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*

张元元 郭召杰**

ZHANG YuanYuan and GUO ZhaoJie **

北京大学地球与空间科学学院,造山带和地壳演化教育部重点实验室,北京 100871

Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution, Ministry of Education, School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, *China*

2009-05-12 收稿, 2009-07-08 改回.

Zhang YY and Guo ZJ. 2010. New constraints on formation ages of ophiolites in northern Junggar and comparative study on their connection. *Acta Petrologica Sinica*, 26(2):421 – 430

Abstract There exist Kujibai ophiolite in Taerbahatai, Hongguleleng-Hebukesaier ophiolite and Zhaheba-Aermantai ophiolite in northern Junggar. The SHRIMP zircon U-Pb dating of cumulate gabbro in Hongguleleng ophiolite is 472 ± 8.4Ma (MSWD = 1.4) and the zircon U-Pb age of plagioclase granite in Zhaheba ophiolite is 495.9 ± 5.5Ma (MSWD = 2.7). Taerbahatai ophiolite, Hongguleleng-Hebukesaier ophiolite and Zhaheba-Aermantai ophiolite had been formed before Early Ordovician and mostly emplaced in Devonian-Carboniferous volcanic sedimentary strata along faults. A comparative study on formation age, regional geology and geophysical characteristics of these three segments of ophiolites in northern Junggar indicates that they are correlated as a unique ophiolite belt passing through from east to west in northern Junggar. This study is significant for the reconstruction of Paleozoic tectonic framework and regional tectonic evolution.

Key words Northern Junggar; Ophiolite; Formation age; Comparative study

摘 要 准噶尔北部出露有塔尔巴哈台库吉拜蛇绿岩、洪古勒楞-和布克赛尔蛇绿岩及扎河坝-阿尔曼太蛇绿岩。洪古勒楞蛇绿岩中的堆晶辉长岩样品进行 SHRIMP U-Pb 定年,结果为 472 ± 8.4Ma(MSWD = 1.4),限定洪古勒楞-和布克赛尔蛇绿岩形成于早奥陶世。对扎河坝蛇绿岩中斜长花岗岩采用 SHRIMP U-Pb 方法测定年龄为 495.9 ± 5.5Ma(MSWD = 2.7),证实扎河坝蛇绿岩形成于晚寒武世-早奥陶世。塔尔巴哈台蛇绿岩、和布克赛尔-洪古勒楞蛇绿岩以及扎河坝-阿尔曼太蛇绿岩均在早奥陶世已经形成,大部分以断层侵位的形式侵位于泥盆纪-石炭系火山-沉积地层中。准噶尔北部东西三段蛇绿岩在形成时代、区域地质以及地球物理特征等方面具有可对比性,认为它们构成一条贯穿东、西准噶尔的蛇绿岩带,这为新疆北部及邻区古生代构造格局的重建以及区域构造的对比连接提供了重要信息。

关键词 准噶尔北部;蛇绿岩;形成时代;对比研究

中图法分类号 P588.125;P597.3

1 引言

准噶尔北部及邻区是中亚造山带的一部分,其构造演化与中亚造山带的形成演化密切相关。其古生代的构造格局与现今不同,对该区古生代构造分区及古板块边界的位置划分,仍存在较大争议。Khain (1985)把新疆北部毗邻的前苏联境内部分划分阿尔泰-萨彦区,准噶尔-巴尔喀什区,天山系和中哈萨克斯坦区等 4 个构造区,而 Zonenshain *et al.* (1990) 则统称为中亚褶皱带, 划分为哈萨克斯坦-天山和阿

* 本文受国家重点基础研究规划项目(2007CB411305)和国家自然科学基金项目(409721471)联合资助.

第一作者简介: 张元元,女,1987 年生,博士研究生,构造地质专业,E-mail: zh-yy0829@163.com

** **通讯作者**:郭召杰,男,1963 年生,教授,主要从事造山带与盆地构造研究,E-mail: zjguo@pku.edu.cn

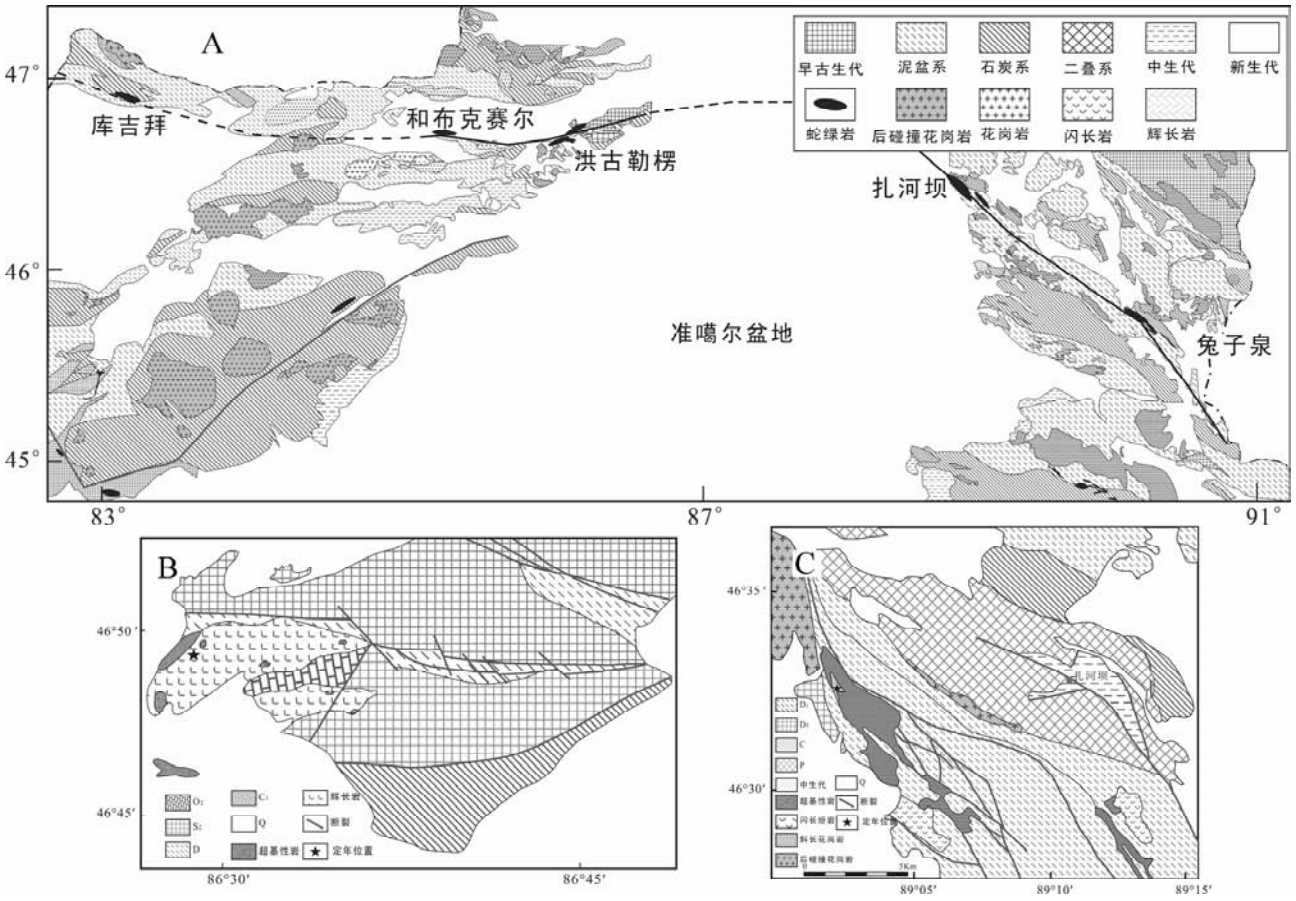

图 1 准噶尔北部地质图(A)及洪古勒楞(B)、扎河坝地区地质图(C)(据 1 ∶ 20 万地质图修改①)

