维普资讯 http://www.cqvip.com

第15卷第1期 地学工程进展 Vol.15 No.1
1998年3月 ADVANCE IN EARTH SCIENCE ENGINEERING Mar.,1998

1990—1996年标度的矿物与微量元素温压计(续)

吴春明 黄志全
(中国科学院地质研究所,北京 100029)

Ballhaus 等(1991)通过实验研究了人工合成尖晶石铁橄榄岩、二辉橄榄岩的相平衡,得出半经验氧逸度压力计为[24]:

$$\Delta\log(f_{O_2})_{PT}^{FMQ}=0.27+2,505/T(K)-400P(GPa)/T-6\log(X_{Fe}^{ol})-3,200*(1-X_{Fe}^{ol})^2/T+2\log(X_{Fe^{2+}}^{sp_5})+4\log(X_{Fe^{3+}}^{sp_5})+2,630(X_{Al}^{sp})^2/T$$

其中,$X_{Fe^{2+}}^{sp_5}=Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$,$X_{Fe^{3+}}^{sp_5}=Fe^{3+}/\Sigma R^{3+}$,$X_{Al}^{sp}=Al/\Sigma R^{3+}$,$X_{Fe}^{ol}=Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$。T=1,040—1,300℃、P=0.3—2.7GPa,适用于地幔岩来源或者地幔岩衍生的所有成分的尖晶石。温度低至800℃时仍可给出合理的P值。

16.3 Woodland 等(1992)氧逸度温压计

Woodland 等(1992)研究了24个橄榄岩地体中二辉橄榄岩的氧逸度,根据67组分析数据,得出温压计为[25]:

$$\log(f_{O_2})_{PT}=\log(f_{O_2}^{FMQ})_{PT}+220/T(K)+0.35-0.0369P(bar)/T-6\log aFe_2SiO_4+3\log aFe_2Si_2O_6+2\log aFe_3O_4$$

其中,$aFe_2SiO_4=X_{Fe}^2\exp(1,006X_{Mg}^v/T)$,$aFe_2Si_2O_6=X_{Fe}^{M1}X_{Fe}^{M2}$,$\log aFe_3O_4=\log[(Fe^{v+})(Fe^{3+}/4)]+1/T[406(Al)^2+653(Mg)(Al)+299(Cr)^2+199(Al)(Cr)+346(Mg)(Cr)]$。$\log(f^{FMQ}O_2)_{PT}$,见 Ballhaus 等(1991)[24],括号内为相应矿物相结构式中离子数。

16.4 斜方辉石-橄榄石-尖晶石氧逸度温度计

Lonov 等(1992)分析了采自蒙古、西伯利亚4个地方48件地幔包体的氧逸度,得出氧逸度温度计为[26]:

$$\log(f_{O_2})_{PT}=\log(f_{O_2})_{FMQ}+220/T(K)+0.35-0.0369P(bar)/T-121.0\log X_{Fe}^{ol}-2,620(X_{Mg}^{ol})^2/T+3\log(X_{Fe}^{M1}X_{Fe}^{M2})opx+2\log a_{Fe_3O_4}^{sp}$$

其中,X_{Fe}^{ol}是橄榄石中铁橄榄石分子摩尔分数,X_{Fe}^{M1}、X_{Fe}^{M2}表示斜方辉石M1、M2位上Fe原子数。$\log a_{Fe_3O_4}=\log[0.25Fe^{2+}(Fe^{3+})^2]+[406(Al)^2+653(Mg)(Al)+299(Cr)^2+199(Al)(Cr)+346(Mg)(Cr)]/T$、括号中的项是以4个氧为基的尖晶石中的相应离子数。$\log(f_{O_2})_{FMQ}$参见

