南天山齐齐加纳克蛇绿混杂岩的 SHRIMP 年龄及其构造意义*

王莹[1] 黄河[1] 张东阳[1] 张招崇[1**] ENCARNACION John[2] 赵莉[2]

WANG Ying[1], HUANG He[1], ZHANG DongYang[1], ZHANG ZhaoChong[1**], ENCARNACION John[2] and ZHAO Li[2]

1. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083

2. 美国圣路易斯大学地球和大气科学系, MO 63108

1. *State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources*, *China University of Geosciences*, *Beijing* 100083, *China*

2. *Department of Earth and Atmospheric Sciences*, *Saint Louis University*, *MO* 63108, *USA*

2011-12-18 收稿, 2012-02-25 改回.

Wang Y, Huang H, Zhang DY, Zhang ZC, Encarnacion J and Zhao L. 2012. SHRIMP dating of the Qiqijianake ophiolitic mélange in the Kokshal region, southwestern Tianshan and its tectonic implications. *Acta Petrologica Sinica*, 28(4):1273-1281

Abstract Qiqijianake ophiolitic mélange is located in the kokshal region in southwestern Tianshan of Xinjiang, China. It mainly consists of pyroxene peridotite, olivine pyroxenite, olivine basalt, gabbro, diabase, basaltic lavas, which is exposed as a series of tectonic blocks with the length of 5km and width of 500m. In this paper, we report the SHRIMP U-Pb zircon data for basalt from the Qiqijianake ophiolitic mélange in studied area. It shows that the Qiqijianake ophiolitic mélange formed in the Early Devonian (399 ± 4Ma). In combination with previously published data, we infer that the Qiqijianake ophiolitic mélange and Jigen ophiolitic remnant are the extention of South Tianshan ophiolite zone in Central Asia, which may be the product of a narrow archipelagic ocean. It represents the suture of the northward subduction of South Tianshan Ocean and collision between the Tarim Plate and Kazakhstan-Junggar Plate occurred after the subduction.

Key words Qiqijianake; Ophiolitic mélange; SHRIMP dating; Kokshal area; Southwestern Tianshan

摘 要 齐齐加纳克蛇绿混杂岩位于中国新疆西南天山阔克萨彦岭地区,主要由辉石橄榄岩,橄榄辉石岩,橄榄玄武岩,辉长岩,辉绿岩,基性熔岩等组成。它们以一系列构造碎片近东西向产出,断续沿长约 5km,宽约 500m。本文应用 SHRIMP 方法对该蛇绿混杂岩中玄武岩中的锆石进行 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年,获得了 399 ±4Ma 的加权平均年龄,说明该蛇绿混杂岩形成于早泥盆世。结合前人的研究成果,我们推测齐齐加纳克蛇绿混杂岩与吉根蛇绿岩残片均为中亚造山带南天山蛇绿岩带的延伸,可能代表了一个多岛窄洋盆演化的产物,为南天山洋北向俯冲及其后的塔里木微板块与哈萨克斯坦-准噶尔板块陆陆碰撞形成的最后缝合带。

关键词 齐齐加纳克;蛇绿岩;SHRIMP U-Pb 测年;阔克萨彦岭;西南天山

中图法分类号 P597.3

1 引言

中亚南天山造山带构造上位于塔里木微板块和哈萨克斯坦-准噶尔板块之间,是中亚造山带(CAOB)南缘的重要组成部分。在南天山造山带形成以前,塔里木微板块和哈萨克斯坦-准噶尔板块被古生代南天山洋所分隔。由于在中亚造山带的各构造单元中,塔里木微板块是最后并入其中的,因

* 本文受国家科技支撑计划(2011BAB06B02-04、2007BAB25B05)和国家自然科学基金项目(0925006、40772045、40572047)联合资助.

第一作者简介: 王莹,女,1987 年生,硕士生,矿物学、岩石学和矿床学专业,E-mail: ybb1900@163.com

** **通讯作者**:张招崇,男,1965 年生,博士,教授,岩石学专业, E-mail: zczhang@cugb.edu.cn

而,南天山造山带的形成,标志着中亚造山带在古生代漫长增生过程的终结(Xiao *et al.*, 2010)。同时,南天山造山带还是世界上重要的金成矿带,号称亚洲的"金腰带"。在中亚国家吉尔吉斯斯坦、乌兹别克斯坦和哈萨克斯坦境内,该带产出了世界级的穆龙套巨型金矿(其金属资源储量达 4000 ~ 5000t)以及库木托尔、伊什坦贝尔格、塔姆德布拉克、巴尔潘套、阿里斯坦套、道吉兹套、阿曼泰套和扎尔米坦等近 10 个大型-特大型金矿床。同时,该带还产出一系列大型-超大型铜、铁、铅锌、稀有金属和稀土元素矿床,如特大型琼科伊汞矿床(C 级金属储量 24419t)。但在我国境内,该带形成矿床的分布及规模则逊色许多(赵仁夫等,2002;张瑞江,2007;左国朝等,2011)。要解释这一现象,首要问题在于厘清中国境内南天山与境外南天山造山带的构造联系,即:中亚南天山构造/成矿带是否进入我国,如果进入我国,那该构造/成矿带又是如何延伸的,并且经历了怎样的演化历史。

研究蛇绿岩的组成、成分及形成机理是了解大洋岩石圈结构、变化及板块动力学的主要途径,也是划分构造单元(如缝合带)和认识构造演化历史的关键。近年来,一些学者(如:郝杰和刘小汉,1993;刘本培等,1996;王润三等,1998;Gao *et al.*, 1998; Li *et al.*, 2003; 徐学义等,2003;杨海波等,2005;Yang *et al.*, 2005; 龙灵利等,2006;朱志新等,2008;Qian *et al.*, 2009)对南天山蛇绿岩进行了一定程度的研究,但对于古生代南天山洋古洋盆的一些关键问题,目前仍存在诸多争议。这些争议包括:古生代南天山洋在构造上是属于弧后盆地(汤耀庆等,1995;梁云海和李文铅,2000;董云鹏等,2005),还是具古大陆分隔意义的古洋盆(郝杰和刘小汉,1993;李曰俊等,2001);是历多次开合的洋盆(汤耀庆等,1995;梁云海和李文铅,2000;陈哲夫,2004;左国朝等,2011)还是一次洋盆(姜常义等,2000;李曰俊等,2009);洋盆最终闭合、碰撞造山的时代是晚古生代(高长林等,1995;蔡东升等,1995;夏林圻,2002;高俊等,2006)还是三叠纪(李曰俊等,2009;张立飞等,2005);以及南天山多条蛇绿岩,是否为同一个洋盆的洋壳残片,所代表的洋盆构造属性,其向东是怎么延伸的等(董连慧等,2010)。产生这些争议的原因,一方面是由于研究者观点和研究方法的差异,另一方面,缺乏高精度的蛇绿岩测年数据,也是产生这些争议的一个重要原因。

中国南天山西段研究程度相对较低,蛇绿岩的相关报道也较少。阔克萨彦岭地区的镁铁-超镁铁质岩作为蛇绿混杂岩的报道最早见于 1999 年(梁云海等,1999);王超等(2007)对巴雷公镁铁质岩石的地球化学分析,认为可作为蛇绿混杂岩的一部分来看待;左国朝等(2008)提出库勒湖蛇绿岩带与其西南阔克萨勒岭蛇绿岩可能相互连接。赵仁夫等(2002)最先将阔克萨彦岭地区的蛇绿岩残片命名为齐齐加纳克蛇绿岩。便于今后学术探讨,我们沿用最早的命名,暂名为齐齐加纳克蛇绿混杂岩。

