

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

中国岩浆岩的平均化学成分

黎 彤 饒 紀 龍

岩浆岩的平均化学成分,是計算地壳內化学元素丰度(克拉克值)的基本資料,也是揭露岩浆岩演化規律的重要数据。而地壳內元素丰度的計算,又是定量地研究地球化学的一个基本問題。化学元素在地壳內的分布和迁移規律的闡明,都直接地或間接地同元素丰度計算問題的解决程度有关。为了开展区域地球化学研究,我們初步計算了我国岩浆岩主要化学成分的平均值。在工作过程中,蒙中国科学院地質研究所、冶金工业部地質研究所、地質部图书馆、中国科学技术大学地球化学系师生等多方面的协助,一并致謝。

本文偏重求出我国各岩浆岩种类的平均化学成分及其元素含量,以便确定其常量元素之間的定量关系,并为今后确定微量元素平均含量求得某些基数。因此,按不同大地构造区和按不同成岩时代的計算,将另文討論。

一、計算資料的选择

我国岩浆岩的化学分析資料,散見于国内外各种地質文献中。一年多以来,我們从 1925—1960 年的文献中汇集了 1,394 个岩浆岩化学全分析資料,并从其中选择出 661 个資料来計算我国主要岩浆岩种类的平均化学成分。选择計算資料时,我們綜合考虑了下列五个准则: 1) 資料的岩石学研究程度。要求分析資料的岩石名称、岩体的产地和产状可以查知岩石定名和化学成分相符。2) 資料的完整性。要求主要分析項目完整或基本完整。即 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 、 H_2O^+ 等 9 个主要分析項目全部測定的,属完整;而其中 H_2O 未分正 (H_2O^+)、負 (H_2O^-) 的,或只有烧失量的,属基本完整。3) 資料的精确性。要求全部分析項目的測定值总和,介于 99.75—100.50% 之間,至少介于 99.50—100.75% 之間。4) 資料的代表性。要求分析的岩石未遭受过次生变化。5) 不包括各种凝灰岩和脉岩(如煌斑岩、細晶岩、伟晶岩等)。

根据上述准则选择出来的資料,其合格率如下:

	收集数		选择数		合格率 (2)÷(1)
	个数	%	个数	%	
超基性岩	143	10	14	2	10
基性岩	357	26	225	34	63
中性岩	113	8	64	10	56
酸性岩	712	51	318	48	45
碱性岩	69	5	40	6	60
合 計	1,394	100	661	100	(平均) 47

超基性岩合格率特別低的原因,是由于大多数分析資料来自遭受过次生作用的岩石。如蛇紋石化的純橄欖岩、輝石橄欖岩等。

从收集数和选择数可以看出,酸性岩的资料最多,基性岩次之。基本上符合我国不同岩类的实际分布情况。

计算资料的地理分布,按中国科学院地质研究所著《中国大地构造纲要》一书中划分的大地构造单元分别统计,地台区占 67.6%,地槽区(古生代至新生代)占 32.4%;同时,中国东部约占 88%,西部约占 12%。这是过去我国岩石学工作偏重在东部进行的结果。因此,本文求出的我国岩浆岩平均化学成分,在很大程度上是以我国东部的岩浆岩分析资料为基础的。

二、计算方法和平均值

(一) 岩石种属的平均值

为了求出各主要岩浆岩种属的平均化学成分,对每一种岩石的每一个分析项目,都分别以该项目的实际测定次数去除该项目测定值的总和,来求出该项目的平均值。为了便于比较,在全部分析项目计算值的总和中,减去 H_2O^- 的测定值,并换算为 100%。

表 1 列出了我国岩浆岩 32 个主要种属的平均化学成分。实际上,我国岩浆岩种属远不止这些。如白岗岩、角斑岩、石英辉长岩、辉绿岩、橄榄辉长岩、苏长岩、玻基辉橄岩、橄榄岩、辉石橄榄岩等等,只因资料数量和质量的限制,还不能一一列出。而表 1 列出的某些种属,其分析资料也嫌不足,如英安岩、角闪橄榄岩和纯橄榄岩等。

