

花岗岩类岩石定量矿物化学分类法的设计

——兼谈邢抚安同志的分类设想

冯维恒

现有的花岗岩类定量矿物分类几乎都根据镜下鉴定成果进行,并可简称为“一般分类法”。由于分类的标准不同,花岗岩体的侵入时代和各期的岩性往往不能确切标定,使人们对成矿的岩性控制结果的认识也不一致。邢抚安同志提出了一种设想,认为“一种岩石的分类法应与岩石化学分类相适应,才具有它的生命力”,同时也认为,“目前岩石定量矿物分类,虽然不可能把岩石的化学成分和矿物成分联系起来,但当确定分类原则时,尽可能加以注意是十分必要的。”^①

这个难点,我国地质人员在毛主席“破除迷信,解放思想”的教导下做了大量工作,已经找到了解决的途径。^{②③}他们提出了花岗岩类岩石定量矿物化学计算的方法,从而把岩石化学成分与矿物成分有机地联系起来。但是,也有人在岩石分类定名时仍套用盖恩特列尔的“一般分类法”^④,以致在进行花岗岩类岩石的分类和定名时仍有谬误。比如说,样品号为8—7的花岗闪长岩(例一),无论根据定量矿物化学计算的“理论值”(石英22.5%,斜长石43.3%,钾长石18.9%)还是根据它的“修正值”(石英含量不变,斜长石41.2%,钾长石21.1%),套用“一般分类法”都会将这个“花岗闪长岩”误认为“二长花岗岩”^⑤。所以,设计一种适用于花岗岩类岩石的定量矿物化学计算法的分类(暂称“化学分类法”)是十分必要的。

邢抚安同志分类的设想,如用河北某铜矿花岗闪长岩体的两个岩相^④来验证,可查

得内相的主要造岩矿物为:石英25~35%,斜长石20~30%,钾长石30~40%,应属“二长花岗岩”;外相的主要造岩矿物为:石英15~20%,斜长石45~55%,钾长石20%±,应属“花岗闪长岩”。但是,把物质成分有明显区别、且属于两种岩性的岩石当作“岩体相变”^④显然是不合理的。我们对所举内相的化学成分进行了定量矿物化学计算(附录一),得出主要造岩矿物含量为:石英21.7%,斜长石47.8%,钾长石18.8%。按邢抚安同志的分类法,应属“花岗闪长岩”。再对所举外相的化学成分进行定量矿物化学计算(附录二),得出主要造岩矿物含量为:石英20.0%,斜长石46.3%,钾长石19.2%,仍属于“花岗闪长岩”。于是通过“把岩石的化学成分与矿物成分联系起来”的定量矿物化学计算,所得内、外相的分类定名都一致为“花岗闪长岩”,它们尽管因相变而结构粗细不同,但由物质成分所决定的岩性仍然是相同的。可见,“一般分类法”不能笼统地代替“化学分类法”。

邢同志的分类法能否适用于整个花岗岩类的“化学分类法”呢?我们用三项岩石化学资料进行了验证。针对所存在的问题,综合了库普列茨基、盖恩特列尔和戎嘉树、王嘉荫等人的“一般分类法”中的实用部分,进行了花岗岩类定量矿物化学分类法的设计。

