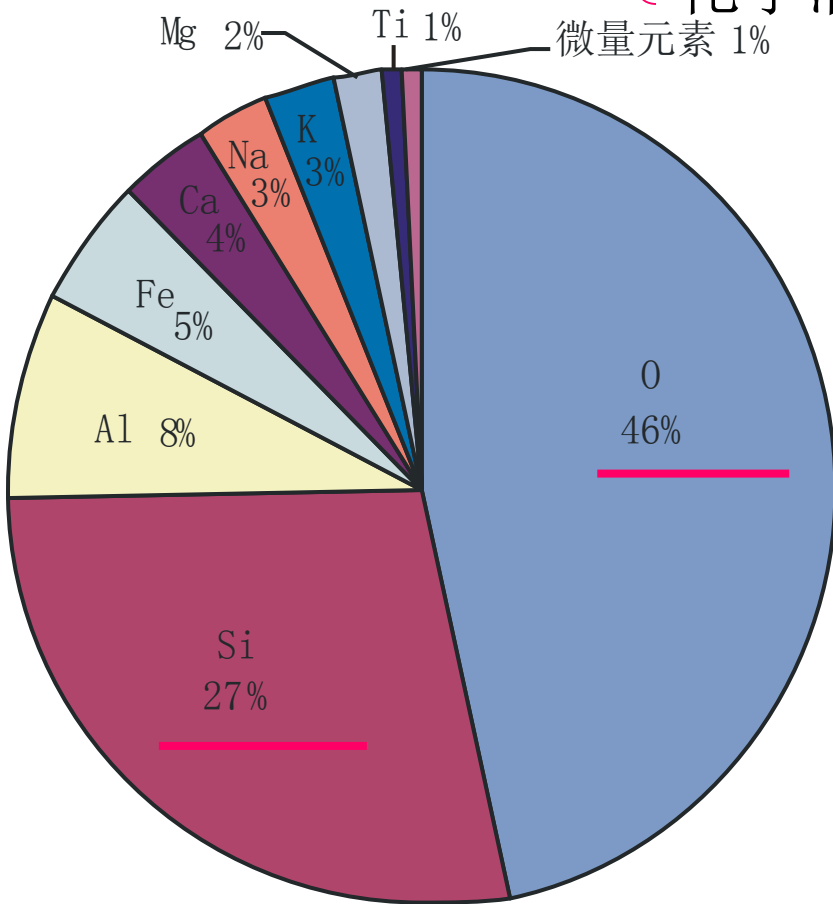


第二章 岩浆岩的物质成分

(一) 岩浆岩的化学成份

109种化学元素



含量可相差百万倍

在岩石中出现的

化学活 O Si Al Fe Ca Na KMg Ti等九种元素，是岩浆岩中的主要化学元素，它们占岩浆岩化学元素总量的99%以上，因而把这九种元素称为**造岩元素(主量元素)**

除上述九种元素外，周期表中的其它元素在岩浆岩中的总量不超过1%，因而称之为**微量元素**

岩浆岩的化学成分通常以氧化物来表示，其中含量最多的是 SiO_2 、 Al_2O_3 、 **Fe_2O_3** 、 **FeO** 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 、 H_2O 、 TiO_2 等11种氧化物，它们的平均含量约占岩浆岩总量的98%以上，故称之为**主要造岩氧化物**。

岩浆岩的平均化学成分

世界 (1)		中国 (2)	
氧化物	重量%	元素	重量%
SiO ₂	59.14	O	46.42
Al ₂ O ₃	15.34	Si	26.42
Fe ₂ O ₃	3.08	Al	8.08
FeO	3.80	Fe	5.08
MgO	3.49		
CaO	5.08		
Na ₂ O	3.84	Na	2.83
K ₂ O	3.13	K	2.58
H ₂ O	1.15	Ti	0.72
TiO ₂	1.05	P	0.158
P ₂ O ₅	0.299	H	0.130
MnO	0.124	Mn	0.125
CO ₂	0.101		
其他	0.376	其他	0.586

硅酸盐矿物

岩浆岩主要由硅酸盐矿物组成

Fe_2O_3 换算成 FeO^* , $\text{FeO}^* = 0.8998 \times \text{Fe}_2\text{O}_3$

$\text{TFeO} = \text{FeO} + \text{FeO}^*$, $\text{TFeO} = \text{FeO} + 0.8998 \text{Fe}_2\text{O}_3$

$\text{TFe}_2\text{O}_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 1.1113 \text{FeO}$

实验室只能测出二价铁和全铁，无法单独测出三价铁，因此三价铁的求法是

$\text{Fe}_2\text{O}_3 = (\text{全铁 TFeO} - \text{FeO}) / 0.8998$

或者 $\text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{TFe}_2\text{O}_3 - 1.1113 \text{FeO}$

主量标准化1	藏南	藏南	藏南	藏南	藏南	藏南
Data sources	Guo,2013,CMP	Guo,2013,CMP	Guo,2013,CMP	Zhao, 2009	Gao, 2007	Guo,2013,CMP
Sample no.	CH4	C25	C76	XR02-1	CHZ-11	C10
Locality	Chazi	Chazi	Chazi	Xuru lake	Chazi	Chazi
Sum on volatile free	100.00	100.00	100.00	96.29	98.04	100.00
SiO2	56.53	57.18	55.87	54.49	54.57	56.14
TiO2	1.55	1.62	1.52	1.57	1.63	1.43
Al2O3	12.84	12.09	12.77	13.25	12.82	12.57
Fe2O3	7.35	5.52	6.83	3.01	3.35	6.47
FeO				2.99	2.98	
MnO	0.11	0.14	0.12	0.10	0.10	0.14
MgO	6.76	6.61	6.43	6.67	6.45	6.19
CaO	7.01	6.75	7.25	6.41	7.26	6.85
Na2O	1.83	2.48	2.26	1.94	1.64	2.14
K2O	5.35	6.49	6.03	8.34	7.85	7.16
P2O5	0.67	1.12	0.92	1.23	1.35	0.91
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Mg#	0.69	0.75	0.70	0.72	0.71	0.70
K2O+Na2O	7.18	8.97	8.29	10.28	9.50	9.30
FeO*	6.61	4.97	6.15	5.70	5.99	5.82
TFe2O3	7.35	5.52	6.83	6.34	6.66	6.47
FeO*/MgO	0.98	0.75	0.96	0.86	0.93	0.94

