

澜沧江南段早中生代酸性火成岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年及构造意义*

彭头平 王岳军** 范蔚茗 刘敦一 石玉若 苗来成

(中国科学院广州地球化学研究所元素-同位素地球化学重点实验室, 广州 510640; 中国科学院研究生院, 北京 100039; 北京离子探针中心, 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

摘要 应用 SHRIMP 方法对澜沧江南段临沧花岗岩体和云县忙怀组流纹岩代表性样品进行了精确的 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年研究. 临沧岩体北段黑云母二长花岗岩(02DX-137)锆石年龄为 229.4 ± 3.0 Ma, 南段景洪地区黑云母二长花岗岩(20JH-10)锆石年龄为 230.4 ± 3.6 Ma, 两者在误差范围具有一致的年龄, 可能代表了临沧花岗岩体主体的形成年龄. 云县棉花地忙怀组上段的流纹岩样品(02DX-95)给出了 231.0 ± 5.0 Ma 的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄. 这些资料为理解滇西古特提斯构造演化提供了重要信息. 临沧岩体南段黑云母花岗岩中存在 1977 ± 44 Ma 锆石年龄, 表明区内可能存在着早元古代结晶基底.

关键词 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年 中三叠世 临沧花岗岩 忙怀组流纹岩 南澜沧江

滇西三江地区地处欧亚板块与印度板块的结合部位, 是古特提斯构造域的重要组成部分; 也是一个构造十分复杂、火山作用异常活跃的地区. 在该区德钦-维西-兰坪-剑川-洱源(攀天阁组-崔依比组)和云县-景洪一带(忙怀组-小定西组-芒汇河组或相当地层)发育最大厚度可达 8000 m 的三叠纪火山岩^[1-3], 以及沿三江造山带分布的晚二叠世-三叠纪巨型花岗岩带(如临沧花岗岩基和白忙雪山花岗岩带), 构成了三江地区重要的构造-岩浆带(图 1(a)). 尽管前人针对该火成

岩带开展了一些研究, 但这些研究多集中于区域对比、与地层接触关系、岩石(相)学、岩石化学^[2-7], 而该地区火成岩已有的年代学资料主要为全岩/单矿物 K-Ar 和 Rb-Sr 等时线年龄或颗粒锆石 U-Pb 年龄或 Pb-Pb 蒸发年龄^[2-7], 从这些资料判断滇西三叠纪火山岩形成年龄很可能介于 210~245 Ma^[1-7], 而对与之相伴产出的临沧花岗岩基给出的年龄数据变化于晚元古代-早侏罗世, 相对集中的年龄变化区间在 292~180 Ma^[5-7]. 正是由于区内火成岩高精度年代学

收稿日期: 2005-02-28; 接受日期: 2005-09-23

* 国家自然科学基金项目(批准号: 40473019, 40421303, 40334039)和中国科学院知识创新项目(批准号: KZCXZ-SW-117)联合资助

** 联系人, E-mail: yjwang@gig.ac.cn

资料的缺乏,从而制约了对该区区域构造演化及古特提斯构造演化时空格架的理解.为此,本文选择澜沧江南段出露面积最大的临沧花岗岩基的主体岩性和云县地区无生物化石对比的忙怀组标准剖面中酸性火山岩开展了 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年研究,以便为理解滇西三江造山带造山作用过程以及古特提斯

构造演化提供新的年代学信息.