收稿日期:1997—05—29
作者简介:吴春明,男,1967年生,博士研究生,构造地质学专业。

维普资讯 http://www.cqvip.com

Ballhaus 等(1991)[24]。

16.5 Luth 等(1993)氧逸度温度计

Luth 等(1993)根据 8 件尖晶石二辉橄榄岩包体中共生的斜方辉石和单斜辉石的 Fe^{3+} 分析数据，以及如下 3 个相平衡方程[27]：

$$4CaFe^{3+}AlSiO_6+3Fe_2Si_2O_6=2CaAl_2SiO_6+2CaFeSi_2O_6+4Fe_2SiO_4+O_2 \quad (2)$$

opx opx opx opx ol

$$4NaFe^{3+}Si_2O_6+2CaAl_2SiO_6+3Fe_2Si_2O_6=4NaAlSi_2O_6+4Fe_2SiO_4+2CaFeSi_2O_6+O_2 \quad (3)$$

opx opx opx opx ol opx

$$4CaFe^{3+}AlSiO_6+3Mg_2Si_2O_6=2CaAl_2SiO_6+2CaMgSi_2O_6+2Mg_2SiO_4+2Fe_2SiO_4+O_2 \quad (4)$$

opx opx opx opx ol ol

得出 3 个氧逸度温度计为：

$$\log f_{O_2}(R2)-\log f_{O_2}(FMQ)=2.9699-0.00827P(Kbar)-(1,443.20+5.20P-0.21P^2)/T(K)+1.9*10^6/T^2+4.0\log a^{cpx}_{CaFeAlSiO_6}+3.0\log a^{cpx}_{Fe_2Si_2O_6}-2.0\log a^{cpx}_{CaAl_2SiO_6}-2.0\log a^{cpx}_{CaFeSi_2O_6}-4.0\log a^{ol}_{Fe_2SiO_4}$$

$$\log f_{O_2}(R3)-\log f_{O_2}(FMQ)=5,519.84/T(K)+(33.20/T-0.0096)P(Kbar)-1.207+4\log a^{cpx}_{NaFeAlSi_2O_6}+2\log a^{cpx}_{CaAl_2SiO_6}+3\log a^{opx}_{Fe_2Si_2O_6}-4\log a^{cpx}_{NaAlSi_2O_6}-2\log a^{cpx}_{CaFeSi_2O_6}-4\log a^{ol}_{Fe_2SiO_4}$$

$$\log f_{O_2}(R4)-\log f_{O_2}(FMQ)=-0.07024-0.01509P(Kbar)+(4,065.44-8.35P+0.25P^2)/T(K)-1.1455*10^6/T^2+4\log a^{cpx}_{CaFeAlSiO_6}+3\log a^{opx}_{Mg_2Si_2O_6}-2\log a^{cpx}_{CaAl_2SiO_6}-2\log a^{cpx}_{CaMgSi_2O_6}-2\log a^{ol}_{Mg_2SiO_4}-2\log a^{ol}_{Fe_2SiO_4}$$

活度模型：$a^{ol}_{Fe_2SiO_4}=X^2_{Fe}*\exp(1,006X^2_{Mg}/T)$，$a^{ol}_{Mg_2SiO_4}=X^2_{Mg}*\exp(1,006X^2_{Fe}/T)$

$$a^{opx}_{Fe_2Si_2O_6}=X^{M2}_{Fe}X^{M1}_{Fe}(X^T_{Si})^2,\ a^{opx}_{Mg_2Si_2O_6}=X^{M2}_{Mg}X^{M1}_{Mg}(X^T_{Si})^2$$

$$a_{CaMgSi_2O_6}=X^{M2}_{Ca}X^{M2}_{Mg}(X^T_{Si})^2,\ a_{CaFe^{3+}AlSiO_6}=0.25X^{M2}_{Ca}X^{M1}_{Fe^{3+}}X^T_{Al}X^T_{Si}$$

$aNaAl_2O_6=X^{M2}_{Na}X^{M1}_{Al}(X^T_{Si})^2$，其它类推。Al，Ti，Cr，$Fe^{3+}$ 进入 M1 位，Ca，Na，Mn 进入 M2 位，Fe^{2+} 与 Mg 平分进入 M1、M2 位。$\log(f_{O_2})^{FMQ}$ 见 Ballhaus 等(1991)[24]。

