

滇西地区中酸性侵入岩的平均化学成分

云南省地质矿产局区域地质调查队 罗万林 胡正言

滇西地区以花岗岩类为主的多旋迴中酸性侵入岩十分发育而著称。它们的化学成分是研究区域岩浆演化规律的基础资料，对阐明区内中酸性侵入岩的基本特点，区域地球化学特征，造岩元素的区域浓度克拉克值，探索区域地质构造环境并指导普查找矿均具有一定意义。

本文据云南省地质局区测队、一、二区测队、区调队1959年以来所取得的岩石化学全分析资料，通过统计、计算及综合分析，试图阐明滇西地区中酸性侵入岩各岩类、各时代花岗岩、各构造—岩浆岩带、各主要岩石种属的平均化学成分。

一、中酸性侵入岩的时空分布概况

滇西地区的中酸性侵入岩，在空间分布上与区域构造线和谐，常与区域性断裂带、变质活动带及构造脆弱带相伴出现（图1）。

本区正处于冈瓦那板块与欧亚板块之接合部位，并受到冈底斯中间板块分裂、碰撞以及太平洋板块挽近活动的影响，因而各板块间的接合地带及区域性断裂带近旁，往往是多旋迴、多阶段花岗岩类活动的场所，从而构成了区内复杂的构造—岩浆岩带。

加里东早期，冈瓦那板块解体；加里东晚期贡山—腾冲海槽回返，发生强烈的区域变质作用，随之而伴有腾冲—梁河—陇川一带混合花岗岩的生成。与此同时或稍后，在掸帮地块北延之保山—路西隆起部位，尚有

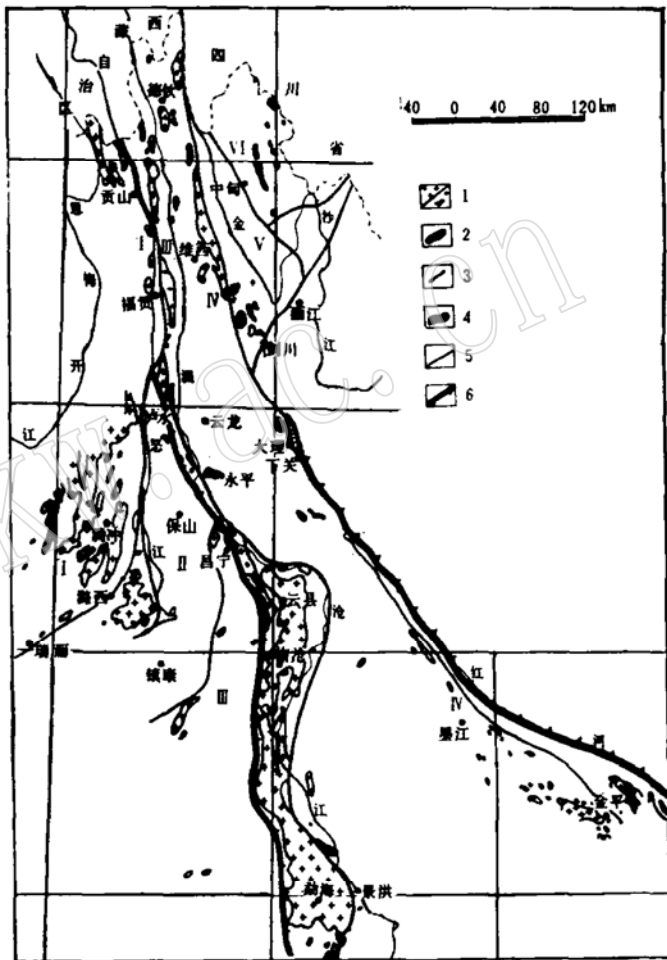


图1 滇西地区中酸性侵入岩分布略图
(据1:75万云南岩浆岩图简化)

- 1—花岗岩类；2—中酸性岩类（石英闪长岩、石英闪长玢岩类）；3—中性岩类（闪长岩类、闪长玢岩类）；4—偏碱性岩类（正长岩、石英长斑岩类）；
- 5—主要断裂；6—主俯冲带。
- I：贡山—腾冲带；II：保山—路西带；III：一澜沧江带；IV：维西—金平带；V：奔子栏—石鼓带；VI：格咱—依吉带

加里东晚期—华力西中期花岗岩类的形成。

华力西期，冈底斯中间板块向东俯冲于华南及东南亚板块之下，在消减带之东仰冲盘一侧，遂有华力西期花岗闪长岩以及印支

期同造山花岗岩的生成。

燕山期,西部印度板块向北东方向推移,腾冲褶皱带沿泸水—瑞丽断裂带向东仰冲于保山褶皱带之上,致使贡山—腾冲带内及泸水—瑞丽断裂带近旁发育了多期次之花岗岩类。由于东部太平洋板块向西俯冲,区域性断裂带强烈活动,滇西地区不同陆块发生消减,造成了燕山期花岗岩类岩浆带和以锡(钨)为主的有色金属矿带的带状分布。

喜山期,滇西陆壳愈趋成熟,印度板块和太平洋板块的相向运动,区域性断裂再次活动,故而有以花岗岩类为主兼有(偏)碱性浅成—超浅成岩类沿断裂带的断续分布。

二、资料的选择和计算方法

(一) 资料的选择

对参与计算、统计资料的选择,采用以下原则:

1. 采样岩体的产状可靠,具有代表性,样品比较新鲜并有岩矿鉴定结果。

2. 凡分析有 SiO_2 、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MnO 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 、 P_2O_5 及灼减等12项者,均属齐全。鉴于历史原因及采样目的的不同,部分分析资料中尚有 CO_2 、 SO_3 、 H_2O^+ 、 H_2O^- 及挥发分等组分,为便于统计、计算,均归入灼减项中。

3. 由于滇西地区中酸性侵入岩具多旋迴活动特点,成岩期后热液蚀变、次生变化较为普遍,因此,要求其分析精度为 $100 \pm 1\%$ 。个别超过此区间而又必须使用的样品,则按总量100%加以换算后录用。

按上述原则,在546件分析资料中,选出435件,合格率达79.67%。参加各岩类平均值计算的样品共494件,其分配状况如表1。

上述各岩类分析数所占百分比基本与滇

表 1

岩 类	全区岩体数 (岩体面积,平方公里)		分析样品		采 样 岩 体				
	数 量	百分比	个 数	百分比	个数(面积:平方公里)	占岩体数百分比	占面积百分比		
酸性岩	γ_0^1	48(784)	54	461	93.32	21(354)	85.26	45.15	
	γ_0^2	68(5314)	131			34(3557)		50.00	66.94
	γ_0^3	27(1619)	80			15(1435)		55.56	88.63
	γ_0^4	21(10877)	187			10(10393)		47.62	95.55
	γ_{2-4}	6(1134)	9			3(1082)		50.00	95.41
中酸性岩	8(170)	9	1.82	6(134)	75.00	78.82			
中性岩	23(655)	12	2.43	5(159)	21.74	24.27			
(偏)碱性岩	10(336)	12	2.43	3(104)	30.00	30.95			
合 计	211(20889)	494	100.00	97(17218)	45.97	82.43			

