

滇西南澜沧江结合带北段云县花岗岩的 地质特征及形成环境

刘德利, 刘继顺, 张彩华, 周余国

(中南大学 地质与环境工程学院 湖南 长沙 410083)

摘要:滇西南澜沧江结合带云县花岗岩体的岩石类型主要为黑云二长花岗岩, SiO_2 含量平均为 68.57%, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 值平均为 1.67, 相对富钾, 岩石属高钾钙碱性系列, 岩石酸、碱度低于同类岩石平均值, 而镁铁组分高于平均值, 显示岩石偏中性, 与同碰撞构造环境形成的花岗岩特征类似。 Al_2O_3 含量较高, 平均为 13.66%, A/CNK 平均为 1.1, 呈铝过饱和, CIPW 计算结果均出现标准矿物刚玉分子 ($>1\%$)。 岩石总体上相对富集大离子亲石元素, 亏损高场强元素。 稀土元素总量较高, 平均为 240.75×10^{-6} , 轻稀土元素富集, 重稀土元素亏损 ($(\text{La}/\text{Yb})_N$ 为 8.88~9.41, 分异不是很大, Eu 为中等负异常, δEu 为 0.52~0.57。 经多种相关图解判别, 岩石属 S 型花岗岩, 其构造环境相当于大陆碰撞花岗岩类 (CCG)。 锆石颗粒 U-Pb 测年结果显示, 源岩的形成年龄最晚是晋宁期 ($>778 \text{ Ma}$), 岩体主体形成于华力西晚期—印支期。 其中岩浆成因锆石样品的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 年龄分别为 49 Ma 和 61 Ma, 反映在云县岩体中可能存在喜马拉雅期岩浆活动。

关键词:滇西云县; 花岗岩; 构造环境; 锆石 U-Pb 年龄

中图分类号: P588.12⁺1; P54

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2008)01-0023-09

Geological characteristics and tectonic setting of Yunxian granite in the northern part of South Lancangjiang convergent margin, Western Yunnan Province

LIU De-li, LIU Ji-Shun, ZHANG Cai-hua and ZHOU Yu-guo

(School of Geoscience and Environmental Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Yunxian granite in South Lancangjiang convergent margin comprises mainly diorite monzonite granite and belongs to the potassium-rich calc-alkali series, with SiO_2 being 68.57% and $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 1.67 on average. The acidity and alkalinity of the rock are lower than the average values of the same kind of rocks, and its mafic ingredient is higher than the average value, suggesting that the rock is somewhat intermediate and similar to the syn-collision type granite. Yunxian granite is peraluminous, with Al_2O_3 being 13.66% and A/CNK 1.1 on average and the corundum molecule more than 1% according to CIPW. The rocks are on the whole relatively rich in LILE but poor in HFSE and shows moderate negative Eu anomalies with δEu being 0.52~0.57, ΣREE 240.75×10^{-6} on average and $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 8.88~9.41. According to geochemical characteristics and related discrimination diagrams, it is suggested that Yunxian granite should be of S type and its tectonic setting corresponds to CCG. The results of zircon U-Pb dating show that the formation period of the source rocks must not have been later than the Jinningian ($>778 \text{ Ma}$), with the main formation periods being from late Hercynian to

收稿日期: 2007-06-06; 修订日期: 2007-07-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40072032); 云南省省院省校合作项目(2003UDBEA00Q021)

作者简介: 刘德利(1966-), 男, 高级工程师, 博士研究生, 矿产普查与勘探专业, 主要从事地质找矿与预测研究, E-mail: deelliliu@163.com

Indosinian. Two ages of $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ and $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ of the genetically magmatic zircon are 49 Ma and 61 Ma, which indicate the probable existence of Himalayan magmatic activity in Yunxian granite.

Key words: Yunxian; granites; tectonic setting; zircon U-Pb age

西南三江地区(怒江、澜沧江、金沙江)也称横断山区,是我国除华南以外又一重要的花岗岩分布区。该区花岗岩类岩性复杂,类型齐全,独具特色,为世人瞩目。云县花岗岩体产于澜沧江断裂南段的西侧,呈南北向延伸,为临沧复式花岗岩基的北段。岩体侵入于元古宇澜沧群,其上覆盖着中侏罗统,与南澜沧江弧火山岩带平行展布。前人对云县花岗岩体的地质地球化学特征、时代及成因进行了大量的研究(陈吉琛,1989;刘昌实等,1989;秦元季,1991;吕伯西等,1993;杨振德,1995;李兴林,1996;彭头平等,2006)。多种方法的同位素定年(黑云母 K-Ar 法、全岩 Rb-Sr 法)和岩石学工作认为云县岩体形成于印支期。陈吉琛(1989)认为古特提斯洋壳于晚二叠世—早三叠世沿澜沧江深断裂向西俯冲时形成了临沧古岛弧花岗岩,在晚三叠世板块碰撞时又被改造成巨大的花岗岩带。刘昌实等(1989)认为临沧岩体属同碰撞型花岗岩,板块碰撞时间是 292~275 Ma。笔者对云县花岗岩体中中粗粒黑云二长花岗岩进行了测试,利用单颗粒锆石 U-Pb 测年技术,结合样品的常量、微量和稀土元素测定,系统地对云县岩体进行了测年研究和物质来源示踪,获得了一些新的数据,为讨论岩体的成因、演化及与构造、火山岩、成矿作用的关系提供了新的依据。

1 岩体地质特征

云县花岗岩体系著名的“临沧花岗岩”之北延部分,沿澜沧江断裂(南段)西侧呈南北向与澜沧江弧火山岩带平行展布。岩体及其所侵入澜沧群(临沧地块),与其西侧的昌宁-孟连带和其东侧的南澜沧江火山岩带均以断裂为界(莫宣学等,1998)。据岩相学及同位素年代学的研究表明,临沧复式岩基大体可以晓街-邦东断裂和南岭-城子断裂为界,划分为 3 个岩段(李兴林,1996),云县花岗岩体即为其划分的以晓街-邦东断裂为界的晓街岩段。