表 1 所列我国岩浆岩主要种属的平均化学成分,同戴里 (R. A. Daly, 1933) 和诺科尔兹 (S. R. Nockolds, 1954) 的“世界岩浆岩”有关数值对比后可知,除个别种属的个别成分有较显著的偏差外(如辉石岩的 SiO_2 偏低;辉长岩的 FeO 偏高, Al_2O_3 偏低),大多数种属和大多数成分都比较接近。

(二) 岩浆岩基本类型的平均值

根据岩石种属的平均值,按照惯用的分类法,采用同样的平均法,可求出我国五个岩浆岩基本类型的平均化学成分。各基本类型包括的侵入岩和喷出岩资料的百分数如下:

	超基性岩	基性岩	中性岩	酸性岩	碱性岩
侵入岩	100	26	58	86	40
喷出岩	—	74	42	14	60

据表 1 可知,花岗岩占酸性岩的 70%,玄武岩占基性岩 74%,而超基性岩的资料最少,其中 71% 为辉石岩。

表 2 列出我国岩浆岩基本类型的平均化学成分。表内同时列入维诺格拉多夫 (A. П. Виноградов, 1956) 的有关数值,以便比较。维诺格拉多夫未单独计算碱性岩的平均值,他把正长岩归入中性岩。

从表 2 可以看出,我国岩浆岩基本类型的平均值,和维诺格拉多夫的“世界岩浆岩基本类型”的平均值对比,除超基性岩的 CaO 偏低, H_2O^+ 偏高外,其余类型和其余成分都比较接近。特别是酸性岩的近似程度最高。

表 1 中国主要岩浆岩种类的平均化学成分
(黎彤、饒紀龙, 1962)

岩 类	酸 性 岩										中 性 岩							
	花 崗 岩	其 中			流 紋 岩	其 中		石 英 斑 岩	石 英 角 斑 岩	花 崗 閃 長 岩	英 安 岩	石 英 二 長 岩	閃 長 岩	石 英 閃 長 岩	安 山 岩	其 中		
岩石名称	黑 花 崗 岩 云 母	二 花 崗 岩 云 母	花 崗 岩	角 閃 花 崗 岩 云 母	碱 流 岩	輝 綠 岩									黑 角 閃 岩 云 母	安 山 閃 石 岩	安 山 閃 石 岩	輝 安 山 閃 石 岩
分析次数	221	52	6	7	23	6	3	12	6	41	3	12	17	20	27	5	4	10
SiO ₂	71.27	71.99	74.32	67.25	72.06	70.02	70.21	72.88	77.08	64.98	65.70	65.74	57.39	60.51	56.75	58.19	59.01	55.25
TiO ₂	.25	.21	.12	.58	.29	.39	.33	.32	.15	.52	.65	.75	.89	.73	.76	.42	1.23	.52
Al ₂ O ₃	14.25	13.81	13.60	14.78	13.40	12.24	15.88	14.15	11.98	16.33	15.24	15.89	16.42	16.70	18.60	19.51	17.43	20.22
Fe ₂ O ₃	1.24	1.37	.90	1.44	1.81	2.61	1.80	.84	1.26	1.89	2.88	1.87	3.10	2.84	3.58	2.20	3.95	3.75
FeO	1.62	1.72	1.24	3.07	2.11	3.35	1.30	1.43	.68	2.49	1.56	2.52	4.15	3.49	3.26	3.02	3.10	3.28
MnO	.08	.12	.09	.09	.08	.11	...	.06	.05	.09	.10	.13	.18	.14	.15	.23	.11	.08
MgO	.80	.81	.55	1.96	.28	.09	.76	.69	.63	1.94	1.57	1.64	3.77	2.54	3.42	3.25	4.51	3.51
CaO	1.62	1.55	.79	4.65	.75	.71	1.03	1.66	.77	3.70	4.00	3.27	5.58	4.63	6.97	7.80	6.03	8.12
Na ₂ O	3.79	3.42	3.12	3.02	3.74	5.36	2.77	3.77	5.42	3.67	3.13	3.29	4.26	3.68	3.07	3.08	2.88	2.57
K ₂ O	4.03	3.81	4.52	2.50	4.55	4.42	4.16	2.61	1.15	2.95	2.83	3.67	2.57	2.65	2.01	1.65	1.33	1.34
H ₂ O ⁺	.56	.64	.65	.36	.63	.26	1.32	.82	.73	.83	2.18	.69	.89	.88	.79	.30	.23	.80
P ₂ O ₅	.16	.20	.10	.30	.10	.05	.19	.10	.10	.32	.16	.20	.37	.46	.49	.35	.19	.56
CO ₂	.33	.35	—	—	.20	.39	.25	.67	—	.29	—	.34	.43	.75	.15	...	—	—
編 号	1	1a	1b	1c	2	2a	2b	3	4	5	6	7	8	9	10	10a	10b	10c