1 地质背景及岩石学特征

澜沧江南段属三江(怒江、澜沧江、金沙江)构造-岩浆带的南带(图 1(a)),带内早中生代火成岩位于澜沧江两侧云县-景洪一线,呈狭长状分布,南北延伸

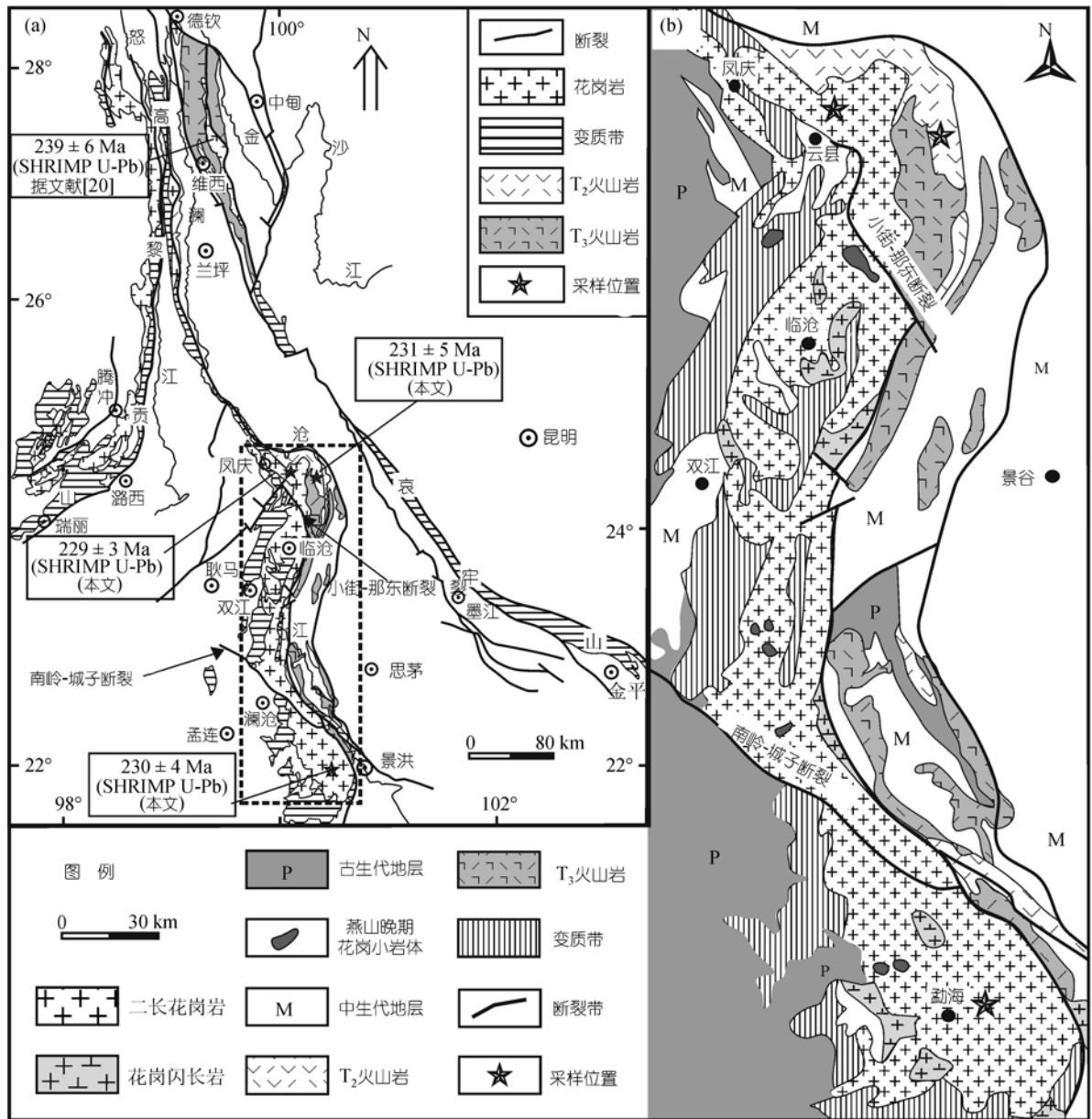


图 1 滇西三江地区早中生代火成岩分布(a)及南澜沧江带地质(b)简图
(据云南省岩浆图修改, 1990)

长达 400 km, 宽 10~50 km^[4]. 主要由临沧花岗岩体和三叠纪火山岩系组成(图 1(b)).

临沧花岗岩体是云南省出露面积最大的花岗岩岩基, 也是特提斯构造域中的重要组成部分. 岩基总体南北向延伸, 呈反“S”状沿澜沧江断裂(南段)西侧展布, 长达 350 km, 东西宽 10~48 km, 平均宽 22.5 km, 出露面积达 7400 km². 向南与泰国、马来西亚的花岗岩体断续相连, 向北延伸与白马雪山花岗岩体相连, 构成一条醒目的花岗岩带^[7]. 临沧花岗岩基主体岩性为二长花岗岩和灰白色钾长花岗岩, 无明显岩性分带, 而补体主要有二叠纪的灰-灰白色花岗闪长岩和燕山晚期花岗岩组成. 该岩基被小街-那东断裂和南岭-城子断裂分为北、中、南三段(图 1(b)), 北段岩性主要为二长花岗岩, 中段和南段主要由花岗闪长岩和二长花岗岩组成, 花岗闪长岩或分布于岩基边部与二长花岗岩呈侵入接触关系, 或呈不规则状、孤岛状或条带状残留岩基分布于二长花岗岩体中, 局部地段二长花岗岩中含有大小不同的花岗闪长岩捕虏体^[1,6]. 燕山晚期花岗岩常呈小岩体或岩株侵位于二长花岗岩体中. 在本次研究中针对临沧花岗岩基选择了岩性较为单一的北段二长花岗岩和南段分布广泛的二长花岗岩主体样品. 这些样品主要由钾长石(约 25%~35% 含量)、斜长石(约 27%~36%, An 25~40)、石英(约 16%~32%)、黑云母(约 8%~12%), 以及少量的锆石、磷灰石、榍石、磁铁矿等副矿物组成.

三叠纪火山岩分布较广, 尤以北部云县一带出露较完整, 自下而上为被划分为忙怀组(T_{2m})、小定西组(T_{3x})和芒汇河组(T_{3m}), 火山岩系总厚度大于 7400 m^[1,21]. 该火山岩系内各组之间呈整合或假整合接触, 与下覆前三叠纪地层不整合接触, 又被中侏罗统复成分砾岩和紫红色泥岩不整合上覆^[4]. 其中位于该火山岩系下部的忙怀组为一套厚 924~1646 m 的火山沉积岩系, 该组底部为一套粉砂岩、泥岩夹火山碎屑岩的组合, 中上部为一套厚约 1600 m 的高钾流纹岩、火山碎屑岩夹少量玄武岩的组合¹⁾, 岩石类型有高钾流纹岩/英安岩、玄武岩、流纹质岩屑凝灰岩、玻屑

凝灰岩、凝灰岩、凝结凝灰岩, 其中玄武岩常位于忙怀组中下部, 以灰黑色气孔状、致密状玄武岩或杏仁状安山玄武岩为主, 而流纹岩常具斑状结构, 斑晶主要由斜长石(5%~10%, An=~20)、石英(10%~15%)和钾长石(0%~5%)组成, 基质由斜长石和石英组成.

2 分析方法

通过人工重砂法从新鲜的样品中分选出锆石, 然后在双目镜下挑选出无裂隙、无包体、透明干净的自形锆石颗粒, 将其与一片 RSES 参考样 SL13 及数粒标准锆石 Temora (年龄为 417 Ma) 在玻璃板上用环氧树脂固定、抛光, 然后进行反射光和透射光照相, 并用阴极发光(CL)扫描电镜进行图象分析以检查锆石内部的结构. CL 图像在中国地质科学院矿产资源研究所电子探针室完成; 锆石 U-Pb 同位素分析在中国地质科学院地质研究所离子探针中心 SHRIMP-II 型离子探针测定. 在分析过程中, 应用标准锆石 TEM(417 Ma) 进行元素间的分馏校正, Pb/U 校正公式采用 $Pb/U=A(UO/U)$ ^[28]; 采用澳大利亚国立大学地学院标准锆石 SCL(年龄, 572 Ma; U 含量: 238 μg/g) 标定所测的锆石的 U, Th 和 Pb 含量. 更为详细的 SHRIMP 分析方法和过程请参阅有关文献[9].

数据处理和年龄计算采用澳大利亚国立大学 PRAWN 程序^[10]; 衰变常数使用 Steiger 等^[11] 推荐值; 普通铅校正使用直接测定²⁰⁴Pb 方法^[12]. 因年轻锆石 (<1000 Ma) 中放射成因²⁰⁷Pb 量较少, 分析中容易产生较大的误差, 因此对年轻锆石 (<1000 Ma) 均使用其 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄, 而对较老锆石 (>1000 Ma) 则使用其 ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄. 本文表 1 中所列数据均为同一测点连续 5 次分析的平均值, 误差为 1σ, 但样品最终年龄的加权平均值的误差则为 2σ.

