

43-46

岩石比重的成分计算法

朱余德

(中南工业大学地质系·长沙市)

p584

A

指出了在分析变质作用中成分和体积变化时,需考虑岩石比重的影响。岩石比重除直接测定法外,介绍了利用岩石矿物成分和化学成分计算比重的方法。

关键词 岩石比重 计算方法

在地质研究中,有时需确定岩石的比重,如计算变质作用过程中岩石成分和体积变化量时,需考虑到岩石比重的影响^[1],岩石比重的测定方法很多,如常用的比重瓶法、显微比重法、悬浮法、静水力学法等直接测定法^[2]。但在不能或不便直接测定时,可用以下成分计算法间接测定。

1 利用矿物成分计算岩石比重

当根据岩相分析,知道岩石中各种矿物的体积百分含量时,则岩石比重 D_g 可根据公式:

$$D_g = \sum C_i D_i \quad (1)$$

其中 C_i 为矿物 i 的体积百分含量, D_i 是矿物 i 的比重。矿物比重可在一些工具书^[3,4,5]中查到。

如果知道岩石中各种矿物的重量百分含量,则岩石比重 D_g 为:

$$D_g = 1 / \sum (K_i / D_i) \quad (2)$$

其中 K_i 为矿物 i 的重量百分含量, D_i 为矿物 i 的比重。

2 利用化学成分计算岩石比重

2.1 French 法

French(1976)^[6]提出了利用岩石化学成分计算晶质岩浆岩和变质岩比重的公式:

$$D_c = 2.6 [2N_o / (4N_{Si} + 3N_{Al})]^{1/2} \quad (3a)$$

$$D_c = 1.28 (M/30 + 1) [2N_o / (4N_{Si} + 3N_{Al})]^{1/2} \quad (3b)$$

其中 D_c 是计算的岩石比重; N_i 是元素 i 的原子数(即 N_o 、 N_{Si} 、 N_{Al} 分别是 O、Si、Al 的原子数); M 是以一个氧为单位的岩石分子量。在计算岩石分子量时,氧的数目(即 N_o)是指与金属元素结合的氧原子数的总和,但不包括 $(OH)^-$ 、 $(CO_3)^{2-}$ 、 $(PO_4)^{3-}$ 、 $(SO_3)^{2-}$ 等络阴离子中的氧。French 认为通过计算得到的比重与实测的平均比重值差 0.03。

D_c 值的计算步骤,①将化学分析所得的各氧化物重量百分数换算为金属原子数和氧原子数。②求 M 。首先求出除络阴离子外其他氧化物的重量百分数总和,其次求出扣除了络阴离子后的氧原子总数,然后前者除以后者,所得的商即为以一个氧为单位的岩石分子量。③按公式(3a)或(3b)计算 D_c 值(实例见表 1 和表 2)。

根据本人大量计算表明,(3a)式更适合于晶质岩浆岩,而(3b)式更适合于晶质变质岩。

2.2 改良的 French 法

由于根据 French 法所得出的比重值对于酸性岩来说常偏大 0.05±,而基性岩常偏小 0.05±。因此建议用本人提出的改良公式:

