第37卷 第2期
2016年6月

华 东 地 质
EAST CHINA GEOLOGY

Vol. 37 No. 2
Jun. 2016

DOI: 10.16788/j.hddz.32-1865/P.2016.02.004

扎河坝蛇绿岩锆石U-Pb年龄、Hf-O同位素组成及其地质意义*

潘成泽[1]，邱 林[1]，叶现韬[2]，董永观[2]

（1.新疆维吾尔自治区人民政府国家三〇五项目办公室，乌鲁木齐 830000）
（2.南京地质矿产研究所，南京 210016）

摘要：扎河坝蛇绿岩位于准噶尔北缘，是扎河坝—阿尔曼太蛇绿混杂岩带的一部分。通过对蛇绿混杂岩中堆晶辉长岩和凝灰岩夹层的锆石U-Pb年龄及Hf-O同位素进行研究，获得堆晶辉长岩的结晶年龄为485±4Ma，凝灰岩的喷发年龄为401±2.5Ma。辉长岩极度亏损Hf同位素，$\varepsilon_{Hf}(t)$为13～20，$\delta^{18}O$峰值为+5.37‰，显示其具有地幔特征。凝灰岩锆石的Hf同位素亏损程度低于堆晶辉长岩，$\varepsilon_{Hf}(t)$为1.4～9.2。扎河坝蛇绿岩具有典型的SSZ型蛇绿岩特征，是通过俯冲增生到洋内弧弧前的蛇绿岩。

关键词：扎河坝；蛇绿岩；年龄；同位素；地质意义

中图分类号：P597　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：2096-1871(2016)02-106-07

蛇绿岩是由地幔橄榄岩、辉长岩、席状岩墙、枕状熔岩及深海硅质岩组成的洋壳岩石圈残片，野外露头上有时只保留部分单元。由于蛇绿岩在研究大洋岩石圈部分熔融、洋陆转换及造山带构造演化中具有特殊意义，因此一直受地质学家们的广泛关注。在这些研究中，蛇绿岩的分类是重要的问题之一[1-5]。Dilek和Furne[6]将蛇绿岩分五大类，分别是大陆边缘型、洋中脊型、俯冲带型（SSZ形）、火山弧型和增生型。采用不相容元素地球化学法，Pearce[4]将蛇绿岩分洋中脊型和俯冲带型（SSZ型），其中洋中脊型又细分为N型、E型和P型，而SSZ型分为初始俯冲型、弧后盆地型和洋脊俯冲型等三个亚类。

中亚造山带广泛分布着多期、复杂的蛇绿岩。从时代上看，从文德纪到中生代都有发育，表明了中亚造山带长期的演化历史[7-11]。在准噶尔北缘和阿勒泰南缘，发育包括克拉麦里、扎河坝—阿尔曼太、乔夏哈拉、库尔提[11-]等多条蛇绿岩带，记录了阿勒泰南缘构造演化及准噶尔增生的历史，对探索阿勒泰南缘构造演化具有重要意义。

1 蛇绿岩岩石学特征

扎河坝蛇绿岩位于准噶尔北缘，沿额尔齐斯构造带南缘呈北西向分布，是扎河坝—阿尔曼太蛇绿混杂岩带的一部分，由蛇纹岩、辉长岩、玄武岩—安山岩和少量凝灰岩及大理岩（图1）组成。蛇纹岩以残块间杂于下泥盆统玄武岩—安山岩中，蛇纹石含量＞95%，磁铁矿和尖晶石少量，未见残留的橄榄石和斜方辉石。磁铁矿沿裂隙分布，是蛇纹石化过程中析出的矿物。辉长岩具明显堆晶结构，块状构造，由单斜辉石（30%～50%）和斜长石（40%～70%）及少量斜方辉石（5%～10%）组成，几乎无蚀变，与蛇纹岩接触边界清晰，未发现冷凝边，向接触边界岩石粒度明显变细，表明两者之间具有侵入接触关系。

玄武岩—安山岩分属下中泥盆统托让库都克组、蕴都喀拉组和上泥盆统江尕那萨依组。下中泥盆统托让库都克组分为三个岩性段，其中下岩性段有碳酸盐岩团块，可能代表海山环境。早期资料中[12]，下中泥盆统托让库都克组玄武岩被认为是蛇绿岩的组成部分。

