

文章编号: 1000-0550(2011)02-0312-09

# 新疆大黑山东部姜巴斯套组下段的凝灰岩锆石 LA—ICP—MS U—Pb 年龄及其地质意义<sup>①</sup>

樊婷婷<sup>1</sup> 周小虎<sup>1</sup> 柳益群<sup>1</sup> 李 玮<sup>1</sup> 郑朝阳<sup>1</sup> 胡 亭<sup>2</sup> 梁 浩<sup>2</sup>

(1. 大陆动力学国家重点实验室 西北大学地质学系 西安 710069;  
2. 中国石油天然气总公司吐哈油田分公司勘探开发研究院 新疆哈密 830002)

**摘 要** 准噶尔东部大黑山地区出露的姜巴斯套组为一套厚层海相火山—沉积地层,其形成时代及地层层序存在争议。对姜巴斯套组下段 2 个具有地层意义的晶屑凝灰岩开展的锆石 LA—ICP—MS 测年,获得的加权平均年龄分别为  $339.4 \pm 1.9$  Ma (MSWD = 0.39) 和  $336.3 \pm 2.6$  Ma (MSWD = 0.58)。结合古生物新的研究成果,确定了该套地层时代为早石炭世。其中,最老的继承性单颗粒碎屑锆石谐和年龄为  $2999 \pm 51$  Ma,推测该区应存在前寒武纪古老地块,因此准噶尔盆地东北缘古生代山系由两条蛇绿岩、蛇绿混杂岩带围限的区带,应是由蛇绿岩、蛇绿混杂岩地体、岛弧岩浆杂岩和微古陆块共同组成的古生代增生带。

**关键词** 晶屑凝灰岩 姜巴斯套组 锆石 LA—ICP—MS 测年 准噶尔盆地

**第一作者简介** 樊婷婷 女 1982 年出生 博士研究生 矿产普查与勘探 E-mail: ftt\_nwu@163.com

**中图分类号** P597.3 **文献标识码** A

准噶尔盆地东北缘大黑山(莫钦乌拉山)地区,出露一套形成时代存在争议的海相火山—沉积地层,其位置位于扎河坝—阿尔曼泰和克拉麦里—塔克扎勒两条蛇绿岩、蛇绿混杂岩带之间,具有重要地质意义。我们对该套地层中的凝灰岩进行了 LA—ICP—MS 锆石 U—Pb 定年研究,并结合古生物化石最新研究成果,确定了该套地层的形成时代。并在此基础上,对锆石定年结果提供的古老年龄信息作了讨论。

## 1 区域地质概况

大黑山地区北接三塘湖盆地,南隔巴里坤—喀尔力克山与吐哈盆地相邻(图 1),属准噶尔盆地东缘古生代造山带<sup>[1]</sup>。区内发育两条呈北西西—近东西向分布的蛇绿岩、蛇绿混杂岩带,北为扎河坝—阿尔曼泰蛇绿岩、蛇绿混杂岩带,蛇绿岩带中同位素定年获得橄榄岩和斜辉橄榄岩 Sm—Nd 等时线年龄为  $(479 \pm 27)$  Ma<sup>[2]</sup>,辉长岩、辉绿岩与安山玢岩 Sm—Nd 等时线年龄为  $(561 \pm 41)$  Ma<sup>[3]</sup>,辉长岩中的斜长石<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 等时线年龄为  $(456 \pm 1)$  Ma<sup>[4]</sup>,层状辉长岩 SHRIMP U—Pb 测年  $(489 \pm 4)$  Ma<sup>[5]</sup>,斜长花岗岩锆石 SHRIMP U—Pb 年龄  $(503 \pm 7)$  Ma<sup>[6]</sup>,蛇绿岩性质

为早古生代洋内俯冲体系于晚泥盆世—早石炭世增生产物<sup>[6]</sup>。南为克拉麦里—塔克扎勒蛇绿岩、蛇绿混杂岩带,该蛇绿岩带中同位素定年获得清水河辉长岩 K—Ar 年龄为 388~392 Ma<sup>[7]</sup>,斜长花岗岩锆石 SHRIMP U—Pb 年龄为  $(373 \pm 10)$  Ma<sup>[8]</sup>,该蛇绿岩为晚古生代弧后洋盆增生产物<sup>[9,10]</sup>。两条蛇绿岩带之间的区域内,主要出露晚古生代—中新生代地层。晚古生界的泥盆系—石炭系为一套强变形改造的以海相为主的变沉积—火山岩系,该岩系被石炭纪花岗岩侵入,肖文交等<sup>[6]</sup>将该带称为晚古生代野马泉复合岛弧。中生代则为陆相碎屑沉积。

大黑山地区的火山—沉积地层,主要由凝灰质砂岩、凝灰质粉砂岩、凝灰岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩、砾岩组成。该层位 1966 年被新疆维吾尔自治区地质局区域地质测量大队在 1:20 万淖毛湖幅矿产图说明书中划为中—上石炭统( $C_{2-3a}$ ),与下石炭统为不整合接触关系。西北地区区域地层表—新疆维吾尔自治区分册(1981)则称为大黑山群( $C_2dh$ ),将其置于中石炭统。在近年的 1:100 万地质图中划分为下石炭统姜巴斯套组( $C_{1j}$ ),与上石炭统妖魔梁组( $C_{2ym}$ )断层接触。

<sup>①</sup>大陆动力学国家重点实验室自主研究课题(编号:BJ091358)和中国石油化工股份有限公司重大项目(编号:YPH08103)联合资助。  
收稿日期:2010-05-28; 收修改稿日期:2010-10-29

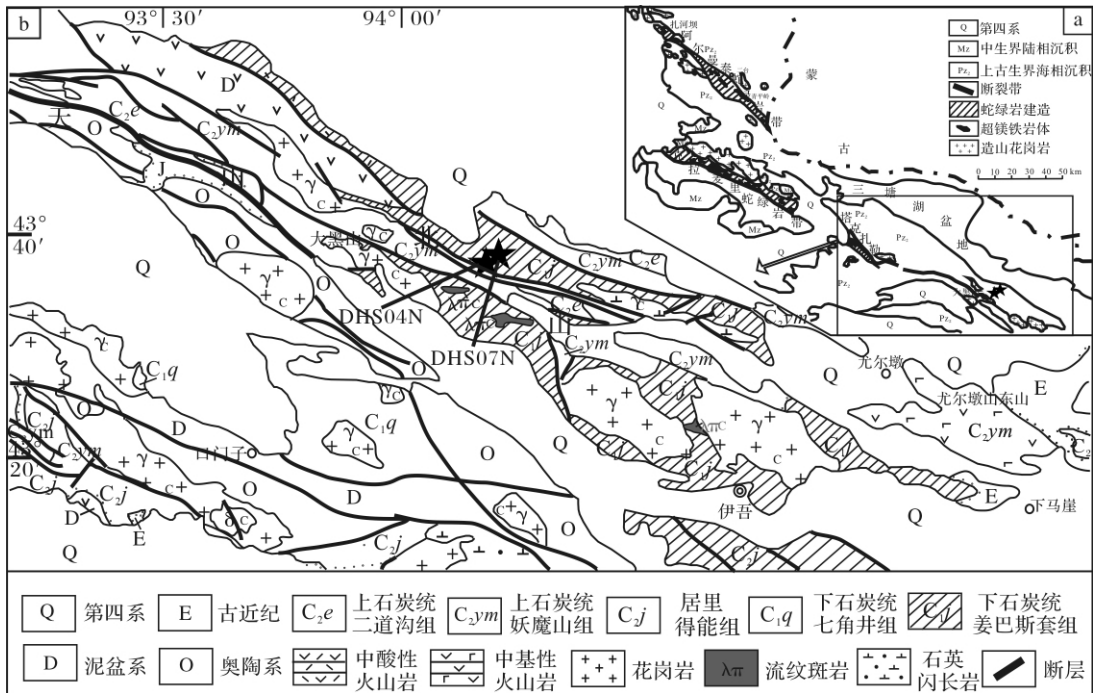


图 1 研究区地质构造 (a) 及采样位置图 (b)