云县岩体岩石矿物成分、组构等均较均匀。岩体现今的边界都为构造边界,与围岩接触界面凹凸不平,东侧与中晚三叠世火山岩呈侵入接触,北端系倾没部位,其间尚有中晚三叠世火山岩系残留盖层

保存,西侧边界或被澜沧群逆冲断裂覆盖,或被中侏罗世红层、第三系、第四系不整合覆盖(图 1)。

岩体主要岩石类型为中粒-中粗粒黑云二长花岗岩,岩石具特征的花岗结构-半自形粒状结构,块状构造,主要由浅色矿物石英($\pm 30\%$)、斜长石($\pm 30\%$)、钾长石($\pm 25\%$)和暗色矿物黑云母($\pm 15\%$)组成,斜长石及黑云母较自形,而钾长石及石英多为他形充填于不规则间隙中,副矿物少量,仅见锆石。石英他形粒状,粒度粗细不等,相互镶嵌或与其他矿物呈镶嵌状堆积分布;斜长石为半自形-自形宽板状,聚片双晶发育,与其他巨矿物颗粒呈镶嵌状分布,见细颗粒被较粗的碱性长石包裹,后期有绢云母化、绿帘石化、绿泥石化及泥化等,钾长石常呈他形,颗粒较斜长石粒度略粗,但自形程度较斜长石差,可见其中包裹有较细的斜长石及石英颗粒,与斜长石等呈镶嵌填隙状分布,蚀变常见高岭土化,黑云母为半自形-自形片状,多色性明显,解理清晰发育,与其他矿物镶嵌堆积或被粗粒钾长石包裹。副矿物锆石颗粒细小自形,少量分布、填隙分布或被黑云母包裹。

岩体围岩蚀变明显,东侧外接触带较宽,西侧略窄。围岩一般皆具重结晶及硅化,部分尚见角岩化现象。岩体倾没端内侧围岩则显蚀变、混合岩化等。自岩体内部至边缘可粗略地分为内部及外部两带。内部带是岩体的主体,以中粒似斑状黑云二长花岗岩为主,局部见少量花岗闪长岩及个别黑云斜长花岗岩、石英二长岩;外部带乃岩体的边缘带,由片麻状花岗岩组成。

2 地球化学特征

岩石地球化学主元素由宜昌地质矿产研究所中南矿产资源监督检测中心采用先进的熔片-X 荧光光谱法完成。该法通过测定特征谱线的强度来定量分析物质中的元素含量,所用仪器为帕拉科生产的 AXIOS 型 X 荧光光谱仪。微量和稀土元素则主要采用混合酸溶矿制样、等离子质谱法检测完成,所用仪器为美国热电公司生产的 X II Series 型等离子体质谱仪。

2.1 主量元素特征

岩石地球化学分析结果(表 1)显示,云县花岗岩

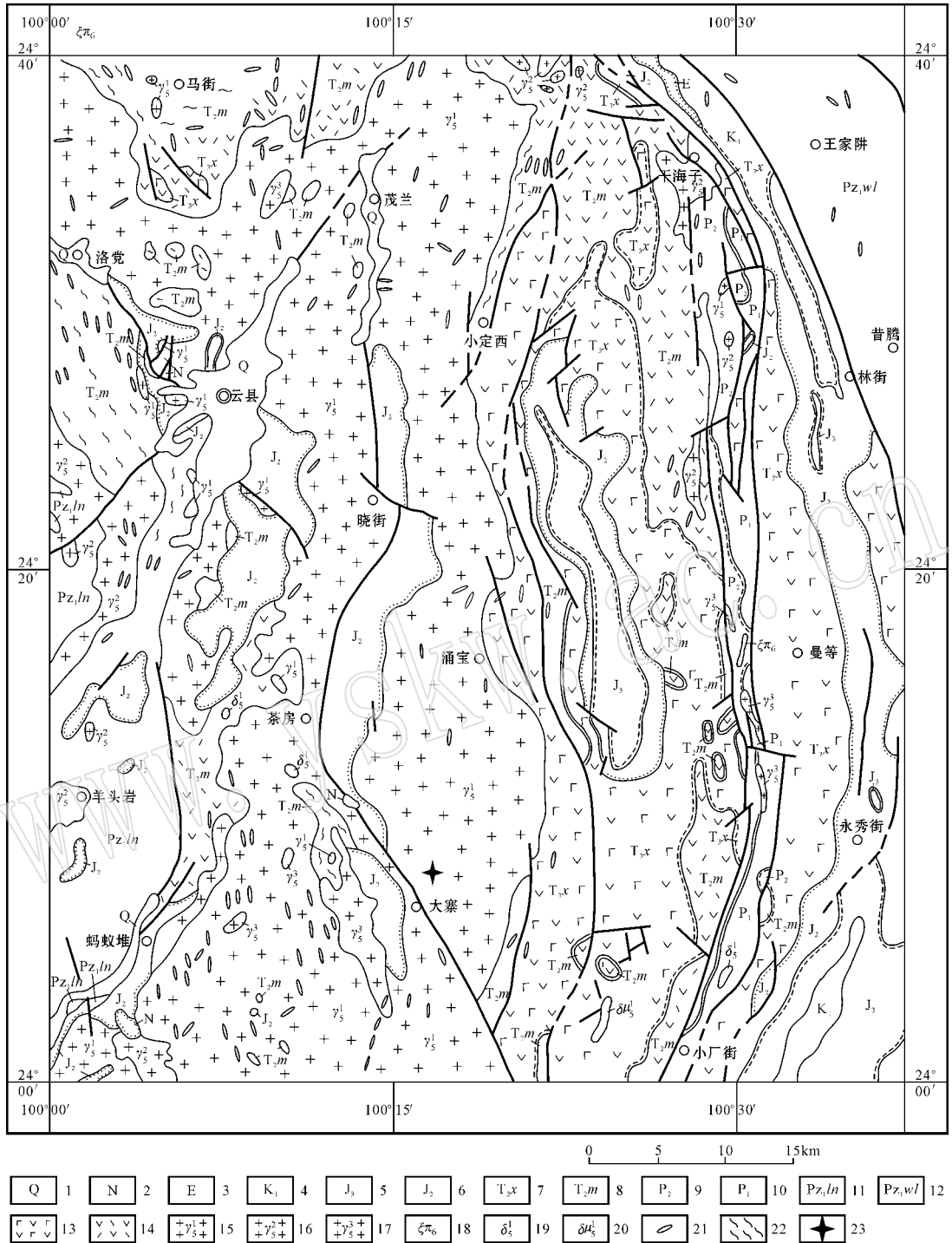


图 1 云县花岗岩体地质略图(据云南省地质矿产局,1977)

