第69卷 第4期
1995年11月

地 质 学 报
ACTA GEOLOGICA SINICA

Vol.69, No.4
Nov., 1995

高温高压下含水矿物对岩石熔点影响的实验研究

郑海飞
(北京大学地质系)
谢鸿森 徐有生 宋茂双 张月明 王明再 徐惠刚
(中国科学院地球化学研究所,贵阳)

在温度约800—1 300℃和压力1.0—3.5GPa下,对加人约2%水的钾质玄武岩和榴辉岩样品的熔融实验研究结果表明,两种岩石的固相线都明显低于干体系同类成分岩石熔融实验研究获得的固相线温度;其中前者由于相对富钾其熔点总体上又低于后者,与已有的研究资料一致。不同的是榴辉岩是随着压力的增大熔点温度增高,钾质玄武岩仅在1.5—2.5GPa和大于3.0GPa压力时其熔点随着压力的增大而增高,在2.5—3.0GPa压力范围内则相反。笔者认为这是由于钾质玄武岩在压力2.5GPa以下,存在着角闪石,2.5GPa以上存在金云母所致,二者矿物特定的成分决定了角闪石具有高于(或接近于)而金云母具有低于湿体系固相线的脱水温度;而含水榴辉岩实验的连续固相线特征则是其角闪石的脱水温度低于或接近含水条件的熔点温度所致。从而造成高压条件下岩石熔点的降低。因此,岩石圈中岩石的成分及其所决定的含水矿物类型和稳定温压条件是控制岩石固相线形式的重要因素,并可以很好地解释深部岩石的部分熔融和地震波低速带的成因。

关键词 高温高压 含水矿物 岩石熔点 实验研究

目前,有关高温高压下各种岩石熔融实验的研究成果已证明,干体系下岩石的熔点随着压力的增大而增高,含不饱水时使固相线的温度降低,而含过量水及较低压力时则使岩石的熔点与压力的关系相反[1—4]。本文在高温高压下进行含水低钾及钾质岩石的熔融实验结果表明,含水矿物金云母和角闪石的存在将使岩石熔点与压力的关系变得更为复杂。现将实验研究结果介绍如下。

1 样品及实验方法

实验的初始样品选用黑龙江省牡丹江地区的镜泊湖钾质碱性玄武岩(Hong−1)和秦

注:本文为国家自然科学基金资助项目(编号49070087)。
本文1994年10月收到,1995年4月改回,罗正华编辑。

岭地区的榴辉岩(Lui–3)。两种岩石的化学成分有较明显的差异，其中钾质玄武岩较之榴辉岩具有低的 SiO_2，TiO_2，CaO 和高的 Al_2O_3，MgO，K_2O 含量；且前者具有标准矿物橄榄石和霞石，后者有标准矿物石英。在岩石类型上它们分别属于橄榄碱性玄武岩和石英拉斑玄武岩。其岩石化学分析和标准矿物计算结果见表 1。

表 1　初始物质的化学分析和标准矿物计算结果

Table 1　Chemical analysis and CIPW norm of starting materials

氧化物	Hong–1	Lui–3	CIPW	Hong–1	Lui–3
SiO_2	44.49	48.17	Q	0	12.11
TiO_2	1.38	2.50	Or	9.57	1.30
Al_2O_3	19.49	16.10	Ab	9.98	19.46
Fe_2O_3	1.99	9.44	An	33.63	32.96
FeO	8.53	6.20	Ne	9.67	0
MnO	0.15	0.21	Di	8.58	13.43
CaO	8.91	10.26	Wo	0	0.29
MgO	8.92	2.50	Ol	21.83	0
Na_2O	3.29	2.30	Mt	2.89	13.42
K_2O	1.62	0.22	Il	2.62	4.75
H_2O	1.34	1.81	Hem	0	0.18
总计	100.11	99.71	总计	98.77	97.9

注：由中国科学院地球化学研究所分析 (Analyzed by Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences)。

