1000-0569/1999/015(04)-0594-99 *Acta Petrologica Sinica* 岩石学报

塔里木盆地瓦基里塔格辉长岩^{40}Ar-^{39}Ar年龄及其意义*

李曰俊[1,2] 贾承造[1] 胡世玲[2] 黄智斌[1] 曾强[1] 谭泽金[1]

1. 塔里木石油勘探开发指挥部，新疆库尔勒 841000；2. 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029.

1. *Tarim Petroleum Exploration and Development Bureau, Korla, Xinjiang* 841000;

2. *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100029.

1999-07-02 收稿，1999-08-29 改回.

Li Yuejun, Jia Chengzao, Hu Shiling, Huang Zhibin, Zeng Qiang and Tan Zejin. 1999. The ^{40}Ar-^{39}Ar isotopic age of Wajilitag gabbro in Tarim basin and its geological significance. *Acta Petrologica Sinica*, 15 (4): 594～599

Abstract Wajilitag mountains, about 40km southeast to Bachu town, is located at western Tazhong tectonic belt (Central Rise), Tarim basin, NW China. There exists a set of slightly metamorphic unfossiliferous clastic rocks at Wajilitag. Basic-ultrabasic intrusions are developed in the clastic rocks. Two gabbro specimens were sampled from the intrusions. Plate ages of 825.0±2.0Ma and 837.3±2.0Ma and respective isochronal ages of 821.4±8.0Ma and 833.3±15.3Ma were got after Ar-Ar analysis. This is the first group of reliable Precambrian isotopic ages in the inner part of Tarim basin. It is an important data for study on the age, basement component and tectonic type, etc. of Tarim basin, and also significant for the petroleum exploration planning in that area.

Key words Tarim basin, Wajilitag, Gabbro, ^{39}Ar-^{40}Ar isotopic age, Precambrian

摘 要 瓦基里塔格位于新疆塔里木盆地塔中构造带（即中央隆起）的西部，巴楚县城南东约40km。这里发育一套轻微变质的碎屑岩哑地层，其中有基性-超基性岩体侵入。对在此采集的2块辉长岩样品进行Ar-Ar定年，获得的坪年龄分别为825.0±2.0Ma和837.3±2.0Ma，相应的等时年龄为821.4±8.0Ma和833.3±15.3Ma。这是首次获得的塔里木盆地腹地较可靠的前寒武纪同位素年龄数据，为塔里木盆地的构造类型、基底性质、组成和时代等地质问题的正确认识，提供了一份重要的基础资料，对于该地区的油气勘探部署也有十分重要的意义。

关键词 塔里木盆地；瓦基里塔格；辉长岩；^{39}Ar-^{40}Ar同位素年龄；前寒武纪

中图法分类号 P597.3

1 引言

塔里木盆地内部，零星出露少量前新生代基岩露头，为研究塔里木盆地的基底性质和构造格局提供了一个最为直观的窗口。巴楚地区位于塔中构造带（或中央隆起，即许靖华所谓的塔中残余岛弧）的西部，是基岩露头最集中的地区。巴楚南东的瓦基里塔格有一套被基性-超基性岩侵入的碎屑岩哑地层，其层位归属因缺乏确切的时代依据而未有定论（张师本等，1991）。这直接影响到对瓦基里、小海子等构造的评价和油气勘探部署，也影响到对塔中构造带的正确认识。两块采自侵入于这套哑地层的辉长岩同位素年龄样品（图1），经中国科学院地质研究所Ar-Ar定年实验室测试，获得了可靠的坪年龄和等时年龄，为探讨该侵入岩和其所侵入的哑地层的时代及其有关地质和勘探方面的问题提供了重要依据。

* 本文研究由国家“九五”重点科技攻关项目和塔指科技攻关项目共同资助.

第一作者简介：李曰俊，男，1962年出生，博士，研究员，构造地质学和地层学专业.