Fig. 1 Geological sketch map of the granitoids in Yunxian area(after Bureau of Geology and Mineral Resources of Yunnan Province, 1977)

1—第四系 2—新近纪 3—古近纪 4—下白垩统 5—上侏罗统 6—中侏罗统 7—上三叠统小定西组 8—中三叠统忙怀组 9—上二叠统；
10—下二叠统 11—澜沧群 12—无量山群 13—基性火山岩 14—酸性火山岩 15— γ_5^1 浅色花岗岩 16— γ_5^2 花岗岩 17— γ_5^3 花岗岩 18—正
长斑岩 19—闪长岩 20—闪长斑岩 21—脉岩 22—混合岩带 23—锆石样品采样位置

1—Quaternary ; 2—Neogene ; 3—Palaeogene ; 4—Lower Cretaceous ; 5—Upper Jurassic ; 6—Middle Jurassic ; 7—Upper Triassic Xiaodingxi For-
mation ; 8—Middle Triassic Manghuai Formation ; 9—Upper Permian ; 10—Lower Permian ; 11—Lancang Group ; 12—Wuliangshan Group ; 13—
basic volcanic rocks ; 14—acidic volcanic rocks ; 15— γ_5^1 leuco-granite ; 16— γ_5^2 granite ; 17— γ_5^3 granite ; 18—syenite porphyry ; 19—diorite ; 20—
diorite porphyry ; 21—vein rock ; 22—migmatite belt ; 23—sampling location

体略贫硅, SiO_2 平均含量为 68.57%。MgO + CaO 较高 ($> 3\%$), TFe $> 3.8\%$ 。岩石 K_2O 平均含量 4.05%, Na_2O 平均含量 2.43%, $K_2O + Na_2O$ 平均 6.48%, K_2O/Na_2O 值高, 平均为 1.67%, 为富钾型岩石。在 $K_2O - SiO_2$ 图解(图 2)上, 岩石属高钾钙碱性系列, 其岩石酸、碱度低于同类岩石平均值, 而镁铁组分高于平均值, 显示岩石偏中性, 与同碰撞构造

环境形成的花岗岩特征类似。在 $Na_2O - K_2O$ 图解(图 3)上, 岩石属 S 型花岗岩。 Al_2O_3 含量较高, 平均为 13.66%, A/CNK 平均为 1.1, 为铝过饱和系列岩石。分异指数 $DI = 72.8 \sim 78.9$, 明显偏低, 属演化程度低的花岗岩。CIPW 计算结果都出现标准矿物刚玉分子 ($> 1\%$)。按照 Maniar 和 Piccoli (1989) 的分类, 其构造环境相当于大陆碰撞花岗岩类 (CCG)。

表 1 云县花岗岩体主要元素含量及地球化学参数

$w_B/\%$

Table 1 Major element compositions and chemical parameters of Yunxian granite

样品	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	灼失	H_2O^+	CO_2	Σ	K_2O/Na_2O	ALK	A/CNK	DI
YDZ-1	67.20	0.65	13.78	0.05	4.82	0.07	2.22	2.29	2.47	4.08	0.19	1.00	1.32	0.14	99.29	1.65	6.55	1.09	72.8
YDZ-2	67.46	0.57	14.16	0.07	4.25	0.06	1.89	2.24	2.49	4.36	0.18	1.49	1.74	0.34	99.82	1.75	6.85	1.10	75.2
7437-1*	68.38	0.20	14.05	0.66	4.34	0.09	2.31	2.42	2.62	3.97	0.32	1.02	0.18	—	100.56	1.52	6.59	1.08	72.9
7436-4*	70.84	0.32	12.84	0.07	3.78	0.12	0.95	2.00	2.20	3.78	0.38	1.16	0.30	—	98.74	1.72	5.98	1.13	78.9
2045-6*	68.98	0.64	13.45	0.89	3.63	0.06	1.72	2.20	2.36	4.05	0.19	0.91	1.85	—	100.93	1.72	6.41	1.10	75.8

* 据云南省地质矿产局(1977) 样品 YDZ-1、YDZ-2 在国土资源部中南矿产资源监督检测中心测试。

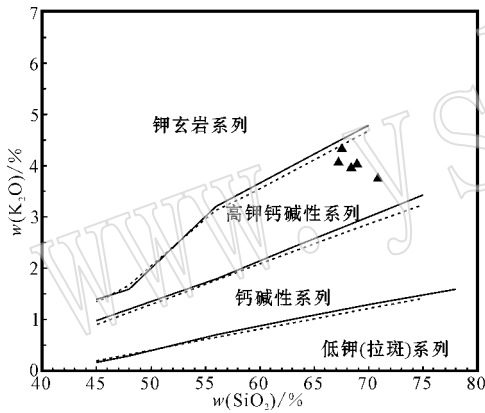


图 2 云县花岗岩的 $K_2O - SiO_2$ 图解 [实线据 Peccerillo 和 Taylor (1976), 虚线据 Middlemost (1985)]

Fig. 2 $K_2O - SiO_2$ diagram of Yunxian granite (solid line from Peccerillo and Taylor, 1976; dash line from Middlemost, 1985)