实验在中国科学院地球化学研究所的 YJ–3000 型压力机(3 000t)的紧装式六面顶上进行。样品组装与侯谓等[5]的方法相同，即将样品粉碎至 200 目后装入内径为 12mm，高 16mm 的石墨管中，加入 1 滴水(约 2%)后两端用石墨圆片封住，然后放入作为传压介质的叶蜡石块中，其氧逸度由石墨缓冲剂控制。样品的加压及恒压由单板计算机自动控制，其误差在 0.01GPa 以内。样品加热由通过石墨管的电压和电流控制，其温度则用热电偶实测的加热电功率与温度曲线进行换算，误差在 5℃ 内。每次实验时的加温一般都分三段进行，每段加温的时间为 15min，共 45min，以先使固相物质转变为相应温压条件的矿物组合，而后在较高温度下发生熔融时，进行淬火冷却得到其熔融玻璃。

实验后的产物采用光学显微镜和粉晶 X 射线方法进行物相分析，融体成分用电子探针进行分析。岩石的部分熔融程度，由薄片中残余固相和熔融玻璃的相对面积进行估计。

2　实验结果

实验共做了 60 次，其实验条件及产物见表 2 和表 3。

由于初始实验样品颗粒极细小(约 200 目)，无法分出新形成矿物与原有矿物的差异，但从实验产物的薄片观察可以看到，实验产物中的未熔部分大都具有重结晶加大现象。其中在 2.5GPa 压力以下时，钾质玄武岩样品的固相产物已重结晶为斜长石和辉石–(闪

表 2 钾质玄武岩熔融实验条件及产物特征

Table 2 Run condition of potasium basalt and characteristics of products

实 验 号	压 力(GPa)	温 度(℃)	实 验 产 物
902	3.0	885	Cpx,Ga,Phl,少量 Mt
903	3.0	1 270	Gl
904	3.0	1 068	Cpx,Ga,Phl,少量 Mt
905	3.0	1 207	Gl,Cpx,少量 Mt
906	3.0	1 187	Gl,Cpx,少量 Mt
907	3.0	1 146	Cpx,Gl,Ga 少量 Mt
908	3.0	1 107	Cpx,Ga,Phl,少量 Mt
909	3.0	1 068	Cpx,Ga,Phl,少量 Mt
911	2.75	983	Cpx,Ga,Am,少量 Mt
912	3.5	1 130	Cpx,Ga,Phl,少量 Mt
913	3.5	1 253	Cpx,Gl,Ga,少量 Mt
914	3.5	1 170	Cpx,Ga,Phl,少量 Mt
915	2.5	1 205	Cpx,Ga,Gl,少量 Mt
916	2.5	1 184	Cpx,Ga,Am,Phl
917	2.0	1 217	Cpx,Gl,少量 Mt 和淬火 Am
918	2.0	1 145	Cpx,Gl,少量 Mt 和淬火 Am
919	2.0	1 102	Cpx,Gl,Pl,少量 Mt 和淬火 Am
920	1.5	1 053	Cpx,Gl,少量淬火 Am
921	1.5	1 016	Cpx,Gl,少量淬火 Am
922	1.5	945	Cpx,Pl,Gl,少量淬火 Am
923	1.5	844	Cpx,Am,Pl
924	1.5	910	Cpx,Am,Pl
925	1.5	945	Cpx,Am,Pl
926	2.0	1 068	Cpx,Pl,Am
927	2.0	1 145	Cpx,Gl,Pl,少量淬火 Am
928	2.0	1 106	Cpx,Gl,Pl,少量淬火 Am
929	2.5	1 125	Cpx,Gl,Ga,Phl,少量 Mt
1096	2.5	1 048	Cpx,Ga,Phl,少量 Mt
1097	2.5	1 011	Cpx,Ga,Phl,少量 Mt
1098	2.0	923	Cpx,Pl,Am
1099	1.0	803	Cpx,Pl,Am
1100	1.25	832	Cpx,Pl,Am
1101	1.75	906	Cpx,Pl,Am
1102	2.5	886	Cpx,Pl,Am
1103	1.5	779	Cpx,Pl,Am
1104	1.0	934	Cpx,Pl,Am