* **收稿日期**：2015-12-28　**改回日期**：2016-01-26　**责任编辑**：谭桂丽
基金项目：十二五国家三〇五项目"成矿动力学背景和成矿过程研究"（项目编号：2011BAB06B03-01）。
第一作者简介：潘成泽，1964年生，男，地质矿产高级工程师，从事地质矿产调查研究和科技管理工作。

万方数据

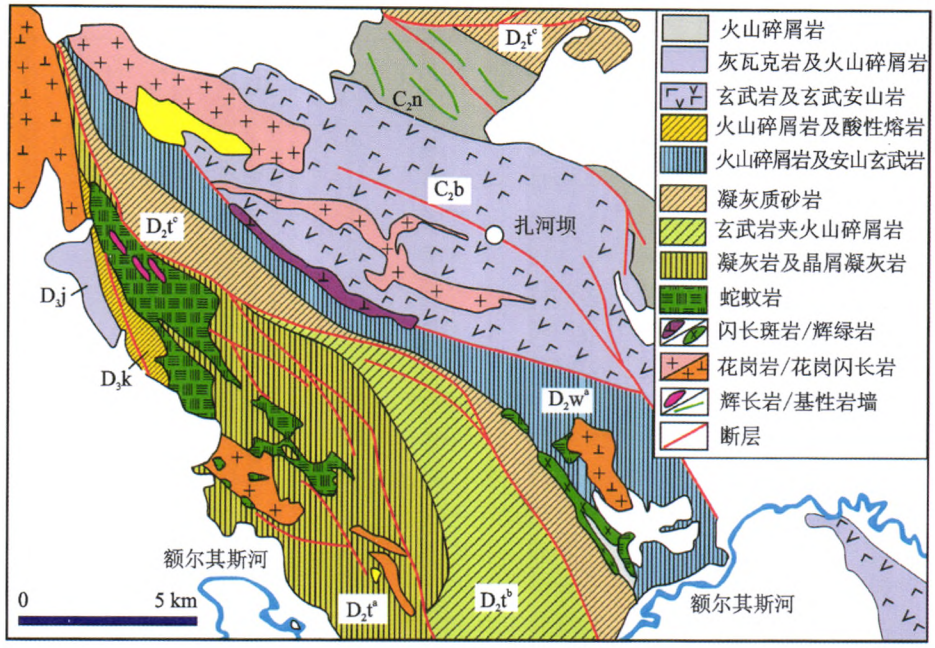


图 1　扎河坝蛇绿岩地质图(据文献[14]修改)

Fig. 1　Geologic map of the Zhaheba ophiolite

大理岩以岩块覆于玄武岩之上，代表当时的海山环境。

2　蛇绿岩形成时代

对蛇绿岩中的堆晶辉长岩和下中泥盆统托让库都克组凝灰岩进行 U-Pb 年龄测定和 Hf 同位素分析，分析测试在天津地质矿产研究所完成。岩石破碎至－80 目，分阶段淘洗，双目境下手工挑选锆石。辉长岩中的锆石无色透明，晶体一般在 100～150μm 之间，长/宽为 1～2。在 CL 图象(图 2)中，绝大部分锆石具有明显的环带或条带状结构。30 粒锆石 U 含量为(22～133)×10^{-6}，Th 含量为(8～57)×10^{-6}，Th/U 为 0.4～0.8。30 个测点的 U-Pb 表面年龄在误差范围内一致，获得的算术平均年龄为 485.8±2.5 Ma (图 2a)，代表辉长岩的结晶年龄。

凝灰岩中的锆石有花岗岩结晶和基性岩浆结晶两类，其中基性岩浆结晶锆石获得的年龄在误差范围内一致，年龄平均值为 401.4±1.6Ma(图 2b)，代表凝灰岩的喷发年龄。

表 1　扎河坝蛇绿混杂岩带堆晶辉长岩及凝灰岩锆石的 U-Pb 年龄测试结果

Table 1　U-Pb ages of zircons from the gabbros and tuffs in the Zhaheba ophiolite belt