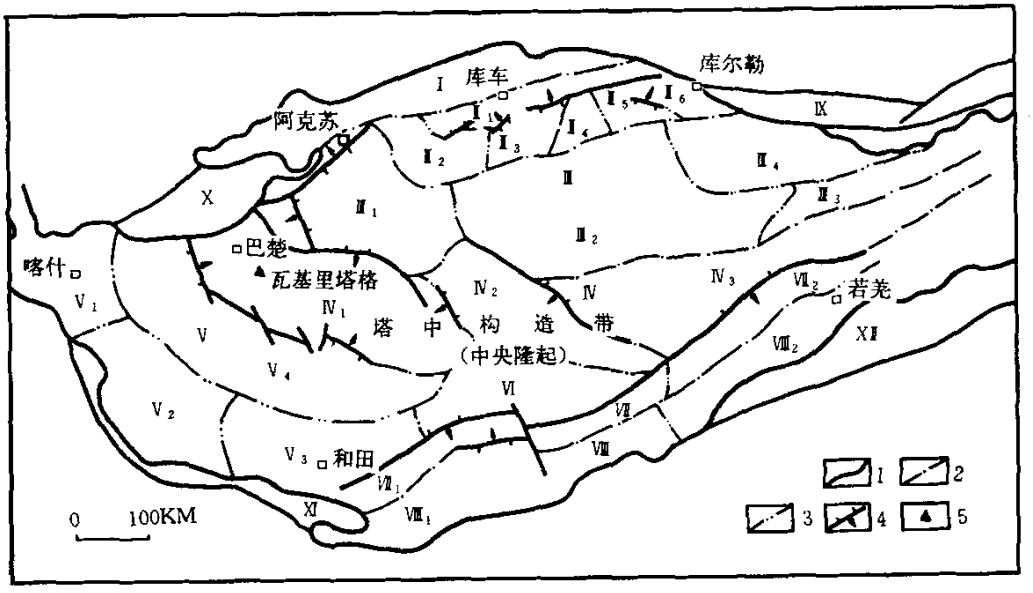


图1　塔里木盆地构造单元和采样点位置(据 Jia Chengzao *et al*., 1997，略做修改)

1. 塔里木盆地边缘；2. 盆地一级构造单元界限；3. 盆地二级构造单元界限；4. 断层；5. 采样位置(瓦基里塔格)；Ⅰ库车坳陷；Ⅱ塔北隆起；Ⅱ$_1$轮台凸起；Ⅱ$_2$英买力低凸起；Ⅱ$_3$哈拉克塘凹陷；Ⅱ$_4$轮南低凸起；Ⅱ$_5$草湖凹陷；Ⅱ$_6$库尔勒鼻隆；Ⅲ北部坳陷；Ⅲ$_1$阿瓦提凹陷；Ⅲ$_2$满加尔坳陷；Ⅲ$_3$英吉苏凹陷；Ⅳ中央隆起；Ⅳ$_1$巴楚断隆；Ⅳ$_2$塔中低凸起；Ⅳ$_3$塔东低凸起；Ⅴ西南坳陷；Ⅴ$_1$喀什凹陷；Ⅴ$_2$叶城凹陷；Ⅴ$_3$和田凹陷；Ⅴ$_4$麦盖提斜坡；Ⅵ塘古孜巴斯坳陷；Ⅶ塔南隆起；Ⅶ$_1$民丰北凸起；Ⅶ$_2$罗布庄凸起；Ⅷ东南坳陷；Ⅷ$_1$民丰凹陷；Ⅷ$_2$若羌凹陷；Ⅸ库鲁克塔格断隆；Ⅹ柯坪断隆；Ⅺ铁克力克断隆；Ⅻ阿尔金断隆

Fig. 1　The tectonic elements of Tarim basin and the sampling location

2　样品产出情况和测试结果

2.1　样品产出情况

瓦基里塔格位于巴楚县城南东方向，叶尔羌河南东岸，距巴楚县城约40km。这里出露的岩石主要为一套基性-超基性杂岩和一套碎屑岩呶地层(以下简称瓦基里碎屑岩)。基性-超基性杂岩主要包括辉岩、辉长岩、闪长岩和少量碱性岩(正长岩和二长岩)岩体；瓦基里碎屑岩主要由两部分组成，一部分为紫红色砂岩、粉砂岩和粉砂质泥岩板岩，另一部分为灰黑色板岩夹灰色薄层状砂岩。

样品R98258和R98261均为采自侵入于瓦基里碎屑岩的辉长岩，样品较新鲜，细粒结构，块状构造，未见明显的变质或蚀变。考虑到样品新鲜，结晶矿物颗粒较细，本次研究采用全岩样品进行^{40}Ar-^{39}Ar同位素定年。