注: Gl: 熔融玻璃 (glass); Cpx: 单斜辉石 (clinopyroxene); Ga: 石榴石 (garnet); Phl: 金云母 (phlogopite); Am: 角闪石 (amphibole); Pl: 斜长石 (plagioclase); Mt: 磁铁矿 (magnetite)。

表3　榴辉岩熔融实验条件及产物特征

Table 3　Run condition of eclogite and characteristics of products

实验号	压力(GPa)	温度(℃)	实验产物
1006	2.0	1 205	Gl
1007	1.75	1 236	Gl
1008	2.25	1 215	Gl,Cpx
1009	2.5	1 165	Cpx,Ga
1010	2.75	1 200	Cpx,Ga,Am
1012	3.25	1 278	Cpx,Ga,Am
1013	3.5	1 274	Cpx,Ga,Am
1014	1.5	1 219	Gl
1015	3.0	1 270	Cpx,Gl,Ga
1016	1.5	1 079	Cpx,Pl,Gl,少量残余 Ga 和淬火 Am
1017	1.5	1 042	Cpx,Pl,Gl,
1018	2.5	1 173	Cpx,Ga,Gl
1019	2.25	1 119	Cpx,Pl,Gl
1020	2.25	1 035	Cpx,Ga,Am
1021	3.0	1 240	Cpx,Ga,Gl
1022	1.25	1 312	Gl
1023	1.0	681	Cpx,Ga,Pl,Am
1024	1.0	914	Cpx,Pl,Gl
1025	1.75	984	Cpx,Ga,Am
1026	2.5	1 217	Cpx,Gl,少量残留 Ga
1027	3.5	1 300	Cpx,Ga,Gl
1028	1.5	966	Cpx,Am,少量残留 Ga
1029	1.75	984	Cpx,Ga,Am
1101	3.0	1 270	Cpx,Gl,Ga

注：矿物代号同表2(symbols of minerals are the same as Table 2)。

石)，即形成辉长(闪)岩质岩石；而在2.5GPa以上时则形成辉石-(金云母)和石榴石，即变为榴辉(闪)岩质岩石。榴辉岩样品在2.0GPa以下压力的固相产物中，仍保留有少量石榴石，仅在玻璃中偶见斜长石，因此并没有完全转变为辉长岩。根据实验产物中熔融玻璃的相对比例(面积比)观察和测量，玄武岩样品熔融出的玻璃可分为两类，一是处于残余矿物颗粒之间的浅色富钾玻璃，其部分熔融程度较小(<5%)，电子探针分析结果表明其具有富SiO_2和K_2O、低Na_2O的特征，这种玻璃一般多出现在2.5GPa以上的实验产物中，反映了高压下金云母的分解并进入熔体中；二是呈大面积熔融状态存在的浅褐色富钠玻璃，其部分熔融程度较大(>10%)，并具有低SiO_2和K_2O，相对高Na_2O的特征，其在实验的各不同压力下都有出现。榴辉岩样品仅熔融出具有低SiO_2和K_2O，相对高Na_2O

的一种玻璃。表4列出了部分实验产物中玻璃的电子探针分析结果。根据残余固相产物的矿物组合，所有实验都能代表实际深部岩石的熔融条件，因此其淬火玻璃也代表了相应条件下岩石部分熔融作用产生的岩浆。

表4　榴辉岩和钾质玄武岩熔融实验产物中玻璃的电子探针分析

Table 4　Analysis of electron microprobe for the glasses in the products of eclogite and potassium basalt

