滇西北白马雪山和鲁甸花岗岩基 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义

简 $= T^{1}$ 刘敦 $= T^{1}$ 孙晓猛²)

(1)中国地质科学院地质研究所北京,100037,2)吉林大学,吉林长春,130022)

摘 要 应用 SHRIMP 方法对滇西北 2 个花岗质岩基——白马雪山和鲁甸花岗岩进行同位素地质年代学研究。研究表明, 白马雪山花岗闪长岩的侵位年龄为 239±6 Ma,鲁甸黑云母二长花岗岩为 214±6 Ma。这一研究为解决金沙江地区的碰撞造 山事件的时代问题提供了同位素地质年代学依据。

关键词 花岗岩基 碰撞造山事件 SHRIMP 年代学 滇西北

SHRIMP Dating of Baimaxueshan and Ludian Granitoid Batholiths, Northwestern Yunnan Province, and Its Geological Implications

JIAN Ping¹) LIU Dunyi¹) SUN Xiaomeng²)

(1) Institute of Geology, CAGS, Beijing, 100037, 2) Jilin University, Changchun, Jilin, 130022)

Abstract SHRIMP U-Pb ages are reported for the Baimaxueshan and the Ludian granitoid batholiths in northwestern Yunnan Province. The Baimaxueshan granodiorite intruded at 239 ± 6 Ma, whereas the Ludian biotite monzonite granite, 214 ± 6 Ma. These data provide geochronological evidence for the collisional events of Jinshajiang area.

Key words granitoid batholiths collisional event SHRIMP northwestern Yunnan Province

1 地质背景和样品描述

金沙江以西 澜沧江以东所夹持的区域内,大面 积出露白马雪山和鲁甸等花岗岩深成岩基(图1), 以闪长岩、花岗闪长岩和二长花岗岩组合为特征。 1.1 白马雪山花岗闪长岩(样号014-3)

白马雪山花岗岩基位于德钦县白马雪山西坡, 出露面积 135 km² 略具岩性分带(云南省地质矿产 局,1982)。东部与中三叠统上段、上三叠统人支雪 山组呈侵入接触,局部断层接触,西部侵入绿片岩相 的变质岩。

研究样品沿德钦至白马雪山公路自下而上采 集,各样品间距约 500 m,共 7块,岩性为花岗闪长 岩。选取样品 014-3 进行 SHRIMP 年代学研究,采 样位置位于白马雪山花岗岩基的西端 图 1-a)。

SHRIMP 分析样品(样号 014-3)为中粒花岗闪

长岩,主要矿物成分为斜长石(约40%),钾长石(约 25%),石英(约25%),次为角闪石(约15%)和黑云 母(约5%)。镜下观察表明,锆石主要产于角闪石 内,其他矿物中少见。岩石化学成分及 REE 分析见 表1。白马雪山花岗闪长岩的 REE 配分模式为 LREE 富集型,无明显的 Eu 异常(图2)。

1.2 鲁甸黑云母二长花岗岩(样号 005-8)

鲁甸花岗岩基位于滇西北维西县以东,呈 SN 向狭长带状沿秋多-鲁甸断裂西侧分布,长 100 余公 里,最宽 10 多公里,出露面积约 532 km²。鲁甸花 岗岩基侵入的最新地层为上三叠统中部的崔依比 组,上部被上三叠统石钟山组砂页岩不整合覆盖(罗 万林等,1988)。鲁甸花岗岩基北段的主要岩类为斜 长花岗岩-二长花岗岩。岩基南段为花岗闪长岩-二 长花岗岩类,可划分为内部和外部相带。研究样品 采于鲁甸花岗岩基南段利达一带,采样位置标于图