第一类资料取自北京地质学院《岩浆岩石学》表Ⅷ-3中包括石英二长岩到花岗岩的化学成分数据(56例),^⑥第二类资料取自花岗岩的平均化学成分数据(7例)^⑦,

一些典型的花岗岩类定量矿物化学分类

表1

岩石原名	数据来源	从化学成分换算矿物成分*							邢 抚 安 分类设想	定量矿物化学分类
		Q	Or	Pl	An	Ho	Bi	Ms		
1 碱性花岗岩	载里1933年	28	22.4	42.9	25.8	/	5.5	/	斜长花岗岩	黑云母斜长花岗岩
2 "	"	27.2	25.4	42.7	1.4	1.9	/	/	"	钠长花岗岩
3 花岗闪长岩	"	21.2	12.4	52.9	35.9	3.8	6.9	/	花岗闪长岩	花岗闪长岩
4 奥长花岗岩	戈德斯密特1933年	71.1	9.8	66.9	19.9	4.5	1.8	/	"	石英闪长岩
5-10 酸性花岗岩	个旧 (以5为代表)	32.3	28.3	34.8	6.9	0.6	3.1	/	二长花岗岩	钾钠花岗岩
11-16 "	香花岭 (以11")	40.7	13.4	33.3	10.2	/	5.6	6.4	斜长花岗岩	二云母斜长花岗岩
17-21 黑云母花岗岩	瑞岗仙 (以17")	32.9	26.9	32.7	17.1	/	2.5	4.3	二长花岗岩	二长花岗岩
22-25 "	西华山 (以22")	31.4	25.1	37.6	8.3	/	0.2	3.6	"	白云母钾钠花岗岩
26-27 "	蔚美山 (以26")	37.5	27.8	26.3	13.3	/	2.6	4.6	"	" 二长花岗岩
28-31 "	邓阜仙 (以28")	29.7	22.8	33.1	6.0	/	4.3	9.1	"	" 钾钠花岗岩
32-34 斜长花岗岩	前撮落 (以32")	30.4	16.5	42.7	21.8	/	0.2	8.1	斜长花岗岩	白云母斜长花岗岩
35-37 花岗闪长岩	中条山 (以35")	33.6	9.1	20.3	8.9	/	10.1	17.8	"	钠长花岗岩
38-41 "	铜官山 (以38")	13	18.9	40.1	8.9	24.2	/	/	花岗闪长岩	花岗闪长岩
42 黑云母花岗岩	北京西山李兆乃	30	24.1	41.4	16.9	/	2.7	0.1	斜长花岗岩	斜长花岗岩
43 花 岗 岩	八 达 岭	25	21.9	46.7	8.0	/	0.2	3.2	"	白云母钠长花岗岩
44 黑云母花岗岩	西山 黄梁子	19.2	24.5	50.3	15.9	/	4.1	/	花岗闪长岩	花岗闪长岩
45 花岗闪长岩	周 口 店	13.4	15.4	56.6	27.6	1.3	9.8	/	"	"
46 花 岗 岩	以43为代表	25	21.9	46.7	8.0	/	0.2	3.2	斜长花岗岩	白云母钠长花岗岩
47 花岗闪长岩		25.4	13.7	49.7	43.6	0.8	7.7	/	"	花岗闪长岩
48 花岗斑岩	以53为代表	40	17.6	29	6.2	/	3.0	6.7	"	钠长花岗岩
49 花岗闪长岩		27.1	14.7	49.5	40.2	1.3	3.9	/	"	花岗闪长岩
50 石英二长斑岩	宁镇山脉 叶良辅	10.8	28.9	45.4	6.4	3.1	5.4	/	花岗闪长岩	石英钾钠二长岩
51-52 黑云母花岗岩	以52为代表	36.4	25.0	32.9	5.2	/	1.7	3.1	二长花岗岩	白云母钾钠花岗岩
53 花岗斑岩		40	17.6	29	6.2	/	3.0	6.7	斜长花岗岩	钠长花岗岩
54 花 岗 岩		35	23.8	34.1	10.1	/	3.2	3.4	二长花岗岩	二云母二长花岗岩
55 "	个旧 颜以彬	26.5	27.9	37.9	17.9	/	5.9	/	"	黑 云 母 "
56 更长环斑花岗岩		42.4	9.8	26.7	25.6	/	4.2	14.6	斜长花岗岩	斜长花岗岩

第三类资料取自《地球化学》有关诸火山花岗岩体不同时代、不同岩性的平均化学成分(7例)⑦。我们用定量矿物化学计算所得结果,分别列于表1、表2和表3。

众所皆知,萤光分析之所以能确定含量的分级,是因为有一套已知含量的“标准珠球”。同样,我们也可以用表1至表3中得到公认的花岗岩类岩石化学成分作为“标准系列”,以便对所设计的定量矿物化学分类进行检验。