西中酸性侵入岩的实际分布概况相吻合。

(二) 计算方法

1. 在用算术平均法求得全区已有岩石化学全分析资料的108个岩体的平均值的基础上,再用岩体出露面积的加权平均法,分

别计算出不同岩类、不同时代、不同构造—岩浆岩带平均值,并将总量换算为100%。

2. 对各主要岩石种属的平均值则采用同种属分析值的算术平均值,凡总量超过 $100 \pm 1\%$ 者,先换为100%后再纳入平均值

的计算中。

3. 为便于对比, 对黎形、饶纪龙(1962)《中国岩浆岩的平均化学成分》及S. R. Nokkolds (1954)《世界岩浆岩的平均化学成分》中同岩类、同种属的岩石化学成分, 也用算术平均值予以计算, 并相应作了A. H. 普瓦里茨基及C. I. P. W. 法的计算。

三、中酸性侵入岩的平均化学成分

(一) 基本类型岩石的平均化学成分

表2所列为滇西地区中酸性侵入岩类四个基本类型的平均化学成分。与中国岩浆岩相应岩类平均值比较:

1. 全区中酸性岩类总平均值中 SiO_2 偏高(1.09%), 暗色组分总量(5.63%)略高; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (6.48%)偏低, 但以 K_2O (3.79%)明显 $>$ Na_2O (2.69%)而与黎形之 K_2O (3.81%) \approx Na_2O (3.80%)相区别。

2. 酸性岩(花岗岩)之 SiO_2 含量相近, 碱金属总量偏低, 暗色组分略高。

3. 中酸性岩(石英岗长岩、石英二长岩、石英闪长玢岩、石英二长斑岩) SiO_2 、碱金属总量偏高, 暗色组分偏低。

4. 中性岩(闪长岩、闪长玢岩) SiO_2 、暗色组分略高。

5. (偏)碱性岩(辉石正长岩、正长岩、正长斑岩等) SiO_2 偏低, CaO 、暗色组分偏高。

由图2可见, 自中性岩—中酸性岩—酸性岩, 随着 SiO_2 的增加, K_2O 含量自2.68%—2.41%—3.79%, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 值自0.68—0.50—1.43; 代表基性度的 CaO 、 MgO 、 FeO 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 含量逐渐减少; 岩石由中性岩的正常系列向中酸性岩的铝过饱和系列及向酸性岩的铝强烈过饱和系列演变。

(二) 主要岩石种属的平均化学成分*

据402件合格的岩石化学分析资料计算、统计结果, 所获18个主要岩石种属的平均化学成分如表3。与《中国岩浆岩的平均化学成分》及《世界岩浆岩平均化学成分》相同种属的平均值比较:

1. (暗色)闪长岩 SiO_2 、 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 、 CaO 及暗色组分低于中国闪长岩而高于世界闪长岩的相应组分, 而 Al_2O_3 、 Na_2O 组分明显偏高。

2. 石英二长岩 SiO_2 、 CaO 、暗色组分偏高, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 含量介于中国与世界石英二长岩间。

3. 石英闪长岩 SiO_2 稍高, 碱金属总量略低于中国石英闪长石。

4. 花岗闪长岩 SiO_2 、 K_2O 偏高, CaO 、 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 、暗色组分偏低。

5. 黑云母花岗岩 SiO_2 、 CaO 、 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 、暗色组分稍高于中国黑云母花岗岩的相应组分。

6. 白云母(二云母)花岗岩与中国二云母花岗岩几乎一致, 均以较高的 SiO_2 、 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 及 $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ 为特征。

7. (偏)碱性的含霞石、含辉石正长岩与中国的辉石正长岩成分相近, SiO_2 一致, 碱金属总量与正长岩接近; 酸、碱度则明显低于世界正长岩。

8. 石英正长岩 SiO_2 显著较中国同类岩石为低, 而 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 、 CaO 、 Fe_2O_3 等偏高。

由图3可见, 随着 SiO_2 增加, (1)碱金属总量增加, 其中自闪长岩—石英二长岩、斜长花岗岩—白云母(二云母)花岗岩分别出现了两个高峰值, 始于 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$, 始于 $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 值自黑云母花岗岩—白云母(二云母)碱性花岗岩则明显降低, 始于 $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$, 终于 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$,

* 本文所使用的岩石分类命名系按国际地科联(IUGS)1972年蒙特利尔会议所通过的方案。

表 2

岩 类		滇 西 地 区 (1982)					中 国 黎 形 饶 纪 龙 (1962)				
		中性岩	中酸性岩	酸性岩	(偏)碱性岩	中一酸性岩	中性岩	中酸性岩	酸性岩	(偏)碱性岩	中一酸性岩
面 积 (km ²)		159	133	16820	103	17216					
样 品 数		12	9	461	12	494	17	32	262	16	327
氧 化 物 含 量 %	SiO ₂	55.14	64.45	69.87	61.93	69.65	57.39	62.47	70.28	64.49	68.56
	TiO ₂	1.20	0.63	0.40	0.45	0.41	0.89	0.74	0.29	0.53	0.38
	Al ₂ O ₃	15.81	17.01	14.11	15.69	14.16	16.42	16.40	14.57	16.53	14.94
	Fe ₂ O ₃	3.08	1.83	1.26	2.44	1.28	3.10	2.48	1.34	2.39	1.59
	FeO	5.28	3.23	2.88	1.75	2.90	4.15	3.13	1.76	1.69	2.02
	MnO	0.11	0.06	0.08	0.05	0.08	0.18	0.14	0.08	0.17	0.10
	MgO	3.21	1.34	1.36	0.82	1.37	3.77	2.20	0.98	1.12	1.25
	CaO	5.65	3.53	2.26	3.55	2.31	5.58	4.12	1.95	2.33	2.37
	Na ₂ O	3.95	4.78	2.65	4.51	2.69	4.26	3.53	3.77	4.38	3.80
	K ₂ O	2.68	2.41	3.79	7.01	3.79	2.57	3.03	3.86	5.75	3.81
	P ₂ O ₅	0.37	0.16	0.16	0.31	0.16	0.37	0.36	0.19	0.15	0.21
	灼 减 总 量	3.57	0.57	1.18	1.49	1.20	1.32	1.40	0.93	0.47	0.97
		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
查 氏 数 值 特 征	a	13.03	14.10	11.03	20.00	11.19	13.22	12.43	13.68	17.90	13.80
	c	4.46	4.33	2.67	0.48	2.75	4.47	5.03	2.35	2.11	2.84
	b	16.43	7.22	8.22	8.98	8.04	15.76	9.29	5.23	6.40	5.75
	s	66.08	74.35	78.03	70.54	78.03	66.55	73.25	78.74	73.59	77.61
	a'		2.86	26.02		24.17			15.38		5.88
	m'	34.48	31.43	27.64	15.15	28.33	41.05	41.35	30.77	29.79	36.47
	f'	49.14	65.75	46.34	42.42	47.50	43.67	57.90	53.85	58.51	57.65
	c'	16.38			42.42		15.28	0.75		11.70	
	n	69.02	75.12	51.52	49.32	52.10	71.35	64.04	59.80	53.61	60.29
	t	1.61	0.74	0.43	0.58	0.43	1.14	0.86	0.34	0.65	0.44
	φ	16.81	21.90	13.01	23.48	13.33	17.03	23.31	21.79	32.91	23.53
	Q	1.64	16.17	31.43	0.60	30.92	2.19	16.61	27.77	9.27	24.78
a : c	2.92	3.26	4.13	41.70	4.07	2.96	2.47	5.82	8.48	4.86	
标 准 矿 物 (C. I. P. W)	Q	5.41	16.52	31.77	3.66	31.41	5.95	18.14	27.45	10.93	24.80
	Or	15.58	14.47	22.26	41.18	22.26	15.03	17.81	22.82	33.95	22.26
	ab	33.55	40.37	22.54	38.27	22.54	36.18	29.88	31.98	37.22	31.98
	an	17.52	16.69	10.29	1.95	10.57	18.08	17.80	8.90	8.34	10.85
	c		0.41	1.83		1.83		0.82	0.92		0.71
	Di	6.60			5.33		5.82			1.98	
	Hy	10.21	6.87	7.10	3.02/wo	7.10	10.73	8.29	4.12	2.27	4.96
	mt	4.40	2.55	1.85	3.47	1.85	4.40	3.70	1.85	3.47	2.32
	il	2.28	1.21	0.76	0.91	0.76	1.67	1.37	0.61	1.06	0.76
	ap	1.01	0.34	0.34	0.67	0.34	1.01	1.01	0.34	0.34	0.34
DI*	56.48	71.77	77.55	84.41	77.26	57.81	66.62	83.09	82.46	79.85	

