维普资讯 http://www.cqvip.com

卷(Volume)12,期(Number)3,总(Total)49
页(Pages)104—109,1992,9,(Sept,1992)

矿 物 岩 石
MINERALOGY AND PETROLOGY

一种确定火山岩淬火温压的新方法

倪志耀
(成都地质学院,成都 610059)

【摘要】 火山岩中玻璃基质或细粒基质在淬火条件下形成,其熔体结构受淬火温压和熔体成分所控制。在已知熔体成分的条件下,淬火温压可根据熔体结构来确定。对于玄武质熔浆有 $NBO/T=0.098\ 57+2.77\times10^{-4}T+9.13\times10^{-10}p$;对于粗面安山质熔浆有:$NBO/T=-0.465\ 5+9.10\times10^{-4}T+1.14\times10^{-9}p$;对于英安质熔浆有:$NBO/T=-0.512\ 3+8.10\times10^{-4}T+1.2\times10^{-9}p$。

【关键词】 火山岩,淬火,温压计

火山岩中玻璃基质或细粒基质是在淬火条件下形成的,确定这些基质形成的温压条件对于火山岩形成时的物理化学及地质环境分析、成因演化的探讨都有重要意义。目前所采用的许多火山岩温压计多是计算矿物的结晶温度或压力条件,有些可以代表火山岩的淬火温压;有些则不一定能代表火山岩淬火温压,而实测法也只能提供现代火山活动的温压条件。因此,计算火山岩的淬火温压(特别是淬火压力)是火山岩研究中的重要问题之一,必须加以探讨。

1 火山岩淬火温压计的基础

硅酸盐熔体结构是当前岩浆岩岩石学研究的一个前沿课题。岩浆的熔体结构是压力、温度和熔体成分的函数,它对岩浆系统的热力学性质、物理性质及相关系有重大的影响,是研究岩浆作用特征及预测熔浆的物理化学性质和热力学性质之间关系的基础[1]。火山岩中的玻璃基质或细粒基质的熔体结构同样受淬火环境下的温度、压力和熔体成分的制约,但它们间的数学函数关系至今无人讨论过。因此,本文旨在找出它们之间的数学函数表达式,以确定火山岩的淬火温压条件。

2 采用的实验数据

为了找出熔体结构与淬火温度、压力和熔浆成分之间的函数关系,笔者收集了 Luhr (1990)[2]和 Rutherford 等(1985)[3]有关高温高压实验中的淬火玻璃成分。在考虑 H_2O 影响的情况下,根据程小林等(1986)[4]的改正方法计算熔体的解聚参数—NBO/T(表 1)。所采用的熔体成分分别有玄武质、粗面安山质和英安质。

收稿日期:1992—12—23 改回日期:1992-03-10

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 1 熔体结构与淬火温压的关系

Table 1 Relationship between quenching temperature and pressure with structure of melts

