

湖北观子山硬玉钙霞正长岩初步研究

李 石

(湖北省地质实验研究所)

主题词: 硬玉钙霞正长岩; 观子山; 湖北

提 要: 观子山侵入体从岩体中心到边部, 由硬玉钙霞正长岩、硬玉正长岩和黑云角闪正长岩组成。本文着重讨论硬玉钙霞正长岩的岩石学、矿物学、岩石化学、REE地球化学、时代及岩石成因。据 Rb-Sr 等时线测定, 其年龄值为 306Ma, 说明它形成于海西期。根据产状、FeO/MgO, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(i)$ 、REE分配模式以及形成硬玉的压力温度条件, 足以证明硬玉钙霞正长岩的成因与上地幔物质有关。

观子山岩体前人曾定为碱性杂岩, 其核部岩石相被定为变霓霞正长岩^①。通过笔者近期(1986—1987)对该岩体的研究, 发现原定的帘石类矿物实为硬玉, 霞石种类应为钙霞石。因而重新命名为硬玉钙霞正长岩。鉴于这种岩石迄今在国内外文献上未见报导, 因此, 特将初步研究成果理成此文, 供讨论参考。

一、岩体地质概况

岩体位于湖北省随州市与枣阳县交界处, 北距枣阳县唐城镇约4 km。大地构造位置处在扬子地台北缘深断裂(襄—广断裂)北侧的东秦岭褶皱带东延的桐柏山地区, 岩体东南距扬子地台北缘深断裂10 km左右(图1)^[1]。

岩体规模较小, 呈南北向展布, 南北长约800m, 东西最宽处约300m。岩体东部与震旦系隋县群石英绢云片岩呈断层接触, 南部、东北部和西北部与变辉长岩呈侵入接触关系(图1)。

二、岩石学和矿物学

据矿物成分不同, 该岩体可划分三种岩石类型, 即黑云角闪正长岩、硬玉正长岩、硬玉钙霞正长岩。现将各自的特征简述如下。

1. **黑云角闪正长岩** 该岩石主要分布在岩体南北两端及岩体外围, 在岩体南部可见它与硬玉正长岩呈渐变关系。岩石呈灰白色, 暗色矿物较少。条纹或反条纹长石含量高, 达90%以上, 其次含少量角闪石、黑云母等(表1)。条纹或反条纹长石呈半自形板柱

