

滇西云龙县漕涧地区中三叠世流纹岩的厘定及其对古特提斯构造体制转化的约束

熊波^{1,2}, 黄亮^{1,2*}, 王晓林¹, 朱勋早¹, 王晓峰¹, 浦涛¹, 宋冬虎¹, 方雄¹, 杨仕潘¹
XIONG Bo^{1,2}, HUANG Liang^{1,2*}, WANG Xiaolin¹, ZHU Xunzao¹, WANG Xiaofeng¹, PU Tao¹,
SONG Donghu¹, FANG Xiong¹, YANG Shipan¹

1. 云南省地质调查院, 云南 昆明 650216;

2. 自然资源部三江成矿作用及资源勘查利用重点实验室, 云南 昆明 650051

1. Yunnan Institute of Geological Survey, Kunming 650216, Yunnan, China;

2. MNR Key Laboratory of Sanjiang Metallogeny and Resources Exploration and Utilization, Kunming 650051, Yunnan, China

摘要:1:5万区域地质调查表明,在滇西澜沧江断裂带与保山地块之间断续出露一套中—晚三叠世中酸性—酸性火山岩、火山碎屑岩、火山—沉积岩,主要出露于云南云龙县漕涧、昌宁县珠山、凤庆县大四甲、双江县勐库、勐海县曼养等地,属弧间盆地内的火山—沉积岩系。对云龙县漕涧一带出露的流纹岩进行了地球化学和锆石 U—Pb 测年。结果表明,其 A/CNK=1.05~2.44,为一套过铝质的高钾钙碱性—钾玄岩系列,LA-ICP-MS 锆石 U—Pb 年龄为 235.8±4.9 Ma、235.2±5.6 Ma,属中三叠世。在地球化学特征上,该套火山岩以显著富集 Nb、Ta、Th、Zr、Hf、Y 等高场强元素(HFSE),亏损 Sr、Ba 等大离子亲石元素及 P、Ti 等高场强元素为特征,属中—上部地壳变质沉积岩低压角闪岩相条件下的低程度部分熔融物,是碰撞造山作用结束后,区域性地壳松弛过程中,深部地幔物质上涌引起的加热增温与隆升减压熔融联合作用的结果。往南至凤庆县、双江县等地,该套火山岩逐渐向准铝质—过铝质的高钾钙碱性—钙碱性系列过渡;微量元素蛛网图显示明显的“T—N—T”的负异常,指示在隆升减压条件下,受俯冲流体交代的中—下地壳物质在高压角闪岩相—麻粒岩相条件下发生了较高级别的部分熔融作用。这套三叠纪火山岩虽然在岩浆源区、部分熔融程度、岩浆形成的温—压条件等方面存在差异,但都是古特提斯洋关闭后,大洋构造体制向大陆构造体制转化的深部过程在地表的反映。

关键词:中三叠世流纹岩;隆升减压熔融;弧间盆地;构造体制转换;滇西

中图分类号:P534.42;P588.121 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2021)07-1094-12

Xiong B, Huang L, Wang X L, Zhu X Z, Wang X F, Pu T, Song D H, Fang X, Yang S P. Determination of Middle Triassic rhyolite in Caojian area, Yunlong County of western Yunnan, and its constraints on the Paleo-Tethys tectonic system transition. *Geological Bulletin of China*, 2021, 40(7): 1094–1105

Abstract: In recent years, 1:50 000 regional geological survey reveals that a set of intermediate-acid and acid volcanic rocks, pyroclastic rocks and volcanic-sedimentary rocks of the Middle-Late Triassic are intermittently outcropped between the Lancang River fault in western Yunnan and Baoshan block. They are mainly outcropped in Caojian, Yunlong County, Zhushan, Changning County, Dasijia,

收稿日期:2019-08-20;修订日期:2020-04-13

资助项目:中国地质调查局项目《全国陆域及海区地质图件更新与共享》子项目《云南省系列地质图件数据处理与洋板块地质研究》(编号:DD20190370)、《云南1:5万归州、宝丰、漕涧、功果街幅区域地质调查》(编号:1212010000150007-26)和《云南省1:5万撒马基幅因民幅贵城幅舒姑幅4幅区域地质调查》(编号:D201905)

作者简介:熊波(1988-),男,工程师,从事区域地质调查工作。E-mail:294983017@qq.com

*通信作者:黄亮(1985-),男,高级工程师,从事区域地质调查工作。E-mail:409090169@qq.com

Fengqing County, Mengku, Shuangjiang County, Manyan, Menghai County and other places, belonging to the volcanic-sedimentary rock series in the interarc basin. The study focuses on the rhyolite outcropped in Caojian of Yunlong County. Its A/CNK value of 1.05–2.44 indicates a peraluminous high-potassium calc-alkaline-potassic series. The zircon LA-ICP-MS U-Pb ages of 235.8 ± 4.9 Ma and 235.2 ± 5.6 Ma implies Middle Triassic. This set of volcanic rocks is chemically characterized by significant enrichment of high field strength elements such as Nb, Ta, Th, Zr, Hf and Y, depletion of large ionic elements such as Sr and Ba, and high field strength elements such as P and Ti. It is a low-grade partial melt under the condition of low-pressure amphibolite facies of metamorphic sedimentary rocks in the middle-upper crust. It is the result of the combined heating, warming, uplifting, decompression and melting caused by upwelling of deep mantle materials in the process of regional crustal relaxation after collision orogeny. Southward to Fengqing County, Shuangjiang County and other places, this set of volcanic rocks gradually transit to a quasi-aluminum-peraluminous series of high potassium calc-alkaline-calc-alkaline. The cobweb diagram of trace element ratio shows obvious negative anomaly of "T-N-T", which indicates a high degree of partial melting under the conditions of high-pressure amphibolite facies-granulite facies of the middle-lower crust metasomatized by subduction fluid under the conditions of uplift and decompression. Although there are some differences in magma source, partial melting degree and temperature-pressure conditions for magma formation, these Triassic volcanic rocks are all the reflection of the deep process of transition from oceanic tectonic system to continental tectonic system on the surface after the closure of the Paleo-Tethys Ocean.

Key words: Middle Triassic rhyolite; uplift decompression melting; inter arc basin; tectonic system transition; western Yunnan

滇西昌宁-孟连地区位于全球性的特提斯造山带东段,属云南省境内著名的昌宁-孟连构造带中段,保留有较完整的原-古特提斯构造演化不同阶段的物质记录,是研究特提斯洋盆形成及发展演化的重要地区。许多专家学者对该地区进行了较深入的研究,普遍认为昌宁-孟连构造带是古特提斯洋盆最终关闭的场所^[1-13]。但对于昌宁以北地区的昌宁-孟连结合带的物质组成、结构样式等鲜有报道;对于洋盆关闭后,大洋构造体制向大陆构造体制转化的记录也缺乏深入研究。

云南省地质调查院^①完成的 1:5 万归州、宝丰、漕涧、功果街幅区域地质调查项目,在昌宁以北的漕涧地区厘定出了一套蛇绿混杂岩——铁厂蛇绿混杂岩,其为古特提斯洋盆残迹的北向延伸。在该蛇绿混杂岩中发现一套异常富集 Nb、Th、Zr、Hf 等高场强元素(HSFE)的流纹岩,但其本身并非蛇绿混杂岩的组成部分。按照其 Nb、Ta 含量换算, $(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_5 = 0.0120\% \sim 0.0530\%$, 达到了原生铌矿床的边界品位($0.05\% \sim 0.06\%$)^[14], 显示了良好的找矿远景。本文主要对这套特殊流纹岩的主量、稀土、微量元素、锆石 U-Pb 年龄进行研究,并与滇西澜沧江构造带上的其他三叠纪火山岩进行对比,探讨岩浆的起源、演化、形成的构造背景及其区域构造意义。