(續)

岩 类	碱 性 岩				基 性 岩					超 基 性 岩						
	正 长 岩	石 英 正 长 岩	輝 石 正 长 岩	粗 面 岩,	輝 长 岩	其 中			玄 武 岩	其 中			輝 石 岩	角 閃 橄 欖 岩	純 橄 欖 岩	
						角 閃 石 岩	蘇 輝 长 岩	輝 长 岩		白 玄 武 岩	白 榴 石 岩	白 碧 玄 岩				粗 面 岩
分析次数	7	5	4	24	59	6	4	166	4	10	29	10	2	2		
SiO ₂	63.30	71.41	57.92	64.33	47.62	46.84	48.79	48.28	46.83	50.10	49.16	45.05	40.38	39.39		
TiO ₂	.57	.22	.85	.51	1.67	.32	1.01	2.21	2.48	2.39	2.19	1.00	1.15	.06		
Al ₂ O ₃	17.52	14.37	17.50	16.03	14.52	19.82	12.90	14.99	13.16	14.15	14.76	4.79	6.21	.47		
Fe ₂ O ₃	2.79	1.22	3.17	2.49	4.09	4.67	3.63	4.18	4.85	3.80	3.44	4.28	5.76	2.92		
FeO	1.15	1.75	2.57	3.17	9.37	6.87	10.57	6.95	6.37	5.59	6.99	8.14	8.64	5.42		
MnO	.29	.07	.09	.16	.22	.26	.30	.20	.11	.12	.13	.31	.20	.20		
MgO	.86	.96	1.76	.31	6.47	6.83	8.34	7.00	8.22	6.91	7.06	21.61	25.53	46.49		
CaO	1.43	1.04	5.51	1.30	8.75	9.47	9.43	8.07	8.07	6.84	7.70	10.78	6.06	.22		
Na ₂ O	4.07	3.90	5.51	5.43	2.97	2.45	2.21	3.40	3.53	3.54	3.53	.97	.69	.64		
K ₂ O	7.48	4.34	4.49	5.35	1.18	.29	.81	2.51	4.18	4.98	2.88	.37	.34	.09		
H ₂ O ⁺	.41	.66	.32	.29	2.02	2.04	1.54	1.26	1.25	.54	.91	2.28	4.97	3.66		
P ₂ O ₅	.13	.06	.31	.09	.46	.14	.23	.60	.95	1.04	.74	.16	.07	.05		
CO ₂	—	—	—	.54	.66	—	.24	.35	—	—	.51	.26	—	.39		
編 号	11	12	13	14	15	15a	15b	16	16a	16b	16c	17	18	19		

1. 表示經過測定,但无測定值。

2. — 表示未經測定。

3. 分析次数为参加計算的單样全分析資料的个数。

表 2 中国岩浆岩类的平均化学成分

(黎形、饒紀龙, 1962)

