

文章编号: 1007-3701(2012)04-321-10

钦杭成矿带西段罗容杂岩体岩石学、地球化学及年代学

黄炳诚, 许 华, 潘艺文, 黄 英, 倪战旭, 钟辉运

(广西区域地质调查研究院, 广西 桂林 541003)

摘要: 罗容杂岩体主要由二长闪长岩、二长岩、二长正长岩和正长岩组成。岩石以富碱、富含 Ba、K、Rb、Sr、Ga 等大离子亲石元素 (LILE) 和 LREE、Nb、Ta、Zr、Hf、Th、U、Y 等高场强元素 (HFSE) 为主要特征, 属钾玄岩系列。对罗容杂岩体进行了高精度的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年, 获得角闪辉石二长岩等时线年龄为 163.40 ± 0.40 Ma (MSWD=0.12)。研究认为罗容杂岩体形成于中侏罗世, 属于 A₁ 亚型花岗岩, 形成于燕山早期华南后造山阶段大陆地壳拉张减薄的构造环境。

关键词: 岩石地球化学; LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄; 罗容杂岩体; 钦杭成矿带西段

中图分类号: P595, P597

文献标识码: A

罗容杂岩体位于广西桂平蒙圩镇, 广西区域地质志将其和马山杂岩体一起划归为燕山早期第三次侵入形成的同熔型杂岩体^[1]。李献华等 (1999) 则将其与马山杂岩体、西山岩体及平乐牛庙、同安岩体等, 一并归为“桂东南钾玄质侵入岩带”, 认为它们产出于板内环境, 很可能是中生代华南软流圈地幔上涌和岩石圈伸展背景下形成的^[2]。郭新生等 (2001) 对罗容杂岩体和马山杂岩体 Nd 同位素进行了研究, 发现罗容杂岩体各种岩石的 $\epsilon_{Nd(T)}$ 值均较高, 认为它们是近年来发现的华南低 Nd 模式年龄花岗岩中模式年龄最低 (幔源物质贡献最大) 的类型, 记录了中生代时华南的地幔物质上涌和形成新生地壳的事件^[3]。但关于罗容杂岩体的形成时代, 一直缺少可靠的同位素测年资料。在钦杭成矿带地质矿产调查 1: 25 万贵县幅 (F49C001002) 区调修测工作中, 笔者对罗容杂岩体进行了野外调查, 并从岩石学、岩石地球化学、同位素年代学等方面进行了较详细的研究, 对其成因和形成构造环境进行了探讨。

1 区域地质背景

罗容杂岩体构造位置位于钦杭成矿带西段大瑶山隆起南侧社步中新生代盆地的西缘, 灵山-藤县断裂西侧, 呈岩株状侵入上泥盆统融县组 (D_{3r}) 灰岩中 (图 1), 并被下白垩统新隆组 (K_{1x}) 紫红色砾岩、砂岩、粉砂岩沉积覆盖。出露面积约 2.5 km², 外接触带具大理岩化和矽卡岩化。

岩体由多次侵入的基性和中性岩组成, 岩性主要为二长闪长岩、二长岩 (二长斑岩)、二长正长岩和正长岩 (图 2)。早期以粗-中粒 (少量中-细粒) 二长岩为主, 局部过渡为二长闪长岩和二长正长岩, 三者为相变过渡关系, 它们构成罗容杂岩体的主体, 出露于罗容大岭一带, 呈不规整的环带状分布。岩体北侧外围新村、莫南一带, 尚发育有小规模的中细粒二长斑岩岩株。晚期为中细粒正长岩, 主要有大岭顶和新村两个侵入体, 出露面积约 0.1~0.5 km², 侵入于二长岩、二长正长岩中, 两者为突变侵入接触关系。

2 岩石学特征

二长闪长岩: 呈灰黑色, 粗-中粒不等粒二长

收稿日期: 2012-9-21; 修回日期: 2012-10-15.

基金项目: 中国地质调查局地质矿产调查评价专项 (编号: 1212011120815).

作者简介: 黄炳诚 (1973—), 男, 工程师, 从事区域地质调查工作, E-mail: xuhua88131@yahoo.com.cn.

