

文章编号:1000 - 6524 (2003) 02 - 0107 - 05

# 北山明水地区花岗岩时代的确定及其地质意义

江思宏<sup>1</sup>, 聂凤军<sup>1</sup>, 陈文<sup>2,3</sup>, 刘妍<sup>1</sup>, 白大明<sup>1</sup>, 刘新宇<sup>2</sup>, 张思红<sup>2</sup>

(1. 中国地质科学院 矿产资源研究所, 北京 100037; 2. 中国地质科学院 地质研究所, 北京 100037;  
3. 中国地质大学 地球科学和资源学院, 北京 100029)

**摘要:**在详细的野外地质调查研究基础上,采用高精度的<sup>40</sup>Ar - <sup>39</sup>Ar 测年技术,对北山明水地区大面积分布的花岗岩类岩体进行了同位素年龄测试,确定其为印支期侵入体。该岩体时代的准确界定,说明印支期构造 - 岩浆活动对北山地区的大地构造格架产生了十分重要的影响,它可能是由塔里木板块与哈萨克斯坦板块最终碰撞对接引起的。  
**关键词:**<sup>40</sup>Ar - <sup>39</sup>Ar 同位素年龄;花岗岩;印支期;明水;北山

中图分类号:P588.12<sup>+</sup>1; P597<sup>+</sup>.3 文献标识码:A

## The determination of the emplacement age of granite in Mingshui, Beishan area, and its implication

J IANG Si-hong<sup>1</sup>, NIE Feng-jun<sup>1</sup>, CHEN Wen<sup>2,3</sup>, L I U Yan<sup>1</sup>, BAI Da-ming<sup>1</sup>,  
L I U Xin-yu<sup>2</sup> and Z H A N G Si-hong<sup>2</sup>

(1. Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 2. Institute of Geology, CAGS, Beijing 100037, China;  
3. College of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing, 100029, China)

**Abstract:** Usually associated with large-scale tectono-magmatic activities, granitoids are widely spread in Beishan area. This paper mainly focuses on the geochronology of the granite in Mingshui area. Based on the <sup>40</sup>Ar - <sup>39</sup>Ar isotopic dating of biotite from the granite in Mingshui, the authors obtained a plateau age of 218.4 ± 0.5 Ma, which indicates that the granite in Mingshui must have intruded during the Indosinian movement and might have been produced by eventual collision between the Tarim and the Kazakhstan plates.

**Key words:** <sup>40</sup>Ar - <sup>39</sup>Ar age dating; granite; Indosinian; Mingshui; Beishan

北山地处我国西北戈壁荒漠,东西长约 500 km,南北宽约 240 km,面积约 12 万 km<sup>2</sup>,是我国西北地区的一个重要金属成矿带,到目前为止已发现了包括婆婆泉铜矿床、黑鹰山富铁矿床、方山口磷钼矿床、东七一山萤石矿床、南金山金矿床、马庄山金矿床、小西弓金矿床、新金厂金矿床和老金厂金矿床等在内的一批贵重、有色、黑色和非金属矿床。这些矿床的形成均与区域构造 - 岩浆活动具有密切的时空关系(聂凤军等,2000)。

北山西邻东天山,东接阿拉善,以阿尔金和星星峡两大走滑断裂为界,位于一个巨大的构造楔形区,构造形迹极其复杂,其大地构造的归属一直有争议(邓自华,1965;刘雪亚,1984;左国朝等,1990;张新虎等,1993;刘雪亚等,1995)。近年来,多数学者偏重于以柳园 - 大奇山和红石山 - 黑鹰山 - 六驼山南北两条深大断裂为界,将北山从南到北依次划分为塔里木板块、哈萨克斯坦板块和西伯利亚板块(张新虎等,1993;刘雪亚等,1995)。北山地区经历了长期

收稿日期:2002 - 06 - 03; 修订日期:2002 - 08 - 07

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40073015)、科技部国家科技攻关资助项目(2001BA609A - 03);国土资源大调查资助项目(K1.3.32)