* DI 为分异指数

即由钙碱性花岗岩向富钠的碱性花岗岩演变；(2)CaO、MgO、FeO、Fe₂O₃组分明显递减；

(3) Al₂O₃含量除白云母(二云母)碱性花岗岩略有波动外，自闪长岩—白云母(二云

滇西地区中—酸性岩主要种属的平均化学成分

表 3

岩类	岩石名称	分析件数	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	灼碱	总量	序号
中性岩	(暗色)闪长岩	8	55.02	1.07	17.36	2.39	5.18	0.09	4.44	5.94	4.88	0.92	0.26	2.45	100.00	1
	闪长岩*	17	57.39	0.89	16.42	3.10	4.15	0.18	3.77	5.58	4.26	2.57	0.37	1.32	100.00	2
	闪长岩 [△]	—	51.86	1.50	16.40	2.73	6.97	0.18	6.12	8.40	3.36	1.33	0.35	0.80	100.00	3
	闪长玢岩	3	62.53	0.35	16.41	1.62	4.23	0.11	2.46	5.38	2.62	2.61	0.14	1.54	100.00	4
中酸性岩	石英二长岩	2	64.71	0.53	15.97	0.71	4.76	0.07	1.29	3.47	3.72	3.82	0.23	0.72	100.00	5
	石英二长岩*	12	65.74	0.75	15.89	1.87	2.52	0.13	1.64	3.27	3.29	3.67	0.20	1.03	100.00	6
	石英二长岩 [△]	—	69.15	0.56	14.63	1.22	2.27	0.06	0.99	2.45	3.35	4.58	0.20	0.54	100.00	7
	石英二长斑岩	2	62.64	0.39	14.32	3.09	2.15	0.04	1.61	2.44	3.66	3.99	0.23	5.44	100.00	8
	石英闪长岩	5	61.43	0.66	16.11	3.17	3.60	0.08	3.04	4.08	5.26	0.77	0.14	1.66	100.00	9
	石英闪长岩*	20	60.51	0.73	16.70	2.84	3.49	0.14	2.54	4.63	3.68	2.65	0.46	1.63	100.00	10
	石英二长闪长玢岩	4	60.96	0.59	16.17	1.58	3.27	0.07	2.31	4.28	4.41	3.26	0.29	2.81	100.00	11
	石英闪长玢岩	3	60.10	0.84	16.21	2.37	3.42	0.07	2.46	3.90	3.35	2.12	0.11	5.05	100.00	12
酸性岩	白云母(二云母)碱性花岗岩	10	72.84	0.14	14.77	0.68	0.78	0.05	0.35	0.82	4.01	3.53	0.23	1.75	100.00	13
	(浅色)花岗岩	17	73.86	0.21	13.90	1.05	1.02	0.05	0.35	0.93	3.35	4.22	0.13	0.93	100.00	14
	白云母(二云母)花岗岩	11	74.12	0.11	13.72	1.25	1.00	0.04	0.26	0.62	3.19	4.42	0.13	1.14	100.00	15
	二云母花岗岩*	6	74.32	0.12	13.60	0.90	1.24	0.09	0.55	0.79	3.12	4.52	0.10	0.65	100.00	16
	黑云母花岗岩	77	72.08	0.33	13.59	1.27	2.07	0.07	0.84	1.56	2.82	4.35	0.15	0.87	100.00	17
	黑云母花岗岩*	52	71.99	0.21	13.81	1.37	1.72	0.12	0.81	1.55	3.42	3.81	0.20	0.99	100.00	18
	黑云二长花岗岩	169	70.14	0.37	14.00	1.12	2.90	0.08	1.41	2.13	2.68	3.98	0.15	1.04	100.00	19
	(黑云)花岗闪长岩	44	68.42	0.48	14.69	1.41	3.18	0.07	1.69	2.47	2.65	3.37	0.20	1.37	100.00	20
	花岗闪长岩*	41	64.93	0.52	16.33	1.89	2.49	0.09	1.94	3.70	3.67	2.95	0.32	1.12	100.00	21
	花岗闪长岩 [△]	—	66.88	0.57	15.66	1.33	2.59	0.07	1.57	3.56	3.84	3.07	0.21	0.65	100.00	22
	(黑云)斜长花岗岩	16	67.86	0.42	14.79	1.69	2.72	0.08	1.72	2.82	3.35	2.23	0.20	2.12	100.00	23
	花岗斑岩	18	74.00	0.18	13.37	1.23	1.17	0.05	0.38	0.91	2.13	4.84	0.13	1.61	100.00	24
(微)碱性岩	(辉霞)正长岩	7	57.92	0.37	15.28	3.62	2.17	0.06	1.15	4.76	4.24	7.18	0.54	2.71	100.00	25
	辉石正长岩*	4	57.92	0.85	17.50	3.17	2.57	0.09	1.76	5.51	5.51	4.49	0.31	0.32	100.00	26
	正长岩*	7	63.30	0.57	17.52	2.79	1.15	0.29	0.86	1.43	4.07	7.48	0.13	0.41	100.00	27
	正长岩 [△]	—	59.40	0.83	17.12	2.19	2.82	0.08	2.02	4.06	3.92	6.53	0.38	0.63	100.00	28
	石英正长岩	3	64.81	0.40	15.20	2.22	1.73	0.04	1.01	2.69	3.92	5.98	0.24	1.76	100.00	29
	石英正长岩*	5	71.41	0.22	14.37	1.22	1.75	0.07	0.96	1.04	3.90	4.34	0.06	0.66	100.00	30
	石英正长斑岩	3	65.82	0.18	15.02	2.18	1.57	0.04	1.68	3.10	3.00	4.76	0.24	2.41	100.00	31