1 区域地质概况与岩相学特征

滇西澜沧江构造带是“三江”构造带的重要组

成部分,位于特提斯-喜马拉雅构造域三江褶皱系中南部,主体部分集中在澜沧江断裂及其附近呈南北向展布的狭长地带。在区域构造上,其东侧是昌都-思茅地块,西侧是属缅甸马微大陆的保山地块^[15-21]。带内广泛发育二叠纪—三叠纪岩浆岩,主要由临沧花岗岩体和三叠纪火山岩系组成(图 1)。针对澜沧江带三叠纪火山岩,前人做过大量的工作,研究程度较高。但这些三叠纪火山岩均分布于澜沧江断裂带东侧,随着近年地质调查工作程度的提高,在澜沧江断裂带以西、保山地块以东的区域内断续发现少量三叠纪火山-沉积岩系,在火山-沉积充填序列、岩石地球化学特征、成矿作用上与保山地块上的晚三叠世牛喝塘组^③、澜沧江断裂带东侧的中三叠世芒怀组、晚三叠世小定西组^[15-21]^④均有明显差异。目前已发现该套三叠纪火山-沉积岩系主要分布于凤庆县三岔河—大四甲、双江县勐库嘎告山—勐库华侨农场八队、勐海县大勐龙西侧曼养—曼南坎及本文研究的云龙县漕涧镇铁厂一带(图 1)。

凤庆县三岔河—大四甲一带的火山-沉积岩系岩性主要为角闪英安岩、(黑云)角闪英安质凝灰岩、安山岩夹玻屑晶屑英安质凝灰岩,可划分为 3 个喷发-沉积韵律,构成一个喷发-沉积旋回,1:5 万营盘等 2 幅区域地质报告^②将这套火山-沉积地层命名为上三叠统雪山组(T_3x_3)。在英安岩、英安质凝灰岩中获得 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 209.7 ± 0.81 Ma、 218.8 ± 0.7 Ma,属晚三叠世,并认为

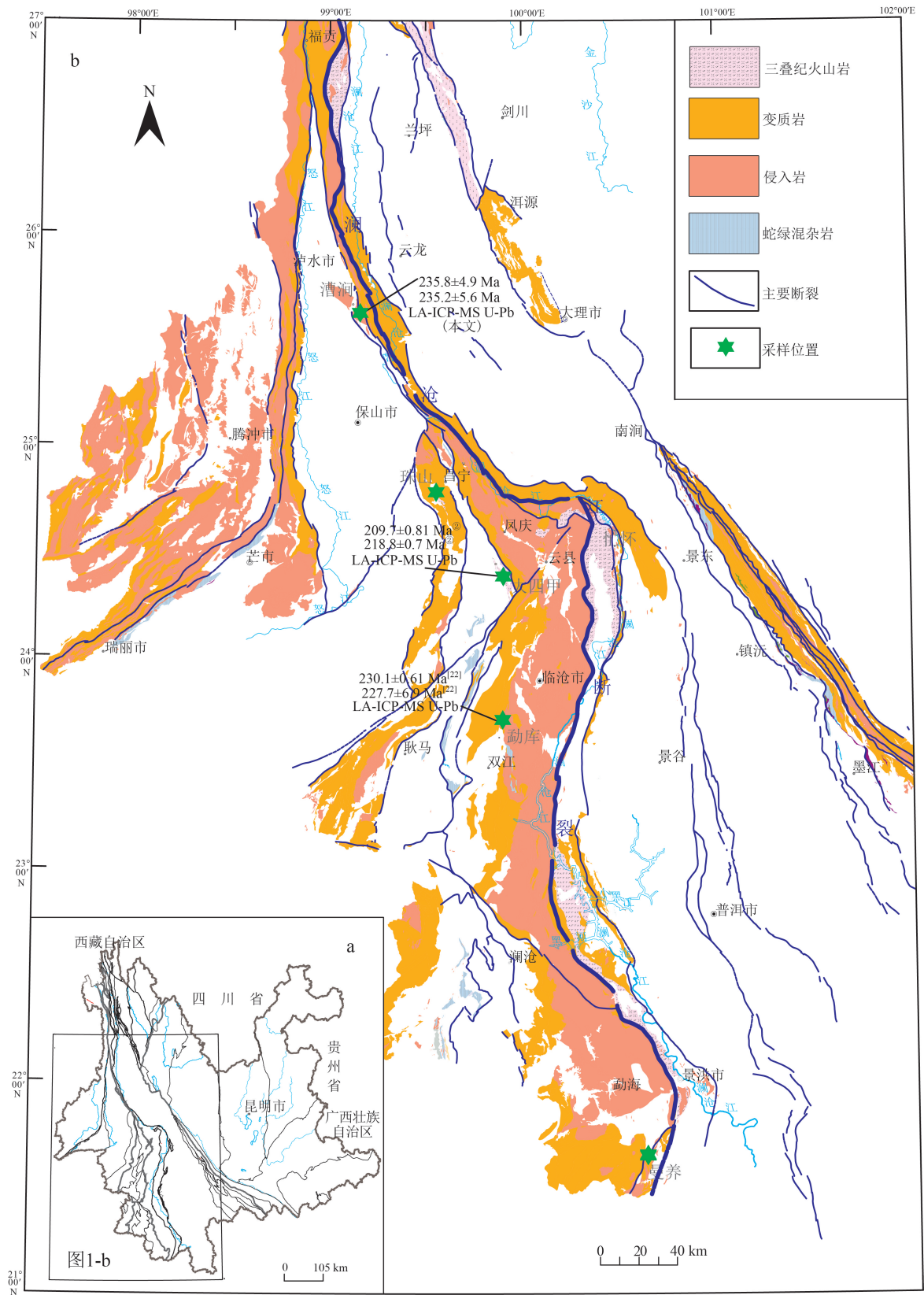


图 1 研究区地质简图及采样位置

Fig. 1 Geological map showing sampling location of the study area

是后造山阶段的火山喷发作用的产物^{[23]②}。

双江县勐库嘎告山—勐库华侨农场八队一带,与漕涧地区类似,该套火山—沉积岩系与湾河蛇绿混杂岩密切相伴产出,与周围的地质体均呈断裂接触,但其本身并非蛇绿混杂岩的组成部分。以英安质凝灰岩为主,含少量英安岩,与大量的长石石英砂岩—粉砂岩—泥岩等共生,局部发育鲍马序列、平行层理等。在英安岩中获得 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 230.4 ± 2.3 Ma、 227.7 ± 3.6 Ma、 230.1 ± 0.61 Ma,也属晚三叠世。该套火山—沉积岩系被认为是未经历过强烈结晶分异的原生岩浆,虽然具有弧火山岩的地球化学特点,但属碰撞造山之后,在弧间盆地内火山—沉积作用的产物^{[22]⑤}。

勐海县大勐龙西侧曼养—曼南坎一带,也发育一套火山—沉积岩系,前人将其划归古近纪^{⑥⑦},但 1:5 万大勐龙等 6 幅区域地质调查项目在侵入该套火山岩中的石英二长岩、正长花岗岩、角闪辉绿岩中获得 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 225~230 Ma,故认为这套火山岩不可能属古近纪,而可能属中—晚三叠世^⑧。遗憾的是,该地区属热带雨林气候,化学风化强烈,新鲜岩石稀少,缺乏火山熔岩的直接年代学依据及地球化学样品。

研究区位于云龙县漕涧镇铁厂一带,大地构造位置位于班公湖—双湖—怒江—昌宁—孟连对接带的怒江—昌宁—孟连结合带,以西为保山地块,以东为崇山—临沧地块及昌都—兰坪—思茅地块,为昌宁—孟连结合带挤压最强烈的地带。研究区出露地质体由西向东依次有保山地块古生界沉积地层、漕涧岩