①据鄂西北综合地质队(1963), 五童庙碱性杂岩体。

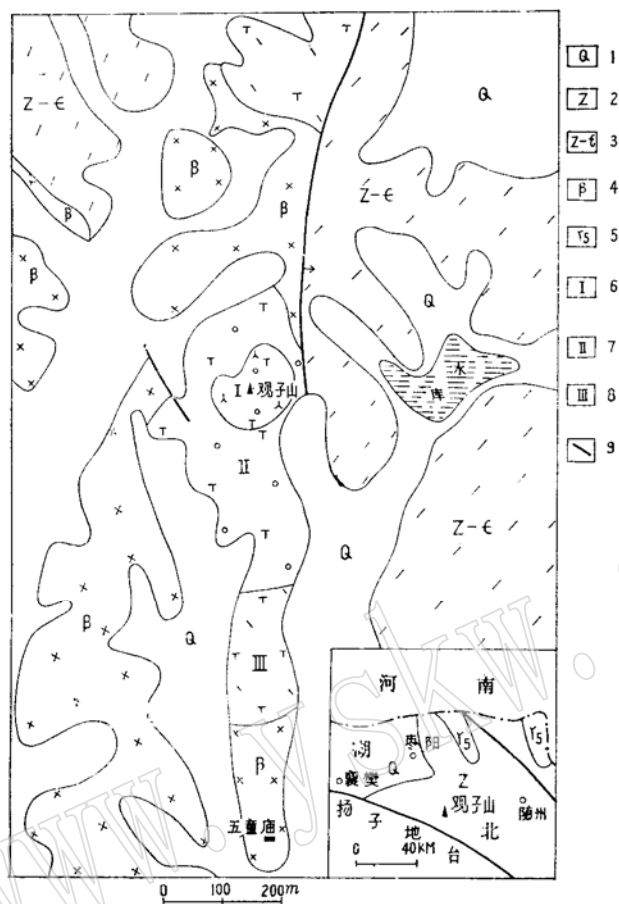


图1 观子山硬玉钙霞正长岩地质简图

Fig.1 Simplified geological map of jadeite carcrinite syenite of Guanzishan

1—第四系；2—震旦系；3—震旦—寒武系；4—变辉长岩；5—花岗岩；
6—硬玉钙霞正长岩；7—硬玉正长岩；8—黑云角闪正长岩；9—断层

露在观子山山顶附近。与周围的硬玉正长岩呈渐变关系。岩石呈淡绿至灰白色，主要由条纹或反条纹长石、硬玉和钙霞石组成，其次含少量黑云母、霓石、白云母、钠长石等。详细矿物组成见表1。

条纹或反条纹长石呈半自形板柱状，柱粒一般 $0.5 \times 1 - 2.5 \times 5$ mm。基底和条纹的成分变化较大，据一个人工重砂样(C-10)中提纯的条纹或反条纹长石混合样化学分析结果表明，构成条纹或反条纹长石的两种长石的含量大致相当(表2)。据化学成分计算，钠长石牌号 $An = 4.5$ 。同时由X光衍射分析可知，钾长石三斜度较大，达0.94，属低微斜长石。

硬玉含量仅次于长石，达20%以上。形态呈不规则粒状或柱状，粒度不等，一般 $0.1 - 1.0$ mm。手标本上呈淡绿色，镜下特征与绿帘石极相似，但折射率明显低于绿帘石， $Ng < 1.6942$ 。在岩石中分布比较均匀，既较均匀产于长石粒间，也在长石裂隙中出现，并常构

状，柱粒一般 $0.5 \times 1 - 2.5 \times 5$ mm，致使岩石具中粒半自形粒状结构。角闪石呈棕褐色，有时边缘呈兰绿色，柱状，粒度 $0.5 \times 1 - 1.5 \times 3$ mm，稀疏分布。磷灰石、榍石常与角闪石连生，黑云母除沿角闪石周边产出外，也见于长石和角闪石裂隙中。

2. 硬玉正长岩 该岩石主要出露于观子山四周，围绕硬玉钙霞正长岩分布(图1)。岩石呈淡绿色至灰白色，主要由条纹或反条纹长石和硬玉组成，详细矿物组成见表1。条纹和反条纹长石呈半自形板柱状，粒径一般 $1 \times 1.5 - 2 \times 5$ mm。硬玉呈柱状或不规则粒状，粒度变化较大，从 < 0.1 mm到 > 1 mm。分布较均匀，常见围绕黑云母分布，有时黑云母仅以残晶产于硬玉或硬玉集合体中。岩石受动力作用轻微压碎，在裂隙中见有白云母、钠长石充填，有时也见有细粒硬玉和黑云母鳞片存在。

3. 硬玉钙霞正长岩 该岩石主要分布在岩体核部，具体出

表 1 观子山岩体各类岩石的矿物成分
Table 1 Mineral compositions of rocks from Guanzishan

岩 相	主 要 矿 物		次 要 矿 物
	名 称	含量 (%)	
黑云角闪正长岩	条纹长石	91.3	钠长石、绿帘石、榍石、符山石、霓石、赤铁矿、磁铁矿、钛铁矿、锆石、磷灰石、金红石、锐钛矿
	角闪石	3.0	
	黑云母	2.7	
	白云母	1.0	
硬玉正长岩	条纹长石	73.1	霓石、钠长石、榍石、赤铁矿、磁铁矿、钛铁矿、符山石、锆石、磷灰石、金红石
	硬 玉	18.4	
	黑云母	2.6	
	白云母	4.1	
硬玉钙霞正长岩	条纹长石	59.2	钠长石、萤石、符山石、绿帘石、榍石、赤铁矿、磁铁矿、钛铁矿、锆石、磷灰石、烧绿石、褐帘石、铌金红石、铌铁矿
	硬 玉	22.5	
	钙霞石	10.4	
	黑云母	3.0	
	霓 石	2.0	
	白云母	1.0	