* 中国主要岩浆岩种类的平均化学成分(黎彤、饶纪龙, 1962);

△ 各类火成岩的平均化学成分(Nockodcls, 1954)

母)花岗岩均依次递减;(4)固结指数(SI)除石英二长岩显著降低外,自左向右仍显示了递减的总趋势;(5)由浅成相的闪长玢岩—花岗斑岩,Al₂O₃、CaO、MgO、FeO、Fe₂O₃等组分均明显降低,而碱金属总量显著增高;K₂O/Na₂O值则由闪长玢岩—石英二长闪长玢岩降低,由石英二长斑岩—

花岗斑岩明显增高。

(三) 各时代花岗岩的平均化学成分

表4所列为滇西地区各时代花岗岩的平均化学成分。

由图4可见,自加里东晚期—华力西中期—印支期—燕山早期—燕山晚期—喜山期,具有SiO₂、Na₂O+K₂O含量明显递增,

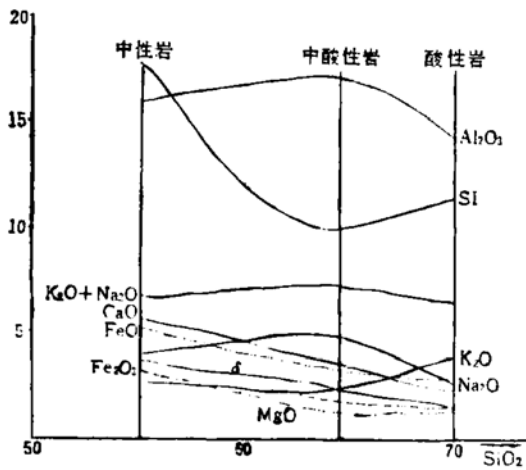


图 2 滇西地区中酸性侵入岩基本类型的氧化物及岩化指数变化图

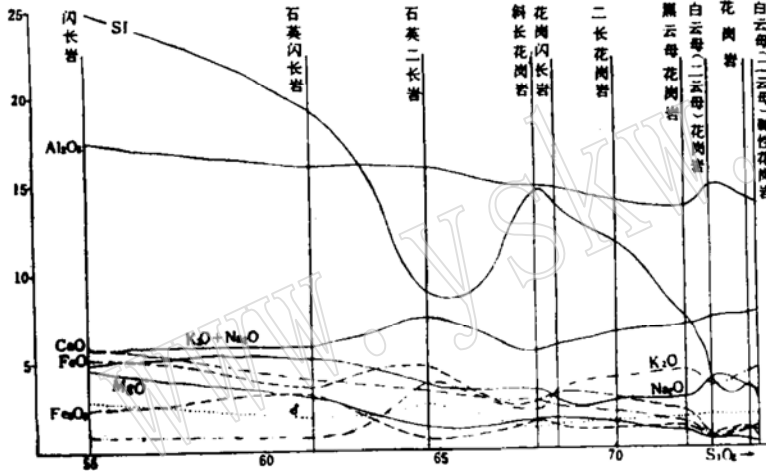


图 3 滇西地区中、酸性侵入岩主要种类的氧化物及岩化指数变化图

Al₂O₃、CaO、暗色组分依次递减的总趋势；在碱金属总量递增的前提下，K₂O增长幅度尤著；随着时代的更新，由 Na₂O≈K₂O 而逐渐演变为 K₂O 明显 > Na₂O；在暗色组分总量递减的同时，MgO、FeO 减少尤为明显，而 Fe₂O₃ 相对增加，铁氧化系数亦增大。花岗岩类从加里东晚期—华力西中期的 SiO₂ 过饱和和贫碱者，逐步演化为喜山期的 SiO₂ 过饱和和富碱者。

C. P. Thornton 和 O. F. Tuttle (1960) 据 C. I. P. W. 标准矿物计算结果，拟定的分异指数 DI (= Q + Or + Ab + Ne + Le + Kp)

是石英和碱铝硅酸盐矿物的总和，其值的大小直接反映了岩浆分异程度的高低。从图 5 可见，各时代花岗岩的 SiO₂—分异指数具有不同的变异区间：

加里东晚期—华力西中期 SiO₂ = 68.72—69.55%，DI = 73.70—84.29；印支期 SiO₂ = 61.00—74.65%，DI = 50.58—89.95；燕山早期 SiO₂ = 64.47—73.01%，DI = 66.84—92.05；燕山晚期 SiO₂ = 68.32—77.42%，DI = 70.87—93.79；喜山期 SiO₂ = 70.25—77.12%，DI = 78.50—93.76。除加里东晚期—华力西中期者集中出现于图之中部外，其余各时代者，有从老到新投影区间由大变小，依次向左上方移动，并由分散到相对集中的趋势。

在 SiO₂ 与碱度指数变异图 (图 6) 上，绝大部分花岗岩体的投影点均落入钙碱质区与弱碱质区分界线两侧，并集中靠上方 (SiO₂ = 65—77%) 偏钙碱质区一侧。印支期者位于钙碱质区左下侧，且相对分散，说明其酸、碱度最低；随着时代的更新，投影点则向右上方移动，由钙碱质区向弱碱质区演变，投影区间亦随之缩小。其中燕山早期者相对集中，燕山晚期、喜山期

之酸、碱度最高，加里东晚期—华力西中期者略高于印支期。

(四) 各构造—岩浆岩带花岗岩的平均化学成分

滇西各构造—岩浆岩带、各岩带内各时代花岗岩的平均化学成分列于表 5 中。

滇西地区花岗岩类的平均化学成分在空间分布上 (图 7)，自西向东 SiO₂ 含量逐渐降低；Na₂O + K₂O 总量以贡山—腾冲带最高，保山—潞西带最贫；除维西—金平带之 Na₂O ≈ K₂O 外，其余各带皆以 K₂O > Na₂O 为特征；基性度则以澜沧江带最富，维西—