(二) 岩浆岩的化学成分分类

岩浆岩中 SiO_2 平均为59.14%，一般为20—70%

SiO_2 含量  岩浆岩中矿物种属及含量

可以根据 SiO_2 含量对岩浆岩进行分类：

岩石类型	SiO_2 含量
超基性岩	<45%
基性岩	45—52%
中性岩	52—65%
酸性岩	>65%

岩浆岩中 SiO_2 很少超过75%，也不低于20%，有人将 $\text{SiO}_2 > 75\%$ 的岩浆岩称为超酸性岩

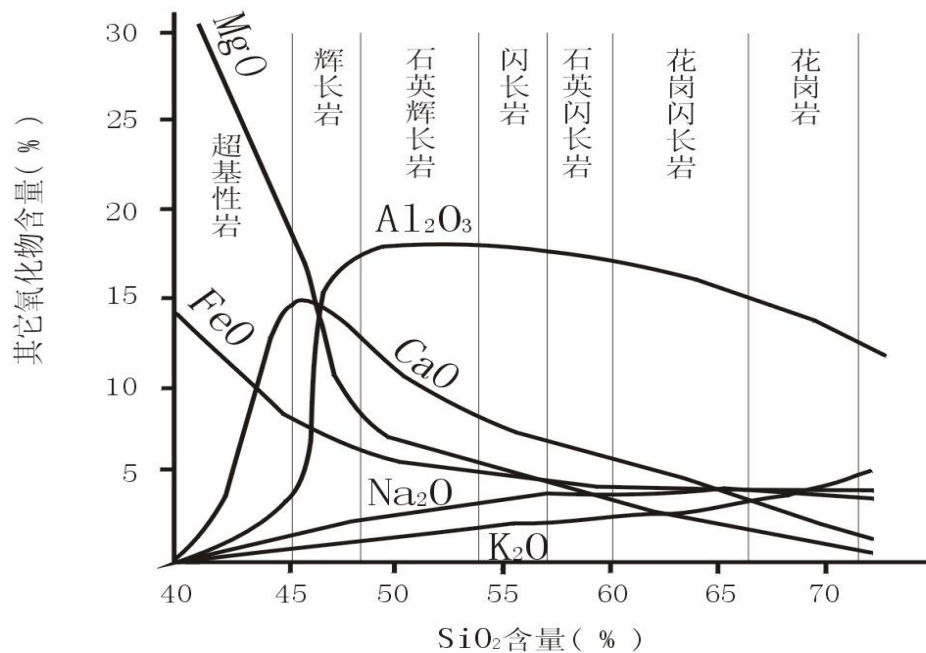
(三) 化学成分的变化规律★

从超基性岩至酸性岩，

随 SiO_2 含量逐渐增高

(1) MgO 、 FeO 含量逐渐减少

钙碱性岩浆岩中 SiO_2 与其它氧化物之间的关系



(2) K_2O 、 Na_2O 含量增加， K_2O 含量增加更为显著

(3) CaO 含量在橄榄岩中较低，在辉石岩和基性岩中急剧增加，随后急剧降低

(4) Al_2O_3 含量在超基性岩中含量最少，在其他岩类中含量平均在百分之十几，变化幅度很小

二、岩浆岩的矿物成分

1、造岩矿物

岩浆岩中常见矿物及其含量

矿物	含量 (%)	矿物	含量 (%)	矿物	含量 (%)
碱性长石	31	橄榄石	2.6	绿泥石及蛇纹石	0.6
斜长石	29.2	角闪石	1.7	磷灰石	0.6
石英	12.4	白云母	1.4	楣石	0.3
辉石	12	霞石	0.3		
黑云母	3.8	不透明矿物	4.1		

地壳中已知的矿物有3000多种，但常见的组成岩石的矿物也就20—30种，通常把这些矿物称为**造岩矿物**。

如石英、长石、角闪石、辉石、橄榄石、云母、霞石、白榴石、磁铁矿、磷灰石等十种矿物

2、造岩矿物的分类

	正长岩	花岗岩	花岗闪长岩	石英闪长岩	闪长岩	辉长岩	辉绿岩	纯橄榄岩
石英		25	21	20	2			
钾长石	72	40	15	6	3			
斜长石	12	26	46	56	64	65	2	
黑云母	2	5	3	4	5	1	1	
角闪石	7	1	3	8	12		1	
辉石	4			4	11	20	29	
橄榄石						7	3	95

造岩矿物的分类

(1) 依据含量及其在岩石命名中的作用

主要矿物

在岩石中含量较多，对划分岩石大类起决定作用的矿物，是确定岩石名称不可缺少的，如花岗岩中的石英、钾长石、斜长石。

次要矿物

在岩石中含量较少，对划分岩石大类不起作用，但可以用来确定岩石种属的矿物，如闪长岩类中的石英。

副矿物

含量少，通常少于1%，个别情况下可达5%，在一般分类和命名中不起作用的矿物。常见的副矿物有：磁铁矿、磷灰石、榍石、锆石等

(2) 依据矿物的颜色及化学成分

暗色矿物

浅色矿物

又称铁镁矿物， FeO 、 MgO 含量高、 SiO_2 含量低，如角闪石、黑云母、辉石等，矿物颜色一般较深。

又称硅铝矿物， SiO_2 及 Al_2O_3 含量高，不含铁镁组分，如长石、石英等，矿物的颜色一般较浅。

依据色率鉴别岩石类型

岩石的色率——暗色矿物在岩浆岩中的含量(体积百分数)

