

# 西准噶尔包古图地区地层火山岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学研究\*

郭丽爽<sup>1,2</sup> 刘玉琳<sup>1\*\*</sup> 王政华<sup>1</sup> 宋达<sup>1</sup> 许发军<sup>3</sup> 苏犁<sup>4</sup>

GUO LiShuang<sup>1,2</sup>, LIU YuLin<sup>1\*\*</sup>, WANG ZhengHua<sup>1</sup>, SONG Da<sup>1</sup>, XU FaJun<sup>3</sup> and SU Li<sup>4</sup>

1. 造山带与地壳演化教育部重点实验室, 北京大学地球与空间学院, 北京 100871

2. 兰州大学西部环境教育部重点实验室, 兰州 730000

3. 新疆有色地质勘查局地质研究所, 乌鲁木齐 830000

4. 中国地质大学(北京)地学实验中心, 北京 100083

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

2. *Key Laboratory of Western China's Environmental Systems with the Ministry of Education, Lanzhou 730000, China*

3. *Institute of Geology, Xinjiang Nonferrous Geoexploration Bureau, Urumqi 830000, China*

4. *The Geological Lab Center, China University of Geosciences, Beijing 100083, China*

2009-05-09 收稿, 2009-07-03 改回.

**Guo LS, Liu YL, Wang ZH, Song D, Xu FJ and Su L. 2010. The zircon U-Pb LA-ICP-MS geochronology of volcanic rocks in Baogutu areas, western Junggar. *Acta Petrologica Sinica*, 26(2):471–477**

**Abstract** There is a great thickness of bathyal- and slope-facies volcanic-volcaniclastic sedimentary sequence at Baogutu area in southeast of western Junggar, which are named as Tailegula Formation, Baogutu Formation and Xibeikulas Formation, respectively. There have been controversies about the geological ages and stratigraphic subdivision about these strata for a long time. So we surveyed the stratum section at Baogutu area and separated zircons from basalt of the Tailegula Formation and tuff of Baogutu Formation and Xibeikulas Formation. LA-ICP-MS U-Pb dating on these zircon grains gives the  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  weighted mean ages of  $357.5 \pm 5.4\text{Ma}$ ,  $332.1 \pm 3.0\text{Ma}$  and  $336.3 \pm 2.5\text{Ma}$ , respectively, indicating that the strata sequence from bottom to top should be Tailegula Formation, Baogutu Formation and Xibeikulas Formation in turn, which were formed from Tournaisian to Visean of Early Carboniferous.

**Key words** West Junggar; Baogutu; Volcanics; Zircon; U-Pb dating

**摘要** 包古图地区位于西准噶尔东南部, 区内出露地层主要为石炭系太勒古拉组、包古图组和希贝库拉斯组, 为一套巨厚的半深海相-大陆坡相火山-火山碎屑沉积建造。这套地层的时代归属和地层层序长期以来一直存在争议。本文报导了包古图地区实测地层剖面, 并从太勒古拉组玄武岩和包古图组及希贝库拉斯组凝灰岩中分别选出锆石, 进行了 LA-ICP-MS U-Pb 年代学研究, 获得  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  加权平均年龄分别为  $357.5 \pm 5.4\text{Ma}$ ,  $332.1 \pm 3.0\text{Ma}$  和  $336.3 \pm 2.5\text{Ma}$ 。由此确定这套地层属于早石炭世的杜内阶到维究阶, 由下到上依次为太勒古拉组、包古图组和希贝库拉斯组。