体、铁厂蛇绿混杂岩、崇山变质杂岩、无量山岩群及兰坪—思茅地块中生界红层。本文在 1:5 万归州等 4 幅漕涧镇铁厂一带厘定的中三叠统流纹岩出露于漕涧镇西南的拉细山、松坡村、铁厂等地(图 1),出露面积约 1.18 km^2 ,呈断片展布于铁厂蛇绿混杂岩带内,与周围地质体均为断层接触。岩性单一,主要为流纹岩,局部受后期构造影响形成流纹质糜棱岩、流纹质千糜岩等^①。

该流纹岩岩性较单一,以灰紫色、灰白色流纹岩为主,岩石具斑状结构,流纹构造,局部具块状构造,基质为霏细结构。斑晶有长石和石英,二者均具熔蚀现象。长石斑晶约占样品含量的 30% 左右,半自形粒状,以碱性长石为主,含少量斜长石,碱性长石多为具卡式双晶的正长石,斜长石环带不发育,且弱泥化;石英斑晶约占样品含量的 10%,溶蚀成港湾状。基质由隐微晶状碱性长石、石英组成,少量黑云母、斜长石,副矿物可见磁铁矿、锆石、褐钨铌矿等(图 2)。

2 分析测试方法

主量及微量元素分析由云南省地质矿产勘查开发局中心实验室完成。主量元素采用 XRF 玻璃熔饼法完成,分析精度优于 4%。微量元素采用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定,试样经 HF、HNO₃、HClO₄ 封闭溶矿分解、赶氟, HNO₃ 浸取,定容 25 mL 稀释 10 倍,采用混合标准制备工作曲线,用 XSeries II 型 ICP-MS 测定 Cu、Mo、Cd、Co、Ni、Th、U 等微量元素;稀土元素采用电感耦合

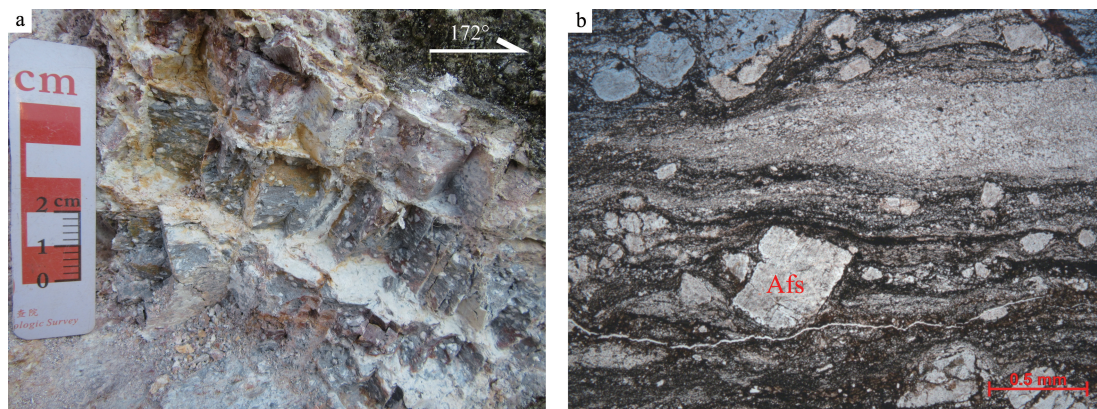


图 2 流纹岩宏观照片(a)及镜下照片(b,单偏光)

Fig. 2 Macroscopic(a) and microscopic(b) photos of rhyolite

Afs—碱性长石

等离子体质谱法(ICP-MS)测定,试样经 HF、HNO₃、H₂SO₄ 封闭溶矿分解、赶氟, HNO₃ 浸取,定容 25 mL 稀释 10 倍,采用混合标准制备工作曲线,用 XSeries II 型 ICP-MS 测定 La、Ce 等 15 项稀土元素。

锆石单矿物分选工作由河北省廊坊宇恒矿岩技术服务有限公司完成,在双目镜下手工挑纯。选取代表性的锆石颗粒制成环氧树脂样品靶。抛光后拍摄锆石的反射光、透射光及阴极发光(CL)显微照片,依据显微照片显示的锆石特点,选择合适的颗粒及部位进行 U-Pb 同位素测定。

锆石 U-Pb 定年及微量元素含量分析在湖北省地质实验室测试中心岩石矿物研究室利用 LA-ICP-MS 同时分析完成。测试仪器采用美国 Coherent Inc 公司生产的 GeoLasPro 全自动版 193nm ArF 准分子激光剥蚀系统(LA)和美国 Agilent 公司生产的 7700X 型电感耦合等离子质谱仪(ICP-MS)联用构成的激光剥蚀电感耦合等离子体质谱分析系统(LA-ICP-MS)。锆石微量元素含量利用 NIST 610 为外标, Si 为内标进行定量计算。锆石 U-Pb 定年分析采用锆石标准年龄物质 91500 为外标进行同位素分馏校正,每分析 6 个样品点分析 2 次 91500。样品测试时,背景信号采集 10 s,样品剥蚀 40 s,管路吹扫 10 s,信号采集时间总共为 60 s。样品的同位素比值和元素含量采用 ICPMSDataCal 10.1 进行处理分析,年龄加权平均值计算及锆石年龄谐和图的绘制采用 Isoplot 3.0 完成。

3 分析结果

3.1 岩石地球化学特征

漕涧地区三叠纪流纹岩的主量元素分析结果(表 1)显示,样品 SiO₂ 含量为 70.81%~76.84%, K₂O 为 4.66%~7.25%, Na₂O 为 0.17%~2.7%, Al₂O₃ 为 10.60%~13.28%, MgO 为 0.11%~0.12%, TiO₂ 为 0.28%~0.43%。总体具有高硅、富钾、低镁、低铝、低钛的特点, K₂O/Na₂O > 1.00, 属钾质岩石。在火山岩 TAS 图解中,所有样品点均落入流纹岩区域(图略);在 SiO₂-K₂O 图解(图 3-a)中,分别落入高钾钙碱性系列、钾玄岩系列。A/CNK = 1.05~2.43, 平均为 1.31, 属一套强过铝质岩石, C.I.P.W 标准矿物中出现 0.68%~8.04% 的刚玉分子。在 B-A 图解上, 11 件样品构成了 2 个相似的变异趋势, 均为含堇青石富黑云母过铝花岗岩趋势(CPG)

与白云母过铝花岗岩(MPG)^[24-25] 趋势的复合(图 3-b), 表明这套过铝质岩石是深部高温物质上涌引起的地壳增温加热熔融与隆升减压熔融联合作用的结果, 而非单一成因。

漕涧地区三叠纪流纹岩的稀土元素总量(Σ REE)较高(表 1), Σ REE = $375.72 \times 10^{-6} \sim 1251.45 \times 10^{-6}$, 平均为 866.67×10^{-6} 。在 La-La/Sm 协变图解上显示明显的部分熔融趋势(图略); 具有强烈的负 Eu 异常, δ Eu = 0.10~0.21, 平均为 0.14, 暗示源区可能有大量的斜长石残留; δ Ce = 0.80~1.29, 平均为 0.98; 暗示源区的氧逸度较低, 应属较还原的环境。轻稀土元素的分异程度略强于重稀土元素(图 4-a), $(La/Sm)_N = 2.60 \sim 4.85$, 平均为 4.04, $(Gd/Yb)_N = 1.41 \sim 2.51$, 平均为 2.03, 暗示源区应该有角闪石的残余。漕涧地区的三叠纪流纹岩属部分熔融的原始岩浆, 源区残留固相主要为斜长石+角闪石。