(图 a 据新疆地质志 1993 改绘, 图 b 据 1: 100 万西北地区地质图)

Fig. 1 Geological structure of the study area (a) and sampling sites (b)

### 2 采样位置及样品描述

本文 2 个样品均采自三塘湖—莫钦乌拉地层区伊吾县大黑山, 为晶屑凝灰岩。DHS04N 和 DHS07N 地理坐标分别为东经 94°09′35.7″、北纬 43°35′20.8″和东经 94°09′37.6″、北纬 43°35′23.6″(见图 1b)。实测大黑山石炭系剖面 2 205 m, 研究层位下石炭统姜巴斯套组 (C<sub>1j</sub>) 逆冲于中三叠统克拉玛依组 (T<sub>3k</sub>) 灰绿色厚层块状砾岩之上, 缺失早二叠世地层卡拉岗组 (P<sub>1k</sub>), 上覆地层为上石炭统哈尔加乌组 (C<sub>2h</sub>) 的一套灰色、灰绿色凝灰岩、凝灰质砂岩、玄武安山岩、英安岩、安山岩和火山角砾岩, 研究层位姜巴斯套组与上下地层均以逆冲断层相接触。该地区最为显著的特点是褶皱及一系列的逆冲断层发育, 多造成老地层逆冲于新地层之上及姜巴斯套组和哈尔加乌组重复出现的现象。

图 2 为大黑山石炭系剖面中的一部分—姜巴斯套组剖面。在采样剖面上, 下石炭统姜巴斯套组 (C<sub>1j</sub>) 可划分为 17 层, 厚度 664.7 m。野外露头上, 岩石组合主要有褐红色薄层状粉砂岩、粉砂质泥岩、灰色厚层块状晶屑凝灰岩、深灰、灰黑、褐色薄—中层凝灰质粉砂岩、凝灰质砂岩、砂岩、细砾岩、泥质粉砂岩、泥

岩。在第 5 层、11 层、14 层、15 层、16 层、17 层、18 层的粉砂岩、粉砂质泥岩、薄层介壳灰岩中见腕足类、海百合茎及植物碎片; 第 7 层上部砂岩裂缝发育, 见沥青细脉。本文在剖面第 4 层底部凝灰岩中采样 DHS04N, 在第 7 层上部凝灰岩中采样 DHS07N。

样品 DHS04N 和样品 DHS07N 均为灰色, 块状结构。显微镜下观察表明, DHS04N 中晶屑以长石为主, 含量为 40%, 主要为斜长石, 少量正长石。其次为石英, 含量为 10%。晶屑粒度一般为 0.1~0.25 mm, 长石晶屑发生较强烈的绢云母化, 部分被方解石交代。基质发生了伊利石化(较强烈)、方解石化和黄铁矿化, 黄铁矿呈星散浸染状分布。样品 DHS07N 与 DHS04N 相似, 但晶屑粒度较粗, 一般为 0.2~0.5 mm。晶屑中长石含量为 30%, 石英含量为 5%。可见杏仁状气孔。DHS07N 凝灰岩中至少发生两期较强烈的硅化, 早期形成由细粒石英组成的石英脉, 而晚期形成的石英粒度相对较大, 普遍发生重结晶。凝灰质基质发生绿泥石化、碳酸盐化和黄铁矿化。

### 3 分析方法和结果

锆石制靶、透射光、反射光、阴极发光 (CL) 观察和锆石 U—Pb 同位素年龄分析均在西北大学大陆动

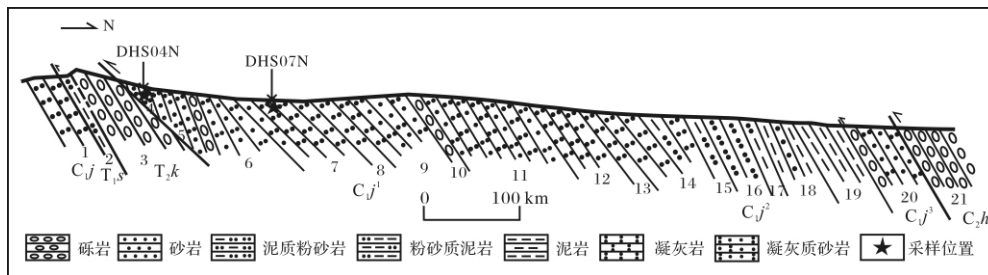


图2 大黑山东部石炭纪地层实测剖面

Fig. 2 Measured Carboniferous cross-section in the East Daheishan area

力学国家重点实验室进行。同位素分析采用的 LA—ICP—MS 仪器是激光束束斑为 30 μm 的 Agilent7500a。激光剥蚀系统是波长为 193 nm 的 Geolas200M。每个分析点的气体背景采集时间为 30 s，信号采集时间为 40 s。详细的实验分析过程和参数见袁洪林等<sup>[11]</sup>。数据处理采用 GLITTER (ver4.0, Macquarie University) 程序, 年龄计算时以标准锆石 91500 为外标进行同位素比值分馏校正。样品普通铅校正参见文献<sup>[12]</sup>。然后利用 Isoplot3.00<sup>[13]</sup> 处理分析

数据, 得到谐和曲线及年龄分布频率图。>1 000 Ma 的古老锆石由于含大量放射性成因 Pb 因而采用 <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 表面年龄, 而 <1 000 Ma 的锆石由于可用于测量的放射性成因 Pb 含量低和普通 Pb 校正的不确定性, 因而采用更为可靠的 <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 表面年龄<sup>[14]</sup>。

对样品 DHS04N 中 40 粒锆石 40 个点进行了 LA—ICP—MS U—Pb 分析, 获得谐和度在 90% ~ 110% 之间的谐和年龄 31 个 (表 1), 从图 3 锆石 CL 发光图像可以看出, 大部分锆石颗粒形状规则, 为短