实验样品		实验号	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	总计
榴辉岩		1007	54.90	2.79	17.59	9.93	0.00	4.56	1.02	1.48	0.08	92.35
榴辉岩		1011	53.61	1.84	17.15	12.75	0.11	4.72	1.16	0.52	0.05	91.91
榴辉岩		1015	56.33	1.65	18.99	9.95	0	3.39	0.64	2.06	0.2	93.21
榴辉岩		1016	55.96	1.90	19.66	9.73	0	3.83	0.93	2.09	0.11	94.21
榴辉岩		1018	58.37	1.72	18.92	8.19	0	2.59	0.46	1.52	0.11	91.88
钾质玄武岩	低钾玻璃	907	50.05	1.54	16.80	7.40	0.10	4.69	5.78	4.56	1.99	92.91
钾质玄武岩	低钾玻璃	916	53.07	1.33	18.18	8.69	0.18	4.88	3.19	4.67	1.44	95.63
钾质玄武岩	低钾玻璃	926	56.27	0.97	20.43	6.15	0	2.21	1.31	2.66	2.74	92.74
钾质玄武岩	低钾玻璃	929	54.93	1.29	17.42	4.56	0	5.36	5.21	2.75	1.80	93.32
钾质玄武岩	高钾玻璃	907	56.86	0.11	16.46	0.35	0.20	0.21	0	2.47	5.03	81.69
钾质玄武岩	高钾玻璃	911	61.85	0.52	20.07	2.67	0.06	0.99	0.32	1.23	3.47	91.18
钾质玄武岩	高钾玻璃	904	59.79	0.54	17.37	2.82	0	0.79	0.57	1.25	6.42	89.55
钾质玄武岩	高钾玻璃	913	65.06	0.48	19.95	0.99	0.06	0.49	0	1.40	3.97	92.4
钾质玄武岩	高钾玻璃	909	64.17	0.83	19.60	1.38	0	0.76	0.02	1.68	4.24	92.68

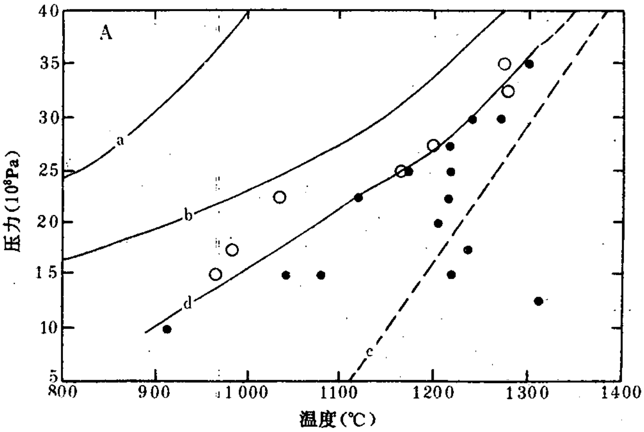
注：由中国科学院地球化学研究所分析(Analyzed by Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences)。

3　讨论

图1和图2分别是钾质玄武岩(Hong-1)和榴辉岩(Lui-1)样品的熔融相图。由图可以看出，在1.0GPa以上压力时，榴辉岩的熔点随着压力的增大而增高；钾质玄武岩仅在1.5—2.5GPa和大于3.0GPa时其熔点随着压力的增大而增高，而在2.5与3.0GPa之间的压力范围内的固相线存在着不连续，即表现出在该压力区间范围内，钾质玄武岩的熔点都随着压力的增大而明显降低。

已有的各种岩石的熔融实验资料表明，较高压力下(>1.5—2.0GPa)的岩石在含水时具有固相线平行于温度轴降低的趋势。本实验的钾质玄武岩和榴辉岩在成分上分别属于橄榄碱性玄武岩和石英拉斑玄武岩，它们与Ringwood[6]所研究的干体系同种类型玄武岩相比，熔点大约降低50—200℃，这与已有的研究成果是一致的。另外，Takahashi和Kushiro[2]曾进行过含钾橄榄岩的熔融实验，结果表明钾质橄榄岩与不含钾橄榄岩相比，固相线温度下降75—150℃。我们进行实验的钾质玄武岩和榴辉岩样品具相近的含水量(包括岩石中的水)，前者总体上具有比后者更低的固相线温度，这表明岩石中的钾可以起