Fig. 1 Geologic map of northern Xinjiang (A), Hongguleleng (B) and Zhaheba area (C)

尔泰-萨彦两个部分。黄汲清等(1990)则把新疆北部划分为阿尔泰褶皱带、准噶尔地块、天山褶皱带和塔里木地块。肖序常等(1992)认为达拉布特-卡拉麦里缝合带向东可与蒙古南部佐伦山蛇绿岩相连,再东与内蒙古贺根山蛇绿岩相连,向西与斋桑缝合带相接,为西伯利亚板块南侧洋盆最后消减闭合的标志。李锦轶等(2006)认为新疆北部及邻区侧向分区总体表现为显生宙造山带与古老地块的镶嵌,具体划分为两个弧形造山系,两个雁行斜列的帚状构造和三条线性造山系。

蛇绿岩带是恢复古洋陆格局的重要证据之一。但是准噶尔北部的蛇绿岩被强烈肢解,仅保存下来古洋壳残片的极小部分,并经过后期改造或者蚀变,现以混杂体的形式零星分布在构造带附近,而且出露很不完整,这对确定蛇绿岩的形成时代,以及蛇绿岩的对比连接带来很大难度。所以对新疆北部及其邻区构造单元的对比连接,会出现不同困惑。例如东准噶尔与西准噶尔的古构造单元如何对比连接,及哈萨克斯坦包谢库里-成吉斯构造带经由塔尔巴哈台山是否向东延伸。

本文分别对准噶尔北部东、西段出露的蛇绿岩组分采用 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年方法进行精确定年,为限定准噶尔北部蛇绿岩的形成时代提供了新证据,并从形成时代、区域地质特征及地球物理场等方面讨论了准噶尔北部蛇绿岩带的对比连接,为新疆北部及邻区古生代构造格局的重建和区域构造的对比划分提供信息。

2 准噶尔北部蛇绿岩形成时限新证据

本文所指的准噶尔北部蛇绿岩是指额尔齐斯构造带以南、准噶尔盆地北部及其东西邻区范围内分布的蛇绿岩,如图 1A 所示,包括塔尔巴哈台的库吉拜蛇绿岩、洪古勒楞-和布克赛尔蛇绿岩以及扎河坝-阿尔曼太蛇绿岩。针对洪古勒楞蛇绿岩中的堆晶辉长岩以及扎河坝蛇绿岩中的斜长花岗岩,采用高精度 SHRIMP U-Pb 定年方法,进行了精确年代学

① 中国地质图印制厂制版印刷,新疆地质局区域地质调查大队制图室清绘. 1990. 1∶20 万中华人民共和国地质图 L-44-12, 18; L-45-07, 08, 09, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 24, 30, L-46-7, 13, 19, 25, 26 幅

分析。

2.1 洪古勒楞-和布克赛尔蛇绿岩

洪古勒楞-和布克赛尔蛇绿岩带位于准噶尔盆地西北部(图1A),呈东西向分布,蛇绿岩的大部分组分均已缺失,仅出现超镁铁岩及辉长岩等岩块,后期构造破坏强烈,遭强烈剥蚀,蛇绿岩单元和非蛇绿岩单元相混杂。

洪古勒楞蛇绿岩块为此蛇绿岩带中最大的一个岩体,位于新疆维吾尔自治区和布克赛尔蒙古自治县东南68km,主要出露于沙尔布尔提褶皱带的阿得尔克断块中,呈SW倾伏的向斜构造(白文吉等,1986)。洪古勒楞蛇绿岩块主要与围岩呈断层接触(图1B),围岩从老到新主要有中奥陶统凝灰质碎屑岩和泥质灰岩,中志留统凝灰质砂岩、粉砂岩夹钙质砂岩、大理岩,中上泥盆统砂岩、粉砂岩、凝灰岩夹少量灰岩,下石炭统安山岩及安山玢岩。此外,该区还有少量的中酸性岩浆岩。

洪古勒楞蛇绿岩以堆晶岩发育,缺失大部分上部镁铁质火山岩及远洋沉积岩系为主要特征。堆晶岩由下部的粗粒方辉橄榄岩、斜长橄榄岩和辉长岩互层,到上部中-粗粒辉长岩组成,显示出良好的结晶分异。

洪古勒楞蛇绿岩的形成时代,白文吉等(1986)曾获得穿切蛇绿岩上部堆晶岩的角闪石安山玢岩的角闪石K-Ar年龄值为400~420Ma;张弛和黄萱(1992)对堆晶岩的辉长岩、橄长岩、斜长岩和上部的玄武岩测定的Sm-Nd等时线年龄为444±27Ma;黄建华等(1995)通过Sm-Nd等时线法测得蛇绿岩形成于626±25Ma。

为准确限定洪古勒楞蛇绿岩的形成时代,采集了洪古勒楞蛇绿岩中的上部浅色中-粗粒堆晶辉长岩样品(HG-3),从中挑取锆石,采用高精度的SHRIMP U-Pb方法定年。

样品的锆石分选是在廊坊河北省区域地质调查研究院进行,将原岩样品破碎至100μm左右,先用磁法和重液分选,然后在双目显微镜下手工挑选。将挑选后具有代表性的锆石颗粒粘在直径为25mm环氧树胶上,然后抛光、镀金。测试前在北京大学造山带与地壳演化实验室和北京离子探针中心扫描电镜及阴极发光实验室进行了光学和阴极发光(CL)照相。

SHRIMP锆石U-Pb定年在北京离子探针中心完成,分析条件和流程同Compston *et al.* (1992)和宋彪等(2002)。测定的$^{206}Pb/^{238}U$比值用澳大利亚的TEMORA(417Ma;$^{206}Pb^{*}/^{238}U=0.06683$)进行校正。在测试过程中,每测定1个标准样品点后,测定3个未知样品点。普通Pb校正采用^{204}Pb校正(假没$^{206}Pb/^{238}U$-$^{208}Pb/^{232}Th$年龄一致),单次测量的数据点误差均为1σ,加权平均年龄计算使用ISOPLOT软件(Ludwig, 2002),其置信度为95%。在整个数据处理过程中,年龄计算使用的衰变常数同样依据Steiger and Jager (1977)。对于小于8亿年的样品,通常采用$^{206}Pb/^{238}U$年龄(Ireland and Gibson, 1998)。

洪古勒楞堆晶辉长岩HG-3的锆石颗粒自形,U、Th含量较低,Th/U>0.4(0.41~1.23),表现出岩浆成因锆石的特征(吴元保和郑永飞,2004),环带特征明显,无核幔构造。对挑取的17颗锆石的阴极发光图像见图2以及SHRIMP锆石U-Pb测年数据见表1。

根据表1中洪古勒楞堆晶辉长岩HG-3的测试数据,利用ISOPLOT程序进行年龄计算及年龄谐和图的绘制(图2)。堆晶辉长岩17颗锆石的测年结果中,年龄值在436±13~510±15Ma之间(表1)。因锆石HG-3-2可能存在包体,HG-3-13出