序号	原号	温度(℃)	压力(Pa)	NBO/T	序号	原号	温度(℃)	压力(Pa)	NBO/T	序号	原号	温度(℃)	压力(Pa)	NBO/T
1	153	800	2×10^8	0.528 4	26	119	950	2×10^8	0.604 3	51	225	900	4×10^8	0.705 4
2	149	800	2×10^8	0.509 0	27	233	950	4×10^8	0.852 6	52	191	900	4×10^8	0.7016
3	105	800	2×10^8	0.489 1	28	243	950	4×10^8	0.831 1	53	183	900	4×10^8	0.704 9
4	263	800	2.5×10^8	0.557 8	29	161	1000	2×10^8	0.746 4	54	200	950	2×10^8	0.519 9
5	268	800	2.5×10^8	0.551 6	30	93	1000	2×10^8	0.689 5	55	103	950	2×10^8	0.540 9
6	218	800	4×10^8	0.739 8	31	110	1000	2×10^8	0.879 5	56	121	950	2×10^8	0.569 1
7	203	800	4×10^8	0.717 3	32	248	1000	4×10^8	0.672 0	57	275	950	4×10^8	0.682 2
8	193	800	4×10^8	0.730 1	33	236	1000	4×10^8	0.871 6	58	235	950	4×10^8	0.738 8
9	144	650	2×10^8	0.582 6	34	155	800	2×10^8	0.502 1	59	245	950	4×10^8	0.711 6
10	165	850	2×10^8	0.533 0	35	152	800	2×10^8	0.495 3	60	163	1000	2×10^8	0.559 8
11	139	850	2×10^8	0.516 6	36	108	800	2×10^8	0.479 0	61	95	1000	2×10^8	0.555 4
12	228	850	4×10^8	0.786 3	37	265	800	2.5×10^8	0.513 6	62	112	1000	2×10^8	0.549 2
13	213	850	4×10^8	0.720 0	38	270	800	2.5×10^8	0.568 8	63	260	1000	4×10^8	0.746 2
14	208	850	4×10^8	0.724 4	39	220	800	4×10^8	0.693 9	64	250	1000	4×10^8	0 769 0
15	286	900	1×10^8	0.452 6	40	205	800	4×10^8	0.676 2	65	153 A	922	2.15×10^8	0.543 5
16	282	900	1×10^8	0.371 2	41	195	800	4×10^8	0.752 7	66	139 A	900	2.4×10^8	0.544 2
17	278	900	1×10^8	0.361 8	42	146	850	2×10^8	0.512 6	67	160 A	875	2.25×10^8	0.452 3
18	185	900	2×10^8	0.670 6	43	168	850	2×10^8	0.485 6	68	142 A	916	1.8×10^8	0.455 0
19	169	900	2×10^8	0.562 8	44	141	850	2×10^8	0.530 6	69	144 A	890	1.25×10^8	0.412 7
20	114	900	2×10^8	0.552 1	45	230	850	4×10^8	0.693 3	70	155 A	983	1×10^8	0.430 6
21	223	900	4×10^8	0.875 9	46	215	850	4×10^8	0.687 0	71	157 A	922	2.1×10^8	0.511 2
22	189	900	4×10^8	0.793 4	47	210	850	4×10^8	0.693 2	72	158 A	923	1.65×10^8	0.317 2
23	181	900	4×10^8	0.775 0	48	187	900	2×10^8	0.521 5	73	186 A	930	3.2×10^8	0.634 3
24	198	950	2×10^8	0.773 8	49	171	900	2×10^8	0.498 5					
25	104	950	2×10^8	0.614 3	50	116	900	2×10^8	0.643 9					

注：(1)序号 1—64 引自 Luhr(1990)，其中 1—33 为粗面安山质熔浆；34—64 为玄武质熔浆

(2)序号 65—73 为英安质熔浆，引自 Rutherford 等(1985)

对于粗面安山质熔浆，其淬火玻璃的熔体解聚参数在同一温度下，随压力增大而明显地呈线性增大；而在同一压力下，熔体解聚参数随温度的线性增大没有前者明显(表 2)。

表 2 一定温压下，粗面安山质熔浆的 NBO/T 平均值

Table 2 The average of NBO/T at given temperature and pressure for the trachyandesite melts

压力(Pa)	1×10^8	2×10^8	2.5×10^8	4×10^8
800℃		0.508 8	0.554 7	0.729 1
850℃		0.544 1		0.743 6
900℃	0.395 2	0.595 2		0.814 8
950℃		0.664 1		0.841 9
1 000℃		0.705 1		0.881 8

对于玄武质熔浆，其淬火玻璃的熔体解聚参数在同一温度下随压力增大而线性增大；而在同一压力下，与温度的线性相关性不大。并且在同温同压下，其 NBO/T 值较粗面安山质熔浆的 NBO/T 值相对要低些(表 3)。