表 4

时代代号	γ_4^2 $\gamma_4^2 - \gamma_4^1$	γ_5^1	γ_5^2	γ_5^3	γ_5^4	γ		
面积 (km ²)	1081	10392	1434	3557	298	16820		
样品数	9	187	80	131	45	461*		
氧 化 物 含 量 %	SiO ₂	69.39	68.63	69.10	73.49	73.45	69.87	
	TiO ₂	0.46	0.45	0.39	0.26	0.19	0.40	
	Al ₂ O ₃	15.06	14.26	14.62	13.17	14.00	14.11	
	Fe ₂ O ₃	1.19	1.16	1.77	1.38	1.23	1.26	
	FeO	2.83	3.45	2.34	1.64	1.02	2.88	
	MnO	0.05	0.08	0.07	0.09	0.04	0.08	
	MgO	0.86	1.73	1.32	0.56	0.32	1.36	
	CaO	2.72	2.56	2.41	1.27	0.84	2.26	
	Na ₂ O	2.63	2.49	3.32	2.80	2.96	2.65	
	K ₂ O	2.67	3.69	3.48	4.47	4.81	3.79	
	P ₂ O ₅	0.13	0.18	0.16	0.11	0.18	0.16	
	灼减	2.01	1.32	1.02	0.76	0.96	1.18	
	总量	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
	查 氏 数 值 特 征	a	9.58	10.60	12.16	12.20	12.94	11.03
		c	3.30	3.09	2.89	1.52	0.98	2.67
b		8.83	9.20	7.32	5.40	5.65	8.22	
s		78.29	77.11	77.64	80.88	80.43	78.08	
a'		41.98	21.90	18.35	32.93	55.81	26.02	
m'		16.03	31.39	30.28	17.07	9.30	27.64	
f'		41.98	46.71	51.38	50.00	34.88	46.34	
c'								
n		59.80	50.63	59.12	48.65	48.22	51.52	
t		0.52	0.52	0.43	0.24	0.16	0.43	
φ		11.45	10.95	20.18	20.73	17.44	13.01	
Q	34.12	29.93	28.06	35.84	34.00	31.43		
a:c	2.90	3.43	4.21	8.03	13.20	4.13		
标 准 矿 物 (C. I. P. W.)	Q	35.74	30.27	28.47	36.40	35.56	31.77	
	Or	15.58	21.70	20.59	26.16	28.38	22.26	
	ab	22.02	20.97	28.31	23.59	25.17	22.54	
	an	12.79	11.96	11.13	5.56	3.34	10.29	
	c	3.26	1.83	1.22	1.73	2.65	1.83	
	Di							
	Hy	5.67	9.07	5.68	2.99	1.46	7.10	
	mt	1.62	1.62	2.55	2.08	1.85	1.85	
	it	0.91	0.91	0.76	0.46	0.30	0.76	
	ap	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	
DI	74.89	73.93	78.11	86.75	89.96	77.55		

* 包括 γ_5^2 之 9 件样品在内。DI 为分异指数

金平带次之，贡山—腾冲及格咱—依吉带最低。自西向东固结指数 (SI) 分别为 4.89、

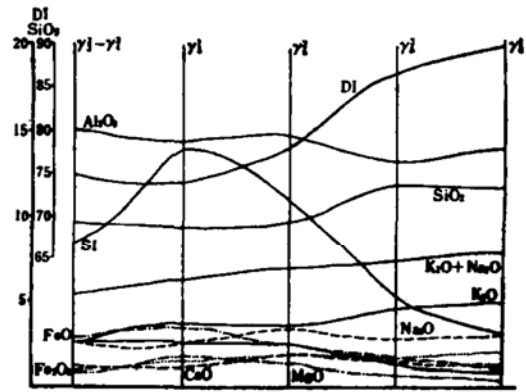


图 4 滇西地区各时代花岗岩氧化物及岩化指数变化图

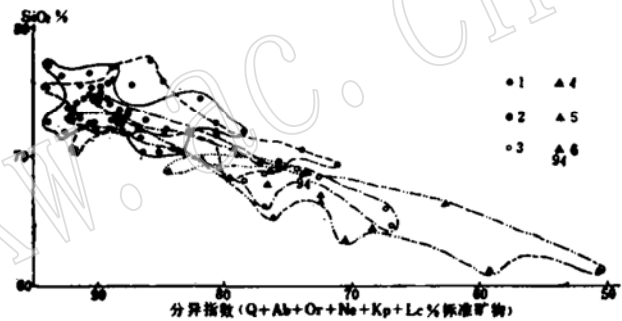


图 5 滇西地区各期花岗岩 SiO₂—分异指数图
1—喜山期, 2—燕山晚期, 3—燕山早期, 4—印支期, 5—加里东晚期—华力西中期, 6—临沧—勐海岩体

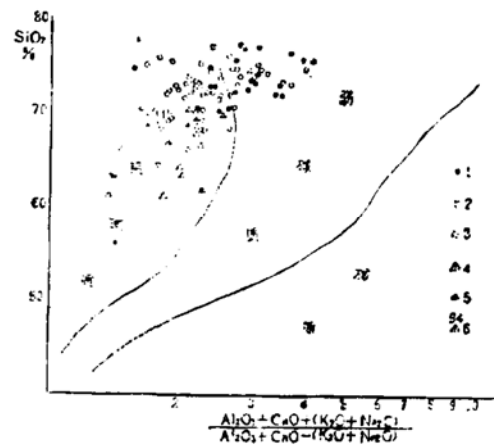


图 6 滇西地区各期花岗岩 SiO₂ 与岩石碱度指数变异图
(仿赖特, 1969. 图例同图 5)