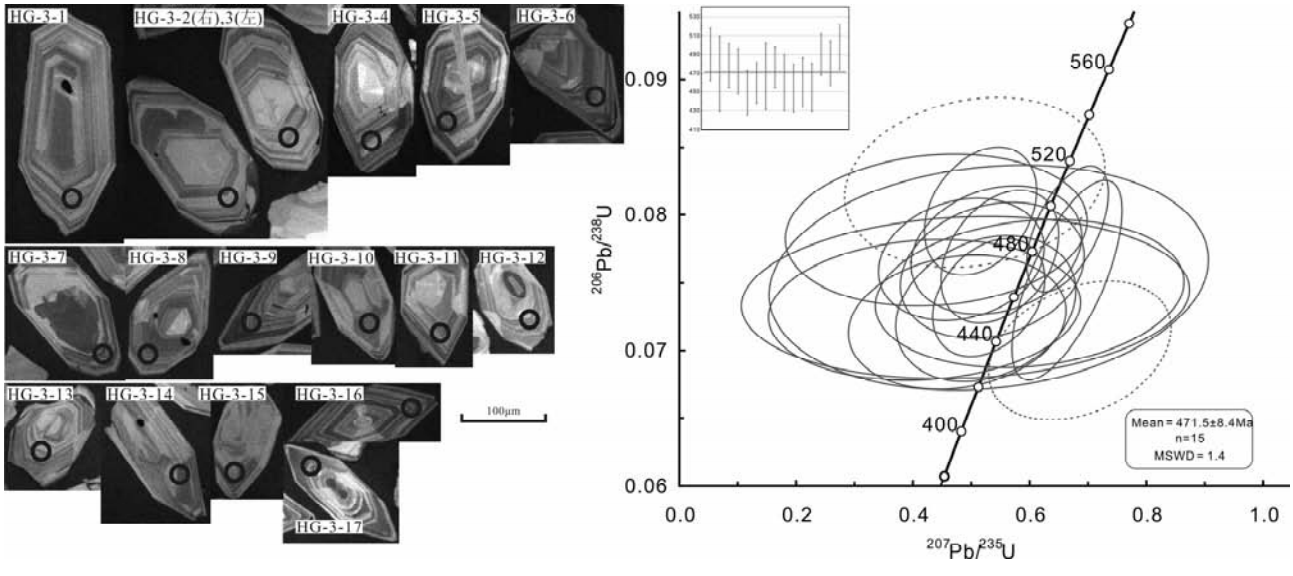

图2 洪古勒楞辉长岩(HG-3)中锆石的阴极发光图像及SHRIMP定年结果

Fig. 2 The cathodoluminescence (CL) images and SHRIMP dating results of zircons from the gabbro sample (HG-3) in Hongguleleng area

表 1　洪古勒楞辉长岩(HG-3)与扎河坝斜长花岗岩(ZHB-1)中锆石的 SHRIMP 测定结果

Table 1　The SHRIMP data for the zircons separated from the gabbro sample (HG-3) in Hongguleleng area and the plagioclase granite sample (ZHB-1) in Zhaheba area

Spot	U ($\times10^{-6}$)	Th ($\times10^{-6}$)	$^{206}Pb^{*}$ ($\times10^{-6}$)	$^{206}Pb_c$ (%)	$\frac{^{232}Th}{^{238}U}$	$\frac{^{207}Pb^{*}}{^{206}Pb^{*}}$	±%	$\frac{^{207}Pb^{*}}{^{235}U}$	±%	$\frac{^{206}Pb^{*}}{^{238}U}$	±%	误差相关系数	$\frac{^{206}Pb}{^{238}U}$(Ma)	
ZHB-1-1-1	351	193	25.6	0.24	0.57	0.0560	2.7	0.655	3.1	0.0848	1.6	0.509	524.6	±8.0
ZHB-1-1-2	202	96	13.3	0.61	0.49	0.0532	6.3	0.558	6.6	0.0761	1.9	0.290	473.0	±8.7
ZHB-1-1-3	133	33	9.95	0.48	0.25	0.0545	3.8	0.653	4.2	0.0869	1.8	0.415	537.2	±9.0
ZHB-1-1-4	180	76	12.8	0.60	0.44	0.0547	3.4	0.621	3.8	0.0823	1.6	0.430	509.7	±8.0
ZHB-1-1-5	155	60	11.5	0.62	0.40	0.0525	4.7	0.623	5.0	0.0861	1.7	0.344	532.4	±8.8
ZHB-1-1-6	355	210	24.8	0.00	0.61	0.0584	1.8	0.655	2.4	0.0813	1.5	0.655	503.7	±7.5
ZHB-1-1-7	208	107	14.0	0.00	0.53	0.0585	2.1	0.633	2.8	0.0784	1.8	0.660	486.7	±8.5
ZHB-1-1-8	490	380	34.5	0.15	0.80	0.0542	1.9	0.612	2.5	0.0818	1.7	0.683	507.0	±8.4
ZHB-1-1-9	500	298	38.4	0.13	0.61	0.05634	1.6	0.694	2.2	0.0894	1.5	0.689	551.8	±7.8
ZHB-1-1-10	426	291	31.6	0.24	0.71	0.0543	2.1	0.646	2.6	0.0863	1.5	0.590	533.9	±7.8
ZHB-1-1-11	332	171	22.7	0.58	0.53	0.0566	2.6	0.618	3.0	0.0792	1.5	0.506	491.1	±7.3
ZHB-1-1-12	232	120	16.5	0.41	0.53	0.0555	4.0	0.630	4.3	0.0823	1.7	0.388	510.1	±8.2
ZHB-1-1-13	216	114	15.0	0.11	0.55	0.0574	2.7	0.641	3.3	0.0809	2.0	0.588	501.6	±9.5
ZHB-1-1-14	470	354	35.0	0.10	0.78	0.0554	1.8	0.662	2.4	0.0866	1.6	0.649	535.2	±8.0
ZHB-1-1-15	351	273	23.3	0.16	0.80	0.0556	2.2	0.593	2.7	0.0773	1.6	0.591	480.1	±7.3
ZHB-1-1-16	403	256	28.7	0.16	0.66	0.0540	2.2	0.616	2.8	0.0827	1.7	0.611	512.4	±8.5
ZHB-1-1-17	455	386	30.7	0.35	0.88	0.0581	3.1	0.627	4.2	0.0783	2.9	0.682	486	±14
ZHB-1-1-18	395	265	29.5	0.21	0.69	0.0571	2.0	0.682	2.5	0.0867	1.5	0.612	536.1	±7.9
ZHB-1-1-19	454	483	33.3	0.37	1.10	0.0554	2.3	0.650	2.9	0.0852	1.7	0.598	526.9	±8.9
ZHB-1-1-20	368	223	25.5	0.21	0.63	0.0540	2.8	0.599	3.4	0.0805	1.9	0.564	499.3	±9.1
ZHB-1-1-22	422	259	30.0	0.00	0.64	0.05668	1.7	0.648	2.3	0.0829	1.5	0.666	513.4	±7.6
ZHB-1-1-23	562	443	38.0	0.05	0.81	0.05438	1.7	0.589	2.3	0.0786	1.5	0.660	487.7	±7.1
ZHB-1-5-2	553	427	39.0	1.70	0.80	0.0712	4.2	0.793	4.4	0.0808	1.3	0.305	500.6	±6.4
ZHB-1-5-3	382	296	27.3	0.73	0.80	0.0509	4.8	0.580	5.0	0.0826	1.3	0.263	511.5	±6.4
ZHB-1-5-4	371	219	26.1	0.00	0.61	0.0561	2.0	0.633	2.3	0.0818	1.3	0.534	506.8	±6.1
ZHB-1-5-5	319	155	21.8	0.00	0.50	0.0555	2.1	0.608	2.5	0.0795	1.4	0.546	493.3	±6.5