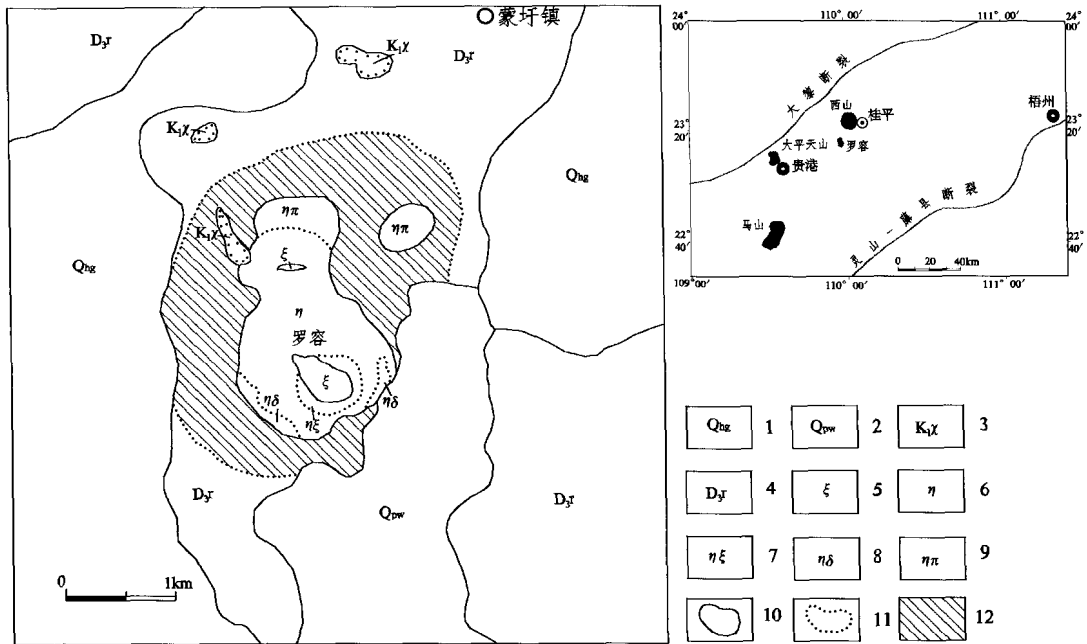


图1 罗容杂岩体地质简图

Fig.1 Simplified geological map in the study area

1-第四系桂平组;2-第四系望高组;3-白垩系新隆组;4-泥盆系融县组;5-正长岩;6-二长岩;7-二长正长岩;8-二长闪长岩;9-二长斑岩;10-地质界线;11-岩体相变线;12-大理岩.

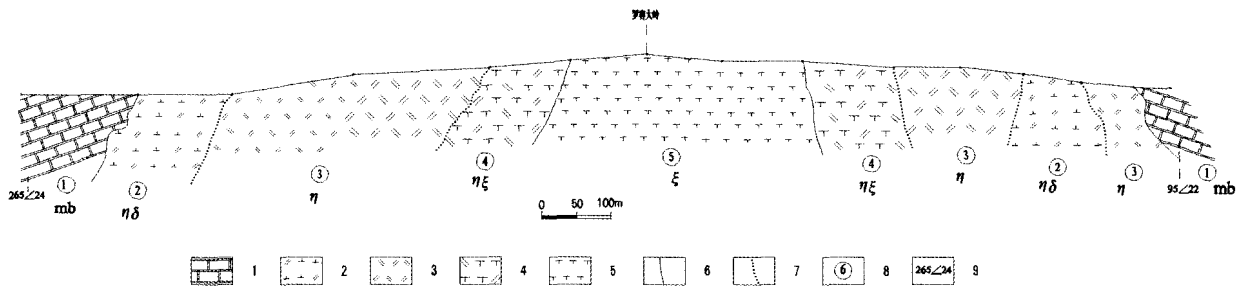


图2 罗容岩体地质剖面

Fig. 2 Cross section of Luorong granites

1-大理岩;2-二长闪长岩;3-二长岩;4-二长正长岩;5-正长岩;6-侵入接触界线;7-相变线;8-分层编号;9-层理产状.

结构,块状构造。主要由斜长石(37%~42%)、钾长石(15%~20%)、普通辉石(27%)、普通角闪石(13%)等矿物组成。斜长石(An=28)呈半自形板状,晶体大小不一,多在0.5~2mm间,少数达2~4mm,钾长石也多在0.5~2mm间。暗色矿物大小多为0.2~1mm,少数可达2mm,自形的普通辉石边部常有普通角闪石的反应边。副矿物有磁铁矿、锆石、磷灰石、榍石等。

二长岩:呈浅灰白色,不等粒二长结构,块状构

造。主要由斜长石(An=10)(37%)、微斜微纹长石(55%)、普通辉石(3%)、普通角闪石(2%)等矿物组成。长石呈半自形长板状,长者达6~20mm,呈似斑晶产出,一般在1~5mm至0.5~1mm。岩石结构有由不等粒向斑状过渡的特征,但总体仍以不等粒结构为主,只有在细小长石聚集在粗大长石间的部分才显示斑状特征。斜长石大晶体边部多被钾长石包围、交代,细小晶粒则被钾长石包嵌。暗色矿物多聚集分布,其中普通辉石自形-半自形柱状,柱体长多

在 0.3~1 mm 间。普通角闪石大小与辉石相近,但自形度差。副矿物有磁铁矿、榍石、锆石、磷灰石等。

二长正长岩:呈浅肉红色,粗-中粒结构,局部二长结构,块状构造。主要由微斜微纹长石(67%)、斜长石(25%)、普通辉石及其假晶(2%)、普通角闪石(2%)、黑云母(1%)等矿物组成。钾长石大小不等(8~20 mm),有的呈粗大的半自形板状晶体,呈似斑晶产出。多数斜长石和钾长石呈长板状,长多为 2~8 mm,前者自形程度较好,后者常在前者周围分布,具二长结构特征。有的钾长石呈扇形集合体,充填于其他矿物间。被包嵌于钾长石中的粗大的斜长石为更-中长石($An=30$),而聚集在粗大长石间的不规则细小斜长石为更长石($An=11$)。暗色矿物粒度多在 0.2~1 mm 间,其中辉石几乎全被角闪石或次生矿物交代,呈假晶出现,普通角闪石外形不规则。副矿物有磁铁矿、榍石、褐帘石、磷灰石等。榍石为自形粒状,大者可达 0.5~1.2 mm。

