

文章编号: 1000- 6524 (2002) 01- 0024- 07

阿尔金红柳沟蛇绿混杂岩中 MORB 与 OIB 组合的地球化学证据

吴 峻, 兰朝利, 李继亮, 俞良军

(中国科学院 地质与地球物理研究所 岩石圈开放实验室, 北京 100029)

摘 要: 阿尔金红柳沟地区早古生代蛇绿混杂带中含有地幔橄辉岩、辉长辉绿岩、细碧化玄武岩、硅质岩、复理石等岩石组合。笔者研究证实, 该地区蛇绿岩中变基性岩具有过渡型洋中脊玄武岩 (T_MORB) 的特征, 并发现蛇绿岩在混杂带中与洋岛玄武岩 (OIB) 共生。在球粒陨石标准化的稀土元素配分图上, T_MORB 型变基性岩配分型式为平坦型; OIB 中 TiO₂ 含量高, 近 3%, 富集高场强元素 Nb、Ta 等, 稀土元素配分型式为轻稀土富集型。MORB 和 OIB 组合的出现说明早古生代时, 该地区存在过洋盆。这一组合可与北祁连进行对比。

关键词: 阿尔金; 红柳沟; 蛇绿混杂岩; 变基性火山岩; 地球化学

中图分类号: P588. 1; P584

文献标识码: A

Geochemical evidence of MORB and OIB combination in Hongliugou ophiolite melanges, Altun fault belt

WU Jun, LAN Chao_li, LI Ji_liang and YU Liang_jun

(Laboratory of Lithosphere Tectonic Evolution, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: The Early Paleozoic ophiolite melanges in Hongliugou of Altun fault belt (AFB) is composed of mantle peridotites, gabbros, diabases, basaltic dykes, pillow lavas, silicalites and flysches. Two types of basalt have been recognized in the ophiolite melanges: T_MORB and OIB, whose REE distribution patterns are flat_type and LREE_rich_type respectively. The presence of such rock assemblages indicates the existence of an ocean basin in this region in Early Paleozoic. This rock combination is comparable with its counterparts in northern Qilian Mountains.

Key words: Altun fault belt; Hongliugou; ophiolite melange; metabasic volcanic rocks; geochemistry

收稿日期: 2001- 01- 15; 修订日期: 2001- 08- 06

基金项目: 国家“九五”科技攻关“305”资助项目(96- 915- 06- 03)

作者简介: 吴 峻(1973-), 女, 博士研究生, 大地构造专业。

位于亚洲大陆中部的阿尔金左旋走滑断裂带分隔了塔里木和柴达木盆地, 并与北祁连断裂带共同构成青藏高原的北部边界, 对中国西部的大地构造格局起着重要的作用。巨大的滑移量与独特的地理位置一直是中外地质学者关注的焦点(郑剑东, 1988; Avouac *et al.*, 1993; Chalaron *et al.*, 1995; Cui Junwen *et al.*, 1996, 1997; 葛肖虹等, 1998; 崔军文等, 1999)。但已有的研究多集中在新生代走滑构造上, 对古构造格局的研究还很薄弱。

1 区域地质概况

阿尔金构造带由两个前寒武纪地块(阿北地块和米兰河—金雁山地块)和两条早古生代混杂岩带(红柳沟—拉配泉带和阿帕—茫崖带)构成(王焰等, 1999)。北部的红柳沟—拉配泉混杂岩带(图 1)呈近东西向分布于阿尔金北缘断裂, 向东延伸经安南坝、阿克塞至肃北一带变为北东向沿阿尔金主断裂展布(新疆区域地质志, 1993), 出露有几十个镁铁质—超镁铁质岩体, 保存有较好的堆晶岩块和辉绿岩块, 并发育有玄武岩、枕状熔岩、细碧岩、硅质岩、凝灰岩等。已有的研究一致认同该套岩石具有蛇绿岩特征(何国琦等, 1994; 程裕淇, 1994; 赖绍聪等, 1996; 潘桂棠等, 1997; 郭召杰等, 1998; 刘良, 1999; 张旗等, 2001)。时代为早古生代(刘良, 1999)。本研究进一步证实了该地区变基性岩具有洋中脊玄武岩(MORB)特征, 并发现 MORB 在混杂带中与洋岛玄武岩(OIB)伴生。