续表 1

Continoued Table 1

Spot	U ($\times10^{-6}$)	Th ($\times10^{-6}$)	$^{206}Pb^{*}$ ($\times10^{-6}$)	$^{206}Pb_c$ (%)	$\frac{^{232}Th}{^{238}U}$	$\frac{^{207}Pb^{*}}{^{206}Pb^{*}}$	±%	$\frac{^{207}Pb^{*}}{^{235}U}$	±%	$\frac{^{206}Pb^{*}}{^{238}U}$	±%	误差相关系数	$\frac{^{206}Pb}{^{238}U}$(Ma)	
ZHB-1-5-6	603	324	40.6	0.16	0.56	0.0535	2.3	0.578	2.6	0.07836	1.2	0.471	486.3	±5.7
ZHB-1-5-7	424	261	28.0	0.15	0.64	0.0523	3.9	0.554	4.4	0.0768	2.1	0.473	476.9	±9.6
ZHB-1-5-8	357	177	23.8	0.14	0.51	0.0535	2.7	0.572	3.0	0.07755	1.3	0.432	481.5	±5.9
ZHB-1-5-9	266	132	18.0	0.26	0.51	0.0549	2.4	0.594	3.0	0.0784	1.7	0.581	486.7	±8.1
ZHB-1-5-10	307	259	19.5	0.22	0.87	0.0543	2.6	0.553	2.9	0.07376	1.3	0.438	458.8	±5.7
ZHB-1-5-11	404	229	29.6	0.25	0.59	0.0570	2.9	0.668	3.2	0.0849	1.4	0.445	525.4	±7.2
HG-3-1	35	18	2.48	3.11	0.51	0.0408	24	0.44	24	0.0789	2.9	0.119	490	±14
HG-3-2	27	15	1.95	2.99	0.58	0.0446	18	0.506	18	0.0824	3.1	0.173	510	±15
HG-3-3	28	15	1.86	2.94	0.54	0.051	28	0.53	29	0.0754	4.5	0.156	469	±20
HG-3-4	46	25	3.10	1.47	0.57	0.0518	7.1	0.549	7.5	0.0769	2.6	0.344	478	±12
HG-3-5	55	34	3.66	1.64	0.64	0.0512	12	0.536	12	0.0759	2.7	0.218	472	±12
HG-3-6	40	23	2.51	1.32	0.58	0.0479	16	0.476	16	0.0721	2.8	0.171	449	±12
HG-3-7	71	87	4.55	0.78	1.27	0.0520	7.0	0.530	7.4	0.0739	2.4	0.327	460	±11
HG-3-8	50	30	3.22	0.00	0.62	0.0641	4.2	0.664	5.8	0.0752	4.0	0.694	467	±18
HG-3-9	102	78	6.81	1.73	0.79	0.0457	12	0.483	12	0.0767	2.4	0.195	476	±11
HG-3-10	37	21	2.39	2.65	0.60	0.048	32	0.49	32	0.0739	3.3	0.102	460	±15
HG-3-11	46	19	2.95	2.96	0.43	0.041	26	0.42	26	0.0730	2.9	0.109	454	±13
HG-3-12	32	14	2.08	1.76	0.47	0.058	18	0.60	18	0.0742	3.0	0.164	461	±13
HG-3-13	30	16	1.81	0.00	0.54	0.0711	8.8	0.686	9.3	0.0700	3.0	0.320	436	±13
HG-3-14	30	26	1.96	2.69	0.89	0.0521	12	0.525	12	0.0731	3.0	0.244	455	±13
HG-3-15	55	33	3.70	0.00	0.62	0.0611	3.6	0.665	4.3	0.0790	2.4	0.561	490	±11
HG-3-16	55	41	3.68	1.08	0.78	0.0509	11	0.543	11	0.0774	2.5	0.221	481	±12
HG-3-17	61	33	4.30	1.42	0.56	0.0466	7.2	0.516	7.6	0.0803	2.4	0.319	498	±12

注:表中所有误差为 1σ;Pb_c 和 Pb^{*} 分别代表了普通铅和放射性成因铅;应用实测 ^{204}Pb 进行普通铅校正

现裂痕,故处理数据时,剔除这两个值,剩余 15 个数据点的$^{206}Pb/^{238}U$加权平均年龄为 471.5 ± 8.4Ma, MSWD = 1.4,集中在谐和线附近(图 2)。

对蛇绿岩中堆晶辉长岩采用高精度的 SHRIMP 定年方法,得到辉长岩年龄为 472 ± 8.4Ma(MSWD = 1.4),数据质量较高,由此推断洪古勒楞蛇绿岩的形成时代为早奥陶世。

2.2 扎河坝-阿尔曼太蛇绿岩带

该蛇绿岩带呈南东-北西走向,断续出露在北塔山北坡、向北西通过阿尔曼太山北坡,沿乌伦古河向北西延伸到扎河坝地区(图 1A),然后被准噶尔盆地沉积物覆盖,总计长约 200 多千米。该蛇绿岩带构造侵位于中泥盆统火山-沉积岩系中,形态受断裂的控制。

在北西端北塔山北坡,以变质玄武质和红色铁碧玉岩为主,辉绿岩墙侵入其中,辉长岩和蛇纹石化方辉橄榄岩较少。向西至阿尔曼太山、兔子泉地区,变质橄榄岩增多,出现相当量的堆晶辉长岩和辉绿岩残块,并有闪长玢岩和斜长花岗岩脉穿插其中。再向北西,沿乌伦古河出露类似的变质玄武岩和碧玉岩。至扎河坝地区,蛇纹岩大面积出露,主要为蛇纹石化方辉橄榄岩,其中混有少量的辉石岩、辉长岩和玄武岩体。

有关阿尔曼太蛇绿岩的形成时代曾存在重大分歧。刘伟和张湘炳(1993)对蛇纹石化橄榄岩和斜辉橄榄岩进行 Sm-Nd 测年分析,认为阿尔曼太蛇绿岩主体形成于 479 ± 27Ma。黄萱等(1997)则报道了堆晶辉长岩、辉绿岩与安山玢岩等样品 561 ± 41Ma 的 Sm-Nd 全岩等时线年龄。何国琦等(2001)采自阿尔曼太蛇绿岩带扎河坝地区辉长岩中斜长石的 Ar-Ar 坪年龄为 467 ± 2Ma。简平等(2003)报道了关于扎河坝地区蛇绿岩中层状辉长岩的 SHRIMP 测年结果为 489 ± 4Ma。肖文交等(2006)对兔子泉辉长-辉绿岩中采集的斜长花岗岩的 SHRIMP 测年结果为 503 ± 7Ma。本文在扎河坝地区进行构造解析的基础上,采集蛇绿岩中的斜长花岗岩(图 1C),在野外呈条带状侵入到蛇纹石化橄榄岩、辉长岩中,并选取斜长花岗岩样品 ZHB-1 中的锆石进行 SHRIMP U-Pb 定年,测试方法同上。