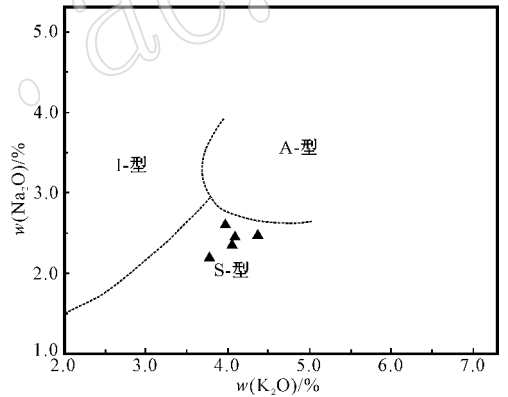


图 3 云县花岗岩的 $Na_2O - K_2O$ 图解(据 Collins 等, 1982)

Fig. 3 $Na_2O - K_2O$ diagram of Yunxian granite (after Collins et al., 1982)

2.2 微量元素和稀土元素特征

从表 2 中可以看出, 云县花岗岩的稀土元素总量较高, 平均 240.75×10^{-6} 。岩体轻稀土元素富集, 重稀土亏损 (La/Yb)_N 为 8.88~9.41, 分异不是很大。 δEu 为 0.52~0.57, 具有较明显的负铕异常。稀土元素配分曲线呈右倾斜的轻稀土富集型(图 4), 上述特征与 S 型花岗岩一致, 表明该类花岗岩主要由上地壳经不同程度的部分熔融形成(李昌年, 1992)。

云县花岗岩体微量元素平均值具有明显富集强

不相容元素(LILE), 贫高场强元素(HFSE)。在微量元素蛛网图(图 5)上的特点是具有明显的 Rb、Th 正异常和 Ba、Nb、Sr、P、Ti 的负异常, 较高的 Rb/Sr 比值(平均 1.5)表现出 S 型花岗岩的特征, 同时也显示了同碰撞花岗岩的特征(Pearce et al., 1984)。

3 花岗岩体的年代

3.1 样品测试方法

所选锆石的母岩为黑云二长花岗岩, 野外采样

表 2 云县花岗岩体岩石微量元素和稀土元素含量 $w_B/10^{-6}$

Table 2 Trace and REE element components of Yunxian granite

样号	YDZ-1	YDZ-2	样号	YDZ-1	YDZ-2
岩石名称	二长花岗岩	二长花岗岩	岩石名称	二长花岗岩	二长花岗岩
Cr	56.3	48.8	La	48.9	49.6
Ni	30.4	26.8	Ce	95.1	97.2
Co	11.9	11.9	Pr	12.4	12.7
Zn	64.1	61.4	Nd	45.2	46.2
Cu	200	91.9	Sm	8.97	8.99
Rb	220	223	Eu	1.50	1.63
W	2.04	4.08	Gd	8.43	8.3
Sr	139	156	Tb	1.31	1.26
Ba	870	994	Dy	7.09	6.68
V	68.5	58.4	Ho	1.36	1.28
Nb	16	15	Er	3.83	3.57
Ta	1.89	2.22	Tm	0.64	0.6
Zr	198	164	Yb	3.95	3.78
Hf	7.09	6.1	Lu	0.53	0.52
Sn	6	6	Y	37	34.2
Pb	147	64.5	ΣREE	239.21	242.31
Au	0.4	0.6	L/H	7.81	8.32
Ag	0.72	0.32	(La/Yb) _N	8.88	9.41
U	6.14	7.28	δEu	0.52	0.57
Th	31.9	35.4	δCe	0.92	0.93
Rb/Sr	1.58	1.43			
Rb/Ba	0.25	0.22			

样品由国土资源部中南矿产资源监督检测中心测试。

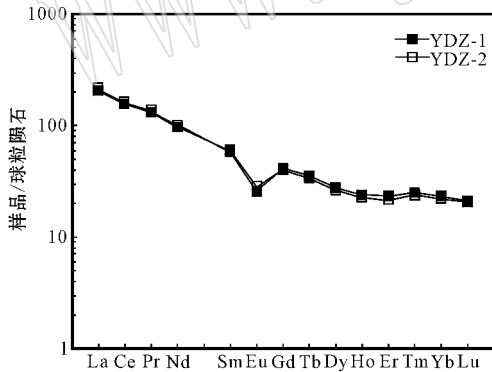


图 4 云县花岗岩的稀土元素配分型式图(球粒陨石标准化值据 Sun 和 McDonough, 1989)

Fig. 4 Chondrite-normalized REE patterns of Yunxian granite (chondrite values after Sun and McDonough, 1989)

位置见图 1。颗粒锆石 U-Pb 年龄测定采用稀释法完成。测试工作在宜昌地质矿产研究所中南矿产资源监督检测中心完成,测试步骤如下:

(1) 锆石从新鲜的岩石大样中选取,花岗岩样品重 10 kg 左右。将岩石破碎至 0.1~0.25 mm 和 < 0.1 mm 两级,首先在摇床上选出重砂矿物,然后用

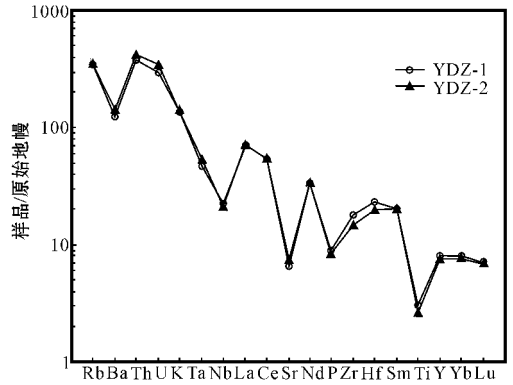


图 5 云县花岗岩的微量元素蛛网图(原始地幔标准化值据 Sun 和 McDonough, 1989)

Fig. 5 Spider diagram of trace elements for Yunxian granite (primitive mantle values after Sun and McDonough, 1989)

小淘砂盘精淘或电磁选,使锆石纯度达 95% 以上,最后在双目显微镜下观察,通过手选选出粒度尽可能大、透明度好、结晶形态完整、晶棱晶面清晰、无磨损、无裂纹、无蜕晶化、无包体的锆石作为岩浆锆石。被测锆石在加酸分解前,先置于聚四氟乙烯烧杯中先后用稀硝酸、超纯水及丙酮在超声波清洗机仔细清洗。