本文在野外考察的基础上,选取齐齐加纳克蛇绿混杂岩中的玄武岩样品进行了锆石 SHRIMP 年龄测定,并结合前人的研究数据,我们试图探索该蛇绿混杂岩与境内外南天山其他地区蛇绿岩的构造联系,以期进一步约束南天山造山带晚古生代的构造演化历史。

2 地质学和岩石学特征

齐齐加纳克蛇绿混杂岩出露于南天山西南缘阔克萨勒岭地区,地理上位于新疆维吾尔自治区克孜勒苏柯尔克孜自治州阿合奇县以西,托什罕河上游北岸的齐齐尔哈纳克河两侧。蛇绿混杂岩表现为一系列构造碎片,散布于冲断带中。研究区地层学特征与中亚南天山东阿赖地区十分相似,主要由古生代砂岩、灰岩和火山岩组成(赵仁夫等,2002)。阿合奇县 1∶5 万地质图(新疆地矿局第八地质大队,2003①)显示蛇绿混杂岩所在的冲断带为晚泥盆世的图尤克阿秀组一段,与早泥盆世的阿帕达尔康组之间断层接触。前者主要岩性有玄武质火山角砾岩、凝灰岩、熔岩,后者主要岩性有变质岩屑长石石英砂岩、变质砂岩、板岩。冲断带南部有二叠纪二长花岗岩侵入体。齐齐加纳克蛇绿混杂岩出露于图尤克阿秀组的断层破碎带中,近东西展布,长轴平行齐齐加纳克逆冲断层走向(图 1)。整套蛇绿混杂岩断续沿长约 5km,宽约 500m。该蛇绿混杂岩主要由枕状玄武岩、杏仁状玄武岩、块状玄武岩、凝灰岩、火山碎屑岩、辉长岩、辉绿岩、橄榄辉石岩等组成,间夹硅质岩、灰岩、角砾岩等,另有数条辉绿岩脉侵入于玄武岩中。如图 2 所示,各单元间呈断层接触,推测其在形成后又遭受了多次构造作用的改造,导致各种岩性的岩石之间接触关系复杂。

用于测年的样品为蛇绿混杂岩剖面(图 2)中的玄武岩(样号 QQ10-RL-1,地理坐标:40°56′25″N,77°11′04″E),采自火山混杂岩中。由于后期交代作用的影响,岩石颜色变浅,野外较难辨认(图 3c)。玄武岩具块状构造,具间粒间隐结构。针状斜长石杂乱排列,辉石、磁铁矿或隐晶-玻璃质填充斜长石格架之中,造岩矿物多被绿泥石化、钠黝帘石化或碳酸盐化。镜下照片见图 3d。

3 分析结果

用常规方法从样品中分离出锆石约 110 颗。锆石颗粒较小,多在 50 ×50μm 左右,晶形较完整,部分具环带或条带结构(见图 4),具岩浆锆石特征。结合透反射和阴极发光照片反复对比,避开内部裂隙和包裹体,进行初步挑选。考虑到不同晶形,不同内部结构特征的锆石提供尽可能多的年龄信息,再次筛选具有代表性的锆石颗粒。最后挑选出 16 颗

① 新疆地矿局第八地质大队. 2003. 1∶5 万阿合奇川乌鲁区域地质报告(内部资料)

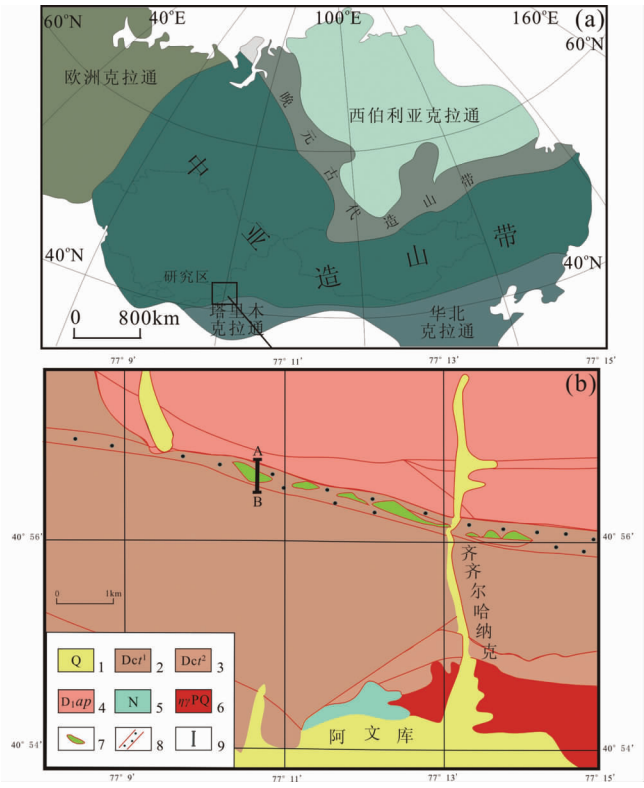

图 1　中亚造山带地质简图(a,据 Sengör *et al.*, 1993; John *et al.*, 2000)和齐齐加纳克蛇绿混杂岩分布地质简图(b,据新疆地矿局第八地质大队,2003 改编)

图(b)中:1-第四系;2-图尤克阿秀组一段;3-图尤克阿秀组二段;4-阿帕达尔康组;5-新近系;6-二叠纪二长花岗岩;7-超基性岩;8-断层破碎带;9-图 2 剖面 AB 位置

Fig. 1　Sketch geological map showing the main tectonic unites of Central Asian Orogenic Belt (a, after Sengör *et al.*, 1993; Jahn *et al.*, 2000) and regional map of the Qiqijianake ophiolitic mélange (b)

锆石用于年龄测定。

锆石微区 U-Pb 定年测定在中国地质科学院北京离子探针中心 SHRIMP II 离子探针仪器上进行,有关仪器原理,实验流程及分析可见 Compston *et al.* (1984, 1992), Williams (1998) 和宋彪等(2002)的详细描述。将样品的锆石和标准锆石 TEM 一起制成样品靶,抛光后将待测锆石进行透射光、反射光和阴极发光(CL)显微照相。阴极发光照相在中国地质科学院矿产资源研究所离子探针室完成。标准锆石为 SL13 和 TEM,测试时前者用于标定 U、Th、Pb 的含量,后者用于校正年龄(年龄为 417Ma)。束斑直径约为 35 ~ 40μm。普通 Pb 以实测 ^{204}Pb 进行校正,测试数据列于表 1,数据处理采用 Ludwig 博士编写的 SQUID1.0(Ludwig, 2001)及 ISOPLOT (Ludwig, 1999)程序。表中所列单次测量的数据点的误差均为 1σ,采用 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄,其加权平均值具 95% 的置信度。