斜长花岗岩 ZHB-1 锆石颗粒半自形-自形,U、Th 含量较高,Th/U > 0.4 (除 ZHB-1-3 为 0.25,其它为 0.4 ~ 1),表现出岩浆成因锆石的特征(吴元保和郑永飞,2004),环带特征明显,无核幔构造。阴极发光图像见图 3,SHRIMP 锆石 U-Pb 数据见表 1。

利用 ISOPLOT 程序进行年龄计算,在年龄统计分布图上,小于 470Ma 及大于 520Ma 的年龄数据较少,在计算年龄时,剔除了小于 470Ma 及大于 520Ma 的数据,剩余 22 个数据点的$^{206}Pb/^{238}U$加权平均年龄为 495.9 ± 5.5Ma, MSWD = 2.7,除了 ZHB-1-5-2 除外,其它数据点都集中在谐和线附近(图 3)。ZHB-1-5-2 虽偏离谐和线,但$^{206}Pb/^{238}U$数值与其它数据点相近,只是$^{207}Pb/^{235}U$偏差太大而偏离谐和线,这可能是由于仪器不稳定出现的 Pb 校正误差,并不影响年龄精度。

扎河坝斜长花岗岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 495.9 ± 5.5Ma,比较接近于简平等(2003)发表的扎河坝地区蛇绿岩中层状辉长岩的 SHRIMP 测年结果(489 ± 4Ma)和肖文交等(2006)对兔子泉蛇绿岩中斜长花岗岩的 SHRIMP 测年结果(503 ± 7Ma)的报道。因此,可以推断扎河坝-阿尔曼太蛇绿岩的主体形成年龄为晚寒武世-早奥陶世。

通过 SHRIMP U-Pb 方法精确定年,洪古勒楞-和布克赛尔蛇绿岩形成于早奥陶世,阿尔曼太蛇绿岩形成于晚寒武世-早奥陶世。

3 准噶尔北部东、西蛇绿岩带的对比研究

3.1 形成时限的对比

本文对扎河坝斜长花岗岩采用 SHRIMP U-Pb 测定年龄为 495.9 ± 5.5Ma,这与简平等(2003)(489 ± 4Ma)、肖文交等(2006)(503 ± 7Ma)的测年结果一致,从而准确限定了扎河坝-阿尔曼太蛇绿岩的形成时代为晚寒武世-早奥陶世。同样对洪古勒楞蛇绿岩带中的堆晶辉长岩采用高精度 SHRIMP U-Pb 测年,定年结果为 472 ± 8.4Ma (MSWD = 1.4),数据质量较高,可以推断洪古勒楞-和布克赛尔蛇绿岩带的形成时代为早奥陶世。

塔尔巴哈台库吉拜蛇绿岩由蚀变辉长岩、蛇纹石化橄榄岩和硅质岩组成,覆于下石炭统火山角砾岩的下部,下石炭统火山角砾岩中的砾石主要由蛇纹石化橄榄岩、辉长岩、玄武质粗面岩、粗面岩和硅质岩组成,分选性差(朱永峰和徐新,2006)。对蛇绿岩组分蚀变辉长岩进行 SHRIMP U-Pb 测年结果为 478.3 ± 3.3Ma (MSWD = 1.09),因此塔尔巴哈台蛇绿混杂岩的形成时代为早奥陶世。从蛇绿岩形成的年代学资料可以看出,准噶尔北部的阿尔曼太蛇绿岩、洪古勒楞-和布克赛尔蛇绿岩及塔尔巴哈台蛇绿岩在晚寒武世-早奥陶世已经形成,它们形成时限基本一致。

3.2 区域地质特征的对比研究

阿尔曼太蛇绿岩呈北西-南东走向,断续出露在北塔山北坡、向北西通过阿尔曼太山北坡,沿乌伦古河向北西延伸到扎河坝地区。不同区段蛇绿岩组合有所不同,从北西向南东方向,变质橄榄岩组分减少,上部的玄武岩组分减少,辉长岩、辉绿岩残块也减少。西端的扎河坝蛇绿岩(图 1C)主要以蛇纹石化超基性岩为主,其中混有少量的辉石岩、辉长岩和玄武岩体以及斜长花岗岩穿切,呈蛇纹质混杂体构造侵位于中泥盆统的托让格库都克组的火山-沉积岩系中。扎河坝地区的泥盆系火山岩形成于岛弧环境(Zhang *et al.*, 2008),其上被下石炭统南明水组覆盖。二叠纪发育陆相中基性-中酸性火山岩及火山碎屑岩,形成于板内后碰撞环境(张元元等,2009)。肖文交等(2006)解剖的兔子泉地区蛇绿岩形态受断裂控制,构造侵位于中上泥盆统火山-沉积地层中,之上