测点	Th ×10^{-6}	U ×10^{-6}	$^{206}Pb/^{238}U$ 比值	1σ	$^{207}Pb/^{235}U$ 比值	1σ	$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄	1σ	$^{207}Pb/^{235}U$ 年龄	1σ	$^{207}Pb/^{206}Pb$ 年龄	1σ
2013ALT01												
1	14	43	0.0781	0.0006	0.6771	0.0308	485	4	525	24	705	97
2	33	78	0.0768	0.0005	0.6643	0.0218	477	3	517	17	699	69
3	20	51	0.0779	0.0006	0.7149	0.0276	484	4	548	21	824	79
4	16	49	0.0774	0.0005	0.7054	0.0261	480	3	542	20	811	78
5	13	31	0.0777	0.0006	0.6745	0.0356	483	4	523	28	706	113
6	20	57	0.0764	0.0005	0.6331	0.0226	475	3	498	18	607	78
7	17	43	0.0771	0.0005	0.8026	0.0303	479	3	598	23	1081	74
8	14	43	0.0782	0.0006	0.6300	0.0321	486	4	496	25	545	112
9	23	60	0.0786	0.0005	0.6543	0.0207	488	3	511	16	617	67
10	29	70	0.0782	0.0005	0.6792	0.0173	486	3	526	13	707	55
11	19	56	0.0798	0.0005	0.6704	0.0259	495	3	521	20	638	83
12	32	57	0.0794	0.0005	0.6086	0.0206	493	3	483	16	435	75
13	17	47	0.0809	0.0006	0.7398	0.0290	502	3	562	22	816	82

万方数据

（续表）

测点	Th $\times10^{-6}$	U $\times10^{-6}$	$^{206}Pb/^{238}U$ 比值	1σ	$^{207}Pb/^{235}U$ 比值	1σ	$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄	1σ	$^{207}Pb/^{235}U$ 年龄	1σ	$^{207}Pb/^{206}Pb$ 年龄	1σ
14	18	47	0.0805	0.0006	0.6435	0.0558	499	4	504	44	529	188
15	11	27	0.0800	0.0007	0.5993	0.0585	496	4	477	47	386	220
16	14	35	0.0802	0.0007	0.7056	0.0500	497	5	542	38	735	147
17	23	47	0.0788	0.0006	0.6016	0.0488	489	4	478	39	426	180
18	33	55	0.0789	0.0005	0.6269	0.0228	489	3	494	18	517	79
19	14	35	0.0779	0.0006	0.5725	0.0342	484	4	460	27	342	137
20	10	27	0.0775	0.0007	0.6423	0.0438	481	4	504	34	608	148
21	8	22	0.0804	0.0008	0.8636	0.0570	499	5	632	42	1143	131
22	16	38	0.0783	0.0006	0.6373	0.0339	486	4	501	27	570	117
23	21	50	0.0786	0.0006	0.6471	0.0349	488	4	507	27	594	116
24	20	34	0.0760	0.0006	0.5431	0.0378	472	4	440	31	277	158
25	16	47	0.0781	0.0005	0.7119	0.0290	485	3	546	22	811	85
26	21	60	0.0778	0.0005	0.6961	0.0215	483	3	536	17	770	65
27	13	26	0.0784	0.0006	0.6286	0.0419	487	4	495	33	535	147
28	15	36	0.0801	0.0006	0.9627	0.0359	497	4	685	26	1364	71
29	57	123	0.0774	0.0005	0.5701	0.0113	481	3	458	9	347	45
30	17	31	0.0778	0.0008	0.5816	0.0620	483	5	465	50	380	241
2013ALT02												
1	294	516	0.0721	0.0004	0.5453	0.0045	449	3	442	4	406	19
2	283	655	0.0745	0.0004	0.5591	0.0044	463	3	451	4	390	18
3	73	268	0.0646	0.0004	0.4847	0.0063	404	3	401	5	388	30
4	225	374	0.0645	0.0004	0.4976	0.0055	403	2	410	5	450	24
5	73	134	0.0639	0.0004	0.5034	0.0172	399	3	414	14	498	74
6	80	271	0.0746	0.0005	0.5769	0.0065	464	3	462	5	457	25
7	457	441	0.0646	0.0004	0.5232	0.0059	403	2	427	5	559	25
9	128	168	0.0651	0.0004	0.5577	0.0178	406	3	450	14	679	68
10	136	298	0.0641	0.0005	0.4692	0.0068	400	3	391	6	333	31
11	120	186	0.0806	0.0005	0.6385	0.0076	500	3	501	6	509	27
12	238	252	0.0803	0.0005	0.6122	0.0073	498	3	485	6	424	27
13	94	324	0.0644	0.0004	0.4953	0.0055	402	2	409	5	443	26
14	387	390	0.0802	0.0005	0.6341	0.0055	497	3	499	4	506	19
15	235	339	0.0637	0.0004	0.4849	0.0086	398	2	401	7	422	40
16	192	277	0.0638	0.0004	0.4993	0.0056	399	2	411	5	482	25
17	177	580	0.0641	0.0004	0.4761	0.0040	400	2	395	3	367	19
18	82	175	0.0658	0.0004	0.4938	0.0183	411	3	407	15	387	80
19	46	198	0.0644	0.0007	0.6906	0.0447	403	4	533	35	1140	111
20	122	208	0.0641	0.0004	0.4471	0.0113	401	2	375	9	222	58
21	47	64	0.0643	0.0005	0.8291	0.0301	401	3	613	22	1500	65
22	80	837	0.0640	0.0004	0.5432	0.0042	400	2	441	3	658	16
24	53	85	0.0640	0.0004	0.5009	0.0185	400	3	412	15	484	81
25	210	313	0.0639	0.0004	0.4791	0.0057	399	2	397	5	386	26
26	404	498	0.0646	0.0004	0.4835	0.0043	403	2	400	4	384	19
27	114	328	0.0726	0.0004	0.5691	0.0061	452	3	457	5	485	22
28	277	397	0.0805	0.0005	0.6321	0.0058	499	3	497	5	489	18
29	547	556	0.0637	0.0004	0.4663	0.0063	398	2	389	5	333	28

