# 滇西三江造山带中段马登盆地两个富碱火山岩的 锆石 U-Pb 定年及地质意义

韩 雪<sup>1,2,3</sup>,杨天南<sup>1,2</sup>,信 迪<sup>2</sup>,梁明娟<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质大学(北京),北京 100083;2. 中国地质科学院地质研究所,北京 100037;3. 贵州省地质调查院,贵州 贵阳 550081)

[摘 要]运用 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素定年的方法测定了滇西三江造山带中段马登盆 地内的 2 件富碱火山岩的年龄。结果表明马登盆地内粗安质火山岩形成年龄约在 35Ma。富碱 火山岩的形成时间与滇西三江造山带南段中东带内的新生代富碱斑岩岩浆作用高峰期一致,同 样属于青藏高原后碰撞岩浆作用的时间范围内,这些富碱岩浆岩的岩浆活动是对印度-欧亚大 陆巨大碰撞的一种响应。

[关键词]富碱火山岩;马登盆地;LA -ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素定年;岩浆作用 [中图分类号]P588.15;P597<sup>+</sup>.3 [文献标识码]A [文章编号]1000-5943(2019)-01-0069-08

## 1 引言

前人对三江造山带新生代岩浆岩,特别是富 碱小型侵入体(多为富碱斑岩)开展了大量的研 究,获取了丰富的年龄及地球化学数据。对三江 造山带(特别是南段)新生代岩浆岩进行年龄统 计后发现,新生代岩浆岩大致可分为两个带,分别 位于兰坪-思茅盆地两侧(韩雪,2017):(1)东带 沿雪龙山-点苍山-哀牢山一线分布,主要由中-酸性富碱斑岩、花岗岩组成,形成时代在35 Ma左 右,另外有少量约26 Ma的浅色花岗岩(刘红英 等,2003;Liang 等,2007;夏斌等,2007;肖晓牛等, 2009:李勇等,2011:Cao 等,2011)。(2)西带发育 于崇山-碧罗雪山剪切带,以浅色花岗岩及长英 质岩脉为主,形成时代在 60~17 Ma 之间(Wang 等,2003; Zhang 等,2010; 黄静宁等,2011; Dong 等,2013;董美玲等,2013;史鹏亮,2015;巫嘉德 等,2015)。前人(兰坪幅 1/20 万地质图)在位于 点苍山-雪龙山沿线的马登盆地内发现了火山

岩,认为火山岩形成于晚第三纪,但缺乏详细的测 年数据。最近,我们用原位激光剥蚀方法对这些 火山岩开展锆石 U-Pb 测年,发现火山岩形成于 约35Ma,与三江造山带南段东带内富碱斑岩形成 的峰期一致。本文报道两件火山岩锆石测年结 果,并探讨其大地构造意义。

## 2 区域地质背景及富碱火山岩 的岩石学特征

马登盆地位于兰坪盆地东缘。兰坪-思茅地 块大体呈北北西-南南东向延伸,东西两侧分别 以哀牢山缝合带和崇山-碧罗雪山剪切带为界。 兰坪盆地位于该地块的北端。马登新生代火山岩 盆地发育于兰坪盆地东缘,为一近南北走向的小 型盆地,长约5 km,宽约1 km(图1)。位于无量 山西麓、兰坪盆地与无量山过渡部位。近期填图 结果显示,马登火山岩盆地西侧被一逆断层破坏, 该断层使得印支期火山-沉积岩逆冲到中-新生 代兰坪盆地填充物之上。马登火山岩盆地东界不

<sup>[</sup>收稿日期]2018-09-03 [修回日期]2018-12-07

<sup>[</sup>基金项目]国家 973 项目《西南特提斯典型复合成矿系统及其深部驱动机制》课题一《特提斯构造-岩浆演化及深部动力学过程》(课题编号:2015CB452601)和中国地质调查局地质调查项目(项目编号:12120114064341)联合资助。

<sup>[</sup>作者简介]韩雪(1991—),女,助理工程师,工程硕士,从事区域地质调查工作。

<sup>[</sup>通讯作者]杨天南(1966—),男,研究员,从事造山带变质、变形研究。





Fig.1 Simplified geological map of the Lanping Basin 1—新近纪-第四纪沉积物;2—古新世-始新世砂岩;3—中三叠世页岩、砂岩及灰岩(大理岩);4—城镇;5—白垩纪砂岩; 6—上三叠世灰岩夹砂岩;7—晚二叠世-中三叠世火山岩;8—研究区;9—渐新世火山岩;10—早-中三叠世侵入岩; 11—变质岩;12—断层