4　讨论

4.1　年龄解释

依据阴极发光图像(图 4)可将挑出的锆石分为三类,第一类锆石包括颗粒 3、4、6、7、8、10、11、12、14。此类锆石颗粒在阴极发光照片中颜色较浅,晶形大多完整且自形程度较好,可见岩浆成因的韵律环带结构,可能代表了玄武岩岩浆结晶的产物;第二类锆石颗粒包括颗粒 1、9、13、15、16。在阴极发光照片中明显颜色发黑,环带结构清晰。此外,颗粒 15 可见纵条纹,颗粒 16 核部较黑。第三类锆石包括颗粒 2、5。颗粒较大,且核部较黑。

第一类锆石颗粒测得的 U 含量低,U、Th 含量变化小,分别介于 75×10^{-6} ~ 174×10^{-6} 和 32×10^{-6} ~ 101×10^{-6} 之间,Th/U 比值为 0.43 ~ 0.69,平均值为 0.51,显示了很小的变化范围,具有岩浆锆石特征(Pidgeon *et al.*, 1988; Claesson *et al.*, 2000)。测得的 $^{206}Pb/^{238}U$ 表面年龄分布在 393.7 ~ 404.3Ma 之间,且均分布在协和线上,平均年龄为 399 ± 4Ma (图 5),MSWD = 0.28。第二类锆石的 U 含量普遍高,除了颗

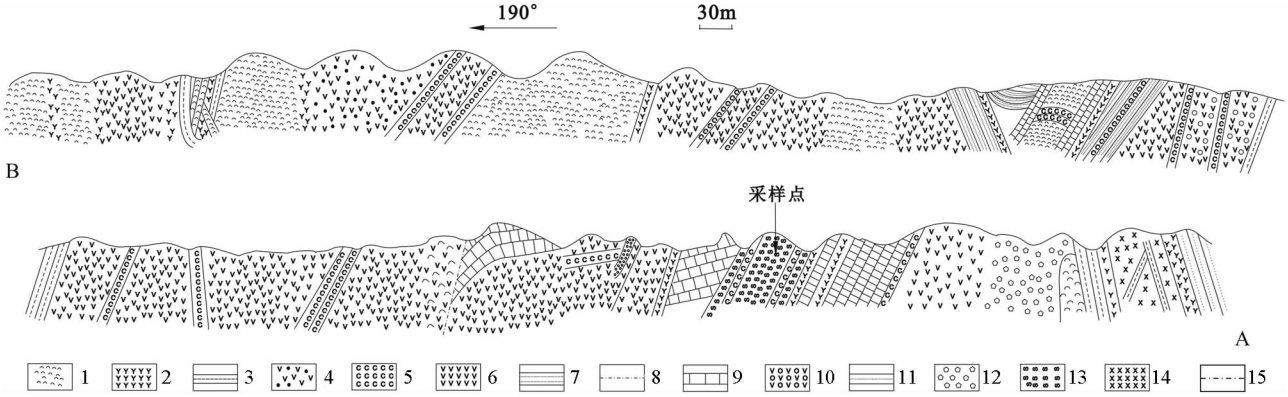

图 2　齐齐加纳克蛇绿混杂岩剖面图

1-枕状熔岩;2-盖层;3-岩脉;4-杏仁状玄武岩;5-硅质岩;6-玄武岩;7-蚀变玄武岩;8-凝灰岩;9-灰岩;10-橄榄玄武岩;11-砂岩;12-细碧岩;13-火山混杂岩;14-辉长岩;15-断层

Fig. 2　Geological section of Qiqijianake ophiolitic mélange

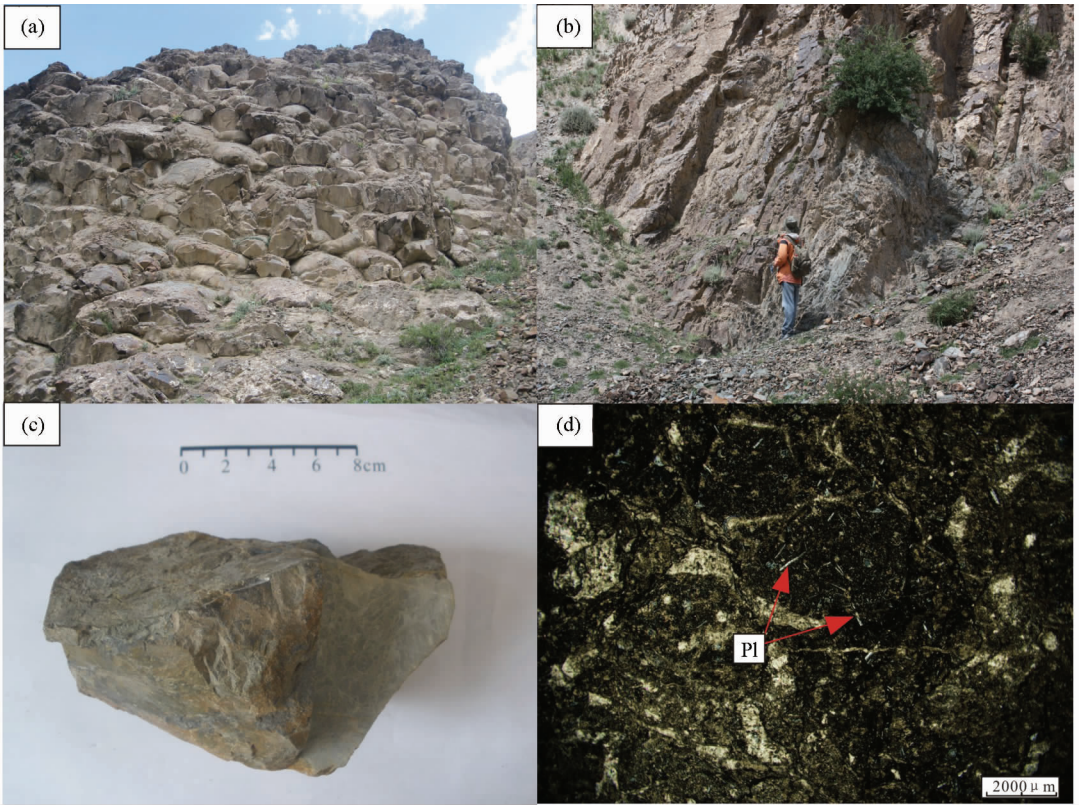

图 3 齐齐加纳克蛇绿混杂岩特征

(a)-枕状熔岩野外照片;(b)-席状岩墙群野外照片;(c)-齐齐加纳克蛇绿混杂岩中玄武岩手标本;(d)齐齐加纳克蛇绿混杂岩中玄武岩的显微结构,Pl-斜长石,正交偏光