万方数据

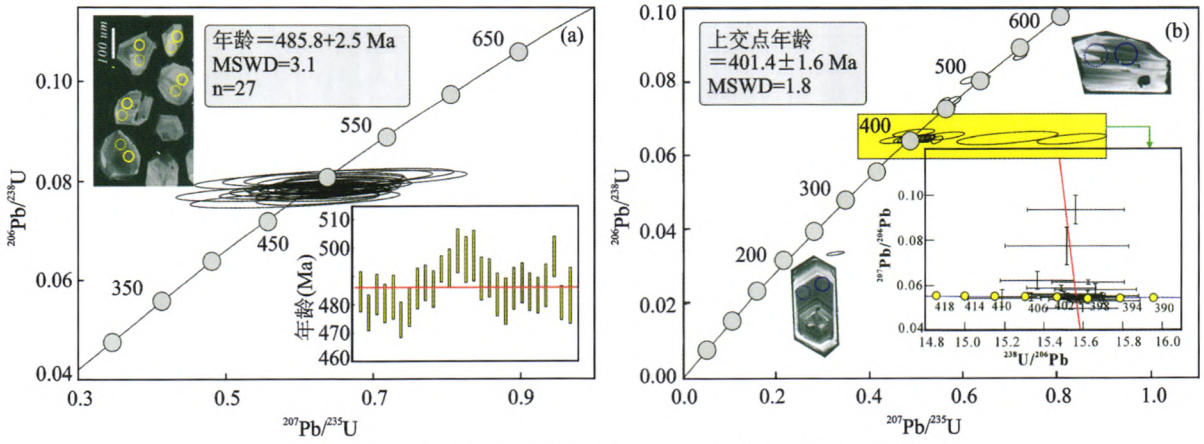


图 2　扎河坝蛇绿岩带中的堆晶辉长岩(a)及凝灰岩(b)锆石 U-Pb 年龄图

Fig. 2　Zircon U-Pb Concordia diagrams of gabbros (a) and tuffs (b) in the Zhaheba ophiolite belt

3　锆石 Hf-O 同位素特征

堆晶岩辉长岩及凝灰岩中的锆石具有一致的 Hf 同位素组成，$\varepsilon_{Hf}(t=485\ Ma)$为 13～20，个别点有异常高的 ε_{Hf}值($t=485\ Ma$)，获得的模式年龄低于结晶年龄，无现实意义。其他测试点获得的模式年龄与结晶年龄几乎一致，所有测试点的 $\varepsilon_{Hf}(t=485\ Ma)$在直方图上具有显著的高斯分布特征，获得峰值为 15.7。400Ma 的凝灰岩中的锆石 $\varepsilon_{Hf}(t)$值为 1.4～9.2，模式年龄为 680～920Ma。辉长岩锆石的 O 同位素均一，为 4.91‰～5.73‰，形成高斯分布，峰值为 5.37±0.23‰，与地幔值一致。

表 2　扎河坝蛇绿混杂岩带堆晶辉长岩及凝灰岩锆石的 Hf 同位素组成

Table 2　Hf isotope compositions of zircons from the gabbros and tuffs in the Zhaheba ophiolite belt

