

引用格式: 陈宁,王炬川,杨涛,等. 西昆仑上其汗地区火山岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及构造意义[J]. 中国地质调查,2016,3(3): 21-28.

# 西昆仑上其汗地区火山岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及构造意义

陈宁,王炬川,杨涛,仵桐,冯伟华,李琦,贺争峰,曾忠诚

(陕西省地质调查中心,西安 710068)

**摘要:** 西昆仑上其汗地区火山岩的时代及归属一直存在争议。利用 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年法对该区火山岩中霏细岩进行了测年。阴极发光图像显示,锆石发育对称的生长震荡环带结构, Th/U 大部分大于 0.4, 显示岩浆锆石的特征。测得火山岩的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  加权平均年龄为  $(335 \pm 4.2)$  Ma, 形成时代为石炭纪, 可将其划为阿羌岩组。结合区域地质背景资料, 该火山岩可能形成于裂谷环境。

**关键词:** 西昆仑; 上其汗地区火山岩; LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年; 构造意义

**中图分类号:** P597; P588.1

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2095-8706(2016)03-0021-08

## 0 引言

西昆仑造山带位于青藏高原西北边缘,它对中亚构造、东特提斯构造以及板块碰撞的研究具有十分重要的意义<sup>[1]</sup>。由北向南可将其依次划分为昆北地块、昆中地块和昆南地块。本次发现的上其汗地区火山岩位于西昆仑造山带东段,邻近东、西昆仑结合部位,构造属于北昆仑地体的重要组成部分<sup>[2]</sup>。山西地质调查院将其划为上其汗岩组<sup>[3]</sup>。由于前人在该套地层中未发现化石,其归属一直存在争议。笔者于 2012—2014 年与陕西省地质调查院开展 1:5 万地质调查中,在夏玛勒克河一带对前人划分的上其汗岩组做了大量工作,对火山岩进行了地层学、岩石学、地球化学及年代学研究,其形成时代为石炭纪。该时代的确定将原早古生代上其汗岩组重新划为晚古生代阿羌岩组,对火山岩所处裂谷带的形成时限提供了新的数据支持,对西昆仑古生代的构造演化过程研究具有重要意义。通过综合研究,将普鲁—阿羌裂谷带与原上其汗—下马里克裂谷带连为一体,将该火山岩带内的矿化特征与普鲁—阿羌裂

谷带内及附近已发现的多个 Cu、Au 等矿点进行对比,指导找矿工作开展。

## 1 区域地质背景及岩石学特征

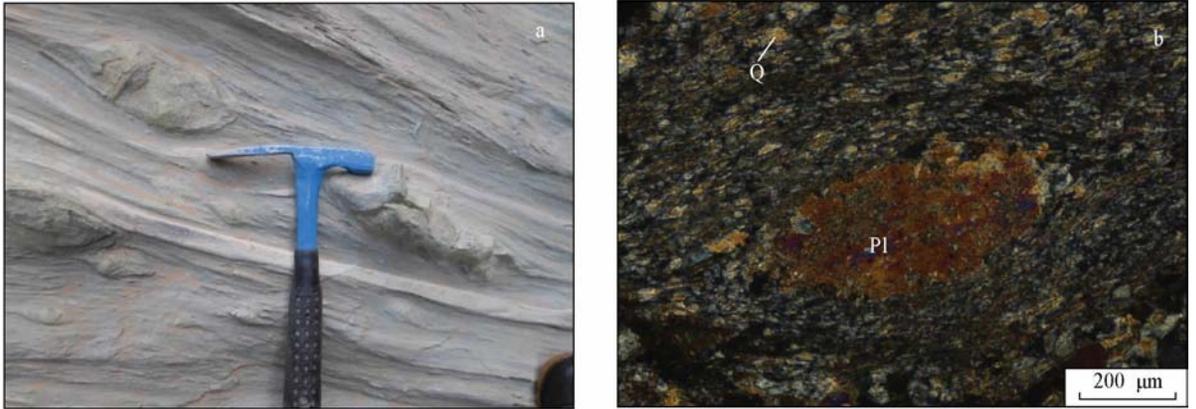
研究区火山岩位于昆北地块,是经历了绿片岩相变质、韧性剪切变形的一套海相火山岩—沉积岩系中的一部分。该岩组区域上南与库地—其曼于特—祁漫塔格结合带断层接触,北与泥盆系奇自拉夫组呈断层接触。在研究区内,沿库地—其曼于特结合带北侧展布,总体呈东宽西窄的形态特征。

