

用锆石的群型特征区分不同成因花岗岩的实例

章邦桐 王学成 饶 冰

(南京大学地质系)

大龙山岩体(同熔型)和贵东岩体(池壳改造型)中锆石的晶体形态特征研究表明:花岗岩的锆石群型特征是一种重要的成因标志,用它来判别岩体的成因,简便易行,费用低,可在岩矿鉴定中进行。

关键词: 锆石, 群型特征, 岩体成因



岩矿工作

在中酸性侵入岩中, 锆石是一种分布很广的副矿物。锆石的结晶形态与晶出的地质条件有着极其密切的关系, 因而常被作为指示形成环境的标型矿物。本文采用法国普平(J.P.Pupin, 1980)以锆石形态为基础的花岗岩类岩石成因分类方案, 对我国安徽大龙山石英正长岩体(典型的以地幔成因为主的同熔型花岗岩)及广东贵东花岗岩体(典型的改造型花岗岩)中的锆石进行了群型分析。结果表明, 这两种不同成因的花岗岩体中的锆石群型特征存在着明显的差异, 它可以作为区别不同成因花岗岩的一个重要依据。

基本原理

1. 锆石的形态分类 常见的锆石晶体形态主要是由两组柱面(110)、(100)和两组锥面(211)、(101)构成的聚形*。普平把由一定的柱面和锥面组合而成的聚形称为一个群型(Population type), 在一个群

型中再根据各个柱面、锥面的相对发育程度进一步分成若干亚型。根据 4 组柱锥面, 共

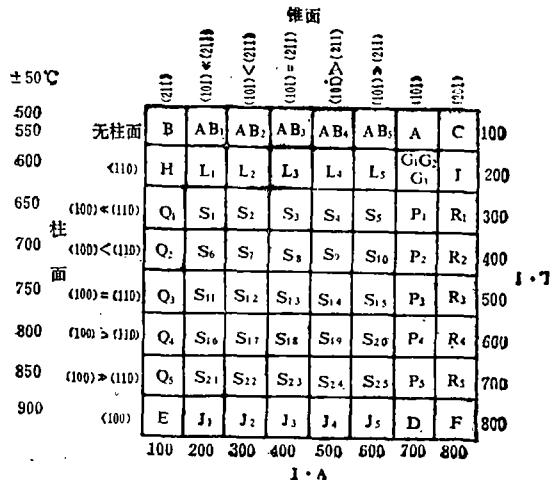


图 1 锆石的主要类型、亚型及相应的地温标尺

(使 J.P.Pupin, 1980)

* 普平对锆石的定向与我国采用的定向相差 45° 角。为对比方便, 本文一律应用普平的定向原则。两者的晶面符号对应关系为:

普平: (100) (110) (101) (211) (301)

我国: (110) (100) (111) (311) (331)

组合成16个群型、64个亚型，一个群型用一个字母表示，相当的亚型在字母右下方标以数码相区别（图1）。图1的横坐标代表锥面及其相对发育程度，纵坐标表示柱面及其相对发育程度，I·A、I·T分别代表锥面坐标指数和柱面坐标指数（其数值是人为给定的，范围从100~800）。

2. 控制锆石晶体形态的因素 据国内外许多学者研究，锆石的晶体形态主要是受岩石化学成分和成岩物理化学条件（温度、压力）控制。化学成分主要是指 SiO_2 、 Al_2O_3 、 K_2O 、 Na_2O 、 CaO 的相对比例关系。锆石形成的介质条件，不但直接影响晶形的发育，同时也影响到同一晶形各个晶面的相对发育程度。据普平研究，结晶环境的化学特征对锆石锥面的发育及相对生长状况起主导作用；而结晶环境的温度则控制锆石柱面的相对发育程度。具体而言，在铝碱比值高的环境下形成的锆石，其（211）锥面发育良好，铝碱比值低的环境下形成的锆石其（101）锥面发育良好；高温条件下有利于（100）柱面的发育；低温条件下有利于（110）柱面的发育。国内的工作结果也得出了大体相似的结论（但温度对锆石的影响尚未见报道）。据研究，（100）、（211）随 SiO_2 含量的降低和全碱与钙相对比值的减小而发育，而（110）、（101）则相反^①。酸度控制柱面发育，酸度越大，（110）就越发育，反之则（100）发育^②。还有人提出，当介质中 Zr 、 Si 浓度基本平衡时，锥面（101）发育，在 Si 、 K 、 Na 均较低的介质条件下，对（211）发育有利。锆石形态的各种控制因素综合于图2。