样品	年龄 (Ma)	$^{176}Lu/^{177}Hf$	$^{176}Hf/^{177}Hf$	$^{176}Hf/^{177}Hf_i$	$\varepsilon_{Hf}(0)$	$\varepsilon_{Hf}(t)$	T_{DM}(Ma)	T^c_{DM}(Ma)	$f_{Lu/Hf}$
2013*ALT*01									
2013ALT01.1	486	0.0013	0.282918	0.282906	5.2	15.5	478	467	−0.96
2013ALT01.2	486	0.0012	0.282974	0.282963	7.1	17.5	396	284	−0.96
2013ALT01.3	486	0.0022	0.282932	0.282912	5.6	15.7	469	449	−0.93
2013ALT01.4	486	0.0015	0.282886	0.282872	4.0	14.3	526	576	−0.95
2013ALT01.5	486	0.0018	0.282914	0.282898	5.0	15.2	489	494	−0.95
2013ALT01.6	486	0.0021	0.282925	0.282905	5.4	15.4	479	470	−0.94
2013ALT01.7	486	0.0019	0.282847	0.282830	2.7	12.8	588	711	−0.94
2013ALT01.8	486	0.0015	0.282941	0.282927	6.0	16.2	447	399	−0.95
2013ALT01.9	486	0.0015	0.282918	0.282904	5.2	15.4	481	474	−0.96
2013ALT01.10	486	0.0019	0.282905	0.282888	4.7	14.8	504	526	−0.94
2013ALT01.11	486	0.0017	0.282905	0.282890	4.7	14.9	501	520	−0.95
2013ALT01.12	486	0.0014	0.282981	0.282968	7.4	17.6	389	269	−0.96
2013ALT01.13	486	0.0014	0.282868	0.282855	3.4	13.6	551	631	−0.96
2013ALT01.14	486	0.0016	0.282951	0.282937	6.3	16.5	433	368	−0.95
2013ALT01.15	486	0.0015	0.282986	0.282972	7.6	17.8	382	255	−0.95
2013ALT01.16	486	0.0021	0.282889	0.282870	4.1	14.2	530	583	−0.94
2013ALT01.17	486	0.0025	0.282914	0.282892	5.0	14.9	499	514	−0.92
2013ALT01.18	486	0.0010	0.282951	0.282942	6.3	16.7	427	353	−0.97
2013ALT01.19	486	0.0015	0.282924	0.282910	5.4	15.6	472	455	−0.95
2013ALT01.20	486	0.0011	0.282912	0.282901	4.9	15.3	484	483	−0.97
2013ALT01.21	486	0.0016	0.282905	0.282890	4.7	14.9	500	518	−0.95
2013ALT01.22	486	0.0011	0.282914	0.282904	5.0	15.4	481	474	−0.97
2013ALT01.23	486	0.0023	0.283000	0.282979	8.1	18.0	370	234	−0.93
2013ALT01.24	486	0.0017	0.282995	0.282980	7.9	18.1	371	231	−0.95
2013ALT01.25	486	0.0013	0.282930	0.282918	5.6	15.9	461	429	−0.96