平直,表现为新生代火山-沉积岩不整合覆盖在 印支期火山-沉积岩之上,后局部被压性断层改 造(韩雪,2017)。

本次所采集的样品岩性为粗安质火山岩。样 品在手标本上呈块状构造,镜下显示斑状结构。 样品由斑晶及基质两部分组成。斑晶构成可见辉 石、角闪石、黑云母、钾长石,各样品中含量各不相 同,其中以钾长石斑晶及角闪石斑晶为主。钾长 石斑晶为短柱状-宽板状半自形晶,偶见发育卡 式双晶,细粒结构;角闪石斑晶为半自形-它形, 绿色-浅绿色,多色性明显;黑云母斑晶多为自形 板条状,含量较少;辉石斑晶为自形-半自形,见 近正交的两组解理,偶见正八边形切面。黑云母 及辉石具有反应边,斑晶多见熔蚀现象,钾长石泥 化严重。基质部分泥化现象严重,未能识别其成分(图 2)。

### 3 样品处理及分析测试方法

锆石的分离和挑选由河北省廊坊市地岩矿物 分选有限公司完成。测试工作在中国科学技术大 学(合肥)激光剥蚀电感耦合等离子体质谱实验 室进行。

锆石通过常规粉碎、重、磁选方法从样品中分 离,然后使用双目镜进行人工挑纯。之后将其固 定、粗磨、细磨、抛光,便进行锆石反射光、透射光 照相,并采集阴极发光(CL)图像,通过观察锆石 颗粒形态和内部结构,选定合适位置进行 U-Pb



图 2 粗安质火山岩显微照片(正交偏光) Fig. 2 Photographs showing microtexture of trachyandesite

同位素测定。锆石阴极发光(CL)图像采集在北 京离子探针中心使用与 HITHCH S-3000N 型扫 描电镜相连接的 GEOL Gatan Chroma 阴极发光仪 完成。

锆石定年分析所用仪器为具有 193 nm 波长 ArF 准分子激光剥蚀系统(型号:GeoLas Pro)的四 极杆等离子质谱仪(型号: PerkinElmer Elan DRCII)。剥蚀物质的载气为高纯氦气(99.999%), 激发频率为10 Hz,激光束能量为10 J/cm<sup>2</sup>,激光 剥蚀所用束斑直径根据锆石颗粒大小决定,大多 为 32 µm。 锆石 U-Pb 同位素组成分析用 91500 国际标准锆石作为外标来进行线性漂移校正。详 细测试分析过程参见文献(Yuan 等,2008)。原 始数据处理通过 Excel 制表软件中加载宏程序 Ladating@ Zrn 完成, 普通 Pb 校正使用 Anderson (2002)推荐的方法 ComPb corr#3-18 来完成。加 权平均年龄计算与谐和图的绘制运用 Ludwig (2003)编制的 Isoplot/Ex\_ver4.15 软件完成。样 品分析过程中,91500标样作为未知样品的分析 结果对应的年龄推荐值(1064 Ma)(Yuan 等, 2004,2008)在误差范围内一致。

#### 4 分析结果

本文对 2 件粗安质火山岩进行了锆石 U-Pb 定年,锆石阴极发光(CL)图像和年龄和谐图见图 3,分析数据见表 1-2。

样品 D1071-2 为粗安质熔岩角砾。锆石多为 无色透明,自形-半自形柱状,部分次浑圆状、不规 则状,颗粒较小(60~140 um,)一般在100 um左 右,长宽比在1-2之间。锆石测试数据见表1。单 个数据点的误差为 18。选择其中 30 颗进行分析, 其中 11 颗锆石信号不好,稳定信号范围不足以用 以计算。其余锆石 U 含量范围为 80.27×10<sup>-6</sup>~ 367.00×10<sup>-6</sup>,Th/U 值为 0.35-1.01,暗示其为岩 浆成因的锆石。其中一颗锆石给出了较老的 206 Pb/238 U 年龄:838±17 Ma,其 CL 图像显示 它具有密集环带,灰白色。其余 18 个测点年龄值 介于 33±2 Ma-48±2 Ma 之间,其中 CL 图像显示 灰-暗灰色,长柱状,无磨圆或次磨圆。其中 3、6、 12、18、25、29 号测点年龄和谐度偏低。而只有 12 个锆石在谐和图上分布于谐和线上或附近,集中 于一个较小的区域,其 206 Pb/238 U 加权平均年 龄为 34.71±0.95 Ma(MSWD=0.69)。