该套岩组由变质火山岩、碎屑岩和碳酸盐岩组成,研究区叠覆厚度为 5 087.9 m。整套地层经历了低绿片岩相变质,主要变质矿物共生组合有以下 3 种: 钠长石 + 绿泥石 + 绢云母; 钠长石 + 绿泥石 + 绢云母 + 绿帘石; 钠长石 + 绿泥石 + 绿帘石 + 石英。该套地层经受了较强的韧性剪切变形,形成了以各类片岩为主的变质岩,并普遍具有条带、条带状、眼球状构造(图 1)。透入性的片理与原始层理产状总体一致,向南陡倾,倾角  $60^\circ \sim 80^\circ$ ,呈单斜产出,片理面上矿物生长线理发育。依据岩石组合及

收稿日期: 2015-05-14; 修订日期: 2016-03-04。

基金项目: 中国地质调查局“新疆西昆仑 1:5 万 J44E021019 等 5 幅区域地质调查(编号: 1212011220635)”、“阿尔金地区 1:5 万 J45E010020 等 6 幅区域地质矿产调查(编号: 12120114081901)”项目联合资助。

第一作者简介: 陈宁(1985—),男,工程师,主要从事区域地质调查工作。Email: xiaoningzil@163.com。



Q. 石英; Pl. 长石

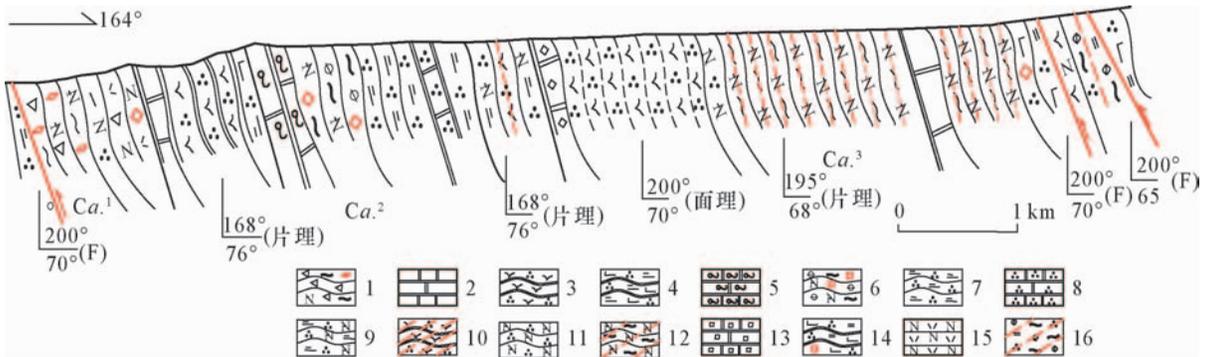
图1 上其汗岩组眼球状构造宏观特征(a)和眼球状构造显微镜下特征(b)

Fig. 1 Outcrops photo (a) and polarizing microscope (b) of augean structure in Shangqihan Formation

变质变形特征,可进一步分为3个岩段,各岩段之间为片理平行接触关系。

本次工作在新疆民丰县叶亦克乡夏玛勒勒克

河一带,实测完成了阿羌岩组地层剖面(图2)。剖面比例尺1:2 000,起点坐标X=14 669 412.00, Y=4 039 587.00, H=3 128.00 m。



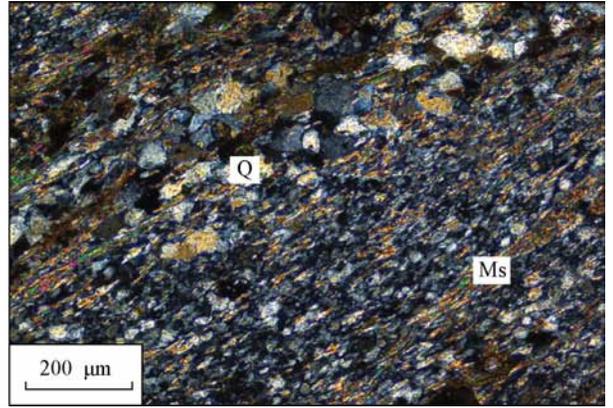
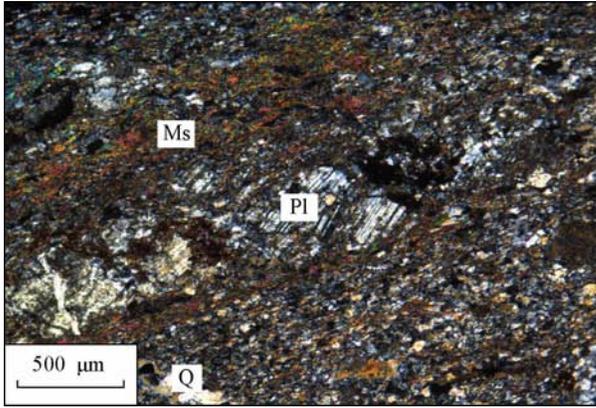
- 1. 碳酸盐化绿片岩质碎裂岩; 2. 大理岩; 3. 变质石英角斑岩; 4. 含金云母条纹钙质显微粒状石英岩; 5. 条带状细粒大理岩;
- 6. 黄铁矿化显微粒状绿帘绿泥钠长片岩; 7. 绢云石英片岩; 8. 石英大理岩; 9. 钠长绢云石英片岩; 10. 千枚状石英角斑岩;
- 11. 石英钠长片岩; 12. 绿片岩质千糜岩; 13. 细晶大理岩; 14. 黄铁矿化钙质白云母石英片岩; 15. 霏细岩; 16. 绿帘绿泥白云母石英质糜棱岩