其中，斜方辉石 $X_{Fe^{3+}}=0.04-0.14$，单斜辉石 $X_{Fe^{3+}}=0.12-0.24$。以上温度计应相互一致。

17 橄榄石-石英-氧化物、斜方辉石-石英-氧化物温度计

Chiorso 等(1991)研究了扩展的 Fe^{2+}-Fe^{3+}-Mg-Mn-Ti 立方体菱形六面体氧化物固溶体模型，得出了适用于(>600 C)含两种氧化物组合(如橄榄石－石英－氧化物、斜方辉石－石英－氧化物)的中至酸性火山岩类的温度计。由于该温度计计算复杂，作者编制有 FORTRAN 计算程序(约 2,000 行)，用于 PC 兼容机，可向感兴趣的读者提供[28]。作者电子邮件地址是 ghiorso@u. washington. edu。

18 多硅白云母单矿物压力计

Waters 等(1993)用 Holland & Powell(1990)热力学数据库相关数据，推导出多硅白云母单矿物压力计为[29]：

$$P(Kbar)=26.9-0.0159T(K)-0.00249T(K)\ln K_D$$

其中，$\ln K_D=6\ln a_{di}-\ln a_{pyr}-2\ln a_{grs}+3\ln a_{mvphe}$，$a_{mvphe}=(X_{Al(M1)})(X_{Al(T1)})/[(X_{Mg(M1)})(X_{Si(T1)})]$，$X_{Al(T1)}=(4-Si)$，$X_{Si(T1)}=(Si-2)$。假设多硅白云母 M6 位上 Mg，Al 为理想混合，T1[4]位上 Si，Al 为理

维普资讯 http://www.cqvip.com

想混合。

19　角闪石 Al 含量单矿物压力计

Schmidt(1992)发现岩浆成因的角闪石中铝含量与岩浆结晶压力呈线性关系,得出压力计为[30]:

$$P(\pm 0.6\text{Kbar}) = -3.01 + 4.76Al^{\Sigma}_{hb} \qquad (r^2 = 0.99)$$

适用于 2.5－13Kbar、700－655℃的饱水英云闪长岩。

20　基性单斜辉石单矿物压力计

20.1　Molin 等(1991)普通辉石单矿物温度计

Molin 等(1991)通过实验实现了 Vulcano Island 基性岩墙中普通辉石 670－1180℃范围内的平衡[31]。实验表明,普通辉石内 M1、M2 位上 Mg、Fe^{2+} 的分配与温度有关,据此标度出温度计如下:

$$T(K) = 1,188(5.465R^{3+} + 7.324Ca - 3.039)/[-\ln Kd + 1.432(4.032R^{3+} + 5.383Ca - 3.767)]$$

其中,$R^{3+} = Al^{VI} + Fe^{3+} + Cr + Ti^{4+}$,$Kd = Fe(M1)Mg(M2)/[Fe(M2)Mg(M1)]$。

该温度计可用于计算基性熔岩的封闭温度。

20.2　Nimis(1995)基性单斜辉石单矿物压力计

Nimis(1995)发现,基性单斜辉石晶体化学成分与岩浆压力有关,据此得出单斜辉石压力计为[32]:

$$P(\pm 2\text{Kbar}) = 698.443 + 4.985Al_{T1} - 26.826Fe^{2+}_{M1} - 3.764Fe^{3+} + 53.989Al_{M1} + 3.948Ti + 14.651Cr - 700.431Ca - 666.629Na - 682.848Mg_{M2} - 691.138Fe^{2+}_{M2} - 688.384Mn - 6.267(Mg_{M2})^2 - 4.144(Fe^{2+}_{M2})$$