(2) 颗粒锆石在专门设计的微型高压釜中用 HF + HClO₄ 混合酸分解,以不同浓度的 HCl 在阴离子树脂交换柱上色层分离和纯化 U 与 Pb。U、Pb 浓度测定采用同位素稀释法,稀释剂为混合稀释剂 ²⁰⁵Pb + ²³⁵U。

(3) U、Pb 同位素分析在 MAT261 质谱计上进行。以国际铅同位素标准物质 NBS981 监控仪器工作状态。U-Pb 一致曲线年龄计算采用 Ludwig (1996) 程序。

(4) U、Pb 化学分离和质谱分析中的装样全部流程都在超净实验室中进行,所用试剂及水都经过多级纯化,铅的全流程本底为 2 × 10⁻¹⁰g。与测定本批样品同时测定 NBS981 的 ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 值为 0.912 7,精度为 ± 0.5%。

3.2 颗粒锆石 U-Pb 定年测定结果

此次在采集的花岗岩样品中,从一个大样中就区分、挑选出 6 种锆石(图 6),从而为研究云县岩体的演化提供了丰富信息。将这 6 种锆石进行分类,分别进行颗粒锆石 U-Pb 年龄稀释法测定,分析结果见表 3。由于这 6 种锆石具有完全不同的特征,因此对这些不同特征的锆石逐一进行分析。

样品 0206024-1 锆石被强烈溶蚀,呈球粒状,晶

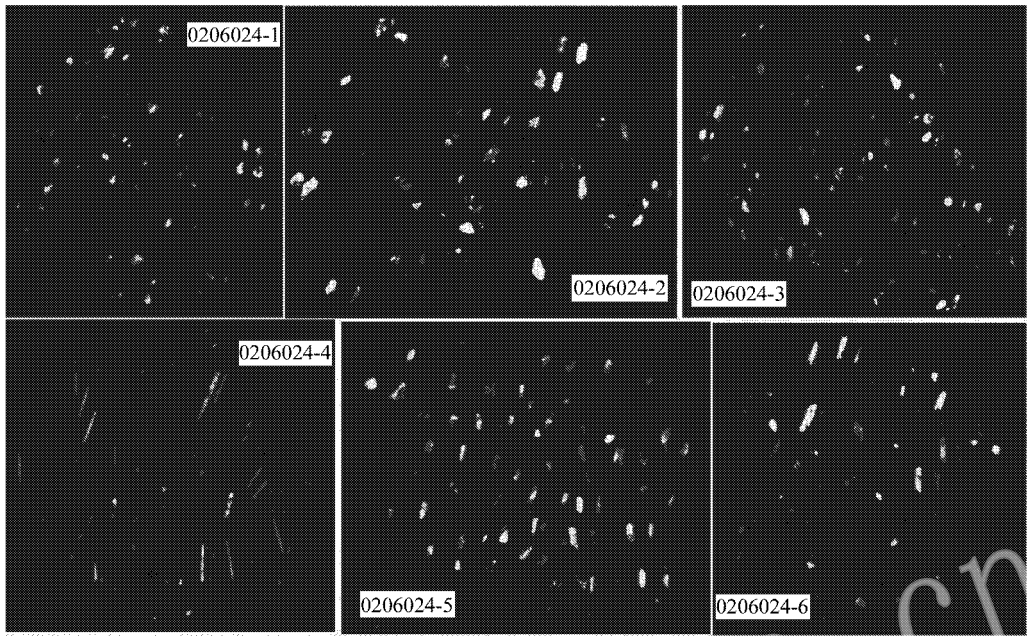


图 6 云县花岗岩锆石照片

Fig. 6 Photograph of zircons from Yunxian granite

表 3 云县花岗岩体单颗粒锆石 U-Pb 同位素测定结果

Table 3 Results of U-Pb isotopic dating for single-grain zircon from Yunxian granitoid intrusive complex

点号	质量/ μg	$w_{\text{Pb}}/10^{-6}$		普通铅含量/ $\text{ng } ^{204}\text{Pb}$	U-Pb 同位素原子比值						表面年龄/Ma						
		U	Pb		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		
					比值	误差(2σ)	比值	误差(2σ)	比值	误差(2σ)	比值	误差(2σ)	比值	误差(2σ)	比值	误差(2σ)	
0206024-3	10	18569	1790.4	12.997	42.2	0.02743	0.00178	0.09386	0.22472	0.02481	0.05943	174	11	91	218	564	1352
0206024-4	10	21093.4	905.4	1	515.3	0.03894	0.00044	0.28009	0.05596	0.05215	0.01043	246	2	250	50	292	58
0206024-6	10	15193.2	467.9	0.587	467.2	0.02859	0.00021	0.20826	0.02661	0.05282	0.00676	181	1	192	24	321	41
0206024-1	10	11614.8	971	0.713	742.1	0.07385	0.00030	1.15233	0.03168	0.11316	0.00314	459	1	778	21	1850	51
0206024-2	10	15126.9	992.1	2.24	226.4	0.05102	0.00030	0.52600	0.03103	0.07477	0.00443	320	1	429	25	1062	62
0206024-5	10	17350.2	136.6	0.057	1436.9	0.00771	0.00005	0.06267	0.00763	0.05894	0.00719	49	0	61	7	564	68

样品由国土资源部中南矿产资源监督检测中心测试。

棱、晶面不清楚,是典型继承锆石,代表了云县岩体的源岩。由于该锆石后期经历复杂,所以它的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 两年龄出现明显不一致,但是从它的表面年龄值判断,该源岩的形成年龄最晚是晋宁期(应该 $>778\text{ Ma}$)。

样品 0206024-4 锆石特征迥然不同,它的晶形完整,晶棱、晶面清晰,呈长柱状,柱面发育,锥面不发育,长宽比达 7:1,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 两个年龄(246 Ma 和 250 Ma)在误差范围内一致,可以代表该锆石的晶出时间,因此云县岩体中华力西晚期—印支早期的岩浆活动肯定存在,也就是云县花岗岩体主体形成的时限可以确定为印支早期。即发生在