用上述“标准系列”检验的结果表明:邢抚安同志的分类有时也能划分出花岗闪长岩(如表1的例3、38、45;表3的例2)、二长花岗岩(如表1的例17;表3的例4)、斜长花岗岩(如表1的例42、56和)英闪岩

(表2的例2),但是在多数情况下还存在以下一些不适用于“化学分类法”的突出问题。

(1)对斜长石偏酸性的亚碱性花岗岩类($An < 10$)与偏基性的钙碱性花岗岩类($An > 10$)不加区分,笼统地把一些“钠长花岗岩”误认为“斜长花岗岩”(如表1的例2、43、46、48和53),把“钾钠花岗岩”误认为“二长花岗岩”(如表1的例5、22、28、51;表2的例7)以及把“石英钾钠二长岩”误划为“花岗闪长岩”(如表1的例50)。

(2)用石英含量为25%的界线区分“花岗闪长岩”与“斜长花岗岩”不够确切,有时把“花岗闪长岩”误划为“斜长花

一些花岗岩类平均成分的定量矿物化学分类 表2

岩石原名	数据来源	从化学成分换算矿物成分*							邢抚安 分类设想	定量矿物化学分类
		Q	Or	Pl	An	Ho	Bi	Ms		
1 平均花岗岩	载里 1933年	28.4	21.6	41.2	22.3	/	5.6	0.8	斜长花岗岩	黑云母斜长花岗岩
2 英闪岩	"	25.6	2.4	50.2	52	/	18.9	/	英闪岩	英闪岩
3 石英二长岩	"	24.3	18.1	47.8	34.7	0.2	6.5	/	花岗闪长岩	花岗闪长岩
4 石英闪长岩	"	20.8	5.5	54.4	43	3.8	11.3	/	石英闪长岩	石英闪长岩
5 中国平均花岗岩	黎彤 1963年	29.0	20.2	42	17.6	/	5.3	1.4	斜长花岗岩	黑云母斜长花岗岩
6 " 黑云母 "	"	32.6	18.6	38.5	18.2	/	5.6	2.5	"	"
7 " 二云母 "	"	34.9	12.7	31.5	9.9	/	4.5	5.3	二长花岗岩	二云母钾钠花岗岩

诸广山花岗岩体的定量矿物化学分类 表3

岩石原名	数据来源	从化学成分换算矿物成分*							邢抚安 分类设想	定量矿物化学分类
		Q	or	Pl	An	Ho	Bi	Ms		
1 Y _a 片麻状花岗岩	王联彤1975	30.8	19.8	35.1	26.2	/	8.2	2.5	斜长花岗岩	黑云母斜长花岗岩
2 Y _b 海西花岗闪长岩	"	17.4	16.5	36.4	40	10.7	15.5	/	花岗闪长岩	花岗闪长岩
3 Y _c 斑状黑云母花岗岩	"	29.4	25.6	33.5	23.3	/	7.9	2.4	二长花岗岩	黑云母二长花岗岩
4 Y _d 小斑二云母 "	"	29.8	34.7	26.6	12.8	/	2.6	4.5	"	二云母 "
5 Y _e 黑云母 "	"	32.9	29.5	32.2	14.6	/	5.0	/	"	黑云母 "
6 Y _f 中粒二云母 "	"	35.5	23.2	35.9	6.4	/	3.0	1	斜长花岗岩	二云母钾钠花岗岩
7 中基性小侵入体	"	3.5	2.3	47.6	51.4	25.7	16.9	/	闪长岩	闪长岩

岗岩”。如表1的例47和例49的石英含量分别为25.4%和27.1%，都在此界线以上。为此，我们建议在“化学分类”中划分这两种岩性的石英含量界线应大于27.1%。同时，为使载里的平均花岗岩（如表2的例1）不致误划为“花岗闪长岩”，其石英含量线又应小于28.4%，现取28%。

