 2010. Age, geochemistry, and tectonic implications of a late Paleozoic stitching pluton in the North Tian Shan suture zone, western China[J]. Geological Society of America Bulletin, 122: 627~640 doi: 10.1130/B2 6491.1.
- Han Baofu, He Guoqi, Wang Shiguang, et al. 1998. Postcollisional mantle-derived magmatism and vertical growth of the continental crust in North Xinjiang[J]. Geological Review, 44: 396~409(in Chinese).
- Han Baofu, Ji Jianqing, Song Biao, et al. 2006. Late Paleozoic vertical growth of continental crust around the Junggar Basin, Xinjiang, China(Part I): Timing of post-collisional plutonism[J]. Acta Petrologica Sinica, 22(5): 1 077~1 086(in Chinese).
- Hao Jie and Liu Xiaohan. 1993. Ophiolite melange time and tectonic evolution model in South Tianahan area[J]. Scientia Geologica Sinica, 28(1): 93~95(in Chinese).
- He Guoqi, Li Maosong, Liu Dequan, et al. 1994. Paleozoic Crustal Evolution and Mineralization in Xinjiang of China[M]. Urumuqi: Xinjiang People's Publishing House, 1~437(in Chinese).
- Helo C, Hegner E, Kröner A, et al. 2006. Geochemical signature of Paleozoic accretionary complexes of the Central Asian Orogenic Belt in South Mongolia: Constraints on arc environments and crustal growth[J]. Chemical Geology, 227: 236~257.
- Hong Dawei, Wang Shiguang, Xie Xilin, et al. 2003. Metallogenic Province Derived from Mantle Sources: Nd, Sr and Pb Isotope Evidence from the Central Asian Orogenic Belt[J]. Gondwana Research, 6(4): 711~728.
- Hopson C, Wen J, Tilton G, et al. 1989. Paleozoic plutonism in East Junggar, Bogdashan, and eastern Tianshan, NW China[J]. EOS Trans Am Geophys Union, 70: 1 403~1 404.
- Hu A Q, Jahn B M, Zhang G X, et al. 2000. Crustal evolution and Phanerozoic crustal growth in northern Xinjiang: Nd isotopic evidence, Part I. Isotopic characteristics of basement rocks[J]. Tectonophysics, 328: 15~51.
- Hu Ai Qin, Wei Gangjian, Deng Wenfeng, et al. 2006. SHRIMP zircon U-Pb dating and its significance for gneisses from the southwest area to Qinghe County in the Altai, China[J]. Acta Petrologica Sinica, 22(1): 1~10(in Chinese).
- Huang He, Zhang Dongyang, Zhang Zhaochong, et al. 2010. Petrology and geochemistry of the Chuanwulu alkaline complex in South Tianshan: Constraints on petrogenesis and tectonic setting[J]. Acta Petrologica Sinica, 26(3): 947~962(in Chinese).
- Jahn B M, Wu F and Hong D. 2000. Important crustal growth in the Phanerozoic: Isotopic evidence of granitoids from east-central Asia[J]. Proc. Indian Acad. Sci.(Earth Planet Sci.), 109(1): 5~20.
- Jian Ping, Liu Dunyi, Zhang Qi, et al. 2003. SHRIMP dating of ophiolite and leucocratic rocks within ophiolite[J]. Earth Science Frontiers, 10(4): 440~456(in Chinese).
- Jiang Changyi, Mu Yanmei, Bai Kaiyin, et al. 1999. Chronology, Petrology, geochemistry and tectonic environment of granitoids in the southern Tianshan Mountain, western China[J]. Acta Petrologica Sinica, 15(2): 298~308(in Chinese).
- Jiang Y D, Sun M, Zhao G C, et al. 2010. The ~390 Ma high-T metamorphism in the Chinese Altai: consequence of ridge-subduction?[J]. Submitted to American Journal of Sciences(in review).
- Kozakov I K, Kovach V P, Bibikova E V, et al. 2007. Age and Sources of Granitoids in the Junction Zone of the Caledonides and Hercynides in Southwestern Mongolia: Geodynamic Implications[J]. Petrology, 15(2): 126~150.
- Li Huaqin, Chen Fuwen, Lu Yuanfa, et al. 2004. Zircon SHRIMP U-Pb age and strontium isotopes of mineralized granitoids in the San-chakou copper polymetallic deposit, east Tianshan Mountains[J]. Acta Geoscientia Sinica, 25(2): 191~195(in Chinese).
- Li Huaqin, Xie Caifu and Chang Hailiang. 1998. Study on metallogenetic chronology of nonferrous and precious metallic ore deposits in northern Xinjiang, China[J]. Beijing: Geological Publishing House, 1~267(in Chinese).
- Li Jinyi. 2004. Late Neoproterozoic and Paleozoic tectonic framework and evolution of eastern Xinjiang, NW China[J]. Geological Re-

- view, 50(3): 304~322 in Chinese).
- Li Jinyi, He Guoqi, Xu Xin, *et al.* 2006b. Crustal tectonic framework of northern Xinjiang and adjacent regions and its formation[J]. *Acta Geologica Sinica*, 80(1): 148~168 in Chinese).
- Li Jinyi, Song Biao, Wang Kezhao, *et al.* 2006a. Permian Mafic-Ultramafic Complexes on the Southern Margin of the Tu-Ha Basin, East Tianshan Mountains: Geological Records of Vertical Crustal Growth in Central Asia[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 27(5): 424~446 in Chinese).
- Li Jinyi, Wang Kezhao, Li Wenqian, *et al.* 2002. Tectonic Evolution Since The Lake Paleozoic and Mineral Prospecting in Eastern Tianshan Mountains, NW China[J]. *Xinjiang Geology*, 20(4): 295~301 in Chinese).
- Li J Y, Xiao W J, Wang K Z, *et al.* 2003. Neoproterozoic-Paleozoic tectonostratigraphy, magmatic activities and tectonic evolution of eastern Xinjiang, NW China[A]. Mao Jingwen, Goldfarb S, Wang X, *et al.* Tectonic Evolution and Metallogeny of the Chinese Altay and Tianshan[C]. IAGOD Guidebook Series 10: CERCAM/NHM, London, 31~74.
- Li Jinyi, Zhang Jin, Yang Tiannan, *et al.* 2009. Crustal tectonic division and evolution of the southern part of the north asian orogenic region and its adjacent areas[J]. *Journal of Jilin University(Earth Science Edition)*, 39(4): 584~605 in Chinese).
- Li Shaozhen, Ren Yan, Feng Xinchang, *et al.* 2006. Zircon SHRIMP U-Pb dating of granodiorite in the Kizil Tag composite intrusion, south margin of the Tulufan-Hami basin, East Tianshan, Xinjiang, China: With a discussion of the age of emplacement of the intrusion [J]. *Geological Bulletin of China*, 25(6): 937~940 in Chinese).