岩 类	超基性岩		基 性 岩		中 性 岩		酸 性 岩		碱性岩
分析次数	14	99*	225	536*	64	165*	318	530*	40
SiO ₂	43.67	43.6	48.25	50.0	58.05	57.0	70.40	71.00	64.30
TiO ₂	.90	.72	2.08	1.39	.79	.79	.31	.34	.52
Al ₂ O ₃	4.53	4.72	14.90	16.48	17.41	17.5	14.48	14.80	16.21
Fe ₂ O ₃	4.22	4.62	4.17	4.22	3.23	3.72	1.38	1.54	2.44
FeO	7.77	9.01	7.61	6.80	3.57	3.81	1.77	1.85	2.57
MnO	.25	.14	.21	.23	.15	.17	.08	.05	.16
MgO	25.34	24.8	6.93	6.80	3.24	3.64	.94	.74	.63
CaO	8.79	12.2	8.27	9.75	5.77	6.70	1.93	1.82	1.71
Na ₂ O	.90	.73	3.30	2.78	3.57	3.62	3.77	3.62	5.00
K ₂ O	.41	.88	1.72	1.24	2.36	2.01	3.79	4.02	5.51
H ₂ O ⁺	2.84	-	1.47	1.17	.85	.88	.65	.75	.32
P ₂ O ₅	.11	.21	.56	.36	.44	.25	.18	.145	.12
CO ₂	.27		.53		.57		.32		.51

* 維諾格拉多夫 1955 年計算(1956 年发表)的数值,其总和不等于 100%。

三、中国岩浆岩的若干特征

据表 1 和表 2 的平均值作出的图 1A 和 B, 以及对各种不同成分比值的计算, 可以看出我国岩浆岩化学成分的变化, 随 SiO₂ 含量的增加, 具有下列若干特征:

1. Na₂O 和 K₂O 递增; MgO、CaO、FeO 和 Fe₂O₃ 递减。(图 1A 和 B)

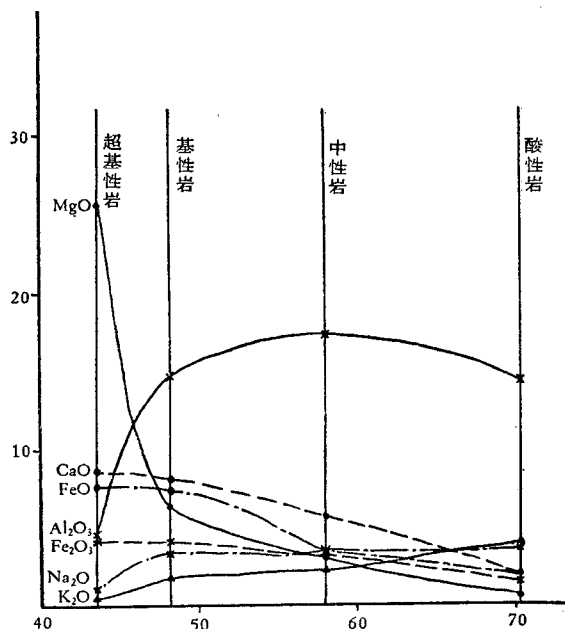


图 1A 中国岩浆岩的氧化物变化图

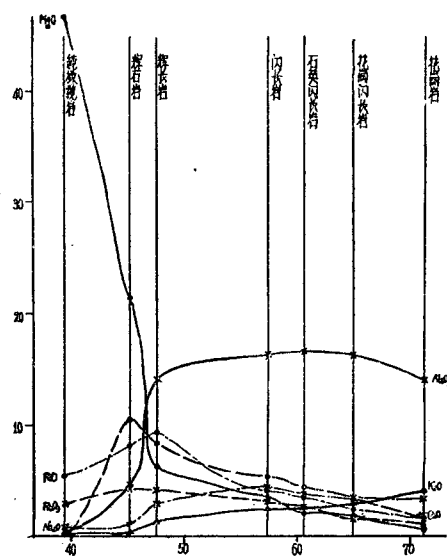


图 1B 中国侵入岩的氧化物变化图

同时, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 比值递增,直至 $\text{Na}_2\text{O} \approx \text{K}_2\text{O}$ 。例如:

	$\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$
超基性岩	0.46
基性岩	0.52
中性岩	0.66
酸性岩	1.00

2. SiO_2/MgO 、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 FeO/MgO 、 $\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO}$ 和 $\text{K}_2\text{O}/\text{CaO}$ 等比值递增。例如:

	超基性岩	基性岩	中性岩	酸性岩
SiO_2/MgO	1.72	6.96	17.92	74.89
$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$	1.07	3.57	5.39	10.49
FeO/MgO	0.31	1.10	1.10	1.88
$\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO}$	0.10	0.40	0.62	1.95
$\text{K}_2\text{O}/\text{CaO}$	0.05	0.21	0.41	1.96