3 分析结果和解释

本文选择临沧岩体北段(O2DX-137)和南段(20JH-10)二长花岗岩以及云县棉花地忙怀组标准剖面中流纹岩(O2DX-95)的代表性样品进行了 SHRIMP 锆石 U-Pb 分析. 其分析结果列于表 1, 代表性锆石颗

1) 王自廉, 张志远, 薛玺会, 等. 云南省澜沧江南段三叠纪火山岩系地层划分及岩石类型(内部报告). 1984

粒的 CL 图象及对应的年龄值见图 2((a), (b): 02DX-95; (c), (d): 20JH-10; (e), (f): 02DX-137).

3.1 忙怀组流纹岩

样品 02DX-95 采自云县棉花地忙怀组标准剖面中部, 与底部沉积碎屑岩顶界相距约 10 m, 岩性为流纹岩, $\text{SiO}_2=71.22\%$, 高碱($\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}=7.63\%$)(课题组未刊资料), 块状构造, 斑状结构, 斑晶主要由斜长石(10%, $\text{An}=25$)、石英(15%)和钾长石(5%)组成, 基质由斜长石和石英组成. 样品中大部分锆石具有相似形貌学特征, 在阴极发光图像上无论锆石颗粒大小(100~200 μm) 都发育典型岩浆成因韵律环带结构(图

2(a), (b)). 20 个分析点的 Th 含量变化于 $16\sim 755 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, U 变化于 $51\sim 877 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, Th/U 比值变化于 0.31~0.89, 具岩浆成因特征. 相应的测年结果表明: 样品中锆石 20 个分析点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄变化于 208.1~272.4 Ma 之间, 在谐和曲线图上数据点成群分布(图 3(a)), 给出了 $231.0 \pm 5.0 \text{ Ma}(n=20, \text{MSWD}= 1.60)$ 的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄的加权平均值(图 3(a), (b)).

3.2 临沧岩体北段黑云母二长花岗岩

样品 02DX-137 采自凤庆-小湾公路的 23 km 界桩附近, 属临沧花岗岩体北段, 其岩性为黑云母二长花岗岩, 块状构造, 中粗粒结构. 主要矿物有钾长石

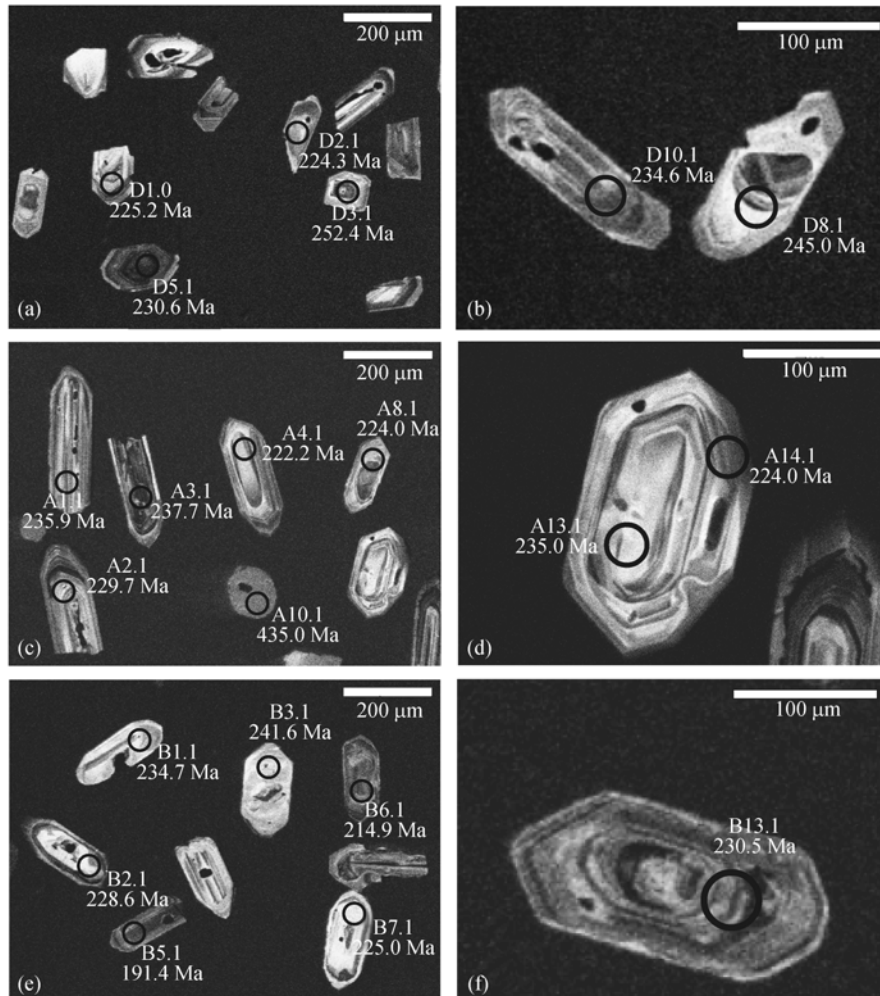


图 2 南澜沧江带早中生代酸性火成岩中代表性锆石的锆石阴极发光照片

(a), (b): 02DX-95, 忙怀组流纹岩; (c), (d): 02DX-137, 临沧岩体北段二长花岗岩; (e), (f): 20JH-10, 临沧岩体南段二长花岗岩