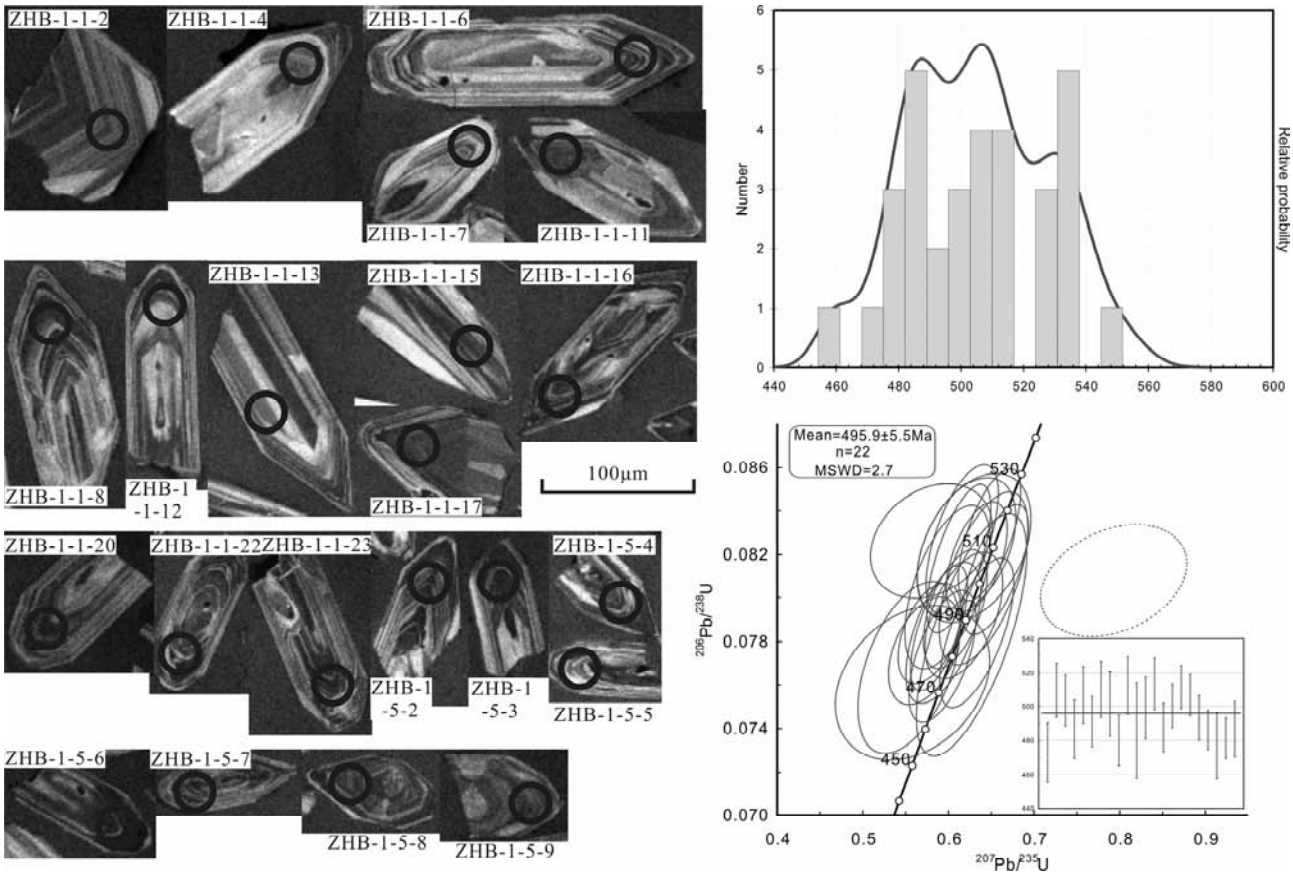

图 3 扎河坝斜长花岗岩(ZHB-1)中锆石的阴极发光图像及 SHRIMP 定年结果

Fig. 3 The CL images and SHRIMP dating results of zircons from the plagioclase granite sample (ZHB-1) in Zhaheba area

被下石炭统南明水组的砂岩不整合覆盖,也发育了晚古生代的陆相中基性火山岩及火山碎屑岩(图 1A)。阿尔曼太蛇绿岩的南北两侧广泛发育晚古生代的后碰撞花岗岩,侵入到泥盆系和下石炭统地层中,形成时限为 330 ~ 265Ma (韩宝福等,2006)。

和布克赛尔-洪古勒楞蛇绿岩呈东西向分布,主要出露在和布克赛尔西及洪古勒楞地区。洪古勒楞蛇绿岩以堆晶岩发育,上部镁铁质火山岩及远洋沉积岩系大部分缺失为主要特征。洪古勒楞蛇绿岩块与围岩也呈断层接触(图 1B),其围岩从老到新主要有中奥陶统凝灰质碎屑岩和泥质灰岩,中志留统凝灰质砂岩、粉砂岩夹钙质砂岩、大理岩,中上泥盆统砂岩、粉砂岩、凝灰岩夹少量灰岩,下石炭统安山岩及安山玢岩。和阿尔曼太蛇绿岩类似,和布克赛尔-洪古勒楞蛇绿岩北侧萨吾尔地区(图 1A)也广泛发育二叠系中基性-中酸性的火山岩及火山碎屑岩地层-哈尔加乌组与卡拉岗组,其火山岩年龄在 296. 7 ~ 280Ma 之间。其中哈尔加乌组火山岩具有弱双峰式特征,卡拉岗组火山岩具有典型的双峰式特征,均形成于后碰撞构造背景下的拉张环境(谭绿贵等,2006;周涛发等,2006)。萨吾尔地区也发育大量的晚古生代后碰撞花岗岩(图 1A),活动时间在 328. 2 ~ 290. 7Ma 之间(袁峰等,2006;周涛发等,2006;Zhou *et al.*, 2008),与东准噶尔后碰撞深成岩浆活动时限一致,可以将西准噶尔萨吾尔地区的后碰撞的 A 型花岗岩与东准噶尔乌伦古富碱火成岩带相连(袁峰等,2006)。

塔尔巴哈台库吉拜蛇绿岩呈东西走向,由蚀变辉长岩、蛇纹石化橄榄岩和硅质岩组成,覆于下石炭统黑山头组火山角砾岩的下部。下石炭统火山角砾岩砾石成分复杂,含蛇绿岩组分,分选性较差(朱永峰和徐新,2006)。库吉拜蛇绿岩北部为哈萨克斯坦扎阿曼岛弧带,也发育泥盆系的火山-沉积岩系,晚古生代的陆相火山岩及火山碎屑岩,出露后碰撞花岗岩(图 1A),扎阿曼、萨吾尔地区的地层、构造背景相同。因此,库吉拜蛇绿岩和洪古勒楞-和布克赛尔蛇绿岩在空间分布及区域构造单元上具有相似性。

塔尔巴哈台库吉拜蛇绿岩与和布克赛尔蛇绿岩,洪古勒楞蛇绿岩和扎河坝蛇绿岩相距均不到 200km,均在早奥陶世形成,它们在侵位特征以及区域地质特征上具有相似性,所以准噶尔北部这三段蛇绿岩可以进行对比连接。

3.3 蛇绿岩的对比连接

塔尔巴哈台蛇绿岩、和布克赛尔-洪古勒楞蛇绿岩以及扎河坝-阿尔曼太蛇绿岩的对比连接曾存在争议。一些学者

认为阿尔曼太蛇绿岩通过准噶尔盆地后,与洪古勒楞蛇绿岩和哈萨克斯坦的塔尔巴哈台蛇绿岩相连(金成伟等,2001; Wang *et al.*, 2003),而李锦轶(2004)指出西准噶尔和哈萨克斯坦与东准噶尔在地质组成、古生物地理区及后期断裂构造运动学等方面存在差别,不支持可对比连接的论点。

成吉斯-塔尔巴哈台构造带主体位于哈萨克斯坦东部,少部分延人我国新疆西北的塔尔巴哈台山。塔尔巴哈台山是巴尔喀什-准噶尔构造成矿域的重要组成部分,位于哈萨克斯坦境内的扎乌厄尔-塔金蛇绿岩带和西塔尔巴哈台蛇绿岩带均沿塔尔巴哈台山南缘分布,其中西塔尔巴哈台蛇绿岩带向东离我国边境不远①。扎乌厄尔-塔金蛇绿岩带由一些厚度不大且零星出露的超镁铁岩体、拉斑玄武岩和红色碧玉岩构成,时代为晚寒武世一早奥陶世;西塔尔巴哈台蛇绿岩带常见蛇纹石化橄榄岩、纯橄岩、辉长岩等地幔岩以及玄武岩、碧玉岩和硅质片岩断块。该蛇绿岩带没有时代证据,但通过与扎乌厄尔一塔金蛇绿岩带的对比,将其确定为奥陶纪(何国琦和朱永峰,2006;朱永峰和徐新,2006)。这个蛇绿岩带是否延人我国境内、以及如何演化延伸,也存在疑问。

据精确的定年分析,塔尔巴哈台蛇绿岩、洪古勒楞-和布克赛尔蛇绿岩及阿尔曼太蛇绿岩均在早奥陶世已经形成。塔尔巴哈台库吉拜蛇绿岩与和布克赛尔蛇绿岩,洪古勒楞蛇绿岩和扎河坝蛇绿岩相距均不到200km,早奥陶世的洋盆是否连通,对新疆北部及邻区古生代古陆构造格局的重建有重要的意义。

准噶尔北部东西三段蛇绿岩带出露不完整,均在早奥陶世已经形成;大部分以断层侵位的形式侵位于泥盆纪-石炭纪火山-沉积地层中。区域内均发育二叠系后碰撞火山岩及火山碎屑岩,并出现大量后碰撞深成岩体。袁峰等(2006)认为可以将西准噶尔萨吾尔地区的后碰撞的A型花岗岩与东准噶尔乌伦古富碱火成岩带相连。萨吾尔和扎阿曼地区也存在相似性。所以,准噶尔北部蛇绿岩带在在侵位特征、区域构造格局上具有可对比性。