Fig. 3 Characteristics of Qiqijianake ophiolitic mélange

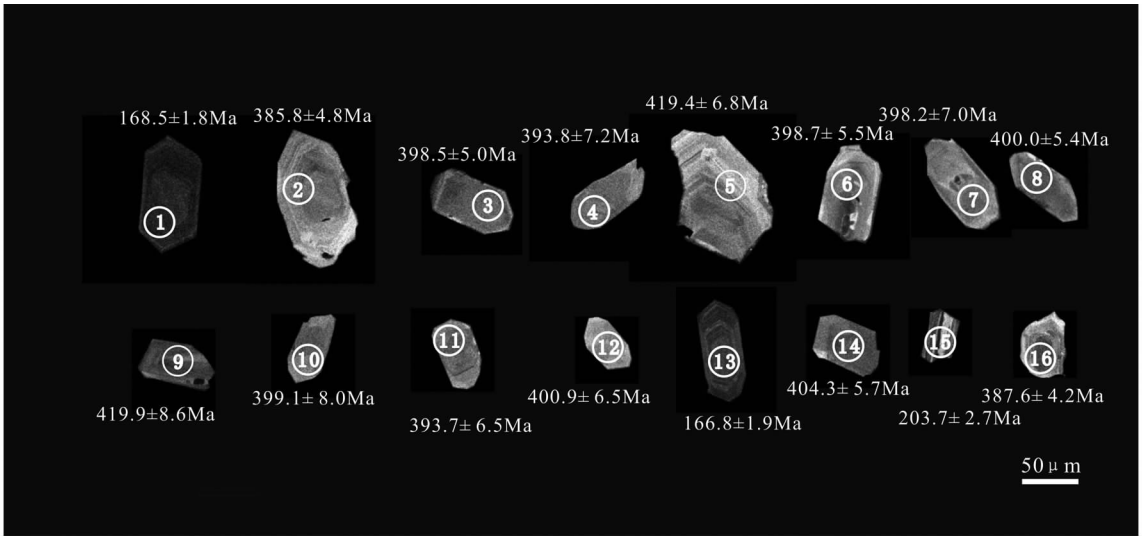

图 4 齐齐加纳克蛇绿混杂岩中玄武岩的锆石阴极发光照片

Fig. 4 CL images of the zircons from the basalt of the Qiqijianake ophiolitic mélange

粒 9 为 $334\times10^{-6}\sim522\times10^{-6}$,明显高于第一类锆石,Th/U 比值介于 0.3 ~ 0.5,位于岩浆锆石的 Th/U 比值范围,显示了很小的变化,$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄分为两组,一组为 168.5Ma、166.8Ma、203.7Ma、387.6Ma(表 1),推测分别代表某几次后期构造热事件。而 419.9Ma 则可能来自玄武岩喷发早期卷

表 1 齐齐加纳克蛇绿混杂岩中玄武岩锆石 SHRIMP U-Pb

分析结果

Table 1 SHRIMP U-Pb data for zircons of basalts in Qiqijianake ophiolitic mélange

测点号	$^{206}Pb_c$(%)	U	Th	$^{206}Pb^*$	$^{232}Th/^{238}U$	同位素原子比率(1σ)			$^{206}Pb/^{238}U$
		($\times10^{-6}$)				$^{207}Pb^*/^{235}U$	$^{206}Pb^*/^{238}U$	$^{207}Pb^*/^{206}Pb^*$	年龄(Ma,1σ)
RL1.1	1.39	485.98	141.64	11.21	0.30	0.203 ±7	0.0265 ±1	0.0556 ±7	168.5 ±2
RL1.2	2.24	185.2	92.44	10.04	0.52	0.424 ±10	0.0617 ±1	0.0499 ±9	385.8 ±5
RL1.3	0.44	151.68	101.33	8.35	0.69	0.518 ±5	0.0638 ±1	0.0589 ±5	398.5 ±5
RL1.4	3.07	74.68	32.15	4.17	0.44	0.517 ±14	0.063 ±2	0.0595 ±13	393.8 ±7
RL1.5	2.4	100.88	39.02	5.97	0.40	0.756 ±9	0.0672 ±2	0.0815 ±8	419.4 ±7
RL1.6	3.00	174.34	84.81	9.85	0.50	0.531 ±11	0.0638 ±1	0.0604 ±11	398.7 ±6
RL1.7	1.26	101.93	42.46	5.65	0.43	0.559 ±10	0.0637 ±2	0.0636 ±10	398.2 ±7
RL1.8	1.73	129.06	68.65	7.22	0.55	0.508 ±11	0.064 ±1	0.0575 ±11	400 ±5
RL1.9	8.29	111.05	53.24	7.00	0.50	0.749 ±16	0.0673 ±2	0.0807 ±16	419.9 ±9
RL1.10	2.33	97.74	42.43	5.49	0.45	0.527 ±11	0.0639 ±2	0.0599 ±11	399.1 ±8
RL1.11	5.17	90.84	44.18	5.18	0.50	0.413 ±19	0.063 ±2	0.0476 ±20	393.7 ±7
RL1.12	4.49	95.93	53.69	5.54	0.58	0.473 ±15	0.0642 ±2	0.0535 ±15	400.9 ±7
RL1.13	1.17	522.33	180.43	11.9	0.36	0.187 ±7	0.0262 ±1	0.0517 ±7	166.8 ±2
RL1.14	1.22	144.96	68.13	8.16	0.49	0.545 ±5	0.0647 ±2	0.061 ±5	404.3 ±6
RL1.15	3.38	334.25	160.35	9.54	0.5	0.29 ±13	0.0321 ±1	0.0656 ±13	203.7 ±3

注：(1)$^{206}Pb_c$ 为普通^{206}Pb 占总 Pb 的百分比，Pb^* 为放射成因 Pb；(2)年龄误差为 $\pm1\sigma$；(3)普通 Pb 用测量的^{204}Pb 校正；(4)加权平均年龄具 95% 的置信度

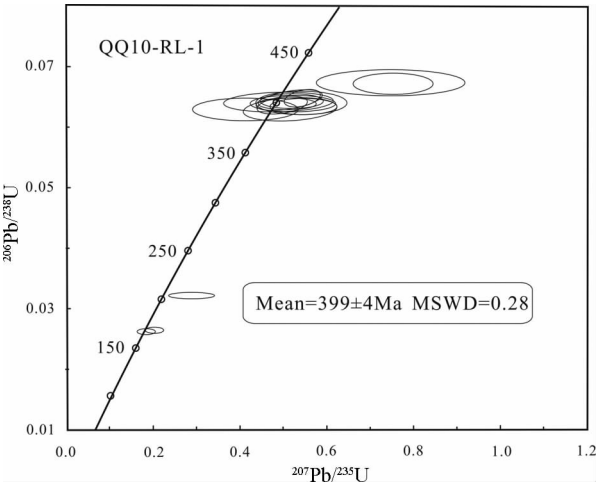

图 5 齐齐加纳克蛇绿混杂岩中玄武岩锆石$^{207}Pb/^{235}U$-$^{206}Pb/^{238}U$协和图

Fig. 5 Zircon $^{207}Pb/^{235}U$ vs. $^{206}Pb/^{238}U$ concordia diagram of basalt of the Qiqijianake ophiolitic mélange

入的较老地层锆石。第三类锆石的 U 含量较低，为 185 × 10^{-6}、101 × 10^{-6}，Th/U 比值为 0.4 ~ 0.52，平均值为 0.46，具岩浆锆石特征。颗粒 5 的年龄出现不协和，未参与计算。考虑到玄武岩中锆石难以生长，且颗粒较小，而此类锆石明显偏大，推测经历过构造热事件，不能代表玄武岩的结晶年龄。

综上所述，由 9 颗(第一类)$^{206}Pb/^{238}U$ 表面年龄分布在 393.7 ~ 404.3Ma 之间的锆石构成的加权平均年龄 399 ±4Ma 可以代表玄武岩的结晶年龄，表明齐齐加纳克蛇绿混杂岩形成于早泥盆世。