此外,上述比值表明,在同一基本类型岩石内, $\text{SiO}_2/\text{MgO} > \text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{FeO}/\text{MgO} > \text{Na}_2\text{O}/\text{CaO} > \text{K}_2\text{O}/\text{CaO}$ 。

3. $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}/\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 比值 (D_f) 和 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}/\text{MgO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 比值 (D_m),以及 D_f/D_m 比值均依次递增,直至 $D_f \approx D_m$ 。

下列数值和图 2 可供说明:

	D_f	D_m	D_f/D_m		D_f	D_m	D_f/D_m		D_f	D_m	D_f/D_m
超基性岩	0.13	0.32	0.40	辉石岩	0.11	0.37	0.30	—	—	—	—
基性岩	0.38	0.63	0.60	辉长岩	0.32	0.68	0.49	玄武岩	0.42	0.62	0.68
中性岩	0.51	0.68	0.75	闪长岩	0.55	0.66	0.83	安山岩	0.42	0.67	0.63
酸性岩	0.80	0.77	1.04	花岗岩	0.80	0.80	1.00	流纹岩	0.92	0.90	1.02

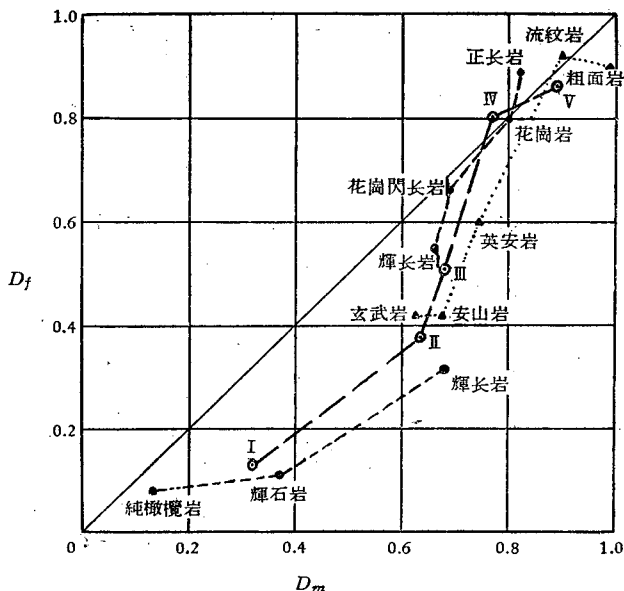


图 2 中国岩浆岩结晶分异图

I. 超基性岩; II. 基性岩; III. 中性岩; IV. 酸性岩; V. 碱性岩。

此外,图 2 还定量地表示出我国主要岩石种类在成分变化上的相互关系,从而在某种程度上反映出它们彼此之间的成因联系。

四、中國岩漿岩總平均值的計算問題

據表 1 和表 2 的平均值，可計算我國岩漿岩的總平均化學成分。表 3 列出了三種計算結果及其有關的對比數值。

表 3 中國岩漿岩的總平均化學成分
(黎形、饒紀龍，1962)

計算方法	克 拉 克 法		維諾格拉多夫法		面積加權法	說 明
	661 個分析資料總平均 (中國) ¹	5,159 個分析資料總平均(地殼;克拉克,1924)	兩份酸性岩加一份基性岩 (中國) ²	兩份酸性岩加一份基性岩(地殼;維諾格拉多夫, 1955)	九份酸性岩加一份基性岩(中國)	
SiO ₂	60.76	59.36	63.03	63.80	68.19	1. 我國岩漿岩的 661 個資料(選擇數)中, 超基性岩占 2%, 基性岩占 34%, 中性岩占 10%, 酸性岩占 48%, 鹼性岩占 6%。 2. 我國岩漿岩的 1,394 個(收集數)中, 基性岩 357 個, 占 26%; 酸性岩 712 個, 占 51%。接近於 1:2 的比值。
TiO ₂	1.00	1.05	.90	.66	.49	
Al ₂ O ₃	14.82	15.40	14.62	14.98	14.52	
Fe ₂ O ₃	2.63	3.09	2.30	2.42	1.66	
FeO	4.11	3.82	3.72	3.49	2.35	
MnO	.14	.12	.12	.11	.09	
MgO	3.70	3.50	2.93	2.58	1.54	
CaO	4.54	5.10	4.04	4.44	2.56	
Na ₂ O	3.49	3.86	3.61	3.33	3.72	
K ₂ O	2.98	3.14	3.10	3.08	3.58	
H ₂ O ⁺	1.05	1.16	.92	.89	.74	
P ₂ O ₅	.35	.30	.31	.22	.22	
CO ₂	.43	.10	.40	—	.34	