漕涧地区三叠纪流纹岩的微量元素测试结果如表 1 所示, 其具有显著富集 Nb、Ta、Th、Zr、Hf、Y 等高场强元素, 强烈亏损 Sr、Ba 等大离子亲石元素(LILE)的特征。Nb = $79.72 \times 10^{-6} \sim 355.80 \times 10^{-6}$, 平均为 203.9×10^{-6} ; Ta = $5.17 \times 10^{-6} \sim 17.32 \times 10^{-6}$, Zr = $714.1 \times 10^{-6} \sim 1948.1 \times 10^{-6}$, Y = $66.31 \times 10^{-6} \sim 146.5 \times 10^{-6}$, Sr = $9.1 \times 10^{-6} \sim 87 \times 10^{-6}$ 。在张旗的 Yb-Sr 图解(图略)中, 漕涧三叠纪流纹岩样品全部落入极低 Sr 高 Yb 型花岗岩区, 属中-上地壳在低压角闪岩相条件下的部分熔融物^[21-23]; 与稀土元素得到的结论相似。在 Sr-Rb-Ba 图解上, 大多数样品沿 Rb-Ba 边界分布(图略), 同样表明三叠纪流纹岩未经历过明显的结晶分异, 属原始岩浆。

洋中脊玄武岩标准化微量元素蛛网图显示, Th、Ta、Nb、Ce、Zr、Hf、Sm、Y、Yb 等元素相对富集, 而 Sr、Ba、P、Ti、Sc、Cr 等元素相对亏损(图 4-b)。Sr、Ba 的亏损应与斜长石的熔融残余相关; P、Ti 的亏损可能与角闪石类矿物的熔融残余相关; 而 Sc、Cr 的亏损则是岩石中缺乏镁-铁矿物的缘故。Ta、Nb 的明显正异常表明岩浆源区并未受到俯冲流体的改造。

3.2 年龄特征

本次在漕涧铁厂一带采集了 2 件样品(D8620-1-2、D8663-1-1)进行锆石同位素年代学研究(表 2)。锆石粒度普遍较小(40~80 μ m), 呈短柱状半自形晶, 长宽比大多为 2~3。锆石阴极发光(CL)图

表 1 漕涧地区三叠纪流纹岩主量、微量和稀土元素测试数据

Table 1 Assay data of major, trace and rare earth elements of Triassic rhyolite in the Caojian area

元素	D8620 -1-2	D8621 -1-1-1	D8621 -1-1-2	PM022 -24-1	PM022 -28-1	PM022 -31-2	PM022-34-2	PM021 -15-1	PM021 -17-1	PM021 -17-2	PM021 -19-1
	流纹岩	流纹岩	流纹岩	流纹岩	浅变质 流纹岩	浅变质 流纹岩	浅变质 流纹岩	浅变质 流纹岩	浅变质 流纹岩	浅变质 流纹岩	浅变质 流纹岩
SiO ₂	76.41	71.79	70.81	75.76	76.08	71.71	72.34	76.38	76.54	73.25	76.84
TiO ₂	0.25	0.41	0.43	0.31	0.31	0.41	0.40	0.31	0.28	0.31	0.30
Al ₂ O ₃	13.28	11.98	12.07	11.76	10.95	12.35	11.70	12.14	11.01	12.62	10.60
Fe ₂ O ₃	2.36	1.61	1.87	2.62	3.33	2.17	1.98	1.79	2.80	2.50	1.92
FeO	0.28	4.12	4.55	0.15	0.75	3.28	3.32	0.32	0.52	0.37	1.18
MnO	0.02	0.21	0.35	0.005	0.003	0.29	0.24	0.01	0.05	0.11	0.11
MgO	0.15	0.30	0.30	0.18	0.11	0.32	0.29	0.18	0.12	0.21	0.15
CaO	0.07	0.43	0.42	0.05	0.04	0.38	0.28	0.25	0.28	0.40	0.20
Na ₂ O	0.17	2.52	2.45	0.21	2.27	1.80	2.70	1.40	2.44	2.07	2.46
K ₂ O	4.66	5.24	5.24	6.85	4.66	5.20	5.30	5.98	4.98	7.25	5.12
P ₂ O ₅	0.01	0.05	0.04	0.02	0.01	0.05	0.05	0.04	0.01	0.03	0.01
CO ₂	0.043	0.043	0.043	0.10	0.05	0.07	0.07	0.032	0.032	0.043	0.28
烧失量	1.99	0.48	0.53	1.72	1.12	1.34	0.66	0.94	0.49	0.48	0.57
总计	99.66	99.13	99.07	99.65	99.62	99.30	99.25	99.73	99.51	99.59	99.45
La	57.24	247.30	237.70	95.17	95.41	121.61	226.48	111.17	219.24	197.20	207.79
Ce	125.45	452.99	435.18	177.17	154.22	317.12	547.74	221.60	415.27	337.91	399.22
Pr	13.46	53.74	51.44	23.79	20.73	26.42	55.28	27.18	41.62	37.14	39.37
Nd	48.67	200.13	192.36	96.20	82.73	98.50	180.99	93.67	142.99	129.28	137.93
Sm	10.96	36.30	34.70	23.06	18.28	17.61	32.47	18.69	29.25	25.58	28.14
Eu	0.36	2.33	2.21	0.79	0.55	1.21	1.90	0.74	0.68	1.42	0.81
Gd	11.82	32.21	31.03	23.50	19.98	17.19	27.30	15.61	25.98	21.68	25.17
Tb	2.53	5.48	5.26	4.59	3.92	2.96	4.77	2.53	4.28	3.57	4.13
Dy	15.61	30.18	29.16	27.70	23.65	17.81	27.10	14.59	25.23	20.37	23.78
Ho	3.06	5.77	5.53	5.11	4.25	3.32	4.87	2.75	4.79	3.88	4.49
Er	8.42	15.10	14.22	13.59	10.73	8.84	12.42	7.64	13.18	10.70	12.33
Tm	1.20	2.09	1.95	1.86	1.40	1.18	1.65	1.10	1.88	1.52	1.73
Yb	6.76	12.21	10.72	9.87	7.33	6.34	8.76	6.65	10.98	9.10	10.40
Lu	0.81	1.48	1.33	1.25	0.94	0.83	1.10	0.89	1.42	1.29	1.38
Y	69.37	146.50	140.50	124.34	102.20	81.07	118.63	66.31	120.93	113.40	113.30
δEu	0.10	0.20	0.20	0.10	0.09	0.21	0.19	0.13	0.07	0.18	0.09
δCe	1.05	0.91	0.91	0.87	0.80	1.29	1.15	0.94	0.98	0.89	1.00
(La/Sm) _N	3.29	4.29	4.31	2.60	3.28	4.34	4.39	3.74	4.72	4.85	4.65
(Gd/Yb) _N	1.41	2.13	2.34	1.92	2.20	2.19	2.52	1.89	1.91	1.92	1.95
Zr	1298.5	1948.1	1943.6	1508.9	1338.2	1353.6	1563.9	753.5	1381.8	714.1	1290.0
Zn	53.45	251.69	334.32	34.18	81.03	144.61	351.23	66.30	127.30	121.25	233.76

续表 1

元素	D8620 -1-2	D8621 -1-1-1	D8621 -1-1-2	PM022 -24-1	PM022 -28-1	PM022 -31-2	PM022-34-2	PM021 -15-1	PM021 -17-1	PM021 -17-2	PM021 -19-1
	流纹岩	流纹岩	流纹岩	流纹岩	浅变质 流纹岩	浅变质 流纹岩	浅变质 流纹岩	浅变质 流纹岩	浅变质 流纹岩	浅变质 流纹岩	浅变质 流纹岩
V	1.7	2.75	2.77	3.69	1.56	3.59	4.11	6.81	5.79	5.00	2.61
Th	36.81	31.92	36.72	27.99	29.43	25.39	31.20	23.98	35.10	33.62	32.27
Sc	0.92	1.62	1.47	3.48	3.13	3.53	3.78	2.55	0.86	2.26	1.36
Sr	9.1	87	84	18.2	17.2	74.2	53.3	14.97	34.80	21.48	11.09
Rb	250.90	211.36	190.06	282.85	236.00	211.95	218.25	231.61	294.69	279.21	228.38
Ni	1.35	0.4	0.3	1.23	1.42	0.63	1.01	3.76	2.36	2.01	1.29
Nb	192.00	310.20	355.80	147.16	126.66	300.46	273.65	79.72	185.33	131.58	140.87
Cu	8.76	3.44	3.45	2.18	1.92	3.06	2.80	3.37	7.07	2.91	2.72
Cr	8.6	18.4	21.5	6.09	9.74	10.29	11.52	7.03	11.16	9.25	9.67
Co	0.47	1.24	0.62	0.31	0.73	0.39	0.51	1.04	0.83	0.70	0.26
Ba	95.0	143.1	140.6	190.93	25.68	123.17	90.16	87.82	1123.79	244.22	74.15
Hf	33.9	47.3	46.4	37.0	33.1	32.1	36.6	21.30	39.50	18.70	37.10
Ta	12.13	13.83	17.32	7.97	9.29	13.11	16.97	5.17	10.91	9.39	8.28
U	9.90	3.62	3.95	2.12	2.53	3.98	3.99	2.03	5.02	5.85	4.45
Pb	27.96	33.35	37.78	39.80	17.88	27.34	27.54	19.68	27.00	32.62	26.08