4.2 构造背景

尽管近年来，已有部分学者对阔克萨彦岭地区的蛇绿岩残片进行了研究，但对该区蛇绿岩的系统考察仍比较缺乏(梁云海等，1999；赵仁夫等，2002；李曰俊等，2004)。本次野外调查较为详细地考察了组成蛇绿岩的各个单元，包括橄榄辉石岩，辉石岩，辉绿岩墙群，辉长岩，枕状玄武岩，块状玄武岩等。虽然受到后期构造作用改造的影响导致部分岩石在野外难以辨认，但蛇绿岩组成单元较为齐全。康建丽等(2010)对该地区的硅质岩中的放射虫进行鉴定，厘定其时代为晚泥盆世-早石炭世。因而，此套硅质岩应可作为齐齐加纳克蛇绿混杂岩相伴产生的深海沉积物。这些特征与中亚造山带出露的其他蛇绿岩具有一定可比性。

李茂松等(1996)指出我国南天山北缘蛇绿岩向西直接的延伸就是位于吉尔吉斯斯坦阿特巴什山北坡的蛇绿混杂岩，再向西经费尔干纳断裂之后为费尔干纳盆地南缘的蛇绿岩，并认为邻区蛇绿岩主要形成于志留纪-早泥盆世。据何国琦和李茂松(2000)报道，境外南天山蛇绿岩自北向南可分为南费尔干纳、土尔克斯坦-阿赖和泽拉夫善-吉萨尔 3 个带。其中土尔克斯坦-阿赖带与本文的研究区邻近，并且放射虫硅质岩的年代学特征等资料推测深海盆地发育的主要时期亦是泥盆纪。赵仁夫等(2002)指出，东阿赖和阔克萨彦岭地区的志留-泥盆系的地质特征十分相似，主要由碎屑岩、灰岩和火山岩组成，并认为齐齐加纳克蛇绿混杂岩向西可与东阿赖地区的木孜别里蛇绿岩相连。木孜别里蛇绿岩主要组分包括：变质橄榄岩(岩石由蛇纹石、少量赤铁矿和铬铁矿组成)、基性火山岩。此外，何国琦和李茂松(2000)总结了境外蛇绿岩带的时空分布规律：晚志留世-泥盆纪的蛇绿岩带一

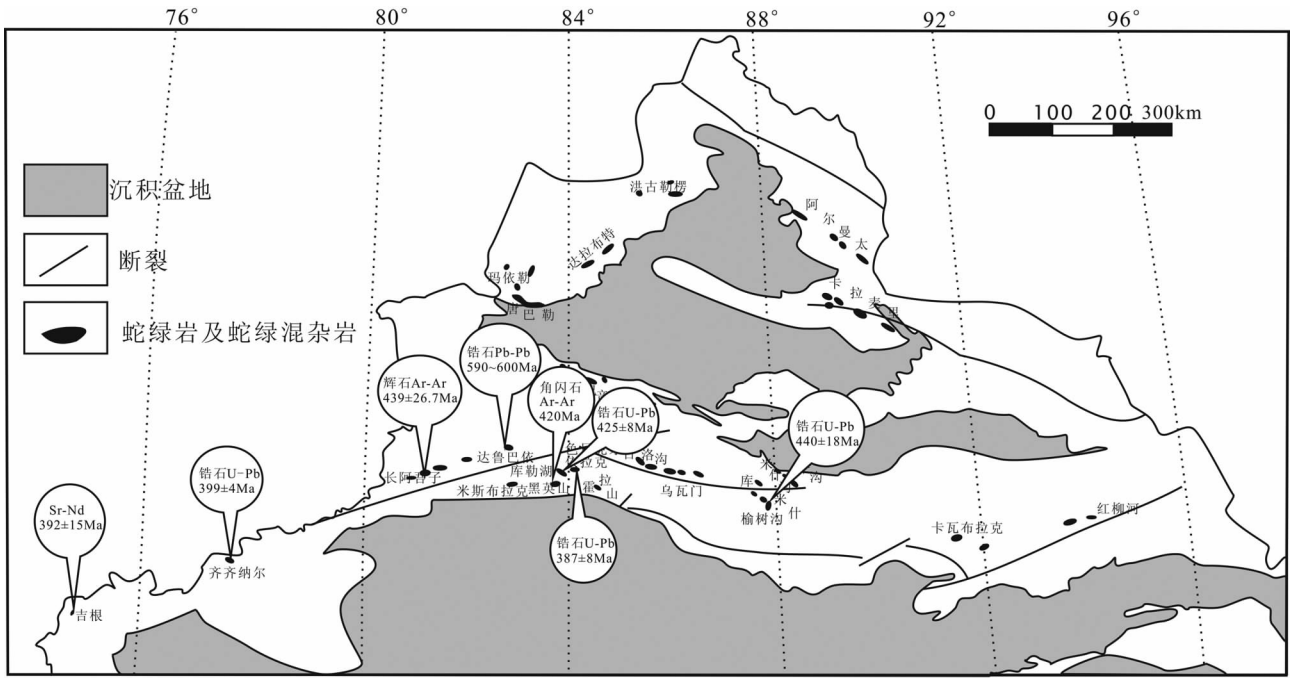

图 6 新疆蛇绿岩分布示意图及南天山已有蛇绿岩年龄数据(底图据马中平,2007 修改)

图中年龄数据见文中标注

Fig. 6 Sketch map of ophiolites of Xinjiang and some ages of ophiolites of South Tianshan (after Ma, 2007)

般延伸超过 1000km,产出相对集中成带,呈明显的直线或弧线状。由此可见,齐齐加纳克蛇绿混杂岩与邻区蛇绿岩在组成上可对应,在形成时代上同属泥盆纪,在区域地层特征上也十分相似,因而我们推测,齐齐加纳克蛇绿混杂岩很可能亦是这一贯穿整个中亚南天山造山带蛇绿岩带的一部分。

高俊等(1997)认为志留纪出现具有一定规模的早古生代南天山洋。何国琦等(2001)总结境内外南天山造山带的研究成果,提出南天山古洋并不是只经历一次开合作用的简单洋盆。在早古生代晚期,它经历过收缩和陆缘增生等地质过程。在晚古生代早期又有过新一轮的扩张高峰期。此时的南天山洋是一个发育有较多的微陆块、海山等的复杂洋盆。左国朝等(2011)进一步指出南天山洋被塔拉斯-费尔干纳转换断层分割成东西两个洋区,东侧的哈尔克山-额尔滨山洋和西侧的泽拉夫善-阿赖南天山洋。中国境内的南天山造山带在古地理上相当于前者。哈尔克山-额尔滨山洋的南侧打开于震旦纪,早、中奥陶世为鼎盛时期,晚奥陶世向北中天山微板块发生俯冲,洋区消减而大大缩小。志留纪在南侧逐渐形成后退式扩张,发育新一轮的次生较小的洋盆,早泥盆世为最晚打开的窄洋盆,直到晚泥盆世至早石炭世初闭合。按其划分我们研究区属于哈尔克山-额尔滨山洋演化区域。朱志新(2007)指出泥盆纪南天山南缘洋盆出现大量的洋岛火山岩。王超等(2007)对阔克萨彦岭巴雷公地区的镁铁质岩石进行化学分析,认为其具有洋岛玄武岩的性质。

结合上述观点,我们推测阔克萨彦岭地区早泥盆世时,仍处于洋盆扩张阶段,性质为多岛窄洋盆。齐齐加纳克蛇绿混杂岩的形成时代(399 ±4Ma)处在此多岛窄洋盆的扩张时期。因此齐齐加纳克蛇绿混杂岩很可能是这个多岛窄洋盆的产物。