3. 不同成因花岗岩中锆石群型的分布特征 徐克勤等（1980）^③ 将华南花岗岩划分成壳源改造型、幔源型和壳幔混源的同熔型。壳源型通常富 Al_2O_3 ，幔源型富 Na_2O [I型： $\text{Na}_2\text{O} > 3.2\%$ ， $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}) < 1.1$ ；S型： $\text{Na}_2\text{O} < 3.2\%$ ，

$\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}) > 1.1$]。从成岩温度上看，改造型较低（石英的气液包裹体的均一温度在 $300 \sim 400^\circ\text{C}$ ），而同熔型花岗岩的成岩温度较高（石英固化包裹体温度为 $1020 \sim 1056^\circ\text{C}$ ）^③。由于不同成因的花岗岩存在上述差异，因此，也必然反映在锆石的晶体形态上。

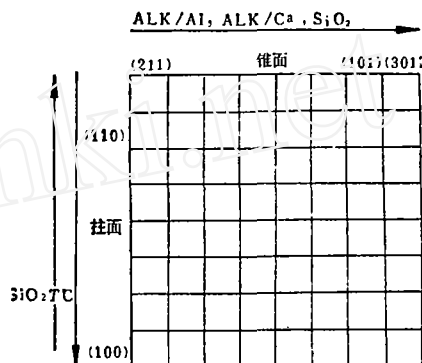


图2 岩石化学、温度对锆石晶形控制的示意图

普平根据图1不同成因花岗岩中锆石的分布规律，将花岗岩分成三种成因系列：

A：地壳成因的或主要是地壳成因的花岗岩（相当于改造型、S型）

B：壳幔混合成因的花岗岩、混染花岗岩（相当于同熔型、I型）

C：地幔成因的或主要是地幔成因的花岗岩（相当于幔源型）。

图3是普平的不同成因花岗岩中锆石群型频率分布图。

大龙山岩体和贵东岩体

锆石群型分布特征

1. 大龙山岩体中锆石的群型特征 大龙山石英正长岩体位于下扬子断裂拗陷带中部，庐枞火山盆地南缘。地表出露面积约

① 钱天宏：锆石晶形统计在花岗岩体研究中的应用，1983。

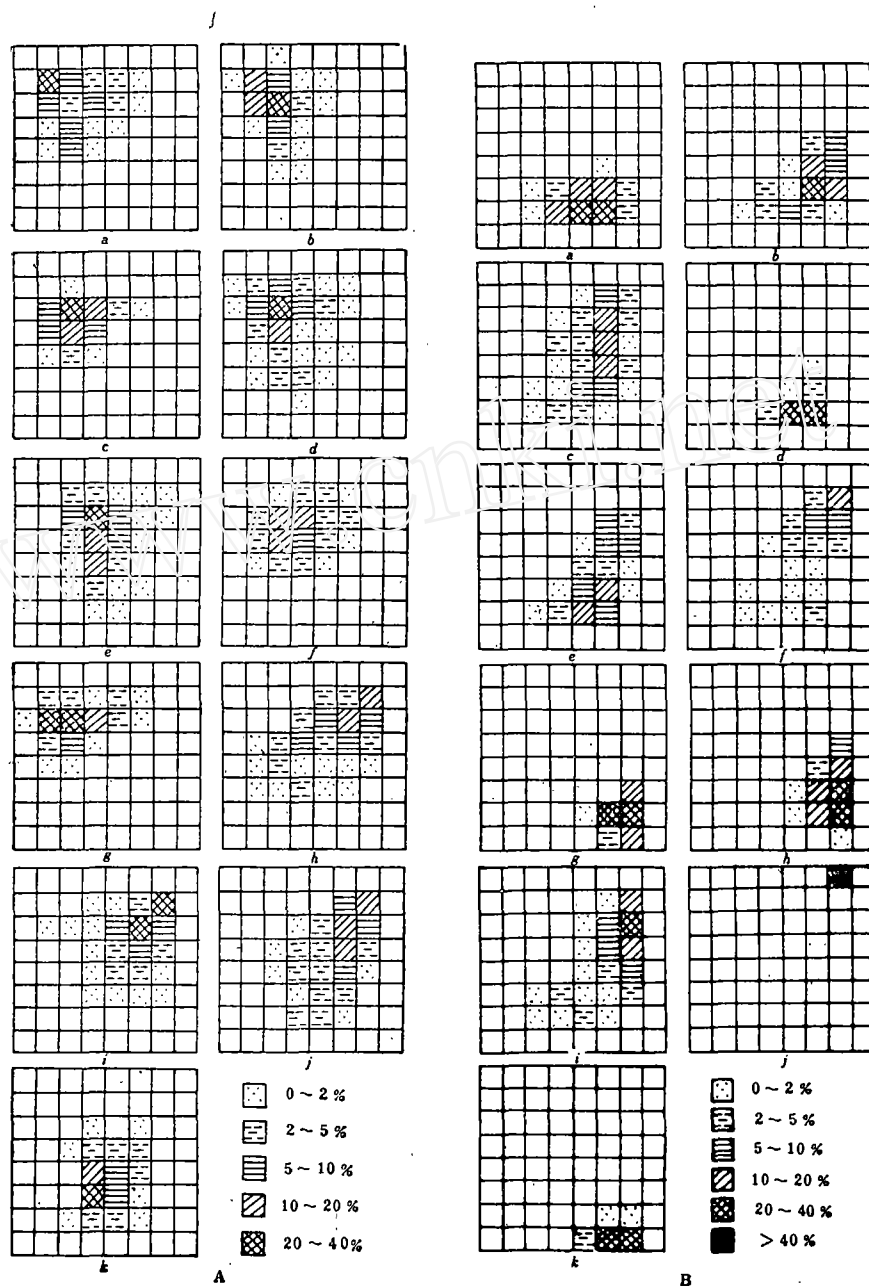


图 3 不同成因花岗岩中锆石群分布 (J.P. 普平, 1980)

A图的a、b、c、d、e、f、g为地壳成因或主要是地壳成因的花岗岩；B图的a、b、c、d、e、f及A图的h、i、j、k为壳幔混合成因的花岗岩；B图的g、h、i、j、k为地幔成因的或主要是地幔成因的花岗岩