样品 D1073-6 为粗面质熔岩。锆石多为无 色透明,自形-半自形柱状,部分次浑圆状、不规 则状,颗粒较小(60~140 um),一般在 100 um 左 右,长宽比在1~2.5之间。锆石测试数据见表 2。单个数据点的误差为 18。选择其中 30 颗进 行分析,其中8颗锆石信号不好,稳定信号范围不 足以用以计算,其余锆石 U 含量范围为 13.92× 10<sup>-6</sup>-558.30×10<sup>-6</sup>, Th/U值为0.38-0.98。其中 4颗锆石给出了较老的 206 Pb/238 U 年龄:220± 6 Ma-2505±50 Ma,其CL图像显示它们几乎不具 有环带,灰白色-灰色。其余18个测点年龄值介 于 31±3 Ma-40±2 Ma 之间,其中 CL 图像显示灰 -灰白色,长柱状,无磨圆或次磨圆,部分具有熔蚀 结构,并可见其环带。其中1、5、8、11、14、17、20、 22、24、25、28、29 号测点年龄和谐度偏低。而只有 6个锆石在谐和图上分布于谐和线上或附近,集中 于一个较小的区域,其206 Pb/238 U 加权平均年 龄为 34.70 Ma±1.30 Ma(MSWD=0.33)。

	μ
据	č
銰	_ 2
< ⊵	6
귀의	$\geq$
<del>Щ</del>	2
ð	Ę
4	Ŧ
⇒	6
1	-
Η̈́	Ġ
锆	- 5
S	0
ž	Ì
Т	5
Ū.	č
0	Ξ
∢	
ב	4
LΠ	- 5
11	- 5
省	۰
4	3
<u>_</u>	-
5	ŧ
Ξ	· - C
Δ	5
	ī
***	Ξ
*	Ę
114	2
Ξ	- 5
₹	J
书	ž
	Ĩ
名	ę
洳	Ξ
Ц	1
	È

D1071-2 analyzed from lae ţ date -Ph 1 Table 1 I.A-ICP-MS 2 表 1

		Table 1	LA-ICP-MS	Szircon U–I	<sup>3</sup> b date for s	amples D10	71–2 analyz	ted from Mac	leng Basin	_				
测点号	Th U Pb		<sup>207</sup> Pb/	⁄ <sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb.	∕ <sup>235</sup> U	<sup>206</sup> Pb	∕ <sup>238</sup> U	<sup>207</sup> Pb/	<sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>3</sup>	<sup>235</sup> U	$^{206}\mathrm{Pb}/^{2}$	<sup>38</sup> U
样品			比值	lσ	比值	lσ	比值	lσ	年龄	1σ	年龄	lσ	年龄	$1\sigma$
D1071-2														
D1071-2-2	229.03 275.2 1.94	0.83	0. 08708	0.01583	0.06140	0.01165	0.00511	0.00028	1362	432	61	11	33	7
D1071-2-3	194.78 279.6 5.48	8 0.70	0. 23155	0.02110	0. 23858	0. 02418	0.00747	0. 00033	3063	152	217	20	48	5
D1071-2-5	86. 52 170. 7 1. 10	0.51	0. 07687	0.02335	0.05814	0.01791	0.00549	0.00028	1118	769	57	17	35	2
D1071-2-6	84.20 140.1 1.30	0.60	0. 16637	0.03120	0. 13876	0. 02715	0.00605	0.00034	2522	392	132	24	39	2
D1071-2-7	123.09 187.2 1.34	0. 66	0. 06998	0.01385	0.05450	0.01122	0.00565	0.00032	928	480	54	11	36	2
D1071-2-8	144.47 185.8 1.24	0. 78	0.07506	0.01964	0. 05573	0.01524	0.00538	0.00043	1070	642	55	15	35	3
D1071-2-11	255. 28 287. 5 2. 30	0.89	0. 07917	0.01483	0.06027	0.01157	0.00552	0.00023	1176	496	59	11	35	1
D1071-2-12	194.58 276.5 2.67	0.70	0.07139	0.00871	0.05808	0.00750	0.00590	0.00025	696	284	57	Г	38	2
D1071-2-13	155.16 203.3 1.48	0.76	0. 04238	0.00816	0.03210	0.00639	0.00549	0.00028	-156	285	32	9	35	2
D1071-2-14	94. 16 341. 9 54. 7	1 0.28	0.06513	0.00309	1. 24612	0.06495	0.13877	0.00297	778	119	822	29	838	17
D1071-2-18	371.69 367.0 3.40	1.01	0. 07962	0.01008	0.06843	0. 00902	0.00623	0. 00023	1187	261	67	6	40	1
D1071-2-19	144.33 240.8 1.65	0.60	0.06788	0.01292	0.05286	0.01038	0.00565	0.00027	865	436	52	10	36	2
D1071-2-21	108. 19 168. 5 1. 17	0.64	0. 08672	0.02850	0.06519	0.02170	0.00545	0.00029	1354	840	64	21	35	2
D1071-2-23	57.88 120.8 0.84	0.48	0. 09985	0.02302	0.07727	0.01866	0.00561	0.00040	1621	524	76	18	36	ю
D1071-2-24	244.38 303.6 2.51	0.81	0. 12548	0.01784	0.09854	0.01471	0.00570	0.00026	2036	365	95	14	36	2
D1071-2-25	140.95194.351.56	0.73	0. 03823	0.00963	0. 03182	0.00824	0.00604	0.00036	-395	435	32	8	39	2
D1071-2-26	134.56 176.8 1.27	0.76	0. 03650	0.01016	0.02741	0. 00783	0.00545	0. 00035	-14	482	27	8	35	5
D1071-2-27	189.60 255.8 1.82	0.74	0. 06854	0.01118	0. 04848	0.00820	0.00513	0. 00023	885	378	48	8	33	1
D1071-2-29	116.85 186.0 1.31	0.63	0. 08073	0.01740	0.06421	0.01420	0.00577	0.00029	1215	462	63	14	37	2
测试单位:中国	科学技术大学(合肥)													