到降低熔点温度的作用。



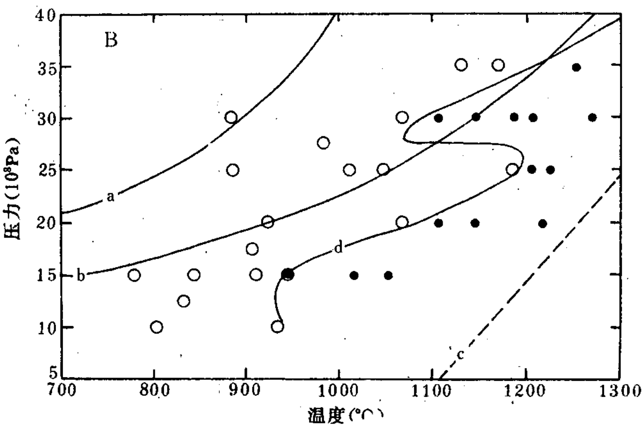


图 1　含水榴辉岩(A)和含水钾质玄武岩(B)的高压熔融相图

Fig.1　Melting phase diagram of eclogite (A) potassic basalt and (B) at high pressures

图中空心圆和实心圆分别代表岩石未熔融和熔融，a 和 b 分别为大洋的和大陆的地温线(据 Clark 和 Ringwood, 1964[7])，c 为干体系固相线(据 Ringwood, 1975[6])，d 为实验获得的岩石固相线，其下部为双圈点，即熔和未熔的两个点

Open and solid circles represent no melting and melting of rocks respectively. a and b are the geothermal gradients of ocean and continent (from Clark and Ringwood, 1964[7]) respectively, and c is the solidus of dry system (from Ringwood, 1975[6]) and d the solidus of rocks based on our experionment

然而，岩石体系中的水并不总是以自由流体相的形式存在，尤其是当水不饱和时，体系中自由水的存在与否，将受含水矿物的稳定性控制。即只有在一定压力条件下，含水矿物的脱水温度明显低于干体系岩石的熔点温度时，水才能大大降低岩石的固相线温度，而当含水矿物的脱水温度高于岩石的熔点温度时，则体系在含水矿物稳定区的温度范围内相当于无水体系。

大多数实验研究资料表明,含水矿物的脱水往往是岩石初熔的开始,除非又形成了另一种新的含水矿物。因此含水矿物的脱水曲线就构成了岩石固相线的一部分。Boettcher (1973)[8], Green (1973)[9]和 Millhollen 等(1974)[10]都曾讨论了岩石中存在角闪石时的熔融相图样式。其总的特征是在2.0GPa以下压力的角闪石稳定范围,岩石熔点明显高

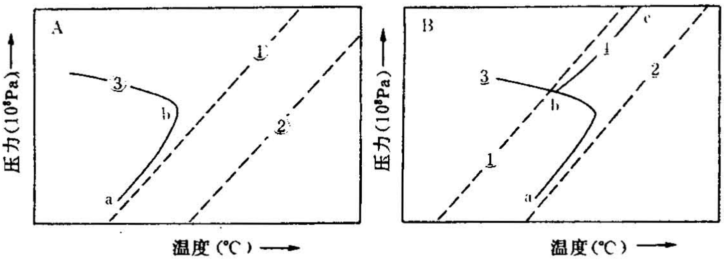


图2 含水矿物角闪石和金云母对榴辉岩(A)和钾质玄武岩(B)固相线的影响示意图

Fig.2 Diagram showing the influence of amphiboles and phlogopite on the solidus of eclogite (A) and potassic basalt (B)

图中直线①和②分别代表湿体系和干体系的固相线,曲线③和④分别为角闪石和金云母的脱水线,a,b,c,d,e为线段的位置。A图中角闪石脱水曲线位于湿固相线的左侧,体系的熔融由湿固相线确定;B图中角闪石脱水曲线的a–b段位于湿固相线的右侧,此压力范围内岩石的熔点由角闪石的脱水曲线确定,金云母的脱水曲线(b–c段)远远低于干固相线,此为较高压力的固相线

The straight lines ①and ②represent the solidi of wet and dry systems, and curves ③and ④ the dehydrous curves of amphibole and phlogopite respectively. In A, the dehydrous curve of amphibole lies at the left of the wet' solidus of the rock, and the melting of the rock is defined by the wet solidus of the rock. In B, the dehydrous curve (a–b) of amphibole, which defines the melting of the rock, lies at the right of the wet solidus of rock, whereas the dehydrous curve of phlogopite is for lower than the dry solidus of the rock, so it is the solidus of the rock at higher pressures