- Li Wenming, Ren Bingcheng, Yang Xingke, *et al.* 2002. The intermediate-acid intrusive magmatism and its geodynamic significance in Eastern Tianshan region[J]. *Northwestern Geology*, 35(4): 41~64 in Chinese).
- Li Wenqian, Xia Bin, Wang Kezhao, *et al.* 2006. Zircon SHRIMP age and geochemistry of Caizhong granite from east Tianshan, Xinjiang, China[J]. *Acta Geologica Sinica*, 80(1): 43~52 in Chinese).
- Li Yongjun, Yang Gaoxue, Guo Wenjie, *et al.* 2007. The disintegration and geological significance of the Kuoku granite batholith in awulale, western Tianshan[J]. *Xinjiang Geology*, 25(3): 223~236 in Chinese).
- Li Yongjun, Yang Gaoxue, Wu Hongen, *et al.* 2009. The determination of Beilekuduk aluminous A-type granites in east Junggar, Xinjiang[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 28(1): 17~25 in Chinese).
- Li Yuechen, Yang Fuquan, Zhao Caisheng, *et al.* 2007. SHRIMP U-Pb zircon dating of the Beilekuduk pluton in Xinjiang and its geological implications[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23(10): 2483~2492 in Chinese).
- Li Yuejun, Yang Haijun, Zhao Yan, *et al.* 2009. Tectonic framework and evolution of South Tianshan, NW China[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 33(1): 94~104 in Chinese).
- Li Zonghuai, Han Baofu and Song Biao. 2004. SHRIMP zircon U-Pb dating of the Ertaipei granodiorite and its enclaves from eastern Junggar, Xinjiang, and geological implications[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 20(5): 1263~1270 in Chinese).
- Lin Jinfu, Yu Hengxiang, Yu Xinqi, *et al.* 2007. Zircon SHRIMP U-Pb dating and geological implication of the Sabei alkali-rich granite from eastern Junggar of Xinjiang, NW China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23(8): 1876~1864 in Chinese).
- Liu Chuxiong, Xu Baoliang, Zhou Tianren, *et al.* 2004. Petrochemistry and tectonic significance of Hercynian alkaline rocks along the northern margin of the Tarim platform and its adjacent area[J]. *Xinjiang Geology*, 22(1): 43~49 in Chinese).
- Liu Dequan, Chen Yuchuan, Wang Denghong, *et al.* 2003. A discussion on problems related to mineralization of Tuwu-Yandong Cu-Mo orefield in Hami, Xinjiang[J]. *Mineral Deposits*, 22(4): 334~344 in Chinese).
- Liu Guoren, Long Zhiming, Chen Qingzhen, *et al.* 2003. The formation age and geochemical characteristics of volcanic rock of Kuozhenkuolas gold mine in Xinjiang[J]. *Xinjiang Geology*, 21(2): 177~180 in Chinese).
- Liu Jiayuan, Yuan Kuirong and Wu Guoquan. 1996. Alkaline Granites in Junggar, Xinjiang and Their Metallization[M]. Changsha: Central South University of Technology Press, 13~170 in Chinese).
- Liu Sihai, Wu Changzhi, Gu Lianxing, *et al.* 2008. Geochronology, petrogenesis and tectonic significances of the Baishitouquan pluton in Middle Tianshan, Northwest China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 24(12): 2720~2730 in Chinese).
- Liu Yulin, Guo Lishuang, Song Huixia, *et al.* 2009. Geochronology of Baogutu porphyry copper deposits of West Junggar, Xinjiang[J]. *Science in China(Series D)*, 39(10): 1466~1472 in Chinese).
- Liu Zhiqiang, Han Baofu, Ji Jianqing, *et al.* 2005. Ages and geochemistry of the post-collisional granitic rocks from Eastern Alataw Mountains, Xinjiang, and implications for vertical crustal growth [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 21(3): 623~639 in Chinese).
- Long Lingli, Gao Jun, Wang Jingbin, *et al.* 2008. Geochemistry and SHRIMP zircon U-Pb age of post-collisional granites in the south-west Tianshan orogenic belt of China: Example from the Heiyingshan and Laohuta[J]. *Acta Geologica Sinica*, 82(2): 415~424.
- Long Lingli, Gao Jun, Xiong Xianming, *et al.* 2007. Geochemistry and geochronology of granitoids in Bikai region, southern Central-Tianshan mountains, Xinjiang[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23(4): 719~732 in Chinese).
- Mao Qigui, Xiao Wenjiao, Han Chunming, *et al.* 2008. Late Paleozoic south-ward accretionary polarity of the eastern Junggar orogenic belt: insight from the Dajianshan and other A-type granites[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 24(4): 733~742 in Chinese).

- Pirajno Franco, Mao Jingwen, Zhang Zhaochong, *et al.* 2008. The association of mafic-ultramafic intrusions and A-type magmatism in the Tian Shan and Altay orogens, NW China: Implications for geodynamic evolution and potential for the discovery of new ore deposits[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 32: 165~183.
- Ren Bingchen, Yang Xingke, Li Wenming, *et al.* 2002. The mineralization geological characteristics and the deposit comparison of Tuwu largest type porphyry copper deposit in eastern Tianshan Mountain[J]. *Northwestern Geology*, 35(3): 67~75 (in Chinese).
- Ren Yan, Guo Hong, Tu Qijun, *et al.* 2006. Zircon SHRIMP U-Pb dating of the east Caixiashan quartz diorite stock, south margin of the Tulufan-Hami basin, East Tianshan, Xinjiang, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 25(8): 941~944 (in Chinese).
- Shu Liangshu and Wang Yujing. 2003. Late Devonian-early Carboniferous radiolarian fossils from siliceous rocks of the Kelameili ophiolite, Xinjiang[J]. *Geological Review*, 49(4): 409~412 (in Chinese).
- Song Biao, Li Jinyi, Li Wenqian, *et al.* 2002. SHRIMP dating of zircons from Dananhua and Kezikalaysay granitoid batholith in southern margin of Tuha basin and their geological implication[J]. *Xinjiang Geology*, 20(4): 342~345 (in Chinese).
- Su Yuping, Tang Hongfeng and Cong Feng. 2008. Zircon U-Pb age and Petrogenesis of the Huangyangshan alkaline granite body in East Junggar, Xinjiang[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 28(2): 117~126 (in Chinese).
- Su Yuping, Tang Hongfeng, Hou Guangshun, *et al.* 2006a. Geochemistry of aluminous A-type granites along Darabut tectonic belt in West Junggar, Xinjiang[J]. *Geochimica*, 35(1): 55~67 (in Chinese).
- Su Yuping, Tang Hongfeng, Liu Congqiang, *et al.* 2006b. The determination and a preliminary study of Sujiquan aluminous A-type granites in East Junggar, Xinjiang[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 25(3): 175~184 (in Chinese).