正长岩:呈红棕色,强烈风化~半风化,中细粒半自形结构,块状构造,主要由正长石(75%)、白云母(24%)等矿物组成;正长石半自形板状,大小多在 2~5 mm 间,杂乱分布,其间隙处往往充填着白云母鳞片集合体,白云母片大小多在 1 mm 以下;副矿物有金红石、锆石、褐铁矿等。

3 岩石地球化学特征

笔者选取罗容杂岩体代表性岩石类型进行了岩石地球化学测试。主、微量元素及稀土元素分析均由武汉综合岩矿测试中心完成,文中图件采用 GeoKit 软件^[4]制作。

3.1 主量元素特征

岩石主量元素含量及相关特征参数列于表 1。 SiO_2 含量 51.07%~66.23%,表现为从基性到中性,向富硅方向演化。岩石富碱,全碱(Na_2O+K_2O)为 6.41%~14.14%。分异指数(DI)46.66~93.89,以中等分异程度为主,晚期正长岩为强分异。里特曼指数(σ)为 4.06~12.11,为里特曼碱性系列。铝饱和指数(A/CNK)介于 0.61~1.39,多为准铝质,仅个别由于强分异为过铝质。在 $SiO_2 - (Na_2O+K_2O)$ (TAS)图解(图 3)中,全部样品均属碱性岩系列,分别落于二长闪长岩、二长岩、副长石二长正长岩、副长石正长岩和正长岩区,表现为由早期基性的二长闪长岩→二长岩→副长石二长正长岩→副长石正长岩

向晚期中性的正长岩演化的特征,与前文矿物和结构定名基本一致。在 $SiO_2 - K_2O$ 图解(图 4)中,样品多落于钾玄岩系列范围内,仅个别样品落于高钾钙碱性系列区。

3.2 稀土元素特征

岩石稀土元素含量列于表 2。稀土总量(ΣREE)为 $268.94 \times 10^{-6} \sim 506.61 \times 10^{-6}$,轻重稀土比

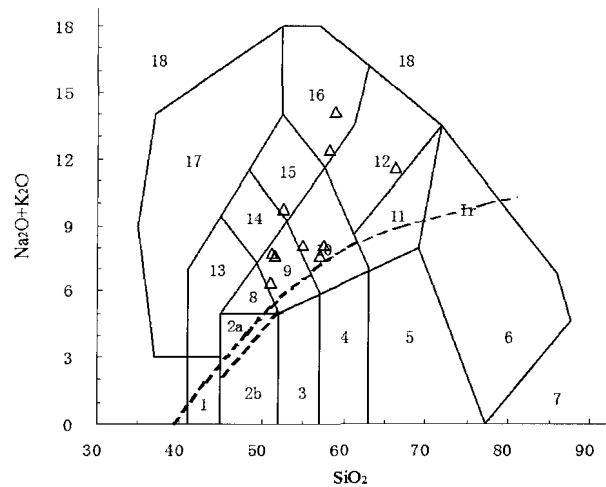


图3 罗容岩体TAS图解^[5]

Fig. 3 TAS diagram for the Luorong granites

1-橄榄辉长岩;2a-碱性辉长岩;2b-亚碱性辉长岩;3-辉长闪长岩;4-闪长岩;5-花岗闪长岩;6-花岗岩;7-石英英岩;8-二长辉长岩;9-二长闪长岩;10-二长岩;11-石英二长岩;12-正长岩;13-副长石辉长岩;14-副长石二长闪长岩;15-副长石二长正长岩;16-副长石正长岩;17-副长深成岩;18-霓方钠岩/磷霞岩/粗白榴岩;Ir: Irvine分界线,上方为碱性,下方为亚碱性。

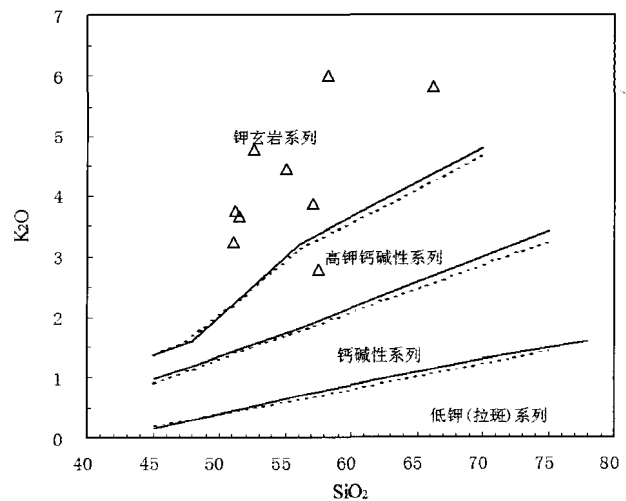


图4 罗容岩体 $SiO_2 - K_2O$ 图解^[6-7]