**关键词** 西准噶尔; 包古图; 火山岩; 锆石; U-Pb 年代学

**中图法分类号** P588.211; P597.3

\* 本文受国家重点基础研究规划项目(2007CB411305)和兰州大学2008年接受国内博士生访学项目联合资助。

第一作者简介: 郭丽爽, 女, 1983年生, 博士研究生, 岩石地球化学专业, E-mail: guolsh02@163.com

\*\* 通讯作者: 刘玉琳, 男, 1961年生, 副教授, 矿床学与同位素地质年代学, E-mail: ylliu@pku.edu.cn

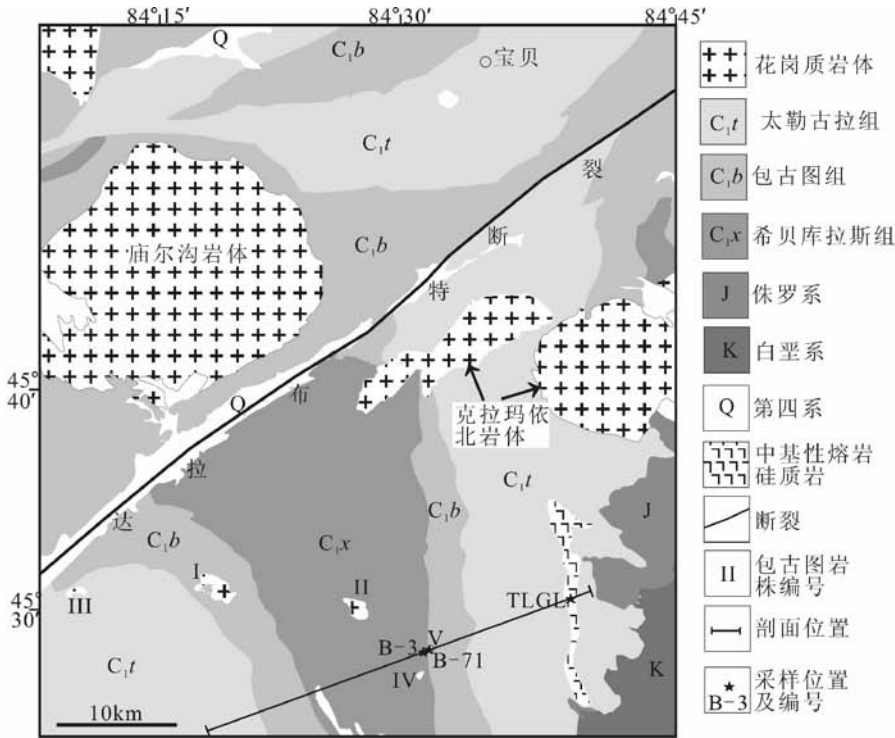


图1 包古图地区地质简图(据1:20万克拉玛依幅地质图<sup>①</sup>修改)

Fig.1 Geological sketch map of Baogutu area

## 1 引言

包古图地区位于西准噶尔东南部,克拉玛依市以西(图1)。区内出露地层主要为石炭系太勒古拉组、包古图组和希贝库拉斯组,为一套巨厚的半深海相-大陆相火山-火山碎屑沉积建造。这套地层中侵入有多个花岗质岩体(如庙尔沟岩体和克拉玛依北岩体等)和花岗闪长岩小岩株,前人已对其进行了广泛的年代学研究(沈远超和金成伟,1993;金成伟和张秀棋,1993;Chen and Jahn, 2004; 韩宝福等,2006;Liu *et al.*, 2009;Geng *et al.*, 2009;唐功建等,2009),比较一致的认为形成于晚石炭世。近年来,由于包古图斑岩铜矿的发现,包古图岩体更是受到了广泛关注,对其进行了地球化学,矿床特征等方面的研究(张连昌等,2006;宋会侠等,2007;Geng *et al.*, 2009;唐功建等,2009;Shen *et al.*, 2009;申萍等,2009;魏斐等,2009;),但是对其围岩——包古图地层的研究则是少之又少。

包古图地层的时代和层序长期以来一直存在争议,归纳起来主要有以下几种意见:(1)地层层序方面,1966年新疆地质局区测队在填制1:20万克拉玛依幅地质图时将这套岩系自下而上划分的三个组分别为:希贝库拉斯组、包古图组和太勒古拉组。1987年中国科学院地质研究所部分研究

者在进行“西准噶尔蛇绿岩套地质特征及含矿性研究”时根据岩性沉积序列和构造形态等方面证据,认为自下而上的沉积序列为太勒古拉组、包古图组和希贝库拉斯组(吴浩若和潘正蒲,1991)。之后的一些研究者基本上都赞同后一种划分方案(如沈远超和金成伟,1993;廖卓庭等,1993)。吴浩若和潘正蒲(1991)认为太勒古拉组为残留洋壳及其上的远洋沉积层,包古图组为下扇的席状和舌状火山质浊积岩系,希贝库拉斯组则为中上扇的火山浊积岩系。(2)就地层时代而言,新疆地质局区测队据希贝库拉斯组和包古图组中采获的珊瑚类、腕足类和植物化石,将这三个组都划归为下石炭统。廖卓庭等(1993)根据太勒古拉组命名剖面中的放射虫确定该组时代为晚泥盆世到早石炭世;另外根据包古图组和希贝库拉斯组中的牙形石和腕足类等,确定其时代分别为韦完期至巴什基尔早期和巴什基尔中晚期。但至今为止,关于这套地层时代问题的争论一直没有停息。

之所以出现这些争论,一方面是因为该区构造活动强烈,地层产状基本近于直立,而且遭受了强烈的片理化和风化破碎,因此很难根据产状判断地层层序;另一方面,是因为这套地层中化石稀少,又缺乏具有准确时代意义的标准化石,而且在包古图组和希贝库拉斯组所采到的腕足类、珊瑚等大化石往往经受了较强的重结晶作用,无法作详细鉴定(与马学平教授口头交流),因此,给地层时代和层序的确定