- Sun Guihua, Li Jinyi, Gao Liming, *et al.* 2005. Zircon SHRIMP U-Pb age of a dioritic pluton in the Harlik Mountain, Eastern Xinjiang, and its tectonic implication[J]. *Geological Review*, 51(4): 463~469 (in Chinese).
- Sun Guihua, Li Jinyi, Wang Degui, *et al.* 2006. Zircon SHRIMP U-Pb ages of granite and granodiorite at the south side of the Aqqikkuduk fault, East Tianshan, Xinjiang, China, and its tectonic implications[J]. *Geological Bulletin of China*, 25(8): 945~952 (in Chinese).
- Sun Guihua, Li Jinyi, Yang Tiannan, *et al.* 2009. Zircon SHRIMP U-Pb dating of two linear granite plutons in southern Altay Mountains and its tectonic implications[J]. *Geology in China*, 36(5): 976~987 (in Chinese).
- Sun Guihua, Li Jinyi, Zhu Zhixin, *et al.* 2007. Zircons SHRIMP U-Pb dating of gneissoid-biotitic granite in Harlik mountains, eastern of Xinjiang and its geological implications[J]. *Xinjiang Geology*, 25(1): 4~10 (in Chinese).
- Sun Linhua, Wang Yuejun, Fan Weiming, *et al.* 2008. Post-collisional potassic magmatism in the Southern Awulale Mountain, western Tianshan Orogen: Petrogenetic and tectonic implications[J]. *Gondwana Research*, 14: 383~394.
- Sun Min, Yuan Chao, Xiao Wenjiao, *et al.* 2008. Zircon U-Pb and Hf isotopic study of gneissic rocks from the Chinese Altai: Progressive accretionary history in the early to middle Palaeozoic[J]. *Chemical Geology*, 247: 352~383.
- Sun Min, Long Xiaoping, Cai Keda, *et al.* 2009. Early Paleozoic ridge subduction in the Chinese Altai: Insight from the abrupt change in zircon Hf isotopic compositions[J]. *Science in China(Series D: Earth Sciences)*, 39(7): 935~948 (in Chinese).
- Tang Gongjian, Chen Haihong, Wang Qiang, *et al.* 2008. Geochronological age and tectonic background of the Dabate A-type granite pluton in the west Tianshan[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 24(5): 947~958 (in Chinese).
- Tang Hongfeng, Qu Wenjun, Su Yuping, *et al.* 2007. Genetic connection of Sareshike tin deposit with the alkaline A-type granites of Sabei body in Xinjiang: constraint from isotopic ages[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23(8): 1989~1997 (in Chinese).
- Tang Junhua, Gu Lixing, Zhang Zunzhong, *et al.* 2007. Characteristics, age and origin of the Xianshuiquan gneissose granite in eastern Tianshan[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23(8): 1803~1820 (in Chinese).
- Tang Junhua, Gu Lixing, Zhang Zunzhong, *et al.* 2008. Peraluminous granite in Huangshan-Jingerquan area of eastern Tianshan: Geochemistry, mineralogy and geochronology[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 24(5): 921~946 (in Chinese).
- Tong Ying, Hong Dawei, Wang Tao, *et al.* 2006a. TIMS U-Pb zircon ages of Fuyun post-orogenic linear granite plutons on the southern margin of Altay orogenic belt and their implications[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 25(2): 85~90 (in Chinese).
- Tong Ying, Wang Tao, Hong Dawei, *et al.* 2007. Ages and origin of the early Devonian granites from the north part of Chinese Altai Mountains and its tectonic implications[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23(8): 1933~1944 (in Chinese).
- Tong Ying, Wang Tao, Kovach V P, *et al.* 2006b. Age and origin of the Takeshiken postorogenic alkali-rich intrusive rocks in southern Altai, near the Mongolian border in China and its implications for continental growth[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(5): 1267~1278 (in Chinese).
- Tong Ying, Wang Tao, Siebel Wolfgang, *et al.* 2010. Recognition of early Carboniferous alkaline granite in the southern Altai orogen: post-orogenic processes constrained by U-Pb zircon ages, Hf and Nd isotopes, and geochemical data[J]. Submitted to *International Journal of Earth Sciences* (in revision).
- Wang Bo, Cluzel Dominique, Shu Liangshu, *et al.* 2007. Evolution of calc-alkaline to alkaline magmatism through Carboniferous convergence to Permian transcurrent tectonics, western Chinese Tianshan

- [J]. *International Journal of Earth Sciences*, 98: 1 275~1 298.
- Wang Bo, Shu Liangshu, Dominique Cluzel, *et al.* 2007. Geochronological and geochemical studies on the Borohoro plutons, north of Yili, NW Tianshan and their tectonic implication[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23(8): 1 885~1 900(in Chinese).
- Wang Chao, Liu Liang, Luo Jinhai, *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[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23(8): 1 830~1 840(in Chinese).
- Wang Chuansheng, Gu Lianxing, Zhang Zunzhong, *et al.* 2009. Petrogenesis and geological implications of the Permian high-K calc-alkaline granites in Harlik Mountains of eastern Tianshan, NW China [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 25(6): 1 499~1 511(in Chinese).
- Wang Chuansheng, Gu Lianxing, Zhang Zunzhong, *et al.* 2010. Zircon geochronology and geochemical characteristics of the Permian granite complex at Yiwu, eastern Tianshan: Their tectonic significance [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 26(4): 1 045~1 058(in Chinese).
- Wang Degui, Li Liqun and Fu Hongxia. 2006a. SHRIMP U-Pb dating of zircons from the west Dayanchi diorite in the East Tianshan, Xinjiang, China-Constraints on the lower boundary of the age of the associated ultramafic rocks[J]. *Geological Bulletin of China*, 25(8): 963~965(in Chinese).
- Wang Degui, Li Liqun and Li Gang. 2006b. SHRIMP U-Pb dating of zircons from the north Xiaoyanchi monzodiorite, East Tianshan, Xinjiang, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 25(8): 960~962(in Chinese).
- Wang Jingbin, Wang Yuwang and He Zhijun. 2006. Ore deposits as a guide to the tectonic evolution in the East Tianshan Mountains, NW China[J]. *Geology in China*, 33(3): 461~469(in Chinese).
- Wang Juli, Wang Shoujing and Liu Xiaoming. 2009. Geochemistry, geochronology and geological significance of alkali-feldspar granite from Tianger area, Xinjiang[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 25(4): 925~933(in Chinese).
- Wang Longsheng, Li Huaqin, Liu Dequan, *et al.* 2009. Geological characteristics and mineralization epoch of Weiquan silver (copper) deposit, Hami, Xinjiang, China[J]. *Mineral Deposits*, 24(3): 280~284(in Chinese).
- Wang Rui and Zhu Yongfeng. 2010. Geology and geochemistry of Qiaerdunbasixi Fe-Cu-Au deposit in Sawuer, northern Xinjiang[J]. *Mineral Deposits*, 29(2): 229~242(in Chinese).