Fig. 4 SiO_2 vs. K_2O diagram for the Luorong granites

表1 罗容岩体主量元素(wt%)分析结果表

Table 1 Major element compositions of the Luorong granites

样品编号	岩性	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	CO ₂	Total	A/NKC	DI	σ
2083-2	辉石角闪二长岩	52.63	1.37	17.84	3.35	4.20	0.20	2.56	6.25	5.00	4.77	0.45	0.90	0.08	99.60	0.72	63.54	9.47
2083-3	二长闪长岩	51.17	1.74	17.08	4.23	4.70	0.22	2.73	7.99	3.98	3.75	0.54	1.34	0.04	99.51	0.68	54.14	6.79
2083-4	二长闪长岩	51.54	1.73	18.16	3.56	4.80	0.21	2.42	7.70	3.94	3.67	0.46	1.31	0.04	99.54	0.74	54.22	6.33
2084-2	角闪辉石二长岩	58.28	0.57	19.16	2.01	1.60	0.13	0.69	2.75	6.45	5.99	0.10	1.19	0.70	99.62	0.87	84.37	9.74
2084-3	角闪辉石二长正长岩	58.92	0.20	21.54	1.54	1.10	0.15	0.08	0.06	0.18	13.96	0.02	1.36	0.70	99.81	1.39	89.94	12.11
2085-2	角闪辉石二长斑岩	57.50	1.04	18.38	2.50	2.00	0.20	1.63	7.38	5.30	2.79	0.25	0.68	0.04	99.69	0.73	63.92	4.43
2380-1	二长闪长岩	51.07	2.07	14.86	3.97	6.40	0.21	4.78	7.94	3.17	3.24	0.77	1.00	0.18	99.66	0.64	46.66	4.78
2380-2	白云母正长岩	66.23	0.20	17.74	1.98	0.60	0.03	0.07	0.39	5.84	5.80	0.03	0.85	0.08	99.84	1.07	93.89	5.78
2381-1	角闪辉石二长岩	57.07	1.37	16.17	4.32	3.20	0.18	2.73	5.84	3.78	3.86	0.42	0.59	0.08	99.61	0.77	62.38	4.06
2383-1	角闪辉石二长斑岩	55.01	1.27	15.31	4.07	3.30	0.16	3.18	7.83	3.63	4.46	0.53	0.80	0.06	99.61	0.61	59.09	5.28

*注:分异指数(DI):CIPW标准矿物Q+Or+Ab+Ne+Lc+Kp之和;铝饱和度(A/NKC):Al₂O₃/(K₂O+Na₂O+CaO)分子数比值;里特曼指数σ=(K₂O+Na₂O)²/(SiO₂-43)

表2 罗容岩体稀土元素(×10⁻⁶)分析结果表

Table 2 Rare earth element compositions of the Luorong granites

样品编号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE/HREE	δEu	δCe
2083-2	74.82	135.9	15.83	56.76	9.67	2.61	8.63	1.23	5.86	1.13	3.12	0.48	3.00	0.62	28.97	348.63	12.28	0.86	0.91
2083-3	78.51	158.1	19.56	71.29	12.09	3.23	10.63	1.49	6.86	1.28	3.45	0.53	3.01	0.58	32.67	403.28	12.32	0.85	0.95
2083-4	77.69	160.9	19.90	74.24	12.78	3.41	11.07	1.54	7.43	1.37	3.76	0.57	3.19	0.64	34.76	413.28	11.80	0.86	0.96
2084-2	179.30	122.5	27.02	83.53	11.87	3.36	10.48	1.65	8.08	1.51	4.49	0.73	4.23	0.84	47.03	506.61	13.36	0.90	0.38
2084-3	79.24	120.6	11.13	29.70	3.21	0.86	3.69	0.41	1.90	0.40	1.38	0.25	1.72	0.38	14.11	268.94	24.16	0.76	0.86
2085-2	82.11	148.1	16.98	58.94	9.43	2.43	8.94	1.22	5.95	1.08	3.19	0.50	2.90	0.62	29.29	371.69	13.04	0.80	0.91
2380-1	77.49	145.9	10.76	29.87	4.02	0.68	4.21	0.63	3.22	0.68	2.15	0.43	2.57	0.57	18.47	301.64	18.58	0.50	1.07
2380-2	61.10	116.7	13.80	50.50	8.66	2.19	7.97	1.16	5.46	1.03	2.93	0.48	2.72	0.57	26.50	301.75	11.34	0.79	0.93
2381-1	57.17	111.9	13.28	49.21	8.81	2.21	8.17	1.11	5.29	0.94	2.74	0.47	2.78	0.60	26.15	290.87	10.98	0.78	0.94
2383-1	81.08	158.6	19.07	67.76	12.28	1.54	10.38	1.66	8.58	1.56	4.25	0.63	3.76	0.50	42.66	414.31	10.87	0.41	0.94

值(LREE/HREE)为 10.87 ~ 24.16, 岩石轻重稀土分馏明显。 δEu 值 0.41 ~ 0.90, 以弱负 Eu 异常为主, 其稀土配分曲线为轻稀土富集型(图 5), 各类岩石稀土配分曲线基本协调, 模式相似。其中, 样品 2084-3、2380-1 和 2383-1 表现为显著亏损中稀土或较强的负 Eu 异常, 但轻稀土 La、Ce 及重稀土 Yb、Lu 与其它样品相差不大, 与岩浆经历了角闪石和单斜辉石的分离结晶作用有关。