图2 阿羌岩组(Ca.)PM008 实测剖面图

Fig. 2 PM008 geological section of Aqiangyan Formation

根据本次调查成果,阿羌火山岩主体为一套钙碱性系列基性—中酸性火山岩,具有双峰式的火山岩组合特征,岩石组合为玄武岩、英安岩等。本次工作所采集的测年样品为阿羌岩组下段千枚状碎裂岩化碳酸盐化变质霏细岩(图3),岩石呈灰色,千枚状构造,变余斑状结构,基质为变余霏细结构。主要矿物成分为:斑晶矿物15%~20%(斑晶主要为斜长石,石英个别),变质基质

矿物>65%(长英质>50%,绢云母10%~15%),次生碳酸盐15%~20%和微量黄铁矿组成。斑晶粒径0.5~2mm,基质粒径大小一般小于0.01~0.05mm。经变质作用后,部分基质矿物重结晶,生成较多绢云母,呈显微粒状鳞片状变晶结构,千枚状构造。根据残余结构及变质后矿物组合特征等分析,原岩为酸性熔岩,推断是霏细岩。



Q. 石英; Pl. 长石; Ms. 黑云母

图3 霏细岩显微镜下特征

Fig.3 Polarizing microscopes of felsite

## 2 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年

用于 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年的千枚状碎裂岩化碳酸盐化变质霏细岩采自新疆民丰县南夏玛勒克河一带(图4),坐标为 36°31'16"N、82°52'34"E。

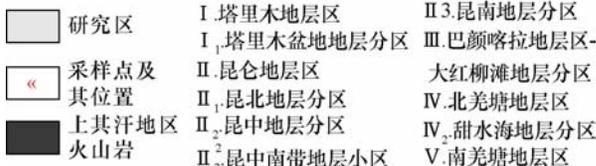
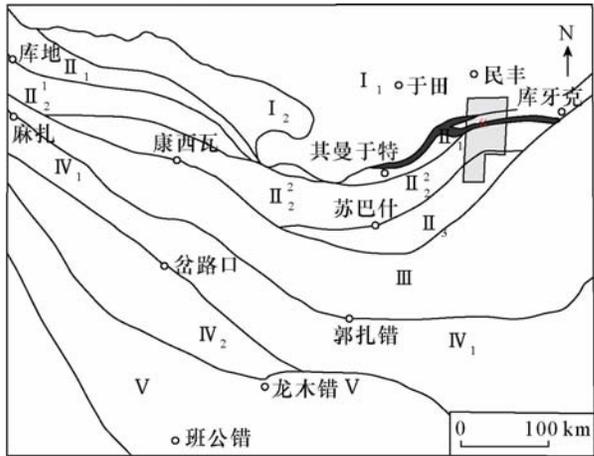


图4 区域地层分区及采样位置图

Fig.4 Sketch map of regional sequence and sample location of West Kunlun

### 2.1 分析方法

采集约 20 kg 岩石样品,按常规方法粉碎,用磁选、电磁选方法分选得到重砂矿物,再淘洗获得锆石精矿,最后在双目镜下挑选出晶形和透明度较好的锆石晶体作为锆石 U-Th-Pb 同位素测定对象。首先将锆石颗粒粘在双面胶上,然后用无色透明的环氧树脂固定,待环氧树脂充分固化后,对其表面进行抛光至锆石内部暴露。锆石反射光、透射光和阴极发光照相均在西北大学大陆动力学国家重点实验室完成。锆石微区原位 U-Th-Pb 同位素年龄分析在西北大学大陆动力学国家重点实验室的 LA-ICP-MS 仪器上用标准测定程序进行。分析仪器为 Agilent 7500a 型四极杆质谱仪和 Geolas 200M 型激光剥蚀系统,激光器为 193 nm ArF 准分子激光器。激光剥蚀斑束直径为 30 μm,激光剥蚀样品的深度为 20~40 μm。锆石年龄计算采用标准锆石 91500 作为外标,元素含量采用美国国家标准物质局人工合成硅酸盐玻璃 NISTSRM 610 作为外标,<sup>29</sup>Si 作为内标元素进行校正。样品同位素比值和元素含量数据处理采用 GLITTER(ver 4.0, Macquarie University) 程序,未对测试数据进行普通铅校正,年龄计算及谐和图绘制采用 ISOPLOT(3.23 版) 软件完成<sup>[4-5]</sup>。