晚二叠世至早三叠世,这一时期是古澜沧江洋闭合过程中板块向东俯冲以及南、北两大陆碰撞阶段。

样品 0206024-6 锆石特征基本同样品 0206024-4,但是晶棱、晶面稍有溶蚀,它的两个表面年龄(181 Ma 和 192 Ma)彼此差异稍有增大,但在误差范围内基本一致,因此也应属于印支期。不过由于受到后期岩浆作用影响,放射成因铅出现丢失,表面年龄有所降低。

值得注意的是 0206024-5 锆石,它既不是等轴粒状也不呈长宽比达 7:1 的长柱状而是短柱状,晶体完好,柱面与锥面同等发育,晶棱、晶面清晰,清洁透明,这样的特征表明它是岩浆成因锆石,且后期没

有发生蜕晶作用从而导致放射成因铅丢失。该锆石 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值很大(1.437),说明样品中普通铅的污染很低,因此也不存在因普通铅校正过度而导致年龄偏低的问题。总之,该样品的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 两个年龄(49 Ma和61 Ma)应该反映在云县岩体中存在喜马拉雅期岩浆活动。但由于该锆石太年轻,放射成因铅极低,因此导致测定误差增大使这两个年龄的一致性变差。由采样位置和样品特征可以确定,喜马拉雅期样品0206024-5锆石产于云县岩体的主体,与其他时代的锆石混合在一起,因此,云县岩体的最后侵入(位)时间应该定为喜马拉雅期。

样品0206024-2锆石晶体,复四方双锥发育而柱面不发育,总体形态接近0206024-1锆石,虽普遍存在溶蚀或磨圆现象但程度稍差,因此晶棱与晶面仍清晰可见。由于晶体特征不突出,它的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 与 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 年龄值的意义则可能有3种解释:①锆石是岩浆锆石,提示云县岩体中还存在加里东期岩浆活动;②锆石是捕获晶,是由于在印支期或喜马拉雅期岩浆活动过程中捕获、熔蚀了加里东期岩石;③锆石是继承锆石,来自前晋宁期源岩。结合区域地质进行分析,考虑区域构造等特征,笔者判断最后一种解释的可能性较大。

样品0206024-3锆石的普通铅太高,锆石晶体上有裂纹和众多不透明包体,对它表面年龄的地质意义不大。

4 讨论

4.1 物源

云县印支期黑云二长花岗岩诸多方面表现出陆壳物源特点。岩石不含角闪石,副矿物为典型的钛铁矿+独居石组合,岩石化学特征 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} > 1.5$ 、 $\text{A}/\text{CNK} = 1.1$,标准矿物计算刚玉分子C值1.74~2.48,为铝过饱和系列,在ACF图(图略)中落入S型花岗岩区,在成因类型上相当于Chappell等(1974,1992)的S型花岗岩。稀土元素具低的 Sm/Nd 比值(0.19~0.2),低于陆壳平均值0.23,证明其源区岩石主要是陆壳组分,为陆壳重熔型花岗岩。

4.2 形成环境

对于岩体形成之构造环境的认识,已有较多学者进行过探索,大都认为属碰撞型花岗岩(陈吉琛,1987;刘昌实等,1989;秦元季,1991;吕伯西等,1993)。云县花岗岩沿澜沧江结合带西侧分布,是古特提斯洋闭合与板块碰撞有关的花岗岩,从岩体同位

素年龄判断,碰撞时间为印支期(吕伯西等,1993)。

南澜沧江结合带地处我国西南“三江”地区特提斯造山带之南段,由昌宁-孟连石炭-二叠纪火山岩带和南澜沧江二叠-三叠纪火山岩带组成。多年来的区域地质调查和研究工作已勾勒出了火山岩的构造-岩浆格局及其与特提斯演化的关系(张彩华等,2006)。昌宁-孟连带代表了古特提斯洋主支(古澜沧洋)闭合后南北两大陆对接带,其东侧的南澜沧江弧火山岩带与临沧花岗岩是在扬子基底上发育起来的与之配套的岩浆弧。从二叠纪洋盆由于板块的向东(北)俯冲开始缩小,至早三叠世洋盆基本消失,南、北大陆对接。此过程中位于东侧的俯冲岩浆弧是由二叠纪火山岩组合与俯冲花岗岩(临沧花岗岩的早期部分)构成(莫宣学等,1998)。它们记录着古特提斯的历史轨迹。

本文测试的云县花岗岩颗粒锆石U-Pb测年显示花岗岩形成于华力西晚期—印支期,这个时间与三江特提斯洋的最终关闭、南北大陆碰撞时间基本相当。云县花岗岩主要由浅色二长花岗岩组成,矿物组合为斜长石、钾长石、石英和黑云母。根据矿物和岩石学特征判别其在QAP图解上(图7)投影点落入大陆碰撞花岗岩类区域,可确定云县花岗岩体的构造环境为大陆碰撞花岗岩类(肖庆辉等,2002;涂绍雄等,2002)。在Nb-Y和Rb-Yb+Ta判别图(图8)上(Pearce *et al.*,1984)投影点落入同碰撞花岗岩区(syn-COLG),而且在 R_1-R_2 构造判别图上也落入同碰撞花岗岩区(图略),反映了云县花岗岩主体是与澜沧江碰撞带有关的同碰撞花岗岩。因此,云县黑云二长花岗岩大体上相当于Pearce等(1984)划分的同构造陆-陆碰撞型花岗岩。系本区主构造作用期(华力西晚期—印支期)形成之同碰撞花岗岩,是洋壳板块俯冲消减后大陆对接碰撞的产物。

4.3 云县花岗岩主体形成时代

云县花岗岩体为临沧复式花岗岩基的组成部分,是古特提斯构造演化过程中的重要产物。其形成年龄一直有着不同的看法,如:陈吉琛(1989)认为临沧岩体形成于279~210 Ma;刘昌实等(1989)认为临沧复式岩基大致形成于292~275 Ma;云南省地质矿产局(1990)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(1991)则认为该岩基主要形成于255~180 Ma;李兴林(1996)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,至