3.3 微量元素特征

岩石微量元素含量列于表 3。从表中数据可以看出, 大离子亲石元素(LILE)Ba、Rb、Sr、Ga 和高场强元素(HFSE)Nb、Ta、Zr、Hf、Th、U 等含量均较高, 具 A 型花岗岩的微量元素特征。在微量元素原始地幔标准化蛛网图(图 6)中, 多表现为富集大离子亲石元素(LIL)Rb、Ba、Th、U、K 和弱的 P、Ti 亏损, 高场强元素 Nb、Ta 亏损不明显。其微量元素分布形式与板内玄武岩相似。其中, 偏中性的二长正长岩(2084-3)和晚期细粒正长岩(2380-2)表现出较显著的 Ba、Sr、P、Ti 亏损, 与单斜辉石、钛铁矿、

磷灰石等进一步分离结晶有关。

4 年代学

4.1 样品采集和测试方法

在罗容杂岩体中, 选取代表性岩石进行锆石分选和年龄测试。样品(LR-1)采自罗容大岭的新鲜基岩, 岩性为不等粒角闪辉石二长岩。锆石样品用常规的重选和磁选, 将其从全岩中分离, 最后在双镜下挑纯。

样品制靶和锆石阴极发光、背散射照像在中国地质科学院矿产资源研究所电子探针实验室完成。研究了锆石颗粒的显微结构, 确定待测锆石部位。

LA-MC-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年测试在中国地质科学院矿产资源研究所 MC-ICP-MS 实验室完成, 测试仪器为 Finnigan Neptune 型 MC-ICP-MS 及与之配套的 Newwave U-Pb213 激光剥蚀系统。锆石测定点的 Pb 同位素比值、U-Pb 表面年龄等数据处理采用 ICPMSDatacal 6.4 程序计算, 锆石年龄谐

表3 罗容岩体微量元素($\times 10^{-6}$)分析结果表

Table 3 Trace element composition of the Luorong granites

样号	2083-2	2083-3	2083-4	2084-2	2084-3	2085-2	2380-1	2380-2	2381-1	2383-1
Li	16.25	19.37	15.3	30.01	20.65	18.02	24.46	4.78	24.97	29.25
Be	4.67	3.48	2.71	5.36	3.09	5.12	3.01	6.76	3.85	4.32
Sc	8.63	8.68	7.61	4.08	0.52	4.63	18.2	1.16	10.51	12.18
Cr	83.1	41	30.8	26.5	13.9	36	66.5	10.9	51.7	85.2
Co	18.86	22.83	20.65	6.04	1.91	8.99	30.28	2.91	20.45	23.29
Cu	45.59	68.81	50.59	8.86	21.65	10.94	51.46	22.13	32.75	50.47
Zn	114.6	138.1	121.4	82.17	96.06	101.1	108.5	48.59	123	104.6
Ga	25.83	25.96	24.5	24.17	32.35	25.39	22.74	36.13	23.74	21.84
Rb	158	138.6	118.7	139.3	355	76.72	117	99.07	114.8	142.2
Nb	78.27	86.44	95.9	71.65	100.9	92.54	34.61	186.7	61.88	49.15
Ta	4.52	5.73	7.67	2.78	3.13	5.96	1.38	6.93	4.02	3.15
Pb	20.06	14	13.36	21.74	24.54	22.15	9.07	14.97	20.02	22.75
Th	17.12	12.11	10.5	12.93	24.94	14.67	12.05	23.28	15.82	14.89
U	5.36	3.03	2.69	1.61	7.76	2.92	3.05	7.95	3.85	4.25
Ni	18.13	8.72	7.85	3.51	2.26	3.78	23.37	3.22	15.43	28.23
Sr	1222	1838	2026	989.4	70.6	1214	788.1	37.5	926.9	742.5
V	153.9	196.71	177.2	64.1	31.12	70.16	256.1	9.39	153.5	154.6
Zr	430.2	335.9	302.5	416.5	495.1	369.6	181.9	678.4	329.5	296.4
Ba	1032	1750	1508	1432	566.2	876.8	1085	79.4	964	942.2
Hf	9.3	7.7	8	8.3	9.9	11.3	6.1	15.3	8.6	9.3

表 4 罗容岩体锆石 LA-MC-ICP-MS U-Pb 测年结果
Table 4 Zircon LA-MC-ICP-MS U-Pb dating result of the Luorong granites