公式中离子数为单斜辉石结构式中对应的离子数,该压力计适用于不含石榴石的基性熔体中结晶的单斜辉石(高铝玄武岩例外),适用范围为 0－24Kbar。

21　Brey 等(1990)斜方辉石 Ca 溶解度单矿物温度计

Brey 等(1990)在 10－60Kbar/900－1,400℃条件下,对二辉橄榄岩作了逆转反应实验,得出温度计为[4]:$T_{Ca-opx}(K) = [6,425 + 26.4P(\text{Kbar})]/(-\ln Ca^{opx} + 1.843)$

CMS 体系中误差±26℃(1σ),天然体系中误差±19℃(1σ)。

22　Witt－Eickschen 等(1991)斜方辉石 Cr-Al 单矿物温度计

Witt－Eickschen 等(1991)研究了德国 Rhenish 火山区 100 多个尖晶石橄榄岩样品,发现斜方辉石内 M1 位上 Cr、Al 原子数与温度有线性相关关系。据此得出温度计为[33]:

$$T(℃) = 636.54 + 2,088.21X^{M1}_{Al} + 14,527.32X^{M1}_{Cr}$$

该温度计误差为±15℃,适用于含尖晶石、斜方辉石、橄榄石的地幔橄榄岩。适用范围:

$$X^{M1}_{Al} = 0.03 - 0.125, X^{M1}_{Cr} = 0.007 - 0.024。$$

23　绿泥石单矿物温度计

Xie 等(1997)对 Barber 绿岩带内的绿片岩相变质火山岩中的三八面体绿泥石作了详细分析,得出温度计为[34]:

$$T(K) = 321.98\{Al^{IV} + 1.33[0.31 - Fe/(Fe+Mg)]\} - 61.92 \qquad (Fe/Fe+Mg < 0.31)$$

$$T(K) = 321.98\{Al^{IV} - 1.33[Fe/(Fe+Mg) - 0.31]\} - 61.92 \qquad (Fe/Fe+Mg > 0.31)$$

维普资讯 http://www.cqvip.com

适用范围：T<500℃。

24 石墨 C_0 值单矿物温度计

Luque 等(1993)指出，石墨 C_0 值与温度有关，并且这种温度不受压力、退变质的影响。得出温度计为[35]：

$T(℃)=1.0355[C_0(A°)-6.7278]+500$ (T>500℃)

$T(℃)=1.4281[C_0(A°)-6.7278]+500$ (T<500℃)

在T>500℃时效果较好。

25 镍黄铁矿单矿物温压计

Tsukimura 等(1992)用不规则弥散辐射方法研究了人工合成镍黄铁矿【$(Fe,Ni)_9S_8$】晶体八面体和四面体上的离子分配，得出温压计为[36]：

$$\ln K=2.47+8.20*10^2/T(K)+8.41*10^{-7}P(Pa)/T。$$

其中 $K=(Fe/Ni)^{八面体}/(Fe/Ni)^{四面体}$，实验条件 T=433−723K/P≤4GPa。

26 熔岩温度计

Wallace 等(1992)对天然基性玻璃的研究说明，熔岩喷发前的温度与熔岩中 MgO 和 Al_2O_3 的含量有关。对47个淬火实验数据的回归分析得出熔岩喷出前的温度为[37]：

$T(\pm 9℃)=1,348X_{MgO}+1,069X_{Al_2O_3}+935.1$ (适用范围1,260−1,050℃)。

其中X指相应组分摩尔分数。

27 橄榄石－熔体温压计

Agee 等(1990)通过实验研究了橄榄岩－熔体之间化学组分的分配，发现分配系数与橄榄岩结晶的温度和压力有关，对24件样品的研究得出温压计为[38]：

$\ln D_{Al_2O_3}=0.082P(GPa)-82,901/T(K)$ (R=0.98) (T=1,300−1,960℃，P=1bar−6GPa)

$\ln D_{Cr_2O_3}=-5.353+0.117P(GPa)+82,401/T(K)$ (R=0.884) (T=1,300−1,960℃，P=0−6GPa)