万方数据

（续表）

样品	年龄(Ma)	$^{176}Lu/^{177}Hf$	$^{176}Hf/^{177}Hf$	$^{176}Hf/^{177}Hf_i$	$\varepsilon_{Hf}(0)$	$\varepsilon_{Hf}(t)$	T_{DM}(Ma)	T_{DM}^{C}(Ma)	$f_{Lu/Hf}$
2013ALT01.26	486	0.0016	0.282996	0.282982	7.9	18.1	368	224	−0.95
2013ALT01.27	486	0.0016	0.283054	0.283040	10.0	20.2	285	38	−0.95
2013ALT01.28	486	0.0017	0.282931	0.282916	5.6	15.8	464	437	−0.95
2013ALT01.29	486	0.0013	0.282958	0.282947	6.6	16.9	419	336	−0.96
2013ALT01.30	486	0.0022	0.282978	0.282957	7.3	17.3	402	303	−0.93
2013*ALT*02									
2013ALT02.1	449	0.0020	0.282635	0.282617	−4.9	4.4	900	1440	−0.94
2013ALT02.2	463	0.0018	0.282668	0.282653	−3.7	6.0	845	1308	−0.95
2013ALT02.3	404	0.0030	0.282719	0.282696	−1.9	6.2	798	1248	−0.91
2013ALT02.4	403	0.0026	0.282767	0.282748	−0.2	8.0	719	1085	−0.92
2013ALT02.5	399	0.0027	0.282701	0.282680	−2.5	5.5	820	1305	−0.92
2013ALT02.7	403	0.0012	0.282649	0.282640	−4.3	4.2	858	1427	−0.96
2013ALT02.9	406	0.0036	0.282806	0.282778	1.2	9.2	680	982	−0.89
2013ALT02.10	400	0.0011	0.282571	0.282563	−7.1	1.4	967	1678	−0.97
2013ALT02.11	500	0.0021	0.282450	0.282431	−11	−1.1	1168	1966	−0.94
2013ALT02.12	498	0.0005	0.282640	0.282635	−4.7	6.1	857	1319	−0.98
2013ALT02.13	402	0.0021	0.282702	0.282686	−2.5	5.8	804	1282	−0.94
2013ALT02.14	497	0.0015	0.282575	0.282561	−7.0	3.5	971	1555	−0.95
2013ALT02.15	398	0.0017	0.282637	0.282624	−4.8	3.5	889	1487	−0.95
2013ALT02.16	399	0.0031	0.282675	0.282652	−3.4	4.5	866	1396	−0.91
2013ALT02.17	400	0.0018	0.282578	0.282565	−6.8	1.5	975	1671	−0.95
2013ALT02.18	411	0.0015	0.282594	0.282582	−6.3	2.3	945	1602	−0.95
2013ALT02.19	403	0.0021	0.282655	0.282639	−4.2	4.1	873	1434	−0.94
2013ALT02.20	401	0.0017	0.282649	0.282637	−4.3	4.0	871	1443	−0.95
2013ALT02.21	401	0.0018	0.282598	0.282585	−6.1	2.2	946	1607	−0.95
2013ALT02.22	400	0.0040	0.282687	0.282657	−3.0	4.7	869	1377	−0.88
2013ALT02.24	400	0.0020	0.282747	0.282732	−0.9	7.4	736	1139	−0.94
2013ALT02.25	399	0.0017	0.282654	0.282641	−4.2	4.2	864	1429	−0.95
2013ALT02.26	403	0.0023	0.282736	0.282719	−1.3	7.0	757	1175	−0.93
2013ALT02.27	452	0.0039	0.282635	0.282602	−4.8	3.9	946	1484	−0.88
2013ALT02.28	499	0.0011	0.282381	0.282371	−14	−3.2	1235	2157	−0.97
2013ALT02.29	398	0.0031	0.282708	0.282684	−2.3	5.6	819	1294	−0.91

表 3 扎河坝蛇绿混杂岩带辉长岩中锆石的氧同位素组成

Table 3 Oxygen isotope compositions of zircons from the gabbros in the Zhaheba ophiolite belt

点号	δO^{18}(‰)	SD	点号	δO^{18}(‰)	SD
2013ALT01@1	5.18	0.21	2013ALT01@14	5.19	0.21
2013ALT01@2	5.38	0.21	2013ALT01@15	5.09	0.21
2013ALT01@3	5.38	0.21	2013ALT01@16	5.39	0.21
2013ALT01@4	5.66	0.21	2013ALT01@17	5.73	0.21
2013ALT01@5	5.41	0.21	2013ALT01@18	5.73	0.21
2013ALT01@6	5.79	0.21	2013ALT01@19	5.38	0.21
2013ALT01@7	5.45	0.21	2013ALT01@20	5.36	0.21
2013ALT01@8	5.54	0.21	2013ALT01@21	5.10	0.21
2013ALT01@9	5.40	0.21	2013ALT01@22	5.25	0.21
2013ALT01@10	5.22	0.21	2013ALT01@23	5.47	0.21
2013ALT01@11	5.16	0.21	2013ALT01@24	5.54	0.21
2013ALT01@12	5.25	0.21	2013ALT01@25	4.91	0.21
2013ALT01@13	5.19	0.21			

万方数据

4　讨论

扎河坝蛇绿岩中堆晶岩和凝灰岩的年龄分别为485Ma 和 401Ma，两者不属于同一单元，但堆晶岩与阿尔曼太蛇绿岩中堆晶辉长岩年龄 503Ma[13]在误差范围内一致，表明扎河坝和阿尔曼太蛇绿岩形成于洋中脊环境，其中火山岩组合形成于洋内弧前增生环境。