本文为国家自然科学基金项目(49902005)的成果。

改回日期:2003-6-3 法任编辑: 宫月萱。

第一作者 滴方,费,据64 年生,博士,研究员,主要从事高级变质岩和蛇绿岩同位素地质年代学研究。

1-a 中。自利达西约 3 km 的岩体边缘朝东沿公路 采样,在约 5 km 的范围内,采集 10 块岩石样品。岩 石分别为二长花岗岩、黑云母二长花岗岩、含堇青石 黑云母二长花岗岩及花岗闪长岩,其中以黑云母二 长花岗岩为主。选取样品 005-8 用于锆石 SHRIMP 年代学研究,这一岩石属于内部相的中粒黑云母二 长花岗岩,简称鲁甸黑云母二长花岗岩。 SHRIMP 分析样品(样号 005-8)为中粒黑云母 二长花岗岩,主要矿物成分为斜长石(约 35%)) 钾 长石(约 30%) 石英(约 25%),次为黑云母(约 8%)和角闪石(约 1%)。镜下观察表明,锆石主要 产于钾长石和黑云母内,其他矿物中少见。岩石化 学成分及 REE 分析见表 1。

黑云母二长花岗岩(样号005-8)的REE配分



图 1 滇西金沙江缝合带地质略图 示研究区位置和采样位置

Fig. 1 Geological sketch map of the Jinshajiang area in Western Yunnan, showing the study area and the sampling sites

表 1 白马雪山花岗闪长岩和鲁甸黑云母二长花岗岩的主量元素和 REE 成分表

 Table 1 Major and REE composition of the Baimaxueshan granodiorite and the Ludian biotite monzonite granite

 氧化物
 稀土元素

 样号
 SiO2 TiO2 Al2O3Fe2O3 FeO MnO MgO CaO Na2O K2O P2O5 总量
 La
 ce
 Pr
 Nd
 Sm
 Eu
 Gd
 Tb
 Dy
 HO
 Er
 Tm
 Yb
 Lu
 Y

 014-3
 63.10
 0.58
 15.29
 0.83
 3.93
 0.11
 3.18
 5.10
 2.40
 3.08
 0.22
 94.82
 53.8
 78.9
 8.45
 33.9
 6.13
 1.42
 4.62
 0.73
 3.94
 0.62
 1.58
 0.24
 1.32
 0.18
 13.4

 005-8
 68.22
 0.32
 15.31
 0.67
 2.38
 0.10
 1.35
 2.95
 3.14
 4.02
 0.16
 98.62
 52.9
 78.5
 7.46
 28.5
 5.35
 0.98
 3.28
 0.50
 2.63
 0.43
 0.99
 0.14
 0.88
 0.12
 9.86

 005-2a
 70.72
 0.26
 15.20
 0.42
 1.91
 0.09
 0.71
 1.74
 3.34
 4.30
 0.18
 98.87
 43.5
 71.1
 7.99
 30.6
 5.89
 0.93
 4.65
 0.82
 3.81
 0.67
 1.60</td





模式为 LREE 富集型,无明显的 Eu 异常。含堇青石黑云母二长花岗岩(005-2a)的 REE 配分模式为 LREE 富集型,但见明显的 Eu 负异常(图 2)。说明 鲁甸花岗岩基中的各类岩石的岩浆成分不均匀。

2 分析方法

锆石按常规方法分选,最后在双目镜下挑纯。 将锆石与数粒 RSES[®] TEM 置于环氧树脂中,然后 磨至约 1/2,使锆石内部暴露,用于阴极发光、背散 射电子相研究及 SHRIMP U-Pb 分析。阴极发光及 背散射电子相研究由中国地质科学院矿产资源研究 所电子探针研究室完成(表 2)。