① 新疆维吾尔自治区地质局. 1966. 1:200000 克拉玛依幅地质图

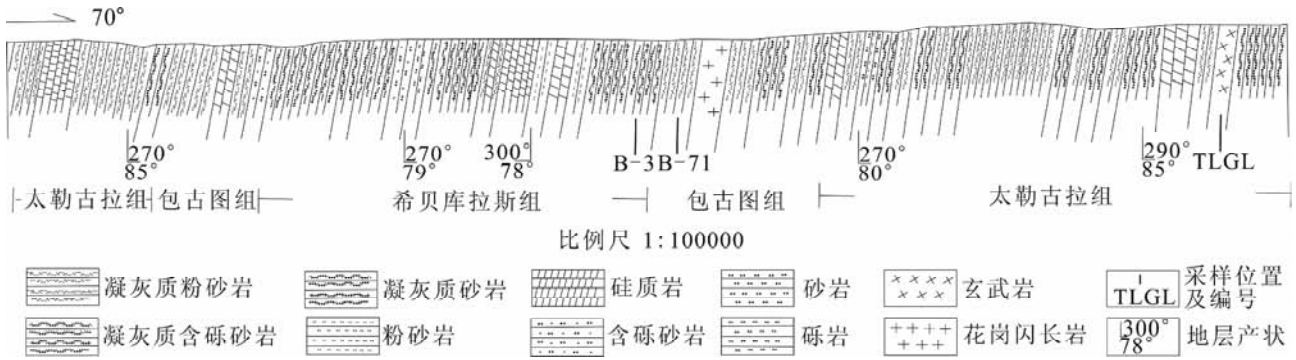


图2 包古图地区地层剖面图

Fig.2 The geological section of the strata in Baogutu area

带来了困难。以往的古生物研究中遇到的另一个重要问题是化石的混杂性,就是在这套地层中除了见有石炭纪的化石以外,还混杂了泥盆纪和志留纪的化石,如珊瑚 *Enteroasma*? sp., *Phacellophyllum*, sp., 等(沈远超等,1993),这给时代确定带来了混乱。

这套地层主要由火山碎屑物质组成,同位素年代学方法有可能为地层时代的解决提供重要证据,但迄今为止,所获得的年龄数据很少。王瑞和朱永峰(2007)测得宝贝矿区的太勒古拉组酸性凝灰岩锆石年龄为  $328.1 \pm 1.8$  Ma,但是达拉布特断裂以北地层受到强烈的构造扰动,各组的划分具有很大的不确定性。三组地层在达拉布特断裂以南对称分布,层序保持完好,因此是最佳研究地点。2007年我们在西准噶尔包古图地层小区做了1:100000的地层剖面(图2),系统地采集了太勒古拉组、包古图组和希贝库拉斯组的火山岩样品,选择了代表性岩石进行锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学分析,确定该套地层的时代及其层序。

## 2 地质概况

西准噶尔包古图地区出露一套与海相火山活动有关的火山碎屑岩地层,分为太勒古拉组( $C_{1t}$ )、包古图组( $C_{1b}$ )和希贝库拉斯组( $C_{1x}$ ),三个组的经典地层剖面都建立在达拉布特断裂以南。三套地层在达拉布特断裂以南呈对称分布,在断裂以北分布杂乱(图1)。

太勒古拉组主要为一套细粒复理石火山碎屑-硅泥质沉积岩,含海相基性火山岩和硅质岩建造,主要岩石组合为灰绿色和紫红色火山灰凝灰岩和层凝灰岩互层,夹灰绿色杏仁状玄武岩和紫红色硅质岩(图3),局部有透镜状生物碎屑灰岩。

包古图组由灰和灰黑色薄层状凝灰质粉砂岩、砂岩和层凝灰岩互层组成,在包古图地区的南部可见含砾凝灰质砂岩。前人提出包古图最明显的特征是含有大量浊流沉积和滑塌堆积的灰岩、泥灰岩和生物碎屑灰岩透镜体及含砾杂砂岩(沈远超和金成伟,1993),我们在测剖面过程中未发现。

希贝库拉斯组主要岩性为青灰色厚层凝灰质砂岩和凝



图3 太勒古拉组紫红色硅质岩

Fig.3 Fuchsia silicalite of Tailegula Formation

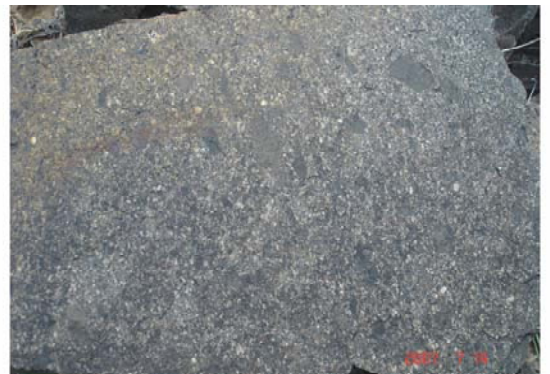


图4 希贝库拉斯组凝灰质含砾砂岩

Fig.4 Bearing-pebble tuffaceous sandstone of Xibeikulas Formation

灰质含砾砂岩(图4),含有凝灰质砾岩和角砾岩。希贝库拉斯组总体上以粗粒火山碎屑沉积岩为主,但在该组的中间部位(图2)出现细粒沉积,主要岩性为硅质岩和凝灰岩,韵律层发育。