表 2 条纹或反条纹长石化学分析结果 (%)
Table 2 Chemical composition of Perthite

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	总量
重量 (%)	60.97	21.46	0.55	0.05	0.81	6.44	8.91	99.19
化 学 式	(K _{0.92} Na _{0.88}) _{1.16} Al _{1.16} Si _{2.82} O ₈							
两种长石比例	NaAlSi ₃ O ₈ = 50.8%, KAlSi ₃ O ₈ = 49.2%							

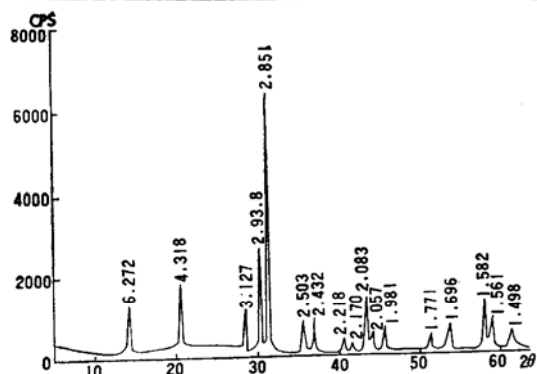


图2 硬玉X光衍射分析曲线

Fig. 2 X-diffraction curve of jadeite

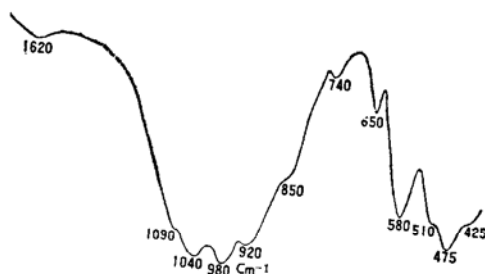


图3 硬玉红外光谱分析曲线

Fig. 3 IR spectral curve of jadeite

表 3 硬玉化学成分及化学式
Table 3 Chemical composition of jadeite

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O
重量(%)	56.17	0.23	16.02	11.23	0.44	0.05	0.22	1.07	12.63	0.36	0.54
化学式	$M_2 = (Mg_{0.000}Fe^{2+}_{0.001}Mn_{0.002}Ca_{0.004}Na_{0.003}K_{0.001})_{0.008}$ $M_1 = (Al_{0.000}Fe^{3+}_{0.000}Ti_{0.000}Mg_{0.000})_{0.000}$ $T = Si_{1.000}$ $O = O_{8.000}$										

成黑云母或霓石的反应边,使黑云母或霓石呈残晶包于硬玉或硬玉集合体中,与霓石似乎呈渐变关系。硬玉的x光衍射分析和红外光谱分析结果见图2和图3。其化学成分及按N.Morimoto等人(1988)^[2]建议的步骤计算出的化学式列于表3。由表可知,硬玉中Fe₂O₃含量较高,而Al₂O₃含量偏低,Al³⁺明显不足,不但不替代硅,反而被Fe³⁺替代。不过这并不影响该矿物的定名,据化学成分计算,硬玉分子Jd=75.66%,霓石分子Ae=21.93%,透辉石、钙铁辉石等分子Di+Hd=2.41%,在克拉克和培派克(Clark和P apike,1968)的分类图上仍投影于硬玉区(图4)。

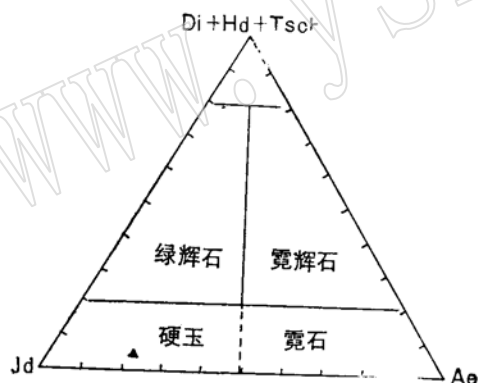


图4 Jd—Ae—(Di+Hd+Tsch)三角图

Fig. 4 Jd-Ae-(Di+Hd+Tsch) diagram

图中黑三角为观子山硬玉钙霞正长岩中硬玉投影点

Jd—硬玉分子($NaAlSi_3O_6$);

Ae—霓石分子($NaFe^{3+}Si_3O_6$);

Di—透辉石分子($CaMgSi_2O_6$);