- Wang Tao, Hong Dawei, Jahn Borming, *et al.* 2006. Timing, petrogenesis, and setting of paleozoic synorogenic intrusions from the Altai Mountains, Northwest China: Implications for the tectonic evolution of an accretionary orogen[J]. *Journal of Geology*, 114: 735~751.
- 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).
- Wang Tao, Jahn Borming, Kovachet V P, *et al.* 2009. Nd-Sr isotopic mapping of the Chinese Altai and implications for continental growth in the Central Asian Orogenic Belt[J]. *Lithos*, 110(1/4): 359~372.
- Wang Tao, Tong Ying, Jahn Bor-ming, *et al.* 2007. SHRIMP U-Pb Zircon geochronology of the Altai No. 3 Pegmatite, NW China, and its implications for the origin and tectonic setting of the pegmatite[J]. *Ore Geology Reviews*, 32: 325~336.
- Wang Tao, Tong Ying, Li Shan, *et al.* 2010. Spatial and temporal variations of granitoids in the Altai orogen and their implications for tectonic setting and crustal growth: examples from the Chinese Altai[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 29(6): 595~618(in Chinese).
- Wang Zhiliang, Mao Jingwen, Zhang Zuoheng, *et al.* 2006. Geology, time-space distribution and metallogenic geodynamic evolution of porphyry copper (molybdenum) deposits in the Tianshan Mountains[J]. *Acta Geologica Sinica*, 80(7): 943~955(in Chinese).
- Windley B F, 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.
- Windley B F, Alexeev D, Xiao W J, *et al.* 2007. Tectonic models for accretion of the Central Asian Orogenic Belt[J]. *Journal of the Geological Society of London*, 164: 31~47.
- Wu Changzhi, Zhang Zunzhong, Khin Zaw, *et al.* 2006. Geochronology, geochemistry and tectonic significances of the Hongyuntan granitoids in the Qoltag area, Eastern Tianshan[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(5): 1 121~1 134(in Chinese).
- Wu Fuyuan, Sun Deyou, Li Huimin, *et al.* 2002. A-type granites in northeastern China: age and geochemical constraints on their petrogenesis[J]. *Chemical Geology*, 187: 143~173.
- Wu Hua, Li Huaqin, Chen Fuwen, *et al.* 2006. Zircon SHRIMP U-Pb dating of plagiogranite porphyry in the Chihu molybdenum-copper district, Hami, East Tianshan[J]. *Geological Bulletin of China*, 25(5): 549~552(in Chinese).
- Wu Hua, Li Huaqin, Mo Xinhua, *et al.* 2005. Age of the baishiqu mafic-ultramafic complex, Hami, Xinjiang and its geological significance[J]. *Acta Geologica Sinica*, 79(4): 498~502(in Chinese).
- Xia Linqi, Xu Xueyi, Xia Zuchun, *et al.* 2003. Petrogenesis of Carboniferous rift-related volcanic rocks in the Tianshan, northwestern China[J]. *GSA Bulletin*, 116(3): 419~433.
- Xia Linqi, Li Xiangmin, Xia Zuchun, *et al.* 2006. Carboniferous-Permian rift-related volcanism and mantle plume in the Tianshan, Northwestern China[J]. *Northwestern Geology*, 39(1): 1~49(in Chinese).
- Xiao Qinghui, Deng Jinfu, Wang Tao, *et al.* 2009. Granitoids and Crustal Growth of Key Orogene in China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1~528(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, London*, 161: 339~342.
- Xiao Wenjiao, Han Chunming, Yuan Chao, *et al.* 2006. Unique Carboniferous-Permian tectonic-metallogenic framework of Northern Xinjiang (NW China) Constraints for the tectonics of the southern Paleasian Domain[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(5): 1 062~1 076 (in Chinese).
- Xiao Wenjiao, Han Chunming, Yuan Chao, *et al.* 2008. Middle Cambrian to Permian subduction-related accretionary orogenesis of Northern Xinjiang, NW China: Implications for the tectonic evolution of central Asia[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 32: 102~117.
- Xiao Wenjiao, Huang Baochun, Han Chunming, *et al.* 2010. A review of the western part of the Altaids: A key to understanding the architecture of accretionary orogens[J]. *Gondwana Research*, 18(2~3): 253~273.
- Xiao Xuchang, Tang Yaoqing, Feng Yimin, *et al.* 1992. Tectonic Evolution of the Northern Xinjiang and Its Adjacent Region[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1~171 (in Chinese).
- Xu Xin, He Guoqi, Li Huaqin, *et al.* 2006. Basic characteristics of the Karamay ophiolitic mélangé, Xinjiang, and its zircon SHRIMP dating[J]. *Geology in China*, 33(3): 470~475 (in Chinese).
- Xu Xueyi, Ma Zhongping, Xia Zuchun, *et al.* 2005. Discussion of the sources and characteristics on Sr, Nd, Pb isotopes of the Carboniferous to Permian post-collision granites from Tianshan[J]. *Northwestern Geology*, 38(2): 1~18 (in Chinese).
- Xu Xueyi, Ma Zhongping, Xia Zuchun, *et al.* 2006a. TIMS U-Pb isotopic dating and geochemical characteristics of Paleozoic granitic rocks from the middle-western section of Tianshan[J]. *Northwestern Geology*, 39(1): 50~76 (in Chinese).
- Xu Xueyi, Xia Linqi, Ma Zhongping, *et al.* 2006b. SHRIMP zircon U-Pb geochronology of the plagiogranites from Bayingou ophiolite in North Tianshan Mountains and the petrogenesis of the ophiolite[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(1): 83~94 (in Chinese).
- Xue Chunji, Zhao Zhanfeng, Wu Ganguo, *et al.* 2010. The multiperiodic superimposed porphyry copper mineralization in Central Asian Tectonic Region: A case study of geology, geochemistry and chronology of Halasu copper deposit, Southeastern Altai, China[J]. *Earth Science Frontiers*, 17(2): 53~82 (in Chinese).
- Yan Cunxing, Yang Gaoxue, Li Yongjun, *et al.* 2008. Petrochemistry feature and tectonic significance of the Kubusunan granitic rock mass in east Junggar, Xinjiang[J]. *Xinjiang Geology*, 26(2): 220~224 (in Chinese).
- Yang Fuquan, Mao Jingwen, Bierlein P F, *et al.* 2009. A review of the geological characteristics and geodynamic mechanisms of late Paleozoic epithermal gold deposits in North Xinjiang, China[J]. *Ore Geology Review*, 35(2): 217~234.
- Yang Fuquan, Wang Liben, Ye Jinhua, *et al.* 2001. Zircon U-Pb ages of granites in the Huoshi Bulak area, Xinjiang[J]. *Regional Geology of China*, 20(3): 267~273 (in Chinese).