表 1 部分酸性—基性岩浆岩的化学成分和比重值

氧化物	花岗岩			花岗闪长岩			石英闪长岩			闪长岩			辉长岩			正长岩		
	重量%	金属原子数	氧原子数	重量%	金属原子数	氧原子数	重量%	金属原子数	氧原子数	重量%	金属原子数	氧原子数	重量%	金属原子数	氧原子数	重量%	金属原子数	氧原子数
SiO ₂	69.21	1152	2304	65.01	1082	2164	61.59	1025	2050	56.77	945	1890	48.24	803	1606	58.65	971	1942
TiO ₂	0.41	5	10	0.57	7	14	0.66	8	16	0.84	11	22	0.97	12	24	0.86	11	22
Al ₂ O ₃	14.41	282	423	15.44	302	453	16.21	318	477	16.67	326	489	17.88	350	525	16.38	322	161
Fe ₂ O ₃	1.98	24	36	1.74	22	33	2.54	32	48	3.16	40	60	3.16	40	60	3.65	46	69
FeO	1.67	23	23	2.65	37	37	3.77	52	52	4.40	61	61	5.95	83	83	3.09	43	43
MnO	0.12	2	2	0.07	1	1	0.10	1	1	0.13	2	2	0.13	2	2	0.15	2	2
MgO	1.15	29	29	1.91	47	47	2.80	69	69	4.17	103	103	7.51	186	186	3.06	76	76
CaO	2.19	39	39	4.42	79	79	5.38	96	96	6.74	120	120	10.99	196	196	4.45	79	79
Na ₂ O	3.48	112	56	3.70	120	60	3.37	108	54	3.39	110	55	2.55	82	41	3.48	112	56
K ₂ O	4.23	90	45	2.75	58	29	2.10	44	22	2.12	44	22	0.89	18	9	4.79	100	50
P ₂ O ₅	0.30	4	10	0.20	2	5	1.22	18	45	1.36	20	50	1.45	20	50	0.31	4	10
H ₂ O	0.85	94	47	1.04	116	58	0.26	28	14	0.50	56	28	0.28	32	16	1.13	126	63
总和	100.00			99.50			100.00			100.25			100.00			100.00		
比重		2.67			2.72			2.81			2.84			2.98			2.76	
D _c (3a)		2.71			2.74			2.78			2.83			2.94			2.80	
D _c (4a)		2.68			2.73			2.78			2.85			3.00			2.79	
D _c (5)		2.67			2.73			2.78			2.83			2.92			2.78	

表中化学分析数据和比重为 Daly 的平均值⁽¹⁾, D_c(3a)、D_c(4a)和 D_c(5)分别为根据文中公式(3a)、(4a)和(5)计算的 D_c值。

表 2 挪威 Stavanger 地区变质岩的化学成分和比重值

氧化物	1				2				3				4				5				6			
	重量%	金属原子数	氧原子数	重量%	金属原子数	氧原子数	重量%	金属原子数	氧原子数	重量%	金属原子数	氧原子数	重量%	金属原子数	氧原子数	重量%	金属原子数	氧原子数	重量%	金属原子数	氧原子数	重量%	金属原子数	氧原子数
SiO ₂	58.32	971	1942	57.29	954	1908	60.62	1009	2018	62.40	1038	2076	64.35	1071	2142	64.70	1077	2154						
TiO ₂	0.98	12	24	0.97	12	24	0.80	10	20	0.81	10	20	0.70	9	18	0.59	7	14						
Al ₂ O ₃	20.00	392	588	20.60	404	606	18.50	362	543	16.27	320	480	16.54	324	486	15.45	304	456						
Fe ₂ O ₃	2.01	26	39	2.40	30	45	1.32	16	24	1.44	18	27	2.24	28	42	1.36	18	27						
FeO	4.98	69	69	5.48	76	76	5.65	79	79	5.78	80	80	3.92	55	55	4.18	58	58						
MnO	0.22	3	3	0.41	6	6	0.07	1	1	0.35	5	5	0.14	2	2	0.05	1	1						
MgO	1.85	46	46	1.76	44	44	2.42	60	60	2.19	54	54	2.04	51	51	1.48	37	37						
CaO	0.66	12	12	0.37	7	7	1.66	30	30	2.07	37	37	2.04	36	36	2.92	52	52						
Na ₂ O	1.26	40	20	1.40	46	23	1.81	58	29	2.28	74	37	2.00	64	32	3.09	100	50						
K ₂ O	4.49	96	48	4.30	92	46	4.02	86	43	3.16	68	34	3.82	82	41	3.46	74	37						
H ₂ O ±	4.10			4.05			3.09			2.41			1.85			1.97								
P ₂ O ₅	0.15			0.14			0.08			0.16			0.17			0.19								
CO ₂	0.43			0.05			...			0.52			0.13			0.85								
Σ	99.45		2791	99.22		2785	100.04		2847	99.84		2850	99.94		2905	100.29		2886						
比重		2.798			2.862			2.838		2.814			2.812			2.777								
Dc(3a)		2.87			2.88			2.89		2.88			2.86			2.86								
Dc(4a)		2.80			2.82			2.82		2.82			2.79			2.78								
Dc(5)		2.73			2.74			2.74		2.74			2.72			2.72								
M	$\frac{94.77}{2791} \times 1000 = 33.96$			$\frac{94.98}{2785}$	$\frac{94.98}{2785} \times 1000 = 34.10$		$\frac{96.87}{2847}$	$\frac{96.87}{2847} \times 1000 = 34.03$		$\frac{96.75}{2850} \times 1000 = 33.95$		$\frac{97.79}{2905} \times 1000 = 33.66$		$\frac{97.28}{2886} \times 1000 = 33.71$										