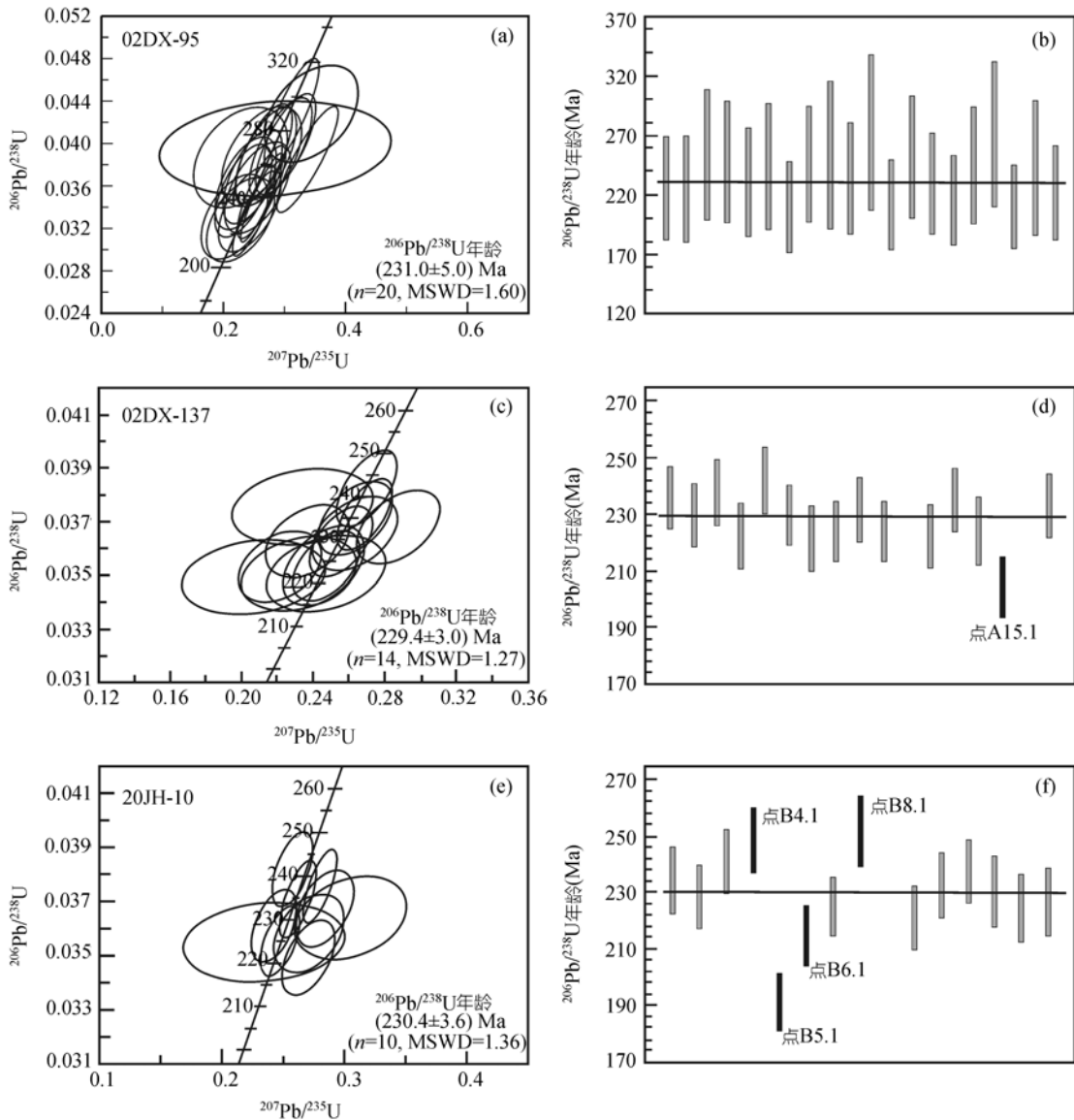


图 3 南澜沧江带早中生代酸性火成岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄谐和图和数据离散性特征
 (a), (b): 02DX-95, 忙怀组流纹岩; (c), (d): 02DX-137, 临沧岩体北段二长花岗岩; (e), (f): 20JH-10, 临沧岩体南段二长花岗岩)

(30%)、斜长石(35%, An=30)、石英(25%)、黑云母(10%), 副矿物有锆石、磷灰石、榍石、磁铁矿等. 在阴极发光图像上部分锆石核部呈不均匀斑点状或港湾状, 其边缘为较弱的振荡环带结构, 而大部分锆石表现为一个小的核部和边缘具强烈振荡韵律环带的结构面貌, 显示典型岩浆成因锆石特征(图 2(c), (d)). 所测定锆石的 17 个分析点Th含量变化于 118~815 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, U变化于 225~892 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, Th/U比值变化于

0.25~1.05, 其中H10.1 和H16.1 分析点所在锆石在CL图像上没有明显的韵律环带, 形态浑圆(图 2(c)), 分别给出了 435.0 ± 10 和 569.0 ± 15 Ma (表 1), 可能为继承锆石或捕获锆石. 其他 15 个分析点中除A15.1 的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表观年龄(204.2 ± 5.3 Ma)明显偏离正态分布以外, 其他 14 个分析点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄变化于 221~241 Ma之间, 在谐和曲线图上 14 个分析点均投影于谐和线上或谐和线附近(图 3(c)), 给出了 $229.4 \pm$