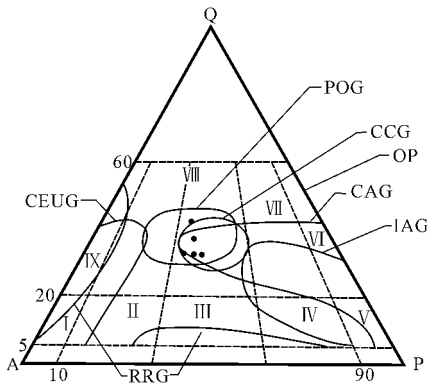


图 7 云县花岗岩体 QAP 图解(据 Maniar 等,1989)
Fig. 7 QAP diagrams of Yunxian granite(after Maniar et al., 1989)

IAG—岛弧花岗岩类 ;CAG—大陆弧花岗岩类 ;CCG—大陆碰撞花岗岩类 ;POG—后造山花岗岩类 ;RRG—与裂谷有关的花岗岩类 ;CEUG—与大陆的造陆抬升有关的花岗岩类 ;OP—大洋斜长花岗岩 ;I—石英碱性正长岩 ;II—石英正长岩 ;III—石英二长岩 ;IV—石英二长闪长岩 ;V—石英闪长岩 ;VI—英云闪长岩、奥长花岗岩 ;VII—花岗岩闪长岩 ;VIII—花岗岩 ;IX—碱性花岗岩
IAG— island arc granite ;CAG— continental arc granite ;CCG— continental collision granite ;POG— post-orogenic granite ;RRG— rift-related granite ;CEUG— continental epeirogenic uplift granite ;OP— ocean plagiogranite ;I— quartz alkaline syenite ;II— quartz syenite ;III— quartz monzonite ;IV— quartz monzodiorite ;V— quartz diorite ;VI— tonalite , trondhjemite ;VII— granodiorite ;VIII— granite ;IX— alkaline granite

少包括晋宁期、华力西期和印支期等几个期次的侵入体,莫宣学等(1998)参考前人资料进行分析认为岩基同位素年龄值大多数在 288~138 Ma 之间,其中多数又集中在中三叠世—早侏罗世;最近,彭头平等(2006)报道了澜沧江花岗岩北段、南段的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄分别为 229.4 ± 3.0 和 230.4 ± 3.6 Ma。本次研究获得的云县花岗岩代表

该岩体主体岩性的二长花岗岩的颗粒锆石 U-Pb 年龄为 246 Ma 和 250 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,即云县花岗岩主体很可能形成于晚二叠世至早三叠世。样品 0206024-5 锆石给出的 49 Ma 和 61 Ma 年龄值应该反映在云县岩体中存在喜马拉雅岩浆活动,表示云县岩体的最后侵入(位)时间应该定为喜马拉雅期。由此可见云县岩体是一个多期次、多阶段侵入活动所构成的复式岩体,它的形成、发展、演化经历了较长时间和不同环境的迁移变化,并经过后期的强烈改造。

5 结论

(1) 云县岩体的岩石类型主要为二长花岗岩,表现为化学成分上的弱酸性(SiO_2 68%~70%),过铝质($A/CNK=1.1$),副矿物组合为独居石-钛铁矿;又含有大量富镁质黑云母。具有略贫硅、富钾、过铝、钙碱性“S”型花岗岩特征,反映陆-陆碰撞的性质。岩体的常量元素、稀土元素和微量元素特征表明,成岩物质主要为壳源。

(2) 锆石颗粒 U-Pb 同位素测年结果表明,云县花岗岩体的主体形成时间为华力西晚期-印支期,系本区主构造作用期形成之同碰撞花岗岩,是洋壳板块俯冲消减后,大陆对接碰撞之产物。其源岩的形成年龄最晚是晋宁期(>778 Ma),表明岩段内有早期岩体残留,而后又经多次构造岩浆作用的叠加、改造而形成之多期次复式岩体,至少应包括晋宁期、华力西期、印支期等几个期次的侵入体。同时,锆石

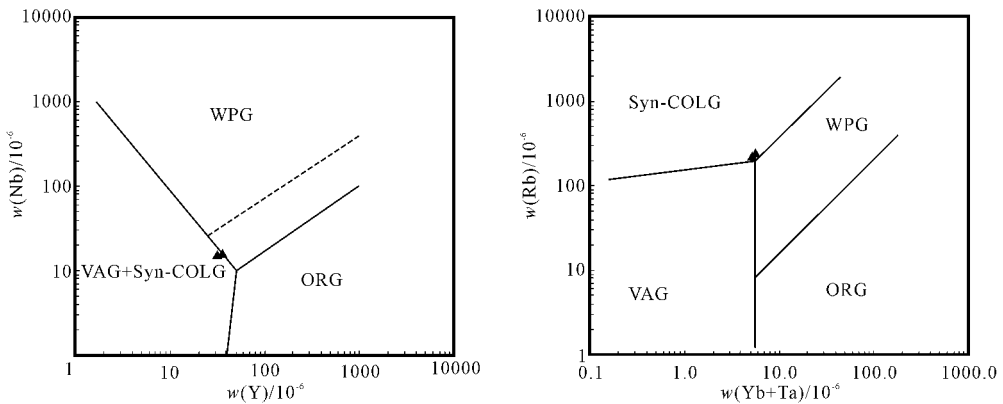


图 8 云县花岗岩的 Nb-Y 和 Rb-Yb+Ta 图解(据 Pearce 等,1984)

Fig. 8 Nb-Y and Rb-Yb+Ta diagram of Yunxian granite(after Pearce et al., 1984)

Syn-COLG—同碰撞花岗岩 ;VAG—火山弧花岗岩 ;WPG—板内花岗岩 ;ORG—洋脊花岗岩

Syn-COLG—Syn-collision granite ;VAG—volcanic arc granite ;WPG—intraplate granite ;ORG—ocean ridge granite

U-Pb 测年指示岩体中还有喜马拉雅期岩浆活动。

致谢 在锆石 U-Pb 定年测试过程中得到宜昌地质矿产研究所李志昌研究员的热情帮助,对宜昌地质矿产研究所同位素室工作人员的辛勤工作表示感谢。

References

Bureau of Geology and Mineral Resources of Yunnan Province. 1990. Regional Geology of Yunnan Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 291~301(in Chinese with English abstract).