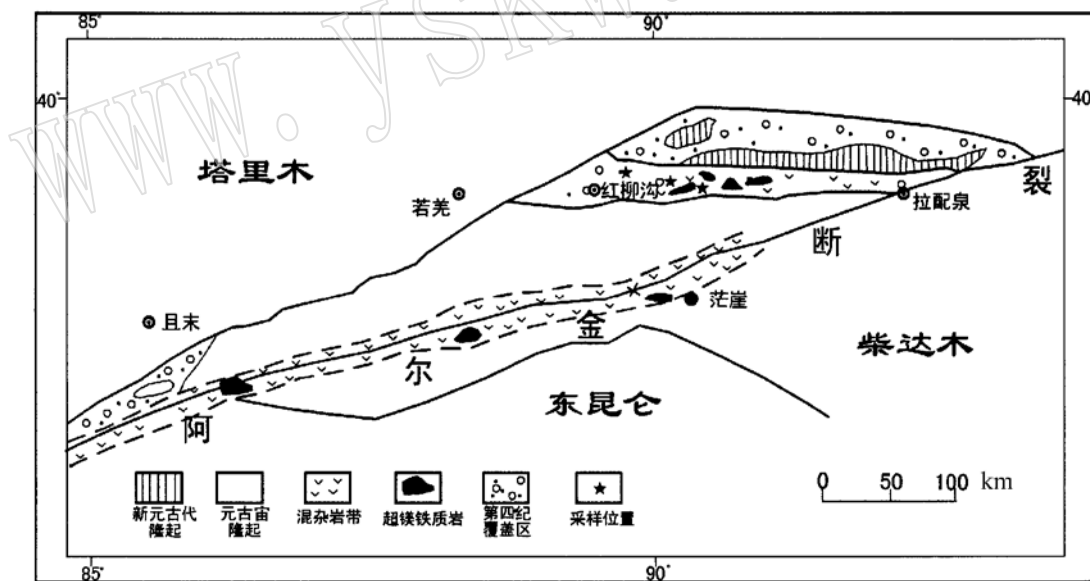


图 1 阿尔金红柳沟地区地质略图(据王焰等, 1999)

Fig. 1 Sketch geological map of Hongliugou, Altun fault belt

2 岩相学

红柳沟地区蛇绿混杂岩中地幔橄榄岩主要为方辉橄榄岩, 大多蛇纹石化。变基性岩主要由细碧化玄武岩、辉绿岩和辉长岩组成, 还有少量辉石岩。辉绿岩墙见于一个巨大的混杂

体中,岩墙群总长度约为 20 m,单个岩墙的宽度由 20 cm 至几米。辉长岩具有堆晶结构,镜下可见典型的辉长结构,由于受到海水热液蚀变,常见绿泥石化。辉绿岩具有明显的辉绿辉长结构,有比较轻微的海水热液蚀变。细碧化玄武岩的水化和碳酸岩化普遍,几乎全由绿帘石、绿帘石、黝帘石和钠长石组成,只有很少蚀变残余的单斜辉石。另外,混杂带中还有硅质岩、变质砂岩(蛇绿岩的复理石基底)、后期侵入的花岗岩、韧性剪切的片麻岩等。在剖面上,叠瓦冲断发育在各种岩性之间,也发育在同一岩体内部,形成典型的构造混杂。

3 地球化学

研究区变基性岩的主量和微量、稀土元素分析结果见表 1。

辉绿岩(H14)和辉长岩(H33~34)的 TiO_2 含量中等,为 0.81%~1.05%;CIPW 标准化中不含石英和霞石,在 Nb/Y- SiO_2 判别图中,落入亚碱性区(图 2)。在 TiO_2 - FeO_T/MgO 判别图中,属于洋中脊玄武岩(MORB)(图 3)。 $\text{Mg}^\#$ 为 55~63,是原始玄武质岩浆经过轻微分离结晶的产物。刘良(1999)资料中的变基性火山岩(LL04~06)在构造环境判别图(图 3)中也为洋脊玄武岩,其 $\text{Mg}^\#$ 为 47~49,比研究区样品分离结晶作用更显著,可能是岩浆演化较晚期的产物。在球粒陨石标准化(Boynton, 1984)的稀土元素分配型式图上均属平坦型(图 4), $\text{LREE}/\text{HREE}=1.75\sim 2.19$, $(\text{La}/\text{Yb})_N=1.19\sim 1.74$, $(\text{La}/\text{Sm})_N=0.95\sim 1.23$ 。微量元素蛛网图(MORB 标准值采用 Bevins, 1984)中可见大离子亲石元素富集(Rb、Ba 等),高场强元素基本未发生分馏,与洋脊玄武岩型式吻合(图 5)。同时,在 N_{MORB} 的标准化稀土元素配分图上,显示 LREE 略富集,而在 E_{MORB} 标准化的稀土元素配分图上显示 LREE 略亏损(图略),所以,可以判定它们属介于 N_{MORB} 和 E_{MORB} 之间的过渡型 T_{MORB} 。