### 2.2 锆石特征

样品中锆石呈较自形的长—短柱状,晶体长150~300 μm,宽60~110 μm,柱状长宽比在2:1~4.5:1,CL图像(图5)显示,所有锆石均发育对称的生长震荡环带结构,Th/U平均为0.38,且大部分大于0.4(下页,表1),显示岩浆锆石的特征<sup>[6]</sup>。

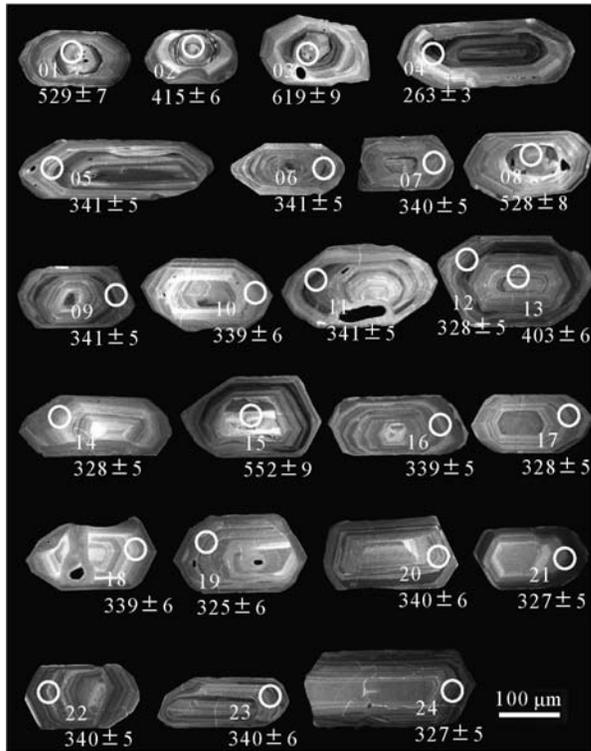


图5 变质霏细岩锆石阴极发光图像及<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U年龄(Ma)

Fig.5 Zircon CL images and <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U ages of the metamorphic felsite in West Kunlun(Ma)

### 2.3 锆石 U-Pb 年龄

样品分析了24个测点(下页,表1),其中3、4号测点可能因位于锆石裂隙处,在谐和年龄图中明显偏离谐和线,故<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U年龄加权平均值计算时予以剔除。其余22个测点的<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U和<sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U投点均落在谐和线或其附近(图6),说明锆石封闭体系保存完好,<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U介于444~901 Ma,1、8、15号测点位置位于锆石核部,<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U年龄介于528.3~552.3 Ma,可能代表继承锆石的年龄;2、13号测点位置位于锆石核部及环带的过渡区域,获得的<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U年龄分别为402.7 Ma和415.3 Ma,可能为混合年龄,无实际意义;剩下的

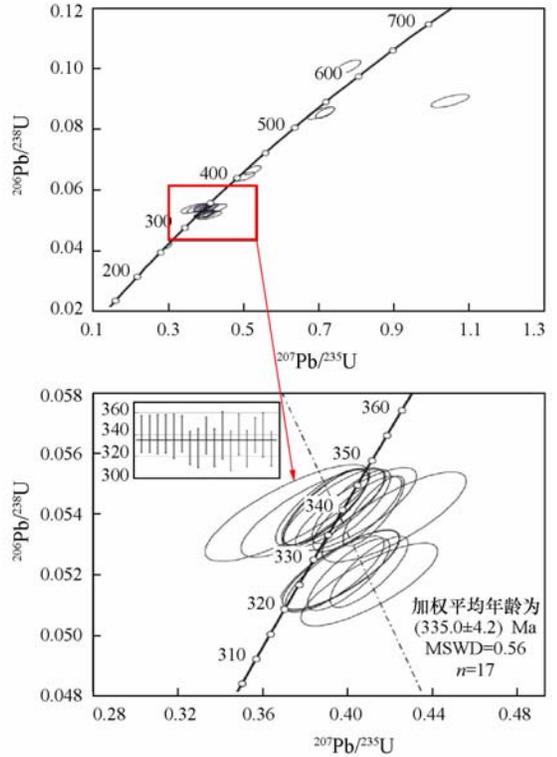


图6 上其汗地区火山岩中锆石U-Pb谐和图和<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U年龄图

Fig.6 Concordia diagram and weighted average age of LA-ICP-MS zircon U-Pb dating in the Shangqihan volcanic rocks in West Kunlun