Chappell B W and White A J R. 1974. Two contrasting granite types [J]. Pacific Geol. , 8 : 173~174.

Chappell B W and White A J R. 1992. I and S-type granites in the Lachlan Fold Belt[J]. Trans. R. Soc. Edinburgh: Earth Sci. , 83 : 1~26.

Chen Jichen. 1989. Tectonic surroundings forming west Yunnan granitoids and their rock characters[J]. Geology in Yunnan, 8(3, 4): 205~212(in Chinese with English abstract).

Collins W J, Beams S D, White A J R, et al. 1982. Nature and origin of A-type granite with particular reference to southeastern Australia [J]. Contrib. Mineral Petrol. , 80(2): 189~200.

Li Changnian. 1992. Trace Element Lithology of Magmatic Rock[M]. Wuhan: China University of Geoscience Press, 1~195(in Chinese).

Li Xinglin. 1996. Basic characteristics and formation structural environment of Lincang composite granite batholith[J]. Geology in Yunnan, 15(1): 1~18(in Chinese with English abstract).

Liu Changshi, Zhu Jinchu, Xu Xisheng, et al. 1989. Study on the characteristics of Lincang composite granite batholith in West Yunnan[J]. Geology in Yunnan, 8(3, 4): 189~204(in Chinese with English abstract).

Ludwig R K. 1996. ISOPLOT: A plotting and regression program for radiogenic-isotope data[Version. 2.90] [J]. U.S. Geological Survey Open File Report, 91(445): 1~47.

Lü Boxi, Wang Zeng, Zhang Nengde, et al. 1993. Granitoids in the Sanjiang Region and Their Metallogenic Specialization[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1~328(in Chinese with English abstract).

Maniar P D and Piccoli P M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids [J]. Geol. Soc. Am. Bull. , 101 : 635~643.

Middlemost E A K. 1985. Magmas and Magmatic Rock[M]. London: Longman, 1~266.

Mo Xuanxue, Shen Shangyue, Zhu Qinwen, et al. 1998. Volcanic-ophiolite and Mineralization of Middle-Southern Part in Sanjiangarea of Southwestern China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1~128(in Chinese with English abstract).

Pearce J A, Harris N B W and Tindle A G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks [J]. Journal of Petrology, 25 : 956~983.

Peccerillo R and Taylor S R. 1976. Geochemistry of eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey[J]. Contrib. Mineral Petrol. , 58 : 63~81.

Peng Touping, Wang Yuejun, Fan Weiming, et al. 2006. Zircon SHRIMP U-Pb dating of Early Mesozoic acidity volcanic rock in

Southern Lancangjiang and its tectonic significance[J]. Science in China(Series D), 36(2): 123~132(in Chinese).

Qin Yuanji. 1991. Basic characteristics and tectonic emplacement mechanism of Lincang granite batholith in Western Yunnan Province, China[D]. Beijing: Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences(in Chinese).

Sun S S and McDonough W F. 1989. Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalts: Implications for Mantle Composition and Processes[M]. Saunders A D and Norry M J. Magmatism in the Ocean Basins. London: Geol. Soc. Spec. Publ. , 42 : 313~345.

Tu Shaoxiong and Wang Xiongwu. 2002. Some significant advances of foreign granitoid researches in the nineties of the Twentieth Century [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 21(2): 107~118, 130(in Chinese with English abstract).

Xiao Qinghui, Deng Jinfu, Ma Daquan, et al. 2002. The Ways of Investigation on Granitoid[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1~294(in Chinese).

Yang Zhende. 1995. A huge granite napp[J]. Geology in Yunnan, 14(2): 99~108(in Chinese with English abstract).

Zhang Caihua, Liu Jishun and Liu Deli. 2006. Geological and geochemical characteristics and tectonic setting of Triassic volcanic suite in Guanfang area along South Lancangjiang belt [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 25(5): 377~386(in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

陈吉琛. 1989. 滇西花岗岩类形成的构造环境及岩石特征[J]. 云南地质, 8(3, 4): 205~212.

李昌年. 1992. 火成岩微量元素岩石学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1~195.

李兴林. 1996. 临沧复式花岗岩基的基本特征及形成构造环境的研究[J]. 云南地质, 15(1): 1~18.

刘昌实, 朱金初, 徐夕生, 等. 1989. 滇西临沧复式岩基特征研究[J]. 云南地质, 8(3, 4): 189~204.

吕伯西, 王增, 张能德, 等. 1993. 三江地区花岗岩类及其成矿专属性[M]. 北京: 地质出版社, 1~328.

莫宣学, 沈上越, 朱勤文, 等. 1998. 三江中段段火山岩-蛇绿岩与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1~128.

彭头平, 王岳军, 范蔚茗, 等. 2006. 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), 36(2): 123~132.

秦元季. 1991. 滇西临沧花岗岩基的基本特征和构造侵位机制[D]. 北京: 中国科学院地质研究所.

涂绍雄, 汪雄武. 2002. 20 世纪 90 年代国外花岗岩类研究的某些重大进展[J]. 岩石矿物学杂志, 21(2): 107~118, 130.

肖庆辉, 邓晋福, 马大铨, 等. 2002. 花岗岩研究思维与方法[M]. 北京: 地质出版社, 1~294.

杨振德. 1995. 一条巨型花岗岩推覆体[J]. 云南地质, 14(2): 99~108.

云南省地质矿产局. 1990. 云南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 291~301.

张彩华, 刘继顺, 刘德利. 2006. 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, 25(5): 377~386.