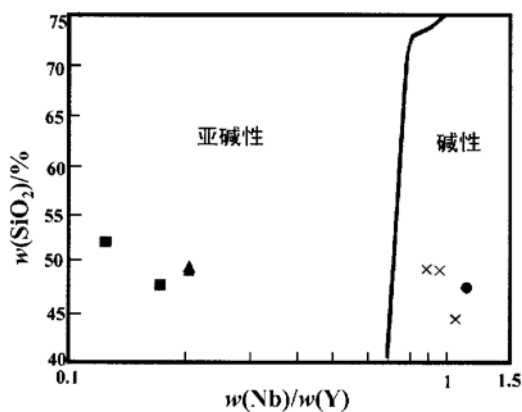


图 2 红柳沟变基性岩 SiO_2 -Nb/Y 图解
Fig. 2 SiO_2 -Nb/Y diagram of meta-basic volcanics from Hongliugou

●—H01~02; ■—H14, 33~34; ▲—
LL04~06; ×—LL01~03

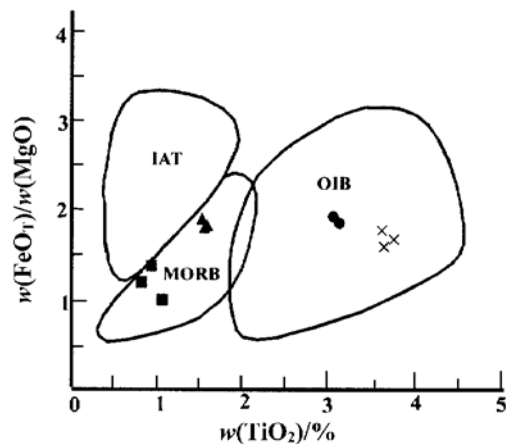


图 3 红柳沟变基性岩 FeO_T/MgO - TiO_2 图解

Fig. 3 FeO_T/MgO - TiO_2 diagram of meta-basic volcanics from Hongliugou
(图例同图 2)

表 1 红柳沟 MORB 和 OIB 型变基性岩主量元素 ($w_B/\%$) 和稀土、微量元素 ($w_B/10^{-6}$) 分析结果

Table 1 Major elements and trace elements contents of MORB_type and OIB_type meta-basic rocks from Hongliugou, AFB