图 6 展示了近年来我国境内部分报道的蛇绿岩年代学资料。其中,从西向东,那拉提山长阿吾子一带蛇绿岩的蚀变辉长岩的辉石单矿物 ^{39}Ar-^{40}Ar 坪年龄为 439Ma(郝杰和刘小汉,1993)。达鲁巴依的蛇绿岩辉长岩锆石 Pb-Pb 测年结果为 590 ~ 600Ma(杨海波等,2005),在仓格洛马克约里和黑英山之西南天山南缘蛇绿岩混杂带斜长角闪岩中的角闪石年龄值为 420Ma(刘本培等,1996)。库勒湖蛇绿岩中 N-MORB 枕状熔岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 425 ±8Ma(龙灵利等,2006)。色日牙克依拉克一带钙碱性的花岗闪长岩中锆石 U-Pb 年龄为 387 ±8Ma(朱志新等,2008),说明在中泥盆世时南天山南缘洋盆曾向南俯冲。这约束了蛇绿岩的形成年龄下限。榆树沟蛇绿岩锆石 U-Pb 上交点年龄为 440 ±18Ma(王润三等,1998)。境内南天山最西端的吉根-萨瓦亚尔顿地区发现蛇绿岩残片,其基性熔岩形成时代为 392 ±15Ma(徐学义等,2003)。由此可以看出,境内南天山蛇绿岩的年龄数据大多集中在 390 ~ 440Ma 之间,说明在晚奥陶世-早泥盆世,南天山古生代洋盆依然存在。但前人对南天山蛇绿岩的研究颇多争议,对蛇绿岩带的划分莫衷一是(王作勋等,1990;李曰俊等,2009;张弛,1981;肖序常等,1992;汤耀庆等,1995;李茂松等,1996;董连慧等,2010;李春昱等,1982),具体到齐齐加纳克蛇绿混杂岩如何对应需要进一步的研究。

值得注意的是,齐齐加纳克蛇绿混杂岩(399 ±4Ma)与

吉根蛇绿岩残片(392 ±15Ma)(徐学义等,2003)的年龄十分相近。赵仁夫等(2002)从地质对比角度认为齐齐加纳克蛇绿混杂岩与吉根蛇绿岩残片相对应。另外,在阔克萨彦岭东段,相邻的吉尔吉斯斯坦境内发现了乔洛克托尔群,即塔里木盆地的基底(何国琦等,2001)。徐学义等(2003)据此认为齐齐加纳克-吉根蛇绿岩带可能是塔里木微板块内部拉开形成的次级洋盆残片,是我国境内西南天山地区南天山造山带与塔里木微板块的分界线。据此,我们推测齐齐加纳克蛇绿岩混杂岩和吉根蛇绿岩残片的构造背景相似,很可能是同一多岛窄洋盆的产物。

综上所述,齐齐加纳克蛇绿混杂岩是中亚南天山蛇绿岩带在境内的延伸,并且是一个多岛窄洋盆演化的产物。吉根蛇绿岩残片与齐齐加纳克蛇绿混杂岩关系密切,可能是同一洋盆演化的产物。从大地构造的角度,包含齐齐加纳克蛇绿混杂岩在内的中亚南天山蛇绿岩带代表了南天山洋北向俯冲及其后的塔里木微板块与哈萨克斯坦-准噶尔板块陆陆碰撞形成的的最后缝合带。

5 结论

齐齐加纳克蛇绿混杂岩中玄武岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 399 ±4Ma,代表了该蛇绿混杂岩的形成年龄,其与吉根蛇绿岩残片均为中亚造山带南天山蛇绿岩带的延伸,可能代表了一个多岛窄洋盆演化的产物,为南天山洋北向俯冲及其后的塔里木微板块与哈萨克斯坦-准噶尔板块陆陆碰撞形成的的最后缝合带。

致谢 项目野外工作期间,得到四川区调队李建兵等人和新疆地矿局第八地质大队杜红星、童华、张玉潭、艾伊瓦尔、李占才等人的帮助;样品测试工作期间,北京离子探针中心张玉海,张维等老师予以耐心指导,李永生、赵震宇、程志国、赵建新、王璐、史兴俊等人给予了大力协助;论文撰写过程中,张建军、寇彩化、骆文娟、赵海彤等同学给予了鼓励和支持;最后两位匿名审稿人提出了富有建设性的意见;在此一并深表谢意!

References

Cai DS, Lu HF, Jia D and Wu SM. 1995. Paleozoic plate tectonic evolution of southern Tianshan. Geological Review, (5): 432 – 443 (in Chinese with English abstract)

Chen ZF. 2004. Problems relating to opening-closing tectonics and metallogenesis in Xinjiang. Regional Geology of China, (3): 214 – 221(in Chinese with English abstract)

Claesson S, Verrin V, Bayanowa T *et al*. 2000. U-Pb zircon age from a Cevonian carbonatite dyke, Kola peninsula, Russia: A record of petrological evolution from the Archaean to the Palaeozoic. Lithos, 51(1): 95 – 108

Compston W, Williams IS and Meyer C. 1984. U-Pb geochronology of zircons from lunar breccia 73217 using a sensitive high massresolution ion microprobe. Journal of Geohysical Research, 89 (Suppl.): 325 – 534

Compston W, Williams IS, Kirschwink JL *et al*. 1992. Zircon U-Pb ages of Early Cambrian time-scale. J. Geol. Soc., 149: 171 – 184

Dong LH, Zhu ZX, Qu X, Wang KZ and Zhao TY. 2010. Spatial distribution, geological features and latest research progress of the main ophiolite zones in Xinjiang, NW-China. Acta Petrologica Sinica, (10): 2894 – 2904(in Chinese with English abstract)

Dong YP, Zhou DW, Zhang GW, Zhang CL, Xia LQ, Xu XY and Li XM. 2005. Tectonic setting of the Wuwamen ophiolite at the southern margin of Middle Tianshan Belt. Acta Petrologica Sinica, (1): 39 – 46(in Chinese with English abstract)

Gao CL, Cui KR, Qian YX *et al*. 1995. Microplate Tectonics in Tianshan and Northern Tarim Basin. Beijing: Geological Publishing House, 1 – 284(in Chinese with English abstract)

Gao J, He GQ and Li MS. 1997. Paleozoic organic processes of western Tianshan origin. Earth Science, 22(1): 27 – 32(in Chinese with English abstract)

Gao J, Li MS, Xiao XC, Tang YQ and He GQ. 1998. Paleozoic tectonic evolution of the Tianshan Orogen, northwestern China. Tectonophysics, 287: 213 – 231

Gao J, Long LL, Qian Q, Huang DZ, Su W and Klemd R. 2006. South Tianshan: A Late Paleozoic or a Triassic orogen? Acta Petrologica Sinica, (5): 1049 – 1061(in Chinese with English abstract)

Hao J and Liu XH. 1993. Ophiolite melange time and tectonic evolutional model in south Tianshan area. Chinese Journal of Geology, (1): 93 – 95(in Chinese with English abstract)

He GQ and Li MS. 2000. New achievement in researching ophiolitic belts in Central Asia and its significance in the links of tectonic belts between northern Xinjaing and adjacent area. Xinjiang Geology, (3): 193 – 202(in Chinese with English abstract)