测点编号	Pb		^{232}Th		Th/U	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		谐和度			
	测量值	1σ	测量值	1σ		测量值	1σ	年龄/Ma	1σ	测量值	1σ	年龄/Ma	1σ		年龄/Ma	1σ	
LR-1-01	165.9	5360.5	3180.9	1.69	0.0487	0.0001	0.1723	0.0006	0.0257	0.0001	131.6	36.1	161.4	0.5	163.4	0.4	98%
LR-1-02	150.5	4251.4	3215.9	1.32	0.0509	0.0004	0.1798	0.0013	0.0257	0.0002	239.0	16.7	167.9	1.1	163.5	1.2	97%
LR-1-03	82.3	1867.4	2935.0	0.64	0.0495	0.0001	0.1756	0.0006	0.0257	0.0001	172.3	3.7	164.3	0.5	163.8	0.5	99%
LR-1-04	102.7	1165.1	3330.1	0.35	0.0569	0.0003	0.2013	0.0016	0.0257	0.0002	487.1	11.1	186.3	1.3	163.5	1.0	86%
LR-1-05	108.6	3326.2	1780.1	1.87	0.0496	0.0002	0.1752	0.0011	0.0256	0.0001	176.0	11.1	163.9	1.0	163.2	0.8	99%
LR-1-06	314.5	11436.8	4031.2	2.84	0.0491	0.0001	0.1736	0.0006	0.0256	0.0001	153.8	8.3	162.5	0.5	163.2	0.4	99%
LR-1-07	1415.9	15697.0	4520.2	3.47	0.2320	0.0011	0.9124	0.0061	0.0285	0.0001	3065.7	7.7	658.3	3.2	181.2	0.5	-14%
LR-1-08	3125.9	5934.3	5204.7	1.14	0.3957	0.0014	1.9320	0.0112	0.0354	0.0001	3894.4	5.2	1092.2	3.9	224.2	0.6	-32%
LR-1-09	95.5	2045.7	4212.2	0.49	0.0500	0.0001	0.1770	0.0006	0.0257	0.0001	194.5	3.7	165.4	0.5	163.5	0.5	98%
LR-1-10	65.3	908.9	4255.6	0.21	0.0491	0.0001	0.1735	0.0008	0.0257	0.0001	150.1	3.7	162.4	0.7	163.3	0.7	99%
LR-1-11	41.1	386.2	3350.5	0.12	0.0480	0.0002	0.1689	0.0049	0.0257	0.0008	98.2	11.1	158.5	4.3	163.3	5.1	97%
LR-1-12	411.6	10929.5	2910.7	3.75	0.1046	0.0059	0.3924	0.0249	0.0260	0.0003	1707.1	104.8	336.1	18.2	165.6	1.7	32%
LR-1-13	513.1	20573.0	7336.2	2.80	0.0528	0.0001	0.1863	0.0059	0.0257	0.0009	320.4	0.9	173.5	5.1	163.3	5.4	93%
LR-1-14	1332.6	3352.3	1463.6	2.29	0.4344	0.0029	2.9786	0.0480	0.0494	0.0006	4032.7	9.8	1402.2	12.2	310.7	3.5	-28%
LR-1-15	525.0	3293.8	5363.5	0.61	0.1539	0.0020	0.3734	0.0049	0.0178	0.0003	2390.7	21.1	322.2	3.6	114.0	1.7	4%
LR-1-16	516.8	13287.0	3824.3	3.47	0.0855	0.0029	0.3044	0.0112	0.0258	0.0003	1327.8	64.8	269.8	8.7	164.1	2.1	51%
LR-1-17	754.5	30289.6	4027.4	7.52	0.0537	0.0002	0.1899	0.0030	0.0257	0.0004	361.2	7.4	176.5	2.5	163.3	2.8	92%
LR-1-18	1579.5	5032.8	2669.1	1.89	0.3340	0.0083	2.0583	0.0858	0.0419	0.0008	3635.5	37.5	1135.1	28.5	264.6	5.2	-25%
LR-1-19	701.6	5376.6	7575.6	0.71	0.1347	0.0005	0.3510	0.0030	0.0189	0.0002	2161.1	6.5	305.5	2.2	120.8	1.1	13%
LR-1-20	1390.5	2797.9	8142.6	0.34	0.2699	0.0014	0.5927	0.0037	0.0160	0.0001	3305.3	7.6	472.6	2.4	102.2	0.7	-29%

*注: 加删除号的测点不参与年龄谐和图及加权平均值计算。

在一致曲线图(图 8)中,采用最谐和的 10 个数据点获得 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均年龄为 $(163.40 \pm 0.40)\text{Ma}$ ($\text{MSWD}=0.120$,置信度为 95%),代表了角闪辉石二长岩的结晶年龄或成岩年龄。

5 讨论

5.1 岩石成因及其构造背景

李献华等(1999)根据产生于岛弧和板内环境的钾玄质岩石的微量元素特征指出桂东南钾玄质侵入岩富集大离子亲石元素(LIL)和轻稀土元素(LREE),无 Nb、Ta 负异常,是典型的板内钾玄岩^[2]。罗容杂岩体岩石地球化学特征与上述钾玄质岩石非常一致,表明有相似的成因。

Loiselle 等(1979)最早提出的 A 型花岗岩指的是具有“碱性”、相对“贫水”和产于“非造山”环境的特征^[2]。Eby 等(1992)把 A 型花岗岩划分为 A₁ 亚型和 A₂ 亚型花岗岩,并认为 A₁ 亚型形成于板内裂谷、地幔柱或热点环境,以地幔物质来源为主,可有部分地壳物质混染;A₂ 亚型花岗岩形成于后碰撞或后造山环境,以地壳来源为主,亦可以有部分地幔物质来源^[3]。在 Eby 等(1992)提出用以划分 A₁ 亚型和 A₂ 亚型花岗岩的 Nb-Y-3Ga 判别图和 Yb/Ta-Y/Nb 判别图解上,样品均落于 A₁ 型花岗岩区(图 9)。在 Pearce 等(1984)花岗岩构造环境判别图解中,微量元素 Y-Nb 判别图和(Y+Nb)-Rb 判别图样品均落于板内花岗岩区^[4](图 10)。以上判别图解投点表明,罗容杂岩体属于 A₁ 亚型花岗岩,形成于板内裂谷环境,以地幔物质来源为主。

对罗容杂岩体的岩石组合、主量元素、稀土元素和微量元素的特征分析表明,该岩体为 A₁ 亚型花岗岩,属于典型的板内钾玄岩,形成于板内拉张构造背景,岩浆物质来源主要为经过交代和富集的具 OIB 型微量元素特征的岩石圈地幔和下地壳^[15]。