2.2　测试方法及结果

将制备好的测试样品，在中国原子能科学研究院49-2反应堆进行快中子照射，时间为52h，被照射过的样品经过冷却，置于超高真空(1.33×10^{-6}Pa)析氩系统中进行阶段加热和纯化。采用高频电炉熔样，每一阶段加热时间为20min。纯化后的氩直接进入RGA10质谱计进行氩同位素测定，对峰值进行了时间零点和质量歧视校正，年龄计算中进行了K、Ca、Cl干扰Ar同位素校正以及^{37}Ar放射性衰变校正，求得同位素比值和年龄值。^{37}Ar半衰期为35.1d，^{40}K的衰变常数为5.543×10^{-10}/a，年龄误差按1σ计。实验获得的Ar同位素数据见表1和表2，样品R98258和R98261的年龄谱图见图2、图4，它们的等时线图见图3、图5。

样品R98258辉长岩在900℃～1450℃五个加热阶段析出的^{39}Ar总量为74.9%，得到一个稳定的坪年龄为825.0±2.0Ma；与之相对应的(由4～8阶段数据所得到的等时线)等时年龄为821.4±8Ma，($^{40}Ar/^{36}Ar$)$_i$为294.5，表明无过剩Ar存在，坪年龄和等时年龄在误差范围内基本一致，验证了该年龄值的可靠性，它基本代表了岩石的形成年龄。测试结果表明该辉长岩的侵入时代为青白口纪晚期—早震旦世。低温阶段(460℃)得到了444.5Ma的视年龄，较客观地反映了该地区可能存在加里东期构造热事件的影响(表1；图2、图3)。

表 1 样品 R98258 辉长岩的^{40}Ar-^{39}Ar 快中子活化法定年数据

Table 1 ^{40}Ar-^{39}Ar isotopic age determination data for R98258 gabbro

阶段	加热温度(℃)	$^{40}Ar/^{39}Ar$	$^{36}Ar/^{39}Ar$	$^{37}Ar/^{39}Ar$	$^{38}Ar/^{39}Ar$	^{39}Ar 10^{-12}mol	$^{40}Ar^*/^{39}Ar_K$ ± (1σ)	^{39}Ar (%)	视年龄±1σ (Ma)	$^{40}Ar/^{36}Ar$	$^{39}Ar/^{36}Ar$
1	460	62.602	0.1138	2.4299	0.1219	0.28	29.3±0.25	3.79	444.5±21.5		
2	650	57.059	0.0794	2.7873	0.3118	0.39	33.9±0.21	5.29	505.6±18.2		
3	800	53.077	0.0481	2.7477	0.2885	0.57	39.2±0.18	7.72	572.5±15.1		
4	900	69.729	0.0324	2.3839	0.2784	0.86	60.4±0.21	11.7	820.6±14.4	2150	30.8
5	1000	72.203	0.0389	4.8681	0.3288	0.68	61.3±0.23	9.23	829.8±17.2	1852.2	25.7
6	1150	62.018	0.0116	2.5579	0.1589	2.59	60.9±0.19	35.1	825.3±13.2	5515.4	86.2
7	1300	66.550	0.0208	3.4018	0.2717	1.39	60.7±0.22	18.9	823.9±14.1	3192	48
8	1450	74.339	0.0453	3.5761	0.4339	0.61	61.4±0.24	8.27	831.2±23.3	1641.7	22.1

样品量为 0.35g，照射参数 J=0.009529，$^{40}Ar^*$ 为放射性成因 Ar，$^{39}Ar_K$ 为样品中^{39}K 经照射后获得的^{39}Ar.