Hd—钙铁辉石分子($CaFe^{2+}Si_2O_6$);

Tsch—契尔马克分子

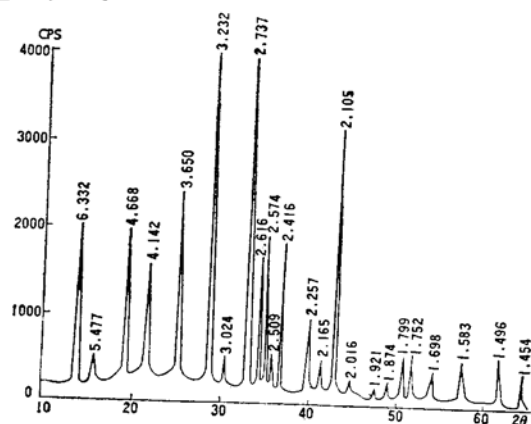


图5 钙霞石X光衍射曲线

Fig. 5 X-diffraction curve of carcrinite

钙霞石含量一般达10%左右,但分布不均匀,岩石露头取样几米内就变化较大。手标本上肉眼无法分辨,镜下呈他形粒状,少数呈短柱状,粒度比条纹或反条纹长石小一个数量级,一般约0.1—0.2mm,无色透亮,负突起显著, $N_o=1.5116$,干涉色一级黄至二级红,一轴晶负光性。主要呈集合体产于长石或硬玉颗粒之间或在裂隙中填充。钙霞石X

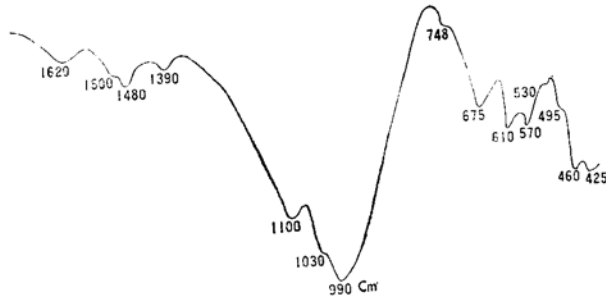


图6 钙霞石红外光谱曲线
Fig. 6 IR spectral curve of carcanite

光衍射曲线和红外光谱曲线分别见图5和图6。

副矿物除符山石、萤石、榍石、锆石、磷灰石以及铁质氧化物外,还常见有Nb—REE独立矿物出现,如烧绿石、褐帘石、铌金红石和铌铁矿等,其中烧绿石以富铌为特征,据电子探针分析(表4),Ta₂O₅含量高达27.85%,Nb₂O₅/Ta₂O₅比值仅为1.86。

表4 烧绿石电子探针能谱分析结果(%)

Table 4 MicroProbe-analysis result of pyrochlore

氧化物	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	Na ₂ O	CaO	TiO ₂	Nb ₂ O ₅ /Ta ₂ O ₅
含量(%)	51.71	27.85	9.86	8.16	2.43	1.86

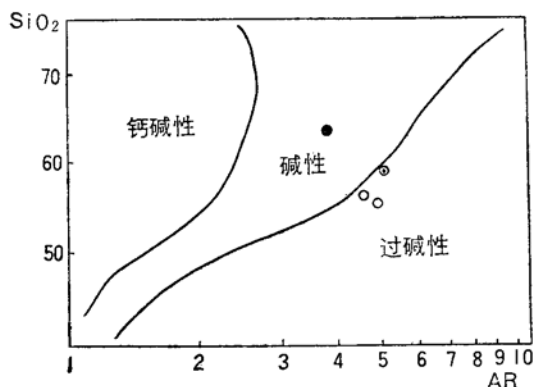
三、岩石化学

岩体中三种岩石的化学成分、CIPW标准矿物成分以及其他一些特征数值见表5。由表5可看出,三种岩石的K₂O+Na₂O含量较高,均大于11%。从里特曼数值 σ 来看,黑云角闪正长岩 $\sigma=6.9(>3.3)$,属碱性岩;硬玉正长岩和硬玉钙霞正长岩的 $\sigma>9$,均属过碱性岩。另外三种岩石的碱度率(AR)=3.87—4.95,在AR—SiO₂关系图(图7)