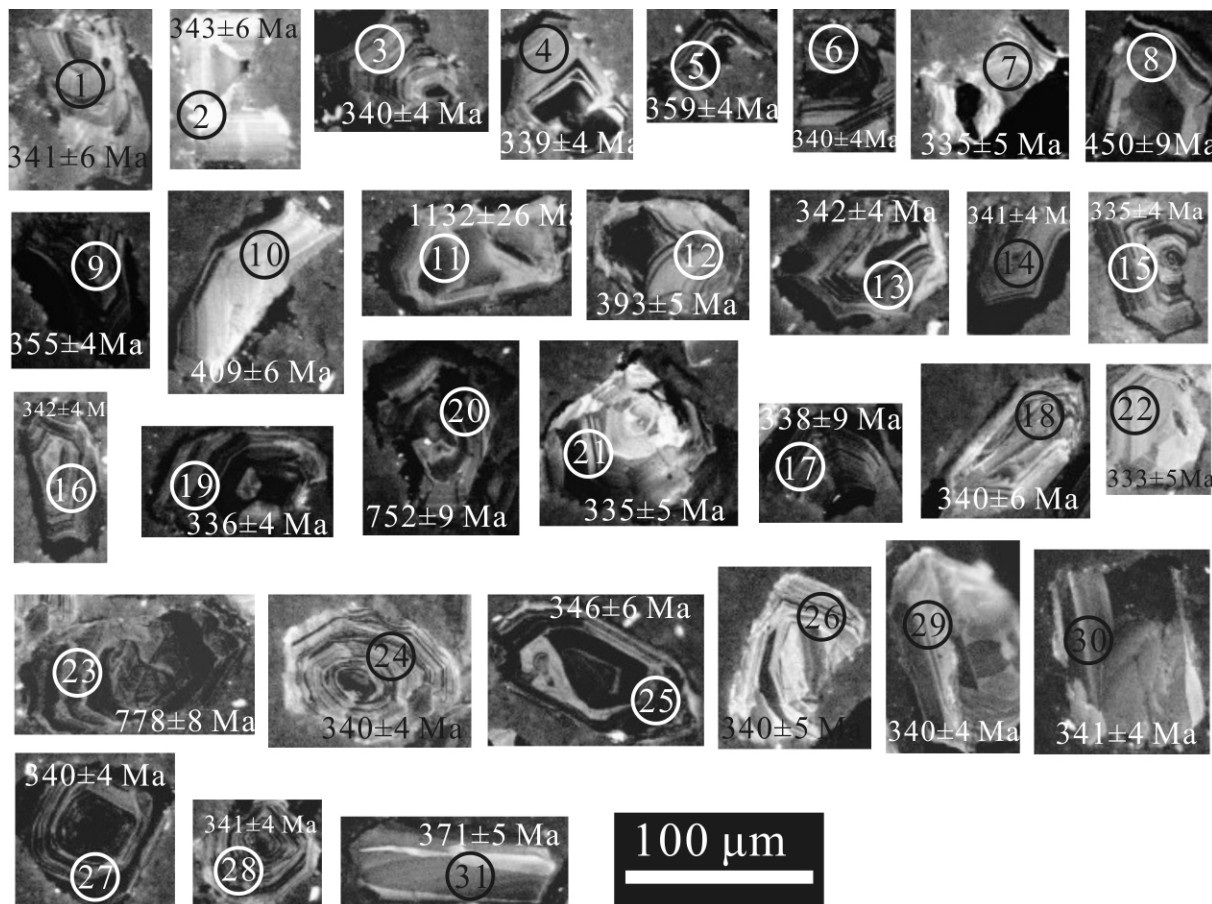


图3 样品 DHS04N 晶屑凝灰岩锆石阴极发光图像

Fig. 3 Zircon CL images of zircons for crystal tuff of sample DHS04N

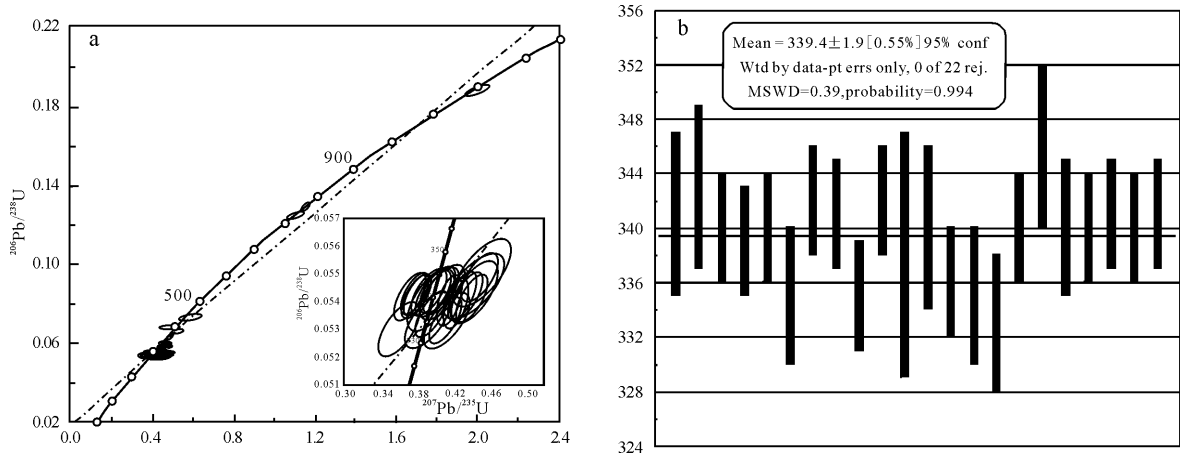


图 4 凝灰岩 DHS04N 锆石  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ — $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  谐和图 (a) 和直方图 (b)

Fig. 4 Zircon  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ — $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  concordia diagram (a) and zircon bar chart (b) for crystal tuff of sample DHS04N