17个测点位置均位于锆石环带上,<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U年龄介于327~340.7 Ma,<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U年龄的加权平均值为(335 ± 4.2) Ma,可代表火山岩形成年龄,时代为石炭纪。

## 3 讨论

### 3.1 时代探讨

对上其汗岩组,前人研究程度整体偏低,由于未发现化石,地层时代争议也较大。原地质部十三大队在1957年把该套地层划分为下古生界;原和田地质队在1959年依据区域地层对比,认为属志留系,但在1964年1:100万编图时,将其划分为寒武—奥陶系;新疆第一区调队1971年在进行1:20万区域地质测量与普查时,厘定为志留系;20世纪80年代后一直把其作为早寒武世地层处理,归为塔昔达坂群。新疆地矿局第十地质大队1994年在进行1:50万区划时,根据其变质程度低于蓟县系以

表 1 上其汗地区火山岩中锆石的 LA - ICP - MS U - Pb 同位素分析结果  
 Tab. 1 The isotopic analysis result of LA - ICP - MS zircon U - Pb in the Shangqihan volcanic rocks in West Kunlun

点号	元素含量/ $10^{-6}$			同位素比值												年龄/Ma				
	Pb*	Th	U	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$1\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$1\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$1\sigma$	
1	48.00	99.66	487.22	0.20	0.067073	0.00217	0.71653	0.01690	0.08555	0.00121	0.03272	0.00070	630	75	549	10	529	7	651	14
2	25.76	43.17	362.33	0.12	0.05704	0.00228	0.52345	0.01534	0.06655	0.00098	0.02775	0.00084	492	86	428	10	415	6	553	17
3	34.29	160.56	274.24	0.59	0.05605	0.00222	0.77849	0.02245	0.10071	0.00149	0.03117	0.00059	454	85	585	13	619	9	620	12
4	152.97	3786.49	2762.14	1.37	0.05228	0.00170	0.30027	0.00543	0.04165	0.00056	0.00749	0.00010	298	72	267	4	263	3	151	2
5	23.93	168.86	365.28	0.46	0.05212	0.00227	0.38991	0.01319	0.05425	0.00082	0.01695	0.00038	291	97	334	10	341	5	340	8
6	21.47	38.31	363.51	0.11	0.05206	0.00230	0.38946	0.01343	0.05425	0.00082	0.01763	0.00079	288	98	334	10	341	5	353	16
7	16.46	55.73	272.72	0.20	0.05264	0.00257	0.39340	0.01574	0.05420	0.00086	0.01605	0.00062	313	107	337	11	340	5	322	12
8	20.91	72.32	195.75	0.37	0.05989	0.00267	0.70528	0.02463	0.08541	0.00135	0.03006	0.00078	600	94	542	15	528	8	599	15
9	19.33	63.79	320.04	0.20	0.05188	0.00241	0.38805	0.01444	0.05425	0.00084	0.01659	0.00057	280	103	333	11	341	5	333	11
10	9.63	63.38	147.99	0.43	0.05675	0.00343	0.42195	0.02239	0.05393	0.00098	0.01732	0.00061	481	129	357	16	339	6	347	12
11	25.91	115.63	412.39	0.28	0.05369	0.00221	0.40176	0.01222	0.05427	0.00080	0.01624	0.00041	358	90	343	9	341	5	326	8
12	28.15	46.82	486.69	0.10	0.05707	0.00232	0.41020	0.01215	0.05213	0.00077	0.02267	0.00078	494	88	349	9	328	5	453	15
13	18.59	105.54	235.46	0.45	0.05649	0.00265	0.50202	0.01878	0.06446	0.00101	0.02026	0.00050	471	101	413	13	403	6	405	10
14	11.31	71.94	182.84	0.39	0.05509	0.00305	0.39624	0.01869	0.05217	0.00088	0.01589	0.00052	416	119	339	14	328	5	319	10
15	18.52	60.32	156.60	0.39	0.08512	0.00362	1.04982	0.03337	0.08946	0.00144	0.04794	0.00112	1318	80	729	17	552	9	947	22
16	24.81	61.56	422.55	0.15	0.05431	0.00241	0.40460	0.01377	0.05403	0.00082	0.01707	0.00065	384	96	345	10	339	5	342	13
17	13.06	79.30	209.86	0.38	0.05515	0.00298	0.39684	0.01815	0.05219	0.00086	0.01733	0.00053	418	116	339	13	328	5	347	10
18	8.54	63.43	133.92	0.47	0.04987	0.00375	0.37167	0.02559	0.05406	0.00105	0.01628	0.00065	189	166	321	19	339	6	326	13
19	10.24	93.84	158.31	0.59	0.05753	0.00343	0.41025	0.02125	0.05171	0.00090	0.01556	0.00045	512	126	349	15	325	6	312	9
20	13.18	87.64	202.96	0.43	0.05406	0.00297	0.40398	0.01885	0.05419	0.00090	0.01708	0.00051	374	119	345	14	340	6	342	10
21	16.12	78.50	272.38	0.29	0.05488	0.00267	0.39392	0.01538	0.05205	0.00083	0.01586	0.00051	407	105	337	11	327	5	318	10
22	76.29	222.70	1300.06	0.17	0.05523	0.00202	0.41226	0.00947	0.05413	0.00076	0.01639	0.00037	421	79	351	7	340	5	329	7
23	11.08	88.28	171.23	0.52	0.05147	0.00338	0.38389	0.02245	0.05408	0.00097	0.01597	0.00054	262	144	330	16	340	6	320	11
24	28.59	197.77	459.67	0.43	0.05581	0.00239	0.40060	0.01275	0.05204	0.00078	0.01613	0.00036	445	92	342	9	327	5	324	7