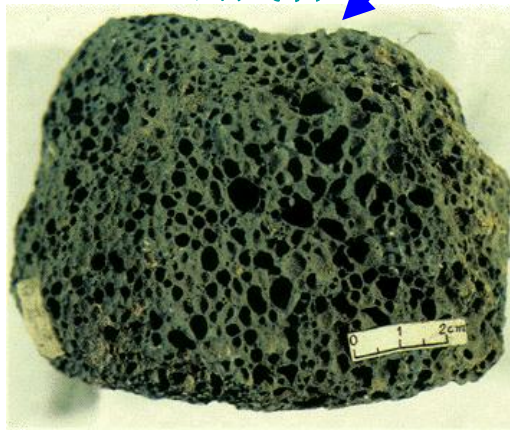
注意：岩石的色率 颜色

岩石	超基性岩	基性岩	中性岩	酸性岩
色率	>90	40-90	15-40	<15

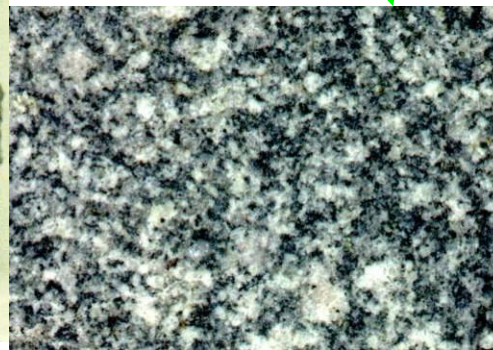
辉石岩



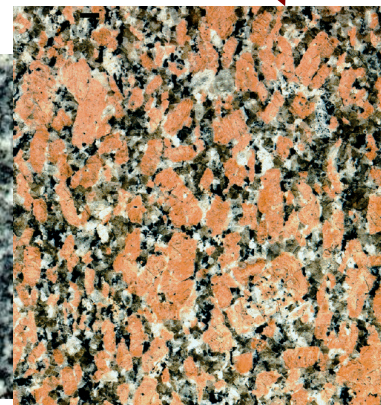
玄武岩



花岗闪长岩



花岗岩



(3) 依据矿物形成时间的先后

原生矿物

岩浆冷凝过程中形成的矿物，包括岩浆作用晚期析出的富含挥发分的矿物，如萤石、电气石等

成岩矿物

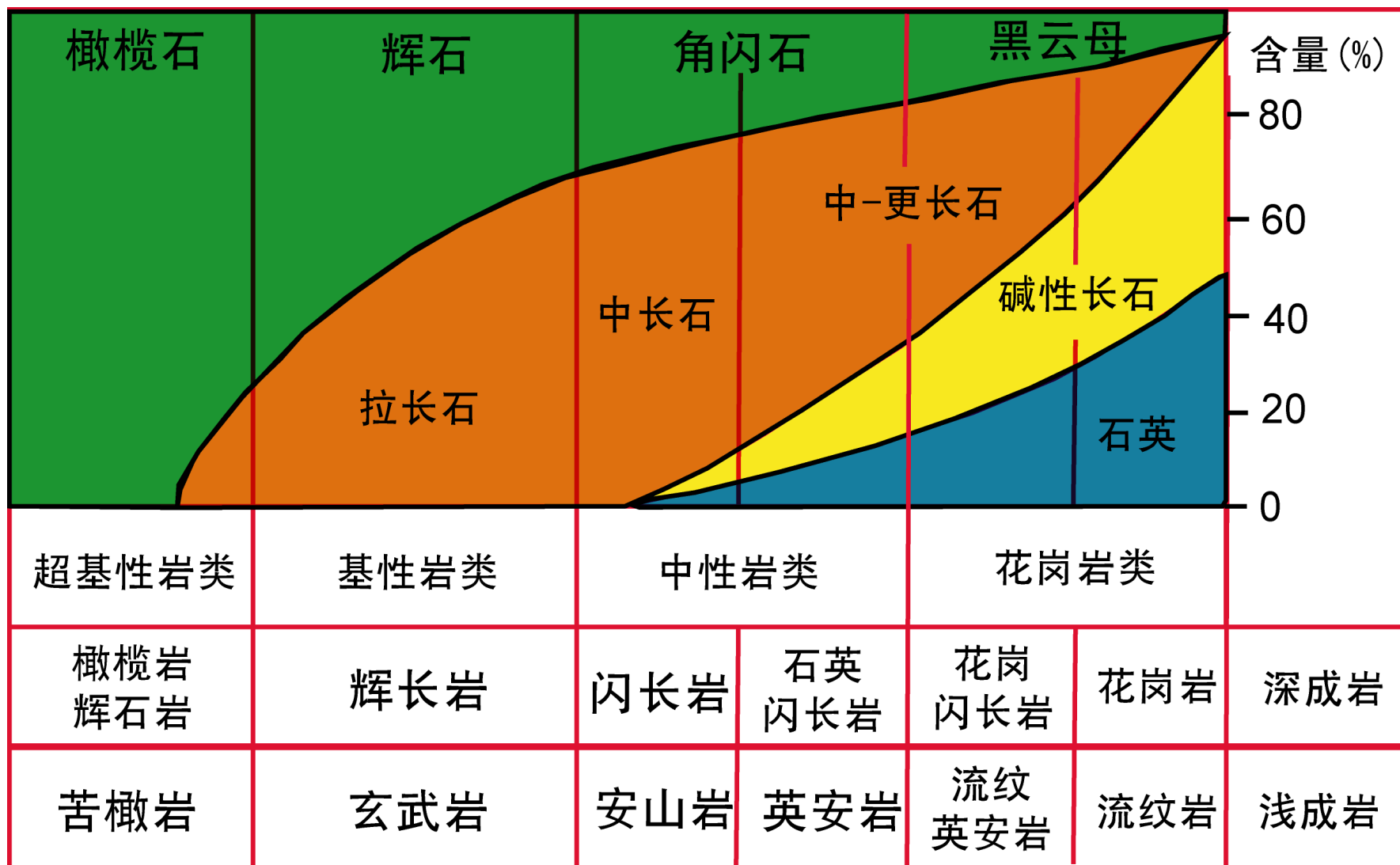
岩浆结晶后，由于外界物理化学条件的变化，如温度和压力的降低，由原生矿物发生转变而新形成的矿物。如 β - α 石英、透长石-正长石、条纹长石等。