表 2	日	马雪⊔	化肉	小长 宕和晋	间黑云	母二长化肉	〒 SHRI	IMP 1	U-Pb 分析结果	;
						. (

Tabl	e 2 SI	IKIMP	U-PD a	ata of t	ne Baima	xuesnan	granod	iorite, u	14- <i>3</i>)a	ind the	Ludian	Diotite	monz	onite g	ranit	e(005.	-8)
点号	$\frac{U}{\times 10^{-6}}$	$\frac{Th}{\times 10^{-6}}$	$\frac{\mathrm{Th}}{\mathrm{U}}$	$\frac{\mathrm{Pb}^{*}}{\times 10^{-6}}$	$\underset{^{206}\mathrm{Pb}\%}{^{206}\mathrm{Pb}\%}$	$\frac{\frac{206}{Pb}}{\frac{238}{U}}$	±	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	±	$\frac{^{207}\mathrm{Pb}}{^{206}\mathrm{Pb}}$	±	$\frac{t_{206}}{Ma}$	³ <u>U</u> ± 4	²²⁰⁷ Pb/233 Ma	$\frac{5}{U} \pm \frac{t}{2}$	207 _{Pb/} 206 Ma	<u>'Pb</u> ±
白马雪山花岗闪长岩(014-3)																	
1-1	396	153	0.39	15	—	0.0372	0.0015	0.254	0.012	0.0495	0.0012	2 236	9	230	10	173	56
2-1	521	184	0.35	20	—	0.0386	0.0015	0.271	0.014	0.0509	0.0013	3 244	10	244	11	237	62
3-1	255	103	0.40	10	0.01	0.0383	0.0015	0.251	0.020	0.0475	0.0030) 242	9	227	16	76	145
4-1	512	187	0.37	19	0.01	0.0380	0.0015	0.262	0.015	0.0499	0.0018	8 241	10	236	12	191	87
5-1	445	183	0.41	17	0.01	0.0376	0.0017	0.242	0.019	0.0468	0.0028	3 238	10	220	16	39	135
6-1	645	275	0.43	25	0.01	0.0380	0.0015	0.253	0.015	0.0482	0.0019	241	10	229	12	107	96
7-1	360	202	0.56	13	0.01	0.0361	0.0014	0.218	0.016	0.0437	0.0026	5 228	9	200	14	0	0
8-1	249	118	0.47	9	0.01	0.0363	0.0017	0.247	.019	0.0495	0.002	7 230	10	225	16	171	134
9-1	576	371	0.64	24	—	0.0394	0.0020	0.276	0.018	0.0508	0.0019	249	12	247	15	230	87
10-1	277	109	0.39	11	—	0.0379	0.0016	0.276	0.020	0.0529	0.0028	3 240	10	248	16	324	127
	加权平均年龄= 239 ± 6 Ma(2σ), $n=10$ chi square= 0.3868																
鲁甸	黑云母二	长花岗岩	=(005-8	3)													
1.1	2768	1465	0.53	97	—	0.0337	0.0020	0.239	0.015	0.0513	0.0008	3 214	12	217	12	255	37
2.1	1566	741	0.47	54	0.01	0.0334	0.0019	0.225	0.016	0.0488	0.0017	212	12	206	13	140	86
3.1	1627	592	0.36	114	0.08	0.0711	0.0037	0.701	0.075	0.0715	0.0063	3 443	22	539	46	972	189
4.1	2147	903	0.42	76	0.01	0.0347	0.0019	0.244	0.016	0.0509	0.0017	7 220	12	221	13	234	77
5.1	3751	2486	0.66	141	0.04	0.0344	0.0018	0.247	0.031	0.0520	0.0056	5 218	11	224	25	283	264
6.1	2988	1295	0.43	95	—	0.0312	0.0016	0.217	0.012	0.0504	0.001	198	10	199	10	212	50
7.1	1743	833	0.48	61	—	0.0340	0.0018	0.228	0.014	0.0487	0.001	215	11	209	11	134	53
8.1	1087	356	0.33	36	—	0.0337	0.0020	0.240	0.017	0.0516	0.0017	7 214	12	218	14	267	78
9.1	1977	1117	0.56	71	0.01	0.0337	0.0017	0.247	0.015	0.0531	0.0016	5 214	11	224	13	332	69
10.1	2115	1133	0.54	73	—	0.0331	0.0021	0.231	0.015	0.0505	0.0009	210	13	211	13	217	41
11.1	2145	1091	0.51	74	0.02	0.0331	0.0019	0.218	0.016	0.0478	0.0018	3 210	12	200	13	88	87
12.1	1750	594	0.34	59	0.03	0.0340	0.0018	0.230	0.028	0.0491	0.0051	215	11	210	24	150	229
13.1	1379	592	0.43	46	0.03	0.0327	0.0018	0.213	0.021	0.0473	0.0035	5 208	11	196	18	62	167
14.1	2571	997	0.39	91	0.01	0.0350	0.0019	0.247	0.014	0.0511	0.0009	222	12	224	12	246	43
15.1	2320	1259	0.54	86	0.01	0.0357	0.0018	0.244	0.015	0.0495	0.0016	5 226	11	222	13	173	78
	加权平均年龄=214±6 Ma(2σ),n=14 chi square=0.3868																