作者简介:江思宏(1968 - ),男,副研究员,主要从事贵金属矿床地质学、同位素地质学研究。

的地质构造演化,传统认为,本区大规模的构造-岩浆活动集中在中-晚元古代至晚古生代,主要是海西期,而中生代印支期的构造-岩浆活动对本区影响甚微(邓自华,1965;刘雪亚,1984;左国朝等,1990;张新虎等,1993;刘雪亚等,1995),即使在一些岩体中获得了印支期的年龄数据,也认为时代太新而弃之不用。笔者在北山地区开展岩浆活动与贵金属矿床成矿作用关系研究时,对有关岩体进行了精确的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar法测年,获得了一组可靠的年龄数据,其中包括印支期的年代学数据,从而证明了印支期岩体的存在。这一发现,不仅对于区域成矿作用的认识,而且对于重塑本区的区域构造演化格架均具有十分重要的意义。

### 1 区域地质背景

研究区位于北山北带西段,其南北两侧分别受明水-石板井-小黄山和红石山-黑鹰山-六驼山两条深大断裂控制,呈东西向狭长的带状,被称之为红石山-黑鹰山地体(刘雪亚等,1995)(图1),主要断裂均近EW向,局部呈NWW向,次级断裂有NW、NE和NNE向。区域上出露的地层有前长城系中-深变质岩、长城系浅变质碎屑岩、石炭系海相火山岩与碎屑岩以及侏罗-白垩系陆相火山岩及碎屑岩等,其中以石炭系出露最为广泛。

研究区范围内侵入岩分布广泛,呈岩基、岩株和

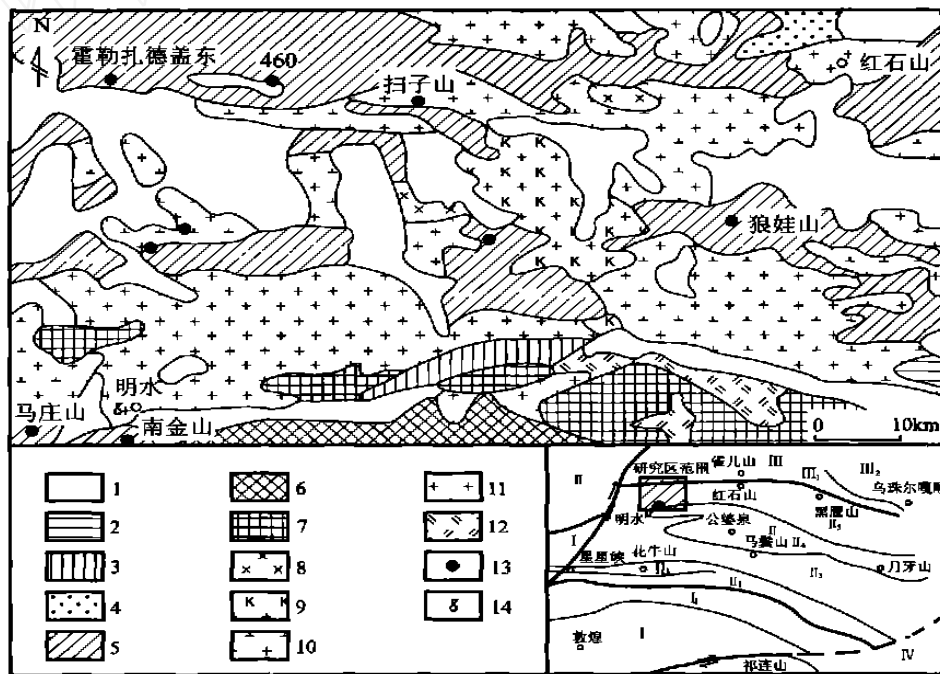


图1 明水地区地质简图

Fig. 1 Sketch geological map showing the distribution of rocks and gold occurrences in Mingshui area