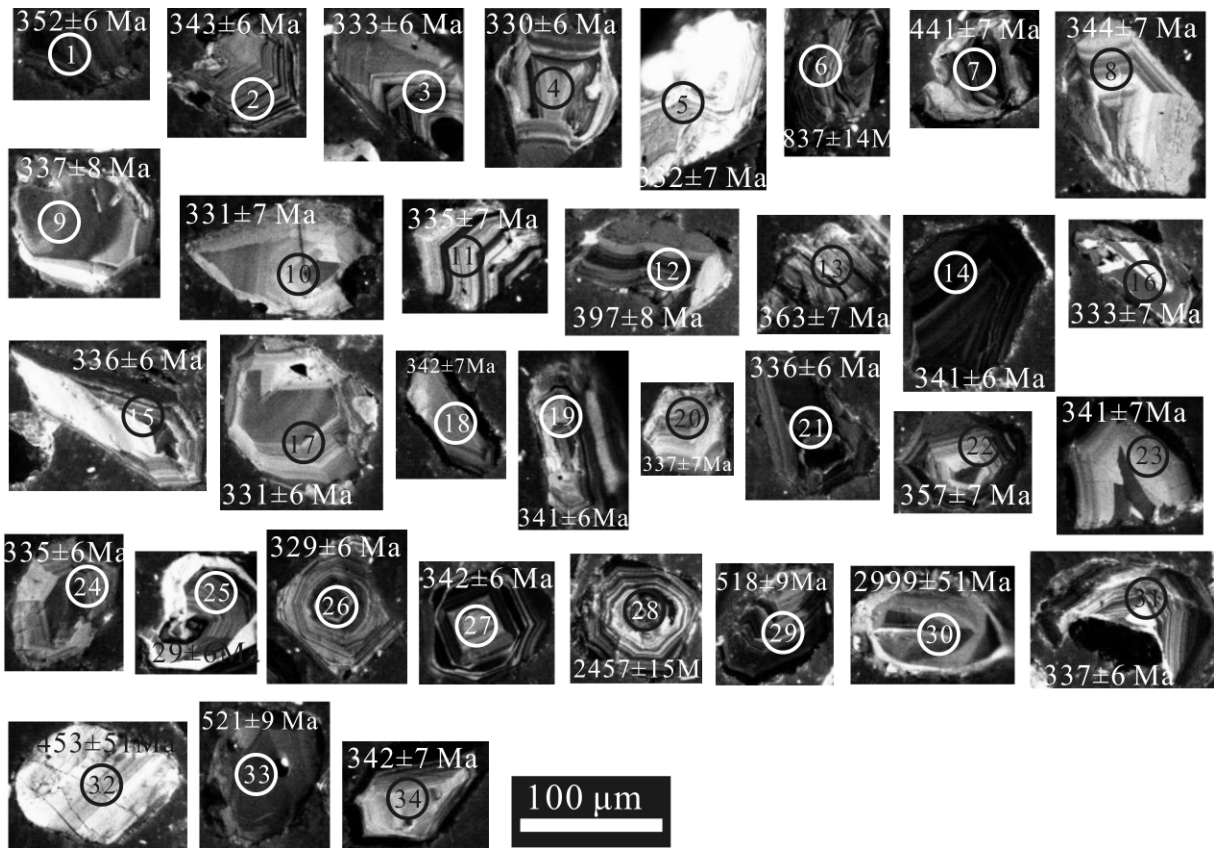


图 5 样品 DHS07N 晶屑凝灰岩锆石阴极发光图像

Fig. 5 Zircon CL images of zircons for crystal tuff of sample DHS07N

柱状。锆石均具有明显岩浆环带,少数具核幔结构。其中 22 粒锆石年龄主要集中在下石炭统 333 ~ 346 Ma,获得的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  加权平均年龄  $(339.4 \pm 1.9)$  Ma, MSWD = 0.39 ( $n = 22$   $2\sigma$ ) (图 4)。锆石 U 含量主要在 82 ~ 642  $\mu\text{g}/\text{g}$ , Th 含量分别为 52 ~ 515  $\mu\text{g}/\text{g}$ 。Th/

U 比值介于 0.46 ~ 1.14,表现出典型岩浆锆石的特征。该年龄代表了晶屑凝灰岩的结晶年龄。此外还获得一些较分散的年龄,  $(355 \pm 4)$  Ma (图 3 中点 9)、 $(359 \pm 4)$  Ma (图 3 中点 5)、 $(371 \pm 5)$  Ma (图 3 中点 31)、 $(393 \pm 5)$  Ma (图 3 中点 12)、 $(409 \pm 6)$  Ma (图 3

表1 大黑山晶屑岩屑凝灰岩 DHS04N 和 DHS07N 锆石 LA-ICP-MS U—Pb 同位素年代学分析结果

Table 1 LA-ICP-MS U—Pb zircon age data for crystal lithic tuff of sample DHS04N and sample DHS07N from Daheishan area