样品号 岩性 构造环境判别	H14	H33	H34	LL- 04	LL- 05	LL- 06	H01	H02	LL- 01	LL- 02	LL- 03
	辉绿岩	辉长岩		火山岩			细碧化玄武岩		火山岩		
	MORB 型变基性岩						OIB 型变基性岩				
SiO ₂	47.51	51.93	52.03	49.44	48.99	49.34	47.29	46.71	49.13	49.07	44.05
TiO ₂	1.05	0.92	0.81	1.53	1.5	1.56	3.01	3.09	3.72	3.6	3.57
Al ₂ O ₃	16.09	15.41	15.14	14.3	14.28	14.78	13.12	12.14	12.16	12.13	12.84
Fe ₂ O ₃	3.15	0.59	0	4.22	366	4.45	4.19	4.08	7.29	6.89	3.53
FeO	6.06	8.49	8.66	7.13	7.64	7.06	8.1	8.19	3.78	4.3	9.07
FeO _T	8.89	9.02	8.66	10.93	10.93	11.07	11.87	11.86	10.91	10.5	12.25
MnO	0.25	0.31	0.28	0.19	0.2	0.2	0.28	0.26	0.15	0.15	0.2
MgO	8.74	6.42	7.09	5.94	5.64	5.92	6.04	6.27	6.41	6.48	6.77
CaO	10.06	9.22	9.15	7.35	8.52	8	9.21	9.58	9.11	9.22	11.18
Na ₂ O	2.74	3.94	4.08	3.66	3.65	3.87	4.71	4.41	4.39	4.54	2.2
K ₂ O	0.19	0.87	0.43	0.75	0.73	0.67	0.17	0.15	0.49	0.27	1.01
P ₂ O ₅	0.1	0.08	0.08	0.16	0.16	0.15	0.41	0.44	0.47	0.45	0.45
LOI	4.05	1.82	2.25	2.43	2.04	1.66	3.46	4.4	0.69	0.48	1.22
Total	99.54	100	100.09	99.62	99.43	99.52	99.99	99.72	99.6	99.54	99.6
Mg [#]	63.67	55.92	59.34	49.20	47.91	48.80	47.56	48.51	51.15	52.38	49.62
Cr			18	19	14			62		65	89
Co	47	38					47				
Ni	105	66		20	21	21	100		98	93	88
Rb	3.8	32		33	28	24	1.04		19	12	15
Sr	211	342		186	156	162	642		444	484	336
Y	21	21		39	40	37	24		30	28	28
Nb	3.98	2.73		9.1	9.3	8.7	38		36	37	41
Sn	0.41	0.74					1.94				
Cs	0.26	7.96					0.17				
Ba	62	237		98	148	135	161		100	76	537
Hf	1.1	0.91		2.85	2.98	2.97	2.71		5.5	5.63	4.41
Ta	0.33	0.62		0.364	0.392	0.272	2.6		2.41	2.33	2.73
Pb	1.3	4.06					1.77				
Bi	0.003	0.01					0.003				
Th	0.34	0.49		1.86	0.93	0.85	3.28		2.46	2.51	2.83
U	0.06	0.35		0.595	0.58	0.712	0.88		0.73	0.606	0.916
La	5.07	3.91		7.57	8.03	4.18	29.28		28.9	28.6	28.1
Ce	11.62	9.24		20.2	21.1	13.3	62.68		58.4	57.2	56.3
Pr	1.71	1.42					7.95				
Nd	8.3	7.2		14.8	15.9	9.98	33.1	32.8	25.1	33.5	
Sm	2.6	2.59		3.58	3.74	3.08	7.37		7.2	7.34	6.54
Eu	0.98	0.88		1.51	1.52	1.41	2.41		2.69	2.69	2.3
Gd	3.55	3.37					7.83				
Tb	0.68	0.57		1.02	0.978	0.92	1.1		1.06	1.03	0.927
Dy	3.75	3.89					5.49				
Ho	0.76	0.91					1.02				
Er	2.43	2.73					2.61				
Tm	0.38	0.37					0.31				
Yb	1.96	2.22		3.16	3.76	3.32	1.81		1.8	2.13	2.26
Lu	0.3	0.36		0.482	0.499	0.47	0.25		0.242	0.233	0.312
ΣREE	44.11	39.69					163.21				
LREE/HREE	2.19	1.75		10.22	9.60	6.78	6.99		41.91	35.64	36.22
(La/Yb) _N	1.74	1.19		1.62	1.44	0.85	10.91		10.82	9.05	8.38
(La/Sm) _N	1.23	0.95		1.33	1.35	0.85	2.50		2.52	2.45	2.70

主元素在中国科学院地质与地球物理研究所用 XFR 方法分析; Mg[#] = Mg/(Mg+Fe), Mg、Fe 为原子数; 微量及稀土元素在中国科学院地质与地球物理研究所用 ICP-MS 方法测定; LL 样为刘良(1999)资料。