表 1 澜沧江南段中三叠世酸性火山岩代表性样品锆石 SHRIMP U-Pb 年龄分析结果

编号	U/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Th/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*/\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^*$	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}\pm 1\sigma$	不谐和度/%	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ $\pm 1\sigma/\text{Ma}$
02DX-137 (临沧岩基北段黑云母二长花岗岩)										
A1.1	892	227	0.25	28.7	26.84	0.0523 \pm 2.9	0.2690 \pm 3.8	0.0373 \pm 2.4	21	235.9 \pm 5.5
A2.1	372	176	0.47	11.7	27.70	0.0473 \pm 6.0	0.2370 \pm 6.5	0.0363 \pm 2.5	-253	229.7 \pm 5.5
A3.1	357	254	0.71	11.7	26.74	0.0452 \pm 11	0.2340 \pm 11	0.0376 \pm 2.5	617	237.7 \pm 5.8
A4.1	286	180	0.63	8.71	28.62	0.0511 \pm 8.5	0.2470 \pm 8.9	0.0351 \pm 2.6	9	222.2 \pm 5.8
A5.1	536	515	0.96	17.7	26.34	0.0512 \pm 3.3	0.2700 \pm 4.1	0.0382 \pm 2.5	3	241.9 \pm 5.8
A6.1	719	246	0.34	22.5	27.57	0.0511 \pm 3.9	0.2560 \pm 4.5	0.0363 \pm 2.4	7	229.6 \pm 5.4
A7.1	225	142	0.63	6.94	28.52	0.0429 \pm 13	0.2070 \pm 13	0.0349 \pm 2.6	227	221.4 \pm 5.7
A8.1	519	375	0.72	15.9	28.35	0.0507 \pm 4.4	0.2470 \pm 5.0	0.0354 \pm 2.4	2	224.0 \pm 5.3
A9.1	302	165	0.54	9.59	27.56	0.0522 \pm 5.4	0.2630 \pm 6.0	0.0366 \pm 2.5	22	231.4 \pm 5.7
A10.1	227	134	0.59	13.7	28.21	0.0558 \pm 6.7	0.5370 \pm 7.1	0.0698 \pm 2.5	808	435.0 \pm 10
A11.1	384	239	0.62	11.8	14.48	0.0454 \pm 6.5	0.2210 \pm 6.9	0.0353 \pm 2.5	2	223.8 \pm 5.4
A12.1	248	140	0.56	7.58	28.51	0.0480 \pm 8.8	0.2320 \pm 9.2	0.0351 \pm 2.6	-128	222.2 \pm 5.6
A13.1	451	279	0.62	14.5	26.91	0.0515 \pm 4.6	0.2640 \pm 5.2	0.0371 \pm 2.4	11	235.0 \pm 5.6
A14.1	307	321	1.05	9.41	28.11	0.0504 \pm 5.4	0.2460 \pm 6.1	0.0354 \pm 2.8	-5	224.0 \pm 6.1
A15.1	412	206	0.50	11.5	30.93	0.0451 \pm 9.7	0.2000 \pm 10	0.0322 \pm 2.6	493	204.2 \pm 5.3
A16.1	374	118	0.31	29.8	10.63	0.0697 \pm 1.6	0.8880 \pm 3.1	0.0924 \pm 2.7	38	569.0 \pm 15
A17.1	339	246	0.73	10.7	27.48	0.0566 \pm 4.7	0.2870 \pm 5.3	0.0368 \pm 2.5	51	233.0 \pm 5.6
编号	U/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Th/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*/\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^*$	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}\pm 1\sigma$	不谐和度/%	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ $\pm 1\sigma/\text{Ma}$
20JH-10(临沧岩基南段黑云母二长花岗岩)										
B1.1	876	129	0.15	28.0	26.93	0.0512 \pm 2.7	0.2621 \pm 3.7	0.0371 \pm 2.5	7	234.7 \pm 5.9
B2.1	507	204	0.40	15.8	26.82	0.0487 \pm 4.4	0.2430 \pm 5.0	0.0361 \pm 2.4	-69	228.6 \pm 5.5
B3.1	886	197	0.22	29.3	25.84	0.0489 \pm 3.5	0.2580 \pm 4.2	0.0382 \pm 2.4	-67	241.6 \pm 5.6
B4.1	1808	37	0.02	61.1	25.45	0.0532 \pm 1.5	0.2884 \pm 2.8	0.0393 \pm 2.4	26	248.7 \pm 5.8
B5.1	360	133	0.37	9.37	33.35	0.0545 \pm 6.4	0.2270 \pm 6.9	0.0301 \pm 2.7	51	191.4 \pm 5.1
B6.1	347	112	0.32	10.2	29.62	0.0527 \pm 5.6	0.2460 \pm 6.1	0.0339 \pm 2.5	32	214.9 \pm 5.3
B7.1	1170	968	0.83	35.9	28.31	0.0505 \pm 3.6	0.2480 \pm 4.3	0.0355 \pm 2.4	-2	225.0 \pm 5.2
B8.1	542	122	0.23	18.9	25.61	0.0505 \pm 10	0.2770 \pm 11	0.0398 \pm 2.5	-16	251.7 \pm 6.2
B9.1	866	382	0.44	267	2.855	0.1921 \pm 0.4	9.510 \pm 2.4	0.3589 \pm 2.4	28	1977 \pm 41
B10.1	364	241	0.66	11.0	28.90	0.0562 \pm 4.6	0.2710 \pm 5.3	0.0349 \pm 2.6	52	221.3 \pm 5.7
B11.1	292	154	0.53	9.28	27.41	0.0560 \pm 4.9	0.2840 \pm 5.6	0.0367 \pm 2.5	49	232.6 \pm 5.8
B12.1	653	336	0.51	21.1	26.79	0.0541 \pm 2.2	0.2801 \pm 3.3	0.0376 \pm 2.4	36	237.7 \pm 5.6
B13.1	277	216	0.78	8.80	27.96	0.0608 \pm 9.5	0.3050 \pm 9.9	0.0364 \pm 2.8	64	230.5 \pm 6.3
B14.1	294	85	0.29	9.17	28.10	0.0479 \pm 18	0.2340 \pm 19	0.0355 \pm 2.7	-137	224.8 \pm 6.0
B15.1	719	510	0.71	22.2	28.35	0.0549 \pm 6.4	0.2710 \pm 6.9	0.0358 \pm 2.7	44	226.9 \pm 6.0

续表 1

编号	U/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Th/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*/\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}^*$	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}\pm 1\sigma$	不谐和度/%	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ $\pm 1\sigma/\text{Ma}$
02DX-95 (忙怀组标准剖面中段流纹岩)										
D1.1	340	174	0.51	10.5	28.10	0.0475 \pm 6.5	0.2330 \pm 8.2	0.0356 \pm 5.0	-201	225.2 \pm 11.1
D2.1	204	98	0.48	6.22	28.20	0.0538 \pm 3.6	0.2630 \pm 6.2	0.0354 \pm 5.0	38	224.3 \pm 11.1
D3.1	877	755	0.86	30.3	25.00	0.0549 \pm 4.6	0.3020 \pm 6.7	0.0399 \pm 4.9	38	252.4 \pm 12.0
D4.1	364	169	0.46	12.3	25.60	0.0495 \pm 5.1	0.2660 \pm 7.1	0.0390 \pm 4.9	-43	247.8 \pm 12.9
D5.1	272	122	0.45	8.59	27.60	0.0473 \pm 7.1	0.2370 \pm 8.6	0.0363 \pm 4.9	-251	230.6 \pm 11.1
D6.1	137	48	0.35	4.67	25.90	0.0428 \pm 13	0.2280 \pm 14	0.0387 \pm 5.0	235	245.6 \pm 12.0
D7.1	235	144	0.61	6.83	30.20	0.0478 \pm 8.9	0.2180 \pm 10	0.0331 \pm 4.9	-132	210.9 \pm 10.2
D8.1	248	130	0.52	8.33	25.80	0.0505 \pm 5.8	0.2690 \pm 7.6	0.0387 \pm 4.9	-14	245.0 \pm 12.8
D9.1	51	16	0.31	1.87	24.80	0.052 \pm 38	0.2900 \pm 38	0.0404 \pm 5.6	11	255.2 \pm 14.9
D10.1	181	110	0.61	5.81	27.10	0.0487 \pm 6.2	0.2480 \pm 8.0	0.0369 \pm 4.9	-73	234.6 \pm 11.4
D11.1	107	40	0.38	4.04	23.20	0.0604 \pm 9.9	0.3600 \pm 11	0.0432 \pm 5.0	56	272.4 \pm 13.3
D12.1	418	372	0.89	12.1	29.90	0.0543 \pm 3.0	0.2500 \pm 5.8	0.0334 \pm 4.9	45	212.7 \pm 10.2
D13.1	335	216	0.64	11.5	25.30	0.0539 \pm 5.2	0.2940 \pm 7.2	0.0395 \pm 4.9	32	250.0 \pm 12.0
D14.1	388	173	0.45	12.0	27.90	0.0518 \pm 7.1	0.2560 \pm 8.6	0.0358 \pm 4.9	18	227.0 \pm 11.9
D15.1	329	249	0.76	9.67	29.50	0.0521 \pm 7.1	0.2430 \pm 8.6	0.0338 \pm 4.9	26	215.6 \pm 10.4
D16.1	215	135	0.63	7.27	25.80	0.0491 \pm 8.9	0.2630 \pm 10	0.0388 \pm 5.0	-60	245.3 \pm 12.0
D17.1	413	210	0.51	15.3	23.30	0.0528 \pm 3.2	0.3120 \pm 5.9	0.0429 \pm 4.9	15	271.6 \pm 13.9
D18.1	256	161	0.63	7.35	30.50	0.0504 \pm 8.7	0.2280 \pm 10.0	0.0328 \pm 4.9	3	208.1 \pm 10.1
D19.1	207	87	0.42	6.88	26.00	0.0636 \pm 3.0	0.3380 \pm 6.1	0.0385 \pm 5.3	67	244.5 \pm 13.7
D20.1	489	396	0.81	14.7	28.70	0.0547 \pm 2.3	0.2630 \pm 5.4	0.0349 \pm 4.9	44	221.1 \pm 11.6