- 1—第四系;2—早白垩世陆相火山岩、碎屑岩;3—早侏罗世陆相火山岩、碎屑岩;4—早二叠世火山岩;5—早石炭世海相火山岩、碳酸盐岩及碎屑岩;6—长城系浅变质碎屑岩;7—前长城系中-深变质岩;8—文象花岗岩;9—钾长花岗岩;10—花岗闪长岩;11—花岗岩;12—二长岩;13—金矿床(点)位置;14—采样位置;
- 塔里木板块: 1—安北-旧寺墩构造带;—哈萨克斯坦板块: 1—柳园-大奇山地体; 2—花牛山地体; 3—马鬃山地体; 4—公婆泉-月牙山地体; 5—红石山-黑鹰山地体;—西伯利亚板块: 1—雀儿山地体; 2—乌珠尔嘎顺地体;—华北板块
- 1—Quaternary sediments; 2—Lower Cretaceous continental volcanic and clastic rocks; 3—Lower Jurassic continental volcanic and clastic rocks; 4—Lower Permian volcanic rocks; 5—Lower Carboniferous marine volcanic rocks, carbonate and clastic rocks; 6—epimetamorphic clastic rocks of the Changcheng System; 7—middle-high grade metamorphic rocks; 8—graphic granite; 9—K-feldspar granite; 10—granodiorite; 11—granite; 12—monzonite; 13—gold deposits or spots; 14—sampling location;
- Tarim plate: 1—Anbei-Jiusidun tectonic zone;—Kazakhstan plate: 1—Liuyuan-Daqishan terrane; 2—Huanishan terrane; 3—Mazongshan terrane; 4—Gongpoquan-Yueyashan terrane; 5—Hongshishan-Heiyingshan terrane;—Siberian plate: 1—Quershan terrane; 2—Wuzhuergashun terrane;—North China plate

岩脉状产出,岩石类型有钾长花岗岩、花岗岩和花岗闪长岩等。另外,在深大断裂两侧及附近亦见少量基性和超基性岩。前人认为这些岩体侵入时代主要为加里东期和海西期(邓自华,1965;刘雪亚,1984;左国朝等,1990;张新虎等,1993;刘雪亚等,1995)。

明水花岗岩基是本区出露面积最大的岩体,位于明水-盐池一带,近东西向分布,长 60 km,宽 6~25 km,面积约 800 km<sup>2</sup>,其围岩主要为早石炭世白山组。岩体相变明显,边缘为微粒细粒状花岗岩,主体相为中粗粒似斑状-巨斑状花岗岩,主要由石英、钾长石、斜长石和黑云母组成,长石呈粗斑-巨斑状,大小 2.5 cm × 0.5 cm,黑云母具定向排列。镜下岩石呈似斑状结构,基质呈半自形粒状-细晶结构+显微文象结构,似斑晶为粗大的钾长石,粒度 > 10 mm,呈自形板状,晶体边缘不平直,晶体中包嵌有大量的斜长石、石英、黑云母等。钾长石具格子状双晶(纺锤状),显微条纹构造不发育。其中斜长石含量约为 35%,钾长石含量约为 25%~30%,石英 30%,黑云母为 5%~7%,还见少量磷灰石、磁铁矿、锆石和榍石等副矿物。后期侵入的钾长花岗岩脉或脉切割了花岗岩基(图 1)。

## 2 <sup>40</sup>Ar - <sup>39</sup>Ar 同位素分析

供<sup>40</sup>Ar - <sup>39</sup>Ar 同位素年龄测试的黑云母采自明水花岗岩基西北,即南金山金矿选厂西北侧的山脊上。花岗岩本身黑云母含量较低,且颗粒较细,不易分选,但其内部产有大量的暗色包体,黑云母呈集合体状产于这些暗色包体中。这些暗色包体呈纺锤