			Table 2	LA-ICP-MS	zircon U-I	<sup>2</sup> b date for s	amples D10	173–6 analy <i>i</i>	ed from Mac	leng Basin	_				
测点号	Th U	Pb		<sup>207</sup> Pb/	<sup>,206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/	/ <sup>235</sup> U	<sup>206</sup> Pb,	/ <sup>238</sup> U	<sup>207</sup> Pb/-	<sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/-	<sup>235</sup> U	<sup>206</sup> Pb/	<sup>238</sup> U
样品			IIV O	比值	lσ	比值	lσ	比值	lσ	年龄	$1\sigma$	年龄	1σ	年龄	lσ
D1073-6	粗面质熔岩														
D1073-6-1	130.05 176.7 1.	. 15	0.74	0.02620	0.01137	0.01848	0.00768	0.00512	0.00043	-456	512	19	8	33	3
D1073-6-2	77.59 131.6 0.	. 91	0.59	0.04349	0.01255	0.03322	0.00921	0.00554	$0.\ 00033$	-97	436	33	6	36	2
D1073-6-3	235.63 251.5 1.	. 79	0.94	0.04402	0.00964	0.03248	0.00652	0.00535	0. 00023	-70	327	32	9	34	1
D1073-6-5	200.37 398.1 2.	. 47	0.50	0.06255	0.01100	0.04447	0.00702	0.00516	$0.\ 00020$	693	396	4	L	33	1
D1073-6-8	139.02 175.7 1.	. 27	0.79	0.03179	0.01031	0.02458	0.00711	0.00561	$0.\ 00032$	-207	407	25	٢	36	2
D1073-6-9	123.06 209.2 1.	. 37	0.59	0.04652	0.01162	0.03469	0.0078	0.00541	$0.\ 00028$	25	403	35	8	35	2
D1073-6-11	106.49 164.3 1.	. 18	0.65	0.07534	0.01432	0.05786	0.01165	0.00557	0.00031	1078	398	57	11	36	2
D1073-6-12	112. 69 229. 1 11	1.27	0.49	0.06775	0.00783	0.41293	0.04666	0.04421	0.00170	861	239	351	34	279	11
D1073-6-13	120.51 316.9 12	2.72	0.38	0.05043	0.00428	0.24174	0. 02062	0.03477	0.00090	215	184	220	17	220	9
D1073-6-14	86.74 153.1 0.	. 95	0.57	0. 10456	0.05458	0.07564	0. 02818	0.00525	$0.\ 00033$	1707	1175	74	27	34	2
D1073-6-15	13.92 29.2 1.	. 46	0.48	0.06335	0.01113	0.36227	0.06159	0.04148	$0.\ 00187$	720	373	314	46	262	12
D1073-6-16	188.03 235.9 1.	. 55	0.80	0.05018	0.01539	0.03617	0. 00927	0.00523	$0.\ 00031$	203	496	36	6	34	2
D1073-6-17	178.99 210.2 1.	. 29	0.85	0.08508	0.02693	0.05617	0.0164	0.00479	0.00045	1317	655	55	16	31	3
D1073-6-18	89.79 157.6 1.	60 .	0.57	0.04483	0.01832	0.03472	0.01315	0.00562	0.00044	-28	613	35	13	36	ю
D1073-6-20	56.61 114.3 0.	. 72	0.50	0.06902	0.01895	0.05229	0.01384	0.0055	$0.\ 00037$	668	561	52	13	35	2
D1073-6-22	558.30 570.0 4.	. 82	0.98	0.08613	0.01203	0.06852	0.00912	0.00577	0.00020	1341	271	67	6	37	1
D1073-6-23	266. 63 346. 7 2.	. 55	0.77	0.04354	0.00956	0.03387	0.00673	0.00564	0.00025	-94	314	34	٢	36	2
D1073-6-24	140.13 226.1 1	1.4	0.62	0.02821	0.00839	0.02083	0.00596	0.00536	0.00035	-364	329	21	9	34	2
D1073-6-25	118.55 147.4 1.	. 05	0.80	0. 10884	0.03640	$0.\ 08076$	0.02138	0.00538	0.00034	1780	<i>4</i> 0 <i>2</i>	79	20	35	2
D1073-6-27	29.33 38.5 24	1. 96	0.76	0. 16437	0.01039	10.76456	0.67779	0.47496	0.01145	2501	103	2503	58	2505	50
D1073-6-28	123.85 171.5 1	1.3	0.72	0. 03051	0.01064	0.02605	0. 00783	0.00619	0.00036	-262	407	26	8	40	2
D1073-6-29	139.97 183.1 1.	. 34	0.76	0. 09092	0.01926	0.06818	0.01306	0.00544	0.00028	1445	429	67	12	35	2