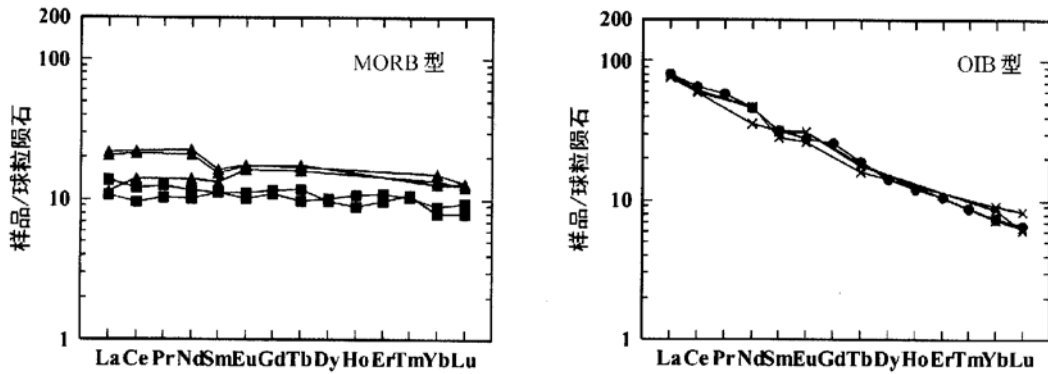


图 4 红柳沟变基性岩稀土元素球粒陨石标准化配分型式图

Fig. 4 Chondrite-normalized REE patterns of MORB_type and OIB_type meta-basic rocks from Hongliugou (图例同图 2)

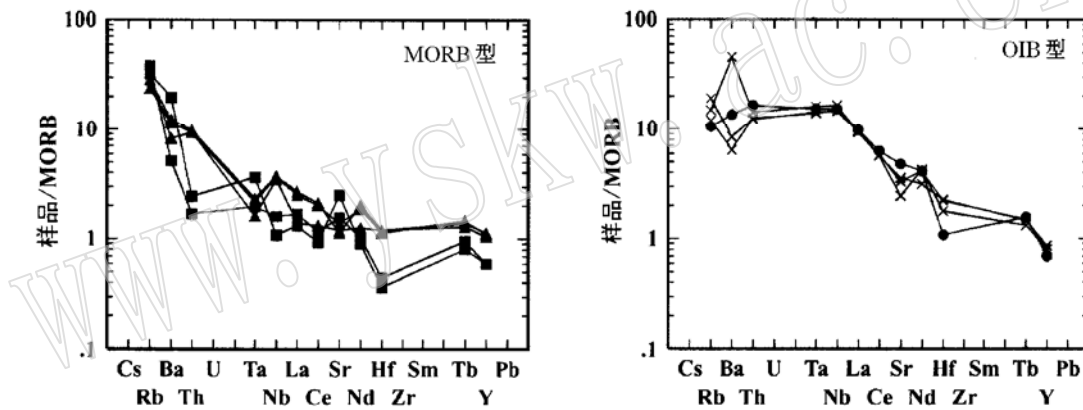


图 5 红柳沟变基性岩微量元素蛛网图 (据 Thompson, 1984)

Fig. 5 Web diagrams of trace elements in MORB_type and OIB_type meta-basic rocks from Hongliugou (图例同图 2)

细碧化玄武岩(H01~ 02)明显富 Ti, TiO_2 含量为 3% 左右; CIPW 标准化中含霞石, 在 SiO_2 - Nb/Y 判别图中, 落入碱性区域(图 2), 为碱性玄武岩; $\text{Na}_2\text{O} - 2 \geq \text{K}_2\text{O}$, 应属夏威夷岩; 在 TiO_2 - FeO_T/MgO 判别图中(图 3)属于洋岛玄武岩(OIB); 在球粒陨石标准化的稀土元素分配型式图(图 4)上表现出 LREE 富集的特点: LREE/HREE 接近 7, $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 为 10.91, $(\text{La}/\text{Sm})_N$ 为 2.5 左右; 具有与 MORB 完全不一样的蛛网图(图 5): 富集高场强元素, 如 Nb, Ta 等, 为 MORB 标准的 10~ 20 倍, 这是 OIB 最典型的地球化学特征(Weaver, 1991), 可与刘良(1999)资料中的变基性火山岩(LL01~ 03)的特征对比。

由以上分析可知, 根据地球化学特征, 阿尔金红柳沟地区蛇绿混杂带中的变基性岩可分为两种类型: 一种是洋中脊玄武岩型(MORB); 另一种是洋岛玄武岩型(OIB), 两者在空间上紧密共生。这两种类型的变基性岩可分别与刘良(1999)区分出的红柳沟洋中脊玄武岩和贝克滩洋岛玄武岩对比。