状,大小 30 cm × 10 cm,镜下暗色包体呈半自形粒状结构,主要由普通角闪石、黑云母和斜长石组成,其中普通角闪石占 35%~40%,黑云母 20%~25%,斜长石 30%左右。黑云母呈片状,最大可达 0.5 mm 左右,易于挑选。用于<sup>40</sup>Ar - <sup>39</sup>Ar 同位素年龄测试的黑云母,蚀变微弱,其单矿物纯度大于 98%,完全可以满足测试的要求。由于这些暗色包体与花岗岩没有明显的界限,推测二者应为同时代产物。这些包体可能是因为岩浆上升侵位较快,使得早期结晶分异出来的基性组分来不及下沉而被一起带上来。即使这些黑云母与花岗岩是不同时代的产物,由于黑云母的 K - Ar 体系封闭温度(300 ± 50)远低于花岗岩的形成温度(一般 600~700),在花岗岩化过程中黑云母中的 K - Ar 体系会发生重置,因此依然可以近似代表花岗岩的形成时代。<sup>40</sup>Ar - <sup>39</sup>Ar 同位素年代测定是在中国地质科学院同位素开放实验室完成的。关于<sup>40</sup>Ar - <sup>39</sup>Ar 同位素年龄分析测试方法,请参见聂凤军等(2002)的描述。

花岗岩暗色包体中的黑云母<sup>40</sup>Ar - <sup>39</sup>Ar 阶段升温年龄分析结果及特征比值列于表 1。在从 400 到 1400 区间内,对黑云母样品进行了 11 个阶段的加热分析,所获数据构成的<sup>40</sup>Ar - <sup>39</sup>Ar 年龄谱线为一起伏非常小、近水平的直线(图 2),是典型的未受热扰动的封闭体系年龄谱,说明黑云母自结晶以后几乎未遭受热扰动的影响,其坪年龄为 218.4 ± 0.5 Ma,相当于印支期。在<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar 对<sup>39</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar 图(图 3)中,由所有 11 个加热阶段所获分析数据构成一条等时线(MSWD 为 6.04),其等时线年龄值为 220.2 ± 2.5 Ma(2),<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar 初始比值为 290.0 ±

表 1 明水花岗岩中黑云母的<sup>40</sup>Ar - <sup>39</sup>Ar 阶段升温加热分析数据

Table 1 <sup>40</sup>Ar - <sup>39</sup>Ar stepwise heating analytical data of biotite separated from the granite in Mingshui area

阶段	t/	<sup>40</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar	<sup>36</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar	<sup>37</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar	* <sup>40</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar	<sup>39</sup> Ar/10 <sup>-14</sup> mol	年龄/ Ma	<sup>39</sup> Ar 积累/ %	* <sup>40</sup> Ar/ %
1	400	179.84 2	0.578 9	0.516 5	8.798 7	19.00	185 ± 19	0.41	0.35
2	500	19.614 9	0.032 6	0.076 9	9.971 9	153.20	208.7 ± 2.8	3.76	3.19
3	600	19.608 5	0.031 8	0.080 1	10.210 0	613.00	213.4 ± 3.0	17.13	13.05
4	700	11.491 9	0.003 5	0.063 3	10.459 5	372.00	218.3 ± 2.2	25.25	8.11
5	800	11.482 3	0.003 4	0.059 9	10.490 1	819.00	218.9 ± 2.3	43.12	17.91
6	900	11.515 9	0.003 7	0.072 0	10.433 1	409.00	217.8 ± 2.4	52.04	8.90
7	1000	11.909 1	0.004 8	0.684 0	10.525 9	330.00	219.6 ± 2.1	59.24	7.24
8	1100	12.081 9	0.005 1	0.704 6	10.617 6	975.00	221.4 ± 2.1	80.52	21.59
9	1200	12.017 5	0.005 3	0.688 7	10.512 1	570.00	219.3 ± 2.2	92.95	12.49
10	1300	11.958 0	0.005 1	0.720 6	10.512 3	286.00	219.3 ± 2.6	99.19	6.27
11	1400	15.540 5	0.013 5	1.061 0	11.627 6	37.00	241.1 ± 4.2	100.00	0.90