注: Pb\* 代表放射性成因 Pb。

及火山岩特征与东部泥盆系相似,定为志留系一中泥盆统。贾群子等<sup>[7]</sup>在研究西昆仑块状硫化物矿床成矿条件和成矿预测时,对上其汗(区内其干萨依、下马里克一带)火山岩进行了岩石 Rb - Sr 及矿石 Pb 同位素年代学研究,根据石英角斑岩 Rb - Sr 同位素测定,获得等时年龄为  $(353.66 \pm 16.82)$  Ma, 认为其年龄代表变质年龄,再根据 Pb 同位素进行的 R - F - C 和 R - S - F 法计算获得一组年龄数据,集中在  $462.74 \sim 480.45$  Ma 之间,因此把上其汗一带的火山岩时代定为早奥陶世。综合前人研究成果,上其汗岩组形成于奥陶纪已被越来越多的学者所认可。

而本文对夏玛勒勒克河一带出露的上其汗岩组中的火山岩进行了 LA - ICP - MS 锆石 U - Pb 同位素定年,锆石发育对称的生长震荡环带结构且 Th/U 多数大于 0.4,显示岩浆锆石的特点。获得年龄数据较为集中,且谐和程度高,年龄结果可信度高。测得火山岩的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  加权平均年龄数据为  $(335 \pm 4.2)$  Ma, 属于早石炭世。因此应将该套火山岩从上其汗岩组中解体出来。

在区域上也有大量石炭纪火山岩出露,其中以阿羌火山岩为主。阿羌岩组为陕西省地质调查院在 1:25 万于田幅区域地质调查时建立的非正式组级岩石地层单位,定义为“出露于昆北地块北部的一套火山沉积建造,下部主要为玄武岩和英安岩组成的双峰火山岩,上部以玄武岩、安山岩为主,夹灰岩、板岩等,和下伏、上覆地层均为断层接触”<sup>[8]</sup>。陕西省地质调查院在上岩组的灰岩夹层中采集了大量的腹足类化石,经西北大学地质系尹凤娟、郭宏祥鉴定有 *Meekospira troda* Qiao C2 尖杆米啞螺; *Meekospira acuminata* (Gold fuss) C2 尖锐米氏螺 *Taosia Xingiangensis* Qiao、C2 新疆陶氏螺 *Kelamai lispi ra* sp. C 克拉麦里螺(未定种); *Murchisonia* sp. O - T 莫氏螺(未定种)。将上岩组地层时代定为晚石炭世,而下岩组的时代可能为早石炭世<sup>[9]</sup>。本文所研究的火山岩,年龄为  $(335 \pm 4.2)$  Ma, 不仅与阿羌火山岩组时代一致,还与阿羌火山岩组同处于库地—其曼于特—祁漫塔格结合带北侧边缘的裂谷带内,因而可与阿羌火山岩对比。