4 讨 论

红柳沟蛇绿混杂带中变基性岩有 T_MORB 和 OIB 两种类型, 前者是蛇绿岩的基性组分成员, 其特征说明红柳沟蛇绿岩产出于洋脊环境, LREE 比 N_MORB 略富集, 可能显示源区曾经有过少量富集地幔物质的混合作用; 后者不属于蛇绿岩的成员, 是喷发于大洋板块之上的洋岛火山岩, 一般认为与地幔柱(热点)岩浆活动有关(Wilson, 1989; Hofmann, 1997)。阿尔金红柳沟地区出现 MORB 与 OIB 组合证明该地区在早古生代时存在大洋, 且具有一定规模。值得注意的是, 在以往的蛇绿岩研究中。OIB 没有引起足够的重视, 蛇绿岩的判据有时不是很确定。OIB 的出现可以作为该地区出现过洋盆的重要旁证(张旗等, 2001), 它的研究对恢复古构造环境同样具有重要意义。

在北祁连的九个泉、玉石沟等地区也报道过存在 N_MORB、T_MORB 与 OIB 的岩石组合(Tian Bai *et al.*, 1994; 钱青, 1999; 崔军文等, 1999; 张旗等, 2001)。北祁连的 MORB 大多 Ti 含量中等, REE 标准化曲线为平坦至弱亏损型; OIB 中 Ti 含量较高, 达 2%~3%, LREE/HREE 明显分馏, 基本特征与本文的研究结果相似。已有研究认为, 早古生代时北阿尔金和北祁连在构造、蛇绿岩、花岗岩和沉积岩方面都具有完全可对比的特征, 是后期的阿尔金走滑使其错开, 并据此可推断阿尔金断裂北部的走滑量(葛肖虹等, 1998; 崔军文等, 1999)。本文 MORB 和 OIB 共生组合的鉴别为北祁连和北阿尔金的对比提供了进一步的证据。

References

- Avouac J, Tapponnier P. 1993. Kinematic model of active deformation in central Asia[J]. *Geophysical Research Letters*, 20(10): 895~898.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region. 1993. *Regional Geology of Xinjiang Uygur Autonomous Region*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 163~165 (in Chinese).
- Chaloron E, Mugnier J L, Mascle G. 1995. Control on thrust tectonics in the Himalayan foothills: a view from a numerical model[J]. *Tectonophysics*, 248: 139~163.
- Cheng Yuqi. 1994. *Review of Regional Geology of China*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 215~217 (in Chinese).
- Cui Junwen, Tang Zhemin, *et al.* 1997. Early Paleozoic plate-tectonic regime in the Altun Mountains[A]. *Proc. 30th Int'l Geol. Congr. [C]*, 7: 59~74.
- Cui Junwen, Tang Zhemin, Deng Jinfu, *et al.* 1999. *Altun Fault System*[M]. Beijing: Geological Publishing House. 39~49 (in Chinese).
- Cui Junwen, Xu Zhiqin. 1996. The Tethyan-Himalayan orogenic complex[J]. *Continental Dynamics*, 1(1): 20~29.
- Ge Xiaohong, Zhang Meisheng, Liu Yongjiang, *et al.* 1998. Scientific problems and thought for research of the Altun fault [J]. *Geoscience*, 12(3): 295~302 (in Chinese).
- Guo Zhaojie, Zhang Zhicheng, Wang Jianjun. 1998. Sm-Nd isochron age of ophiolite along northern margin of Altun Tagh Mountain and its tectonic significance[J]. *Chinese Science Bulletin*, 43(18): 1981~1984 (in Chinese).
- He Guoqi, Li Maosong, Liu Dequan, *et al.* 1994. *Crustal Evolution and Mineralization in Paleozoic of Xinjiang, China*[M]. Urumchi: People Publishing House of Xinjiang. 43~47 (in Chinese).
- Hofmann A W. 1997. Mantle geochemistry: the message from oceanic volcanism[J]. *Nature*, 385(16): 219~229.
- Lai Shaocong, Deng Jinfu, Zhao Hailing, *et al.* 1996. Volcanism and tectonic evolution in north boundary of Qinghai-Tibetan