辉长岩的锆石 Hf 同位素表明，原始岩浆来自 DM 单元，具有 Hf 同位素亏损和与地幔岩相似的 O 同位素特征，与 MORB 蛇绿岩类似。

准噶尔北缘克拉麦里、扎河坝—阿尔曼太和富蕴三条不同时代（503Ma、503～485Ma、400Ma）的蛇绿岩带，表明在寒武纪—早奥陶世，准噶尔地区至少存在两条扩张脊，即克拉麦里蛇绿岩和扎河坝—阿尔曼太蛇绿岩。在这一时期，洋内俯冲形成了弧前增生楔以及洋内弧系统，准噶尔洋大致在此时沿额尔齐斯构造带向北俯冲。由于洋内的持续俯冲，在准噶尔形成一系列的增生杂岩，随着沿额尔齐斯带的洋壳消减作用，增生杂岩逐渐拼贴增生到阿勒泰南缘。在这一过程中，俯冲带逐渐消减后撤，准噶尔洋也逐渐衰亡。准噶尔洋的最终关闭可能发生在中晚石炭世，因为从晚石炭—早二叠世，准噶尔开始出现陆相沉积，岩浆作用也表现出造山后特征（图 4）。

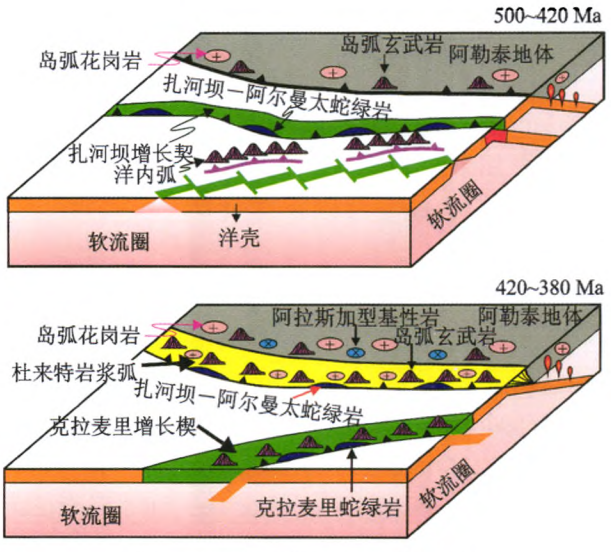


图 4　准噶尔地体增生过程模式图

Fig. 4　Tectonic model showing the accretion process of the Junggar terrane

在阿勒泰南缘，最近识别出阿拉斯加型镁铁质侵入岩带，形成时代为 400～380Ma[15-16]。在阿勒泰南缘还分布了大量 400Ma 左右具有 I 型花岗岩地球化学特征的花岗岩[17-21]，同时 Nd-Hf 同位素显示这些花岗岩在形成过程中有新生地壳成分参与。空间相叠、时代相同的花岗岩和阿拉斯加型镁铁质岩带，构成了阿勒泰南缘晚古生代早期的岩浆弧系统。

参考文献

[1] Coleman R G. Ophiolites[M]. New York: Springer Berlin Heidelberg, 1977: 220 .

[2] Dewey J F, Bird J M. Origin and emplacement of the ophiolite suite: Appalachian ophiolites in Newfoundland[J]. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 1971, 76(14): 3179-3206.

[3] Dilek Y, Flower M F J. Arc-trench rollback and forearc accretion: 2. A model template for ophiolites in Albania, Cyprus, and Oman[J]. Geological Society London Special Publications, 2003, 218(1) : 43-68.

[4] Pearce J A. Immobile element fingerprinting of ophiolites[J]. Elements, 2014, 10(2): 101-108.

[5] Cawood P A, Kröner A, Collins W J, etal, Accretionary orogens through Earth history[J]. Geological Society of London Special Publication, 2009, 318(1), 1-36.

[6] Dilek Y, Furnes H. Ophiolite genesis and global tectonics: Geochemical and tectonic fingerprinting of ancient oeanic lithosphere[J]. Geological Society of America Bulletin, 2011, 123 (2/3): 387-411.

[7] Jahn B M, WU F, Chen B. Granitoids of the Central Asian Orogenic Belt and continental growth in the Phanerozoic[J]. Earth and Environmental Sciences Transactions of the Royal Society of Edinburgh, 2000, 91(91): 181-193.

[8] Jahn B M. The central Asian orogenic belt and growth of the continental crust in the phanerozoic[J]. Geological Society London Special Publications, 2004, 226 (1): 73-100.

[9] Şengör A M C , Natalin B A , Burtman V S. Evolution of the Altaid tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia[J]. Nature, 1993, 364(6435): 299-307.