$\ln D_{MnO}=-4.220+0.083P(GPa)+66,301/T(K)$ (R=0.949) (T=1,300−1,960℃，P=0−6GPa)

$\ln D_{CaO}=-1.744+0.030P(GPa)+0.037SiO_2(wt\%，熔体)$ (R=0.895) (T=1,300−1,960℃，P=0−6GPa)

$\ln D_{NiO}=-6.66+1.080/T(K)+0.04SiO_2(wt\%，熔体)$ (R=0.898) (T=1,300−1,960℃，P=0−6GPa)

其中，$D_i=C_i^{橄榄石}/C_i^{熔体}$ 表示平衡的橄榄石－熔体之间组分i的比值，以上温压计可互相对照。适用于超基性岩熔体。

28 KCl 溶解度温度计

Chou 等(1992)通过实验得出 KCl 溶解度温度计为[39]：

KCl(wt%)(重量百分比)(±0.2)=12.19+0.1557T(℃)−5.4071*$10^{-5}T^2$

实验条件：P=2Kbar，T=400−770℃。

Sack & Ghiroso(1994abc)对辉石固溶体模型[40]、Holdaway 等(1993)对 Fe^{3+} 的影响[41]、

维普资讯 http://www.cqvip.com

Triboulet(1992)对泥质岩含水体系水的影响[42]、以及 Schumacher(1991)[43]、Carswell(1991)[5]、Faulhaber 等(1991)[44]、Crowley(1991)[45]、Luth 等(1990)[46]对 Al、Fe^{3+}对活度的影响、Princivalle(1991)[47]对橄榄石中 Mg－Fe^{2+}分配的影响等都有深入的论述。此外,Aranovich 等(1995)[48]、Gordon 等(1994)[49]对温压计也有较深入的讨论。

附录 1:Fe-Mg-Mn-Ca　石榴石活度计算方法[13]