第一種結果採用克拉克的算術平均法求得。各基本類型岩石的分析資料所占的百分數是：超基性岩占 2%，基性岩占 34%，中性岩占 10%，酸性岩占 48%，鹼性岩占 6%。計算結果和克拉克 (F. W. Clarke, 1924) 的地殼岩漿岩的平均值對比，兩者比較近似。

第二種結果採用維諾格拉多夫的“兩份酸性岩加一份基性岩”的方法求得。這種方法剛好和我國 1,394 個分析資料中酸性岩和基性岩的比例相符。即酸性岩的分析資料 712 個；基性岩為 357 個。兩者比例接近於 2:1。計算結果和維諾格拉多夫 1956 年發表的地殼岩漿岩的平均值對比，兩者也比較近似(表 3 內的維諾格拉多夫數值，根據他的酸性岩和基性岩平均值求出)。

第三種結果採用面積加權平均法求得。目前我國岩漿岩的分布面積還未精確測定。據初步估計，取酸性岩和基性岩出露面積的比例為 9:1。按九份酸性岩加一份基性岩的方法求出的我國岩漿岩總平均值，大致反映出我國地表出露的岩漿岩化學成分的總輪廓。

至於採用質量加權平均法來求我國岩漿岩總平均化學成分問題，由於計算深度和岩石平均比重方面的問題一時不易解決，暫不討論。

五、中國岩漿岩基本類型的主要元素平均含量

據表 2 的平均值，採用下述公式，可計算出我國岩漿岩各基本類型的主要元素平均含量。

将某一氧化物的重量百分数 (W_0) 换算为该氧化物中某一元素的重量百分数 (X_E), 采用下列公式:

$$X_E = k W_0 = \frac{W_a \cdot i}{M} W_0$$

式中 k 是换算系数, W_a 是该元素的原子量, M 是该氧化物的分子量, i 是该元素在该氧化物中的原子数。换算时, 我们采用了国际原子量 1961 年的新标准。

将某一元素的重量百分数换算为该元素的原子百分数 (X_A), 采用如下公式:

$$X_A = \frac{A}{\sum A_i} \times 100 = \frac{X_E}{W_a \sum A_i} \times 100$$

式中 A 是该元素的相对原子数, $\sum A_i$ 是参与计算的全部元素的相对原子数的总和。

计算结果如表 4。表内同时列出主要元素的重量百分数和原子百分数。

表 4 中国岩浆岩类的化学元素平均含量

(黎彤、饒紀龙, 1962)

原子序数	化学元素	重量百分比 (%)					原子百分比 (%)				
		超基性岩	基性岩	中性岩	酸性岩	碱性岩	超基性岩	基性岩	中性岩	酸性岩	碱性岩
1	H	.31	.16	.09	.07	.04	6.27	3.37	1.86	1.42	.83
6	C	.07	.14	.15	.09	.14	.12	.25	.26	.15	.24
8	O	44.31	44.57	46.69	48.47	46.86	56.50	59.08	60.91	62.09	61.31
11	Na	.67	2.44	2.64	2.79	3.70	.59	2.25	2.40	2.49	3.37
12	Mg	15.20	4.16	1.94	.56	.38	12.76	3.63	1.67	.47	.33
13	Al	2.40	7.90	9.23	7.67	8.59	1.81	6.21	7.14	5.83	6.67
14	Si	20.53	22.68	27.28	33.09	30.22	14.91	17.13	20.27	24.15	22.52
15	P	.05	.25	.19	.08	.05	.03	.17	.13	.05	.03
19	K	.34	1.44	1.98	3.18	4.63	.18	.78	1.06	1.67	2.48
20	Ca	6.33	5.95	4.15	1.39	1.23	3.22	3.15	2.16	.71	.64
22	Ti	.54	1.25	.47	.19	.31	.23	.55	.20	.08	.14
25	Mn	.19	.16	.12	.06	.12	.07	.06	.04	.02	.04
26	Fe	9.06	8.90	5.07	2.36	3.73	3.31	3.37	1.90	.87	1.40
	(Fe ³⁺)	(6.06)	(5.94)	(2.78)	(1.38)	(2.00)	(2.21)	(2.26)	(1.04)	(.51)	(.75)