[10] Windley B F, Kroner A, Guo J, et al. Neoproterozoic to Paleozoic geology of the Altai orogen, NW China: new zircon age data and tectonic evolution[J]. Journal of Geology, 2002, 110(6): 719-739.

[11] Yuan C, Sun M, Han C M, et al. Paleozoic multiple subduction-accretion processes of the southern Altaids [J]. American Journal of Sciences, 2009, 30(3)9: 221-270.

[12] 新疆地质矿产局. 新疆维吾尔自治区地质志[M]. 北

万方数据

京:地质出版社,1993:210-335.

[13] 简平,刘敦一,张旗,等. 蛇绿岩及蛇绿岩中淡色岩的SHRIMP U-Pb 测年[J]. 地学前缘,2003, 10(4): 439-456.

[14] NIU Hecai, SHAN Qiang, ZHANG Haixiang, etal. $^{40}Ar/^{39}Ar$ geochronology of the ultrahigh-pressure metamorphic quartz-magnesitite in Zaheba, eastern Junggar, Xinjiang[J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(7):1627-1634.

[15] YE Xiantao, ZHANG Chuanlin, ZOU Haibo, et al. Devonian Alaskan-type ultramafic-mafic intrusions and silicic igneous rocks along the southern Altai Orogen: Implications on the Phanerozoic continental growth of the Altai orogen of the Central Asian Orogenic Belt [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2014, 113:75-89.

[16] CAI Keda, Sun Min, Yuan Chao, et al. Keketuohai mafic-ultramafic complex in the Chinese Altai, NW China: Petrogenesis and geodynamic significance[J]. Chemical Geology, 2012, 294(3): 26-41.

[17] SUN Min, YUAN Chao, XIAO Wenjiao, et al. Zircon U-Pb and Hf isotopic study of gneissic rocks from the Chinese Altai: Progressive accretionary history in the early to middle Palaeozoic[J]. Chemical Geology, 2008, 247(3): 352-383.

[18] SUN Min, LONG Xiaoping, CAI Keda, et al. Early Paleozoic ridge subduction in the Chinese Altai: Insight from the abrupt change in zircon Hf isotopic compositions[J]. Science in China Series D-Earth Sciences, 2009, 52(9): 1345-1358.

[19] WANG Tao, HONG Dawei, Jahn B M, et al. Timing, petrogenesis, and setting of Paleozoic synorogenic intrusions from the Altai Mountains, northwest China: Implications for the Tectonic evolution of an accretionary orogen[J]. Journal of Geology, 2006, 114(6): 735-751.

[20] WANG Tao, Jahn B M, Kovach V P, et al. Nd - Sr isotopic mapping of the Chinese Altai and implications for continental growth in the Central Asian Orogenic Belt[J]. Lithos, 2009, 110(1): 359-372.

[21] ZHANG Chuanlin., Santosh M, ZOU Haibo, et al. Revisiting the "Irtish tectonic belt": Implications for the Paleozoic tectonic evolution of the Altai orogen[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2012, 52(1): 117-133.

Zircon U-Pb ages and Hf-O isotope compositions of the Zhaheba ophiolite in the northern margin of the Junggar terrane and their tectonic implications

PAN Cheng-ze[1], QIU Lin[1], YE Xian-tao[2], DONGYong-guan[2]

(1. *National* 305 *Project Office*, *Urumqi* 830000, *China*)

(2. *Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources*, *Nanjing* 210016, *China*)

Abstract: The Zhaheba ophiolite, located in the northern margin of Junggar terrane, is part of the Zhaheba-Aerman ophiolitic melange belt. Through U-Pb zircon age and Hf-O composition analysis for two samples from the ophiolitic melange belt, this study obtained a crystallization age of 485±4Ma for cumulate gabbros and an eruptive age of 401±2.5Ma for tuffs. The gabbros are characterized by extreme depletion of Hf isotopic composition with $\varepsilon_{Hf}(t)$ of 13～20 and $\delta^{18}O$ peak value of +5.37‰, indicating a mantle-sourced feature. Hf isotope depletion degree of zircons from the tuffs is lower than that from cumulate gabbros, with $\varepsilon_{Hf}(t)$ of 1.4～9.2. All this features suggest that the Zhaheba ophiolite is of typical characteristic of the SSZ type ophiolite, which results from subduction accretion to the front of intra-oceanic arc.

Key words: Zhaheba ophiolite, MORB-type, accretion process, Central Asia Orogenic Belt (CAOB), Junggar terrane.

万方数据