测试单位:中国科学技术大学(合肥) D1073-6-29

第1期

表 2 马登盆地火山岩样品 D1073-6 锆石 LA ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄数据

• 73 •





## 5 马登盆地富碱火山岩的形成 时代及成因

大量研究结果表明,青藏高原大规模洋陆俯 冲终止于 55~60 Ma(Cogné 等, 1999; 丁林等, 1999; Wang 等, 2014; Li 等, 2015), 由此开始进入 陆陆碰撞造山阶段。但是,岩浆活动没有随着俯 冲的结束而停止,大量中、晚新生代岩浆岩发育于 青藏高原及邻区的广大地区(刘红英等,2003;梁 华英等,2004;万哨凯等,2005;夏斌等,2007; Liang 等,2007;黄波等,2009:李勇等,2011a;陈向 阳等,2013;郝金华等,2013;贾丽琼等,2013;史鹏 亮等,2015)。其中部分源于地壳物质的局部熔 融(如藏南的浅色花岗岩, Searle 等, 1997, 2003; Murphy 等, 1999; 聂凤军等, 2006; Guo 等, 2012; 黄春梅等,2013;);而另一部分高钾质岩石明显 具有幔源特点,如三江地区的富碱斑岩及火山岩 (赵欣等,2004;陈建林等,2008,2010)。前人对 有关滇西三江地区(特别是东带)的富碱小型侵 入体(多为富碱斑岩)开展了大量的研究,获取了 丰富的数据。数据表明富碱斑岩的成岩年龄范围 在 62~23.4 Ma 之间, 略晚于印度-欧亚大陆开 始发生碰撞的时间(65 Ma)。莫宣学等定义青藏 高原后碰撞的岩浆活动时限为45 Ma之后(莫宣 学等,2009),其中综合已发表的数据表明富碱斑 岩的成岩时代的高峰期集中在45~30 Ma之间, 本次研究表明富碱火山岩的形成时代与富碱斑岩 形成时代的高峰期一致,表明两者的岩浆活动作 用同属于对印度—欧亚大陆碰撞作用的响应。