注:主量元素分析结果首先按 11 项氧化物进行标准化,再按里特曼法进行全铁调整。标准矿物计算、作图均使用经过全铁调整后的数据进行。主量元素含量单位为%,微量和稀土元素含量单位为 10^{-6}

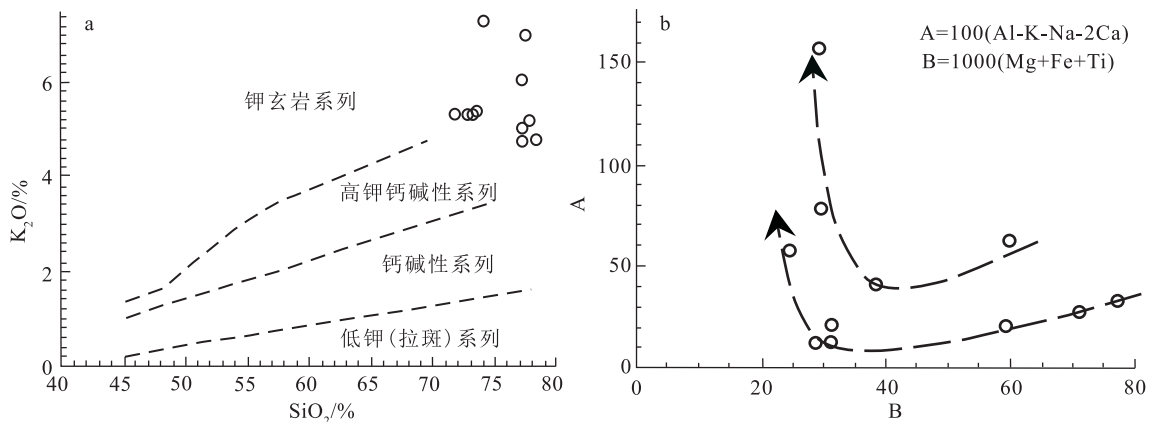


图 3 漕涧地区三叠纪流纹岩 $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ 图解(a)和 B-A 图解(b)

Fig. 3 $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ diagram(a) and B-A diagram(b) of Triassic rhyolite in the Caojian area

像显示,大部分锆石具有明显的振荡环带,少量为弱振荡环带,无继承性核,另有少量有变质增生边,属典型的岩浆结晶锆石。D8620-1-2 测得 20 个有效数据,谐和年龄为 235.8 ± 4.9 Ma (MSWD=0.40, $n=20$) (图 5-a), 属中—晚三叠世界线附近。

D8663-1-1 测得 18 个有效数据,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄可分为 2 组,分别为 $207 \pm 6 \sim 254 \pm 7$ Ma 和 $512 \pm 14 \sim 1620 \pm 32$ Ma。第二组锆石年龄跨度较大,应属岩浆作用过程中捕获的古老锆石。第一组锆石的谐和年龄为 235.2 ± 5.6 Ma (MSWD=0.22, $n=9$) (图 5-

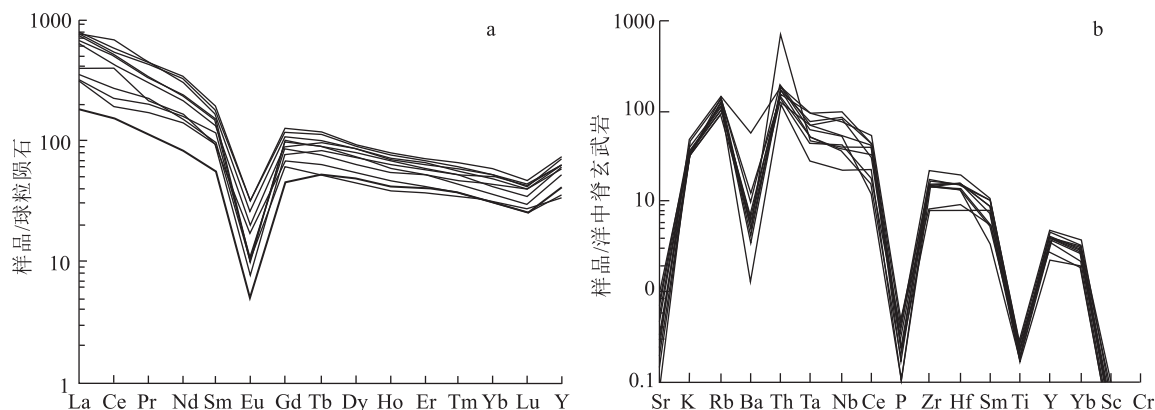


图 4 漕涧地区三叠纪流纹岩稀土元素配分模式(a)和微量元素蛛网图(b)

Fig. 4 Chondrite-normalized REE distribution patterns(a) and primitive mantle-normalized trace element spidergrams(b) of Triassic rhyolite in the Caojian area

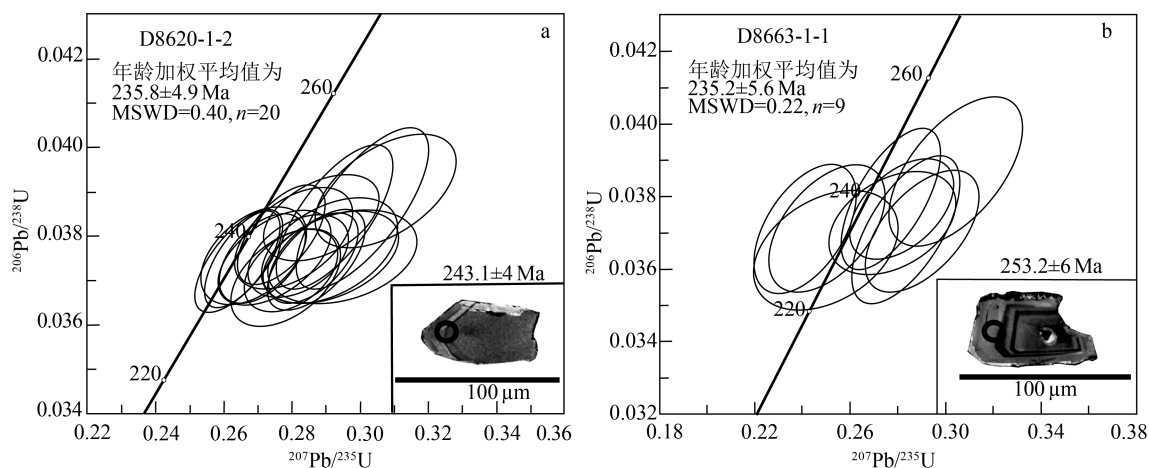


图 5 样品 D8620-1-2(a)和 D8663-1-1(b)锆石 U-Pb 谐和年龄值

Fig. 5 Zircon U-Pb concordant age values of D8620-1-2 (a) and D8663-1-1 (b) samples

b), 仍属中—晚三叠世界线附近。

综上所述, 云龙漕涧、凤庆雪山、双江勐库等地火山岩的年代虽然有一定差异, 但均属晚三叠世 ($235.8 \pm 4.9 \sim 209.7 \pm 0.81$ Ma)。虽略晚于区域上芒怀组火山岩喷发的时间及临沧花岗岩基大规模侵位的时间 ($245 \sim 230$ Ma), 但总体上与小定西组的年代大致相当。二者在产出的大地构造位置、火山喷发—沉积旋回、火山岩岩石类型等方面均存在较大差异。