表 5

滇西地区酸性侵入岩(花岗岩)各岩带及岩带之各时代平均化学成分

构造-岩带名称	贡山-腾冲带			保山-潞西带			澜沧江带			维西-金平带			格西-依吉带							
	γ_8^1	γ_8^2	$\gamma_8^3-\gamma_8^4$	γ_7^1	γ_7^2	$\gamma_7^3-\gamma_7^4$	γ_6^1	γ_6^2	γ_6^3	γ_5^1	γ_5^2	γ_5^3	γ_4^1	$\gamma_4^2-\gamma_4^3$	γ_3^1	γ_3^2				
岩体数	5	8	14	3	4	1	2	10	9	20	9	4	1	43	1	2	4	6	13	3
面积 (Km ²)	186	2604	3402	20	220	72	714	1028	89	665	535	9013	368	10670	3	68	216	1380	1667	56
分析数	8	43	62	7	12	5	7	31	29	71	58	168	2	328	1	5	6	19	31	9
用面积加权平均的	73.54	74.08	73.00	73.10	73.13	66.27	68.95	69.74	73.42	71.36	68.97	68.73	70.23	69.00	72.16	73.32	72.43	68.05	68.86	71.58
化学成分	0.16	0.24	0.39	0.14	0.19	0.41	0.31	0.28	0.27	0.37	0.42	0.46	0.76	0.46	0.13	0.55	0.32	0.39	0.39	0.28
灼减总量 (%)	13.74	12.98	13.35	14.63	13.74	15.46	15.46	15.07	14.36	13.70	14.31	14.15	14.27	14.14	15.38	13.47	14.43	14.91	14.80	14.17
a	1.45	1.50	1.63	0.57	0.81	3.44	1.31	1.33	0.89	1.15	1.25	1.11	0.95	1.11	0.95	0.88	1.43	1.43	1.41	1.11
c	1.09	1.45	2.14	1.55	0.67	1.38	2.80	2.38	0.94	2.46	3.11	3.61	2.88	3.46	0.59	1.60	1.11	2.40	2.20	1.22
b	0.04	0.06	0.06	0.03	0.48	0.02	0.04	0.13	0.05	0.09	0.10	0.08	0.07	0.08	0.01	0.05	0.03	0.05	0.05	0.05
s	0.28	0.40	1.18	0.54	0.62	2.21	0.73	0.80	0.45	1.15	1.68	1.78	1.12	1.70	0.37	0.53	0.56	1.37	1.23	0.82
a'	0.85	1.21	2.83	1.49	1.01	1.63	2.78	2.27	0.81	1.60	2.61	2.52	2.46	2.46	0.31	1.24	0.99	2.84	2.53	1.17
m'	2.81	2.76	2.90	3.58	3.19	3.06	2.32	2.59	3.07	2.74	2.80	2.34	3.23	2.43	4.38	3.63	4.15	3.44	3.55	3.06
f'	5.09	4.66	3.28	4.43	4.14	3.54	2.41	2.88	4.53	3.90	3.45	3.73	3.18	3.71	4.11	3.83	4.14	3.42	3.53	4.10
c'	0.20	0.07	0.15	0.09	0.20	0.31	0.11	0.14	0.18	0.22	0.18	0.19	0.17	0.19	0.08	0.09	0.07	0.14	0.13	0.14
n	0.74	0.61	1.09	0.70	2.61	1.11	2.78	2.39	1.03	1.23	1.12	1.30	0.54	1.26	1.53	0.81	0.34	1.56	1.32	2.30
t	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
d	13.07	12.38	12.44	12.60	12.54	11.55	8.52	9.71	12.75	11.82	10.95	10.32	11.51	10.52	14.90	13.05	14.59	12.55	12.86	12.36
φ	0.99	1.45	3.40	1.06	1.18	1.93	3.38	2.68	0.92	1.92	3.16	3.02	3.08	2.95	0.33	1.45	1.18	3.48	3.04	1.40
Q	5.39	4.81	6.46	5.50	6.17	12.95	10.71	9.58	8.21	7.81	8.46	9.58	6.49	9.18	6.14	4.55	4.73	6.34	6.16	6.78
a/c	80.55	81.37	77.70	80.84	80.11	73.57	77.89	78.03	80.12	78.95	77.43	77.08	78.92	77.36	78.63	80.95	79.50	77.63	77.94	79.47
	50.00	31.51	48.42	26.33	45.74	36.41	50.99	49.65	62.11	33.90	19.05	23.78	16.49	23.36	68.09	31.88	34.72	7.53	10.99	49.02
	8.50	13.70	30.53	17.11	15.96	28.21	11.92	13.99	11.58	24.53	33.33	30.77	28.87	30.66	9.57	18.84	19.15	36.56	34.07	19.61
	41.50	54.79	61.05	56.58	38.30	35.38	37.09	36.36	26.31	41.52	47.62	45.45	54.64	45.98	22.34	49.28	45.83	55.91	54.94	31.37
	45.70	47.30	61.70	60.50	53.90	56.90	59.52	57.93	50.77	51.46	55.21	48.70	60.47	49.68	61.84	59.09	60.36	60.33	60.53	53.23
	0.16	0.24	0.44	0.25	0.16	0.45	0.35	0.34	0.24	0.42	0.43	0.52	0.85	0.52	0.17	0.57	0.33	0.44	0.43	0.33
	21.95	26.00	28.40	26.30	10.64	22.10	10.60	11.90	11.58	11.88	12.70	9.79	12.37	10.22	12.77	15.94	25.00	19.35	19.78	13.73
	33.97	36.52	27.12	34.72	33.96	22.11	35.36	33.96	33.82	33.34	29.80	30.50	31.74	30.72	27.13	34.35	28.84	26.68	27.12	32.81
	13.20	8.54	3.66	6.96	10.63	5.98	2.52	3.62	13.86	5.90	3.47	3.42	3.74	3.57	45.15	9.00	12.36	3.61	4.23	8.83
Q	35.68	36.76	27.09	34.83	35.08	28.83	37.84	36.40	35.80	34.47	29.73	30.63	30.87	31.29	29.85	33.63	29.67	26.25	27.03	34.29
Or	30.05	27.27	19.48	26.16	24.49	21.15	14.47	17.25	26.71	23.37	20.59	22.26	18.92	21.70	24.49	22.82	24.49	20.03	20.59	24.49
ab	23.59	23.59	29.88	24.64	26.74	25.69	19.40	22.02	26.21	23.07	23.59	19.92	27.26	20.45	37.22	30.93	35.13	28.84	29.88	25.69
an	3.34	5.28	13.07	6.88	4.17	6.40	13.07	10.29	3.06	6.40	12.24	11.68	11.96	11.40	0.56	5.28	4.17	13.35	11.68	5.01
c	2.45	1.43	0.71	1.33	2.55	4.28	4.28	3.87	3.26	2.55	1.43	1.94	1.12	2.04	3.47	1.33	1.63	0.71	0.92	2.85
Hy	1.36	2.19	4.49	2.62	4.02	5.52/cm	5.50	5.04	1.76	5.94	8.31	9.43	6.11	8.97	1.03	2.62	1.76	6.05	5.48	2.93
Hm						0.16														
mt	2.08	2.08	3.24	2.32	1.16	4.86	1.85	1.85	1.39	1.62	1.85	1.62	1.39	1.62	1.39	1.39	2.08	2.08	2.08	1.62
il	0.30	0.46	0.76	0.46	0.30	0.76	0.61	0.61	0.46	0.76	0.76	0.91	1.52	0.91	0.30	1.06	0.61	0.76	0.76	0.61
ap	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
DI	90.05	88.15	77.18	86.16	90.41	87.31	73.65	77.48	89.63	81.85	74.78	73.75	77.44	74.39	92.81	87.91	89.48	76.33	78.47	86.34

C.I.P.W.

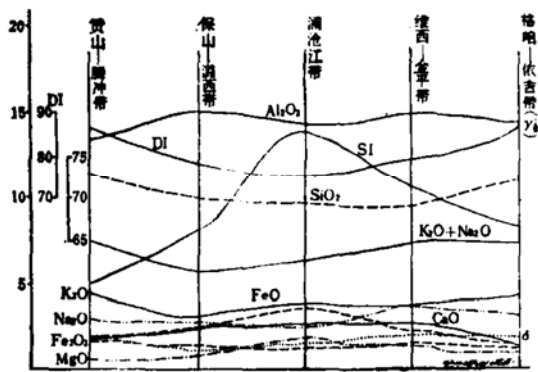


图7 滇西地区各构造岩浆带花岗岩氧化物及岩化指数变化图

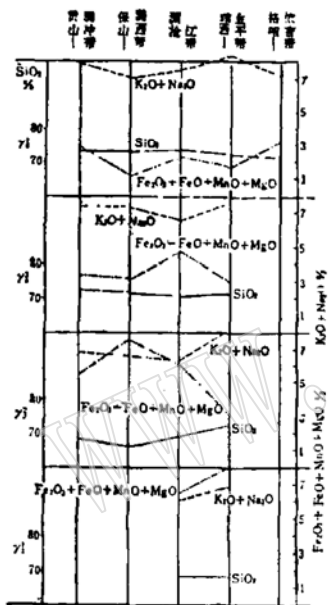


图8 各构造一岩浆岩带各时代花岗岩主要氧化物含量变异图

8.02、13.70、10.32、7.95；分异指数 (DI) 为86.16、77.48、74.39、78.47、86.34，表明澜沧江带分异程度最差。

由图8可见，印支期者SiO₂含量相近，碱金属及暗色组分总量则以维西一金平带为富；燕山早期除保山一潞西带之SiO₂最贫、暗色组分最富外，自西向东SiO₂及碱金属含量渐增，暗色组分渐减；燕山晚期除澜沧江带之SiO₂及碱金属含量最贫、暗色组分最富外，其余各带均相差无几；喜山期自西向东SiO₂含量有依次降低之势，碱金属并暗色组分则