3.0 Ma ($n=14$, MSWD=1.27)的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄的加权平均值。

3.3 临沧岩体南段黑云母二长花岗岩

样品 20JH-10 采自景洪-勐海 214 国道 3120 km 界桩附近采石场, 位于临沧花岗岩体南段, 岩性为黑云母二长花岗岩, 块状构造, 细粒结构, 矿物组成主要为钾长石(20%)、斜长石(40%, An=32)、石英(25%)、黑云母(15%), 以及少量的副矿物锆石、磷灰石、榍石、磁铁矿等。在阴极发光图象上, 代表性锆石具强烈振荡韵律环带结构, 为典型岩浆成因锆石(图 2(e), (f))。15 个分析点的 Th 含量变化为 37~968 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, U 含量变化为 292~1808 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, 除点 B4.1 的 Th/U 比值为 0.02 外, 其余分析点 Th/U 比值变化于

0.15~0.83 之间。15 个分析点中 B9.1 给出了 1977 \pm 44 Ma 的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表观年龄, 可能表明该区存在早元古代的古老基底, 与扬子周边存在古老基底相似[13-15]。其余 14 个分析点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表观年龄变化于 191~252 Ma, 但点 B4.1 具有明显高的 U 的含量(1808 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)以及较低的 Th/U 比值, 且 B4.1, B5.1, B6.1 和 B8.1 分析点明显偏离正态分布, 为离群数据点(图 3(f))。其他 10 个数据点在谐和曲线图上成群分布(图 3(e)), 给出了 230.4 \pm 3.6 Ma ($n=10$, MSWD=1.36)的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄的加权平均值。

4 讨论

4.1 忙怀组流纹岩的形成时代

忙怀组为本区三叠纪火山岩系地层最下部层位,

1) 见 125 页脚注

在该区的云县、景洪和景谷等地都有分布,以云县棉花地和景洪邦沙地区最为典型¹⁾。分上下岩性段,其下段为一套灰黄、褐红色凝灰质、泥岩、砂质碎屑岩层,夹中酸性火山岩层,常以一套复成分砾岩与二叠纪地层不整合或断层接触,其生物化石显示为中三叠世早期;中上段为一套流纹岩、流纹斑岩、流纹质火山碎屑岩和玄武岩的“双峰式”火山岩,其下部以酸性火山岩夹灰绿色,灰黑色气孔状,致密状玄武岩,中部为灰绿色黑色,紫色杏仁状,气孔状安山玄武岩为特征,约占忙怀组火山岩厚度的 3%~8%。上部为紫色,灰紫色英安岩,流纹岩夹火山碎屑岩¹⁾。由于该火山碎屑岩系内缺失生物依据,因此其形成时代没有得到很好地约束¹⁾。本次研究中样品 02DX-95 所给出的 231.0 ± 5.0 Ma SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄,代表了该段获得忙怀组上段中下部流纹岩的形成年龄,也大致确认了忙怀组火山岩的形成时代,与该区德钦鲁春-红坡牛场三叠纪“双峰式”火山岩^[46]及兰坪盆地三叠纪攀天阁组火山岩^[47]的形成年龄相似。这与该段火山碎屑岩与下段沉积(中三叠世早期)似有沉积间断的地质认识相吻合¹⁾。

4.2 临沧复式岩体的主体形成时代

临沧花岗岩体作为滇西三江地区出露面积最大的岩基,是古特提斯构造演化过程中的重要产物。由于岩基本身的复杂性和测年手段的局限性(主要是全岩/单矿物 K-Ar、全岩 Rb-Sr 年龄和颗粒锆石 U-Pb 或 Pb-Pb 蒸发年龄),对其形成年龄一直有着不同的看法,如:陈吉琛^[48]认为临沧岩体形成于 279~210 Ma;刘昌实等^[49]认为临沧复式岩基大致形成于 292~275 Ma;云南省区域地质志^[1]则认为该岩基形成于晋宁期,主体形成于华力西-印支期;秦元季²⁾则认为该岩基主要形成于 255~180 Ma。李兴林^[7]在评估已发表年代学资料的基础上认为临沧复式岩基是一个多期次多阶段岩浆侵入活动所构成的岩基,认为至少包括晋宁期、华力西期和印支期等几个期次的侵入体。最近,俞赛赢等^[6]对被二长花岗岩主体岩性所侵入或呈残留体或捕虏体存在的花岗闪长岩进行 SHRIMP

锆石 U-Pb 定年时获得了 269 ± 37 Ma 的年龄,认为其形成于二叠纪。本次研究获得的临沧岩体南北段代表该岩体主体岩性的二长花岗岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄分别为 230.4 ± 3.6 和 229.4 ± 3.0 Ma,在误差范围内一致,代表了该岩体二长花岗岩主体的形成年龄,即临沧岩基主体很可能形成于中三叠世,与维西白马雪山花岗岩基 (SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 239 ± 6 Ma)^[20]以及忙怀组火山岩(约 231 Ma)有着相近的形成年龄,应是同一次构造岩浆事件产物。尽管目前尚不足以排除临沧岩基中包含有前中生代岩体的存在,但在此我们推测临沧岩基可能主要由二叠纪花岗闪长岩、中三叠世二长花岗岩(主体)和部分燕山期花岗岩(补体)所构成的一个巨型复式岩基。