$$a_{Gros}=(X_{Gros}\cdot\gamma_{Gros})^3 \tag{1}$$

$$a_{Pyr}=(X_{Pyr}\cdot\gamma_{Pyr})^3 \tag{2}$$

$$a_{Alm}=(X_{Alm}\cdot\gamma_{Alm})^3 \tag{3}$$

$$a_{Sps}=(X_{Sps}\cdot\gamma_{Sps})^3 \tag{4}$$

$$\begin{aligned}3RT\ln\gamma_{Gros}=&W_{112}(2X_1X_2-2X_1^2X_2)+W_{122}(X_2^2-2X_1X_2^2)+W_{113}(2X_1X_3-2X_1^2X_3)+W_{133}(X_3^2-\\&2X_1X_3^2)+W_{114}(2X_1X_4-2X_1^2X_4)+W_{144}(X_4^2-2X_1X_4^2)+W_{223}(-2X_2^2X_3)+W_{233}(-\\&2X_2X_3^2)+W_{224}(-2X_2^2X_4)+W_{244}(-2X_2X_4^2)+W_{334}(-2X_3^2X_4)+W_{344}(-2X_3X_4^2)+\\&W_{123}(X_2X_3-2X_1X_2X_3)+W_{124}(X_2X_4-2X_1X_2X_4)+W_{134}(X_3X_4-2X_1X_3X_4)+W_{234}\\&(-2X_2X_3X_4)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}3RT\ln\gamma_{Pyr}=&W_{112}(X_1^2-2X_1^2X_2)+W_{122}(2X_1X_2-2X_1X_2^2)+W_{113}(-2X_1^2X_3)+W_{133}(-2X_1X_3^2)+\\&W_{114}(-2X_1^2X_4)+W_{144}(-2X_1X_4^2)+W_{223}(2X_2X_3-2X_2^2X_3)+W_{233}(X_3^2-2X_2X_3^2)+\\&W_{224}(2X_2X_4-2X_2^2X_4)+W_{244}(X_4^2-2X_2X_4^2)+W_{334}(-2X_3^2X_4)+W_{344}(-2X_3X_4^2)+\\&W_{123}(X_1X_3-2X_1X_2X_3)+W_{124}(X_1X_4-2X_1X_2X_4)+W_{134}(-2X_1X_3X_4)+W_{234}(X_3X_4\\&-2X_2X_3X_4)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}3RT\ln\gamma_{Alm}=&W_{112}(-2X_1^2X_2)+W_{122}(-2X_1X_2^2)+W_{113}(X_1^2-2X_1^2X_3)+W_{133}(2X_1X_3-2X_1X_3^2)+\\&W_{114}(-2X_1^2X_4)+W_{144}(-2X_1X_4^2)+W_{223}(X_2^2-2X_2^2X_3)+W_{233}(2X_2X_3-2X_2X_3^2)+\\&W_{224}(-2X_2^2X_4)+W_{244}(-2X_2X_4^2)+W_{334}(2X_3X_4-2X_3^2X_4)+W_{344}(X_4^2-2X_3X_4^2)+\\&W_{123}(X_1X_2-2X_1X_2X_3)+W_{124}(-2X_1X_2X_4)+W_{134}(X_1X_4-2X_1X_3X_4)+W_{234}(X_2X_4\\&-2X_2X_3X_4)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}3RT\ln\gamma_{sps}=&W_{112}(-2X_1^2X_2)+W_{122}(-2X_1X_2^2)+W_{113}(-2X_1^2X_3)+W_{133}(-2X_1X_3^2)+W_{114}(X_1^2-\\&2X_1^2X_4)+W_{144}(2X_1X_4-2X_1X_4^2)+W_{223}(-2X_2^2X_3)+W_{233}(-2X_2X_3^2)+W_{224}(X_2^2-\\&2X_2^2X_4)+W_{244}(2X_2X_4-2X_2X_4^2)+W_{334}(X_3^2-2X_3^2X_4)+W_{344}(2X_3X_4-2X_3X_4^2)+W_{123}\\&(-2X_1X_2X_3)+W_{124}(X_1X_2-2X_1X_2X_4)+W_{134}(X_1X_3-2X_1X_3X_4)+W_{234}(X_2X_3-\\&2X_2X_3X_4)\end{aligned}$$

其中,各 $W=W_H-TWS+(P-1)W_V$,各项参数见附表。

附录 2:云母-石榴石-斜长石活度及相关组分摩尔分数[21]:

云母类:

$X_{cel}=4X_{Mg}^{M}X_{Al}^{M}$, $X_{sid}=6.75(X_{Fe}^{bio})^2X_{Al}^{bio}$, $X_{mus}=(X_{Al}^{M})^2$,

$X_{phl}=(X_{Mg}^{bio})^3$, $X_{eas}=6.75(X_{Mg}^{bio})^2X_{Al}^{bio}$, $X_{ann}=(X_{Fe}^{bio})^3$,

维普资讯 http://www.cqvip.com

附表

参数	W_H(J/mol)	Ws[(J/(mol·K)]	Wv(J/Pa)×10^{-5}
112	21,560	18.79	0.100
122	69,200	18.79	0.100
113	20,320	5.08	0.170
133	2,620	5.08	0.090
223	230		0.010
233	3,720		0.060
123	58,825	23.87	0.265
124	45,424	18.79	0.100
134	11,470	5.08	0.130
234	1,975		0.035

注：1=gros；2=pyr；3=alm；4=sps

其中，$X^{M}_{Mg}=Mg/2$，$X^{M}_{Al}=(Al+Si-4)/2$，$X^{Bio}_{Mg}=Mg/3$，$X^{Bio}_{Al}=(Al+Si-4)/3$，$X^{Bio}_{Fe}=Fe/3$，