5.2 岩体形成时代

罗容杂岩体侵入上泥盆统融县组(D_{3r})灰岩中,其后被下白垩统新隆组(K_{1x})沉积覆盖,岩体形成时代应介于晚泥盆世到早白垩世之间,但一直缺少可靠的同位素测年资料。

本次工作首次对罗容杂岩体进行了高精度的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年,获得角闪辉石二长岩的锆石 U-Pb 年龄为 $(163.40 \pm 0.40)\text{Ma}$,代表杂岩体主体的侵入时代,属中侏罗世(燕山期早期)。这一测年数据与马山杂岩体石英正长岩 155 Ma(黑云母 K-Ar 法)^[16];桂平西山岩体二长花岗岩 169~170 Ma(黑云母 K-Ar 法)^[17];平乐牛庙岩体辉石闪长岩 $(163 \pm 4)\text{Ma}$ 、同安岩体石英二长岩 $(160 \pm 4)\text{Ma}$ (锆石 SHRIMP-U-Pb 法)^[18]等的测年数据基本吻合。

这一系列测年数据表明中晚侏罗世是华南地区发生强烈岩浆活动的主要时段,在后造山阶段大陆地壳拉张减薄的构造环境下,软流圈地幔沿超壳深断裂上涌或底侵形成一系列富碱的花岗岩体。

6 结论

- (1) 罗容杂岩体的主体形成于中侏罗世(163 Ma)。

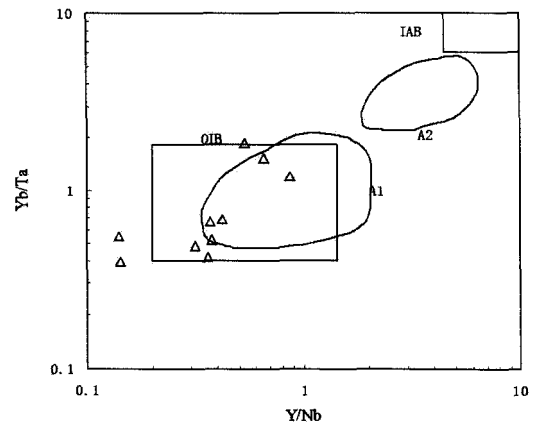
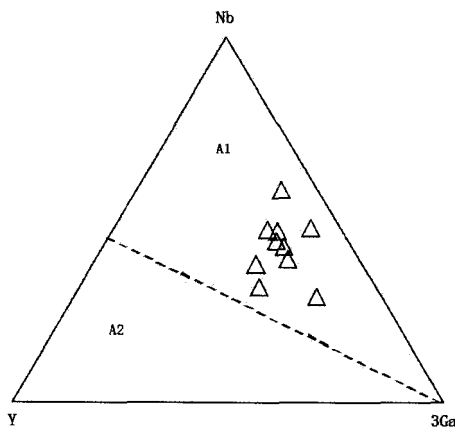


Fig.9 Nb-Y-3Ga and Y/Nb-Yb/Ta plots for rock samples from the Luorong granites
A₁、A₂表示A1和A2型花岗岩分布区;OIB和IAB分别表示洋岛型玄武岩和岛弧型玄武岩。

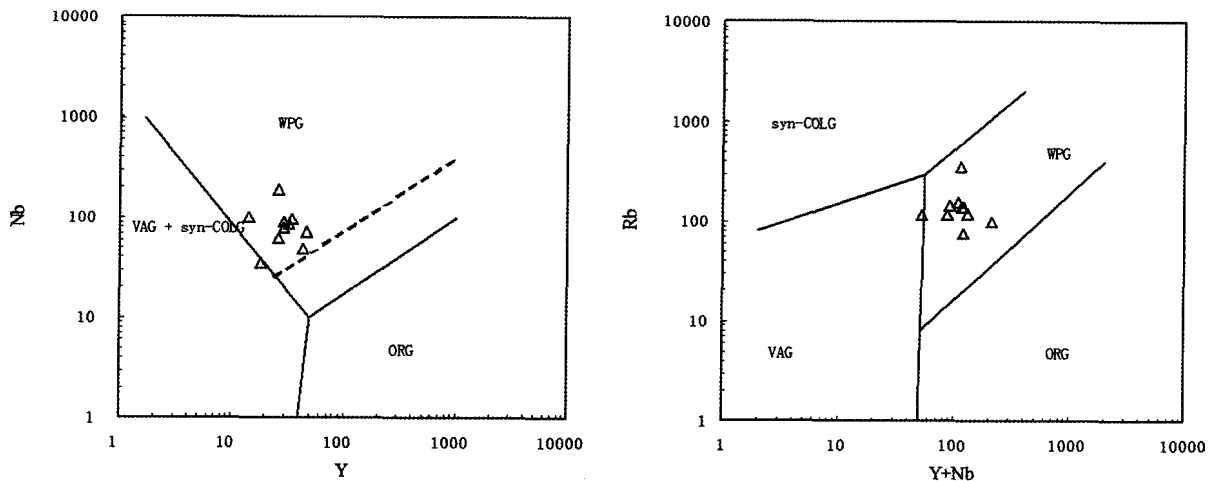
图10 罗容杂岩体Rb-(Yb+Ta)和Nb-Y图解^[14]