- Plateau[M]. Xi'an: Science and Technology Publishing House of Shanxi Province, 74~ 96 (in Chinese).
- Liu Liang, Che Zicheng, Wang Yan, *et al.* 1998. The evidence of Sm- Nd isochron age for the early Paleozoic ophiolite in Mangya area, Altun Mountains[J]. Chinese Science Bulletin, 43(8): 880~ 883 (in Chinese).
- Liu Liang. 1999. Tectonics significance of high pressure metamorphic rocks and ophiolite in Altun area, Xinjiang, China[D]. Beijing: Institute of Geology, Chinese Academy of Science (in Chinese with English abstract).
- Pan Guitang, Chen Zhiliang, Li Xingzhen, *et al.* 1997. Tectonic evolution of east Tethys[M]. Beijing: Geological Publishing House, 30~ 32 (in Chinese).
- Qian Qing. 1999. Litho-geochemical characteristics and geodynamic significance of Jiugequan ophiolite and Jiugequan-Laohushan ophiolite's cover, North Qilian[D]. Beijing: Institute of Geology, Chinese Academy of Science, 68~ 72 (in Chinese with English abstract).
- Tian Bai, Wu Hanquan. 1994. Geochemistry of the two blueschist belts and implication for the Early Palaeozoic tectonic evolution of the North Qilian Mountains, China[A]. Wu H, *et al.* Very Low Grade Metamorphism: Mechanism and Geological Applications[C]. Beijing: Seismological Publishing House, 92~ 116.
- Wang Yan, Liu Liang, Che Zicheng, *et al.* 1999. Geochemical characteristics of early Paleozoic ophiolite in Mangya area, Altun Mountains[J]. Geological Review, 45 (supp.): 1 010~ 1 014 (in Chinese with English abstract).
- Weaver B L. 1991. Trace element evidence for the origin of ocean island basalts[J]. Geology, 19: 123~ 126.
- Wilson M. 1989. Igneous Petrogenesis[M]. London: Unwin Hyman, 46~ 52.
- Zhang Qi and Zhou Guoqing. 2001. Ophiolite of China[M]. Beijing: Science Press, 46~ 48 (in Chinese).
- Zheng Jiandong. 1988. Altun faults and continental strike-slip faults[J]. Inland Seismology, 2(2): 123~ 130 (in Chinese).

附中文参考文献

- 程裕洪. 1994. 中国区域地质概论[M]. 北京: 地质出版社, 215~ 217.
- 崔明文, 唐哲民, 邓晋福, 等. 1999. 阿尔金断裂系[M]. 北京: 地质出版社, 39~ 49.
- 葛肖虹, 张梅生, 刘永江, 等. 1998. 阿尔金断裂研究的科学问题与研究思路[J]. 现代地质, 12(3): 295~ 301.
- 郭石杰, 张志诚, 王建君. 1998. 阿尔金山北缘蛇绿岩带的 Sm- Nd 等时线年龄及其大地构造意义[J]. 科学通报, 43(18): 1 981~ 1 984.
- 何国琦, 李茂松, 刘德权, 等. 1994. 中国新疆古生代地壳演化及成矿[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 43~ 47.
- 赖绍聪, 邓晋福, 赵海玲, 等. 1996. 青藏高原北缘火山作用与构造演化[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 74~ 96.
- 刘良, 车自成, 王焰, 等. 1998. 阿尔金茫崖地区早古生代蛇绿岩的 Sm- Nd 等时线年龄证据[M]. 科学通报, 43(8): 880~ 882.
- 刘良. 1999. 阿尔金高压变质岩与蛇绿岩及其大地构造意义[D]. 北京: 中国科学院地质研究所.
- 潘桂棠, 陈智良, 李兴振, 等. 1997. 东特提斯地质构造形成演化[M]. 北京: 地质出版社, 30~ 32.
- 钱青. 1999. 北祁连九个泉蛇绿岩及九个泉和老虎山“蛇绿岩上覆岩系”的岩石地球化学特征和地球动力学意义[D]. 中国科学院地质研究所, 68~ 72.
- 王焰, 刘良, 车自成, 等. 1999. 阿尔金茫崖地区早古生代蛇绿岩的地球化学特征[J]. 地质论评, 45(增刊): 1 010~ 1 014.
- 新疆地质矿产局. 1993. 新疆维吾尔自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 163~ 165.
- 张旗, 周国庆. 2001. 中国蛇绿岩[M]. 北京: 科学出版社, 46~ 48.
- 郑剑东. 1988. 阿尔金断裂与大陆走滑断裂[J]. 内陆地震, 2(2): 123~ 130.