设取维诺格拉多夫 1956 年发表的有关数值作为地壳 (16 公里) 的背景值, 则据表 4 的重量百分比, 可求得我国岩浆岩各基本类型的浓度克拉克值如下:

	O	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	Mn	Fe
超基性岩	1.03	1.18	1.09	0.83	1.02	0.42	0.48	0.82	1.80	1.46	0.92
基性岩	0.99	1.26	0.92	0.90	0.99	1.79	1.73	0.89	1.39	0.72	1.04
中性岩	1.01	0.88	0.89	1.04	1.05	1.20	0.86	0.89	0.59	1.00	0.87
碱性岩	0.98	1.01	1.00	1.00	1.03	1.14	0.95	0.88	0.83	1.00	0.87

浓度克拉克值在 0.42—1.80 的范围内波动。其中 77% 的数值介于 0.8—1.2 之间, 说明浓度克拉克值的变化是比较稳定的。

据表 4 的原子百分比, 按电价分类计算可求得各类同价元素的原子百分数总和与其电价数的乘积如下:

电价数	元 素	超基性岩	基性岩	中性岩	酸性岩	碱性岩	符号
1+	H + Na + K	7.04	6.40	5.36	5.58	6.68	<i>a</i>
	(其中 Na+K)	(0.8)	(3.1)	(3.5)	(4.2)	(5.9)	(<i>a'</i>)
2+	Ca + Mg + Fe + Mn	36.52	18.20	9.83	3.42	3.52	<i>b</i>
3+	Al + Fe	8.73	21.96	24.00	18.57	21.96	<i>c</i>
4+	Si + Ti + C	61.04	71.72	82.92	97.52	91.60	<i>d</i>
5+	P	0.15	0.85	0.65	0.25	0.15	<i>e</i>
	合 計	113.48	119.13	122.76	125.34	123.91	<i>f</i>
2-	O	113.00	118.16	121.82	124.18	122.62	<i>g</i>
	差 額	0.48	0.97	0.94	1.16	1.29	<i>h</i>

由此可知,各基本类型岩石中的 f 值 ($= a + b + c + d + e$); 都近似地等于 g 值。差額 h 都是正值,而且超基性岩的 h 值最小,酸性岩和碱性岩的 h 值較大。这主要与上述計算中未扣除 OH^- 有关。因此,可以认为,上述計算值实际上反映了电价平衡原理,其誤差不大。

从超基性岩到酸性岩,主要的变化是 4 价阳离子和 Na + K 的相对增加,以及 2 价阳离子的相对减少。如以超基性岩的数值为基数,则 4 价阳离子(d 值)的递增数,依次约为 $+11n$; 而 2 价阳离子(b 值)的递减数,依次约为 $\times \frac{1}{2n}$ 。这里, n 为整数 1、2、3。

六、用元素組合量式表示区域性的地球化学場問題

編制地球化学区划图时,可以运用岩石的元素平均含量来綜合反映某一地区或地段内的地球化学場(或背景值)。从而标出元素与元素之間的定量关系。采用元素組合量式可以明确地反映这种关系。

元素組合量式可用主要元素的重量百分数或原子百分数表示。其通式是:

$$10^1 \text{ 級元素 } \frac{10^0 \text{ 級元素}}{10^{-1} \text{ 和 } 10^{-2} \text{ 級元素}}$$