由上述可知,太勒古拉组-包古图组-希贝库拉斯组的沉积粒度呈现由细到粗的规律性变化。

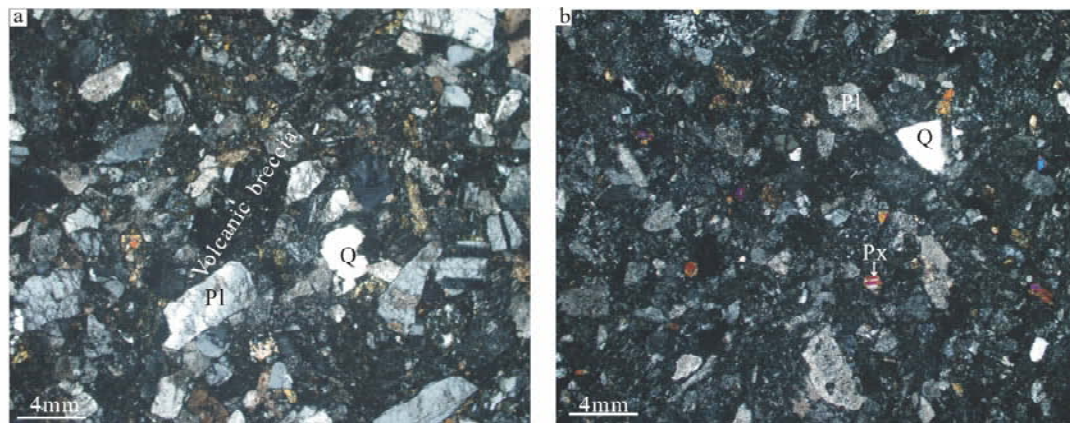


图5 样品显微照片

a-样品 B-71; b-样品 B-3; Q-石英; Pl-斜长石; Px-辉石

Fig.5 The microscopic photos of the sample

### 3 样品特征及实验方法

本文所分析的三个样品分别来自太勒古拉组、包古图组和希贝库拉斯组,采样位置见图1和图2。太勒古拉组样品(TLGL)为玄武岩;包古图组样品(B-71)采样位置在V号岩体西侧,紧靠岩体,位于包古图组和希贝库拉斯组的分界线附近,为角砾凝灰岩,主要为斜长石晶屑,含少量石英晶屑和火山角砾,晶屑粒径变化较大,为1~6mm,以<2mm的细粒晶屑为主(如图5a);希贝库拉斯组(B-3)采样位置在V号岩体以西,距离岩体约1.0km,为凝灰岩,主要为斜长石晶屑,含少量石英和辉石晶屑,晶屑粒度较细,一般<2mm,少量晶屑的粒径>2mm。

锆石等矿物分选由廊坊市诚信地质服务有限公司完成。锆石阴极发光图像在北京大学电镜室扫描电镜上完成。锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学分析在中国地质大学(北京)地质学实验中心元素地球化学研究室完成,分析仪器为美国 New Wave Research Inc. 公司生产的激光剥蚀进样系统(UP193SS)和美国 AGILENT 科技有限公司生产的 Agilent 7500 a 型四级杆等离子体质谱仪联合构成的激光等离子质谱仪(LA-ICP-MS)。本次分析激光器工作频率为10Hz,剥蚀物质载气为高纯度 He 气,流量为0.7L/min;Angilent 等离子质谱仪工作条件:冷却气流量15L/min,辅助气(Ar)流量1.13L/min,采集时间为45sec;测试点束斑直径为36 $\mu$ m;锆石 U/Pb 及年龄校准选用标准锆石 91500;数据处理采用澳大利亚 Glitter 4.4。普通铅校正方法同 Andersen (2002),年龄值选用 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄,单个数据点误差均为 $1\sigma$ ,加权平均值误差为 $2\sigma$ 。