20JH-10 黑云母二长花岗岩中 B9.1 给出的 1977 ± 44 Ma 和黑云母二长花岗岩 02DX-137 H10.1 和 H16.1 分析点所给出的 435.0 ± 10 和 569.0 ± 15 Ma $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表观年龄,表明临沧岩基中二长花岗岩的起源与地壳物质关系密切,也暗示区内存在与扬子周边相似的早元古代基底^[13-15]且很可能经历了泛非和加里东构造事件的叠加改造。

4.3 构造意义

近 20 年来,在昌宁-孟连带和澜沧江带相继发现/识别出的高压蓝闪石片岩、蛇绿岩、构造混杂岩、变质带、洋岛/洋脊/弧火山岩和弧花岗岩,记录了晚古生代末该区存在古特提斯洋消减和陆陆(弧)碰撞作用。尽管对其俯冲碰撞时限还没有很好的限定,但晚古生代沉积/岩浆建造及其所揭示的构造背景、279 Ma 的蓝闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄,晚古生代末区内构造-岩浆-沉积作用响应^[2,3,21-25]、Sukhothai-Chang Mai-临沧巨型南北花岗岩带的三叠纪年龄^[19,20,27]及三叠纪之后古特提斯演化历史的结束^[3,13]表明昌宁-孟连洋的关闭和随之的陆陆(弧)碰撞主要发生在 P_1-T_2 ^[2,3,13]。而晚三叠世小定组及相当层位火山岩以及晚三叠世

1) 见 125 页脚注

2) 秦元季. 滇西临沧花岗岩基的基本特征和构造侵位机制. 中国科学院地质研究所博士论文, 1999

末一碗水组(T_{3y})类前陆盆地沉积, 标志着古特提斯演化的结束^[3,13]。

而以往针对该区临沧岩体和三叠纪火山岩的研究常将其识别为同碰撞型花岗岩或碰撞型火山岩, 或同步俯冲型弧火山岩或滞后型火山岩^[2,19]。为此, 我们综合了目前已发表的和作者未刊的有关临沧岩体主体岩性(二长花岗岩)和忙怀组酸性火山岩的地球化学资料。忙怀组与临沧岩基中二长花岗岩具有相似的地球化学特征: A/NCK 比值绝大部分小于 1.0, $K_2O/Na_2O > 1.1$, $K_2O+Na_2O=5.71\% \sim 8.34\%$; 在构造环境判别图解上(图 4(a), (b)), 样品都落在火山弧区域(图 4(a))或碰撞晚期-碰撞后环境(图 4(b)), 同时考虑到忙怀组酸性火山岩初始 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 为 0.7082~0.7104, (课题组未刊数据), 具有与该区兰坪盆地攀天阁组酸性火山岩(全岩 Rb-Sr 年龄约 224 Ma, 初始 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 为 0.7072)^[17]和德钦鲁春-红坡牛场上叠裂谷盆地酸性火山岩(全岩 Rb-Sr 年龄约 235 Ma, 初始 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 为 0.7065~0.7199)^[16]相似的岩石组合、地球化学特征和形成时代, 而这些火山岩是以一套酸性火山岩夹玄武质岩石为特征的“双峰式”火山岩, 这种形成时代相近、地球化学特征相似的一套以“双峰式”为特征火山岩更可能适合于理解为碰撞晚期-碰撞后构造环境产物。因此具相似地球化学特征、均形成于~230 Ma 的临沧岩基中二长花岗岩与忙怀组酸性火山岩很可能形成于碰撞晚期-碰撞后构造背景。结合区域上双江粟义蓝片岩中 279 Ma 的蓝闪石 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 年龄, 区内

缺失下三叠统的沉积建造特征及临沧岩基中二叠纪花岗闪长岩的野外产出, 我们认为: 在二叠纪, 三江地区古特提斯洋(昌宁-孟连洋)的俯冲形成弧岩浆岩(约 270 Ma 花岗闪长岩^[4,7])和增生杂岩(279 Ma 的蓝片岩); 二叠末-早三叠世很可能是缅甸马陆块与思茅地块主碰撞作用时间, 而中三叠世以来进入了碰撞后造山阶段, 中晚二叠世-早三叠世由于碰撞造山作用所加厚的地壳物质在滞后增温效应基础上部分熔融形成花岗岩浆和酸性火山作用^[29-30], 临沧岩基中二长花岗岩和忙怀组酸性火山岩可能是其典型代表。而中新生的构造作用(如新生代走滑作用)等导致临沧岩基及区内基底地层抬升剥蚀而出露地表, 从而呈现现今之构造-岩浆作用景观^[2]。

5 结论

澜沧江南段临沧花岗岩基中南、北段黑云母二长花岗岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄分别为 229.4 ± 3.0 和 230.4 ± 3.6 Ma, 云县棉花地忙怀组标准剖面上段流纹岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 231.0 ± 5.0 Ma, 表明忙怀组火山岩和临沧岩基主体岩性之二长花岗岩具有相似的形成时代, 即中三叠世。其构造背景很可能属碰撞晚期-碰撞后构造环境。其中临沧岩基中二长花岗岩也同时给出了 1977 ± 44 , 435.0 ± 10 和 569.0 ± 15 Ma 的 $^{206}Pb/^{238}U$ 表观年龄信息, 暗示区内可能存在与扬子周边相似的早元古代基底且经历过泛非和加里东构造事件的叠加改造。