表中化学分析数据和比重据 Poldervaart, Arie⁽⁶⁾; Dc(3a)、Dc(4a)、Dc(5)分别为根据文中公式(3a)、(4a)和(5)计算的 Dc 值。

$$D_c = 2.6[(2N_O + N_{Fe+Mg+Mn} - N_{K+Na})/(4N_{Si} + 3N_{Al})]^{1/2} \quad (4a)$$

$$D_c = 1.25(M/30 + 1)[(2N_O + N_{Fe+Mg+Mn} - N_{K+Na})/(4N_{Si} + 3N_{Al})]^{1/2} \quad (4b)$$

其中(4a)式更适合于酸性到基性的晶质岩浆岩,(4b)式更适合酸性到基性的变质岩。现将根据(3a)和(4a)公式计算得到的酸性到基性晶质岩浆岩中主要岩石类型的 D_c 值与实测比重列于表1。从表1中可知,对酸性到基性晶质岩浆岩,(4a)式求得的 D_c 值比(3a)式求得的 D_c 值与实测值有更好的趋同性。这主要是(4a)式考虑到岩石中铁、镁和锰原子与钾和钠原子对岩石比重有着不同影响,前者主要形成比重大的深色矿物,而后者主要形成比重小的长石类矿物。

对大量的具有化学分析数据和比重数据的变质岩用(3b)式和(4b)式计算的 D_c 值与实测的比重值相对照,都证明(4b)式比(3b)式求得的 D_c 值更接近实测值。例如挪威 Stavanger 地区6个样品^[8],用(4b)式求得的 D_c 值与实测值很相近,而(3b)式求得 D_c 值与实测值相差较大(表2)。

2.3 Young 法

Young (1976)^[9]根据晶质岩石比重与化学成分关系提出了岩石比重的计算公式:

$$D_c = 2.643 + 0.444e^{-\frac{F}{4}} \quad (5)$$

其中 F 为长英质—镁铁质参数 (felsic—mafic index), 且

$$F = \frac{SiO_2 + Na_2O + K_2O}{FeO + Fe_2O_3 + MgO + CaO} \quad (6)$$

式中氧化物均为重量百分数。

用 Young 法计算结果表明,计算的 D_c 值也与实测值比较接近(如表1和表2)。

需说明一点,以上3种利用岩石化学成分计算比重的方法主要适用于酸性到基性的晶质岩浆岩和变质岩,其他岩石其误差会较大。大量的计算结果表明,改良的 French 公式(4a)和(4b)优于 French 提出的公式和 Young 提出的公式。

参考文献

- 1 朱余德,何绍勋. 变质作用中成分和体积关系方程及其应用. 地质与勘探, 1993(6).
- 2 叶大年,从柏年主编. 岩矿实验室工作方法. 北京:地质出版社, 1981.
- 3 多尔特曼, H B 主编(蒋宏耀等译). 岩石和矿物的物理性质. 北京:科学出版社, 1985.
- 4 托鲁基安, Y S 等编著(单家增等译). 岩石与矿物的物理性质. 北京:石油工业出版社, 1990.
- 5 Carmichael, R S Handbook of physical properties of rocks, Volume 1, by CRC Press, Inc, Boca, Raton, Florida. 1984.
- 6 French, W J. Rock composition, density and a variation diagram, Geological Magazine, 1976, 113(4), 371~376.
- 7 Daly R A et al. Density of rocks. In S. P. Clark, Jr (Eds), Handbook of Physical Constants. Geol. Soc. Am. INC. 1956.
- 8 Poldervart Arie. Petrological calculations in metasomatic processes. Am. J. Sci., 1953, 251, 481~503.
- 9 Young E J. and Olhoeft G R. The relation of specific gravity to chemical composition for crystalline rocks. U. S. Geological Survey Open File Rept., 1976.

Composition Calculating Method of Rock Specific Gravity

Zhu Yude

The influence of rock specific gravity should be considered when the variation of composition and volume in metamorphism are analysed. Except for direct measure method, the author introduces the method of calculating rock specific gravity by means of mineral composition and chemical composition of rock.