He GQ, Li MS and Hao BF. 2001. Geotectonic research of southwest Tianshan and its west adjacent area, China. Xinjiang Geology, (1): 7 – 11(in Chinese with English abstract)

John BM, Wu F and Chen B. 2000. Granitoids of the Central Asian Orogenic Belt and continental growth in the Phanerozoic. Transactions of the Royal Society of Edinburgh-Earth Sciences, 91: 181 – 193

Jiang CY, Mu YM, Zhao XN and Zang HB. 2000. The geological features and tectonic significance of basic-ultrabasic complex belt in the northern margin of southern Tianshan folding belt, china. Journal of Xi'an Engineering University, 22(2): 1 – 6(in Chinese with English abstract)

Kang JL, Zhang ZC, Dong SY, Ma LT, Zhang S, Zhang DY and Huang H. 2010. Geochemistry of cherts from Madaer area in Southwest Tianshan Mountains: Implications for deposition environments. Acta Petrologica et Mineralogica, (1): 79 – 89(in Chinese with English abstract)

Li MS, He GQ, Gao J and Wang XC. 1996. Ophiolite belts in southwest Chinese Tianshan. Seminar of Ophiolite and Geodynamics. Beijing, China, 112 – 116(in Chinese with English abstract)

Li XP, Zhang LF and Ai YL. 2003. Discovery and geological implication of rodingites derived from eclogites of ophiolites at Changawuzi, western Tianshan, China. Progress in Natural Science, 13(12): 901 – 907

Li YJ, Song WJ, Mai GR, Zhou LX, Hu JF and Shang XL. 2001. Characteristics of Kuqa and northern Tarim foreland basins and their coupling relation to South Tianshan orogen. Xinjiang Petroleum Geology, 22(5): 376 – 381(in Chinese with English abstract)

Li YJ, Yang HJ, Zhao Y, Luo JC, Zheng DM and Liu YL. 2009. Tectonic framework and evolution of South Tianshan, NW China. Geotectonica et Metallogenia, (1): 94 – 104 (in Chinese with English abstract)

Liang YH, Li WQ, Li WD and Li YP. 1999. Ophiolitic emplacement mechanism of Xinjiang. Xinjiang Geology, 4: 344 – 349(in Chinese with English abstract)

Liang YH and Li WQ. 2000. Discussion of opening-closing tectonic belt of Paleozoic in south Tianshan Mountains, China. Xinjiang Geology,

3: 220 – 228(in Chinese with English abstract)
Liu BP, Wang ZQ, Zhang CH *et al*. 1996. The Tectonic Framework and Evolution in Southwest Tianshan Mountains, China. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1 – 120(in Chinese with English abstract)
Long LL, Gao J, Xiong XM and Qian Q. 2006. The geochemical characteristics and the age of the Kule Lake ophiolite in the southern Tianshan. Acta Petrologica Sinica, (1): 65 – 73(in Chinese with English abstract)
Ludwig KR. 1999. Using Isoplot/EX, Version 2, A Geochronolgical Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley: Berkeleyn Geochronological Center Special Publication, 1: 47
Ludwig KR. 2001. Sguid 1.02: A User Manual. Berkeley: Berkeley Geochronological Center Special Publication, 2:19
Ma ZP. 2007. Study of ophiolites in Tianshan and adjacent region and the evolution of the Paleozoic Ocean basin. Ph. D. Dissertation. Xi'an: Northwest University, 1 – 129 (in Chinese with English summary)
Pidgeon RT, Nemchin AA and Hitchen GJ. 1998. Internal structures of zircons from Archaean granites from the Darling Range batholith: Implications for zircon stability and the interpretation of zircon U-Pb ages. Contributions to Mineralogy and Petrology, 132(3): 288 – 299
Qian Q, Gao J, Klemd R, He GQ, Song B, Liu DY and Xu RH. 2009. Early Paleozoic tectonic evolution of the Chinese South Tianshan Orogen: Constraints from SHRIMP zircon U-Pb geochronology and geochemistry of basaltic and dioritic rocks from Xiate, NW China. International Journal of Earth Sciences, 98(3): 551 – 569
Sengör AMC, Natal'in BA and Burtman VS. 1993. Evolution of the Altaid tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia. Nature, 364: 299 – 307
Song B, Zhang YH, Wan YS and Jian P. 2002. Mount madding and procedure of the SHRIMP dating. Geological Review, 48(Suppl.): 26 – 30(in Chinese with English abstract)
Tang YQ, GAO J, Zhao M and Wang J. 1995. Ophiolite and Blueschist in Southwestern Tianshan. Beijing: Geological Publishing House, 1 – 133(in Chinese with English abstract)
Wang C, Liu L, Che ZC, Luo JH and Zhang JY. 2007. Geochronology, petrogenesis and significance of Baleigong mafic rocks in Kokshal segment, southwestern Tianshan Mountains. Geological Review, (6): 743 – 754(in Chinese with English abstract)
Wang RS, Wang Y, Li HM, Zhou DW and Wang JL. 1998. Zircon U-Pb age and its geological significance of high-pressure terrane of granulite facies in Yushugou area, southern Tianshan Mountain. Geochimica, (6): 517 – 522(in Chinese with English abstract)
Wang ZX, Wu JY, Liu CD, Lv XC and Zhang JG. 1990. Ploycyclic Tectonic Evolution and Metallogeny of the Tianshan Mountains. Beijing: Science Press, 1 – 217(in Chinese with English abstract)
Williams IS. 1998. U-Th-Pb geochronology by ion microprobe. In: Mckibben MA, Shanks WC III and Ridley WI (eds.). Applications of Microanalytical Techniques to Understanding Mineralizing Processes. Reviews in Economic Geology, 7
Xia LQ, Xia ZC, Xu XY, Li XM, Ma ZP and Wang LS. 2002. Some thoughts on the characteristics of Paleozoic ocean-continent transition from Tianshan Mountains. Northwestern Geology, (4): 9 – 20(in Chinese with English abstract)
Xiao WJ, Huang BC, Han CM, Sun S and Li JL. 2010. A review of the western part of the Altaids: A key to understanding the architecture of accretionary orogens. Gondwana Research, 18(2 – 3): 253 – 275
Xiao XC, Tang YQ and Feng YM. 1992. Tectonics of Northern Xinjiang and Adjacent Areas. Beijing: Geological Publishing House, 1 – 169 (Chinese with English abstract)
Xu XY, Ma ZP, Li XM, He SP and Yang J. 2003. The discovery of P-MORB in Jigen area of southwest Tianshan Mountains and its tectonic implications. Acta Petrologica et Mineralogica, (3): 245 – 253(in Chinese with English abstract)
Yang HB, Gao P, Li B and Zhang QJ. 2005. The geological character of the Sinian Dalubayi ophiolite in the west Tianshan, Xinjiang. Xinjiang Geology, (2): 123 – 126 (in Chinese with English abstract)
Zhang C. 1981. Some geological features of the ophiolites in Xinjiang. Geological Review, 27(4): 307 – 314 (Chinese with English abstract)
Zhang LF, Ai YL, LI Q, Li XP, Song SG and Wei CG. 2005. The formation and tectonic evolution of UHP metamorphic belt in southwestern Tianshan, Xinjiang. Acta Petrologica Sinica, (4): 1029 – 1038(in Chinese with English abstract)
Zhang RJ. 2007. The prospecting objectives for Muruntau type gold deposits in Xinjiang Province. Remote Sensing for Land & Resources, 4: 106 – 110(in Chinese with English abstract)
Zhao RF, Yang JG, Wang MC and Yao WG. 2002. The study of metallogenic geologic setting and prospecting potential evaluation in southwestern Tianshan Mountains. Northwestern Geology, (4): 101 – 121(in Chinese with English abstract)
Zhu ZX. 2007. The geological components and tectonic evolution of South Tainshan, Xinjiang. Ph. D. Dissertation. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 1 – 210 (in Chinese with English summary)
Zhu ZX, Li JY, Dong LH, Wang KZ, Liu GZ, Li YP and Liu ZT. 2008. Age determination and geological significance of Devonian granitic intrusions in Seriyakeyilake region, northern margin of Tarim basin, Xinjiang. Acta Petrologica Sinica, (5): 971 – 976 (in Chinese with English abstract)
Zuo GC, Zhang ZH, Wang ZL, Liu M and Wang LS. 2008. Tectonic Division, stratigraphical system and the evolution of western Tianshan Mountains, Xinjiang. Geological Review, (6): 748 – 767 (in Chinese with English abstract)
Zuo GC, Liu YK, Zhang ZC and Huang H. 2011. Tectonic evolution of Central and South Tianshan Orogenic Belts in the Central Asia and mineralization background. Geoscience, (1): 1 – 14 (in Chinese with English abstract)