于其以上的压力(见 Millhollen 等[10]文中的图4)。他们的解释是在角闪石稳定上限以上的压力条件下,体系存在着自由水而降低了岩石的熔点。对比上述研究者获得的熔融相图,钾质玄武岩的实验结果与其很类似,仅高压下熔点降低的更多,而榴辉岩的熔融相图却不具有上述特征。我们对此的解释是:(1)含水榴辉岩实验产物中只形成了角闪石一种含水矿物,其角闪石脱水温度明显低于干体系的固相线温度。其结果是在各不同压力以及角闪石脱水温度以上的条件下都存在着自由水与岩石的反应,从而具有较之干体系更低的,且随着压力增大熔点温度增高的固相线。(2)含水钾质玄武岩的实验产物中,在2.5GPa以下压力主要为角闪石,2.5GPa以上为金云母。这两种矿物在不同的压力范围内并不都对岩石的固相线产生影响。在2.5GPa以下压力,角闪石具有高于湿体系固相线的脱水温度,因此在角闪石的稳定区范围内,可视为干体系(与角闪石平衡时的水逸度极低),其熔点由角闪石的脱水曲线或干体系的固相线确定。这取决于二者的温度高低。换句话说,如果角闪石脱水曲线的温度高于湿体系的固相线,则角闪石脱水曲线就是该压力范围的固相线,反之亦然。在2.5GPa以上的压力条件下,金云母的脱水温度明显低于干体系的固相线温度。因此,金云母的脱水曲线就构成了该压力范围固相线的一部分,并具有更低的熔点。以上所述均示于图3中。

由上述可以看出,了解含水条件下不同岩石的熔融温度和压力的关系,需要有关含水

矿物的脱水条件与其化学组成和体系总组成之间关系方面的资料。目前还无这方面的系统资料。然而从已有的资料仍可以看出，由不同岩石熔融实验获得的角闪石和金云母的稳定条件均有明显的不同。如 Modreski 等[11]所综述的，角闪石稳定的压力上限可以从约 2.1GPa 到 3.0GPa，温度可以从 1 000℃ 变化到 1 100℃；金云母稳定的温压范围上限可以分别变化于约 6.5—7.0GPa 和 1 350—1 550℃。最近的一些资料表明其变化范围更大。可惜的是这些实验资料均没有金云母和角闪石的成分数据。这里我们仅能从实验的初始样品成分特征进行分析。

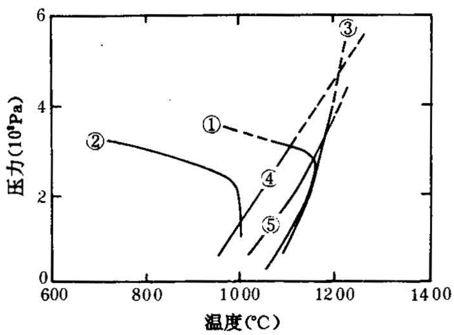


图 3　不同组成体系的角闪石和金云母脱水曲线对比图

Fig.3　Comparison of the dehydrous curves of amphibole and phlogopite in the different composition system

图中曲线①和②分别是地幔岩[9]和玄武岩[12]中角闪石的脱水曲线，曲线③，④和⑤分别是 50%金云母−50%透辉石[13]，60%金云母−40%刚玉[13]和 50%金云母−50%顽火辉石[11]体系的金云母脱水曲线

Curves ①and ②are the dehydrous curves of amphibole in pyrolite[9]and basalt[12], and ③, ④, ⑤phlogopite in systems: 50% phlogopite −50% diopsite[13], 60% phlogopite −40% corundum[13]and 50% phlogopite −50% enstatite[11]respectively