对于英安质熔浆，也具相似的线性关系，但由于样品较少而不太明显。

表 3 一定温压下，玄武质熔浆的 NBO/T 平均值

Table 3 The average of NBO/T at given temperature and pressure for basalt melts

压力(Pa)	1×10^8	2×10^8	2.5×10^8	4×10^8
800℃		0.492 2	0.541 2	0.707 6
850℃		0.509 7		0.691 2
900℃		0.554 6		0.704 0
950℃		0.543 3		0.710 9
1 000℃		0.554 8		0.757 6

维普资讯 http://www.cqvip.com

3 火山岩淬火温压计的建立

从上面的讨论可知，火山岩中淬火玻璃的熔体解聚参数与淬火时的温度、压力呈线性相关关系，并且与淬火压力的线性相关性更明显。因此，可借助于多元线性回归分析这一数学工具来求取它们之间的函数关系以导出火山岩的淬火温压计。

根据表 1 所列的数据，不同熔体的回归分析结果如下。

粗面安山质熔浆(样品 33 件)有：

$$NBO/T=0.353\ 4+1.11\times10^{-9}p \quad (R=0.835\ 7) \cdots\cdots (1)$$

$$NBO/T=-0.465\ 5+9.10\times10^{-4}T+1.14\times10^{-9}p \quad (R=0.942\ 4) \cdots\cdots (2)$$

玄武质熔浆(样品 31 件)有：

$$NBO/T=0.345\ 4+9.11\times10^{-10}p \quad (R=0.928\ 4) \cdots\cdots (3)$$

$$NBO/T=0.098\ 57+2.77\times10^{-4}T+9.13\times10^{-10}p \quad (R=0.951\ 0) \cdots\cdots (4)$$

英安质熔浆(样品 9 件)有：

$$NBO/T=0.259\ 0+1.10\times10^{-9}p \quad (R=0.785\ 7) \cdots\cdots (5)$$

$$NBO/T=-0.512\ 3+8.10\times10^{-4}T+1.20\times10^{-9}p \quad (R=0.826\ 6) \cdots\cdots (6)$$

式中：温度(T)单位为℃；压力(p)单位为 Pa；NBO/T 为熔体解聚参数。

4 淬火温压计的检验

为了验证该温压计公式的合理性及计算结果的可信性，笔者根据导出的温压计公式，在已知熔体结构、温度或熔体结构、压力条件下对淬火玻璃的淬火温压进行了计算，计算结果列于表 4。

表 4 计算温压与实验温压的比较

Table 4 Comparison between experimental- and calculated temperature and pressure

粗面安山质	$T_{实}$	800	800	800	850	850	900	900	900	950	950	1 000	1 000
	$T_{计}$	820	808	812	856	828	820	915	906	990	936	1 036	980
	$p_{实}(\times10^8)$	2	2.5	4	2	4	1	2	4	2	4	2	4
	$p_{(1)}(\times10^8)$	1.4	1.81	3.39	1.72	3.52	0.367	2.18	4.16	2.80	4.40	3.17	4.76
	$p_{(2)}(\times10^8)$	2.16	2.56	4.09	2.07	3.82	3.67	2.12	4.05	2.33	3.89	2.29	3.84
玄武质	$T_{实}$	800	800	800	850	850	900	900	950	950	1 000	1 000	
	$T_{计}$	762	774	880	825	821	987	867	946	892	988	1 060	
	$p_{实}(\times10^8)$	2	2.5	4	2	4	2	4	2	4	2	4	
	$p_{(3)}(\times10^8)$	1.61	2.15	3.98	1.80	3.80	2.30	3.94	2.17	4.01	2.30	4.52	
	$p_{(4)}(\times10^8)$	1.88	2.42	4.24	1.92	3.91	2.26	3.90	1.99	3.83	1.96	4.18	
英安质	$T_{实}$	922	900	875	916	890	983	922	923	930			
	$T_{计}$	985	949	858	928	957	1016	952	780	941			
	$p_{实}(\times10^8)$	2.15	2.40	2.25	1.80	1.25	1	2.10	1.65	3.20			
	$p_{(5)}(\times10^8)$	2.56	2.57	1.74	1.77	1.39	1.55	2.27	0.524	3.38			
	$p_{(6)}(\times10^8)$	2.58	2.73	2.13	1.88	1.70	1.22	2.31	6.82	3.28			