注(1)Common ²⁰⁶Pt(%) 指普通铅中的²⁰⁶Pb 占全铅²⁰⁶Pb 的百分数;应用实测²⁰⁴Pb 校正普通铅 表中所有分析误差为 1σ

锆石 SHRIMP U-Pb 分析在北京离子探针中心 SHRIMP Ⅱ 上完成,详细分析流程和原理参考 Compston 等(1992)及 Williams 等(1987)。分析时, 采用跳峰扫描,记录 Zr₂O⁺,²⁰⁴ Pb⁺,背景值, ²⁰⁶Pb⁺,²⁰⁷Pb⁺,²⁰⁸Pb⁺,U⁺,Th⁺,ThO⁺和 UO⁺ 9 个离子束峰,每7次扫描记录一次平均值。一次离 子为约 4.5 nA, 10 kV 的 O₂⁻,离子束直径约25~ 30 μm。质量分辨率约 5 000(1%峰高)。应用 RS-ES参考锆石 TEM(417 Ma)进行元素间的分馏校 正。Pb-U 校正公式采用 Pb/U = A(UO/U)² (Claoue-long 等,1995)。应用另一 RSES 参考样 SL13(年龄为 572 Ma;U含量为 238×10⁻⁶)标定所 测锆石的 U,Th 和 Pb 含量。应用澳大利亚国立大 学 PRAWN程序(Williams,1996)进行数据处理。



图 3 白马雪山花岗闪长岩的阴极发光(a)和鲁甸黑云母二长花岗岩的背散射电子相(b) Fig. 3 CL imaging of zircon from the Baimaxueshan granodiorite(a), and the BSE imaging of the zircon from the Ludian biotite monzonite granite(b) 圈和数字表示 U-Pb分析点中心和²⁰⁶Pb/²³⁸U年龄 The circle and the number denotes the spot center and the age 普通铅根据实测²⁰⁴ Pb 校正。表 2 中所列单个数据 点的误差均为 1 σ 。采用²⁰⁶ Pb/²³⁸U 年龄,其加权平 均值的误差为 2 σ 。

全岩 Rb-Sr 分析在宜昌地质矿产研究所完成。 Rb-Sr 化学分离在超净实验室完成,质谱分析在 MAT261 上完成。采用 NBS987 监测仪器工作状 态 *G*BW-0441 监测分析流程。等时线年龄计算采 用 Lodwig ISOPLOT 程序,给定⁸⁷ Rb/⁸⁶ Sr 误差为 1.5%,⁸⁷ Sr/⁸⁶ Sr 误差为 0.01%。等时线年龄的误 差为 2σ。

3 分析结果和解释

3.1 锆石 SHRIMP U-Pb 分析

3.1.1 白马雪山花岗闪长岩(014-3) 白马雪山花 岗闪长岩的锆石组成均匀,一般为长柱状自形晶,发 育韵律环带结构(图 3-a)。10个颗粒的 U-Pb分析 给出狭小的²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄范围为 228~249 Ma(表 2)。在一致曲线图中,数据点集中分布于一致曲线 附近(图 4),²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均年龄为 239 ± 6 Ma,解释为白马雪山花岗闪长岩的侵位年龄。