次生矿物

岩浆岩形成后，原生矿物受热液蚀变改造而形成的新矿物，如橄榄石蚀变而成的蛇纹石和伊丁石等。

3、岩浆岩中矿物组分的共生组合规律

岩浆岩中矿物成分的分布及组合特点



岩浆岩中矿物成分的组合特点

暗色矿物

浅色矿物

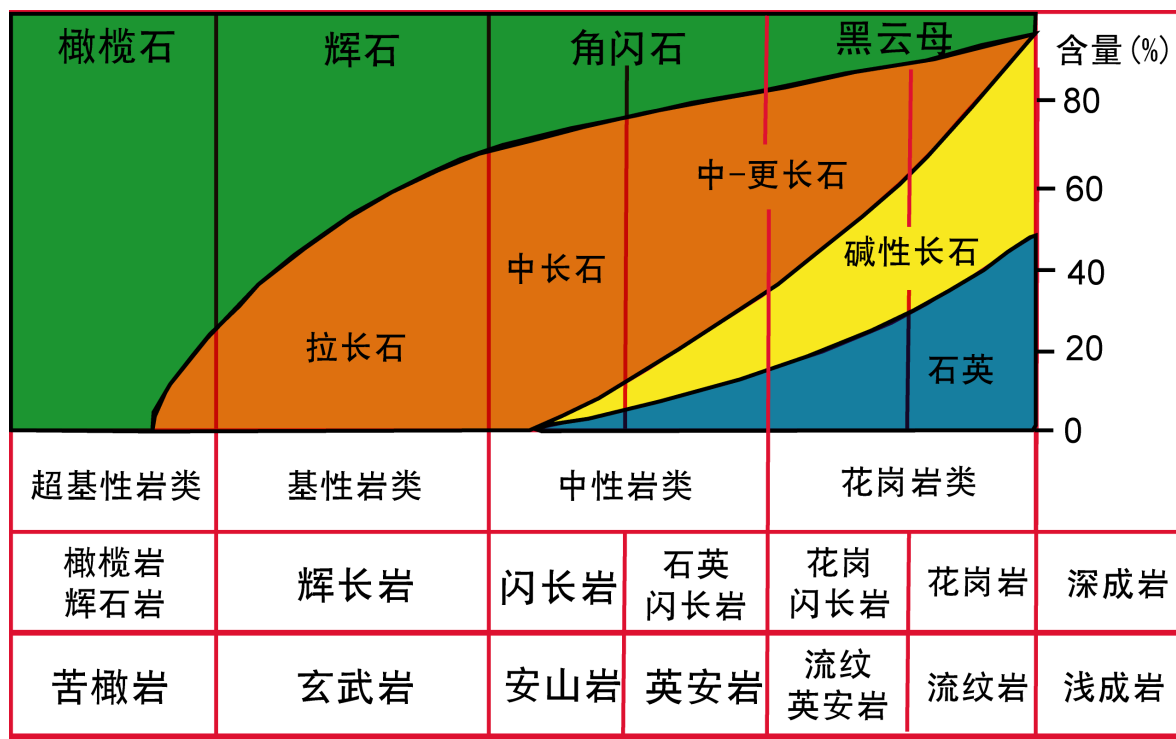
岩石类型

橄榄石——基性斜长石（很少或无）——超基性岩

辉石——基性斜长石（拉、培长石）——基性岩

角闪石——中性斜长石——中性岩

黑云母——钾长石——酸性斜长石——石英——酸性岩

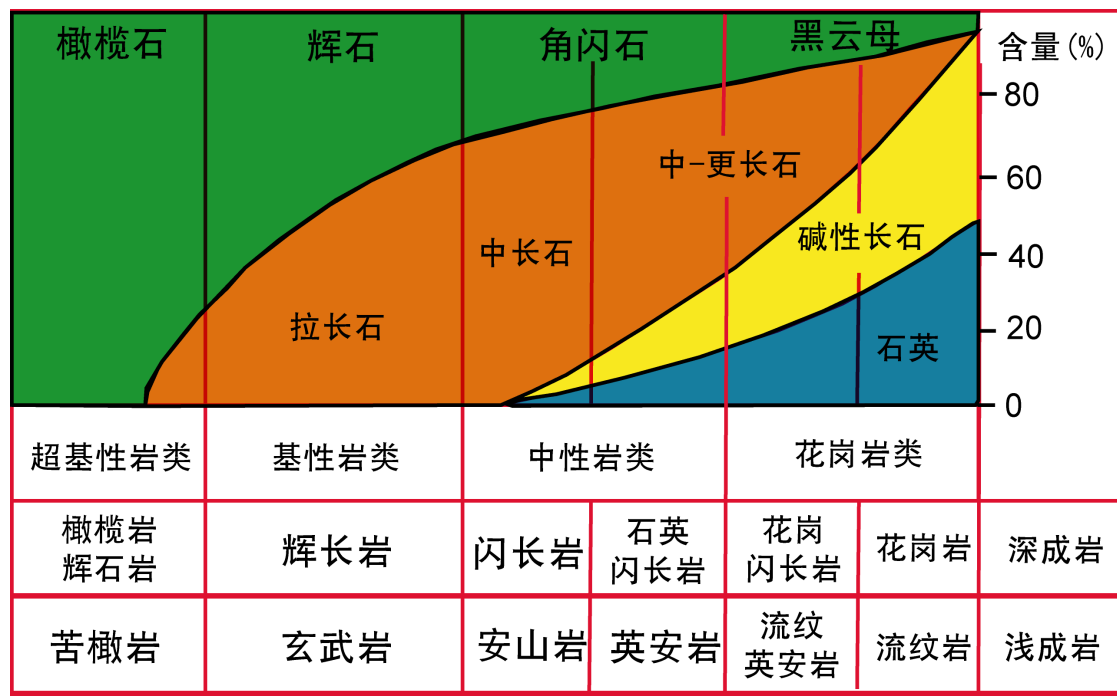


(a) 随SiO₂含量的增加，从超基性岩至酸性岩，暗色矿物含量逐渐减少，浅色矿物含量逐渐增加。

(b) 随SiO₂含量的增加，从超基性岩至酸性岩，暗色矿物由橄榄石为主，到辉石、角闪石，逐渐变为黑云母。

(c) 随SiO₂含量的增加，从超基性岩到酸性岩，斜长石由基性变为酸性，钾长石从中性岩出现，酸性岩含量最高

(d) 石英从中性岩出现，至酸性岩大量出现。



4、火成岩中的矿物共生组合规律

※6 种典型的岩浆岩矿物共生组合

(1) 橄榄石 + 辉石组合：相当于超基性岩，钙、铁、镁多而硅少，且贫碱，出现大量镁铁矿物（橄榄石—辉石等），不出现石英和长石。

(2) 基性斜长石 + 辉石组合：相当于基性岩，铝和钙较多，铁、镁和硅均较充分，主要形成基性斜长石和辉石，二者近于1:1，不出现石英。

(3) 中性斜长石 + 角闪石组合：相当于中性岩，钠、钾略有增加，铝、硅、钙、铁、镁均较充分，主要形成中性斜长石、角闪石、黑云母，可能出现少量石英和钾长石。浅色矿物：暗色矿物 \approx 2:1。

4、火成岩中的矿物共生组合规律

※6 种典型的岩浆岩矿物共生组合

(4) 石英+钾长石+酸性斜长石+黑云母组合：相当于酸性岩，钠、钾、硅含量高，铁、镁、钙低，石英、钾长石、酸性斜长石等浅色矿物为主。

(5) 钾长石+黑云母+角闪石组合：其 SiO_2 相当于中性岩，钠、钾高，而铁、镁低，大量出现钾长石。（偏碱性岩）

(6) 霞石+白榴石+钾长石+碱性暗色矿物组合：其 SiO_2 接近于基性岩（平均53.36%），钠、钾含量很高，出现霞石、白榴石等矿物，因钠过多，故常出现碱性暗色矿物。（过碱性岩）

三、火成岩化学成分与矿物共生组合的关系

1. SiO_2 饱和度对矿物共生组合的影响

(3) 岩浆中 SiO_2 饱和:

除上述以外的一些矿物，如铁橄榄石、大多数辉石、角闪石类、云母类和长石类矿物都属于硅酸饱和矿物，都可以与石英平衡共生。

※ 提示:

过饱和岩石

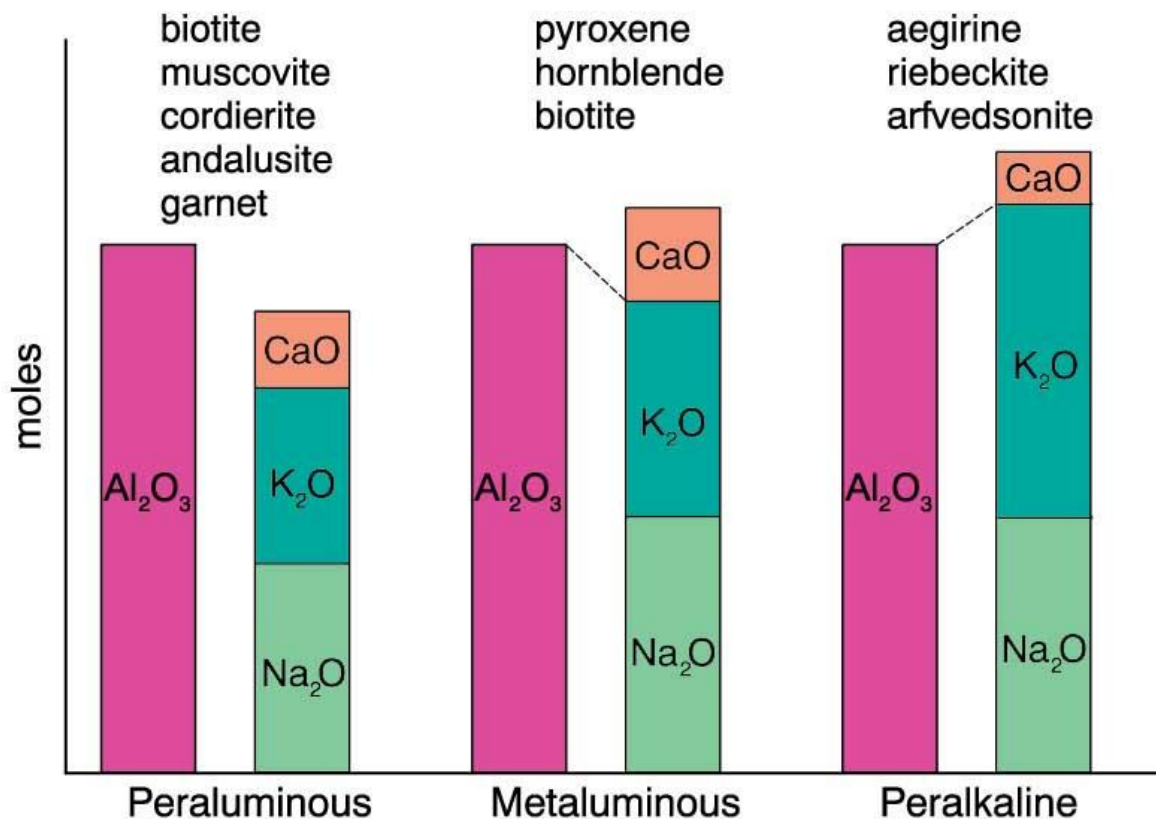
饱和岩石

不饱和岩石

三、火成岩化学成分与矿物共生组合的关系

2、 Al_2O_3 和 $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 的含量对矿物成分的影响

不同的碱和 Al_2O_3 含量火成岩，其矿物组合有很大差别。具体可简单总结如下：



(1) 铝过饱和岩石（过铝质岩石）：



特征是常出现富铝的矿物，如白云母、黄玉、电气石、锰铝—铁铝榴石、刚玉、红柱石和矽线石，斜长石、钾长石和石英是常见矿物。如，过铝质花岗岩

(2) 钙碱性岩石（偏铝质岩石）：

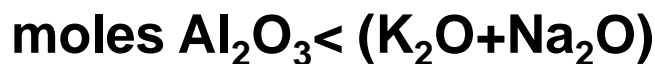


出现的矿物是黑云母、普通角闪石、普通辉石、透辉石、斜长石、碱性长石和石英。不见碱度高的暗色矿物。

三、火成岩化学成分与矿物共生组合的关系

2、 Al_2O_3 和 $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 的含量对矿物成分的影响

(3) 碱过饱和岩石（过碱质岩石）：



以出现碱性铁镁矿物为特征，如霓辉石、霓石、黑榴石、钠闪石、钠铁闪石和富铁云母等，还有黄长石、碱性火山玻璃，以碱性长石为主，副长石常见。而斜长石无或很少，石英只在高硅岩石中出现，其它岩石中无或很少。

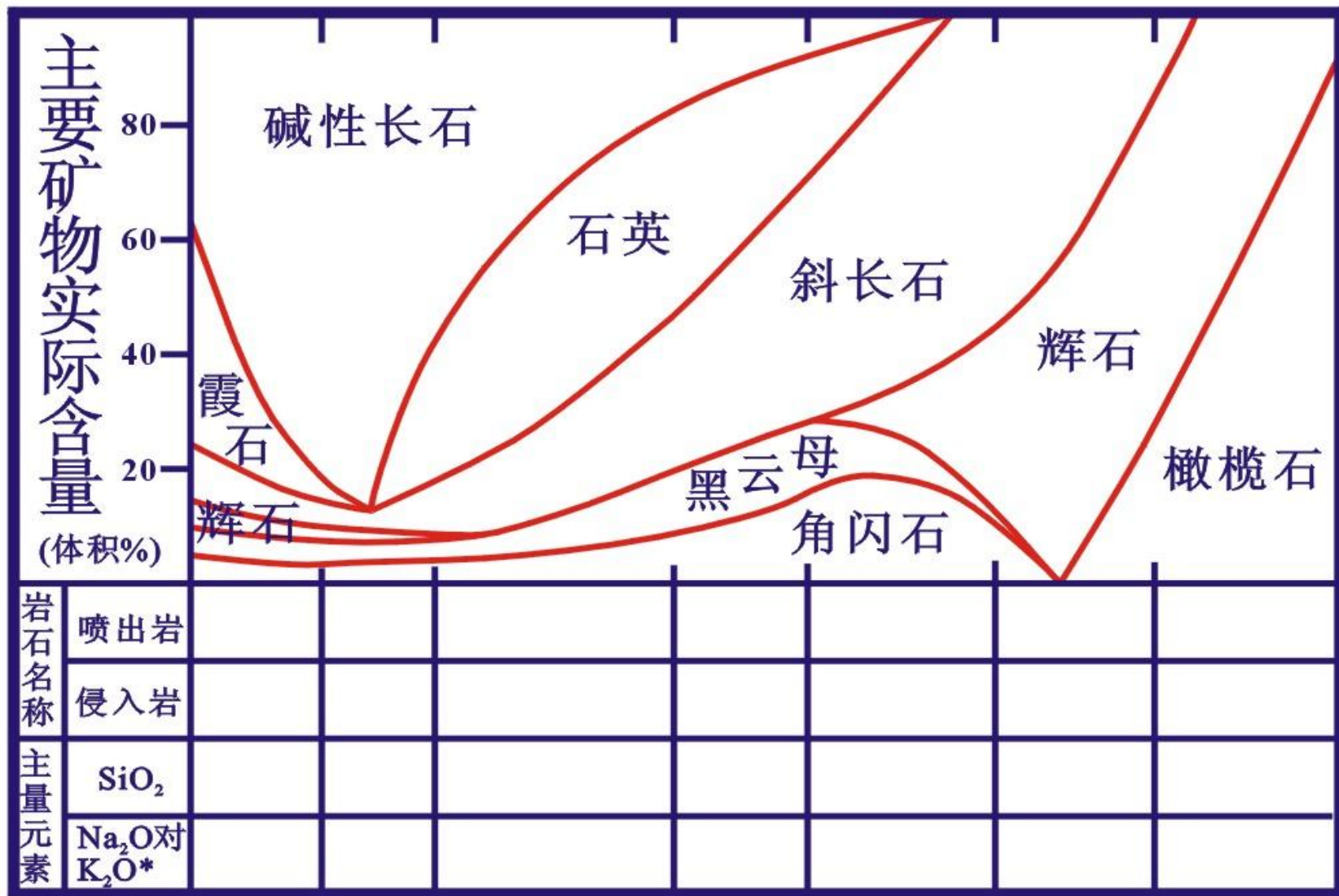
四、火成岩形成条件对矿物组合的影响

1、**深成岩**：岩浆在地下深处，温度下降缓慢，压力较高，结晶时间充足——低温矿物组合。

出现： α -石英、正长石、微斜长石、低温斜长石、普通辉石、透辉石，角闪石和黑云母无暗化，无玻璃质。

2、**火山岩**：环境由地下高温高压急速变成地表的常温常压，岩浆冷却快来不及结晶形成玻璃或生成细粒矿物——高温矿物组合（喷出后结晶的和早先于地下结晶的矿物都有）和含水矿物暗化。