- Yang Gaoxue, Li Yongjun, Si Guohui, *et al.* 2009a. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of the Kubusunan granodiorite in the Kalamaili area, eastern Junggar, Xinjiang[J]. *Geology in China*, 35(5): 849~858 (in Chinese).
- Yang Gaoxue, Li Yongjun, Wu Hongen, *et al.* 2009b. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of the Huangyangshan pluton and its enclaves from Kalamaili area eastern Junggar, Xinjiang, and geological implication[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 25(12): 3 197~3 207 (in Chinese).
- Yarmolyuk V V, Kovalenko V I, Sal'nikova E B, *et al.* 2008. Geochronology of igneous rocks and formation of the Late Paleozoic South Mongolian active margin of the Siberian Continent stratigraphy[J]. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 16(2): 162~181.
- Yuan Chao, Sun Min, Xiao Wenjiao, *et al.* 2007. Accretionary orogenesis of the Chinese Altai: Insights from Paleozoic granitoids[J]. *Chemical Geology*, 242: 22~39.
- Yuan Feng, Zhou Taofa, Fan Lugui, *et al.* 2006. Isotopic ages of the I-type granites in west Junggar Sawuer region[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(5): 1 238~1 248 (in Chinese).
- Zhang Lifei, Ai Yongliang, Li Qiang, *et al.* 2005. The formation and tectonica evolution of UHP metamorphic belt in southwestern Tianshan, Xinjiang[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 21(4): 1 029~1 038 (in Chinese).
- Zhang Dongyang, Zhang Zhaochong, Ai Yu, *et al.* 2009. Mineralogy of ore-bearing porphyries in Lailisigao'er area of the West Tianshan Mountain and its implications for petrogenesis and mineralization[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 25(6): 1 319~1 331 (in Chinese).
- Zhang Xiaomei, Wang Degui and Li Gang. 2006. SHRIMP U-Pb dating of zircons from the east Shalong monzogranite in Kumtag, East Tianshan, Xinjiang, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 25(8): 957~959 (in Chinese).
- Zhang Yuanyuan and Guo Zhaojie. 2010. New constraints on formation ages of ophiolites in northern Junggar and comparative study on their connection[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 26(2): 422~430 (in Chinese).
- Zhang Yuping, Wang Rui and Wang Degui. 2008. Keersai granite diorite-porphyry body zircon SHRIMP U-Pb dating and the prospecting significance in Bole City, Xinjiang[J]. *Xinjiang Geology*, 26(4): 340~342 (in Chinese).
- Zhang Zhaochong, Dong Shuyun, Huang He, *et al.* 2010. Geology and geochemistry of the Permian intermediate-acid intrusions in the southwestern Tianshan, Xinjiang, China: implications for petrogenesis and tectonics[J]. *Geological Bulletin of China*, 28(12): 1 827~1 839 (in Chinese).
- Zhao Ming, Shu Liangshu, Zhu Wenbin, *et al.* 2002. Zircon U-Pb dating of the rocks from the Harlik metamorphic belt in eastern Xin-

- jiang and its geological significance[J]. *Acta Geologica Sinica*, 76(3): 279~383(in Chinese).
- Zhou Gang, Zhang Zhaocong, Luo Shibin, *et al.* 2007b. Confirmation of high-temperature strongly peraluminous Mayin 'ebo granites in the south margin of Altay, Xinjiang: age, geochemistry and tectonic implications[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23(8): 1909~1920(in Chinese).
- Zhou Gang, Zhang Zhaocong, Wang Xinkun, *et al.* 2007a. Zircon U-Pb SHRIMP and ^{40}Ar - ^{39}Ar dating of the granitic mylonite in the Mayinebo fault belt of north Xinjiang and its geological significance[J]. *Acta Geologica Sinica*, 81(3): 359~369(in Chinese).
- Zhou Gang, Zhang Zhaocong, Wu Ganguo, *et al.* 2009. Postorogenic extension and continental growth of the northeastern margin of the Juggar: evidences from petrography and geochemistry of the Hadansun intrusive complex[J]. *Acta Geologica Sinica*, 83(3): 331~346(in Chinese).
- Zhou Meifu, Michael L C, Yang Zhengxi, *et al.* 2004. Geochemistry and petrogenesis of 270 Ma Ni-Cu-(PGE) sulfide-bearing mafic intrusions in the Huangshan district, Eastern Xinjiang, Northwest China: implications for the tectonic evolution of the Central Asian orogenic belt[J]. *Chemical Geology*, 209(3-4): 233~257.
- Zhou Taofa, Yuan Feng, Fan Yu, *et al.* 2006. Geodynamic significance of A-type granites of Sawuer region of western Junggar: geochemical and zircon SHRIMP dating evidences[J]. *Science in China (Series D)*, 36(1): 39~48(in Chinese).
- Zhou Taofa, Yuan Feng, Zhang Dayu, *et al.* 2010. Geochronology, tectonic setting and mineralization of granitoids in Jueluotage area, eastern Tianshan, Xinjiang[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 26(2): 478~502(in Chinese).
- Zhou Taofa, Yuan Feng, Fan Yu, *et al.* 2008. Granites in the Saur region of the west Junggar, Xinjiang Province, China: Geochronological and geochemical characteristics and their geodynamic significance[J]. *Lithos*, 106: 191~206.
- Zhu Zhixin, Li Jinyi, Dong Lianhui, *et al.* 2008. The age determination of Late Carboniferous intrusions in Mangqisu region and its constraints to the closure of oceanic basin in South Tianshan, Xinjiang[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 24(12): 2761~2766(in Chinese).
- Zhu Zhixin, Wang Kezhao, Xu Da, *et al.* 2006. SHRIMP U-Pb dating of zircons from Carboniferous intrusive rocks on the active continental margin of Eren Habirga, West Tianshan, Xinjiang, China, and its geological implications[J]. *Geological Bulletin of China*, 25(8): 986~991(in Chinese).
- Zou Tianren, Cao Huizhi and Wu Boqing. 1988. Orogenic and anorogenic granitoids of the Altay Mountains, Xinjiang and their discrimination criteria[J]. *Acta Geologica Sinica*, 62(3): 229~243(in Chinese).
- ### 附中文参考文献
- 陈必河, 罗照华, 贾宝华, 等. 2007. 阿拉套山南缘岩浆岩锆石 SHRIMP 年代学研究[J]. *岩石学报*, 23(7): 1756~1764.
- 陈富文, 李华芹, 陈毓川, 等. 2005. 东天山土屋-延东斑岩铜矿田成岩时代精确测定及其地质意义[J]. *地质学报*, 79(2): 256~261.
- 陈汉林, 杨树锋, 王清华, 等. 2006. 塔里木板块早-中二叠世玄武质岩浆作用的沉积响应[J]. *中国地质*, 33(3): 545~552.