编号	元素含量/( $\mu\text{g/g}$ )及比值				同位素比值						表面年龄/Ma									
	$^{206}\text{Pb}$	$^{232}\text{Th}$	$^{238}\text{U}$	Th/U	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\delta$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\delta$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\delta$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{232}\text{Th}}$	$\delta$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\delta$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\delta$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\delta$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{232}\text{Th}}$	$\delta$
DHS04N																				
DHS04N.01	34	80	140	0.57	0.05877	0.00353	0.43998	0.02480	0.05427	0.00091	0.02028	0.00065	559	94	370	17	341	6	406	13
DHS04N.02	20	54	91	0.59	0.05870	0.00406	0.44193	0.02905	0.05457	0.00096	0.01852	0.00067	556	113	372	20	343	6	371	13
DHS04N.03	86	243	372	0.65	0.05542	0.00171	0.41426	0.01035	0.05419	0.00062	0.01674	0.00025	429	35	352	7	340	4	336	5
DHS04N.04	75	343	317	1.08	0.05634	0.00216	0.41943	0.01401	0.05398	0.00069	0.01686	0.00026	466	51	356	10	339	4	338	5
DHS04N.05	116	1037	547	1.89	0.05455	0.00205	0.43080	0.01412	0.05726	0.00072	0.01740	0.00025	394	51	364	10	359	4	349	5
DHS04N.06	74	216	316	0.68	0.05826	0.00214	0.43564	0.01383	0.05422	0.00068	0.01884	0.00033	540	47	367	10	340	4	377	7
DHS04N.07	31	152	138	1.11	0.05623	0.00303	0.41316	0.02068	0.05329	0.00082	0.01665	0.00034	461	84	351	15	335	5	334	7
DHS04N.08	19	26	63	0.41	0.05904	0.00465	0.58902	0.04456	0.07235	0.00143	0.02185	0.00110	569	131	470	28	450	9	437	22
DHS04N.09	83	169	341	0.49	0.05360	0.00176	0.41826	0.01151	0.05659	0.00067	0.01840	0.00032	354	41	355	8	355	4	369	6
DHS04N.10	19	19	67	0.29	0.05820	0.00330	0.52538	0.02796	0.06548	0.00103	0.02262	0.00094	537	89	429	19	409	6	452	19
DHS04N.11	74	61	103	0.59	0.07740	0.00221	1.99855	0.04514	0.18729	0.00226	0.05480	0.00094	1132	26	1115	15	1107	12	1078	18
DHS04N.12	66	178	254	0.70	0.05687	0.00195	0.49217	0.01434	0.06278	0.00076	0.02441	0.00037	486	43	406	10	393	5	487	7
DHS04N.13	59	166	247	0.67	0.05445	0.00168	0.40876	0.01041	0.05446	0.00063	0.01799	0.00026	390	36	348	8	342	4	360	5
DHS04N.14	31	113	132	0.85	0.05355	0.00219	0.40045	0.01464	0.05425	0.00070	0.01648	0.00030	352	59	342	11	341	4	330	6
DHS04N.15	55	176	253	0.69	0.05584	0.00215	0.41030	0.01393	0.05331	0.00069	0.01672	0.00031	446	52	349	10	335	4	335	6
DHS04N.16	45	128	195	0.65	0.05372	0.00199	0.40289	0.01309	0.05442	0.00068	0.01630	0.00030	359	51	344	9	342	4	327	6
DHS04N.17	126	398	544	0.73	0.05885	0.00628	0.43696	0.04494	0.05388	0.00153	0.02168	0.00107	562	176	368	32	338	9	434	21
DHS04N.18	26	52	113	0.46	0.05382	0.00370	0.40138	0.02623	0.05412	0.00098	0.01762	0.00071	364	115	343	19	340	6	353	14
DHS04N.19	80	283	362	0.78	0.05318	0.00177	0.39227	0.01111	0.05353	0.00064	0.01578	0.00025	336	42	336	8	336	4	316	5
DHS04N.20	78	155	145	1.07	0.06486	0.00226	1.10645	0.03326	0.12380	0.00162	0.03878	0.00061	770	41	756	16	752	9	769	12
DHS04N.21	19	71	82	0.87	0.05323	0.00278	0.39073	0.01906	0.05328	0.00077	0.01680	0.00037	339	84	335	14	335	5	337	7
DHS04N.22	26	102	116	0.88	0.04942	0.00270	0.36098	0.01851	0.05302	0.00080	0.01681	0.00039	168	90	313	14	333	5	337	8
DHS04N.23	173	301	303	1.00	0.06526	0.00148	1.15384	0.01794	0.12834	0.00138	0.03768	0.00041	783	16	779	8	778	8	748	8
DHS04N.24	56	179	241	0.74	0.05075	0.00184	0.37890	0.01207	0.05419	0.00067	0.01823	0.00030	229	51	326	9	340	4	365	6
DHS04N.25	61	228	258	0.88	0.05975	0.00337	0.45381	0.02393	0.05514	0.00092	0.01832	0.00052	595	85	380	17	346	6	367	10
DHS04N.26	33	99	147	0.67	0.05700	0.00250	0.42527	0.01701	0.05417	0.00074	0.01612	0.00037	492	64	360	12	340	5	323	7
DHS04N.27	146	515	642	0.80	0.05916	0.00220	0.44091	0.01439	0.05411	0.00071	0.01610	0.00030	573	48	371	10	340	4	323	6
DHS04N.28	70	288	298	0.97	0.05054	0.00151	0.37752	0.00938	0.05424	0.00062	0.01620	0.00021	220	36	325	7	341	4	325	4
DHS04N.29	32	126	137	0.92	0.04998	0.00221	0.37309	0.01516	0.05420	0.00071	0.01457	0.00031	194	70	322	11	340	4	292	6
DHS04N.30	38	182	159	1.14	0.05305	0.00200	0.39673	0.01331	0.05431	0.00069	0.01737	0.00026	331	53	339	10	341	4	348	5
DHS04N.31	52	113	211	0.54	0.05738	0.00224	0.46861	0.01636	0.05932	0.00079	0.02416	0.00047	506	53	390	11	371	5	483	9
DHS07N																				
DHS07N.01	60	220	257	0.85	0.05363	0.00167	0.41461	0.01172	0.05606	0.00094	0.01667	0.00028	356	35	352	8	352	6	334	6
DHS07N.02	27	53	120	0.44	0.05818	0.00282	0.43793	0.02007	0.05459	0.00105	0.01970	0.00058	537	67	369	14	343	6	394	11
DHS07N.03	26	62	113	0.55	0.05448	0.00222	0.39808	0.01521	0.05299	0.00095	0.01786	0.00040	391	54	340	11	333	6	358	8
DHS07N.04	22	77	103	0.75	0.05344	0.00285	0.38752	0.01977	0.05259	0.00102	0.01546	0.00040	348	80	333	14	330	6	310	8
DHS07N.05	21	62	91	0.68	0.05936	0.00355	0.43277	0.02477	0.05287	0.00111	0.01682	0.00051	580	88	365	18	332	7	337	10
DHS07N.06	71	104	124	0.84	0.07185	0.00223	1.37387	0.03854	0.13866	0.00240	0.04325	0.00077	982	30	878	16	837	14	856	15
DHS07N.07	58	93	195	0.48	0.05600	0.00192	0.54733	0.01719	0.07088	0.00122	0.02282	0.00047	452	40	443	11	441	7	456	9
DHS07N.08	21	43	91	0.47	0.05773	0.00352	0.43661	0.02549	0.05485	0.00115	0.01865	0.00071	520	91	368	18	344	7	373	14
DHS07N.09	18	31	78	0.40	0.05938	0.00509	0.43911	0.03635	0.05362	0.00137	0.01919	0.00105	581	136	370	26	337	8	384	21
DHS07N.10	14	40	62	0.64	0.05401	0.00412	0.39219	0.02893	0.05265	0.00121	0.02712	0.00084	371	125	336	21	331	7	541	17
DHS07N.11	19	76	90	0.85	0.05840	0.00369	0.42976	0.02607	0.05336	0.00113	0.01803	0.00052	545	95	363	19	335	7	361	10
DHS07N.12	24	54	97	0.56	0.05678	0.00326	0.49753	0.02748	0.06347	0.00137	0.02100	0.00067	483	84	410	19	397	8	420	13
DHS07N.13	33	99	130	0.76	0.05818	0.00265	0.46582	0.02025	0.05800	0.00114	0.01855	0.00044	537	61	388	14	363	7	372	9
DHS07N.14	105	466	476	0.98	0.05373	0.00166	0.40228	0.01152	0.05424	0.00097	0.01438	0.00023	360	34	343	8	341	6	289	5
DHS07N.15	48	244	220	1.11	0.05385	0.00185	0.39811	0.01282	0.05356	0.00097	0.01520	0.00025	365	41	340	9	336	6	305	5
DHS07N.16	23	44	103	0.42	0.05448	0.00313	0.39882	0.02206	0.05303	0.00113	0.02015	0.00064	391	86	341	16	333	7	403	13
DHS07N.17	27	98	125	0.78	0.05364	0.00256	0.38970	0.01775	0.05264	0.00104	0.01584	0.00040	356	67	334	13	331	6	318	8
DHS07N.18	16	40	69	0.58	0.05422	0.00303	0.40804	0.02197	0.05453	0.00113	0.01980	0.00053	380	84	347	16	342	7	396	11
DHS07N.19	26	96	115	0.84	0.05892	0.00258	0.44205	0.01835	0.05436	0.00105	0.01624	0.00035	564	57	372	13	341	6	326	7
DHS07N.20	20	64	92	0.70	0.05335	0.00340	0.39469	0.02425	0.05360	0.00118	0.01584	0.00052	344	99	338	18	337	7	318	10
DHS07N.21	64	163	277	0.59	0.05255	0.00316	0.38735	0.02210	0.05346	0.00102	0.01677	0.00026	309	140	332	16	336	6	336	5
DHS07N.22	28	103	117	0.88	0.05667	0.00247	0.44508	0.01839	0.05692	0.00109	0.01452	0.00036	479	58	374	13	357	7	291	7
DHS07N.23	20	74	90	0.83	0.05344	0.00273	0.40028	0.01960	0.05429	0.00108	0.01592	0.00039	348	75	342	14	341	7	319	8
DHS07N.24	34	109	157	0.70	0.05786	0.00225	0.42571	0.01565	0.05332	0.00098	0.02369	0.00044	524	49	360	11	335	6	473	9
DHS07N.25	43	82	203	0.41	0.05406	0.00187	0.39088	0.01265	0.05240	0.00094	0.01667	0.00036	374	41	335	9	329	6	334	7
DHS07N.26	31	92	143	0.65	0.05320	0.00208	0.38363	0.01418	0.05228	0.00096	0.01613	0.00034	337	51	330	10	329	6	323	7
DHS07N.27	41																			

中点 10)、(450 ± 9) Ma(图 3 中点 8)、(752 ± 9) Ma(图 3 中点 20)、(778 ± 8) Ma(图 3 中点 23)、(1 132 ± 26) Ma(图 3 中点 11)。这些锆石略磨圆, 明显 CL 发光暗, 环带结构不清楚。U 和 Th 含量分别 63 ~ 547 μg/g 和 19 ~ 1 037 μg/g, Th/U 比值为 0.29 ~ 1.89, 应为继承性锆石。