出现： β -石英、方石英、鳞石英、透长石、歪长石、高温斜长石、白榴石、易变辉石、玻璃质，角闪石和黑云母多暗化。



*指Na₂O>K₂O, 或<, >>, <<, ≥, ≤ 等6种情况

据火成岩矿物组合确定岩石名称与主量元素

五、火成岩中矿物组成研究方法

1、显微镜

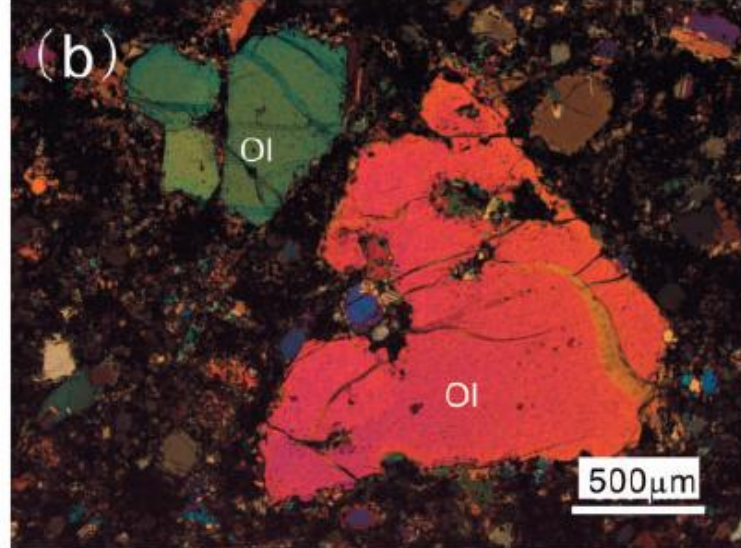
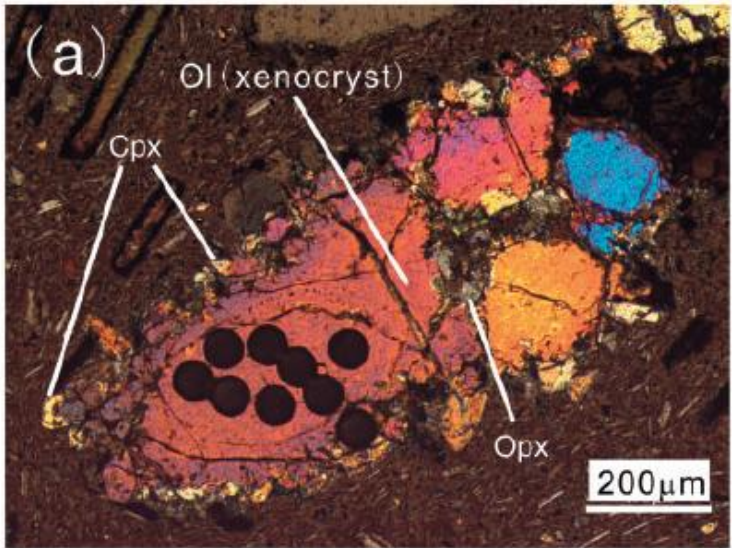


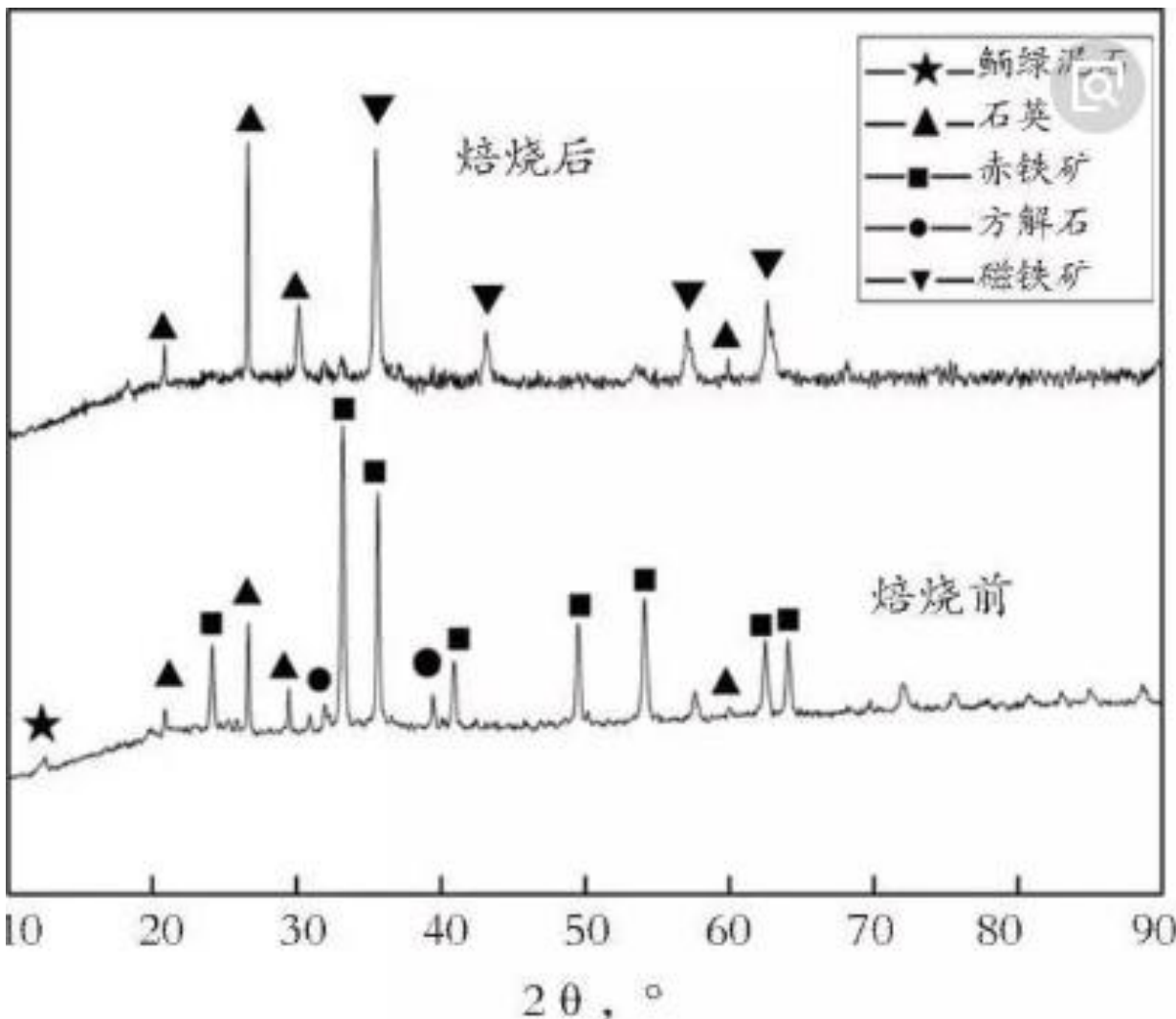
Table 2: Phenocryst and groundmass minerals of the K-rich mafic magmatic rocks in south Tibet