前人认为滇西三江造山带金沙江—哀牢山— 红河断裂带在构造上处于古近纪以来印度—欧亚 大陆碰撞引起的地壳缩短和变形的过渡带(张连生 等,1996),也是扬子板块和羌塘地体之间发育起来 的一个新生代大规模剪切带。大约从 65 Ma 以来, 由于印度板块与欧亚大陆之间的俯冲碰撞,作为对 陆--陆碰撞所产生的持续挤压力的调节,金沙江--哀牢山—红河断裂带由晚白垩世以来的右旋走滑 向新生代左旋剪切走滑转变(Dewey et al., 1989), 并伴随强烈的陆内变形。金沙江—哀牢山—红河 断裂带的左行剪切走滑大致发生在 35~26 Ma(钟 大赉等,2000),与东带中富碱岩浆岩带的岩浆活动 峰期一致(45~30 Ma)基本相当。因此认为,东带 中富碱岩浆岩的起源与成因是在印度—欧亚大陆 碰撞的动力学背景下,由于金沙江--哀牢山--红河 断裂带的运动性质从右旋剪切向左旋剪切走滑变 化时诱发的地幔或上地壳部分熔融有关。结合本 研究区的地质背景,马登火山岩盆地西侧被一逆断 层破坏,该断层使得印支期火山-沉积岩逆冲到中 -新生代兰坪盆地填充物之上。马登火山岩盆地东 界也不平直,表现为新生代火山-沉积岩不整合覆 盖在印支期火山-沉积岩之上,后局部被压性断层 改造。本文暂且认为马登盆地东界的断层因金沙 江—哀牢山—红河断裂带发生左旋剪切走滑引发, 因而诱发地幔或上地壳部分熔融,形成马登盆地内 的富碱火山岩。

### 6 结论

(1) 对马登盆地内富碱火山岩中2件样品进

行 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年,获得约 35 Ma 的 年龄数据。通过与前人所做的同位素定年数据对 比,表明此富碱火山岩的形成时代与滇西三江造 山带南段东带中富碱斑岩的形成的高峰期(45 ~ 30 Ma)一致,属于印度—欧亚大陆后碰撞岩浆活 动的产物。

(2)马登盆地东界的断层因金沙江—哀牢 山—红河断裂带发生左旋剪切走滑引发,因而诱 发地幔或上地壳部分熔融,形成马登盆地内的富 碱火山岩。

**致谢**:本文锆石 U-Pb 测年在中国科学技术 大学(合肥)激光剥蚀电感耦合等离子体质谱实 验室完成;马登地区填图工作由中国地质科学院 地质研究所杨天南老师团队及昆明理工大学薛传 东老师团队进行;文中所有的数据、成果基于国家 973 项目(2015CB452601)及中国地质调查局地 质调查项目(12120114064341)。审稿专家对本 文进行了认真的审查并提出宝贵的修改建议;在 此对参加项目和给与帮助的各位专家、老师和同 门表示衷心的感谢。

#### [参考文献]

- 陈建林,许继峰,康志强,等.2008. 青藏高原南部与北部新生代 高镁钾质岩地球化学对比:南北地幔源区差异[J]. 岩石岩 报,24(2):211-224.
- 陈建林,许继峰,王保弟,等.2010."三江"地区与青藏高原内部 早第三纪高镁钾质岩地球化学对比:地幔源区的差异及其意 义[J]. 岩石学报,26(6):1856-1870.
- 陈向阳,栗亚芝,张雨莲,等.2013. 三江北段日贡玛斜长花岗斑 岩的年代学及地质意义[J]. 西北地质,46(4):49-56.
- 董方浏,侯增谦,高永丰,等.2006. 滇西腾冲新生代花岗岩:成因 类型及构造意义[J]. 岩石学报,22(4):927-937.
- 丁林,张进江,周勇,等.青藏高原岩石圈演化的记录:藏北超钾 质及钠质火山岩的岩石学与地球化学特征[J].岩石学报, 1999,15(3):408-421.
- 韩雪.2017. 滇西三江造山带中段马登新生代火山盆地[D]. 中国地质大学(北京),34-41.
- 郝金华,陈建乎,董庆吉,等.2013. 青海西南三江北段早古新世 成岩、成矿事件:陆日格斑岩钼矿 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 和 辉钼矿 Re-Os 定年.地质学报,87(2):227-239.
- 黄波,梁华英,莫济海,等.2009. 金平铜厂铜钼矿床赋矿岩体锆 石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄及意义[J]. 大地构造与成矿学, 33(4):598-602.
- 黄春梅,赵志丹,朱弟成,等.2013. 藏南洛扎地区淡色花岗岩锆 石 U-Pb 年龄、Hf 同位素、地球化学与岩石成因.岩石学报, 29(11):3689-3702.
- 黄静宁,陈永清.2011. 滇西保山地块双脉地晚始新世过铝质花

岗岩:锆石 SHRIMP U-Pb 定年、地球化学和成因[J]. 中国 科学,41(4):452-467.