90km²，为燕山期多阶段复式岩体，分为3个侵入阶段：①似斑状黑云母石英正长岩；②角闪石英正长岩、石英正长岩和碱长花岗岩；③细粒碱长花岗岩。其中第二阶段的石

英正长岩构成岩体的主体。我们对不同阶段岩石的4个重砂样中的锆石进行了统计研究，结果表明，大龙山岩体的锆石晶体形态不十分复杂，共有4个群型、10个亚型，主

柱面关系	锥面关系			
	$(101) = (211) > (301)$	$(101) > (211) > (301)$	$(101) \gg (211) > (301)$	$(101) > (301)$
$(100) = (110)$				T_3, P_3
$(100) > (110)$			V_{20}, S_{20}	T_1, P_4
$(100) \gg (110)$		V_{24}, S_{24}	V_{25}, S_{25}	T_5, P_5
(100)	N_3^*, J_3	N_4, J_4	N_5, J_5	K_1, D_1

* N、V、T、K为具有附加锥面(301)亚型的字母代号。

大龙山岩体锆石的 $\bar{I}\cdot\bar{A}$ 、 $\bar{I}\cdot\bar{T}$ 值 表 2

阶 段	编 号	$\bar{I}\cdot\bar{A}$	$\bar{I}\cdot\bar{T}$
I	1271	572	778
II	1036	682	790
III	3093	669	784
IV	1331	679	612

$\bar{I}\cdot\bar{A}$ 为锥面的平均坐标指数, $\bar{I}\cdot\bar{T}$ 为柱面的平均坐标指数。

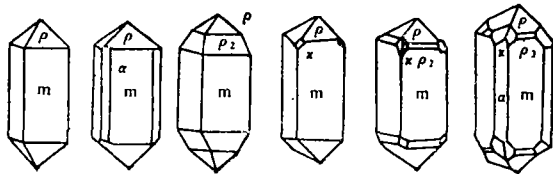


图 4 大龙山岩体锆石形态示意图

要是由 (211) 、 (101) 、 (301) 锥面和 (100) 、 (110) 柱面组合而成的聚形 (图4、表1)。

各阶段岩石中锆石群型分布特征及主要参数见表2、图5~6。

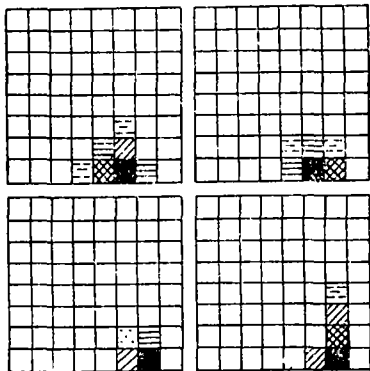


图 5 大龙山岩体锆石群型分布图 (图例同图3)