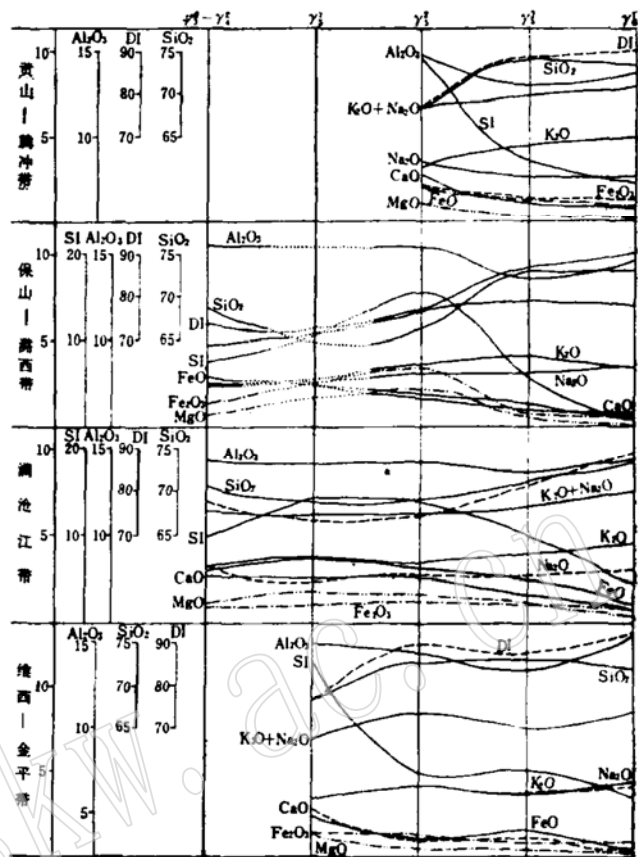


图9 滇西地区各构造岩浆岩带各时代花岗岩氧化物及岩化指数变异图

显示了波状起伏之变异特点。

主要构造一岩浆岩带内各时代花岗岩平均化学成分变异概况如图9。

自老到新SiO₂及碱金属含量有依次增高，CaO及暗色组分依次减少的总趋势。其中贡山一腾冲带燕山早期者Na₂O>K₂O，燕山晚期、喜山期则以K₂O显著>Na₂O为特征；保山一潞西带除加里东晚期一华力西中期属钙性岩石(δ=0.86)外，其余皆为钙碱性岩；澜沧江带除华力西晚期之外，皆以K₂O>Na₂O为特点。

四、中酸性侵入岩基本类型造岩元素的平均含量

据中酸性侵入岩基本类型的平均化学成分，可计算出基本类型造岩元素的平均含量

(计算方法从略) 如表6。与中国岩浆岩的平均化学成分相同类型的元素含量比较: 中性岩相对贫Si及K+Na, 富Ca及Fe+Mg; 中酸性岩相对富Si、K+Na, 贫Ca、Fe、Mg; 酸性岩相对贫Si、K、Na、富Ca、Fe、Mg; (偏)碱

性岩相对贫Si, 富K、Na、Ca, 全区中酸性岩相对富Fe、Mg, 贫K、Na、Si略高。

若以维诺格拉多夫(1962)发表的有关数据作为地壳(16公里)的背景值, 则据表6所列元素重量百分比, 可得出滇西地区酸

滇西地区中酸性侵入岩各岩类化学元素平均含量表

表 6

原子序数	化学元素	重 量 百 分 比 (%)									
		酸 性 岩		中 酸 性 岩		中 性 岩		碱 性 岩		全 区 中 酸 性 岩	
1	H	0.13	0.10	0.06	0.16	0.40	0.15	0.17	0.05	0.13	0.11
8	O	48.69	48.74	47.64	47.67	47.14	46.56	46.86	47.18	48.65	48.43
11	Na	1.97	2.80	3.55	2.62	2.98	3.16	3.35	3.25	2.00	2.82
12	Mg	0.82	0.59	0.81	1.33	1.94	2.27	0.49	0.68	0.83	0.75
13	Al	7.47	7.71	9.00	8.68	8.37	8.69	8.30	8.75	7.49	7.91
14	Si	32.66	32.85	30.13	29.22	25.78	26.83	28.95	30.15	32.57	32.05
15	P	0.07	0.08	0.07	0.16	0.16	0.16	0.14	0.07	0.07	0.09
19	K	3.15	3.20	2.00	2.51	2.22	2.13	5.82	4.77	3.15	3.16
20	Ca	1.62	1.39	2.52	2.94	4.04	3.99	2.54	1.67	1.65	1.69
22	Ti	0.24	0.17	0.38	0.44	0.72	0.53	0.27	0.32	0.25	0.23
25	Mn	0.06	0.06	0.05	0.11	0.09	0.14	0.04	0.13	0.06	0.08
26	Fe	3.12	2.31	3.79	4.16	6.21	5.39	3.07	2.98	3.15	2.68
	(Fe ⁺²)	2.24	1.37	2.51	2.43	4.06	3.22	1.36	1.31	2.25	1.57

• 化学成分平均值中的灼减包括有 H₂O + CO₂ 及极少数的 SO₃, 在此按主要成分的 H₂O 进行换算了 H、O, 而 C、S 则未考虑

续表 6

原子序数	化学元素	原 子 百 分 比 (%)									
		酸 性 岩		中 酸 性 岩		中 性 岩		碱 性 岩		全 区 中 酸 性 岩	
1	H	2.62	2.02	1.23	3.23	7.81	3.07	3.45	1.03	2.62	2.22
8	O	61.90	62.02	61.72	60.84	58.13	60.17	60.02	61.52	61.86	61.72
11	Na	1.74	2.48	3.20	2.33	2.51	2.84	2.99	2.95	1.77	2.50
12	Mg	0.69	0.49	0.69	1.12	1.57	1.93	0.41	0.58	0.69	0.63
13	Al	5.63	5.82	6.92	6.57	6.12	6.66	6.31	6.77	5.65	5.98
14	Si	23.65	23.81	22.24	21.24	18.12	19.75	21.12	22.39	23.60	23.27
15	P	0.05	0.05	0.05	0.11	0.10	0.11	0.09	0.05	0.05	0.06
19	K	1.64	1.67	1.06	1.31	1.12	1.13	3.05	2.54	1.64	1.65
20	Ca	0.82	0.71	1.30	1.50	1.99	2.06	1.30	0.87	0.84	0.86
22	Ti	0.10	0.07	0.16	0.19	0.30	0.23	0.12	0.14	0.11	0.10
25	Mn	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	0.05	0.01	0.05	0.02	0.03
26	Fe	1.14	0.84	1.41	1.52	2.20	2.00	1.13	1.11	1.15	0.98
	(Fe ⁺²)	0.82	0.50	0.93	0.89	1.43	1.19	0.50	0.49	0.82	0.57