### 4 年代学测试结果

本文对3个样品的锆石进行了 LA-ICP-MS U-Pb 年代学

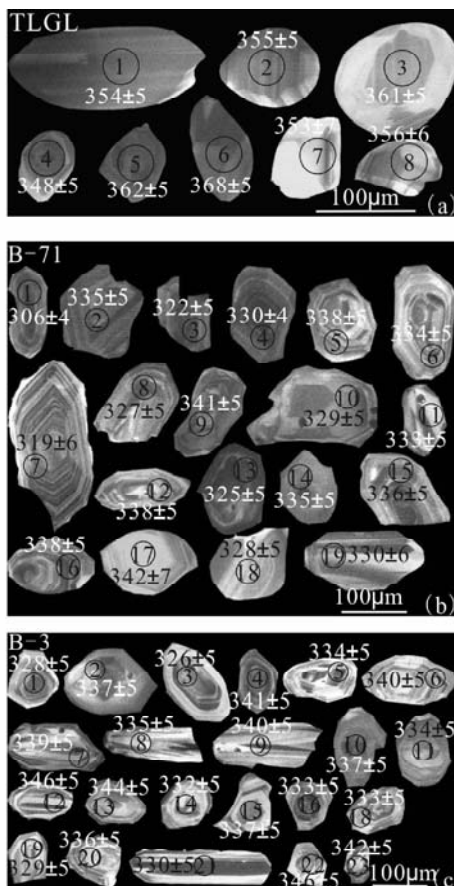


图6 锆石阴极发光图像

Fig.6 Cathodoluminescence images of analyzed zircon grains

测试,锆石阴极发光图像见图6,年代学分析结果见表1和图7。

TLGL(太勒古拉组,玄武岩)的锆石呈不规则状,粒径变化较大,为80~200 $\mu$ m,岩浆震荡环带不是特别明显,个别锆

表 1 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学测试结果

Table 1 Zircon LA-ICP-MS U-Pb dating results

测点号	Th ( $\times 10^{-6}$ )	U ( $\times 10^{-6}$ )	$\frac{\text{Th}}{\text{U}}$	$\left(\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}\right)^*$	$1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}^*}{^{235}\text{U}}$	$1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}}$	$1\sigma$	error	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age (Ma)	$1\sigma$
TLGL-1	66	83	0.8	0.053	0.019	0.411	0.019	0.056	0.001	0.9	354	5
TLGL-2	62	94	0.7	0.052	0.017	0.406	0.017	0.057	0.001	0.9	355	5
TLGL-3	54	65	0.8	0.054	0.019	0.429	0.019	0.058	0.001	0.9	361	5
TLGL-4	82	116	0.7	0.054	0.020	0.409	0.020	0.055	0.001	0.9	348	5
TLGL-5	63	93	0.7	0.054	0.017	0.429	0.017	0.058	0.001	0.9	362	5
TLGL-6	38	70	0.6	0.054	0.020	0.436	0.020	0.059	0.001	0.9	368	5
TLGL-7	33	42	0.8	0.055	0.028	0.423	0.028	0.056	0.001	0.9	353	7
TLGL-8	42	74	0.6	0.054	0.022	0.425	0.022	0.057	0.001	0.9	356	6
测点号	Th ( $\times 10^{-6}$ )	U ( $\times 10^{-6}$ )	$\frac{\text{Th}}{\text{U}}$	$\left(\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}\right)^*$	$1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}^*}{^{235}\text{U}}$	$1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}}$	$1\sigma$	error	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age (Ma)	$1\sigma$
B-71-01	178	387	0.5	0.0536	0.00175	0.35934	0.01183	0.04862	0.00072	0.9	306	4
B-71-02	71	129	0.6	0.05117	0.00200	0.37685	0.01470	0.05341	0.00084	0.9	335	5
B-71-03	99	213	0.5	0.05496	0.00180	0.3883	0.01285	0.05123	0.00076	0.9	322	5
B-71-04	256	595	0.4	0.05273	0.00122	0.38166	0.00918	0.05249	0.00073	0.9	330	4
B-71-05	83	125	0.8	0.05339	0.00276	0.39651	0.02041	0.05386	0.00087	0.9	338	5
B-71-06	98	139	0.7	0.05261	0.00225	0.38583	0.01645	0.05318	0.00084	0.9	334	5
B-71-07	71	133	0.5	0.05256	0.00298	0.3673	0.02060	0.05067	0.00091	0.9	319	6
B-71-08	141	280	0.5	0.05293	0.00147	0.37975	0.01075	0.05203	0.00075	0.9	327	5
B-71-09	87	152	0.6	0.05409	0.00186	0.40541	0.01404	0.05435	0.00081	0.9	341	5
B-71-10	77	121.82	0.6	0.05725	0.00232	0.41395	0.01679	0.05244	0.00082	0.9	329	5
B-71-11	131	131	1.0	0.05223	0.00206	0.38146	0.01513	0.05297	0.00081	0.9	333	5
B-71-12	84	135	0.6	0.0531	0.00222	0.39424	0.01648	0.05384	0.00084	0.9	338	5
B-71-13	270	373	0.7	0.05366	0.00159	0.38302	0.01154	0.05177	0.00075	0.9	325	5
B-71-14	65	90	0.7	0.05614	0.00233	0.41266	0.01711	0.0533	0.00084	0.9	335	5
B-71-15	167	296	0.6	0.05253	0.00142	0.38726	0.01077	0.05346	0.00076	0.9	336	5
B-71-16	131	179	0.7	0.05271	0.00181	0.39088	0.01356	0.05378	0.0008	0.9	338	5
B-71-17	20	37	0.6	0.05339	0.00502	0.40104	0.0374	0.05447	0.00108	0.9	342	7
B-71-18	70	96	0.7	0.05229	0.00268	0.37683	0.01931	0.05227	0.00084	0.9	328	5
B-71-19	46	56	0.8	0.05246	0.00343	0.37982	0.02465	0.0525	0.00092	0.9	330	6
测点号	Th ( $\times 10^{-6}$ )	U ( $\times 10^{-6}$ )	$\frac{\text{Th}}{\text{U}}$	$\left(\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}\right)^*$	$1\sigma$	$\frac{^{207}\text{Pb}^*}{^{235}\text{U}}$	$1\sigma$	$\frac{^{206}\text{Pb}^*}{^{238}\text{U}}$	$1\sigma$	error	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age (Ma)	$1\sigma$
B-3-01	127	144	0.9	0.05331	0.00212	0.38391	0.01536	0.05223	0.00079	0.9	328	5
B-3-02	193	219	0.9	0.05318	0.00164	0.3935	0.01235	0.05366	0.00079	0.9	337	5
B-3-03	319	296	1.1	0.05301	0.00151	0.37976	0.01104	0.05195	0.00075	0.9	326	5
B-3-04	147	180	0.8	0.05328	0.00187	0.39867	0.01414	0.05426	0.0008	0.9	341	5
B-3-05	87	111	0.8	0.05029	0.00249	0.36917	0.0183	0.05323	0.00083	0.9	334	5
B-3-06	61	114	0.5	0.053	0.00221	0.39579	0.01653	0.05415	0.00086	0.9	340	5
B-3-07	82	105	0.8	0.05426	0.00231	0.40458	0.01723	0.05407	0.00086	0.9	339	5
B-3-08	257	227	1.1	0.05314	0.0017	0.39126	0.01268	0.05339	0.00079	0.9	335	5
B-3-09	108	125	0.9	0.05197	0.0025	0.3886	0.01872	0.05423	0.00085	0.9	340	5
B-3-10	84	95	0.9	0.05311	0.00264	0.39263	0.01945	0.05361	0.00088	0.9	337	5
B-3-11	74	109	0.7	0.05259	0.00211	0.38509	0.01541	0.05311	0.00085	0.9	334	5
B-3-12	197	217	0.9	0.05364	0.002	0.40738	0.01525	0.05508	0.00084	0.9	346	5
B-3-13	90	140	0.7	0.05349	0.00212	0.40446	0.01608	0.05483	0.00085	0.9	344	5
B-3-14	88	110	0.8	0.04858	0.0027	0.35426	0.01968	0.05288	0.00083	0.9	332	5
B-3-15	139	148	0.9	0.05191	0.00196	0.38439	0.01464	0.0537	0.00081	0.9	337	5
B-3-16	178	199	0.9	0.05262	0.00164	0.38459	0.0122	0.053	0.00078	0.9	333	5
B-3-18	98	111	0.9	0.05302	0.00239	0.38753	0.01747	0.05301	0.00085	0.9	333	5
B-3-19	77	107	0.7	0.05373	0.00268	0.38803	0.01931	0.05237	0.00084	0.9	329	5
B-3-20	113	159	0.7	0.05505	0.00186	0.40565	0.01381	0.05343	0.00081	0.9	336	5
B-3-21	219	184	1.2	0.05308	0.00178	0.38391	0.01304	0.05245	0.00079	0.9	330	5
B-3-22	103	119	0.9	0.05353	0.00221	0.40679	0.01678	0.05511	0.00087	0.9	346	5
B-3-23	114	130	0.9	0.05471	0.00223	0.41135	0.01681	0.05452	0.00084	0.9	342	5