石榴石：

$$a_{pyr}=\{X_{pyr}\exp[(13,809-6.28T)(X^2_{gros}+X_{alm}X_{gros}+X_{gros}X_{sp})/(RT)]\}^3$$

$$a_{alm}=\{X_{alm}\exp[(6.28T-13,809)X_{pyr}X_{gros}/(RT)]\}^3$$

$$a_{gros}=\{X_{gros}\exp[(13,809-6.28T)(X^2_{pyr}+X_{alm}X_{pyr}+X_{pyr}X_{sp})/(RT)]\}^3$$

$$V_{gros}(J/bar)=0.1[V_{alm}X_{alm}/(X_{alm}+X_{pyr})+V_{pyr}X_{pyr}/(X_{alm}+X_{pyr})]$$

$$\Delta V_{gros}(J/bar)=V_{gros}-12.53$$

其中，$V_{alm}=125.24+1.482(1-X_{gros})^2-0.48[1+Z_1(1-X_{gros})/0.066\exp(-0.5Z_1^2)]$

$V_{pyr}=125.24+0.512(1-X_{gros})^2-0.418[1+Z_2(1-X_{gros})/0.083\exp(-0.5Z_2^2)]$

$Z_1=(0.086-X_{gros})/0.066$，$Z_2=(0.06-X_{gros})/0.083$，$X_{pyr}=Mg/(Mg+Fe^{2+}+Mn+Ca)$