（8）用钾长石（有时包括高岭土）在全部长石中的比例（简称长石比值）为40%来区分“花岗闪长岩”与“石英二长岩”不够确切，有时会把“石英二长岩”误划为“花岗闪长岩”，如表1中例50的“长石比值”仅为38.9%。为此，建议在“化学分类”中划分这两种岩性的长石比值界线应小于38.9%。同时为使铜官山“花岗闪长岩”（如表1中的例38）不致误划为“石英二长岩”，长石比值界线应大于38.4%，现取38.5%。

（4）花岗岩中常见的黑云母、白云母等少量矿物不参与分类和命名，掩盖了同属“二长花岗岩”的诸广山燕山期不同时代的侵

入体在岩性上的差异（如表3的例3、4、5），也掩盖了同属“斜长花岗岩”的碱土花岗岩、香花岭酸性花岗岩和西山黑云母花岗岩在岩性上的差异（如表1的例1、11和42）。我国平均黑云母花岗岩的黑云母含量（Bi）都在5%以上，白云母（Ms）在整个云母中的比值 $Ms/(Ms+Bi)=31\%$ （参见表2的例6，表3的例3、5）。我国平均二云母花岗岩的 $Bi=2.6-4.5\%$ ，

$\frac{Ms}{Ms+Bi}=25-64\%$ 。为此，建议当黑云母含量大于5%且白云母比值大于64%时，可命名为“白云母花岗岩”；当黑云母含量在2.6—5%且白云母比值在31—64%时，可命名为“二云母花岗岩”。

归纳起来说，我们对花岗岩类定量矿物化学分类法的设计如下：

（一）对斜长石号码 $An \geq 10$ 的钙碱性花岗岩进行分类时，可查以长石比值为横座标和以石英含量为纵座标的图1。

（二）对斜长石号码 $An < 10$ 的亚碱性

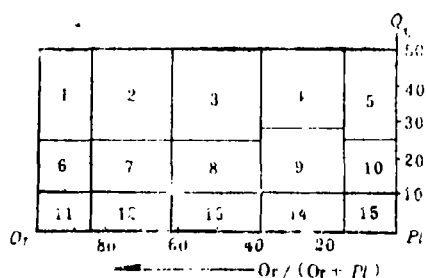


图1 钙碱性花岗岩类定量矿物化学分类

1—钾长花岗岩, 2—花岗岩, 3—二长花岗岩, 4—斜长花岗岩, 5—英闪岩, 6—石英正长岩, 7—花岗正长岩, 8—石英二长岩, 9—花岗闪长岩, 10—石英闪长岩, 11—正长岩, 12—斜长正长岩, 13—二长岩, 14—正长闪长岩, 15—闪长岩

花岗岩类进行分类时, 可查以长石比值为横座标和以石英含量为纵座标的图2。

(三) 为了解决云母类矿物能否参与花岗岩命名的问题, 可查以云母比值为横座标和以黑云母含量为纵座标的图3 (当角闪石(Ho)含量大于5%时, 它也可参与花岗岩命名)。

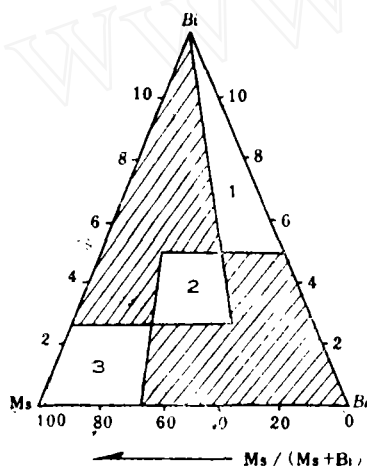


图3 云母类矿物花岗岩命名的化学分类

1—黑云母花岗岩, 2—二云母花岗岩, 3—白云母花岗岩

我们将国内外公认的花岗岩类定量矿物化学分类及其命名也列于表1至表3中。不难看出, 花岗岩类定量矿物化学分类与基于镜下测定的“一般分类法”相比, 有以下主要特点:

(1) 按“化学分类”命名的各种花岗岩, 将如实地反映出岩石化学的特点。例如,

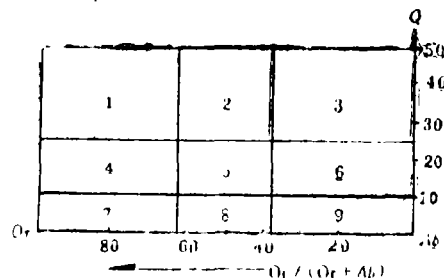


图2 亚碱性花岗岩类定量矿物化学分类

1—钾长花岗岩, 2—钾钠花岗岩, 3—钠长花岗岩, 4—石英正长岩, 5—石英钾钠二长岩, 6—石英钠长岩, 7—正岩, 8—钾钠二长岩, 9—钠长岩

“钾钠花岗岩”表示斜长石号码 $An < 10$ 的亚碱性花岗岩, “二云母钾钠花岗岩”表示这种亚碱性花岗岩的铝过饱和特征, “二长花岗岩”表示斜长石号码 $An > 10$ 的钙碱性花岗岩, “白云母二长花岗岩”表示这种钙碱性花岗岩的强铝过饱和特征, 花岗岩中角闪石矿物的出现, 表示它应归属于正常系列等等。

(2) 把岩石的化学成分与矿物成分联系起来, 有时可纠正“一般分类法”所造成的错误。如前所述, 某花岗闪长岩体的内、外相按镜下测定的“一般分类”为两种岩性, 与“相变”的地质事实矛盾, 而“化学分类法”表明, 它的内、外相属于一种岩性, 解决了这个矛盾。又如表1的例1、2, 按“一般分类法”有的都归为“碱性花岗岩”⑥, 有的都归为“斜长花岗岩”①, 有的将例1命名为“碱土花岗岩”, 将例2命名为“碱性花岗岩”⑥。而按“化学分类法”可区分为两种不同的岩性, 其中例1为“黑云母斜长花岗岩”, 例2为“钠长花岗岩”, 否定了前两种认识, 肯定了后一种认识。这往往是由于镜下测定的结果只反映岩石个别切面, 部分的矿物定量也只反映包括岩浆期后作用所引起的去斜长石化、硅化和微斜长石化, 而且分类标准又不统一。而化学成分所反映的则是岩石的平均矿物含量和岩石在岩浆期结晶作用时的本质。

(3) “化学分类法”可将同一地区,

同属“一般分类法”中同一类岩性的岩石进行深入的对比如，在“一般分类法”中同属“二长花岗岩”的诸广山燕山期第2、8、4次侵入的花岗岩（见表3的例3、4、5）按，“化学分类法”确定 γ_2^2 、 γ_4^2 为“黑云母二长花岗岩”， γ_2^2 为“二云母二长花岗岩”，揭示出 γ_2^2 是一种比 γ_2^2 、 γ_4^2 富铝和过饱和的钙碱性花岗岩。就两次侵入的“黑云母二长花岗岩”而言，从早期到晚期，由 γ_2^2 到 γ_4^2 ，斜长石愈益偏酸性（ $An_{23.3} \rightarrow 14.6$ ）、暗色矿物含量下降（包括 $Bi_{7.9} \rightarrow 5.0$ ）和相对富钾 $Or/(Or+Pl) 43.4 \rightarrow 56.6$ 的分异特征。这些特征的区分，将使花岗岩中常量元素与稀有元素成矿专属性的对比工作更有成效。

（4）“化学分类法”还适用于来自不同地区但同属“一般分类法”中一种岩性的岩石进行比较。例如，香花岭与个旧的两种“酸性花岗岩”（表1中的例5和例11），按“化学分类法”，香花岭的属“二云母斜

长花岗岩”，个旧的属“钾钠花岗岩”，揭示出前者是一种斜长石偏基性的、相对富钾、强铝过饱和和钙碱性花岗岩，而后者则是一种斜长石偏酸性的、不富钾和弱铝过饱和的亚碱性花岗岩。又如，中国的花岗岩平均成分（黎彤，1963）虽与世界上花岗岩的平均成分（载里，1933）同属“化学分类法”中的“黑云母斜长花岗岩”（表2中的例1和例5），但仍可看出中国的花岗岩比世界的花岗岩平均成分含钾低（ $Or/[Or+Pl] = 32.5 \sim 34.4$ ），斜长石酸性较高（ $An = 17.6 \sim 22.8$ ）和富铝过饱和（ $Ms = 1.4 \sim 0.8$ ）。这些特征将为对比不同国家、不同地区的岩石化学资料创造了有利的条件。