- 陈家富, 韩宝福, 张磊. 2010. 西准噶尔北部晚古生代两期侵入岩的地球化学、Sr-Nd 同位素特征及其地质意义[J]. *岩石学报*, 26(8): 2317~2335.
- 陈晔, 孙明新, 张新龙. 2006. 西准噶尔巴尔鲁克断裂东南侧石英闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年[J]. *地质通报*, 25(8): 992~994.
- 崔慧文, 陈祖伊, 等. 1996. 甘肃北山地区金矿地质[M]. 北京: 地质出版社, 1~104.
- 代文军, 史文全, 朱光儒, 等. 2006. 西天山西段乌什布拉克岩体特征及其形成意义[J]. *甘肃地质*, 15(1): 29~37.
- 范裕, 周涛发, 袁峰, 等. 2007. 新疆西准噶尔地区塔斯特岩体锆石 LA-ICPMS 年龄及其意义[J]. *岩石学报*, 23(8): 1901~1908.
- 甘林, 唐红峰, 韩宇捷. 2010. 新疆东准噶尔野马泉花岗岩体的年龄和地球化学特征[J]. *岩石学报*, 26(8): 2374~2388.
- 高俊, 龙灵利, 钱青, 等. 2006. 南天山晚古生代还是三叠纪碰撞造山带? [J]. *岩石学报*, 22(5): 1049~1061.
- 高山林, 何治亮, 周祖翼. 2006. 西准噶尔克拉玛依花岗岩体地球化学特征及其意义[J]. *新疆地质*, 24(2): 125~130.
- 顾连兴, 张遵忠, 吴昌志, 等. 2007. 东天山黄山-镜儿泉地区二叠纪地质-成矿-热事件: 幔源岩浆内侵及其地壳效应[J]. *岩石学报*, 23(11): 2869~2880.
- 顾连兴, 张遵忠, 吴昌志, 等. 2006. 关于东天山花岗岩与陆壳垂向增生的若干认识[J]. *岩石学报*, 22(5): 1103~1120.
- 郭芳放, 姜常义, 苏春乾, 等. 2008. 准噶尔板块东南缘沙尔德兰地区 A 型花岗岩构造环境研究[J]. *岩石学报*, 24(12): 2778~2788.
- 郭召杰, 韩宝福, 张志诚, 等. 2007. 中天山东段古生代淡色花岗岩的发现及其构造意义[J]. *岩石学报*, 23(8): 1841~1846.
- 韩宝福, 郭召杰, 何国琦. 2010. “钉合岩体”与新疆北部主要缝合带的形成时限[J]. *岩石学报*, 26(8): 2233~2246.
- 韩宝福, 何国琦, 王式浣, 等. 1998. 新疆北部碰撞后幔源岩浆活动与陆壳纵向生长[J]. *地质论评*, 44: 396~409.
- 韩宝福, 季建清, 宋彪, 等. 2006. 新疆准噶尔晚古生代陆壳垂向生长(I)——后碰撞深成岩浆活动的时限[J]. *岩石学报*, 22(5): 1077~1086.
- 郝杰, 刘小汉. 1993. 南天山蛇绿混杂岩形成时代及大地构造意义[J]. *地质科学*, 28(1): 93~95.
- 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].新疆人民出版社和香港文化教育出版社,1~437.
- 黄河,张东阳,张招崇,等.2010.南天山川鲁碱性杂岩体的岩石学和地球化学特征及其岩石成因[J].岩石学报,26(3):947~962.
- 胡霏琴,韦刚键,邓文峰,等.2006.阿尔泰地区青河县西南片麻岩中锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义[J].岩石学报,22(1):1~10.
- 简平,刘敦一,张旗,等.2003.蛇绿岩及蛇绿岩中浅色岩的 SHRIMP U-Pb 测年[J].地学前缘,10(4):440~456.
- 姜常义,穆艳梅,白开寅,等.1999.南天山花岗岩类的年代学、岩石学、地球化学及其构造环境[J].岩石学报,15(2):298~308.
- 李华芹,陈富文,路远发,等.2004.东天山三岔口铜矿区矿化岩体 SHRIMP U-Pb 年代学及锆同位素地球化学特征研究[J].地球学报,25(2):191~195.
- 李华芹,谢才富,常海亮.1998.新疆北部有色金属矿床成矿作用年代学[M].北京:地质出版社,1~264.
- 李锦轶.2004.新疆东部新元古代晚期和古生代构造格局及其演变[J].地质论评,50(3):304~322.
- 李锦轶,何国琦,徐新,等.2006b.新疆北部及邻区地壳构造格架及其形成过程的初步探讨[J].地质学报,80(1):148~168.
- 李锦轶,宋彪,王克卓,等.2006a.东天山吐哈盆地南缘二叠纪幔源岩浆杂岩:中亚地区陆壳垂向生长的地质记录[J].地球学报,27(5):424~446.
- 李锦轶,王克卓,李文铅,等.2002.东天山晚古生代以来大地构造与矿产勘查[J].新疆地质,20(4):295~301.
- 李锦轶,张进,杨天南,等.2009.北亚造山区南部及其毗邻地区地壳构造分区与构造演化[J].吉林大学学报(地球科学版),39(4):584~605.
- 李少贞,任燕,冯新昌,等.2006.吐哈盆地南缘克孜尔塔格复式岩体中花岗岩闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年及岩体侵位时代讨论[J].地质通报,25(6):937~940.
- 李文明,任秉琛,杨兴科,等.2002.东天山中酸性侵入岩浆作用及其地球动力学意义[J].西北地质,35(4):41~64.
- 李文铅,夏斌,王克卓,等.2006.新疆东天山彩中花岗岩体锆石 SHRIMP 年龄及地球化学特征[J].地质学报,80(1):43~52.
- 李永军,杨高学,郭文杰,等.2007.西天山阿吾拉勒阔尔库岩基的解体及地质意义[J].新疆地质,25(3):223~236.
- 李永军,杨高学,吴宏恩,等.2009.东准噶尔贝勒库都克铝质 A 型花岗岩的厘定及意义[J].岩石矿物学杂志,28(1):17~25.
- 李曰俊,杨海军,赵岩,等.2009.南天山区域大地构造与演化[J].大地构造与成矿学,33(1):94~104.
- 李月臣,杨富全,赵财胜,等.2007.新疆贝勒库都克岩体的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义[J].岩石学报,23(10):2483~2492.
- 李宗怀,韩宝福,宋彪.2004.新疆东准噶尔二台北花岗岩体和包体的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J].岩石学报,20(5):1263~1270.
- 林锦富,喻亨祥,余心起,等.2007.新疆东准噶尔萨北富碱花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年及其地质意义[J].岩石学报,23(8):1876~1884.
- 刘楚雄,许保良,邹天人,等.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[J].新疆地质,22(1):43~49.
- 刘德权,陈毓川,王登红,等.2003.土屋-延东铜铅矿田与成矿有关问题的讨论[J].矿床地质,22(4):334~344.