注: \*<sup>40</sup>Ar 表示放射性成因<sup>40</sup>Ar; J = 0.012 299, W = 90.30 mg。

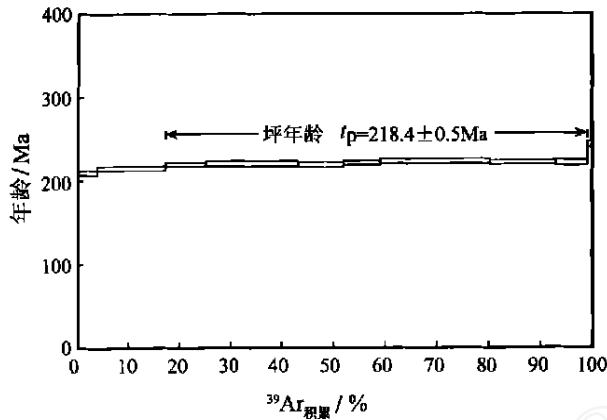


图2 明水花岗岩中黑云母的 $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$ 阶段升温年龄谱图

Fig. 2  $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$  stepwise heating age spectra of biotite from the granite in Mingshui area

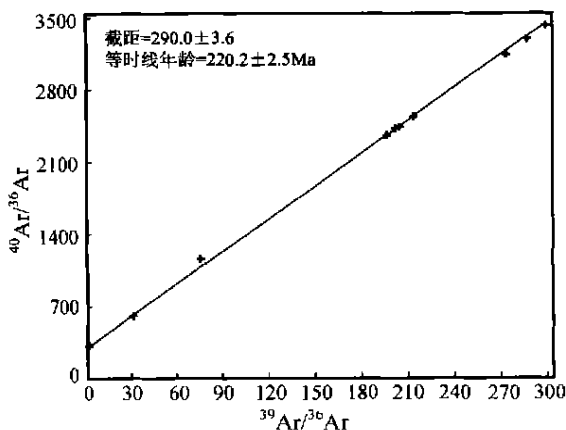


图3 明水花岗岩中黑云母的 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 同位素等时线

Fig. 3  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  isochron of biotite separated from the granite in Mingshui area

3.6(2), 接近于尼尔值(295.5), 反映了数据分布较为均匀, 样品中没有过剩 Ar 的存在。等时线年龄与坪年龄在误差范围内完全一致, 说明 $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$  坪年龄的测定是可信的, 并且是有地质意义的。

### 3 讨论

前人曾将该岩体的时代定为海西中期, 尽管在该岩体中获得了 217 Ma 的 K - Ar 年龄数据(穆治国等, 1992), 但认为此数据明显偏新而弃置不用, 仅

据岩体间的相互穿插关系来确定其形成时代。由于各岩体本来就缺少准确的测年数据, 只根据穿插关系来确定岩体时代的做法具有很大的不确定性, 将此花岗岩基的时代定为海西中期显然证据不足。现在看来, 前人在该岩体中获得的 K - Ar 年龄与本文获得的 $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$  测年数据几乎一致, 因此这个年龄数据还是可靠的。

显然, 甘新交界处明水地区大面积出露的印支期花岗岩不可能是一个偶然地质事件的产物。关于印支期构造活动对研究区的影响, 除了本文获得的侵入体的年龄证据外, 还有如下证据:

(1) 成矿年代学证据。近年来北山地区金矿床的成矿年代学研究表明, 从北山北带一直到南带, 不少金矿床(包括南金山、金窝子、小宛南山和拾金坡等金矿床)的成矿时代均为印支期(江思宏等, 2001; 陈富文等, 1999; 董国光, 1992)。尽管在这些矿床附近并未见有印支期岩体露头, 但推测金矿的形成可能与印支期的隐伏岩体侵位或构造热事件有关(陈富文等, 1999; 周济元等, 2000)。