表 2 样品 R98261 辉长岩的 ^{40}Ar-^{39}Ar 快中子活化法定年数据

Table 2 ^{40}Ar-^{39}Ar isotopic age determination data for R98261 gabbro

阶段	加热温度(℃)	$^{40}Ar/^{39}Ar$	$^{36}Ar/^{39}Ar$	$^{37}Ar/^{39}Ar$	$^{38}Ar/^{39}Ar$	^{39}Ar 10^{-12}mol	$^{40}Ar^*/^{39}Ar_K$ ± (1σ)	^{39}Ar (%)	视年龄±1σ (Ma)	$^{40}Ar/^{36}Ar$	$^{39}Ar/^{36}Ar$
1	460	41.593	0.0575	1.0463	0.1504	0.26	24.7±0.13	1.72	381.9±14.1		
2	650	44.785	0.0429	1.4991	0.2147	0.38	32.3±0.13	2.50	483.7±17.3		
3	800	50.869	0.0261	3.1872	0.1348	0.53	43.5±0.14	3.49	625.7±15.8		
4	900	64.706	0.0127	2.5192	0.0882	1.18	61.2±0.19	7.76	829.1±16.5	5076.9	78.4
5	1000	64.489	0.0102	2.1126	0.0721	1.70	61.7±0.18	11.2	834.4±15.4	6320	98
6	1100	64.375	0.0075	1.8573	0.0719	3.71	62.4±0.17	24.4	841.4±12.6	8583.3	133.3
7	1200	63.134	0.0064	7.6643	0.1065	5.03	62.1±0.16	33.1	838.9±10.1	9785.7	155
8	1300	65.896	0.0138	1.7405	0.775	1.98	61.9±0.23	13.0	837.4±18.6	4750	72
9	1500	102.19	0.0656	4.8241	0.2.22	0.43	83.5±0.37	2.83	1056.2±54.3		

样品量为 0.3g，照射参数 J=0.009529，$^{40}Ar^*$ 为放射性成因 Ar，$^{39}Ar_K$ 为样品中^{39}K 经照射后获得的^{39}Ar.

样品 R98261 辉长岩的测试结果显示，900℃～1300℃五个加热阶段析出^{39}Ar 总量为 89.46%，得到的坪年龄为 837.3±2Ma。与之相对应的等时年龄为 833.3±15.3Ma（4～8 阶段数据的等时线），其 $(^{40}Ar/^{36}Ar)_i$ 为 289.9，同样不存在过剩 Ar，验证了该年龄值的可靠性，它基本代表了岩石的形成年龄，也表明瓦基里塔格辉长岩的侵入时代为青白口纪晚期—早震旦世，与 R98258 辉长岩样品的测试结果基本一致。650℃加热阶段获得 483.7±17.3Ma 的视年龄，也反映了该地区可能存在的加里东期构造热事件的影响（表 2；图 4、图 5）。

3 问题讨论

3.1 地质意义

（1）两个辉长岩全岩样品的测试结果表明，不仅它们各自的坪年龄和等时年龄基本一致，而且两个样品的年龄值（无论坪年龄还是等时年龄）也非常接近，从而表明测试结果的准确可靠。这两组全岩^{40}Ar-^{39}Ar 定年结果表明瓦基里塔格的辉长岩形成于前震旦纪末—早震旦世，其所侵入的碎屑岩建造（以下简称瓦基里碎屑岩）的时代应早于早震旦世，结