- 刘国仁,龙志宁,陈青珍,等.2003.新疆阔尔真阔拉金矿一带火山岩形成时代及地球化学特征[J].新疆地质,21(2):177~180.
- 刘家远,袁奎荣,吴郭泉,等.1996.新疆准噶尔富碱花岗岩类及其成矿作用[M].长沙:中南工业大学出版社,13~170.
- 刘四海,吴昌志,顾连兴,等.2008.中天山白石头泉岩体年代学、岩石成因及构造意义[J].岩石学报,24(12):2720~2730.
- 刘玉琳,郭丽爽,宋会侠,等.2009.新疆西准噶尔包古图斑岩铜矿年代学研究[J].中国科学(D辑),39(10):1466~1472.
- 刘志强,韩宝福,李建清,等.2005.新疆阿拉套山东部后碰撞岩浆活动的时代、地球化学性质及其对陆壳垂向增长的意义[J].岩石学报,21(3):623~639.
- 龙灵利,高俊,熊贤明,等.2007.新疆中天山南缘比开(地区)花岗岩地球化学特征及年代学研究[J].岩石学报,23(4):719~732.
- 罗金海,张敬艺,王超,等.2010.塔里木盆地西北缘早二叠世后碰撞花岗岩质岩浆活动及其构造意义[J].地质科学,45(1):66~79.
- 毛启贵,肖文交,韩春明,等.2008.东准噶尔地区晚古生代向南增生来自 A 型花岗岩的启示[J].岩石学报,24(4):733~742.
- 任秉琛,杨兴科,李文明,等.2002.东天山土屋特大型斑岩铜矿成矿地质特征与矿床对比[J].西北地质,35(3):67~75.
- 任燕,郭宏,涂其军,等.2006.吐哈盆地南缘彩霞山东石英闪长岩岩株锆石 SHRIMP U-Pb 测年[J].地质通报,25(8):941~944.
- 舒良树,王玉净.2003.新疆卡拉麦里蛇绿岩带中硅质岩的放射虫化石[J].地质论评,49(4):409~413.
- 宋彪,李锦轶,李文铅,等.2002.吐哈盆地南缘克孜尔卡拉萨依和大南湖南缘花岗岩质基岩锆石 SHRIMP 定年及其地质意义[J].新疆地质,20(4):342~345.
- 苏玉平,唐红峰,丛峰.2008.新疆东准噶尔黄羊山碱性花岗岩体的锆石 U-Pb 年龄和岩石成因[J].矿物学报,28(2):117~126.
- 苏玉平,唐红峰,侯广顺,等.2006a.新疆西准噶尔达拉布特构造带铝质 A 型花岗岩的地球化学研究[J].地球化学,35(1):55~67.
- 苏玉平,唐红峰,刘丛强,等.2006b.新疆东准噶尔苏吉泉铝质 A 型花岗岩的确立及其初步研究[J].岩石矿物学杂志,25(3):175~184.
- 孙桂华,李锦轶,高立明,等.2005.新疆东部哈尔里克山闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义[J].地质论评,51(4):463~469.
- 孙桂华,李锦轶,王德贵,等.2006.东天山阿其克库都克断裂南侧花岗岩和花岗闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年及其地质意义

- [J]. 地质通报, 25(8): 945~952.
- 孙桂华, 李锦轶, 杨天南, 等. 2009. 阿尔泰山脉南部线性花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义[J]. 中国地质, 36(5): 976~987.
- 孙桂华, 李锦轶, 朱志新, 等. 2007. 新疆东部哈尔里克山片麻状黑云母花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义[J]. 新疆地质, 25(1): 4~10.
- 孙敏, 龙晓平, 蔡克大, 等. 2009. 阿尔泰早古生代末期洋中脊俯冲: 锆石 Hf 同位素组成突变的启示[J]. 中国科学(D辑: 地球科学), 39(7): 935~948.
- 唐功建, 陈海红, 王强, 等. 2008. 西天山达巴特 A 型花岗岩的形成时代与构造背景[J]. 岩石学报, 24(5): 947~958.
- 唐红峰, 屈文俊, 苏玉平, 等. 2007. 新疆萨惹什克锡矿与萨北碱性 A 型花岗岩成因关系的年代学制约[J]. 岩石学报, 23(8): 1989~1997.
- 唐俊华, 顾连兴, 张遵忠, 等. 2007. 东天山咸水泉片麻状花岗岩特征、年龄及成因[J]. 岩石学报, 23(8): 1803~1820.
- 唐俊华, 顾连兴, 张遵忠, 等. 2008. 东天山黄山-镜儿泉过铝花岗岩矿物学、地球化学及年代学研究[J]. 岩石学报, 24(5): 921~946.
- 童英, 洪大卫, 王涛, 等. 2006a. 阿尔泰造山带南缘富碱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, 25(2): 85~90.
- 童英, 王涛, Kovach V P, 等. 2006b. 阿尔泰中蒙边界塔克什肯口岸后造山富碱侵入岩体的形成时代、成因及其地壳生长意义[J]. 岩石学报, 22(5): 1267~1278.
- 童英, 王涛, 洪大卫, 等. 2007. 中国阿尔泰北部山区早泥盆世花岗岩的年龄、成因及构造意义[J]. 岩石学报, 23(8): 1933~1944.
- 汪传胜, 顾连兴, 张遵忠, 等. 2009. 东天山哈尔里克山区二叠纪高钾钙碱性花岗岩成因及地质意义[J]. 岩石学报, 25(6): 1499~1511.
- 汪传胜, 张遵忠, 顾连兴, 等. 2010. 东天山伊吾二叠纪花岗岩杂岩体的锆石定年、地球化学及其构造意义[J]. 岩石学报, 26(4): 1045~1058.
- 王博, 舒良树, Dominique Cluzel, 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[J]. 岩石学报, 23(8): 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: 以阔克萨彦岭地区巴雷公花岗岩为例[J]. 岩石学报, 23(8): 1830~1840.
- 王德贵, 李丽群, 伏红霞. 2006a. 东天山大盐池西闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年——对伴生超基性岩时代下限的制约[J]. 地质通报, 25(8): 963~965.
- 王德贵, 李丽群, 李刚. 2006b. 东天山大盐池东花岗闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年[J]. 地质通报, 25(8): 960~962.
- 王京彬, 王玉往, 何志军. 2006b. 东天山大地构造演化的成矿示踪[J]. 中国地质, 33(3): 461~469.
- 王居里, 王守敬, 柳小明. 2009. 新疆天格尔地区碱长花岗岩的地球化学、年代学及其地质意义[J]. 岩石学报, 25(4): 925~933.
- 王龙生, 李华芹, 刘德权, 等. 2005. 新疆哈密维银(铜)矿床地质特征和成矿时代[J]. 矿床地质, 24(3): 280~284.