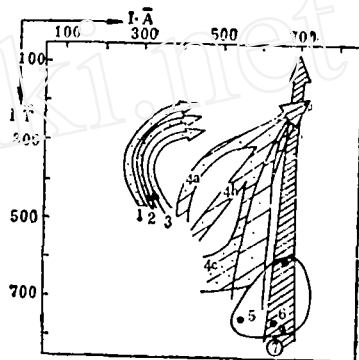


图 6 两个岩体的锆石群在平均类型演化趋势图上的投影 (仿J.P普平, 1980)

1、2、3—锆石群产自地壳成因或主要是地壳成因的花岗岩; 4a、4b、4c、5—产自地壳+地幔成因的花岗岩; 6、7—产自地幔成因或主要是地幔成因的岩岩; 其他图例同图1

通过对比图 5 和图 3 可以看出, 大龙山岩体的锆石群类型分布与图3B中的 k 、 g 最为相似, 其平均点及平均类型演化趋势也与图 6 中的“6”相似, 属普平的地幔成因的或主要是以地幔成因为主的花岗岩。由表 3 可见, 二者具有极大的相似性。

2. 贵东岩体中锆石的群型特征 贵东岩体位于华南加里东地槽系中, 为南岭花岗岩的一个组成部分, 时代为燕山早期。地表出露面积约1009km², 为一复式岩体, 主体岩石为中粗粒巨斑状黑云母二长花岗岩、角闪黑云母二长花岗岩和小斑状黑云母 (二云母) 花岗岩。巨斑状黑云母二长花岗岩中的锆石主要由 3 个群型组成, 计21个亚型, 为由 (211) 、 (101) 、 (100) 、 (110) 构成的

大龙山岩体与地幔成因花岗岩对比

表 3

大 龙 山 岩 体	地幔成因或主要是地幔成因的花岗岩
	碱性系列花岗岩 ^[1]
碱性长石占70%左右,几乎全为线状中条纹长石。暗色矿物为富铁的钠闪石等	具有特征性的线状条纹长石、暗色矿物是富铁的(铁橄榄石、钠铁闪石等)
锆石含量为930g/t	可见到大量的锆石(数百、数千g/t)
A值非常接近最大值(700),平均为651	除未饱和岩石外,其他岩石都具有对所有花岗岩来说是已知的最高的指数A
类型集中, T 为741	过饱和岩石中锆石群不怎么分散,而且指数T很高(670~800)
岩石中锆石基本全由新类型组成(N、T、K)、N ₂ 、K ₁ 频率最高(分别为33%、40%)	新类型锆石所占百分比最大
未见八面体型锆石,但在碱过饱和岩石中见到磷钇矿型锆石	在过碱性钠长石化花岗岩中晚期锆石结晶作用能够产生A型八面体晶体群

聚形,如图7、表4所示。锥面(211)相对较发育,柱面(100)、(110)发育程度相当。锆石群型分布特征见图8、图6。对比图8与图3,可见贵东岩体中锆石频率分布图与图3A中的d、e相似,介于两者之间。属普平的以地壳成因为主的(准)原地二长花岗岩(d)或侵入的高铝二长花岗岩(e)。

从两岩体锆石群型分布图上可见,大龙山岩体相对比较集中,形成温度大致为750~

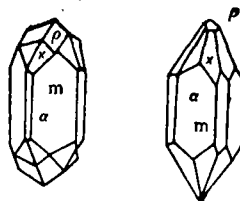


图 7 贵东岩体锆石形态示意图

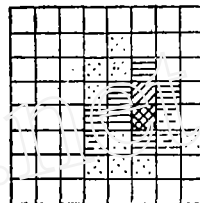


图 8 贵东岩体锆石群类型分布图

900°C;而贵东岩体锆石形态离散程度较大,其结晶温度上限为850°C,下限为600°C。从锆石形态具有较大离散程度这一事实表明,作为副矿物的锆石可能并不一定是岩浆结晶早期的产物。

综上所述,通过对两个岩体锆石群型的研究,在岩体成因方面可以得到如下启示:大龙山岩体成岩物质来自地幔,并受到了地壳岩石一定程度的混染作用,属徐克勤等划分的同熔型花岗岩系列;贵东岩体主要是由地壳重熔作用形成的花岗岩,属改造型花岗岩系列。