Field. no.	Sample no.	Field name	Facies	Mg-no.	Phenocrysts	Groundmass
1	GZ-S05	Shiquanhe	lava flow	0.72	Cpx + Ol + Phl	Phl + Cpx + Sa + Fe-Ti + G
1	GZ-S06	Shiquanhe	lava flow	0.72	Phl + Cpx + Sa	Cpx + Phl + Sa + G
1	GZ-S12	Shiquanhe	lava flow	0.76	Ol + Phl + Cpx + Fe-Ti	Cpx + Phl + Sa + Fe-Ti + G
1	GZ-S15	Shiquanhe	lava flow	0.70	Phl + Cpx + Fe-Ti	Phl + Cpx + Sa + G
1	GZ-S27	Shiquanhe	lava flow	0.72	Ol + Cpx + Fe-Ti	Cpx + Ol + Phl + Sa + Fe-Ti
1	SOH-08	Shiquanhe	lava flow	0.78	Ol + Phl + Cpx	Ol + Phl + Cpx + Sa + Fe-Ti + G
1	SOH-15	Shiquanhe	lava flow	0.74	Ol + Phl + Cpx + Fe-Ti	Cpx + Sa + Phl + Ap
3	16YS	Bongba	lava flow	0.75	Ol + Phl + Cpx + Sa	Phl + Cpx + Sa + Ap
3	20YS	Bongba	lava flow	0.74	Phl + Ol + Cpx + Ap	Cpx + Phl + Sa + Fe-Ti + G
3	23YS	Bongba	lava flow	0.72	Ol + Phl + Cpx + Ap	Cpx + Sa + Phl + Fe-Ti + Ap + G
3	25YS	Bongba	lava flow	0.77	Ol + Cpx + Phl	Ol + Cpx + Phl + Sa + Ap + Pl + G
3	JS07	Bongba	lava flow	0.74	Cpx + Ol + Phl	Cpx + Sa + Phl + Ap + Fe-Ti
4	99-B06	Xungba	lava flow	0.80	Ol + Cpx + Phl + Fe-Ti	Sa + Cpx + Phl + Fe-Ti
4	99-B09	Xungba	lava flow	0.73	Ol + Cpx + Phl	Phl + Ol + Sa + Cpx + G
4	99-B23	Xungba	lava flow	0.74	Ol + Cpx + Phl	Cpx + Sa + Phl + Fe-Ti + Ap
4	99-C12	Xungba	lava flow	0.74	Ol + Phl + Cpx	Cpx + Ol + Sa + Pl + Fe-Ti + Ap
11	99-C15	Sailipu	lava flow	0.76	Ol + Cpx + Phl	Ol + Phl + Cpx + G
11	99-C28	Sailipu	lava flow	0.76	Ol + Cpx + Sa	Ol + Phl + Cpx + Sa

五、火成岩中矿物组成研究方法

2、X衍射

样品为粉末



五、火成岩中矿物组成研究方法

3、电子探针

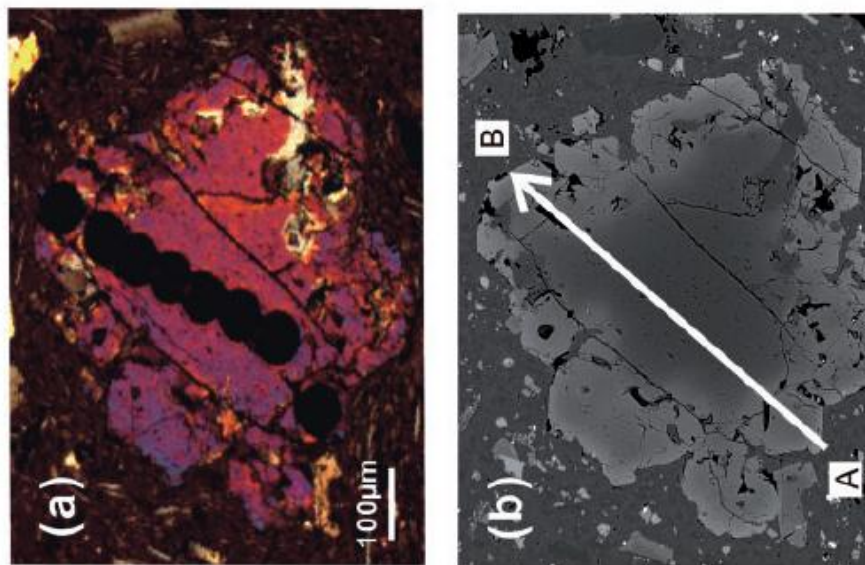


表 1 火山喷发物斑晶中原生岩浆包裹体和基质玻璃的电子探针分析结果(%)^{a)}

样号	样品层位	主晶/基质	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	F	Cl	H ₂ O	总量
18(L)	18(6)	石英	61.88	0.68	14.85	4.32	0.11	2.14	3.64	4.41	3.83	0.38	0.052	0.224	0.387	3.097	96.903
18(L)	18(6)	石英	62.57	0.63	14.66	3.68	0.12	1.97	3.08	4.31	4.02	0.37	0.051	0.236	0.403	3.900	96.100
18(L)	18(6)	石英	62.72	0.65	14.73	3.79	0.11	1.93	3.06	4.22	4.05	0.37	0.051	0.245	0.416	3.658	96.342
18(L)	18(6)	透长石	61.83	0.71	15.08	4.41	0.09	2.17	3.69	4.39	3.85	0.41	0.055	0.227	0.365	2.723	97.277
18	18	基质	62.09	0.68	15.59	3.63	0.13	2.14	3.16	6.52	4.28	0.36	0.032	0.136	0.078	1.174	98.826
19	19	透长石	55.38	0.81	17.49	5.27	0.08	3.88	4.83	3.76	3.14	0.76	0.069	0.134	0.158	4.239	95.761
19	19	基质	56.94	0.78	16.96	5.16	0.07	3.81	4.75	3.88	3.54	0.82	0.044	0.124	0.125	2.997	97.003
20(U)	20(2)	透长石	60.11	0.81	15.32	4.82	0.18	1.91	4.57	4.15	3.54	0.54	0.071	0.172	0.156	3.651	96.349
20(M)	20(5)	石英	61.09	0.91	15.07	4.75	0.14	1.84	3.51	4.28	3.87	0.38	0.064	0.156	0.145	3.795	96.205
20(L)	20(10)	透长石	59.61	0.82	15.68	4.59	0.14	2.07	4.51	4.06	3.79	0.58	0.053	0.166	0.138	3.793	96.207
20	20	基质	61.32	0.95	15.49	4.82	0.11	1.92	3.83	4.91	4.18	0.46	0.045	0.149	0.125	1.691	98.309
21(U)	21(1)	石英	60.18	0.79	15.08	4.27	0.12	1.98	4.69	4.59	4.36	0.48	0.054	0.129	0.144	3.133	96.867
21(U)	21(1)	基质	60.59	0.85	15.71	4.59	0.07	2.16	4.81	4.85	4.64	0.37	0.034	0.124	0.112	1.090	98.910