Fig.10 Nb-Y-3Ga and Y/Nb-Yb/Ta plots for rock samples from the Luorong granites

Syn-COLG-同构造的碰撞带花岗岩; VAG-火山弧花岗岩; WPG-板内花岗岩; ORG-洋中脊花岗岩

(2) 罗容杂岩体属于 A_1 亚型花岗岩, 形成于燕山期早期华南后造山阶段大陆地壳拉张减薄的构造环境。

感谢武汉地质调查中心赵小明博士和龙文国研究员对本项目的支持; 本文成文过程中得到了中国地质科学院矿产资源所覃小锋博士和陈懋弘博士指导, 在此谨致谢忱。

参考文献:

- [1] 广西壮族自治区地质局. 广西壮族自治区区域地质志[J]. 北京: 地质出版社, 1985.
- [2] 李献华, 周汉文, 等. 桂东南钾玄质侵入岩带及其岩石学和地球化学特征[J]. 科学通报, 1999, 44(18): 1992 - 1998.
- [3] 郭新生, 陈江峰, 张巽, 等. 桂东南富钾岩浆岩杂岩的Nd同位素组成: 华南中生代地幔物质上涌事件[J]. 岩石学报, 2001, 17(1): 19-27.
- [4] 路远发. GeoKit: 一个用VBA构建的地球化学工具软件包[J]. 地球化学, 2004, 33(5): 459 - 464.
- [5] Middlemost E A K. Naming materials in the magma/igneous rock system [J]. Earth-Science Reviews, 1994, 37: 215 - 224.
- [6] Peccerillo R, Taylor S R. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area. Northern Turkey [J]. Contributions to mineralogy and petrology, 1976, 58: 63 - 81.
- [7] Middlemost E A K. Magmas and Magmatic Rocks [M]. London: Longman, 1985: 1 - 266.
- [8] Sun S S and McDonough W F. Chemical and isotope systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes [C]. // Saunders A D and Norry M J (eds). Magmatism in the Ocean Basin. Geological Society, London, Special Publications, 1989, 42: 313 - 345.
- [9] Liu Y S, Hu Z C, GAO S, et al. In situ analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard [J]. Chemical Geology, 2008, 257: 34 - 43.
- [10] Yuan H L, Gao S, Dai M N et al. Simultaneous determinations of U-Pb age, Hf isotopes and trace element compositions of zircon by excimer laser-ablation quadrupole and multiple collector ICP-MS[J]. Chemical Geology, 2008, 247(1-2): 100 - 118.
- [11] Yuan H L, Gao S, Liu X M et al. Accurate U-Pb age and trace element determinations of zircon by laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry [J]. Geostandards and Geoanalytical Research, 2007, 28 (3): 353 - 370.
- [12] Loiselle M C, Wones D R. Characteristics and origin of anorogenic granites [A]. Geological Society of America, Abstracts with Programs, 1979, 11: 468.
- [13] Eby G N. Chemical subdivision of the A-type granites petrogenetic and tectonic implications [J]. Geology, 1992, 20: 641 - 644.

- [14] Pearce J A, Lippard S J, Roberts S. Characteristics and tectonic significance of supra-subduction zone ophiolites [C] // Kokelaar B P, Howells M F (eds). *Marginal Basin Geology*, Geological Society, London, Special Publication, 1984, 16: 77 - 93.
- [15] Rogers N W, James D, Kelly S P. The generation of potassic lavas from the eastern Vinmga Province, Rwanda [J]. *Journal of Petrology*, 1998, 39: 1223 - 1247.
- [16] 地矿部南岭项目花岗岩专题组. 南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用[M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [17] 广西壮族自治区地质矿产局. 1: 5万桂平地区区域地质调查报告[R]. 1994.
- [18] 朱金初, 谢才富, 张佩华, 等. 桂东北牛庙闪长岩和同安石英二长岩: 岩石学、锆石SHRIMP U-Pb定年学和地球化学[J]. *岩石学报*, 2005, 21(3): 665 - 676.

Petrography, Geochemistry and Chronology of Luorong Magmatic complex in West Segment of Qinzhou-Hangcheng Metallogenic Belt

HUANG Bing-Cheng, XU Hua, PAN Yi-Wen, HUANG Ying, NI Zhan-Xu, ZHONG Hui-Yun
(Guangxi Institute of Regional Geological Survey, Guilin 541003, Guangxi, China)

Abstract: Luorong magmatic complex is comprised of monzodiorite, monzonite, monzosyenite and syenite. These rocks are enriched in alkalis, large ion lithophile elements (such as Ba, K, Rb, Sr, Ga etc.), and high field strength elements (such as LREEs, Nb, Ta, Zr, Hf, Th, U, Y etc), belong to Shoshonitic series rocks. Zircon LA-ICP-MS U-Pb dating of hornblende augite monzonite yielded the isochron age of 163.40 ± 0.40 Ma (MSWD=0.12), and indicated that Luorong magmatic complex was formed in Middle Jurassic Period and is belong to A₁-subtype granite. The geochemical and geochronology data suggest that there intrusive bodies were emplaced at the post-orogenic state under an extensional and thinning environment within the South China continental crust.

Key words: petrogeochemistry; zircon LA-ICP-MS U-Pb ages; Luorong magmatic complex; West segment of Qinzhou-Hangzhou metallogenic belt