根据准噶尔盆地及周边地区重磁场特征、规模、形态变化以及人工地震宽角反射和折射、天然地震转换波和层析成像结果,可将盆地地球物理异常区划分为3个异常区(马宗晋等,2008;赵俊猛等,2008):第Ⅰ异常区(南部异常区),是准噶尔盆地南缘断裂至天山山前的狭长地域;第Ⅱ异常区(中部异常区),是夹持于准噶尔南缘断裂和准噶尔北缘断裂之间的区域;第Ⅲ异常区(北部异常区),是准噶尔北缘断裂以北的广大区域。在地球物理异常分区图上,北部异常区明显受陆梁-乌伦古隆起区的控制,盆地北东和北西构造切过相应的山系区域延伸,可连接在一起。根据重磁力资料可以推断,扎河坝-阿尔曼太蛇绿岩可以通过准噶尔北部与西侧的洪古勒楞蛇绿岩连接在一起,其连接走向大致沿陆梁-乌伦古隆起区北侧。

综上所述,准噶尔北部东西段的蛇绿岩带在形成时间、区域地质特征及地球物理场方面都存在可对比性,也就是说塔尔巴哈台、和布克赛尔、洪古勒楞、扎河坝、阿尔曼太地区的蛇绿岩可以对比连接,构成统一的准噶尔北部早古生代蛇绿岩带,并推断东西两部分通过准噶尔盆地,可能沿陆梁-乌伦古隆起区北缘连接。

4 结论

(1)洪古勒楞蛇绿岩堆晶辉长岩的SHRIMP锆石U-Pb年龄为472±8.4Ma(MSWD=1.4),证实该蛇绿岩形成于早奥陶世。

(2)扎河坝斜长花岗岩的SHRIMP U-Pb测定年龄为495.9±5.5Ma(MSWD=2.7),推断扎河坝-阿尔曼太蛇绿岩形成于晚寒武世-早奥陶世。

(3)准噶尔北部塔尔巴哈台蛇绿岩、和布克赛尔-洪古勒楞蛇绿岩和扎河坝-阿尔曼太蛇绿岩在形成时间、地质区域特征以及地球物理场等方面具有可对比性,它们构成统一的准噶尔北部早古生代蛇绿岩带。

致谢 在研究和成文过程中得到北京大学何国琦教授、韩宝福教授和朱永峰教授的指导,SHRIMP测年工作中北京离子探针中心宋彪研究员、杜利林博士等给予大力支持,在此向他们表示衷心的感谢!

References

Bai WJ, Ren YX, Wang SR and Lebel L. 1986. Petrology mineralogy of Hongguleleng ophiolite and genesis of chromitites in Hongguleleng ophiolite. Publication of Institute of Geology, CAGS, 14: 1 – 49 (in Chinese)

Compston W, Williams IS, Kirschvink JL, Zhang ZC and Ma GG. 1992. Zircon age U-Pb ages for the Early Cambrian time-scale. Journal of Geological Society, London, 149: 171 – 184

Han BF, Ji JQ, Song B, Chen LH and Zhang L. 2006. Late Paleozoic vertical of continental crust around the Junggar Basin, Xingjang, China (Part Ⅰ): Timing of post-collisional plutonism. Acta Petrotogica Sinica, 22(5): 1077 – 1086 (in Chinese with English abstract)

He GQ, Li MS, Jia JD and Zhou H. 2001. A discussion on age and tectonic significance of ophiolite in eastern Junggar, Xinjiang. Acta Scientiarum Naturalium Unversitatis, 37(6): 219 – 227 (in Chinese with English abstract)

He GQ and Zhu YF. 2006. Comparative study of the geology and mineral resources in Xinjiang, China, and its adjacent regions. Chinese Geology, 33(3): 451 – 460 (in Chinese with English abstract)

Huang JH, Jin ZD and Li FC. 1999. Sm-Nd isotopes and age of the Hongguleleng ophiolite. Chinese Science Bulletin, 44(9): 1004 – 1007 (in Chinese)

Huang JQ, Jiang CF and Zhang ZX. 1990. On the opening-closing tectonics and accordion movement of plate in Xinjiang and adjacent regions. Geological Sciences of Xinjiang, 1;3 – 14 (in Chinese)

Huang X, Jin CW, Sun BS, Pan J and Zhang RH. 1997. Study on age of

① Ermolov PB, Clenets BC, Ceitov H. 著. 1990. 韩宝福, 王式洸译. 1991. 哈萨克斯坦的蛇绿岩. 新疆地质科技, 39 – 69

Armantai ophiolite, Xinjiang by Nd-Sr isotope geology. Acta Petrologica Sinica, 13(1): 85 – 91 (in Chinese with English abstract)

Ireland TR and Gibson CM. 1998. SHRIMP monazite and zircon geochronology of high-grade metamorphism in New Zealand. Journal of Metamorphic Geology, 16: 149 – 167

Jian P, Liu DY, Zhang Q, Zhang FQ, Shi RY, Shi GH, Zhang LQ and Tao H. 2003. SHRIMP dating of ophiolite and leucocratic rocks within ophiolite. Earth Science Frontiers, 10(4): 439 – 456 (in Chinese with English abstract)

Jin CW, Huang X, Xu YS and Li YJ. 2001. Honggguleleng-Aermantai ophiolites and their relation to metallogenesis. In: Basic Research of Metal Mineral Resources of Xinjiang. Beijing: Science Press, 21 – 57 (in Chinese)

Khain EV. 1985. Geology of the USSR, first part, Old Cratons and Paleozoic Fold Belts. Berlin-Stuttgart: Gebruder Bourntraeger, 1 – 272

Li JY. 2004. Late Neoproterozoic and Paleozoic tectonic framework and evolution of eastern Xinjiang, NW China. Geological Review, 50(3): 304 – 322 (in Chinese with English abstract)

Li JY, He GQ, Xu X, Li HQ, Sun GH, Yang TN, Gao LM and Zhu ZX. 2006. Crustal tectonic framework of northern Xinjiang and adjacent regions and its formation. Acta Geologica sinica, 80(1): 148 – 168 (in Chinese with English abstract)

Liu W and Zhang XB. 1993. The characteristics and geological significance of Ulungur-Zhaisangpo. In: New Improvement of Solid Geosciences in Northern Xinjiang. Beijing: Science Press, 217 – 228 (in Chinese)

Ludwig KR. 2002. Isoplo/Ex Version 2.02, A Geochronological Toolkit for Microsoft Exce1. Berkeley Geochronology Center Special Publication, la

Ma ZJ, Qu GS and Chen XF. 2008. Tectonic framework and division in Junggar Basin. Xingjiang Petroleum Geology, 29(1): 1 – 6 (in Chinese with English abstract)

Song B, Zhang Y, Wan Y and Jian P. 2002. Mount making and procedure of the SHRIMP dating. Geological Review, 48(Suppl.): 26 – 30(in Chinese with English abstract)

Steiger RH and Jager E. 1977. Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. Earth and Planetary Science Letters, 36: 359 – 362

Tan LG, Zhou TF, Yuan F, Fan Y and Yue SC. 2006. Geodynamic background of Permian volcanic rocks in the Sawuer region, Xinjiang. Journal of Hefei University of technology (Natural Science), 29(7): 868 – 874 (in Chinese with English abstract)