4 讨论

4.1 岩石成因及源区特征

为研究漕涧地区三叠纪流纹岩的成因及源区

特征, 本文也收集了凤庆县雪山乡、双江县勐库地区的火山岩岩石学、岩石地球化学资料进行对比研究。据 1:5 万营盘等 2 幅^②, 1:5 万勐库等 7 幅^⑤的资料, 凤庆县雪山乡、双江县勐库地区的三叠纪火山岩以英安岩为主。主量元素分析数据按 11 项氧化物标准化, 再按里特曼法进行全铁调整后, 其 SiO_2 含量为 62.92%~71.32%, 平均为 67.26%; Al_2O_3 为 11.42%~16.87%, 平均为 14.72%; alk 为 3.97%~9.62%, 平均为 6.00%; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 0.45 \sim 6.38$, 平均为 1.64%。与漕涧地区相比, 岩石的 SiO_2 及 alk 含量较低, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 值变化较大, Al_2O_3 含量较高, 大多数样品的 $A/\text{CNK} > 1.00$, 总体上仍属过铝质岩石。在 SiO_2 — K_2O 图解 (图略) 中, 凤庆县雪山地区

表 2 样品 D8620-1-2 和 D8663-1-1 锆石 U-Th-Pb 同位素分析结果

Table 2 U-Th-Pb isotopic analysis results of zircon D8620-1-2 and D8663-1-1 Samples

测点 编号	元素/ 10^{-6}			Th/U	同位素比值					同位素年龄/Ma						
	Pb	Th	U		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$
D8620-1-2																
01	11	104	169	0.61	0.0536	0.0022	0.2749	0.0111	0.0375	0.0007	354	97	247	9	237	4
02	12	125	201	0.62	0.0565	0.0025	0.2918	0.0130	0.0375	0.0007	472	96	260	10	238	4
03	12	121	216	0.56	0.0516	0.0015	0.2657	0.0076	0.0375	0.0007	333	60	239	6	238	4
04	11	111	203	0.55	0.0514	0.0016	0.2638	0.0083	0.0374	0.0008	261	69	238	7	237	5
05	9	75	140	0.54	0.0544	0.0025	0.2803	0.0119	0.0380	0.0008	387	104	251	9	240	5
06	11	114	187	0.61	0.0531	0.0017	0.2770	0.0086	0.0380	0.0007	345	72	248	7	241	5
07	12	112	186	0.60	0.0520	0.0020	0.2684	0.0106	0.0375	0.0007	287	89	241	8	238	4
08	11	104	194	0.53	0.0547	0.0022	0.2781	0.0107	0.0371	0.0007	467	89	249	9	235	4
09	24	239	377	0.64	0.0544	0.0017	0.2794	0.0091	0.0372	0.0006	387	68	250	7	236	4
10	12	109	208	0.52	0.0558	0.0023	0.2934	0.0153	0.0375	0.0007	456	125	261	12	237	4
11	12	106	211	0.50	0.0546	0.0021	0.2886	0.0110	0.0384	0.0006	398	85	257	9	243	4
12	12	114	209	0.55	0.0577	0.0026	0.3078	0.0137	0.0390	0.0008	517	102	272	11	247	5
13	15	139	240	0.58	0.0547	0.0020	0.2820	0.0100	0.0376	0.0006	398	79	252	8	238	4
14	11	88	166	0.53	0.0574	0.0018	0.3205	0.0111	0.0406	0.0009	509	70	282	9	256	5
15	8	76	157	0.49	0.0559	0.0023	0.2909	0.0132	0.0377	0.0008	450	117	259	10	239	5
16	9	70	208	0.34	0.0559	0.0022	0.2926	0.0116	0.0384	0.0010	456	82	261	9	243	6
17	11	114	209	0.55	0.0500	0.0018	0.2487	0.0088	0.0363	0.0006	195	81	226	7	230	4
18	9	72	159	0.45	0.0582	0.0030	0.3008	0.0132	0.0386	0.0012	600	111	267	10	244	7
19	14	154	210	0.73	0.0558	0.0018	0.2859	0.0087	0.0374	0.0007	443	75	255	7	237	4
20	9	80	161	0.50	0.0557	0.0017	0.2870	0.0095	0.0375	0.0007	443	69	256	7	237	5
D8663-1-1																
01	15	125	231	0.54	0.0505	0.0039	0.2497	0.0196	0.0365	0.0011	220	178	226	16	231	7
02	20	203	295	0.69	0.0544	0.0035	0.2775	0.0178	0.0373	0.0009	387	143	249	14	236	6
03	20	163	264	0.62	0.0544	0.0026	0.2769	0.0141	0.0379	0.0013	387	109	248	11	240	8
04	26	234	425	0.55	0.0483	0.0021	0.2682	0.0125	0.0401	0.0010	122	100	241	10	253	6
05	14	130	248	0.52	0.0543	0.0028	0.2815	0.0147	0.0377	0.0009	389	117	252	12	238	6
06	79	176	596	0.29	0.0647	0.0018	1.0503	0.0349	0.1181	0.0030	765	64	729	17	720	18
07	41	202	198	1.02	0.0580	0.0027	0.6498	0.0334	0.0826	0.0024	528	104	508	21	512	14
08	16	164	269	0.61	0.0474	0.0029	0.2110	0.0122	0.0326	0.0009	78	131	194	10	207	6
09	14	109	194	0.56	0.0579	0.0030	0.3039	0.0184	0.0387	0.0014	528	115	269	14	245	9
10	132	151	266	0.57	0.1046	0.0020	4.1142	0.1054	0.2857	0.0063	1706	36	1657	21	1620	32
11	14	113	209	0.54	0.0570	0.0030	0.2829	0.0155	0.0370	0.0014	500	117	253	12	235	8
12	28	260	234	1.11	0.0545	0.0034	0.2981	0.0184	0.0401	0.0011	391	141	265	14	254	7
13	50	170	152	1.12	0.0750	0.0031	1.1216	0.0542	0.1102	0.0040	1133	83	764	26	674	23
14	14	137	240	0.57	0.0575	0.0031	0.2901	0.0160	0.0370	0.0011	522	121	259	13	234	7
15	293	305	752	0.41	0.1047	0.0023	4.0403	0.1177	0.2808	0.0076	1709	36	1642	24	1596	38
16	10	87	191	0.46	0.0532	0.0048	0.2510	0.0228	0.0341	0.0011	345	206	227	19	216	7
17	17	148	257	0.57	0.0483	0.0029	0.2412	0.0137	0.0371	0.0012	122	128	219	11	235	8
18	12	109	278	0.39	0.0487	0.0025	0.2501	0.0160	0.0371	0.0012	132	-73	227	13	235	7