### 3.2 构造地质背景探讨

关于上其汗岩组,前人将其时代定为早古生代,为岛弧成因。早古生代,在昆仑山北部分布着一系列大小不等的钙碱性岩浆岩岩体,大多数岩体的年龄在  $440 \sim 480$  Ma, 这些岩体的主量元素及微量元素分布特征表明,它们形成于活动大陆边缘或者碰撞后构造环境<sup>[10]</sup>。其曼于特蛇绿岩带有比较齐全的与之配套的建造和大量晚寒武世—志留纪俯冲、碰撞、碰撞期后花岗岩,在西昆仑北坡存在早古生代碰撞造山作用<sup>[11]</sup>。在蒙古包—普守一带存在一个早古生代小洋盆,其基性—超基性岩石地球化学特征总体反映出洋岛玄武岩特征<sup>[12]</sup>。在康西瓦北侧蒙古包一带发现大量的早古生代花岗岩,根据岩石类型、岩石组合和产出的构造位置,该花岗岩类具有碰撞型花岗岩的特征<sup>[13-14]</sup>。柳什塔格峰南晚奥陶世二长花岗岩岩体,为造山晚期同碰撞构造环境的 I 型高钾钙碱性花岗岩,与新元古代—早古生代大洋俯冲有关<sup>[15]</sup>。这些早古生代花岗岩的资料表明,西昆仑在早古生代处于古昆仑洋盆俯冲、消减、汇聚的演化过程<sup>[16]</sup>。根据山西省地质调查院 1:25 万叶亦克幅区域地质调查时根据岩石组合及地球化学特征,判断其为岛弧成因,与区域背景资料一致。

然而,本次获得夏玛勒勒克河附近火山岩年龄数据为  $(335 \pm 4.2)$  Ma, 时代定为石炭纪。从区域上看,根据石炭纪地层、岩相学特征、构造古地理特征,指出昆仑造山带石炭纪总体处于伸展裂陷的大地构造背景,昆北为裂谷环境,大部分区域为滨浅海相沉积,局部为半深海及火山盆地相沉积<sup>[1]</sup>。早古生代末期的造山作用使东西昆仑、塔里木乃至阿尔金联为一体,进入陆内演化阶段,在晚泥盆世裂解开始,石炭纪昆仑地区的裂解已经达到一定规模,初步形成了壁垒相间的格局<sup>[2]</sup>。

该火山岩在形成时代和构造环境上与前人所研究的早古生代上其汗岩组差异很大,本次工作将其划入阿羌火山岩。西昆仑地区阿羌火山岩组位于西昆仑造山带东段,属于北昆仑地体的重要组成部分<sup>[17]</sup>,主体分布在于田县南部的普鲁—阿羌一带,为一套火山沉积岩建造,与下伏、

上覆地层均为断层接触。阿羌火山岩形成环境一直存在争议,边小卫等<sup>[9]</sup>认为阿羌火山岩组与区域上的博斯坦铁克里克和盖孜村北西带出露的一套石炭系火山岩—碎屑岩建造和库尔良附近的一套火山沉积建造(库尔良群上亚群)是可以对比的,为弧后扩张盆地<sup>[18]</sup>或岛弧环境扩张的弧后盆地成因<sup>[9,19-20]</sup>;郭坤一等<sup>[21-22]</sup>根据岩石地层学和岩石地球化学资料分析认为这套火山岩为中新元古代洋内弧环境洋内弧成因;李荣社等<sup>[2]</sup>根据西昆仑北坡沉积盆地分析认为阿羌火山岩组具有大陆裂谷火山—沉积建造特征。陕西省地质调查院根据1:25万于田县幅区调时获得的岩石地球化学资料,则认为阿羌火山岩形成于大陆裂谷环境,晚期转换为火山弧(弧后盆地)环境。根据本次地质调查成果,结合前人研究资料认为,阿羌火山岩可能形成于大陆裂谷环境。

## 4 结论

(1)对西昆仑民丰县南库地—其曼于特—祁漫塔格结合带北侧上其汗火山岩进行了 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄测定结果显示其形成时代为(335 ± 4.2) Ma,属石炭纪。

(2)根据火山岩出露位置、岩石组合特征及时代对比将其划为阿羌岩组。

(3)本次调查的岩石组合特征显示,该套火山岩具有双峰式的火山岩组合特征。再结合前人研究资料,认为该套岩石组合解体出来的火山岩可能形成于大陆裂谷环境。

## 参考文献:

- [1] 吴世敏,马瑞士,卢华复,等. 西昆仑早古生代构造演化及其对塔西南盆地的影响[J]. 南京大学学报,1996,32(4): 650-657.
- [2] 李荣社,计文化,杨永成,等. 昆仑山及邻区地质图[M]. 北京:地质出版社,2008:385-387.
- [3] 山西地质调查院. 1:25万叶亦克幅区域地质调查报告[R]. 2004.
- [4] Ludwig K R. A plotting and regression program for radiogenic -

isotopedata[R]. US Geological Survey Open File Report,1991: 91-445.