样品 DHS07N 中完成了 45 粒锆石 45 个点的 LA—ICP—MS U—Pb 测试, 获得谐和度在 90% ~ 110% 之间的谐和年龄 34 个(表 1), 图 6 锆石 CL 发光图像显示锆石颗粒均为短柱状, 且具有明显岩浆环带, 少数具核幔结构。其中 23 粒锆石年龄主要集中在下石炭统 329 ~ 344 Ma, 获得的<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 加权平均年龄(336.3 ± 2.6) Ma, MSWD = 0.58(n = 23, 2σ)(图 7)。锆石 U 含量和 Th 含量分别为 62 ~ 476 μg/g 和 31 ~ 466 μg/g。Th/U 比值介于 0.40 ~ 1.11, 表现出典型岩浆锆石的特征。该年龄代表了此晶屑凝灰岩的结晶年龄。同样还获得一些较分散的年龄, (352 ± 6) Ma(图 6 中点 1)、(357 ± 7) Ma(图 6 中点 22)、(363 ± 7) Ma(图 6 中点 13)、(397 ± 8) Ma(图 6 中点 12)、(441 ± 7) Ma(图 6 中点 7)、(518 ± 9) Ma(图 6 中点 29)、(521 ± 9) Ma(图 6 中点 33)、(837 ± 14) Ma(图 6 中点 6)、(1 453 ± 51) Ma(图 6 中点 32)、(2 457 ± 15) Ma(图 6 中点 28)、(2 999 ± 51) Ma(图 6 中点 30)。这些锆石 CL 图像具有磨圆较好、发光较暗、环带结构不清楚的特点。U 和 Th 含量分别 40 ~ 257 μg/g 和 25 ~ 220 μg/g, Th/U 比值为 0.48 ~ 1.14, 分析应为继承性锆石。

综上所述, 晶屑凝灰岩样品 DHS04N 和 DHS07N 中共 65 个锆石测点获得的锆石 U—Pb 年龄共有 3

组数据:(1) 多数岩浆锆石测点获得的加权平均年龄分别为(339.4 ± 1.9) Ma 和(336.3 ± 2.6) Ma, 两个样品具有较好的一致性, 代表了晶屑凝灰岩锆石的结晶年龄, 也是凝灰岩的沉积年龄, 说明该套地层时代可能对应下石炭统维宪阶(345 ~ 328 Ma); (2) 发育继承性锆石所记录的 352 ~ 521 Ma 的古生代年龄信息; (3) 发育 7 个 752 ~ 2 999 Ma 前寒武纪的年龄, 说明在大黑山构造带及北部地区可能保存前寒武纪的古老地块。

## 4 结论与讨论

### (1) 大黑山东部凝灰岩形成时代

大黑山东部晶屑凝灰岩两个样品中多数岩浆锆石测点获得的加权平均年龄分别为(339.4 ± 1.9) Ma (MSWD = 0.39) 和(336.3 ± 2.6) Ma (MSWD = 0.58), 该年龄代表了晶屑凝灰岩锆石的形成年龄, 说明该套地层时限为早石炭世, 将其确定为下石炭统姜巴斯套组(C<sub>1j</sub>)是合适的。

伊吾县大黑山东部采样剖面上, 姜巴斯套组以浅海相陆源碎屑岩、凝灰岩、砂泥岩沉积为主要特色, 含有丰富的动、植物化石, 如腕足类、珊瑚、双壳、苔藓虫、海百合茎、三叶虫及腹足类等。推测应为古亚洲多岛洋闭合后的残留海及海陆交互沉积环境。在 09 年 4 月我们再次对大黑山剖面进行考察时, 刘洪福教授在这套地层中首次发现大型细线贝 *Stratifera magna*(Janischewsky)、线槽大长身贝 *Gigantoproductus striato-sulcatus*(Sarytcheva)、爱德堡大长身贝 *Gigantoproductus edelburgensis*(Phillips) 等早石炭世标准化石(另文发表), 从而确定了该套长期存有争议的地

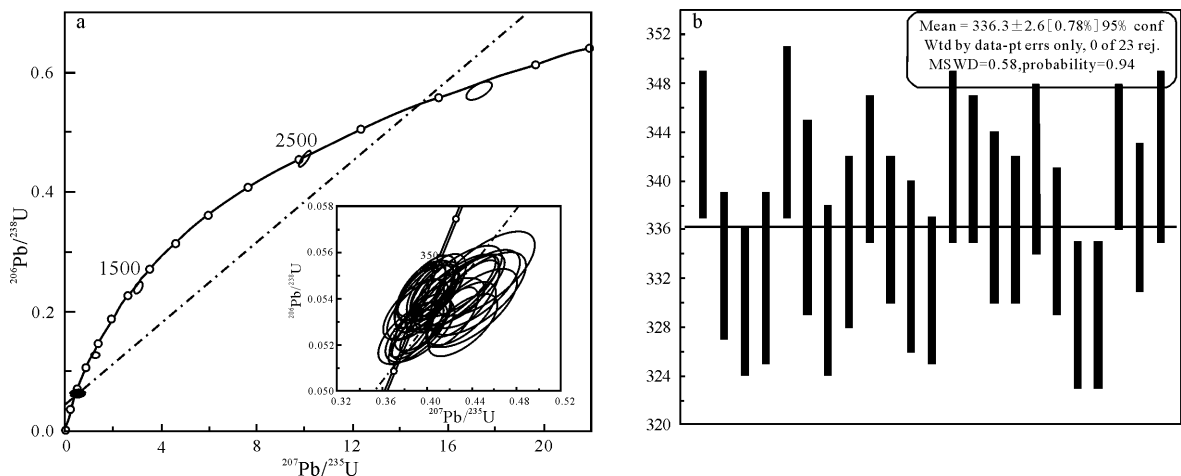


图 6 凝灰岩 DHS07N 锆石<sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U—<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 谐和图(a)和直方图(b)

Fig. 6 Zircon <sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U—<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U concordia diagram (a) and zircon bar chart (b) for crystal tuff of sample DHS07N

层时代为早石炭世,与该套地层中的凝灰岩锆石定年相吻合。

(2) 准噶尔盆地东北缘古生代山系存在前寒武纪古老基底岩块

涉及天山山脉和阿尔泰山脉之间的准噶尔盆地基底形成时代和属性的认识长期存在争议<sup>[15~25]</sup>。研究区虽无前寒武纪地质体出露,但本次研究的两件凝灰岩样品,除获得了一系列古生代锆石定年的信息外,在 DHS04N 中,还获得( $752 \pm 9 \sim 778 \pm 8$ ) Ma 和( $1132 \pm 26$ ) Ma 的两组前寒武纪锆石年龄数据,在 DHS07N 中,也获得了( $837 \pm 14$ ) Ma、( $1453 \pm 51$ ) Ma、( $2457 \pm 15$ ) Ma、( $2999 \pm 51$ ) Ma 的多组前寒武纪年龄数据。这些锆石具有磨圆较好,环带结构不清楚等特征,说明它们可能是凝灰岩形成过程中的继承锆石。锆石的来源据我们对区域地质特征的分析认为,由于区域范围受扎河坝—阿尔曼泰蛇绿岩、蛇绿混杂岩带代表的古洋盆和克拉麦里代表的弧后洋盆的限制,因此前寒武纪古老锆石只能来自于两蛇绿岩带之间的地区,推测该区应存在前寒武纪古老地壳。