- 贾丽琼,莫宣学,董国臣,等.2013. 滇西马厂箐煌斑岩成因:地球 化学、年代学及 Sr-Nd-Hf 同位素约束. 岩石学报,4:1247 -1260.
- 金灿海,范文玉,张海,等.2013. 滇西来利山锡矿正长花岗岩 LA -ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及地质意义[J]. 地质学报,087 (9):1211-1220.
- 李勇,莫宣学,喻学惠,等.2011a. 金沙江—哀牢山断裂带几个富
  碱斑岩体的锆石 U-Pb 定年及地质意义[J].现代地质,25
  (2):189-200.
- 梁华英,谢应雯,张玉泉,等.2004. 富钾碱性岩体形成演化对铜 矿成矿制约——以马厂箐铜矿为例[J]. 自然科学进展,14 (1):116-120.
- 刘红英,夏斌,张玉泉.2003. 云南马头湾透辉石花岗斑岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄研究[J]. 地球学报,24(6):552-554.
- 莫宣学,赵志丹,喻学慧,等.2009. 青藏高原新生代碰撞—后碰 撞火成岩[M].北京:地质出版社,1-396.
- 聂凤军,胡朋,江思宏,等.2006. 藏南邛多江地区花岗岩地球化 学特征及成因类型[J].地质学报,80(9):1342-1354.
- 史鹏亮,杨天南,梁明娟,等.2015. 三江构造带新生代变形构造的时-空变化:研究综述及新数据[J]. 岩石学报,31(11): 3331-3352.
- 万哨凯,夏斌,张玉泉.2005. 老君山正长岩锆石 SHRIMP 定年 [J]. 大地构造与成矿学,29(4):522-526.
- 巫嘉德,王岩,谢清陆,等.2015. 腾冲地体坡仑山岩体锆石 U-Pb
  年龄和地球化学组成[J]. 高校地质学报,21(3):508-518.
- 夏斌,耿庆荣,张玉泉.2007. 滇西鹤庆地区六合透辉石正长斑岩 锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其意义[J]. 地质通报,26(6): 692-697.
- 肖晓牛,喻学惠,莫宣学,等.2009. 滇西洱海北部北衙地区富碱 斑岩的地球化学、锆石 SHRIMP U-Pb 定年及成因[J]. 地质 通报,28(12):1786-1803.
- 谢韬,林仕良,丛峰,等.2010. 滇西梁河地区钾长花岗岩锆石 LA -ICP-MS U-Pb 定年及其地质意义[J]. 大地构造与成矿 学,34(3):419-428.
- 喻学惠,肖晓牛,杨贵来,等.2008. 滇西三江南段几个花岗岩锆 石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义[J]. 岩石学报,24(2): 377-383.
- 云南省地矿局(BGMRY).1974. 兰坪地区地质图(1/20万). 昆明,云南省地矿局.
- 云南省地矿局(BGMRY).1978. 维西地区地质图(1/20万). 昆明,云南省地矿局.
- 云南省地矿局(BGMRY).1984. 维西地区地质图(1/20万). 昆明,云南省地矿局.
- 张连生,钟大赉.1996. 从红河剪切带走滑运动看东亚大陆新生 代构造[J]. 地质科学,31(4):327-340.
- 赵欣,喻学惠,莫宣学,等.2004. 滇西新生代富碱斑岩及其深源包体的岩石学和地球化学特征[J]. 现代地质,18(2):217-228.
- 钟大赉,丁林,刘福田,等.2000. 造山带岩石层多向层架构造及 其对新生代岩浆活动制约—以三江及邻区为例[J]. 中国科 学(D辑),30(增刊):1-8.