• 黎彤, 饶纪龙, 1962 “中国岩浆岩的平均化学成分” 相同岩类平均值的元素含量

性岩、中性岩的浓度克拉克值:

酸性岩各元素浓度克拉克值之和高于维

	O	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	Mn	Fe
酸性岩	1.00	0.71	1.46	0.97	1.01	1.00	0.94	1.03	1.04	1.00	1.16
中性岩	1.02	0.98	0.89	0.94	0.99	1.00	0.97	0.87	0.90	0.75	1.06

氏值0.32, 单元素偏高0.03, 波动范围在0.71—1.46间; 其中Na、K明显偏低, Mg、Fe明显偏高; 表明本区花岗岩类相对贫碱而富暗色组分。中性岩各元素浓度克拉克值之和低于维氏值0.63, 单元素平均偏低0.06, 波动范围在0.75—1.06间, 其中除O、P、Fe相近外, 余者普遍较低; 说明本区中性岩贫Ca而富Fe。

据原子百分比(见表6), 按电价分类统

计, 可得各基本类型同价元素的原子百分数总和与其电价的乘积如表7。各基本类型及全区中酸性岩中, f值($f=a+b+c+d+e$)基本等于g值, 差额(h)甚小($h=f-g$), 仅中性岩出现极小的负值。从中性岩—酸性岩, 4价阳离子相对增加, 2价阳离子减少; 碱质中K、Na(a')均有所增加(仅酸性岩中略偏低, 显然与拥有162件分析资料的临沧—勐海岩基碱质偏低, 尤其低Na有关)。

表 7

电价数	元 素	中 性 岩	中酸性岩	酸 性 岩	碱 性 岩	全区平均值*	符 号
1 ⁺	H+K+Na (其中K+Na)	11.44 (3.63)	5.49 (4.26)	6.00 (3.38)	9.49 (6.04)	6.03 (3.41)	a (a')
2 ⁺	Ca+Mg+Fe+Mn	10.04	5.88	4.7	4.44	4.74	b
3 ⁺	Al+Fe	20.67	22.2	17.85	20.82	17.94	c
4 ⁺	Si+Ti	73.68	89.6	95	84.96	94.84	d
5 ⁺	P	0.50	0.25	0.25	0.45	0.25	e
	合 计	116.33	123.42	123.8	120.16	123.8	f
2 ⁻	O	116.26	123.44	123.8	120.04	123.72	g
		0.07	-0.02	0	0.12	0.08	h(=f-g)

*为全区中酸性岩(包括碱性岩在内)的总平均成分

在本文撰写的始终, 宋叔和先生曾给予许多教益, 邹天人同志又多方指导, 笔者向他们表示谢意。

五、结 语

本文计算了滇西地区中酸性侵入岩类494件岩石化学分析资料, 得出了四个基本类型岩石的平均化学成分。通去与《中国岩浆岩的平均化学成分》相同类型岩石比较: 花岗岩类碱金属偏低, 暗色组分略高; 中酸性岩类酸、碱度偏高, 暗色组分偏低; 中性岩类酸度及暗色组分略高; (偏)碱性岩类酸

度偏低, CaO并暗色组分偏高。全区之中酸性岩类具有酸度及暗色组分偏高, 碱度偏低并有 K_2O 明显 $>Na_2O$ 的特点。

据402件岩石化学分析资料的计算, 获得18个主要岩石种属的平均化学成分。其与《中国岩浆岩的平均化学成分》相同岩石之化学成分相近。

据五个时期83个花岗岩体452件岩石化学分析资料的计算, 随着时代的更新, 滇西地区花岗岩具有酸、碱度依次递增(并由 $Na_2O \approx K_2O$ 向 $K_2O > Na_2O$ 方向演变), Al_2O_3 、CaO并暗色组分总量递减的总趋势; 岩石由

SiO₂过饱和贫碱者, 逐渐演化到SiO₂过饱和富碱者。

据五个构造—岩浆岩带461件花岗岩岩石化学分析资料的计算, 自西向东, SiO₂含量有依次降低的迹象; 碱金属总量以贡山—腾冲带居首, 除维西—金平带 Na₂O ≈ K₂O 外, 其余各带均为 K₂O > Na₂O; 澜沧江带则以基性度最高, 分异程度最差, 固结指数最高为特色。

中酸性侵入岩类的四个基本类型之造岩元素平均含量, 与《中国岩浆岩的平均化学成分》相同基本类型的元素含量比较: 中性岩类贫Si、K+Na, 富Ca、Fe+Mg; 中酸性岩类富Si、K+Na, 贫Ca、Fe、Mg; 酸性岩类贫Si、K、Na, 富Ca、Fe、Mg; (偏)碱性岩类贫

Si, 富K、Na、Ca。全区中酸性岩富Fe、Mg而贫K、Na。

与维诺格拉多夫地壳浓度克拉克值比较: 滇西的酸性岩(花岗岩)类富Mg、Fe而贫K、Na, 中性岩类贫Ca, 富Fe。

参 考 文 献

- [1] 李春昱: 中国板块构造的轮廓, 中国地质科学院院报 第2卷第1号, 1980。
- [2] 武汉地质学院 岩石教研室编: 岩浆岩岩石学(上、下册), 1979。
- [3] 黎彤、饶纪龙: 中国岩浆岩的平均化学成分, 地质学报, 43卷3期, 1963。
- [4] 中国科学院贵阳地球化学研究所《简明地球化学手册》编译组: 简明地球化学手册, 1977。

Average Chemical Compositions of the Intermediate-Acid Intrusive Rocks of Western Yunnan

Luo Wanlin

Hu Zhengyan

Abstract

Intermediate-acid intrusive rocks, mainly granitoids, are widely distributed in Western Yunnan. Usually accompanied by regional fault zones, metamorphic zones and tectonic fracture zones, they are characterized by multicycle activity.

In this paper, it presents the following petrochemical data:

Average chemical data of 4 chief rock-types. Viz. acidic, intermediate-acidic, intermediate and alkaline rock-types,

Average chemical data of 18 principal rocks.

Average chemical data of the granites of different ages.

Average chemical data of the granites in different tectonic-magmatic zones.

Average compositional values of the rock-forming elements the 4 chief rock types and the abundance ("concentration clarke") of the granitoids and intermediate rocks.