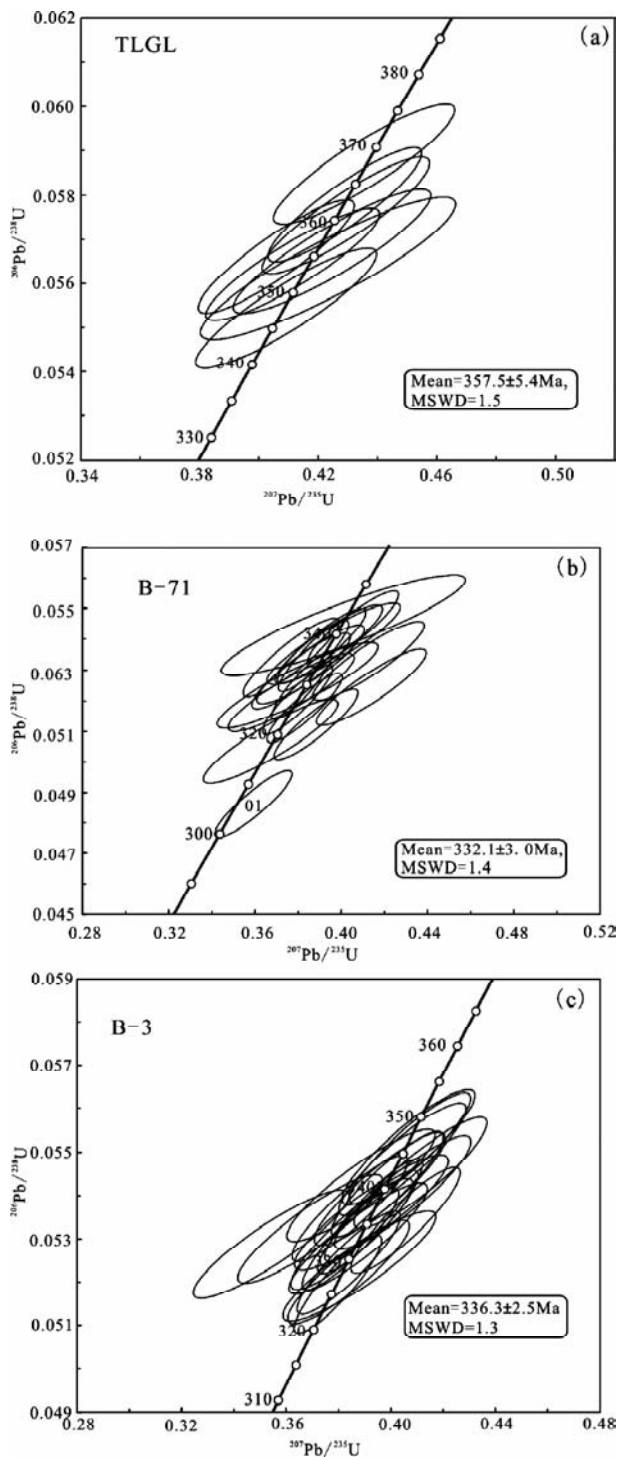


图7 锆石 U-Pb 谐和线

Fig. 7 Concordia diagrams of zircon U-Pb isotopes

石阴极发光弱(图 6a), Th/U 比值为 0.55 ~ 0.83, 为典型的岩浆锆石。测定了 8 个锆石的 8 个点, 测试点都位于谐和线上(如图 7a),  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  加权平均年龄为  $357.5 \pm 5.4\text{Ma}$ , MSWD = 1.5, 代表岩浆结晶年龄。

B-71(包古图组, 角砾凝灰岩) 的锆石粒径为 100 ~ 300  $\mu\text{m}$ , 发育密集的岩浆震荡环带(图 6b), Th/U 比值为

0.43 ~ 1.0, 为典型的岩浆锆石。共测定了 19 颗锆石的 19 个点, 除 1 号锆石的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄偏小之外, 其余 18 个点在锆石 U-Pb 谐和图上几乎都落在谐和线上, 而且分布较集中(如图 7b), 18 个点的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  加权平均年龄为  $332.1 \pm 3.0\text{Ma}$ , MSWD = 1.4, 代表岩浆结晶年龄。