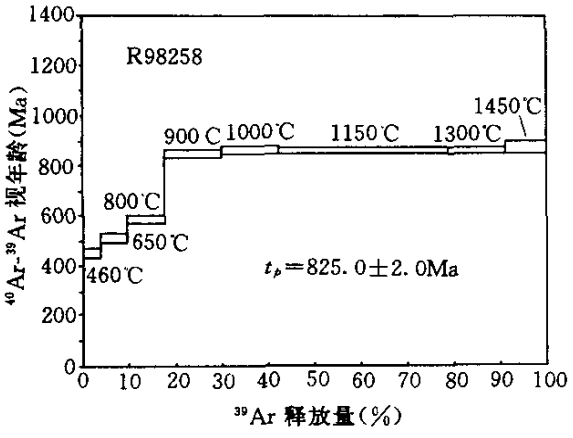


图 2 样品 R98258 辉长岩的^{40}Ar-^{39}Ar 坪年龄谱图

Fig. 2 ^{40}Ar-^{39}Ar age spectrum of R98258 gabbro

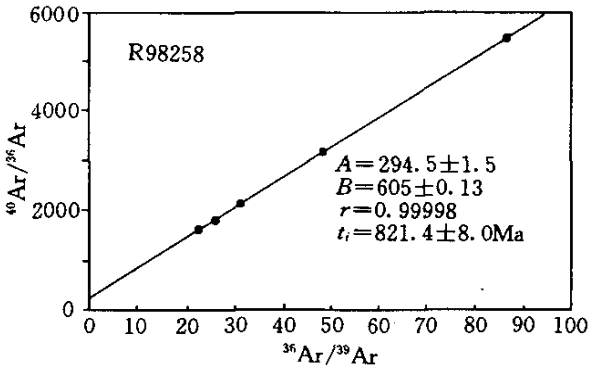


图 3 样品 R98258 辉长岩 4～8 阶段数据的等时线图

Fig. 3 ^{40}Ar-^{39}Ar isochronal plot of R98258 gabbro

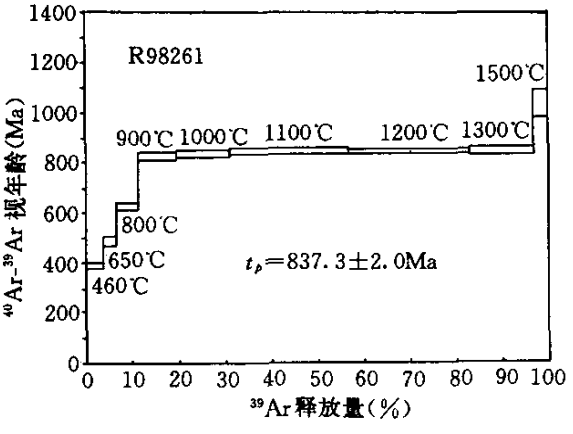


图 4 样品 R98261 辉长岩的^{40}Ar-^{39}Ar 坪年龄谱图

Fig. 4 ^{40}Ar-^{39}Ar age spectrum of 98261 gabbro

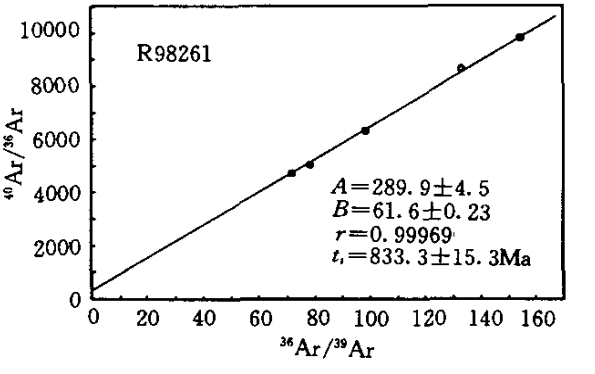


图 5 样品 R98261 辉长岩 4～8 阶段数据的等时线图

Fig. 5 ^{40}Ar-^{39}Ar isochronal plot of R98261 gabbro

合区域地质资料，建议暂将这套地层归属于青白口系。鉴于瓦基里碎屑岩缺乏古生物化石，时代归属一直未有统一的认识（张师本等，1991；陈哲夫等，1985）①，因此，本文研究成果为正确认识该地区辉长岩的侵入时代和瓦基里碎屑岩的时代上限提供了较为可靠的年龄数据。

（2）以往对巴楚地区火成岩的同位素定年主要采用 K-Ar 法，所获得的年龄集中在晚古生代②（杨树锋等，1996）。本文研究成果是巴楚地区，同时也是整个塔里木盆地腹地首次获得可靠的前寒武纪同位素年龄数据，为正确认识塔里木盆地的有关地质问题，提供了一份重要的基础资料，它证明了塔里木盆地腹地古老前寒武纪基底的存在。

（3）关于塔里木盆地基底性质和构造类型，一般认为它是一个具有陆壳基底的叠合复合盆地（李春昱等，1982；任纪舜等，1980；王作勋等，1990；周清杰等，1990；贾承造等，1992；邵学钟等，1996；殷秀华等，1996；康玉柱，1996；

① 贾承造等. 1992. 中国新疆塔里木盆地及周边地质图（1∶100万）（内部用图）.

② 杨树锋等. 1994. 塔里木盆地古生代火山作用与地质热事件研究（研究报告）.

丁道桂等，1996；Jia Chengzao *et al.*，1996；Li Z-X *et al.*，1996）也有人认为塔里木盆地是一个残余弧后盆地，或为昆仑岛弧、塔中残余岛弧和柯坪-库鲁克塔格残余岛弧及其夹持的两个残余弧后或弧间盆地（许靖华，1994；Hsu *et al.*，1994；1995）。本项研究表明，塔里木盆地内部存在有不同于阿克苏群变质岩的，轻微变质的前震旦基底。瓦基里碎屑岩类似于扬子地区的冷家溪群、四堡群或神农架群，如此推论，塔里木地块很可能类似于扬子地块，具有前震旦陆壳基底。我们对巴楚地区古生界碎屑岩的岩石化学分析结果也支持关于塔里木盆地具有古老陆壳基底的认识（李曰俊等，1999）。