区域地质综合表明,由扎河坝—阿尔曼泰蛇绿岩、蛇绿混杂岩带代表的古生代古亚洲洋盆<sup>[6]</sup>,经历向北向南的双向俯冲,其向南的俯冲导致泥盆纪—早石炭世弧后洋盆的形成,并于晚石炭世洋盆闭合碰撞增生<sup>[10,18,26]</sup>。基于上述我们认为,准噶尔盆地东北缘古生代山系由两条蛇绿岩、蛇绿混杂岩带围限的区带,应是由蛇绿岩、蛇绿混杂岩地体、岛弧岩浆杂岩和微古陆块共同组成的古生代增生带。该带可能向东延伸入准噶尔中生代盆地之下,构成准噶尔盆地北部的古生代褶皱基底的组成部分,该认识是否客观有待进一步证实。

### 参考文献(References)

- 李锦轶. 试论新疆东准噶尔早古生代岩石圈板块构造演化[J]. 中国地质科学院院报, 1991, 23: 1-12 [Li Jinyi. Early Paleozoic evolution of lithosphere plate, east Junggar, Xinjiang [J]. Bulletin of the CAGS, 1991, 23: 1-12]
- 刘伟, 张湘炳. 乌伦古—斋桑泊构造杂岩带特征及其地质意义 [M] // 涂光炽主编. 新疆北部固体地球科学新进展. 北京: 科学出版社, 1993: 217-228 [Liu Wei, Zhang Xiangbing. The characteristics and geological significance of Ulungur-Zhaisangpo tectonic setting [M] // Tu Guangchi, ed. New Progress of Solid Geosciences in Northern Xinjiang. Beijing: Science Press, 1993: 217-228]
- 黄董, 金成伟, 孙宝山, 等. 新疆阿尔曼泰蛇绿岩时代的 Nd、Sr 同位素研究[J]. 岩石学报, 1997, 13(1): 85-91 [Huang Xuan, Jin Chengwei, Sun Baoshan, et al. Study on the age of Arantai ophiolite,

- Xinjiang by Nd-Sr isotopic geology [J]. Acta Petrologica Sinica, 1997, 13(1): 85-91]
- 何国琦, 李茂松, 贾进斗, 等. 论新疆东准噶尔蛇绿岩的时代及其意义[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2001, 37(6): 852-858 [He Guoqi, Li Maosong, Jia Jindou, et al. A discussion on age and tectonic significance of ophiolite in eastern Junggar, Xinjiang [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2001, 37(6): 852-858]
- 简平, 刘敦一, 张旗, 等. 蛇绿岩及蛇绿岩中浅色岩的 SHRIMP U-Pb 测年 [J]. 地学前缘, 2003, 10(4): 439-456 [Jian Ping, Liu Dunyi, Zhang Qi, et al. SHRIMP dating of ophiolite and leucocratic rocks within ophiolite [J]. Earth Science Frontiers, 2003, 10(4): 439-456]
- 肖文蛟, Windley B F, 阎全人, 等. 北疆地区阿尔曼泰蛇绿岩锆石 SHRIMP 年龄及其大地构造意义 [J]. 地质学报, 2006, 80(1): 32-37 [Xiao Wenjiao, Windley B F, Yan Quanren, et al. SHRIMP zircon age of the Aermantai ophiolite in the north Xinjiang area and its tectonic implications [J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(1): 32-37]
- 肖序常, 汤耀庆, 李锦轶, 等. 试论新疆北部大地构造演化 [M] // 新疆地质科学, 第1集. 北京: 地质出版社, 1990: 47-67 [Xiao Xuchang, Tang Yaoqing, Li Jinyi, et al. On the Tectonic Evolution of the northern Xinjiang, Northwest China [M] // Geoscience of Xinjiang (1). Beijing: Geological Publishing House, 1990: 47-68]
- 唐红峰, 苏玉平, 刘丛强, 等. 新疆北部卡拉麦里斜长花岗岩的锆石 U-Pb 年龄及其构造意义 [J]. 大地构造与成矿学, 2007, 31(1): 110-117 [Tang Hongfeng, Su Yuping, Liu Congqiang, et al. Zircon U-Pb age of the plagiogranite in Kalamaili belt, northern Xinjiang and its tectonic implications [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2007, 31(1): 110-117]
- 李嵩龄, 董富荣, 冯新昌, 等. 克拉麦里—塔克札勒—大黑山超镁铁岩岩石化学特征及其形成环境 [J]. 新疆地质, 2001, 19(2): 155-156 [Li Songling, Dong Furong, Feng Xinchang, et al. The petrochemistry and the formation environment of Ultramafic rocks of Kelameili-Takezhale-Daheishan [J]. Xinjiang Geology, 2001, 19(2): 155-156]
- 李锦轶, 杨天南, 李亚萍, 等. 东准噶尔卡拉麦里断裂带的地质特征及其对中亚地区晚古生代洋陆格局重建的约束 [J]. 地质通报, 2009, 28(12): 1817-1826 [Li Jinyi, Yang Tiannan, Li Yaping, et al. Geological features of the Karamaili faulting belt, eastern Junggar region, Xinjiang, China and its constraints on the reconstruction of Late Paleozoic ocean-continent framework of the Central Asian region [J]. Geological Bulletin of China, 2009, 28(12): 1817-1826]
- 袁洪林, 吴福元, 高山, 等. 东北地区新生代侵入岩的激光锆石探针 U-Pb 年龄测定与稀土元素成分分析 [J]. 科学通报, 2003, 48(4): 1511-1520 [Yuan Honglin, Wu Fuyuan, Gao Shan, et al. Determination of U-Pb age and rare earth element concentrations of zircons from Cenozoic intrusions in northeastern China by laser ablation ICP-MS [J]. Chinese Science Bulletin, 2003, 48(4): 1511-1520]
- Andersen T. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report <sup>204</sup>Pb [J]. Chemical Geology, 2002, 192: 59-79
- Ludwig K R. Isoplot/Ex version 3.00. A geochronological toolkit for