3.1.2 鲁甸黑云母二长花岗岩(005-8) 鲁甸黑云 二长花岗岩的锆石组成较均匀,一般为短柱状自形 晶,长宽比约为2,发育韵律环带结构(图 3-b)。在 15 个颗粒的 U-Pb 分析中,14 个分析给出狭小的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U年龄范围为198~226 Ma(表2),数据点 集中分布于一致曲线附近(图 5),加权平均年龄为 214±6 Ma,解释为鲁甸黑云母二长花岗岩的侵位 年龄。一个分析给出约443±22 Ma的年龄(表2), 说明岩石中存在地球承性锆石。



Fig. 5 U-Pb Concordia diagram of the Ludian biotite monzonite granite

3.2 Rb-Sr 全岩分析

3.2.1 白马雪山花岗闪长岩 白马雪山花岗闪长 岩的 7 个全岩 Rb-Sr 样品分析结果列于表 3 中。7 个样品分析在等时线图中构成较好的线性分布,给 出等时线年龄 212 ± 43 Ma,⁸⁷ Sr/⁸⁶ Sr 初始值为 0.71044(图6)。这一年龄与锆石 SHRIMP U-Pb 年 龄相比略低,可能记录了岩浆冷却至全岩封闭温度 (约 650 ℃, Dodson,1984)的年龄。

表 3 还列出了按 239 Ma(锆石 SHRIMP U-Pb 年龄)计算的岩石的⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始值。7 个样品的 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始值均匀,只有极小变化范围为 0.70985~0.71023。

3.2.2 鲁甸二长花岗岩-黑云母二长花岗岩-花岗 闪长岩 9个全岩 Rb-Sr分析不能构成等时线。表 3列出了按 214 Ma(锆石 SHRIMP U-Pb 年龄)计算 的⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始值。这些初始值变化范围大,为 0.71603~0.72631,其中以含堇青石黑云母二长花 岗岩的⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始值最高,说明岩浆的 Sr 同位素 组成不均匀,暗示岩浆成分的不均匀性。

4 地质意义和结论

白马雪山花岗闪长岩 Sr 初始值为 0.70985~ 0.71023,与鲁甸花岗岩相比较低,暗示其中上地幔 的贡献较多。因而,239±6 Ma的年龄可能是碰撞 造山事件早期阶段的时代记录。

鲁甸花岗岩基中的部分岩石含有堇青石 ,Sr 同 位素初始值高,且极不均匀,锆石组成中含有452± 22 Ma 的继承锆石,指示其成因与地壳重熔有关。 因而 214±6 Ma 的年龄可能记录了碰撞造山事件 晚期阶段的年代。

Table 5 Re-51 analysis of Dannaxueshall and Ludian grainfolds										
样号	岩性	w(Rb)× 10^{-6}	π (Sr)×10 ⁻⁶	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	(⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr) _t				
白马雪山	花岗岩					T = 239 Ma				
014-1	花岗闪长岩	170.8	452.3	1.089	0.71378 ± 0.00002	0.70997				
014-2	花岗闪长岩	173.8	428.1	1.171	0.71407 ± 0.00003	0.70997				
014-3	花岗闪长岩	117.5	488.1	0.6942	0.71266 ± 0.00002	0.71023				
014-4	花岗闪长岩	147.8	434.3	0.9815	0.71344 ± 0.00001	0.71001				
014-5	花岗闪长岩	149.2	467.9	0.9197	0.71331 ± 0.00007	0.71009				
014-6	花岗闪长岩	136.3	480.7	0.8177	0.71294 ± 0.00003	0.71008				
014-7	花岗闪长岩	153.2	433.8	1.018	0.71341 ± 0.00004	0.70985				
鲁甸花岗	岩					T = 214 Ma				
005-1	二长花岗岩	231.1	186.1	3.59	0.73685 ± 0.00001	0.72572				
005-2	黑云母二长花岗岩	213.0	350.6	1.754	0.72156 ± 0.00002	0.71612				
005-2a	含堇青石黑云母二长花岗岩	257.4	161.2	4.62	0.74063 ± 0.00003	0.72631				
005-3	黑云母二长花岗岩	288.9	244.8	3.411	0.72853 ± 0.00006	0.71796				
005-4	黑云母二长花岗岩	260.3	242.4	3.103	0.72920 ± 0.00002	0.71958				
005-6	黑云母二长花岗岩	216.9	352.7	1.775	0.72165 ± 0.00008	0.71615				
005-7	黑云母二长花岗岩	235.6	405.2	1.679	0.72128 ± 0.00008	0.71607				
005-8	黑云母二长花岗岩	201.4	364.3	1.595	0.72097 ± 0.00009	0.71603				
005-9	花岗闪长岩	288.9	244.8	3.411	0.72853 ± 0.00006	0.71796				