* 表示所采用的压力计公式，下标(1)表示(1)式，其余类同。表中压力单位 Pa 温度单位℃

对于粗面安山质熔体，计算温度的可信度较高，除一个样品外，其余样品的计算温度误差范围在－22—＋40℃之间。而计算压力的误差范围(1)式明显大于(2)式；也就是说，用(2)式计算的压力值的精度高于(1)式计算的压力值。用(2)式计算的压力误差范围为 $+3.30\times10^7$——-1.80×10^7(Pa)

对于玄武质熔体，计算温度的误差范围较粗面安山质熔体相对要大些，为＋87—－58℃。而计算的压力误差范围，总的看来

维普资讯 http://www.cqvip.com

(4)式要比(3)式小，亦即用(4)式计算淬火压力精度要高一点。用(4)式计算的压力误差范围为$+2.60\times10^{7}$——1.70×10^{7}(Pa)

对于英安质熔体，由于参加回归分析的样品较少，因而相关系数较低，误差也就相对较大。但用(6)式计算的温度值的精度却较高，误差范围为+67——17℃。另外，用(6)式计算的压力值的精度总的来看也高于用(5)式计算的压力值。用(6)式计算压力值的误差范围为$+4.30\times10^{7}$——1.20×10^{7}(Pa)。

从上面的讨论可知，用推导出的火山岩淬火温压计（2），（4）和（6）式完全能在精度要求范围内计算火山岩的淬火温压。但还须注意的是，必须采用火山岩的玻璃基质或细粒基质的化学成分来计算熔体解聚参数；计算熔体解聚参数时还必须考虑 H_2O 对熔体结构的影响；在已知熔体结构前提下，还必须知道温度和压力中的一个值，才能计算另一个值。

上述火山岩淬火温压计的推导可能有不当之处，敬请地质同行批评指正。

参考文献

〔1〕莫宣学. 岩浆熔体结构. 地质科技情报，1985，4，(2)

〔2〕Luhr J F. Experimental phase relations of water-and sulfur-saturated arc magmas and the 1982 eruptions of El chichón volcano. Journal of Petrology，1990，31，(5)：1 071—1 114

〔3〕Rutherford M J，et al. The May 18，1980，Eruption of Mount st. Helens，1，Melt Composition and Experimental Phase Equilibria. Journal of Geophysical Reserch，1985，90 (B_4)：2 929—2 947

〔4〕程小林，高山. 熔体解聚参数—NBO/T 值计算方法的改进及其应用. 地质科技情报， 1986，5(2)

A NEW METHOD FOR DETERMINATION OF THE QUENCHING TEMPERATURE AND PRESSURE OF VOLCANIC ROCKS

Ni Zhiyao

(Chengdu College of Geology, Chengdu 610059)

Abstract The glass or fine-grained matrix in volcanic rocks formed under quenching conditions, structure of melts in the matrix is controlled by quenching temperature, pressure and compositions of melts, At the given compositions of melts. the temperature and pressure are determined by structure of melts. For basalt melts, trachyandesite melts and dacite melts, the expressions are as follows

$$NBO/T=0.098\,57+2.77\times10^{-4}T+9.13\times10^{-10}p$$

$$NBO/T=-0.465\,5+9.10\times10^{-4}T+1.14\times10^{-8}p$$

$$\text{and } NBO/T=-0.512\,3+8.10\times10^{-4}T+1.20\times10^{-9}p$$

where T is ℃

p is Pa

Key words volcanic rocks, quenched, thermobarometer