(2) 沉积岩证据。在明水花岗岩基南部不足 10 km 处见有三叠纪的陆相碎屑岩建造, 厚度大于 1 400 m, 岩性包括砾岩、含砾粗砂岩、长石石英砂岩及炭质砂质页岩。其中下部为巨砾岩, 底部为底砾岩。根据地层岩性、沉积构造及所含化石表明, 该套地层沉积环境先是山前坳陷山麓 - 河流相堆积, 后期为湖沼相碎屑岩沉积(甘肃省地质矿产局, 1997), 说明这套沉积岩应该是造山期的山前磨拉石沉积建造。

(3) K - Ar 同位素年代学证据。尽管 K - Ar 体系受后期热事件干扰容易遭到破坏, 难以判断它能否代表岩体的形成时代, 但是它仍然可以记录最近一期发生的热事件。从北山其他地区已经取得的大量印支期 K - Ar 年龄数据(穆治国等, 1992)可以看出, 印支期的热事件对北山南带和中带的影响都是很大的。

综上所述, 研究区内大面积印支期花岗岩和上述沉积岩、成矿年代学以及 K - Ar 年代学等证据, 均证明印支期构造活动对北山地区的地质构造演化及金矿成矿作用产生了十分重要的影响, 而这期构造运动可能与哈萨克斯坦与塔里木板块的最终碰撞对接有关。直到晚二叠世, 敦煌地块才出现华夏植物

群和安加拉植物群强烈混生的现象(张新虎等, 1993)说明,哈萨克斯坦与塔里木可能是在二叠纪晚期发生碰撞,而这次碰撞事件可能一直影响到了三叠纪,即印支期,并被与之伴生的强烈的岩浆侵入活动和山前磨拉石沉积所记录和证实。因此,明水地区大面积出露的印支期花岗岩和区域上的印支期的构造热事件及有关沉积作用可能都与哈萨克斯坦与塔里木板块的这期碰撞对接有关。

## 4 结 论

本文的 $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$ 测年数据(坪年龄为 $218.4 \pm 0.5 \text{ Ma}$ ,等时线年龄为 $220.2 \pm 2.5 \text{ Ma}$ )和前人已有的地层和年代学资料表明,印支期构造-岩浆活动不仅对北山地区的大地构造演化产生了十分重要的影响,而且对金矿的成矿作用具有明显的控制作用。这期构造活动可能是由塔里木板块与哈萨克斯坦板块最终碰撞对接引起的。