Wang ZH, Sun S, Li JL, Hou QL, Qin KZ, Xiao WJ and Hao J. 2003. Paleozoic tectonic evolution of the northern Xinjiang, China: Geological and geochronological constraints from the ophiolites. Tectonics, 22(2): 1014

Xiao WJ, Windley BF, Yan QR, Qin KZ, Chen HL, Yuan C, Sun M, Li JL and Sun S. 2006. SHRIMP zircon age of the Aermantai ophiolite in the North Xinjiang area, China and its tectonic implications. Acta Geologica Sinica, 80(1): 32 – 37 (in Chinese with English abstract)

Xiao XC, Tang YQ, Feng YM, Zhu BQ, Li JY and Zhao M. 1992. Tectonic Evolution of Northern Xinjiang and Its Adjacent Regions. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese)

Wu YB and Zheng YF. 2004. Genesis of zircon and its constrains on the interpretation of U-Pb age. Chinese Science Bulletin, 49(16): 1589 – 1604(in Chinese)

Yuan F, Zhou TF, Tan LG, Fan Y, Yang WP, He LX and Yue SC. 2006. Isotopic ages of the I-type granites in west Junggar Sawuer region. Acta Petrologica Sinica, 22(5): 1238 – 1248 (in Chinese with English abstract)

Zhang C and Huang X. 1992. The ages and tectonic settings of ophilites in West Junggar, Xinjiang. Geological Review, 38(6): 509 – 524 (in Chinese with English abstract)

Zhang YY, Chen S, Guo ZJ and Fang SH. 2009. Zircon SHRIMP U-Pb dating of the Latest Paleozoic volcanic rocks in Zhaheba area, eastern Junggar and its geological implications. Acta Petrologica Sinica, 25(3): 506 – 514 (in Chinese with English abstract)

Zhao JM, Ma ZJ, Yao CL, Li YS and Liu ZP. 2008. Analysis on gravity-magnetic anomalies in basement geotectonic divisions in Junggar Basin. Xingjiang Petroleum Geology, 29(1): 7 – 11 (in Chinese with English abstract)

Zhang ZC, Mao JW, Cai JH, Kusky TM, Zhou G, Yan SH and Zhao Li. 2008. Geochemistry of picrites and associated lavas of a Devonian island arc in the Northern Junggar terrane, Xinjiang (NW China): Implications for petrogenesis, arc mantle sources and tectonic setting. Lithos, 105: 379 – 395

Zhou TF, Yuan F, Yang WP, He LX, Tan LG, Fan Y and Yue SC. 2006. Permian volcanism in the Sawu'er area, western Junggar. Geology in China, 33(3): 553 – 558 (in Chinese with English abstract)

Zhou TF, Yuan F, Fan Y, Zhang DY, David C and Zhao GC. 2008. Granites in the Sawuer region of the West Junggar, Xinjiang Province, China: Geochronological and geochemical characteristics and their geodynamic significance. Lithos, 106:191 – 206

Zhu YF and Xu X. 2006. The discovery of Early Ordoviclan ophiolite mélange in Taerbahatai Mountains, Xinjiang, NW China. Acta Petrologica Sinica, 22(12): 2833 – 2842 (in Chinese with English abstract)

Zonenshain LP, Kuzmin MI and Natapov LM. 1990. Geology of the USSR: A plate tectonics synthesis. Amer. Geophys. Union Geodynamic Monograph, 21: 1 – 242

附中文参考文献

白文吉,任有祥,王书蓉,L. 勒贝尔. 1986. 新疆洪古勒楞蛇绿岩岩石学矿物学和铬铁矿成因. 中国地质科学院研究所所刊,14: 1 – 49

韩宝福,季建清,宋彪,陈立辉,张磊. 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. 岩石学报. 22(5): 1077 – 1086

何国琦,李茂松,贾进斗,周辉. 2001. 论新疆东准噶尔蛇绿岩的时代及其意义. 北京大学学报(自然科学版),37(6): 852 – 858

何国琦,朱永峰. 2006. 中国新疆及其邻区地质矿产对比研究. 中国地质,33(3):451 – 460

黄汲清,姜春发,王作勋. 1990. 新疆及邻区板块开合构造及手风琴式运动. 新疆地质科学,1: 3 – 14

黄建华,金章东,李福春. 1999. 洪古勒楞蛇绿岩 Sm-Nd 同位素及时代界定. 科学通报,44(9): 1004 – 1007

黄萱,金成伟,孙宝山,潘均,张仁祜. 1997. 新疆阿尔曼太蛇绿岩时代的 Nd-Sr 同位素地质研究. 岩石学报,13(1): 85 – 91

简平,刘敦一,张旗,张福勤,石玉若,施光海,张履桥,陶华. 2003. 蛇绿岩及蛇绿岩中浅色岩的 SHRIMP U-Pb 测年. 地学前缘,10(4): 439 – 456

金成伟,黄萱,徐永生,李曰俊. 2001. 洪古勒楞—阿尔曼太蛇绿岩及其与成矿关系. 见:新疆金属矿产资源的基础研究. 北京:科学出版社,21 – 57

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. 地质论评,50(3): 304 – 321

李锦轶,何国琦,徐新,李华芹,孙桂华,杨天南,高立明,朱志新. 2006. 新疆北部及邻区地壳构造格架及其形成过程的初步探讨. 地质学报,80(1): 148 – 168

刘伟,张湘炳. 1993. 乌伦古—斋桑泊构造杂岩带特征及其地质意

义. 见:新疆北部固体地球科学新进展. 北京: 科学出版社,217 -228

马宗晋,曲国胜,陈新发. 2008. 准噶尔盆地构造格架及分区. 新疆石油地质,29(1): 1 -6

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 -20

谭绿贵,周涛发,袁峰,范裕,岳书仓. 2006. 新疆萨吾尔地区二叠纪火山岩地球动力学背景. 合肥工业大学学报:自然科学版,29(7): 868 -874

吴元保, 郑永飞. 2004. 锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约. 科学通报, 49(16): 1589 -1604

肖文交, Windley BF, 阎全人, 秦克章, 陈汉林, 袁超, 孙敏, 李继亮, 孙枢. 2006. 北疆地区阿尔曼太蛇绿岩锆石 SHRIMP 年龄及其大地构造意义. 地质学报, 80(1): 32 -37

肖序常,汤耀庆,冯益民,朱宝清,李锦轶,赵民. 1992. 新疆北部及其邻区大地构造. 北京:地质出版社

袁峰,周涛发,谭绿贵,范裕,杨文平,何立新,岳书仓. 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. 岩石学报,22(5):1238 -124

张弛,黄萱. 1992. 新疆西准噶尔蛇绿岩形成时代和环境的探讨. 地质论评, 38(6): 509 -524

张元元,陈石,郭召杰,方世虎. 2009. 东准噶尔扎河坝地区古生代晚期火山岩的锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义. 岩石学报, 25(3): 506 -514

赵俊猛,马宗晋,姚长利,黎益仕,刘占坡. 2008. 准噶尔盆地基底构造分区的重磁异常分析. 新疆石油地质,29(1): 7 -11

周涛发,袁峰,杨文平,何立新,谭绿贵,范裕,岳书仓. 2006. 西准噶尔萨吾尔地区二叠纪火山活动规律. 中国地质,33(3): 553 -558

朱永峰,徐新. 2006. 新疆塔尔巴哈台山发现早奥陶世蛇绿混杂岩. 岩石学报,22(12): 2833 -2842