3.2 油气勘探意义

对于瓦基里构造（地震勘探在瓦基里塔格发现的一个油气勘探目标，以前曾称“小海子构造”，现一般改称“瓦基里构造”）油气勘探前景的评价，首先要解决地表火成岩和古生代地层露头与构造的关系问题。目前勘探界对此有两种截然不同的认识：第一种认为地表的火成岩和古生代地层是“有根”的基岩露头，瓦基里构造由于完全出露地表和岩浆岩侵入的破坏而基本失去勘探意义；第二种认为瓦基里塔格地表的火成岩和古生代地层是“无根”的飞来峰，与地下的构造无关，不影响对瓦基里塔格构造的评价和勘探部署。由于第二种认识证据尚感不足（“飞来峰”缺乏源区或推覆构造的根带。目前还没有野外地面地质构造调查资料的证明，尚未进行系统论证），从区域地质和已有资料分析，我们认为瓦基里塔格的侵入岩和古生代地层是基岩露头的可能性较大一些。而本文同位素年代学研究结果证明，这里地表出露的岩石至少包括早震旦世，甚至更老的地层，这对瓦基里构造油气勘探前景是很不利的，因而，近期内暂不宜部署针对该构造的钻探工作。今后，首先应进一步加强瓦基里地区的综合研究，特别是地面地质构造调查与地球物理资料的精细解释相结合，这也是对本地区勘探目标（构造）评价和优选的基础。只有对本地区的一系列关键性地质构造问题获得较为全面、正确的认识之后，方能考虑是否在此部署有关勘探井位。

致谢 本项研究工作过程中，胡云扬、买光荣、王招明、杨文静、李文玉、彭更新、司庄才、刘颉、郭战锋、罗俊成、李江海等同志给予了指导和帮助，样品测试由中国科学院地质与地球物理研究所 Ar-Ar 定年实验室桑海清同志负责完成，特此致谢。

References

Chen Zhefu and Wu Naiyuan (eds.). 1985. Geological map of Xinjiang Uygur Autonomous Region, China, Scale 1 : 2,000,000. Beijinjg: Geological Publishing House (in Chinese)

Ding Daogui and Tang Liangjie (eds.). 1996. Formation and evolution of the Tarim Basin. Nanjing: Hehai University Press, 1~302 (in Chinese with English abstract)

Hsu K J, Yao Yongyun, Hao Jie, Peter Hsu, Li Jiliang and Wang Qingchen. 1994. Origin of Chinese Tianshan by arc-arc collisions. Eclogae Geol. Helv., 87 (1): 265~292

Hsu K J, Pan Guitang and Sengor A M C. 1995. Tectonic evolution of Tibetan Plateau: a work hypothesis based on the archipelago model of orogenesis. International Geology Review, 37: 473~508

Hsu K J. 1994. Back-arc collision orogenesis and its tectonic facies. Journal of Nanjing University (Earth-science series), 6(1): 1~11 (in Chinese with English abstract)

Jia Chengzao (ed.). 1997. Tectonic characteristics and petroleum, Tarim Basin, China. Beijing: Petroleum Industry Press, 1~295

Jia Chengzao, Yao Huijun Wei Guoqi and Li Liangchen. 1992. Plate tectonic evolution of Tarim Basin and the geo-tectonic characteristics of its major tectonic elements. In: Tong Xiaoguang and Liang Digang eds., Papers on petroleum exploration in Tarim Basin. Urumqi: Xinjiang Science and Technology Press, 207~225 (in Chinese)

Kang Yuzhu (ed.). 1996. Petroleum geology and resource assessment in the Tarim Basin, Xinjiang, China. Beijing: Geological Publishing House, 1~348 (in Chinese with English abstract)

Lee Chunyu, Wang Quan, Liu Xueya and Tang Yaoqing (eds.). 1982. Tectonic map of Asia, scale 1 : 8,000,000. Beijing: Cartographic Publishing House

Li Yuejun, Mai Guangrong, Luo Juncheng, Yang Wenjing, Tan Zejin and Zheng Duoming. 1999. Paleozoic tectonic setting and provenance nature discrimination of Bachu Fault-uplift, Tarim, Northwest China. Journal of Palaeogeography (in press) (in Chinese with English abstract)

Li Z X, Zhang L and Powell C McA. 1996. Positions of the East Asian cratons in the Neoproterozoic supercontinent Rodinia. Australian Journal of Earth Sciences, 43: 593~604

Ren Jishun, Jiang Chunfa, Zhang Zhengkun and Qin Deyu. 1980. The tectonics and its evolution of China. Beijing: Science Press, 1~120 (in Chinese)