**致 谢** 野外工作得到了内蒙古军区和甘肃省军区所属边防连队、中信投资总公司南金山金矿和甘肃省肃北县马宗山镇人民政府等单位的大力协助,在此一并致谢。

## References

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Gansu Province. 1997. Multiple Classification and Correlation of the Stratigraphy of China - Stratigraphy (lithostratic) of Gansu Province[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 49 ~ 59 (in Chinese).
- Chen Fuwen, Li Huaqin, Cai Hong, *et al.* 1999. The origin of the Jinwozi gold deposit in eastern Xinjiang - evidence from isotope geochronology[J]. *Geological Review*, 45(3): 247 ~ 254 (in Chinese with English abstract).
- Deng Zhua. 1965. Preliminary discussion on the tectonics of the Beishan region and which tectonic unit it belongs to[J]. *Geological Review*, 23(3): 172 ~ 180 (in Chinese).
- Jiang Sihong and Nie Fengjun. 2001.  $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$  isotopic age dating on the Nanjinshan gold deposit and its implication[J]. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 20(4): 344 ~ 347 (in Chinese with English abstract).
- Liu Xueya. 1984. Magmatism of calc-alkaline series in the Beishan region of Gansu Province and its relation to plate tectonics[J]. *Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences*, 10: 151 ~ 165 (in Chinese with English abstract).
- Liu Xueya and Wang Quan. 1995. Tectonics of orogenic belts in Beishan Mts., western China and their evolution[J]. *Dixueyanjiu*, 28: 37 ~ 48 (in Chinese with English abstract).
- Mu Zhiguo, Liu Chi, Huang Baoling, *et al.* 1992. The isotope age-dating and tectonics thermal events in the Beishan region, Gansu Province[J]. *Universitatis Pekinensis (Acta Scientiarum Naturalium)*, 28(4): 486 ~ 497 (in Chinese with English abstract).
- Nie Fengjun, Jiang Sihong, Liu Yan, *et al.* 2002.  $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$  isotopic age dating on K-feldspar separates from eastern Huaniushan granite, Gansu Province, and its geological significance[J]. *Chinese Journal of Geology*, 37(4): 415 ~ 422 (in Chinese with English abstract).
- Nie Fengjun, Jiang Sihong, Zhao Xingmin, *et al.* 2000. Type and evaluation of gold deposits in the Beishan district of northwest China[J]. *Journal of Changchun University of Science and Technology*, 30 (Sup.): 21 ~ 26 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Xinhua, Gou Guochao, Tian Peizhao, *et al.* 1993. Subdivision of the ancient plates and terranes in Beishan area[J]. *Northwestern Geology in China*, 14(2): 1 ~ 6 (in Chinese).
- Zhou Jiyuan, Cui Bingfang, Xiao Huijiang, *et al.* 2000. The rift evolution and Au ore-forming regular in east part of Beishan, Gansu and Xinjiang[J]. *Volcanology & Mineral Resources*, 21(1): 7 ~ 17 (in Chinese with English abstract).
- Zuo Guochao, He Guoqi. 1990. Plate Tectonics and Metallogenic Regularities in Beishan Region[M]. Beijing: Peking University Publishing House, 1 ~ 209 (in Chinese with English abstract).

## 附中文参考文献

- 陈富文, 李华芹, 蔡红, 等. 1999. 新疆东部金窝子金矿成因讨论——同位素地质年代学证据[J]. *地质论评*, 45(3): 247 ~ 254.
- 邓自华. 1965. 北山地区地质构造特征及其大地构造单元归属问题的初步讨论[J]. *地质论评*, 23(3): 172 ~ 180.
- 甘肃省地质矿产局. 1997. 全国地层多重划分对比研究——甘肃省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 49 ~ 59.
- 江思宏, 聂凤军. 2001. 甘肃南金山金矿床的 $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄及其地质意义[J]. *矿物岩石地球化学通报*, 20(4): 344 ~ 347.
- 刘雪亚. 1984. 甘肃北山区的钙碱系列岩浆活动及其与板块构造的关系[J]. *中国地质科学院院报*, 第10号: 151 ~ 165.
- 刘雪亚, 王荃. 1995. 中国西部北山造山带的大地构造及其演化[J]. *地质研究*, 第28号: 37 ~ 48.
- 穆治国, 刘弛, 黄宝玲, 等. 1992. 甘肃北山地区同位素定年与构造岩浆热事件[J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 28(4): 486 ~ 497.
- 聂凤军, 江思宏, 刘妍, 等. 2002. 甘肃花牛山东钾长花岗岩 $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄及其地质意义[J]. *地质科学*, 37(4): 415 ~ 422.
- 聂凤军, 江思宏, 赵省民, 等. 2000. 北山地区金矿床类型和生成演化[J]. *长春科技大学学报*, 30卷, 增刊, 21 ~ 26.
- 张新虎, 苟国朝, 田培昭, 等. 1993. 祁连山、北山地区古板块及地体构造的划分[J]. *西北地质*, 14(2): 1 ~ 6.
- 周济元, 崔炳芳, 肖惠良, 等. 2000. 甘新北山东段裂谷演化及金矿成矿规律[J]. *火山地质与矿产*, 21(1): 7 ~ 17.
- 左国朝, 何国琦. 1990. 北山板块构造及成矿规律[M]. 北京: 北京大学出版社, 1 ~ 209.