苏联和西欧的岩石化学分类法，不是依据与化学成分相联系的实际矿物含量，而是根据岩石中硅的饱和程度与钾、钠、钙、镁、铝成分之间的比值，或者按照并不存在于岩石中的所谓“矿物基本分子”进行岩浆岩分类，使岩石化学分类脱离了实际。我们这次提出的花岗岩类岩石定量矿物化学分类的设计，虽在努力克服这种偏向，但也还有待实践来检验和完善。

附录一 所谓“花岗岩”内相的定量矿物化学分类的确定步骤*

（1）将分析结果的重置百分数换算成正电原子数，其总原子数为1770（参见表3）。

表3

氧化物	重量%	原子数	矿物正电原子数									
			Mt	Tit	Ap	(ΣK)	N	C (Ca')	Ho	Bi	K	Q
SiO ₂	68.57	1141		6			426	55	24	46	200.1	383.9
TiO ₂	0.58	6		6								
Al ₂ O ₃	14.23	279				(82)	142	55		15.3	66.7	
Fe ₂ O ₃	1.05	13	13									
FeO	2.68	38	7									
MnO	0.08	1										
MgO	1.16	29							15	46		
CaO	2.20	39		6	/	(82)		27 (6)	8			
NaO	4.40	142					142					
K ₂ O	3.90	82								15.3	66.7	
P ₂ O ₅	/	/			/							
总计		1770	20	18	/		710	137	45	122.6	333.5	383.9
百分数			1.1	1.0	/		40.1	7.7	2.5	6.9	18.8	21.7

(2) 确定类型:

$$2\text{Ca} + \text{K} + \text{Na} = 302 \quad \text{K} + \text{Na} = 224$$

$\text{Al} = 279$ 由于 $2\text{Ca} + \text{K} + \text{Na} > \text{Al} > \text{K} + \text{Na}$
故属正常系列。

(3) 计算副矿物: ①从 Fe^{3+} 原子数计算磁铁矿 (Mt) 的正电原子数:

$$\text{Mt} = \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO} = 13 + 7 = 20, \text{除以总原子数} 1770, \text{得百分数} \text{Mt} = 1.1\%$$

②从Ti原子数计算榍石 (Tit) 的正电原子数: $\text{Tit} = \text{CaTiSiO}_5 = 6 + 6 + 6 = 18$, 除以总原子数 1770, 得百分数 $\text{Tit} = 1.0\%$

③从P原子数计算磷灰石 (Ap) 的正电原子数:
 $\text{Ap} = \text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$

(4) 从K原子数按 $\text{K}:\text{Al} = 1:1$ 推算含钾矿物 (ΣK) 所需Al的正电原子数:

$$\Sigma\text{K} = 82$$

(5) 从Na原子数计算钠长石 (N) 的正电原子数:
 $\text{N} = \text{NaAlSi}_3\text{O}_8 = 142 + 142 + 426 = 710$, 除以总原子数 1770, 得百分数 $\text{N} = 40.1\%$

(6) 从剩余Al原子数计算钙长石 (C) 的正电原子数:

$$\text{C} = \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 = 27 + 55 + 55 = 137, \text{除以总原子数} 1770, \text{得百分数} \text{C} = 7.7\%$$

(7) 从剩余Ca原子数计算角闪石 (Ho) 的正电原子数:

$$\text{Ho} = \text{Ca}_2(\text{Mg} \cdot \text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$$

$$= 6 + 15 + 24 = 45, \text{除以总原子数} 1770, \text{得百分数} \text{Ho} = 2.5\%$$

(8) 从剩余 Fe^{2+} 和Mn、Mg的原子数计算黑云母 (Bi) 的正电原子数:

$$\text{Bi} = \text{K}(\text{FeMgMn})_3\text{Al}_1\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH} \cdot \text{F})_2 \\ = 15.3 + 46 + 15.3 + 46 = 122.6, \text{除以总原子数} 1770, \text{得百分数} \text{Bi} = 6.9\%$$