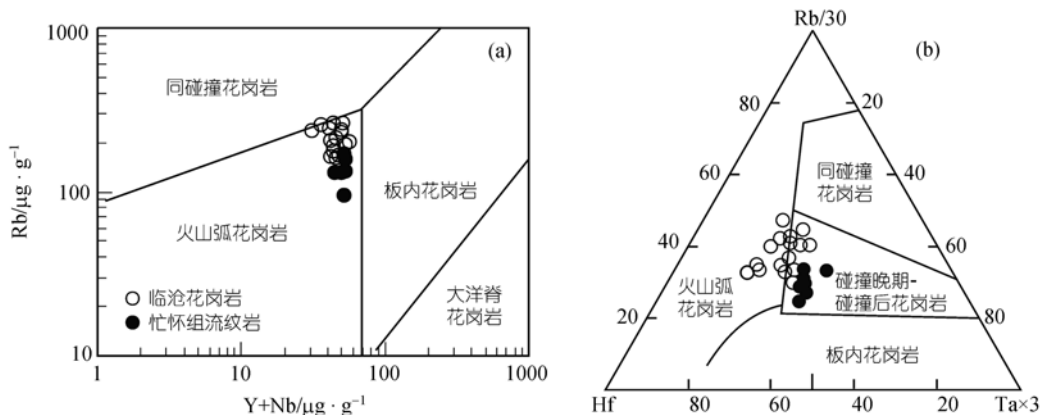


图 4 澜沧江南段中三叠世火成岩构造环境判别图解^[28]
(其中临沧花岗岩的数据引自文献[3]; 忙怀组流纹岩引自作者未刊数据)

致谢 野外工作得到邱华宁、云南省地矿局张志斌老师等的大力帮助, 评审专家所提出的建设性意见和批评, 在此一并表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- 1 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志. 地质出版社: 北京, 1990. 291~301
- 2 莫宣学, 沈上越, 朱勤文. 三江中南段火山岩蛇绿岩与成矿. 北京: 地质出版社, 1998
- 3 钟大赉等著. 滇川西部古特提斯造山带. 北京: 科学出版社, 1998, 1~231
- 4 赵大升, 刘祥品. 滇西北碰撞型火山岩的地球化学特征. 地球化学, 1994, 33: 235~244
- 5 朱勤文, 张双全, 谭 劲. 南澜沧江结合带火山岩岩浆成因. 现代地质, 1999, 2: 137~142
- 6 俞赛赢, 李昆琼, 施玉萍, 等. 临沧花岗岩基中段花岗闪长岩类研究. 云南地质, 2003, 22(4): 426~442
- 7 李兴林. 临沧复式花岗岩基的基本特征及形成构造环境的研究. 云南地质, 1996, 15(1): 1~18
- 8 Claoue-Long J C, Compston J, Roberts C M, Fanning. Two Carboniferous ages: a comparison of SHRIMP zircon dating with conventional zircon ages and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analysis, in: Geochronology Time Scales and Global Stratigraphic Correlation 54, SEPM Special Publication, 1995, 3~21
- 9 Williams I S, Claesson S. 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, 1987, 97: 205~217[DOI]
- 10 Williams I S, Buck I S, Cartwright I. An extended episode of early Mesoproterozoic metamorphic fluid flow in the Reynolds Range, central Australia. Journal of Metamorphic Geology, 1996, 14: 29~47[DOI]
- 11 Steiger R H, Jager E. Subcommittee on geochronology: Convention or the use of decay constants in geo- and cosmo-chronology. Earth Plan Sci Lett, 1997, 36: 359~362[DOI]
- 12 Compston W, Williams I S, Mayer C. U-Pb geochronology of zircons from Lunar Breccia 73217 using a Sensitive High Resolution Ion Microprobe. Proc. XIV Lunar Planetary Science Conference. J Geophys Res, 1984, 89(supp.): B525~534
- 13 从柏林, 吴根耀, 张 旗, 等. 中国滇西古特提斯构造带岩石大地构造演化. 中国科学, B 辑, 1993, 23(11): 1201~1207
- 14 Qiu Y M, Gao S, McNaughton N J, et al. First evidence of >3.2 Ga continental crust in the Yangtze craton of south China and its implications for Archean crustal evolution and Phanerozoic tectonics. Geology, 2000, 33(4): 309~314
- 15 郑永飞. 新元古代岩浆活动与全球变化. 科学通报, 2003, 48(16): 1705~1720
- 16 王立全, 李定谋, 管士平, 等. 云南德钦鲁春-红坡牛场上二叠裂谷盆地“双峰式”火山岩的 Rb-Sr 年龄值. 沉积与特提斯地质, 2002, 22(1): 65~71
- 17 牟传龙, 余 谦. 云南兰坪盆地攀天阁组火山岩的 Rb-Sr 年龄. 地层学杂志, 2002, 26(4): 289~292
- 18 陈吉琛. 滇西花岗岩时代划分及同位素年龄值选用讨论. 云南地质, 1987, 6: 101~113
- 19 刘昌实, 朱金初. 滇西临沧复式岩基特征研究. 云南地质, 1989, 8(3-4): 189~204
- 20 简 平, 刘敦一, 孙晓猛. 滇西白马雪山和鲁甸花岗岩基 SHRIMP U-P 年龄及其地质意义. 地质学报, 2003, 24(4): 338~342
- 21 刘本培. 滇西南昌宁-孟连带和澜沧江带古特提斯多岛洋构造演化. 地球科学, 1993, 18(5): 529~538
- 22 刘福田, 刘建华, 何建坤, 等. 滇西特提斯造山带下扬子地块的俯冲板片. 科学通报, 2000, 45(1): 79~84
- 23 彭兴阶, 罗万林. 滇西澜沧江南段蓝闪片岩带的发现及其大地构造意义. 中国区域地质(2), 北京: 地质出版社, 1982. 69~75
- 24 李继亮. 滇西三江带的大地构造演化. 地质科学, 1988, 4: 337~346
- 25 张 旗, 周德进, 赵大升, 等. 滇西古特提斯造山带的威尔逊旋回: 岩浆活动记录和深部过程讨论. 岩石学报, 1996, 12(1): 17~28
- 26 Cobbing E J, Pitfield P E, Darbyshire D P F, et al. The granites of the South-East Asian Tin Belt. Overseas Memoir of the British Geological Survey. 1992, 10:1~369, Her Majesty's Sth Off, Norfolk, England
- 27 Mahawat C, Atherton M P, Brotherton M S. The Tak batholith, Thailand: the evolution of contrasting granite types and implications for tectonic setting. J SE Asia Earth Sci, 1990, 4: 11~27
- 28 Pearce, J A, Harris N B W, Tindle A G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. J Petrol, 1984, 25: 956~983
- 29 England P C, Thompson A B. P-T-t Paths of regions metamorphism. I: heat transfer during the evolution of regions of thickened continental crust. J Petrol, 1984, 25: 894~928
- 30 王岳军, Zhang Y H, 范蔚茗, 等. 湖南印支期过铝质花岗岩的形成: 岩浆底侵与地壳加厚热效应的数值模拟. 中国科学, D 辑, 2002, 32(6): 491~499[PDF]