附中文参考文献

蔡东升, 卢华复, 贾东, 吴世敏. 1995. 南天山古生代板块构造演化. 地质论评,(5): 432 – 443
陈哲夫 2004. 新疆开合构造与成矿特征的有关问题. 地质通报, (3): 214 – 221
董连慧, 朱志新, 屈迅, 王克卓, 赵同阳. 2010. 新疆蛇绿岩带的分布、特征及研究新进展. 岩石学报, (10): 2894 – 2904
董云鹏, 周鼎武, 张国伟, 张成立, 夏林圻, 徐学义, 李向民. 2005. 中天山南缘乌瓦门蛇绿岩形成构造环境. 岩石学报, (1): 39 – 46
高长林, 崔可锐, 钱一雄等. 1995. 天山微板块构造与塔北盆地. 北京: 地质出版社, 1 – 284
高俊, 何国琦, 李茂松. 1997. 西天山造山带的古生代造山过程. 地球科学, 22(1): 27 – 32
高俊, 龙灵利, 钱青, 黄德志, 苏文, Klemd R. 2006. 南天山:晚古生代还是三叠纪碰撞造山带? 岩石学报, (5): 1049 – 1061
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. 地质科学, (1): 93 – 95
何国琦, 李茂松. 2000. 中亚蛇绿岩带研究进展及区域构造连接. 新疆地质, (3): 193 – 202
何国琦, 李茂松, 韩宝福. 2001. 中国西南天山及邻区大地构造研究. 新疆地质, (1): 7 – 11
姜常义, 穆艳梅, 赵晓宁, 张虹波. 2000. 南天山褶皱带北缘基性超基性杂岩带的地质学特征. 西安工程学院学报, 22(2): 1 – 6
康健丽, 张招崇, 董书云, 马乐天, 张舒, 张东阳, 黄河. 2010. 西南天山马达尔地区硅质岩地球化学特征及其沉积环境. 岩石矿物

学杂志，(1)：79－89
李茂松，何国琦，高俊，王学潮. 1996. 中国西南天山的蛇绿岩带. 蛇绿岩与地球动力学研讨会，中国北京，112－116
李曰俊，宋文杰，买光荣，周黎霞，胡剑风，尚新路. 2001. 库车和北塔里木前陆盆地与南天山造山带的耦合关系. 新疆石油地质，22(5)：376－381
李曰俊，杨海军，赵岩，罗俊成，郑多明，刘亚雷. 2009. 南天山区域大地构造与演化. 大地构造与成矿学，(1)：94－104
梁云海，李文铅，李卫东，李亚萍. 1999. 新疆蛇绿岩就位机制. 新疆地质，(4)：344－349
梁云海，李文铅. 2000. 南天山古生代开合带特征及其讨论. 新疆地质，(3)：220－228
刘本培，王自强，张传恒等. 1996. 西南天山构造格局与演化. 武汉：中国地质大学出版社，1－120
龙灵利，高俊，熊贤明，钱青. 2006. 南天山库勒湖蛇绿岩地球化学特征及其年龄. 岩石学报，(1)：65－73
马中平. 2007. 天山及邻区蛇绿岩研究与古生代洋盆演化. 博士学位论文. 西安：西北大学，1－129
宋彪，张玉海，万渝生，简平. 2002. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论. 地质论评，48(增刊)：26－30
汤耀庆，高俊，赵民，王军. 1995. 西南天山蛇绿岩和蓝片岩. 北京：地质出版社，1－133
王超，刘良，车自成，罗金海，张静艺. 2007. 西南天山阔克萨彦岭巴雷公镁铁质岩石的地球化学特征、LA-ICP-MS U-Pb 年龄及其大地构造意义. 地质论评，(6)：743－754
王润三，王焰，李惠民，周鼎武，王居里. 1998. 南天山榆树沟高压麻粒岩地体锆石 U-Pb 定年及其地质意义. 地球化学，(6)：517－522
王作勋，邬继易，刘成德，吕喜朝，张经国. 1990. 天山多喧哗构造演化与成矿. 北京：科学出版社，1－217
夏林圻，夏祖春，徐学义，李向民，马中平，王利社. 2002. 天山古生代洋陆转化特点的几点思考. 西北地质，(4)：9－20
肖序常，汤耀庆，冯益民. 1992. 新疆北部及邻区大地构造. 北京：地质出版社，1－169
徐学义，马中平，李向民，何世平，杨军. 2003. 西南天山吉根地区 P-MORB 残片的发现及其构造意义. 岩石矿物学杂志，(3)：245－253
杨海波，高鹏，李兵，张勤军. 2005. 新疆西天山达鲁巴依蛇绿岩地质特征. 新疆地质，(2)：123－126
张立飞，艾永亮，李强，李旭平，宋述光，魏春景. 2005. 新疆西南天山超高压变质带的形成与演化. 岩石学报，(4)：1029－1038
张瑞江. 2007. 新疆境内穆龙套型金矿的找矿方向. 国土资源遥感，(4)：106－110
赵仁夫，杨建国，王满仓，姚文光. 2002. 西南天山成矿地质背景研究及找矿潜力评价. 西北地质，(4)：101－121
张弛. 1981. 新疆蛇绿岩某些地质特征. 地质论评，27(4)：307－314
朱志新. 2007. 新疆南天山地质组成和构造演化. 博士学位论文. 北京：中国地质科学院，1－210
朱志新，李锦轶，董连慧，王克卓，刘国忠，李亚萍，刘振涛. 2008. 新疆塔里木北缘色日牙克依拉克一带泥盆纪花岗质侵入体的确定及其地质意义. 岩石学报，(5)：971－976
左国朝，张作衡，王志良，刘敏，王龙生. 2008. 新疆西天山地区构造单元划分、地层系统及其构造演化. 地质论评，(6)：748－767
左国朝，刘义科，张招崇，黄河. 2011. 中亚地区中、南天山造山带构造演化及成矿背景分析. 现代地质，(1)：1－14