的样品主要属高钾钙碱性系列, 双江县勐库地区的样品主要属钙碱性系列; 显示由北往南岩石的钾质含量逐渐降低的特点。在 K_2O-Na_2O 图解(图 6)上, 漕涧地区的样品主要落入“S”型花岗岩区, 并向“A”型花岗岩区过渡; 雪山地区的样品大多数落入“S”型花岗岩区, 并向“I”型花岗岩区过渡; 而勐库地区的样品分属“S”型及“I”型花岗岩区, 暗示由北往南, 岩浆源区逐渐由以变质沉积岩为主的中-上地壳向以变质火成岩为主的中-下地壳过渡。在 B-A 图解(图 7)上, 雪山地区、勐库地区的英安岩呈现随 B 值降低、A 值急剧升高的白云母过铝花岗岩(MPG)的趋势。该趋势 B 值较低, 被认为是隆升减压熔融的产物^[24-25]。昌宁县珠山—大蕨坝一带的英安岩^⑨也具有白云母过铝花岗岩(MPG)的趋势, 表明尽管不同地区的岩浆源区有一定的差异, 但岩浆的形成都与隆升减压作用相关, 反映了同一次区域性的地壳抬升事件。

在稀土元素方面, 凤庆县雪山地区、双江县勐库地区英安岩的稀土元素总量较低, 在 La-La/Sm 协变图解上仍然显示了明显的部分熔融趋势。较弱的负 Eu 异常, 暗示源区可能有一定量的斜长石残留。 $\delta Ce = 0.98 \sim 1.12$, 暗示源区的氧逸度较低, 应属较还原的环境。轻稀土元素的分异程度略强于重稀土元素, $(La/Sm)_N = 2.58 \sim 3.82$, $(Gd/Yb)_N = 1.17 \sim 2.11$, 暗示岩浆源区可能存在较多的辉石类矿物的残留。在微量元素方面, Cr、Ni、Co、Sc 等强相容元素含量远高于漕涧地区, 也暗示岩浆源区有更多的镁-铁质矿物。高场强元素 Nb、Ta、Th、Zr、Hf、

Y 等明显比漕涧地区低, 在洋中脊玄武岩标准化微量元素蛛网图上, 其分布模式与漕涧地区有较大差异, 并显示了明显的“TNT”型的负异常, 暗示岩浆源区曾遭受过俯冲流体的交代作用。在张旗的 Yb-Sr 图解^[26]中, 凤庆县雪山地区、双江县勐库地区的英安岩主要落入低 Sr 高 Yb 型花岗岩区, 少数落入极低 Sr 高 Yb 型和低 Sr 低 Yb 型花岗岩区, 表明凤庆县雪山地区、双江县勐库地区的英安岩主要属麻粒岩相-高压角闪岩相的火成质中-下地壳物质的部分熔融^[21, 23]。

综上所述, 云龙县漕涧、昌宁县珠山、凤庆县雪山、双江县勐库、大勐龙曼养等地出露的这套晚三叠世火山-沉积岩系是一次区域性的地壳抬升作用的产物, 岩浆的形成是地壳隆升减压作用的结果^[27-30], 不同地区的火山岩在主量、稀土、微量元素等方面的差异是岩浆源区由北往南逐渐加深造成的, 并非大地构造背景的差异。

4.2 构造意义及古特提斯演化

在前人工作成果的基础上, 滇西特提斯构造演化研究近年来取得了重要的新进展^[13]。但对于古特提斯洋盆关闭后的区域地壳发展、演化鲜有报道。本次研究的这套上三叠统火山-沉积岩系属晚三叠世卡尼期—诺利期, 其上覆的上三叠统三岔河组应属晚三叠世瑞替期。在以往的研究中均是将三岔河组作为古特提斯洋盆关闭后的磨拉石建造考虑^[11]。但从本文的研究成果分析, 在古特提斯洋盆关闭, 弧-陆碰撞造山作用结束后, 在铜厂街蛇绿混杂岩东侧的岩浆弧上形成了一系列不连续的弧间盆地, 弧间盆地是碰撞加厚的岩石圈地壳向正常

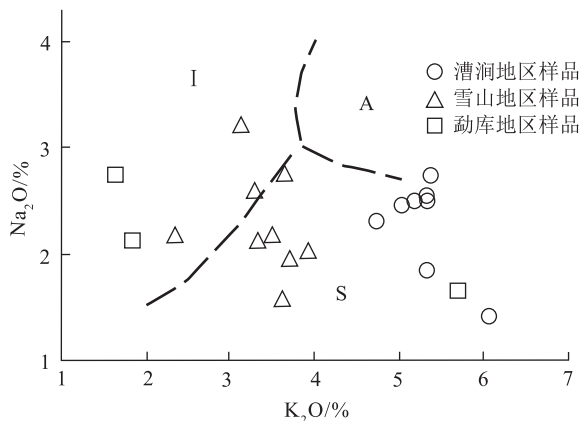


图 6 漕涧—雪山—勐库地区火山岩 K_2O-Na_2O 图解

Fig. 6 K_2O-Na_2O diagram of volcanic rocks in the Caojian-Xueshan-Mengku area

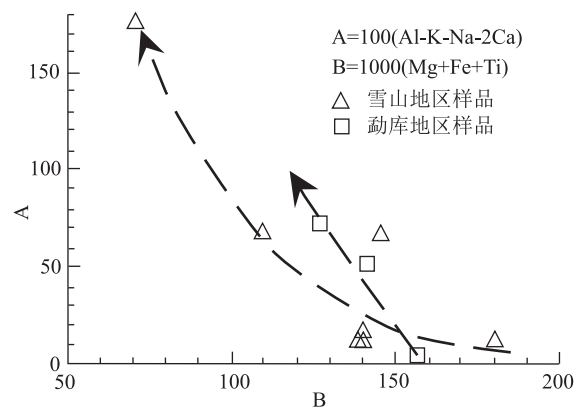


图 7 雪山—勐库地区英安岩 B-A 图解

Fig. 7 B-A diagram of dacite in the Xueshan-Mengku area

厚度地壳恢复过程中形成的;其中的中-酸性火山岩是区域性地壳隆升过程中减压熔融作用的产物。不同地区火山岩地球化学特征上的差异是岩浆源区、熔融程度差异造成的,不能作为判定火山岩产出大地构造的依据。

总之,滇西特提斯构造域内规模宏大的碧落雪山-临沧花岗岩带代表了古特提斯洋盆关闭后,弧-陆碰撞造山作用的产物。而本次研究的雪山组火山岩可看作是滇西特提斯构造域内大洋构造体制向大陆构造体制转化的记录。

5 结 论

(1) 云龙县漕涧的晚三叠世火山岩具有显著富集 Nb、Ta、Th、Zr、Hf、Y 等高场强元素,强烈亏损 Sr、Ba 等大离子亲石元素的特征,是中-上地壳物质在低压角闪岩相条件下增温加热与隆升减压联合作用的产物。

(2) 云龙县漕涧、昌宁县珠山、凤庆县雪山、双江县勐库、大勐龙曼养等地出露的晚三叠世火山-沉积岩属弧间盆地沉积;火山岩岩石地球化学、成矿作用上的差异是岩浆源区、熔融程度等造成的,不能作为判定火山岩大地构造背景的依据。

(3) 这套晚三叠世火山岩是区域性地壳隆升减压熔融的产物,代表了滇西特提斯构造域大洋构造体制向大陆构造体制转化的时期。

致谢: 云南省地质调查院李静、张虎教授级高工及刘桂春、孙载波、刘军平、田素梅高级工程师认真审阅本文并提出了许多宝贵的修改意见,在研究及论文编写过程中云南 1:5 万归州等 4 幅区域地质调查项目组成员给与了帮助和支持,审稿专家对论文进行了详细审阅并提出宝贵的修改意见,在此一并表示衷心的感谢。