图 3 中的曲线①和②分别是地幔岩[9]和玄武岩体系[12]中角闪石的脱水曲线。从二者的总成分特征上看，显然前者具有相对低的 SiO_2, Al_2O_3, CaO 和高的 MgO。本实验的钾质玄武岩相对于榴辉岩，具有较高的角闪石脱水温度。在岩石成分上前者具有相对低的 SiO_2, Al_2O_3, CaO 和高的 MgO 含量，这与文献中地幔岩和玄武岩的差异一致。图中曲线③，④和⑤的体系总组成分别是：(1) 50%金云母−50%透辉石[13]；(2) 60%金云母−40%刚玉[13]；(3) 50%金云母−50%顽火辉石[11]。显然，体系 (1) 比 (2) 高 CaO, SiO_2 和低 Al_2O_3 组分，而前者的金云母具有较高的脱水温度；体系 (3) 与 (1) 相比具有高的 MgO 而无 CaO 组分，在脱水温度曲线特征上，前者的金云母脱水温度曲线较之后者具有稍大些的温度对压力的斜率。由此可以看出，岩石中高 Al_2O_3 低 SiO_2 和 CaO 易使体系中的金云母稳定区缩小，其中 CaO 含量的降低又可以使其脱水曲线的温度对压力的斜率有所增大，并造成在高压下岩石存在自由水相而降低岩石的熔点。虽然以上分析仅仅是定性的，但是却可以很好地解释含水钾质玄武岩在 3.0GPa 以上压力下，反而具有比较低压力下更低的熔点。

Ringwood[6]曾提出地幔中含有 0.1%的水即可以造成石榴石地幔岩的部分熔融，从

而产生地幔中的低速带。本实验研究的结果证明地幔中的水应该是以含水矿物的形式保存着的。从以上含水富钾玄武岩的熔融相图也可以很容易地看出，在2.5GPa以上压力，大洋地温增温曲线正好通过熔融相图的熔融区。这可以很好地解释岩石圈深部岩石的部分熔融作用和地震波低速带的成因，同时也表明地幔低速带及其上下区域的岩石中存在着金云母和角闪石或其它含水矿物。

4 结论

由钾质玄武岩和榴辉岩的熔融实验可以得出以下认识：

(1) 榴辉岩和钾质玄武岩在含水条件下的高压熔融实验结果是二者具有不同的固相线特征。即前者是随着压力增大熔点增高；后者则是在1.5—2.5GPa和大于3.0GPa压力时其熔点随着压力的增大而增高，在2.5—3.0GPa压力范围内则存在着不连续。

(2) 榴辉岩与钾质玄武岩固相线的差异原因是：榴辉岩中只有一种含水矿物角闪石，且其脱水温度低于体系的湿固相线，因此其固相线与湿固相线一致；而钾质玄武岩在2.5GPa以下和以上压力下分别存在着角闪石和金云母，二者矿物特定的成分决定了角闪石具有明显高于湿固相线的脱水温度，金云母则具有接近于湿固相线的脱水温度，结果造成湿固相线附近在较高压力下为含水体系，而在较低压力下反而是“干”体系。

(3) 角闪石和金云母的脱水温度与其成分和体系的总组成有关。根据已有的实验资料分析，体系中低SiO_2，Al_2O_3，CaO和高MgO，其角闪石具有较高的脱水温度；体系中低CaO，SiO_2和高Al_2O_3组分，金云母则具有低的脱水温度。这些特征与地幔岩的成分很类似，因此可以较好地解释地幔岩石的部分熔融及其存在的地震波低速带。

参考文献

1 Draper D S, Johnston A D. Anhydrous PT phase relations of an Aleutian high-MgO basalt: an investigation of the role of olivine-liquid reaction in the generation of arc high alumina basalts. Contrib. Mineral. Petrol., 1992, 112: 501—519.

2 Takahashi E, Kushiro I. Melting of a dry peridotite at high pressures and basalt magma genesis. American Mineralogist, 1983, 68: 859—879.

3 Hirose K, Kushiro I. Partial melting of dry peridotites at high pressures: Determination of compositions of melts segregated from peridotite using aggregates of diamond. Earth. Planet. Sci. Lett., 1993, 114: 477—489.