Shao Xuezhong, Zhang Jiaru and Fan Huiji. 1996. Investigation of deep structures of Earth's crust in Tarim Basin by method of converted waves of earthquakes. In: New development of the study on petroleum geology in Tarim Basin (edited by Tong Xiaoguang, Liang Digang and Jia Chengzao). Beijing: Science Press, 139~149 (in Chinese with English abstract)

Wang Zuoxun, Wu Jiyi, Liu Chengde, Lu Xichao and Zhang Jing-

guo. 1990. Polycyclic tectonic evolution and metallogeny of the Tianshan Mountains. Beijing: Science Press, 1～217 (in Chinese with English abstract)

Yang Shufeng, Chen Hanlin, Dong Chuanwan, Jia Chengzao and Wei Guoqi. 1996. The distribution of Late Paleozoic volcanic rock and its relationship to oil-gas in Tarim Basin. In: Tong Xiaoguang, Liang Digang and Jia Chengzao (eds), New development of the study on petroleum geology in Tarim Basin. Beijing: Science Press, 150～158 (in Chinese with English abstract)

Yin Xiuhua, Liu Zhanpo and Li Yishi. 1996. Characteristics of the gravity field and deep structure of the crust in Tarim Basin. In: Tong Xiaoguang, Liang Digang and Jia Chengzao eds., New development of the study on petroleum geology in Tarim Basin Beijing: Science Press, 178～187 (in Chinese with English abstract)

Zhang Shiben and Gao Qinqin (eds.). 1991. Sinian to Permian stratigraphy and paleontology of the Tarim Basin, Xinjiang: (Ⅰ) Kalpin-Bachu region. Beijing: The Petroleum Industry Press, 1～329 (in Chinese with English abstract)

Zhou Qingjie and Zheng Jianjing (eds.). 1990. Tarim tectonic analysis. Beijing: Science Press, 1～144 (in Chinese)

附中文参考文献

陈哲夫，吴乃元主编. 1985. 中国新疆维吾尔自治区地质图(1∶200万). 北京：地质出版社

丁道桂，汤良杰主编. 1996. 塔里木盆地形成与演化. 南京：河海大学出版社，1～302

贾承造，姚慧君，魏国齐，李良辰. 1992. 塔里木盆地板块构造演化和主要构造单元地质构造特征. 见：童晓光、梁狄刚主编，塔里木盆地油气勘探论文集. 乌鲁木齐：新疆科技卫生出版社，207～225

康玉柱主编. 1996. 中国塔里木盆地石油地质特征及资源评价. 北京：地质出版社，348

李春昱，王荃，刘雪亚，汤耀庆. 1982. 亚洲大地构造图. 北京：地图出版社.

李曰俊，买光荣，罗俊成，杨文静，谭泽金，郑多明. 1999. 塔里木盆地巴楚断隆古生代沉积构造背景和物源区性质的探讨. 古地理学报（出版中）.

任纪舜，姜春发，张正坤，秦德余. 1980. 中国大地构造及其演化. 北京：科学出版社

邵学钟，张家茹，范会吉. 1996. 塔里木盆地地壳深部构造的地震转换波探测和研究. 见：童晓光、梁狄刚、贾承造主编，塔里木盆地石油地质研究新进展. 北京：科学出版社，139～149

王作勋，邹继易，刘成德，吕喜朝，张经国. 1990. 天山多旋回构造演化与成矿. 北京：科学出版社

许靖华. 1994. 弧后碰撞造山作用及其大地构造相. 南京大学学报(地球科学版)，6 (1)：1～11

杨树锋，陈汉林，董传万，贾承造，魏国齐. 1996. 塔里木盆地晚古生代火山岩的分布与油气演化的关系. 见：童晓光、梁狄刚、贾承造主编，塔里木盆地石油地质研究新进展. 北京：科学出版社，150～158

殷秀华，刘占坡，黎益仕. 1996. 塔里木盆地的重力场和深部构造. 见：童晓光，梁狄刚，贾承造主编，塔里木盆地石油地质研究新进展. 北京：科学出版社，178～187

张师本，高琴琴主编. 1991. 塔里木盆地震旦纪至二叠纪地层古生物，(Ⅰ)，柯坪-巴楚地区分册. 北京：石油工业出版社，329

周清杰，郑建京主编. 1990. 塔里木构造分析. 北京：科学出版社