(9) 从剩余K原子数计算钾长石 (K) 的正电原子数:

$$\text{K} = \text{KAlSi}_3\text{O}_8 = 66.7 + 66.7 + 200.1 = 333.5 \\ \text{除以总原子数} 1770, \text{得百分数} \text{K} = 18.8\%$$

从剩余Si原子数计算石英 (Q) 的正电原子数:

$$\text{Q} = 1141 - (6 + 426 + 55 + 24 + 46 + 200.1) \\ = 383.9, \text{除以总原子数} 1770, \text{得百分数} \\ \text{Q} = 21.7\%$$

(11) 归纳由化学成分换算而得的主要造岩矿物指标:

$$\text{Q} = 21.7, \text{Pl} = \text{N} + \text{C} = 47.8, \text{Or} = \text{K} = 18.8,$$

$$\text{Ot} = \frac{\text{Or}}{\text{Or} + \text{Pl}} 100 = 28.2, \text{An} = \frac{\text{C}}{\text{Pl}} 100 = 16.1$$

$$\text{Ho} = 2.5, \text{Bi} = 6.9$$

(12) 《化学分类》命名:

因 $\text{An} = 16.1$, 可依 $\text{Q} = 21.7$, $\text{Ot} = 28.2$ 查图 1 属 9 类—花岗闪长岩。

故不属花岗岩, 无须查图 3 让云母类矿物参与命名。

附录二 花岗闪长岩外相的定量矿物化学分类的确定步骤:

(1) 将分析结果的重量百分数换算成正电原子数, 其总原子数为 1746 (参见表 4)。

表 4

氧化物	重量 %	原子数	矿物正电原子数											
			Mt	Tit	A	(ΣK)	C	N	(Al')	Bi	Ms	K	NaO	Q
SiO_2	65.53	1091		6			32	438		68	0	174	23	350
TiO_2	0.58	6		6										
Al_2O_3	15.10	296				(81)	32	146	(37)	23+14	0	58	23	
Fe_2O_3	1.88	24	24											
FeO	2.39	33	12											
MnO	0.06	1								86				
MgO	1.87	46												
CaO	1.26	22		6	—		16							
Na_2O	4.27	146						146						
K_2O	3.87	81				(81)				23	0	58		
P_2O_5	—	—			—									
总计		1746	36	18	—		80	730		196	0	290	46	350
百分数			2.1		—		4.6	41.7		11.2	0	16.6	2.6	20.0

(2) 确定类型:

$$2\text{Ca} + \text{K} + \text{Na} = 271, \text{K} + \text{Na} = 227, \text{Al} = 296$$

因 $\text{Al} > 2\text{Ca} + \text{K} + \text{Na}$, 故属铝过饱和系列。

(3) 计算副矿物:

①从 Fe^{+3} 原子数计算磁铁矿 (Mt) 的正电原子数:

$$\text{Mt} = \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO} = 24 + 12 = 36, \text{除以总原子数} 1746, \text{得百分数} \text{Mt} = 2.1\%$$

②从 Ti 原子数计算榍石 (Tit) 的正电原子数:

$$\text{Tit} = \text{CaTiSi}_2\text{O}_6 = 6 + 6 + 6 = 18, \text{除以总原子数} 1746, \text{得百分数} \text{Tit} = 1.0\%$$

③从 P 原子数计算磷灰石的正电原子数:

$$\text{Ap} = \text{Ca}_5\text{P}_2\text{O}_8$$

(4) 从 K 原子数按 $\text{K}:\text{Al}=1:1$ 推算含钾矿物 (ΣK) 所需 Al 正电原子数:

$$\Sigma\text{K} = 81$$

(5) 从剩余 Ca 原子数计算钙长石 (C) 的正电原子数:

$$\text{C} = \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 = 16 - 32 + 32 = 80, \text{除以总原子数} 1746, \text{得百分数} \text{C} = 4.6\%$$