- [5] 袁洪林,吴福元,高山,等. 东北地区新生代侵入体的锆石激光探针 U-Pb 年龄测定与稀土元素成分分析[J]. 科学通报,2003,48(14):1511-1520.
- [6] 吴元保,郑永飞. 锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约[J]. 科学通报,2004,49(16):1589-1604.
- [7] 贾群子,李文明,于浦生. 西昆仑块状硫化物矿床条件和成矿预测[M]. 北京:地质出版社,1999:30-35.
- [8] 陕西省地质调查院. 1:25万于田幅区域地质调查报告[R]. 2004.
- [9] 边小卫,李博秦,张俊良,等. 新疆于田普鲁—阿羌石炭纪裂谷地质特征及成矿意义[J]. 陕西地质,2002,20(2):1-8.
- [10] 许荣华,张玉泉,谢应雯,等. 西昆仑山北部早古生代构造—岩浆带的发现[J]. 地质科学,1994,29(4):313-328.
- [11] 韩芳林,崔建堂,计文化,等. 西昆仑其曼于特蛇绿混杂岩的发现及其地质意义[J]. 地质通报,2002,21(8/9):573-578.
- [12] 王炬川,崔建堂,罗乾周,等. 西昆仑康西瓦北西侧蒙古包—普守原特提斯洋一支小洋盆的发现及构造意义[J]. 陕西地质,2006,24(2):41-49.
- [13] 王炬川,崔建堂,罗乾周,等. 西昆仑康西瓦西部早古生代侵入岩的岩浆混合作用[J]. 地质通报,2006,25(12):1458-1468.
- [14] 崔建堂,王炬川,边小卫,等. 西昆仑康西瓦北西侧蒙古包—普守一带早古生代花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年[J]. 地质通报,2007,26(6):710-719.
- [15] 冯江鹏,曹福根,宋倩倩. 西昆仑柳什塔格南二长花岗岩 SHRIMP 定年、地球化学特征及其地质意义[J]. 西北地质,2014,47(4):163-169.
- [16] 郑玉壮,杨维文,王腾. 新疆西昆仑早古生代侵入岩地球化学特征及地质意义[J]. 西北地质,2013,46(4):57-65.
- [17] 潘裕生,文世宣,孙东立,等. 喀喇昆仑山—昆仑山地区地质演化[M]. 北京:科学出版社,2000:525.
- [18] 邓万明. 喀喇昆仑—西昆仑地区基性—超基性岩初步考察[J]. 自然资源学报,1989,4(3):204-211.
- [19] 丁道桂,王道轩,刘伟新,等. 西昆仑造山带与盆地[M]. 北京:地质出版社,1996:125-143.
- [20] 赵宇,张传林,郭坤一,等. 西昆仑山东段石炭纪火山岩岩石地球化学特征及其形成的构造背景[J]. 火山地质与矿产,2001,22(3):186-192.
- [21] 郭坤一,张传林,赵宇,等. 西昆仑造山带东段中新元古代洋内弧火山岩地球化学特征[J]. 中国地质,2002,29(2):161-166.
- [22] 郭坤一,张传林,王家鑫,等. 西昆仑东段北缘花岗岩微量元素及同位素地球化学[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2002,32(2):116-121.

## Age and tectonic significance of LA – ICP – MS Zircon U – Pb of the Shangqihan volcanic rocks in West Kunlun

CHEN Ning, WANG Juchuan, YANG Tao, WU Tong, FENG Weihua,  
LI Qi, HE Zhengfeng, ZENG Zhongcheng  
(*Shaanxi Center of Geological Survey, Xi'an 710068, China*)

**Abstract:** The formation age of the Shangqihan volcanic rocks in West Kunlun has been under controversy for long time. LA – ICP – MS zircon U – Pb dating was used in this article to test the formation age of volcanic rocks. According to cathodeluminescence images of zircons, it have symmetrical oscillatory growth zonal structure. And most of the Th/U is over 0.4, referring to the characteristic of magmatic zircon. The results show zircons yield excellent concordant results with a weighted mean  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  age of  $335 \pm 4.2$  Ma. Therefore, the formation age of the Shangqihan volcanic rocks belongs to Carboniferous period. Furthermore, the Shangqihan volcanic rocks are divided into Aqiangyan Formation. Combining with regional geologic background, we can reasonably conclude that the tectonic setting of the Shangqihan volcanic rocks are referred to rift environment.

**Key words:** West Kunlun; the Shangqihan volcanic rocks; LA – ICP – MS zircon U – Pb dating; tectonic significance

(责任编辑: 常艳)