例如,据表 4 的重量百分数,可得出我国岩浆岩各基本类型的元素組合量式如下:

$$\begin{array}{ll}
 \text{超基性岩} & \text{Si}_{21}\text{Mg}_{15} \frac{\text{Fe}_{91}\text{Ca}_{63}\text{Al}_{24}}{\text{Na}_{67}\text{Ti}_{54}\text{K}_{34}\text{Mn}_{19}\text{P}_5} \\
 \text{基性岩} & \text{Si}_{23} \frac{\text{Fe}_{89}\text{Al}_{79}\text{Ca}_{60}\text{Mg}_{42}\text{Na}_{24}\text{K}_{14}\text{Ti}_{13}}{\text{P}_{25}\text{Mn}_{16}} \\
 \text{中性岩} & \text{Si}_{27} \frac{\text{Al}_{92}\text{Fe}_{51}\text{Ca}_{42}\text{Na}_{26}\text{K}_{20}\text{Mg}_{19}}{\text{Ti}_{47}\text{P}_{19}\text{Mn}_{12}} \\
 \text{酸性岩} & \text{Si}_{33} \frac{\text{Al}_{77}\text{K}_{32}\text{Na}_{28}\text{Fe}_{24}\text{Ca}_{14}}{\text{Mg}_{56}\text{Ti}_{19}\text{P}_8\text{Mn}_6} \\
 \text{碱性岩} & \text{Si}_{30} \frac{\text{Al}_{86}\text{K}_{46}\text{Fe}_{37}\text{Na}_{37}\text{Ca}_{12}}{\text{Mg}_{38}\text{Ti}_{31}\text{Mn}_{12}\text{P}_5}
 \end{array}$$

在上述元素組合量式中,元素名称右下角的数值表示該元素的重量百分数。位于橫綫前面的重量百分数 $\times 10^0$; 位于橫綫上的 $\times 10^{-1}$; 位于橫綫下的 $\times 10^{-2}$ 。元素按含量由多到少排列。

上述各基本类型岩石的元素组合量式,只适用于编制小比例尺(如 1/300 万或更小)岩浆岩发育地区的概略地球化学区划图。编制较大比例尺的详细地球化学区划图时,须根据各地区不同成因和不同化学成分的各种岩浆岩、沉积岩、变质岩和土壤等的实际平均化学成分,按照类似的方法,分别求得其元素组合量式。岩石分类越细,测定的元素越多,则元素与岩石之间的分配关系,元素与元素之间的定量关系,以及元素与地质构造单元和成岩时代的分布关系就反映得越全面,指导找矿的实际意义也越大。

(收稿日期:1963年2月5日)

参 考 文 献

- [1] Clarke, F. W., 1924, The data of Geochemistry. 5th ed. U. S. Geol. Survey Bull. 770.
- [2] Clarke, F. W. and Washington, H. S., 1924, The Composition of the earth's crust. U. S. Geol. Survey, Profess. Paper 127.
- [3] Daly, R. A., 1933, Igneous rocks and the depths of the earth. New York and London.
- [4] Nockolds, S. R., 1954, Average Chemical Compositions of Some igneous rocks. Bull. of The Geol. Soc. of Amer. Vol. 65, pp. 1007—1032.
- [5] Виноградов, А. П., 1956, Закономерности распределения химических элементов в земной коре. Геохимия № 1.
- [6] Виноградов, А. П., 1962, Средние содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. Геохимия № 7.

THE AVERAGE CHEMICAL COMPOSITION OF IGNEOUS ROCKS IN CHINA

LI TUNG, YIO CHI-LUNG

(Abstract)

In this paper 661 analyses which are selected from 1,394 analyses published in various geological literature since 1925 to 1960 are used to calculate the average chemical composition of the igneous rocks in China. Of these calculated analyses, about 67.6% occurs in platform regions and 32.4% in post-cambrian geocycline belts; whereas about 88% of which are distributed in the eastern part of China, and only about 12% in the Western part. The averages of 32 kinds of common rock species are firstly obtained by arithmetic averaging method. On the basis of these figures, the averages of five major units of rock types are estimated respectively, and also expressed in elementary compositions with weight and atomic percentages. Finally, estimates are given for the averages of igneous rocks in China as a whole by several methods.

In the discussion, the writers pay attention to the chemical characteristics of evolution of rocks, the concentration clarke value of major rock types, and other problems related to the question of regional geochemistry.