4 Stern C R, Wyllie P J. Melting relations of basalt-andesite-rhyolite-H_2O and a pelagic red clay at 30 kb. Contrib. Miner. Petrol., 1973, 42: 313—323.

5 侯谓，王道德，谢鸿森，王明再. 肇东陨石高压加热-熔融实验研究. 岩石学报，1987, No.2 1—8.

6 Ringwood A E. Composition and petrology of the earth's mantle. McGraw-Hill, New York, 1975.

7 Clark S P, Ringwood A E. Density distribution and constitution of the mantle. Review in Geophysics, 1964, 2: 35—88

8 Boettcher A L. Volcanism and orogenic belts-the origin of andesites. Tectonophysics, 1993, 17: 223—240.

9 Green D H. Gontrasted melting relations in a pyrolite upper mantle under midoceanic ridge, stable crust and island arc environments. tectonophysics, 1973, 17: 285—297.

10 Millhollen G L, Irving A J, Wylli P J. Melting interval of peridotite with 5.7 percent water to 30 kilobars. Geology, 1974, 82: 575—587.

11 Modreski P J, Boettcher A L. The stability of phlogopite +Enstatite at high pressure: A model for micas in the interior of the Earth. Am. J. Sci., 1972, 272: 852—869.

12 Lambert I B, Wylli P J. Melting of gabbro (quartz eclogite) with excess water to 35 kilobars with geological application. J. Geol., 1972, 80: 693—720.

13 Modreski P J, Boettcher A L. Phase relationships of phlogopite in the system K_2O–MgO–CaO–Al_2O_3–SiO_2–H_2O to 35 kilobars: a better model for micas in the interior of the Earth. Am. J. Sci., 1973, 273: 385—414.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE INFLUENCE OF HYDROUS MINERALS ON THE MELTING BEHAVIOUS OF ROCKS AT HIGH TEMPERATURES AND PRESSURES

Zheng Haifei

(Department of Geology, Peking University, Beijing)

Xie Hongsen, Xu Yousheng, Song Maoshuang, Zhang Yueming, Wang Mingzai and Xu Huigang

(Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang)

Abstract

The experimental study on the melting of potassic basalt and eclogite with about 2% water at 800—1 300℃ and 1.0—3.5 GPa shows that the solidi of both rocks are significantly lower than those obtained from the previous experiments of the same type of rocks under dry conditions, and the former which is rich in potassium has a melting point lower than that of the latter. It is consistent with previous study. The melting temperature of eclogite increases with pressure, whereas potassic basalt has the similar property only at 1.5—2.5GPa and > 3.0GPa, and at 2.5—3.0GPa the melting temperature decreases with pressure. This can be explained as follows: (1) eclogite only has one hydrous mineral amphibole and the dehydous temperature is lower than the wet solidus of the rock; (2) amphibole and phlogopite exist in the potassic basalt at lower and higher than 2.5GPa respectively, and the special compositions of both define that amphibole has a dehydration temperature higher than (or close to) that of the wet solidus of the rocks, while phlogopite has a dehydration temperature lower that of the wet solidus; on the other hand the features of the continuous solidus in the experiment of hydrous eclogite were produced by the fact that the dehydration temperature of its amphibole lower than or close to the melting temperature of the hydrous conditions. So the melting temperature lowered at higher pressures. Therefore the composition of the rocks in the lithosphere and the types of hydrous minerals and their stable P–T conditions are the important factors controlling the solidi of rocks. It can quite well explain the partial melting of rocks and the origin of the low–velocity zone in the deep lithosphere.

Key words: high-T and high-P, hydrous mineral, melting point of rock, experimental condition

作 者 简 介

郑海飞，生于 1952 年 3 月，1977 年毕业于河北地质学院地质系，1988 年和 1991 年于中国地质大学(武汉)硕士和博士研究生毕业，获地球化学理学博士学位，1992—1994 年在中国科学院地球化学研究所从事博士后研究工作，现任北京大学地质学系副教授，中国科学院地球化学研究所客座研究员。近年来主要从事区域地球化学和实验地球化学研究。通讯处：北京大学地质学系地球化学教研室，邮政编码：100871。