表5 观子山岩石化学成分及CIPW标准矿物计算结果

Table 5 Chemical compositions of rocks in Guanzishan

岩石化学成分(%)	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺				
黑云角闪正长岩	63.31	0.38	18.91	1.81	0.94	0.08	0.26	1.20	7.53	4.32	0.05	0.97				
硬玉正长岩	59.70	0.32	19.43	3.92	1.25	0.12	0.33	0.31	5.89	7.21	0.13	1.03				
硬玉钙霞正长岩	56.28	0.22	19.56	6.86	0.42	0.18	0.22	1.24	4.91	8.39	0.07	1.28				
	55.33	0.18	20.50	4.89	1.54	0.19	0.10	1.06	6.05	8.23	0.08	1.31				
CIPW及特征数值	Ap	Il	Or	Ab	An	C	Mt	Hm	Hy	Q	Ne	Ol	Di	Wo	σ	AR
黑云角闪正长岩	0.13	0.76	45.09	37.23	5.84	1.53	2.08	0.32	0.60	6.43					6.91	3.87
硬玉正长岩	0.30	0.61	35.07	50.34	0.83	0.92	3.70	1.44		6.25	0.56				10.28	4.95
硬玉钙霞正长岩	0.17	0.46	28.95	42.74	1.39		1.39	5.91		15.48		1.08	1.16	13.32	4.55	
	0.20	0.30	36.18	33.30	1.39		5.33	1.28		20.31		0.43	1.16	16.5	4.92	

图7 AR—SiO₂关系图Fig.7 AR—SiO₂ diagram

$$AR = \frac{Al_2O_3 + CaO + K_2O + Na_2O}{Al_2O_3 + CaO - K_2O - Na_2O} \text{ (重量\%);}$$

·—黑云角闪正长岩;

○—硬玉正长岩;

○—硬玉钙霞正长岩

见图8。从表6和图8可看出,三种岩石类型的稀土元素地球化学具有下列特点:

1. ΣREE 在黑云角闪正长岩、硬玉正长岩和硬玉钙霞正长岩中分别为198.66ppm, 399.99ppm和1109.71—1222.44ppm,表明岩石类型不同, ΣREE 也不同,而相同岩石类型的 ΣREE 则基本稳定, ΣREE 明显受岩石类型控制,从黑云角闪正长岩、硬玉正长岩到硬玉钙霞正长岩, ΣREE 呈台阶式增高。

上^[8],黑云角闪正长岩投入碱性区,其余两种岩石投入过碱性区,与 σ 值反映的碱度吻合。从黑云角闪正长岩—硬玉正长岩—硬玉钙霞正长岩,岩石化学总的演化规律是:1. Q从有到无, Ne从无到有。2. Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 Na_2O 逐步增高。3. SiO_2 、 TiO_2 、 K_2O 逐步降低。4. 碱值($Na_2O + K_2O$)越来越高, σ 从6.9增至16.5。5. Na_2O/K_2O 比值不断增大。

四、稀土元素地球化学

三种全岩的稀土元素含量及有关地球化学参数见表6。根据Boynnton(1984)推荐的球粒陨石REE值标准化后的曲线

表6 岩石REE含量
Table 6 REE abundances of rocks

岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE / HREE	δEu
黑云角闪正长岩	51.01	76.3	8.66	26.14	4.47	1.56	3.56	0.65	3.38	0.66	1.99	0.32	2.01	0.30	17.65	198.66	13.06	1.16
硬玉正长岩	80.2	152.99	19.41	57.1	10.56	0.50	7.64	1.42	8.47	1.80	5.67	0.97	6.99	1.08	45.19	399.99	9.42	0.16
硬玉钙霞正长岩	290.27	415.61	46.81	131.12	22.56	0.73	18.3	3.56	21.16	4.51	14.02	2.37	15.72	2.37	120.6	1109.71	11.06	0.10
	314.48	439.94	52.19	149.22	26.03	0.77	21.95	4.26	25.13	5.25	16.64	2.73	18.47	2.72	142.66	1222.44	10.11	0.1