参考文献

- [1] 钟大赉. 川滇西部古特提斯造山带[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 1-231.
- [2] 莫宣学, 沈上越, 朱勤文, 等. 三江中南段火山岩-蛇绿岩与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1998: 1-128.
- [3] 潘桂棠, 陈智梁, 李兴振, 等. 东特提斯地质构造形成演化[M]. 北京: 地质出版社, 1997: 1-218.
- [4] 刘本培, 冯庆来, 方念乔, 等. 滇西昌宁-孟连带和澜沧江带古特提斯多岛洋构造演化[J]. 地球科学, 1993, 18(5): 529-539.
- [5] 刘本培, 冯庆来, Chonglakmani C, 等. 滇西古特提斯多岛洋的结构及其南北延伸[J]. 地学前缘, 2002, 9(3): 67-76.
- [6] 潘桂棠, 李兴振, 王立全, 等. 青藏高原及邻区大地构造单元初步划分[J]. 地质通报, 2002, 21(11): 701-707.
- [7] 李静. 云南省双江县石炭纪牛井山蛇绿混杂岩的岩石学研究[D]. 昆明理工大学硕士学位论文, 2004.
- [8] 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[J]. 中国科学(B 辑), 1993, 23(11): 1201-1207.
- [9] 李兴振, 刘文均, 王义昭, 等. 西南三江地区特提斯构造演化与成矿(总论)[M]. 北京: 地质出版社, 1999: 23-167.
- [10] 张旗, 周德进, 赵大升. 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[J]. 岩石学报, 1996, 12(1): 17-28.
- [11] 段向东. 滇西南耿马地区昌宁-孟连带盆地演化[D]. 中国地质大学(武汉)博士学位论文, 2008.
- [12] 莫宣学, 潘桂棠. 从特提斯到青藏高原形成: 构造-岩浆事件的约束[J]. 地学前缘, 2006, 13(6): 43-51.
- [13] 李静, 孙载波, 黄亮, 等. 滇西勐库退变质榴辉岩的 $P-T-t$ 轨迹及地质意义[J]. 岩石学报, 2017, 33(7): 2285-2291.
- [14] 《矿产资源工业要求手册》编委会. 矿产资源工业要求手册[M]. 北京: 地质出版社, 1998: 217-225.
- [15] 沈上越, 冯庆来, 魏启荣, 等. 南澜沧江带北段上二叠统陆源弧火山岩的厘定[J]. 矿物岩石, 2006, 26(2): 35-39.
- [16] 朱勤文. 滇西南澜沧江带三叠纪火山岩大地构造环境[J]. 岩石矿物学杂志, 1999, 12(2): 134-143.
- [17] 朱勤文, 莫宣学, 张双全. 南澜沧江古特提斯演化的岩浆岩证据[J]. 特提斯地质, 1999, 23: 16-30.
- [18] 沈上越, 冯庆来, 刘本培. 三江地区南澜沧江带火山岩构造岩浆类型[J]. 矿物岩石, 2002, (3): 66-71.
- [19] 张彩华, 刘继顺, 刘德利. 滇西南澜沧江带官房地区三叠纪火山岩地质地球化学特征及其构造环境[J]. 岩石矿物学杂志, 2006, 25(5): 377-386.
- [20] 王硕, 董国臣, 莫宣学, 等. 澜沧江南带三叠纪火山岩岩石学、地球化学特征、Ar-Ar 年代学研究及其构造意义[J]. 岩石学报, 2012, 28(4): 1148-1162.
- [21] 彭头平, 王岳军, 范蔚茗, 等. 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[J]. 中国科学(D 辑), 2006, 36(2): 123-132.
- [22] 吴嘉林, 孙载波, 周坤, 等. 云南双江县勐库地区三叠纪火山岩的发现及其意义[J]. 云南地质, 2018, 37(3): 261-268.
- [23] 李国昌, 王巍, 杨立刚, 等. 滇西凤庆三岔河晚三叠世火山岩年代学、地球化学特征及其地质意义[J]. 现代地质, 2018, 32(6): 1263-1271.
- [24] 廖忠礼, 莫宣学, 潘桂棠, 等. 过铝花岗岩的研究动向和进展——兼论西藏过铝花岗岩[J]. 沉积与特提斯地质, 2004, 24(2): 22-29.
- [25] 林广春, 马昌前. 过铝花岗岩的成因类型与构造环境研究综述[J]. 华南地质与矿产, 2003, (1): 65-70.
- [26] 张旗, 王焰, 李承东, 等. 花岗岩的 Sr-Yb 分类及其地质意义[J]. 岩石学报, 2006, 22(9): 2249-2269.
- [27] 张旗, 金惟俊, 李承东, 等. 再论花岗岩按照 Sr-Yb 的分类: 标志[J]. 岩石学报, 2010, 26(4): 985-1015.
- [28] 张旗, 金惟俊, 李承东, 等. 三论花岗岩按照 Sr-Yb 的分类: 应用[J]. 岩石学报, 2010, 26(12): 3431-3455.
- [29] 丁烁, 黄慧, 牛耀龄, 等. 东昆仑高 Nb-Ta 流纹岩的年代学、地球

化学及成因[J].岩石学报,2011,27(12):3603-3614.

[30] 张新远,李五福,欧阳光文,等.东昆仑东段青海战红山地区早三叠世火山岩的发现及其地质意义[J].地质通报,2020,39(5):631-641.

①云南省地质调查院.1:5万归州幅、宝丰幅、漕涧幅、功果街幅区域地质矿产调查报告.2018.

②云南省地质矿产勘查院.1:5万营盘幅、雪华幅区域地质调查报告.2017.

③云南省地质矿产勘查开发局.1:5万孟定街幅、色树坝幅(国内部分)区域地质调查报告.2000.

④云南省地质调查院.1:25万临沧县幅、滚龙幅(国内部分)区域地

质调查报告.2003.

⑤云南省地质调查院.1:5万香竹林幅、勐勇幅、勐撒幅、懂过幅、安雅幅、勐库幅、耿马幅区域地质矿产调查报告.2017.

⑥云南省地质局区域地质调查队.1:20万勐海幅、孟马幅区域地质调查报告.1980.

⑦云南省地质调查院.1:25万景洪市幅、勐腊县幅区域地质调查报告.2013.

⑧云南省地质调查院.1:5万曼各幅、小街幅、曼班幅、大勐龙幅、万纳兰幅、勐宋坝幅区域地质调查报告.2019.

⑨云南省地质调查院.1:25万凤庆县幅区域地质调查报告.2008.

《地质通报》第 40 卷第 8 期要目预告

- 青藏高原中部聂荣微陆块早古生代片麻状花岗岩的地球化学、锆石 U-Pb 年龄和 Lu-Hf 同位素及构造意义 胡培远等
- 托莫尔日特古元古代变质基底的发现——对柴北缘缝合线位置的约束 付长奎等
- 新特提斯洋晚侏罗世岩浆作用:藏南白朗地体辉绿岩锆石 U-Pb 年龄和地球化学证据 杨胜标等
- 班公湖-怒江洋的扩张脊俯冲:宗白增生杂岩中侏罗世辉长岩脉的地球化学和 Sr-Nd 同位素 刘飞等
- 班公湖-怒江缝合带西段拉果错蛇绿岩中斜长岩成因及其地质意义 唐跃等
- 怒江构造带东段同卡蛇绿混杂岩中变玄武岩地球化学特征和角闪石 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄 李化启等
- 西藏中部阿索混杂岩带岛弧玄武岩地球化学特征及构造意义 曾孝文等
- 西藏阿索地区目思旦角火山熔岩形成时代、岩浆成因及构造背景 李航等
- 冈底斯东段日多地区典中组火山岩年代学、地球化学及其构造意义 鲁麟等
- 西藏日多地区晚三叠世—早侏罗世雄来组火山岩的发现及其地质意义 周斌等
- 青藏高原拉萨地体中西段亚日二长花岗岩岩石成因及其地质意义:年代学、地球化学及 Hf 同位素证据 陶刚等
- 西藏洞错晚白垩世花岗闪长斑岩:岩石圈拆沉的产物 车旭等
- 西藏乃东县扎嘎当“O”型埃达克岩成因:地球化学、Sr-Nd-Pb 同位素制约 牛得草等
- 东昆仑卡尔却卡地区中志留世 A 型花岗岩岩石成因及地质意义 陈海福等
- 四川盆地南缘红层咸水发育规律 董建兴等