B-3(希贝库拉斯组, 凝灰岩) 的锆石长 80 ~ 250  $\mu\text{m}$ , 发育震荡环带和不规则环带(图 6c), Th/U 比值为 0.53 ~ 1.1, 为典型的岩浆锆石。共测定了 22 个锆石颗粒的 22 个点, 在锆石 U-Pb 谐和图上, 几乎都位于谐和线上, 个别锆石点略偏离谐和线(如图 7c), 所有测试点  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  加权平均年龄为  $336.3 \pm 2.5\text{Ma}$ , MSWD = 1.3, 代表岩浆结晶年龄。

## 5 讨论

在包古图地层小区中, 生物地层学得到了广泛研究(廖卓庭等, 1993), 但是该套地层中含有大量异地搬运沉积化石(沈远超和金成伟, 1993), 为地层时代的确定及层序划分带来一定困难, 因此不同的学者给出了不同的古生物鉴定结果。由此看来, 包古图地层小区这套半深海-大陆坡相火山-火山碎屑沉积建造中的层序和古生物化石都比较复杂, 对这层时代确定及层序划分需要年代学证据的支持。

本文通过锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学获得了太勒古拉组、包古图组和希贝库拉斯组地层年龄分别为  $357.5 \pm 5.4\text{Ma}$ ,  $332.1 \pm 3.0\text{Ma}$  和  $336.3 \pm 2.5\text{Ma}$ 。因此, 太勒古拉组为最老的底部层序, 而且该套地层呈对称分布(图 1 和图 2), 应为向斜。而后两个年龄样品分别来自包古图组的顶部和希贝库拉斯组的底部, 采集位置相邻(相距约 1km), 二者年龄在误差范围内一致, 说明这两个组为连续的火山沉积产物, 希贝库拉斯组位于包古图组的上部。所以, 三个组的层序由下到上依次为太勒古拉组、包古图组和希贝库拉斯组。

包古图地层小区内也分布很多花岗岩体, 其时代主要集中在晚石炭世。如 Liu *et al.* (2009) 获得了侵入于包古图组的包古图 V 号岩体锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为  $311.4 \pm 3.3\text{Ma}$ , 同时还获得了一组较老的年龄 ( $335.6 \pm 7.8\text{Ma}$ ), 与我们获得的包古图组的年龄 ( $332.1 \pm 3.0\text{Ma}$ ) 在误差范围内一致, 可能为捕获围岩——包古图组锆石的年龄; 唐功建等(2009) 也对包古图岩体进行锆石 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年, II、V 岩体的石英闪长斑岩的结晶年龄分别为  $314.9 \pm 1.7\text{Ma}$  和  $309.9 \pm 1.9\text{Ma}$ , III 岩体的闪长玢岩的年龄为  $313.9 \pm 2.6\text{Ma}$ 。侵入于太勒古拉组、包古图组和希贝库拉斯组的克拉玛依北岩体锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 318 ~ 308Ma(韩宝福等, 2006), 断裂北部侵入于包古图组的庙尔沟岩体锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为  $327 \pm 7\text{Ma}$ (韩宝福等, 2006), 说明该地区岩体属于早石炭世晚期到晚石炭世, 因此该套地层的上限年龄应小于 327Ma, 由此看来希贝库拉斯组的沉积延续时间不是很长, 该套地层应属于下石炭统杜内阶到维宪阶。廖卓庭等(1993) 认为希贝库拉斯组属于巴什基尔(318 ~ 311Ma)

中晚阶,与我们的同位素年龄不符,同时也与侵入于该套地层的花岗质岩体的时代相抵触。

## 6 结论

包古图地区太勒古拉组玄武岩、包古图组和希贝库拉斯组凝灰质岩的年龄分别为  $357.5 \pm 5.4\text{Ma}$ 、 $332.1 \pm 3.0\text{Ma}$  和  $336.3 \pm 2.5\text{Ma}$ ,说明其形成于早石炭世杜内期到维宪期。该套地层层序由下到上应为:太勒古拉组、包古图组和希贝库拉斯组。