2. 三种岩石的REE标准化图式都是左高右低($LREE/HREE > 1$),但Eu异常相差较大,黑云角闪正长岩 $\delta Eu = 1.16$,几乎不具Eu异常;硬玉正长岩 $\delta Eu = 0.16$,负Eu异常明显;硬玉钙霞正长岩 $\delta Eu = 0.10—0.11$,负Eu异常更明显(图8)。

3. 黑云角闪正长岩的Gd/Yb值最高,硬玉正长岩的La/Sm值最低;硬玉钙霞正长

岩的La/Sm值最大。

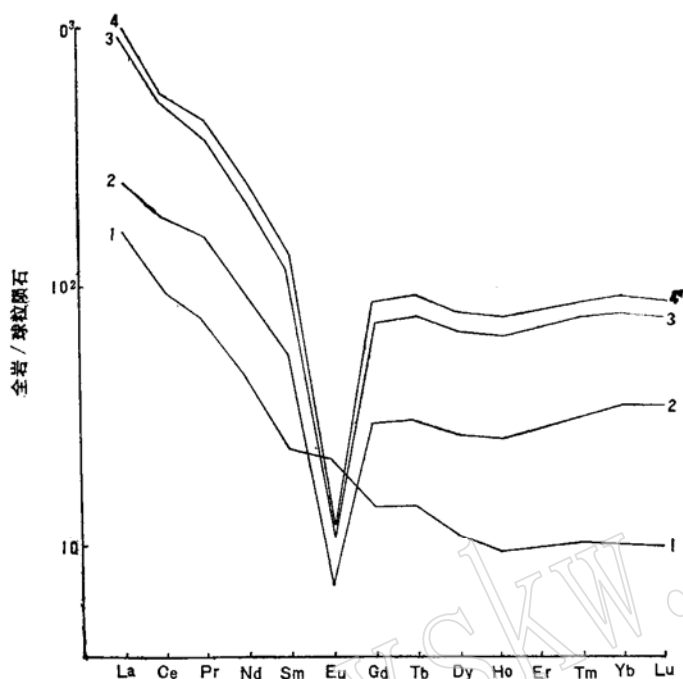


图8 岩石球粒陨石标准化曲线

Fig. 8 Chondrite-normalized REE abundances for rocks

1—黑云角闪正长岩；2—硬玉正长岩；3、4—硬玉钙霞正长岩

的测定结果在图9上恰好拟合成一条等时线，相关系数达0.996。 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值为0.70414，经计算，成岩年龄为306Ma。由此可知，该岩体为海西期岩浆活动的产物。

六、岩石成因

1. 三种岩石的FeO/MgO比值均较高，为1.9—15.4，平均6.2。按库兹涅佐夫成因分类^[4]，该岩体可能与玄武岩浆分异产物有关。这与该岩体空间上和变辉长岩共生这一事实基本吻合。

五、成岩时代

关于该岩体的时代，在1973年由湖北省区调所编制的《1:50万湖北省地质图》上没有明确划分（定为未分时代侵入岩），在1982年测制的《1:20万宜城幅和隋县幅》中被划为燕山期，但并无阐述地质证据或提供同位素数据，在1986年编写的《湖北省区域地质志》中又被归为加里东期，但也未提及任何依据。为了确定该岩体的形成时代，笔者从硬玉钙霞正长岩和硬玉正长岩中任意挑选13块新鲜岩石标本，在采用XFS普测Rb、Sr含量的基础上，再选出5个样作为一组，然后作Rb-Sr同位素年龄测定，五个点