- 王瑞, 朱永峰. 2010. 新疆哈尔墩巴斯希铁-铜-金矿床地质研究[J]. 矿床地质, 29(2): 229~242.
- 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.
- 王涛, 童英, 李舳, 等. 2010. 阿尔泰造山带花岗岩时空演变、构造环境及地壳生长意义——以中国阿尔泰为例[J]. 岩石矿物学杂志, 29(6): 595~618.
- 王志良, 毛景文, 张作衡, 等. 2006. 新疆天山斑岩铜钼矿地质特征、时空分布及其成矿地球动力学演化[J]. 地质学报, 80(7): 943~955.
- 吴昌志, 张遵忠, Khin Zaw, 等. 2006. 东天山觉罗塔格红云滩花岗岩年代学、地球化学及其构造意义[J]. 岩石学报, 22(5): 1121~1134.
- 吴华, 李华芹, 陈富文, 等. 2006. 东天山哈密地区赤湖钼铜矿区斜长花岗斑岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄[J]. 地质通报, 25(5): 549~552.
- 吴华, 李华芹, 莫新华, 等. 2005. 新疆哈密白石泉铜镍矿区基性-超基性岩的形成时代及其地质意义[J]. 地质学报, 79(4): 498~502.
- 夏林圻, 李向民, 夏祖春, 等. 2006. 天山石炭-二叠纪大火成岩省裂谷火山作用与地幔柱[J]. 西北地质, 39(1): 1~49.
- 肖庆辉, 邓晋福, 王涛, 等. 2009. 中国典型造山带花岗岩与大陆地壳生长研究[M]. 北京: 地质出版社, 1~528.
- 肖文交, 韩春明, 袁超, 等. 2006. 新疆北部石炭纪-二叠纪独特的构造-成矿作用: 对古亚洲洋构造域南部大地构造演化的制约[J]. 岩石学报, 22(5): 1062~1076.
- 肖序常, 汤耀庆, 冯益民, 等. 1992. 新疆北部及其邻区大地构造[M]. 北京: 地质出版社, 1~171.
- 徐新, 何国琦, 李华芹, 等. 2006. 克拉玛依蛇绿混杂岩带的基本特征和锆石 SHRIMP 年龄信息[J]. 中国地质, 33(3): 470~475.
- 徐学义, 马中平, 夏祖春, 等. 2005. 天山石炭-二叠纪后碰撞花岗岩的 Nd、Sr、Pb 同位素源区示踪[J]. 西北地质, 38(2): 1~18.
- 徐学义, 马中平, 夏祖春, 等. 2006a. 天山中西段古生代花岗岩 TIMS 法锆石 U-Pb 同位素定年及岩石地球化学特征研究[J]. 西北地质, 39(1): 50~76.
- 徐学义, 夏林圻, 马中平, 等. 2006b. 北天山巴音沟蛇绿岩斜长花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及蛇绿岩成因研究[J]. 岩石学报, 22(1): 83~94.
- 薛春纪, 赵战锋, 吴淦国, 等. 2010. 中亚构造域多期迭加斑岩铜矿化: 以阿尔泰东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, 17(2): 53~82.
- 闫存兴, 杨高学, 李永军, 等. 2008. 东准库布苏南岩体岩石化学特征及其地质意义[J]. 新疆地质, 26(2): 220~224.
- 杨富全, 王立本, 叶锦华, 等. 2001. 新疆霍什布拉克地区花岗岩锆

- 石 U-Pb 年龄[J]. 中国区域地质, 20(3): 267~273.
- 杨高学, 李永军, 司国辉, 等. 2009a. 东准库布苏南岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年[J]. 中国地质, 35(5): 849~858.
- 杨高学, 李永军, 吴宏恩, 等. 2009b. 东准噶尔卡拉麦里地区黄羊山花岗岩和包体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年及地质意义[J]. 岩石学报, 25(12): 3197~3207.
- 袁峰, 周涛发, 谭绿贵, 等. 2006. 西准噶尔萨吾尔地区 I 型花岗岩同位素精确定年及其意义[J]. 岩石学报, 22(5): 1238~1248.
- 张东阳, 张招崇, 艾羽, 等. 2009. 西天山莱历斯高尔一带铜(钼)矿成矿斑岩年代学、地球化学及其意义[J]. 岩石学报, 25(6): 1319~1331.
- 张立飞, 艾永亮, 李强, 等. 2005. 新疆西南天山超高压变质带的形成与演化[J]. 岩石学报, 21(4): 1029~1038.
- 张晓梅, 王德贵, 李刚. 2006. 东天山库姆塔格沙垄东二长花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年[J]. 地质通报, 25(8): 957~959.
- 张玉萍, 王瑞, 王德贵. 2008. 新疆博乐科克赛花岗闪长斑岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及找矿意义[J]. 新疆地质, 26(4): 340~342.
- 张元元, 郭召杰. 2010. 准噶尔北部蛇绿岩形成时限新证据及其东、西准噶尔蛇绿岩的对比研究[J]. 岩石学报, 26(2): 422~430.
- 张招崇, 董书云, 黄河, 等. 2010. 西南天山二叠纪中酸性侵入岩的地质学和地球化学: 岩石成因和构造背景[J]. 地质通报, 28(12): 1827~1839.
- 赵明, 舒良树, 朱文斌, 等. 2002. 东疆哈尔里克变质带的 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地质学报, 76(3): 279~383.
- 周刚, 张招崇, 罗世宾, 等. 2007b. 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, 23(8): 1909~1920.
- 周刚, 张招崇, 王新昆, 等. 2007a. 新疆玛因鄂博断裂带中花岗质糜棱岩锆石 U-Pb SHRIMP 和黑云母 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄及意义[J]. 地质学报, 81(3): 359~369.
- 周刚, 张招崇, 吴淦国, 等. 2009. 新疆准噶尔北东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的证据[J]. 地质学报, 83(3): 331~346.
- 周涛发, 袁峰, 范裕, 等. 2006. 西准噶尔萨吾尔地区 A 型花岗岩的地球动力学意义: 来自岩石地球化学和锆石 SHRIMP 定年的证据[J]. 中国科学(D 辑), 36(1): 39~48.
- 周涛发, 袁峰, 张达玉, 等. 2010. 新疆东天山觉罗塔格地区花岗岩类年代学、构造背景及其成矿作用研究[J]. 岩石学报, 26(2): 478~502.
- 朱志新, 李锦轶, 董连慧, 等. 2008. 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[J]. 岩石学报, 24(12): 2761~2766.
- 朱志新, 王克卓, 徐达, 等. 2006. 依连哈比尔山石炭纪侵入岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年及其地质意义[J]. 地质通报, 25(8): 986~991.
- 邹天人, 曹惠志, 吴柏青. 1988. 新疆阿尔泰山和非造山花岗岩及其判别标志[J]. 地质学报, 62(3): 229~243.