上述结论同岩体的矿物学、岩石学、岩石化学、微量元素地球化学及锶、氧稳定同位素组成研究得出的结论一致(表5)。这说明花岗岩的锆石群型特征是一种重要的成因

贵东岩体中锆石的聚形

表 4

柱 面	锥 面				
	(211)	(101)≪(211)	(101)〈(211)	(101)=(211)	(101)〉(211)
(110)			L ₁	L ₂	L ₃
(100)≪(110)	Q ₁	S ₁	S ₂	S ₅	S ₄
(100)〈(110)	Q ₂	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉
(100)=(110)		S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄
(100)〉(110)			S ₁₇	S ₁₈	S ₁₉
(100)≪(110)				S ₂₃	

大龙山和贵东不同成因花岗岩体的地质地球化学特征对比^{①②}

表 5

特 征		大 龙 山 岩 体	贵 东 岩 体
成因类型		同熔型 (或幔壳混源型)	地壳改造型 (或壳源型)
出露面积		90km ²	1500km ² 左右
同位素年龄		135.9Ma (Rb-Sr)	158Ma (Rb-Sr)
主要岩性		似斑状黑云母石英正长岩、石英正长岩、碱长花岗岩	似斑状黑云母二长花岗岩、二云母花岗岩
矿 物 学	钾长石	中微斜长石, 有序度 $\delta=0.34\sim0.48$	最大微斜长石, 有序度 $\delta=0.87\sim0.98$
	黑云母	镁质黑云母, $Mg/(Mg+Fe+Mn)=0.711\sim0.713(2)$	铁质黑云母, $Mg/(Mg+Fe+Mn)=0.41\sim0.44(2)$
	副矿物组合	早期为磁铁矿—磷石—磷灰石型, 晚期为钛铁矿—锆石型	磷灰石—锆石—石榴石型
岩 石 化 学 及 地 球 化 学 特 征	K/Na	0.69~1.07	1.22~2.22(8)
	碱度率A.R.	2.85~6.18	1.92~2.68(8)
	氧化指数Ox	0.53~0.87	0.25~0.48(8)
	U, ppm	4.6~6.93(57) ^③	11.4~14.85(80)
	Th, ppm	26.53~39.29(57)	55~41.84(80)
	Th/U	5.77~5.69	4.82~2.82
	ΣREE, ppm	216.5~589.03(4)	173.13~296.74(4)
	δEu	0.87~0.27(4)	0.46~0.195(4)
同 位 素	LREE/HREE	7.75~14.4(4)	4.09~15.71(4)
	(⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr)初始	0.7064 (等时线)	0.724 (等时线)
	δ ¹⁸ O, ‰	+8.5~+14.0(4)	+12.4(2)

注: $Ox = Fe^{3+}/(Fe^{3+} + Fe^{2+} + Mn)$; $A.R. = \frac{Al_2O_3 + CaO + (Na_2O + K_2O)}{Al_2O_3 + CaO - (Na_2O + K_2O)}$; $\delta Eu = \frac{Eu(n)}{Eu^*(n)}$, 其中 $Eu^*(n)$ 为

根据相邻稀土元素, 用内插法计算得出的 $Eu(n)$ (Eu 的球粒陨石标准化数值)

① 章邦桐等, 安陆石英正长岩带的地质地球化学特征及成因探讨, 1986。

② 王学成, 贵东岩体地质地球化学特征及成因研究, 1986。

③ 括号中为样品数。

标志, 用它来判别岩体的成因, 简便易行, 费用低, 不需要复杂的仪器设备, 可在岩矿鉴定中进行。

工作中得到了楚雪君同志的热情帮助, 在此表示谢意。

参 考 文 献

- [1] Pupin, J. P.: Contributions to Mineralogy and Petrology, 1980, v.73, №3, p.207~220.
- [2] 莫采芬: 地质与勘探, 1980, 第3期, 第18~20页.
- [3] 徐克勤等: 岩矿测试, 1982, 第1卷, 第2期, 第1~11页.

Distinguish Granitoids of Different Origins by Population Features of Zircon

Zhang Bangtong Wang Xuecheng Rao Bing

Crystal morphologic studies of zircon from the Dalongshan intrusive mass (Earth crust reworked type) and the Guidong intrusive mass (mantle-crust mixing type) indicate that the population features of zircon in granite is an important genetic marker which can be used for discriminating the origin of an intrusive. This method is simple and easy to be carry out in rock-mineral identification