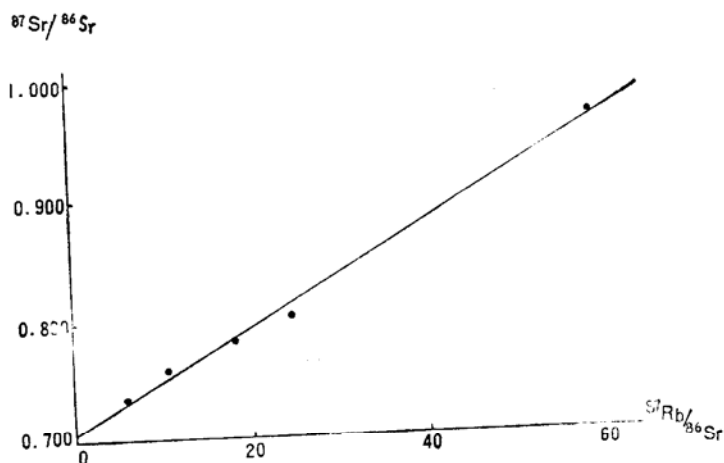


图9 观子山硬玉钙霞正长岩Rb-Sr全岩等时线

Fig. 9 Rb-Sr isochron of whole rocks of jadeite-calcic syenite from Guanzishan

2. 从硬玉钙霞正长岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值看,初始值 $I = 0.70414$,恰好与大洋玄武岩的初始值(0.7012—0.7057)相当,由于后者目前已被普遍认为是上地幔的比值范围^[5],因此有理由推测,该岩体的成岩物质可能来源于上地幔。这一认识还可从早期形成的黑云角闪正长岩几乎不显Eu异常的稀土元素分布特征得到佐证。

3. 该岩体中硬玉的大量出现说明成岩压力很大。实验资料表明,在人工合成辉石过程中,当压力增大时,Al和Al^{IV}的含量随着增大,因此Thompson(1974)^[6]拟出了Al与压力、温度的关系式: $P(0.1\text{GPa}) = -7.5382 + 83.1692\text{Al}$, $r = 0.95$, $T(^{\circ}\text{C}) = 1056.8986 + 902.7978\text{Al}$, $r = 0.92$ 。根据上述关系式,将硬玉中的Al分别代入,则得 $P = 5.0\text{GPa}$, $T = 1680^{\circ}\text{C}$ 。当然,这仅是指形成硬玉的压力和温度条件,整个岩石的形成条件未必一定如此。因为与硬玉伴生有大量碱性长石和少量霓石、黑云母、钙霞石等,很难置信这些伴生矿物的生成也需这种高压高温条件。

七、结 语

1. 观子山硬玉钙霞正长岩体产于东秦岭褶皱带东延的桐柏山地区。岩体侵入于变辉长岩中,与震旦系隋县群呈断层接触。

2. 岩体从外向内依次由黑云角闪正长岩、硬玉正长岩和硬玉钙霞正长岩组成。岩石的碱度和 ΣREE 有规律地逐步增高。

3. 根据Rb-Sr等时线测定,成岩时代为306Ma,由此可知,该岩体形成于海西期。

4. 从地质产状、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值、REE模式以及硬玉地质温度计等资料推测,该岩体可能侵位较深,成岩物质主要来自上地幔,可能为玄武岩浆分异的产物。

参 考 文 献

[1] 李石, 1988, 湖北省碱性岩地质特征及含矿性研究, 全国第三届矿物岩石地球化学学术交流会论文摘要汇编, 中国科学技术文献出版社重庆分社, 135—137。

[2] Morimoto, N. et al., 1988, 辉石命名法, 矿物学报, 第4期, 289—305。

[3] 孙鼎、彭亚鸣主编, 1985, 火成岩石学, 地质出版社, 211—212。

[4] 库兹涅佐夫, A., 1959, 论铁矿与侵入体成因类型的关系, 矿产专辑, 第8辑, 地质出版社。

[5] 南京大学地质学系, 1984, 地球化学(修订本), 科学出版社, 410。

[6] Thompson, R. N., (1974), Min. Mag., 39, 768—787。

A Preliminary Study on a Jadeite-cancrinite Syenite from Guanzishan, Hubei Province

Li Shi

(Hubei Institute of Geological Experiment)

Key words: jadeite-cancrinite syenite; Guanzishan; Hubei

Abstract

The Guanzishan intrusion located in the boundary between Suizhou city and Zaoyang county, Hubei Province, consists of jadeite-cancrinite syenite, jadeite syenite and biotite hornblende syenite from centre of the intrusion to margin. This paper stresses the study on the petrology, mineralogy, petrochemistry, REE geochemistry, age and petrogenesis of the jadeite-cancrinite syenite. Its age determined by Rb-Sr isochron is 306 Ma, suggesting that it was formed at Hercynian. On the basis of the occurrence, FeO/MgO, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(i)$, REE distribution pattern and P, T. conditions of jadeite-forming it is provable enough that the jadeite-cancrinite syenite is genetically related to the upper mantle materials.