- Microsoft Excel [J]. Berkeley Geochron Centre Spectral Publication, 2003, 4: 1-70
- 14 Blank L P, Kamo S L, Williams I S, *et al.* The application of SHRIMP to Phanerozoic geochronology: A critical appraisal of four zircon standards [J]. *Chemical Geology*, 2003, 200: 171-188
- 15 任纪舜. 中国大地构造及其演化 [M]. 北京: 地质出版社, 1980 [Ren Jishun. *Geotectonic Evolution of China* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1980]
- 16 黄汲清, 姜春发, 王作勋. 新疆及邻区板块开合构造及手风琴式运动 [M] // 新疆地质科学 (1), 北京: 地质出版社, 1990: 3-4 [Huang Jiqin, Jiang Chunfa, Wang Zuoxun. On the opening-closing tectonics and accordion movement of plate in Xinjiang and adjacent regions [M] // *Geoscience of Xinjiang* (1). Beijing: Geological Publishing House, 1990: 3-4]
- 17 Carroll A R, Liang Y H, Graham S A, *et al.* Junggar basin, north-west China; trapped Late Paleozoic ocean [J]. *Tectonophysics*, 1990, 18: 1-14
- 18 李锦轶, 肖序常, 汤耀庆, 等. 新疆东准噶尔卡拉麦里地区晚古生代板块构造的基本特征 [J]. *地质论评*, 1990, 36(4): 305-316 [Li Jinyi, Xiao Xuchang, Tang Yaoqing, *et al.* Main characteristics of late Paleozoic plate tectonic in the southern part of east Junggar, Xinjiang [J]. *Geological Review*, 1990, 36(4): 305-316]
- 19 李锦轶, 肖序常, 陈文. 准噶尔盆地东部前晚奥陶世陆壳基底—来自盆地北缘老君庙变质岩的证据 [J]. *中国区域地质*, 2000, 19(3): 297-302 [Li Jinyi, Xiao Xuchang, Chen Wen. Late Ordovician continental basement of the Junggar basin in Xinjiang, NW China: evidence from the Laojunmiao metamorphic complex on the north-east basin margin [J]. *Regional Geology of China*, 2000, 19(3): 297-302]
- 20 肖序常, 汤耀庆, 冯益民. 新疆北部及其邻区大地构造 [M]. 北京: 地质出版社, 1992: 1-162 [Xiao Xuchang, Tang Yaoqing, Feng Yimin. *Tectonic Evolution of the Northern Xinjiang, Northern Xinjiang and Its Adjacent Regions* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992: 1-162]
- 21 郑建平, 王方正, 成中梅, 等. 拼合的准噶尔盆地基底: 基底火山岩 Sr-Nd 同位素证据 [J]. *地球科学—中国地质大学学报*, 2000, 25(2): 179-185 [Zheng Jianping, Wang Fanzheng, Cheng Zhongmei, *et al.* Nature and evolution of amalgamated basement of Junggar basin, Northwestern China: Sr-Nd isotope evidence of basement igneous rock [J]. *Earth Science: Journal of China University of Geosciences*, 2000, 25(2): 179-185]
- 22 Chen B, Arakawa Y. Elemental and Nd-Sr isotopic geochemistry of granitoids from the West Junggar foldbelt (NWChina), with implications for Phanerozoic continental growth [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2005, 69(5): 1307-1320
- 23 韩宝福, 李建清, 宋彪, 等. 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 [J]. *岩石学报*, 2006, 22(5): 1077-1086 [Han Baofu, Ji Jianqing, Song Biao, *et al.* Late Paleozoic vertical growth of continental crust around the Junggar Basin, Xinjiang, China (Part I): Timing of post-collisional plutonism [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22(5): 1077-1086]
- 24 邵学钟, 张家茹, 范会吉, 等. 准噶尔盆地基底结构的地震转换波探测 [J]. *新疆石油地质*, 2008, 29(4): 439-444 [Shao Xuezhong, Zhang Jiaru, Fan Huiji, *et al.* The basement structure in Junggar basin: deep-sounding by converted waves of earthquakes [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2008, 29(4): 439-444]
- 25 赵俊猛, 黄英, 马宗晋, 等. 准噶尔盆地北部基底结构与属性问题探讨 [J]. *地球物理学报*, 2008, 51(6): 1767-1775 [Zhao Junmeng, Huang Ying, Ma Zongjin, *et al.* Discussion on the basement structure and property of northern Junggar basin [J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 2008, 51(6): 1767-1775]
- 26 李锦轶. 新疆东准噶尔蛇绿岩的基本特征和侵位历史 [J]. *岩石学报*, 1995, 11(增刊): 73-84 [Li Jinyi. Main characteristics and emplacement processes of the East Junggar ophiolites, Xinjiang, China [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 1995, 11(Suppl.): 73-84]

## Crystal Tuff Zircon LA-ICP-MS U-Pb Ages from the Lower Jiangbasitao Formation in the East Daheishan Area, Xinjiang and Their Geological Implications

FAN Ting-ting<sup>1</sup> ZHOU Xiao-hu<sup>1</sup> LIU Yi-qun<sup>1</sup> LI Wei<sup>1</sup>  
ZHENG Zhao-yang<sup>1</sup> HU Ting<sup>2</sup> LIANG Hao<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory of Continental Dynamics and Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069;

2. Exploration Development & Research Institute of Tu-Ha Oilfield, CNPC, Hami, Xinjiang 830002)

**Abstract** The Daheishan area is located in the south of the Santanghu Basin, north to the Balikun-Kaerlikeshan, and is adjacent to the Tu-ha Basin, which is located in the Paleozoic Orogenic Belt of eastern edge of Junggar basin. A suite of thick-bedded marine volcanic-sedimentary rocks—consist mainly of tuffaceous sandstones and siltstones, tuffs, muddy siltstones, silty mudstones, mudstones, and conglomerates are distributed in the Daheishan region in east Junggar, of which the ages and stratigraphy are highly controversial. More importantly, as the study area is sand-



wiched between the Zhaheba-Aermantai and the Kelamaili-Takezhale ophiolitic melange belts , it is of importance to investigate the stratigraphy. Two crystal tuff horizons ( Nos. DHS04N and DHS07N) are sampled from the Jiangbasitao Formation of Lower Carboniferous and are dated using zircon LA-ICP-MS method. The analysis shows that the zircons are of typical magmatic origin with oscillatory zoning. Samples of DHS04N have a uranium content of 63 ~ 642  $\mu\text{g/g}$  , thorium of 19 ~ 1037  $\mu\text{g/g}$  , and a Th/U value range between 0.29 and 1.89. Whereas those of DHS07N have a uranium content of 40 ~ 476  $\mu\text{g/g}$  , thorium of 25 ~ 466  $\mu\text{g/g}$  , and Th/U of 0.48 ~ 1.14. The dating results yield two weighted mean  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  ages of ( 339.4  $\pm$  1.9) Ma ( MSWD = 0.39) and ( 336.3  $\pm$  2.6) Ma ( MSWD = 0.58) , respectively. These two radiometric ages are well consistent and are interpreted to represent the crystallization age of the zircons from the tuff and also the age of the sedimentation of the tuff sequence , indicating that the tuff sequence should be ascribed to the Visean Stage ( ca. 345 ~ 328 Ma) of the Early Carboniferous. Newly found fossil evidence—e. g. , brachiopoda index fossils *Stratifera magna* , *Gigantoproductus striato-sulcatus* , and *Gigantoproductus edelburgensis*—also indicates the Early Carboniferous age of the sequence. Combining the new paleobiological data , we assign these successions to the Early Carboniferous in age. Two zircon samples show concordia ages of 352 ~ 2 999 Ma and CL images of the zircons is characterized by well psephicity , relatively darker hue in luminescence , as well as ambiguously developed zonings , which together suggests a inherit nature of the zircons. In total , the radiometric data document not only a set of Paleozoic ages but also seven important 752 ~ 2 999 Ma Precambrian ages. With respect to the origin of the zircons , we suggest that they were derived from areas between the two ophiolite belts , because the study area was restricted by the paleoceanic basin ( Zhaheba Aermantai ophiolite ophiolitic melange belt) and back-arc basin ( Kelamaili-Takezhale ophiolite ophiolitic melange belt) . This would possibly indicate the existence of Precambrian blocks. Paleozoic strata-formed mountains in northeast Junggar are surrounded by two ophiolite ophiolitic melange belts and form a “restricted area”. Our data may further indicate that this “restricted area” was presumably a Paleozoic hyperplasia belt that mixes ophiolite , ophiolitic melange block , island arc magmatic complex , and micro-landmass.

**Key words** crystal tuff; Jiangbasitao Formation; zircon LA-ICP-MS U-Pb dating; Junggar Basin