表 3 白马雪山和鲁甸花岗岩基全岩 Rb-Sr 分析

Table 3 Rb-Sr analysis of Baimaxueshan and Ludian granitoids

分析单位 宜昌地质矿产研究所。



此次研究的结论是,白马雪山花岗闪长岩和鲁 甸黑云母二长花岗岩分别形成于239±6 Ma和214 ±6 Ma,各自代表了金沙江地区古特提斯碰撞造山 事件的早期和晚期阶段的时代。

参考文献

- 简平,刘敦一,孙晓猛.2003. 滇川西部金沙江石碳纪蛇绿岩 SHRIMP 测年:古特提斯洋盆演化的同位素年代学制约. 地质学报,77 (2)217~228.
- 罗万林,尹同模.1988.滇西北鲁甸花岗岩的特征.岩石学报 2 369~ 76.
- 云南省地质矿产局.1982.云南省区域地质志.地质专报,北京 地质 出版社,1(21)392~396.

References

万方数据 Bureau of Geology and Mineral Resources of Yunnan Province. 1982. Regional geology of Yunnan Province. Geological Memoirs ,Beijing Geological Publishing House ,1(21):392 ~ 396(in Chinese with English abstract).

- Compston W , Williams I S , Kirschvink J L et al. 1992. Zircon U–Pb ages of early Cambrian time-scale. J Geol Soc. ,149 ,171 \sim 184.
- Dodson M H. 1973. Closure temperature in cooling geochronological and petrological system. Contrib. Mineral. Petrol. 40 259~274.
- Jian Ping , Liu Dunyi , Sun , Xiaomeng. 2003. SHRIMP dating of Carboniferous Jinshajiang ophiolotes , China : geochronological constraints for the evolution of Paleo-Tethys oceanic fllor. Acta Geological Sinica ,77(2) 217~228(in Chinese with English abstract).
- Luo W , Yin H. 1988. The petrological characteristics of the Ludian granitoid , western Yunnan Province. Acta Petrologica Sinica 2 $69 \sim 75$ in Chinese with English abstract).
- Williams I S, Claesson S. 1987. Isotope evidence for the Precambrian province and Caledonian metamorphism of high grade paragneiss from the Seve Nappes, Scandinavian Caledonides, II. Ion microprobe zircon U-Th-Pb. Contrib. Mineral. Petrol. 97 205~217.
- Claoue-Long J C , Compston W , Roberts J , Fanning C M. 1995. Two Carboniferous ages : a comparison of SHRIMP zircon dating with conventional zircon ages and $^{40}\mathrm{Ar}/^{39}\mathrm{Ar}$ analysis , in Berggren W A , Kent D V , Aubry M P , Hardenbol J. , eds. , Geochronology , time scales and global stratigraphic correlation : SEPM Special Publication \pounds (4) $3\!\sim\!31$.
- Williams I S, Buick C I. 1996. An extended episode of early Mesoproterozoic metamorphic fluid flow in the Reylolds Range central Australia. J. metamorphic Geol. , 14 29~47.
- Ludwig K R. 1999. Using Isoplot/EX, version 2, a geolocronolgical Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronological Center Special Publication 1a A7.