- 祝向平.2010. 云南哈播斑岩型铜(-钼-金)矿床地质特征与成 矿作用研究[D]. 中国地质大学(北京),1-150.
- Anderson T. 2002. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report 204Pb[J]. Chemical Geology, 192(1-2):59-79.
- Cao S Y, Liu J L, Leiss B, et al., 2011. Initiation of left-lateral deformation along the Ailao Shan-Red River shear zone; new microstructural, textural, and geochronological constraints from the Diancang Shan metamorphic massif, SW Yunnan, China [J]. International Geology Review, 54(3): 348-367.
- Cogné J P, Halim N, Chen Y, et al., 1999. Resolving the problem of shallow magnetizations of Tertiary age in Asia:insights from paleomagnetic data from the Qiangtang, Kunlun, and Qaidam blocks (Tibet, China), and a new hypothesis[J]. Journal of Geophysical Research, 104(B8):17715-17734.
- Dewey J F, Cande S, Pitman WC. 1989. Tectonic evolution of the India Eurasia Collision Zone [J]. Eclogae Geol Helv, 82(3):717-734.
- Dong G C, Mo X X and Zhao Z D, et al., 2013. Zircon U-Pb dating and the petrological and geochemical constraints on Lincang granite in Western Yunnan, China: implication for the closure of the Paleo-Tethys Ocean [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 62: 282-294.
- Guo Z, Wilson M. 2012. The Himalayan leucogranites: Constraints on the nature of their crustal source region and geodynamic setting [J]. Gondwana Research, 22(2):360–376.
- Li Y, Wang C, Dai J, et al., 2015. Propagation of the deformation and growth of the Tibetan-Himalayan orogen: A review [J]. Earth-Science Reviews, 143(1):36-61.
- Liang H Y, Campbell I H, Allen C M, et al., 2007. The age of the potassic alkaline igneous rocks along the Ailaoshan-Red river shear zone:implications for the onset age of left-lateral shearing [J]. Journal of Geology, 115, 231-242.
- Ludwig KR. Isoplot/EX, a Geochronological Toolkit for Microsoft Excel, Version 3. 00. Berkeley Geochronology Center[M].Murphy M A, Harrison T M. 1999. Relationship between leucogranites

and the Qomolangma detachment in the Rongbuk Valley, south Tibet[J]. Geology, 27(9);831-834.

- Searle M P, Parrish R R, Hodges K V, et al, 1997. Shisha Pangma Leucogranite, South Tibetan Himalaya; Field Relations, Geochemistry, Age, Origin, and Emplacement [J]. The Journal of Geology, 105 (Volume 105, Number 3): 295-317.
- Searle M P, Godin L. 2003. The South Tibetan Detachment and the Manaslu Leucogranite: A Structural Reinterpretation and Restoration of the Annapurna–Manaslu Himalaya, Nepal[J]. The Journal of Geology, 2003, 111 (Volume 111, Number 5): 505–523.
- Wang C, Dai J, Zhao X, et al, 2014. Outward-growth of the Tibetan Plateau during the Cenozoic: A review [J]. Tectonophysics, 621: 1-43.
- Wang J and Li Z X. 2003. History of Neoproterozoic rift basins in South China; Implications for Rodinia break-off[J]. Precambrian Research, 122:141-158.
- Yang T N, Ding Y, Zhang H R, et al., 2014. Two-phase subduction and subsequent collision defines the Paleotethyan tectonics of the southeastern Tibetan Plateau: Evidence from zircon U-Pb dating, geochemistry, and structural geology of the Sanjiang orogenic belt, southwest China [J]. Geological Society of America Bulletin, 126(11-12):1654-1682.
- Yuan H L, Gao S, Liu XM, et al., 2004. Accurate U–Pb age and trace element determinations of zircon by laser ablation inductively coupled plasma-mass spectrometry[J]. Geostand. Geoanal. Res, 28;353–370.
- Yuan H L, Gao S, Dai M N, et al., 2008. Simultaneous determinations of U/Pb age, Hf isotopes and trace elements compositions of zircon by excimer laser – ablation quadrupole and multiple – collector ICP-MS[J]. Chemical Geology, 247:100-118.
- Zhang B,Zhang J J,Zhong D L, et al., 2012. Polystage deformation of the Gaoligong metamorphic zone: Structures, 40Ar/39Ar mica ages, and tectonic implications[J]. Journal of Structural Geology, 37:1-18.

## LA-ICP-MS Zircon U-Pb Geochronology and Its Geological Significance of Ttwo Volcanic Rocks from the Madeng Basinof the Sanjiang Orogenic Belt in Western Yunnan

#### HAN Xue, YANG Tian-nan, XIN Di, LIANG Ming-juan

(1. China University of Geoscience, Beijing 100083, China; 2. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 3. Guizhou Geological Survey, Guiyang 550081, Guizhou, China)

[Abstract] The zircon U-Pb isotopic age of two alkali-rich porphyries was determined by LA technique at 35Ma from the Madeng Volcanic Basin, the Sanjiang orogenic belt. The formation of the two samples are as same as the magmatic peak of others alkali-rich porphyries from the southern Sanjiang orogenic belt. They belong to the time of post-collision magmatism in the Tibetan plateau and the magmatism is a response to the giant collision between India and Eurasia.

[Key words] Alkali-rich volcanic rocks; Madeng Basin; Zircon U-Pb date; Magmatism