(6) 从 Na 原子数计算钠长石 (N) 的正电原子数:

$$\text{N} = \text{NaAlSi}_3\text{O}_8 = 146 + 146 + 438 = 730, \text{除以总原子数} 1746, \text{得百分数} \text{N} = 41.7\%$$

(7) 计算组成斜长石后的剩余 Al 原子数 (Al')

$$\text{Al}' = 296 - 81 - 32 - 146 = 37$$

(8) 从剩余 Fe^{+2} 和 Mn、Mg 的原子数计算黑云母 (Bi) 的正电原子数:

$$\text{Bi} = \text{K}(\text{FeMgMn})_3\text{Al}_{1-3}\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH}\cdot\text{F})_2$$

$$= 23 + 68 + 37 + 68 = 196, \text{除以总原子数} 1746, \text{得百分数} \text{Bi} = 11.2\%$$

(9) 从剩余 Al 原子数计算白云母 (Ms) 的正电原子数:

$$\text{Ms} = \text{KAl}_2\cdot\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 = 0$$

(10) 从剩余 K 原子数计算钾长石 (K) 的正电原子数:

$$\text{K} = \text{KAlSi}_3\text{O}_8 = 58 + 58 + 174 = 290, \text{除以总原子数} 1746, \text{得百分数} \text{K} = 16.6\%$$

(11) 从剩余 Al 原子数计算高岭土 (KaO) 的正电原子数:

$$\text{KaO} = \text{Al}_4(\text{OH})_8\text{Si}_4\text{O}_{10} = 23 + 23 = 46, \text{除以总原子数} 1746, \text{得百分数} \text{KaO} = 2.6\%$$

(12) 从剩余 Si 原子数组成石英 (Q) 的正电原子数:

$$\text{Q} = 1091 - (6 + 32 + 438 + 68 + 174 + 23) = 350, \text{除以总原子数} 1746, \text{得百分数} \text{Q} = 20.0\%$$

(13) 归纳由化学成分换算而得的造岩矿物指标:

$$\text{Q} = 20, \text{Pl} = \text{N} + \text{C} = 46.3, \text{Or} = \text{K} + \text{KaO} = 19.2,$$

$$\text{Bi} = 11.2, \text{Ms} = 0$$

$$\text{Ot} = \frac{\text{Or}}{\text{Or} + \text{Pl}} 100 = 29.4 \quad \text{An} = \frac{\text{C}}{\text{Pl}} 100 = 10,$$

$$\text{Bi} = 11.2, \text{Ms} = 0$$

(14) 《化学分类》命名:

因 $\text{An} = 10$, 可依 $\text{Q} = 20$, $\text{Ot} = 29.4$ 查图 1 属 9 类—花岗闪长岩

故不是花岗岩, 无须查图 3 让黑云母参与命名。

参 考 文 献

- ①邢抚安: 关于花岗闪长岩的命名及其有关岩石定量矿物分类问题的讨论。《地质与勘探》1974年第5期。
- ②顾鹏: 岩石化学研究方法讨论。《地球化学》1972年第3期。
- ③三所一室花岗岩组: 花岗岩类岩石化学计算新方法的探讨。《放射性地质》1975年第2期。
- ④王永祯: 河北某铜矿床成矿控制因素及其赋存规律。《地质与勘探》1974年第5期。
- ⑤北京地质学院岩石教研室: 《岩浆岩岩石学》。中国工业出版社1965年版。
- ⑥C. Д. 契特维里科夫: 《岩石化学换算指南》。中国工业出版社1963年版。
- ⑦王联魁: 南岭诸山花岗岩体的多次侵入活动和某些地球化学特征。《地球化学》1975年第3期。

*附录一、二依据岩浆地球化学作用中 $\text{Fe} \rightarrow \text{Mg} \rightarrow \text{Ca} \rightarrow \text{Na} \rightarrow \text{K}$ 的晶出顺序, 即从早到晚, 先副矿物后造岩矿物, 先暗色矿物后浅色矿物的一般原则, 对有关定量矿物化学的计算方法②、③略加整理而得。