4、CIPW标准矿物计算法

1、基本原理：

1900—1903年间，美国的W Cross，J P Iddings，L V Pirsson和H S Wahsington等4人共同提出的一种岩石化学标准矿物计算方法。

这种方法是将岩石的氧化物质量百分数换算为氧化物分子数，然后按照一定的顺序再将其分子数依据一定的规律组合成若干种理想成分的标准矿物分子，即“标准矿物”，最后将标准矿物分子数换算为标准矿物质量百分数。

- 1)、氧化物重量百分数除以分子量，得到分子数；
- 2)、将MnO加到FeO中，作为一个整体，因为 $Mn \equiv Fe$ 易成类质同象置换；
- 3)、用3.33倍P₂O₅的CaO与P₂O₅形成磷灰石；
- 4)、如果 $FeO > TiO_2$ ，用等量的FeO和TiO₂形成钛铁矿；如果 $FeO < TiO_2$ ，过量的TiO₂和相同量的CaO先形成榭石（在形成钙长石后）；如果仍有过量的TiO₂，就形成金红石。
- 5)、用与K₂O等量的Al₂O₃与其（K₂O）结合形成正长石。
- 6)、剩余的Al₂O₃与等量的Na₂O形成钠长石；若Al₂O₃不足，则进行(10)。
- 7)、如果仍有Al₂O₃剩余，则与等量的CaO形成钙长石。
- 8)、还有Al₂O₃多余，形成刚玉。
- 9)、如果CaO与Al₂O₃形成钙长石后有CaO剩余，形成透辉石中的硅灰石。
- 10)、多于Al₂O₃的Na₂O用以形成锥辉石；这时无钙长石，Fe₂O₃与Na₂O结合
- 11)、如果 $Fe_2O_3 > Na_2O$ ，则剩余的Fe₂O₃与FeO结合形成磁铁矿。
- 12)、如果与FeO形成磁铁矿后，仍有Fe₂O₃剩余，则剩余部分形成赤铁矿。

- 13)、将MgO与剩余的FeO计算出他们的相对比例。
- 14)、计算钙长石(7)后剩余的CaO和等量的(FeO+MgO)形成透辉石。
- 15)、如果有CaO剩余，则形成硅灰石；
- 16)、如果是FeO+MgO剩余，则构成紫苏辉石。
- 17)、按照前面所述的分子式比例把SiO₂分配到楣石、锥辉石、正长石、钠长石、钙长石、透辉石、硅灰石或紫苏辉石中。
- 18)、剩余的SiO₂形成石英。
- 19)、如果SiO₂不足(17)，就将形成紫苏辉石的SiO₂扣除，这时有剩余，就按照以下方程将其分配到紫苏辉石和橄榄石中：

$$x = 2S - M,$$

$$y = M - x$$

x是紫苏辉石的分子数，y是橄榄石的分子数，M是可用的(FeO+ MgO)的数值，S是可用的SiO₂数值。如果SiO₂没有达到(FeO+MgO)的一半，则(FeO+MgO)都形成橄榄石。不足的SiO₂，是把楣石中的SiO₂释放出来，CaO和TiO₂计算成钙钛矿。

20)、如果SiO₂仍然不足，将从钠长石中扣除，使其转化为霞石。

$$x = (S - 2N) / 4,$$

$$y = N - x$$

x 是钠长石的分子数， y 是霞石的分子数， N 是可用的Na₂O， S 是可用的SiO₂数值。

21)、如果(20)的SiO₂没有Na₂O的两倍，则Na₂O都形成霞石。不足的SiO₂是通过将部分正长石转变为白榴石而获得。

22)、用标准矿物分子数乘以其分子量获得最后的标准矿物重量百分数。

表 10—1 计算的标准矿物分子

标准矿物		符号	标准矿物的化学式	标准矿物的分子量	
经常计算的标准矿物分子	副矿物	钛铁矿	il	$\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$	151.74
		金红石	ru	TiO_2	79.90
		磁铁矿	mt	$\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	231.52
		赤铁矿	hm	Fe_2O_3	159.68
		磷灰石	ap	$3(3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5) \cdot \text{CaF}_2$	336.31
	硅铝质矿物	石英	q	SiO_2	60.06
		钾长石	or	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	556.50
		钠长石	ab	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	524.29
		钙长石	an	$\text{Ca} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	278.14
		霞石	ne	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	284.05
		白榴石	lc	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$	436.38
		刚玉	c	Al_2O_3	101.94

标准矿物		符号	标准矿物的化学式	标准矿物的分子量	
经常计算的标准矿物分子	镁铁质矿物	锥辉石(霓石)	ac	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$	461.91
		硅灰石	wo	$\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	116.14
		顽火辉石	en	$\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$	100.38
		铁辉石	fs	$\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$	131.90
		透辉石	di	$\text{CaO} (\text{Mg}, \text{Fe}) \text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$	
		紫苏辉石	hy	$(\text{Mg}, \text{Fe}) \text{O} \cdot \text{SiO}_2$	
		镁橄榄石	fo	$2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$	140.70
		铁橄榄石	fa	$2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$	203.74
		橄榄石	ol	$2 (\text{Mg}, \text{Fe}) \text{O} \cdot \text{SiO}_2$	
不常计算的标准矿物分子		钾霞石	kp	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	316.36
		硅酸钠	ns	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$	122.06
		硅酸钾	ks	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$	154.32
		硅酸钙	cs	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	172.24
		锆石	z	$\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$	183.28
		榴石	tn	$\text{CaO} \cdot \text{TiO}_2 \cdot \text{SiO}_2$	196.04
		钙钛矿	pf	$\text{CaO} \cdot \text{TiO}_2$	135.98
		铬铁矿	cm	$\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$	233.86
		萤石	f	CaF_2	78.08
		黄铁矿	pr	FeS_2	119.96
		石盐	hl	NaCl	116.91
		无水芝硝	th	Na_2SO_4	142.05
		碳酸钠 (钠方解石)	nc	Na_2CO_3	121.99

Rock Analysis

SiO ₂	59.53	%
TiO ₂	0.33	%
Al ₂ O ₃	16.08	%
Fe ₂ O ₃	1.34	%
FeO	7.44	%
MnO	0.14	%
MgO	3.70	%
CaO	6.92	%
Na ₂ O	3.58	%
K ₂ O	0.16	%
P ₂ O ₅	0.07	%
CO ₂		%
SO ₃		%
S		%
F		%
Cl		%
Sr		ppm
Ba		ppm
Ni		ppm
Cr		ppm
Zr		ppm
Total	99.29	