$X_{alm}=Fe^{2+}/(Mg+Fe^{2+}+Mn+Ca)$，$X_{gros}=Ca/(Mg+Fe^{2+}+Mn+Ca)$

$X_{sp}=Mn/(Mg+Fe^{2+}+Mn+Ca)$

斜长石：

$X_{an}=Ca/(Ca+Na+K)$

$$a_{an}=0.25X_{an}(1+X_{an})^2\exp[(1-X_{an})^2(8,578+39,300X_{an})/(RT)]$$

参 考 文 献

1 Kohn MJ，Spear FS，Am Mineral.1990.(75)：89－96

2 Perchuk LL.Lavrent'yeva IV，Intl Geol Rev.1990.(32)：486－507

3 Ganguly J，Cheng W.Tirone M.Contrib Mineral Petrol，1996.(126)：137－151

4 Brey GP.Kohler T.JPetrol.1990.(31)：1353－1378

5 Carswell DA.Mineral Mag.1991.(55)：19－31

6 Bhattacharya A.Krishnakumar KR.Rath M，Sen SK.J Petrol.1991.(32)：629－656

维普资讯 http://www.cqvip.com

7 Slavinskiy VV.Intl Geol Rev,1993,(35):48—58

8 Oven JV,Greenough JD,Nova Scotia,Canada. Lithos,1991,(26):317—332

9 Kohler TB,Brey GP,Geochim Cosmochim Acta,1990,(54):2375—2388

10 Loucks RR,Contrib Mineral Petrol,1996,(125):140—150

11 Koch—Muller M,Cemic L,Langer K,Eur J Mineral,1992,(4):115—135

12 Liu J,Bohlen SR,Contrib Mineral Petrol,1995,(119):433—440

13 Berman RG,Am Mineral,1990,(75):328—344

14 Nichols GT,Berry,RF,Green DH,Contrib Mineral Petrol,1992,(111):362—377

15 Sengupta P,Dasgupta S,Bhattacharya PK,Mukherjee M,J Metamorphic Geol,1990,(8):191—197

16 Dasgupta S et al,Contrib Mineral Petrol,1991,(109):130—137

17 Bhattaycharya A,Mohanty L,Maji A,Sen SK,Baith M,Contrib Mineral Petrol,1992,(111):87—93

18 Kullerud K,Chlorine,Contrib Mineral Petrol,1995,(120):42—59

19 Blundy JD,Holland TJB,Contrib Mineral Petrol. 1990,(104):208—224

20 Holland T,Blundy J,Contrib Mineral Petrol,1994,(116):433—447

21 Hoisch TD,Contrib Mineral Petrol,1990,(104):225—234

22 Grambling JA,Contrib Mineral Petrol,1990,(105):617—628

23 Bryndzia LT,Wood BJ,Am J Sci,1990,(290):1093—1116

24 Ballhaus C,Berry RF,Green DH,Contrib Mineral Petrol,1991,(107):27~40

25 Woodland AB,Kornprobst J,Wood BJ,JPetrol,1992,(33):203~230

26 Lonov DA,Wood BJ,Contrib Mineral Petrol,1992,(111):179—193

27 Luth RW,Canil D,Contrib Mineral Petrol,1993,(113):236—248

28 Ghiorso MS,Sack RO,Contrib Mineral Petrol,1991,(108):485—510

29 Waters DJ,Martin HN,Terra Abstracts,1993,(5):410—411

30 Schmidt MW,Contrib Mineral Petrol,1992,(110):304—310

31 Molin G,Zanazzi PF,Eur J Mineral,1991,(3):863—875

32 Nimis P,Contrib Mineral Petrol,1995,(121):115—125

33 Witt—Eickschen G,Seck HA,Contrib Mineral Petrol,1991,(106):431—439

34 Xie X—G,Byerly GR,Ferrell RE,Jr,Contrib Mineral Petrol,1997,(126):275—291

35 Luque FJ,Barrenechea JF,Rodas M,Geol Mag,1993,(130):501—511

36 Tsukimura K,Nakazawa H,Endo T,Fukunaga O,Phys Chem Mineral,1992,(19):203—212

37 Wallace P,Carmichael ISE,Geochim Cosmochim Acta,1992,(56):1863—1874

38 Agee CB,Walker D,Contrib Mineral Petrol,1990,(105):243—254

39 Chou IM,Sterner SM,Pitzer KS,Gechim Cosmochim Acta,1992,(56):2281—2293

40 Sack RO,Ghiorso MS,Contrib Mineral Petrol,1994a,(116):277—286;1994b(116):287—300;1994c(118):271—296

41 Holdaway MJ,Mukhopadhyay B,Am Mineral,1993,(78):681—693

42 Triboulet C,J Metamorphic Geol,1992,(10):545—556

43 Schumacher JC,Mineral Mag,1991,(55):3—18

44 Faulhaber S,Raith M,Mineral Mag,1991,(55):33—56

45 Crowley PD,Mineral Mag,1991,(55):57—69

46 Luth RW et al,Contrib Mineral Petrol,1990,(104):56—72

47 Princivalle F,Mineral Petrol,1990,(43):121—129

48 Aanovich LY,Pattison DRM,Contrib Mineral Petrol,1995,(119):16—29

49 Gordon TM,Aranovich LYa,Fed'kin VV,Am Mineral,1994,(79):973—982

维普资讯 http://www.cqvip.com

GEOTHERMOBAROMETERS CALIBRATED DURING 1990—1996

Wu Chunming Huang Zhiquan
(*Institute of Geology, Academia Sinica Beijing* 100029)

Abstract The 1990's is a prosperous period for calibrating geothermobarometers, either in refining the old ones or originating the new ones. Geothermobarometers briefly summarized in this paper are on the basis of indexing 23 international English journals concerning petrology and mineralogy.

Key words 1990's, calibration, geothermobarometers

(上接第15页)

ADVANCEMENT ON STUDIES OF EPITHERMAL GOLD DEPOSIT IN THE VOLCANIC ROCK AREA

Feng Chengyou
(*Xi'an Engineering University, Xi'an* 710054)

Abstract The epithermal gold deposit is a kind of very important deposits. It is divided popularly into both Adularia-Sericits type and Alunite-Kaolinite type. Some recent studies show that this kind of gold deposit is connected with geothermal system and porphyry gold deposit in time space and even genesis. some ore-forming models are put forward, too.

Key words epithermal; geothermal system; porphyry gold deposit; ore-forming model