**致谢** 感谢刘树文教授在成文过程中给予的帮助和修改。审稿人对本文的修改提供了宝贵意见,提高了本文质量,在此深表感谢。

## References

- Andersen T. 2002. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report  $^{204}\text{Pb}$ . *Chem. Geol.*, 192: 59–79
- Chen B and Jahn B. 2004. Genesis of post-collisional granitoids and basement nature of the Junggar Terrane, NW China: Nd-Sr isotope and trace element evidence. *Journal of Asian Earth Sciences*, 23: 691–703
- Geng HY, Sun M, Yuan C, Xiao WJ, Xian WS, Zhao GC, Zhang LF, Wong K and Wu FY. 2009. Geochemical, Sr-Nd and zircon U-Pb-Hf isotopic studies of Late Carboniferous magmatism in the West Junggar, Xinjiang: Implications for ridge subduction? *Chemical Geology*, 266: 373–398
- Han BF, Ji JQ, Song B, Chen LH and Zhang L. 2006. Late Paleozoic vertical growth of continental crust around the Junggar Basin, Xinjiang, China (Part I): Timing of post-collisional plutonism. *Acta Petrologica Sinica*, 22(5): 1077–1086 (in Chinese with English abstract)
- Jin CW and Zhang XQ. 1993. A geochronology and geneses of the western Junggar granitoids, Xinjiang, China. *Scientia Geologica Sinica*, 28(1): 28–36 (in Chinese with English abstract)
- Liao ZT, Wang YJ, Wang KL, Xia FS, Zhou YX, Liao WH and Ou YS. 1993. New development in the study in Carboniferous biostratigraphy in northern Xinjiang, China. In: Tu GC (ed.). *Presence and Prospect of the Solid Earth Science in the North Xinjiang*. Beijing: Sciences Press, 79–94 (in Chinese)
- Liu YL, Guo LS, Song HX, Song B, Zhang R, Xu FJ and Zhang YX. 2009. Geochronology of Baogutu porphyry copper deposit in western Junggar area, Xinjiang. *Science in China (series D)*, 52(10): 1543–1549
- Shen P, Shen YC, Liu TB, Meng L, Dai HW and Yang YH. 2009. Geochemical signature of porphyries in the Baogutu porphyry copper belt, western Junggar, NW China. *Gondwana Research*, 16: 227–242
- Shen P, Shen YC, Liu TB, Zhang R, Wang JB, Zhang YX, Meng L, Wang LJ and Wang J. 2009. Host-rocks and alteration characters of the Baogutu porphyry copper-molybdenum deposit in Xinjiang, NW China. *Acta Petrologica Sinica*, 25(4): 777–792 (in Chinese with English abstract)
- Shen YC and Jin CW. 1993. *The Relationship of Magma Activity and Gold Mineralization in Western Junggar Area*. Beijing: Geological

Publishing House, 26–44 (in Chinese)

- Song HX, Liu YL, Qu WJ, Song B, Zhang R and Cheng Y. 2007. Geological characters of Baogutu porphyry copper deposit in Xinjiang, NW China. *Acta Petrologica Sinica*, 23(8): 1981–1988 (in Chinese with English abstract)
- Tang GJ, Wang Q, Zhao ZH, Derek AW, Chen HY, Jia XH and Jiang ZQ. 2009. Geochronology and geochemistry of the ore-bearing porphyries in the Baogutu area (western Junggar): Petrogenesis and their implications for tectonics and Cu-Au mineralization. *Earth Science- Journal of China University of Geosciences*, 34(1): 56–74 (in Chinese with English abstract)
- Wang R and Zhu YF. 2007. Geology of the Baobei gold deposit in West Junggar and zircon SHRIMP age of its wall-rocks, western Junggar (Xinjiang, NW China). *Geological Journal of China Universities*, 13(3): 590–602 (in Chinese with English abstract)
- Wei F, Liu YL, Guo GL, Zhang R, Zhang YX and Wang J. 2009. Characteristics and genesis significance of Titanium minerals of Baogutu porphy copper deposit, Xinjiang. *Acta Petrologica Sinica*, 25(3): 645–649 (in Chinese with English abstract)
- Wu HR and Pan ZP. 1991. “Structural complex” and its geological significance; In the case of West Junggarian complex. *Chinese Journal of Geology*, (1): 1–8 (in Chinese with English abstract)
- Zhang LC, Wan B, Jiao XJ and Zhang R. 2006. Characteristics and geological significance of adakitic rocks in copper-bearing porphyry in Baogutu, western Junggar. *Geology in China*, 33(3): 626–631 (in Chinese with English abstract)

## 附中文参考文献

- 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
- 金成伟,张秀棋. 1993. 新疆西准噶尔花岗岩类的时代及其成因. *地质科学*, 28(1): 28–36
- 廖卓庭,王玉静,王光良,夏风生,周宇星,廖卫华,欧阳舒. 1993. 新疆北部石炭纪生物地层研究新进展. 见: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, 79–94
- 沈远超,金成伟. 1993. 西准噶尔地区岩浆活动与金矿化作用. 北京:地质出版社, 26–44
- 申萍,沈远超,刘铁兵,张锐,王京彬,张云孝,孟磊,王丽娟,汪疆. 2009. 新疆包古图斑岩型铜钼矿床容矿岩石及蚀变特征. *岩石学报*, 25(4): 777–792
- 宋会侠,刘玉琳,屈文俊,宋彪,张锐,成勇. 2007. 新疆包古图斑岩铜钼矿床地质特征. *岩石学报*, 23(8): 1981–1988
- 唐功建,王强,赵振华, Derek AW, 陈海红,贾小辉,姜子琦. 2009. 西准噶尔包古图成矿斑岩年代学与地球化学:岩石成因与构造、铜金成矿意义. *地球科学——中国地质大学学报*, 34(1): 56–74
- 王瑞,朱永峰. 2007. 西准噶尔宝贝金矿地质与容矿火山岩的锆石 SHRIMP 年龄. *高校地质学报*, 13(3): 590–602
- 魏斐,刘玉琳,郭国林,张锐,张云孝,汪疆. 2009. 包古图斑岩铜钼矿床的钼矿物特征及其成因意义. *岩石学报*, 25(3): 645–649
- 吴浩若,潘正蒲. 1991. “构造杂岩”及其地质意义——以西准噶尔为例. *地质科学*, (1): 1–8
- 张连昌,万博,焦学军,张锐. 2006. 西准包古图含铜斑岩的埃达克岩特征及其地质意义. *中国地质*, 33(3): 626–631