

川西高原几个花岗岩体的岩浆起源浅探

——利用锆石标型特征方法

姚素珠 董宜宝

(成都地质学院)

J. P. Pupin

(法国尼斯大学)

【摘要】文章通过对锆石晶形的仔细鉴定来探讨花岗岩的起源。对川西高原8个花岗岩体中锆石标型特征的研究,得出的初步结论是:这些花岗岩的起源可能属于壳源成因,或壳源+幔源成因。

关键词 标型,碱度指数,温度指数,平均点(\bar{A}, \bar{T}),标型演化势

四川地质矿产局区调队与成都地质学院合作研究川西高原花岗岩的形成时代时,采集了多件锆石 U-Pb 定年样品。1986年,作者在荷兰的阿姆斯特丹利用工作之余,对8件锆石定年样品的副样进行了锆石晶体标型特征的研究,并对花岗岩的起源及成因作了一些推测。现将方法基本原理及主要结果介绍出来,供参考。

1 锆石的形态及其控制因素

锆石属四方晶系,常见晶面有柱面 $\{100\}$, $\{110\}$ 和锥面 $\{101\}$, $\{211\}$, $\{301\}$,不太常见的锥面有 $\{112\}$, $\{321\}$, $\{311\}$, $\{511\}$ 等。

上述柱面和锥面发育程度不同、组合不同,有的晶体柱面不发育,只有 $\{101\}$ 锥或 $\{211\}$ 锥,或 $\{101\} + \{211\}$;其他一些锆石则可能有一种或两种柱面,配合以 $\{101\}$, $\{211\}$ 或 $\{101\} + \{211\}$ 锥面。Pupin 根据晶体各种晶面的不同组合,将锆石划分为主型、亚型和次型。自然界的锆石可归纳为 A、B、AB、C、D、E、F、G、H、I、J、L、P、Q、R、S 等 16 种主型,其中 D、G、J、L、P、S 及次型 N、U 为常见。例如只有 $\{101\}$ 锥的称为 A 型,只有 $\{211\}$ 锥的为 B 型,有两个柱 $\{100\} + \{110\}$ 和两个锥 $\{101\} + \{211\}$ 的称为 S 型等。主型下面再按主要柱、锥的相对发育程度划分亚型,各主型所包括的亚型的数目不等,最多的为 25 种,如自然界发育最广的 S 主型划分为 $S_1 - S_{25}$ 共 25 个 S 亚型。主、亚型锆石加上辅助锥面如 $\{112\}$, $\{321\}$, $\{311\}$ 等形成次型。类型划分的原则见图 1 和表 1。

锆石的晶形主要由哪些因素控制呢? Pupin 在对法国中央高原、科西嘉等地花岗岩中锆石的标型特征长期研究以后认为,岩浆的化学成分和结晶温度是控制锆石晶形发育的基本因素。

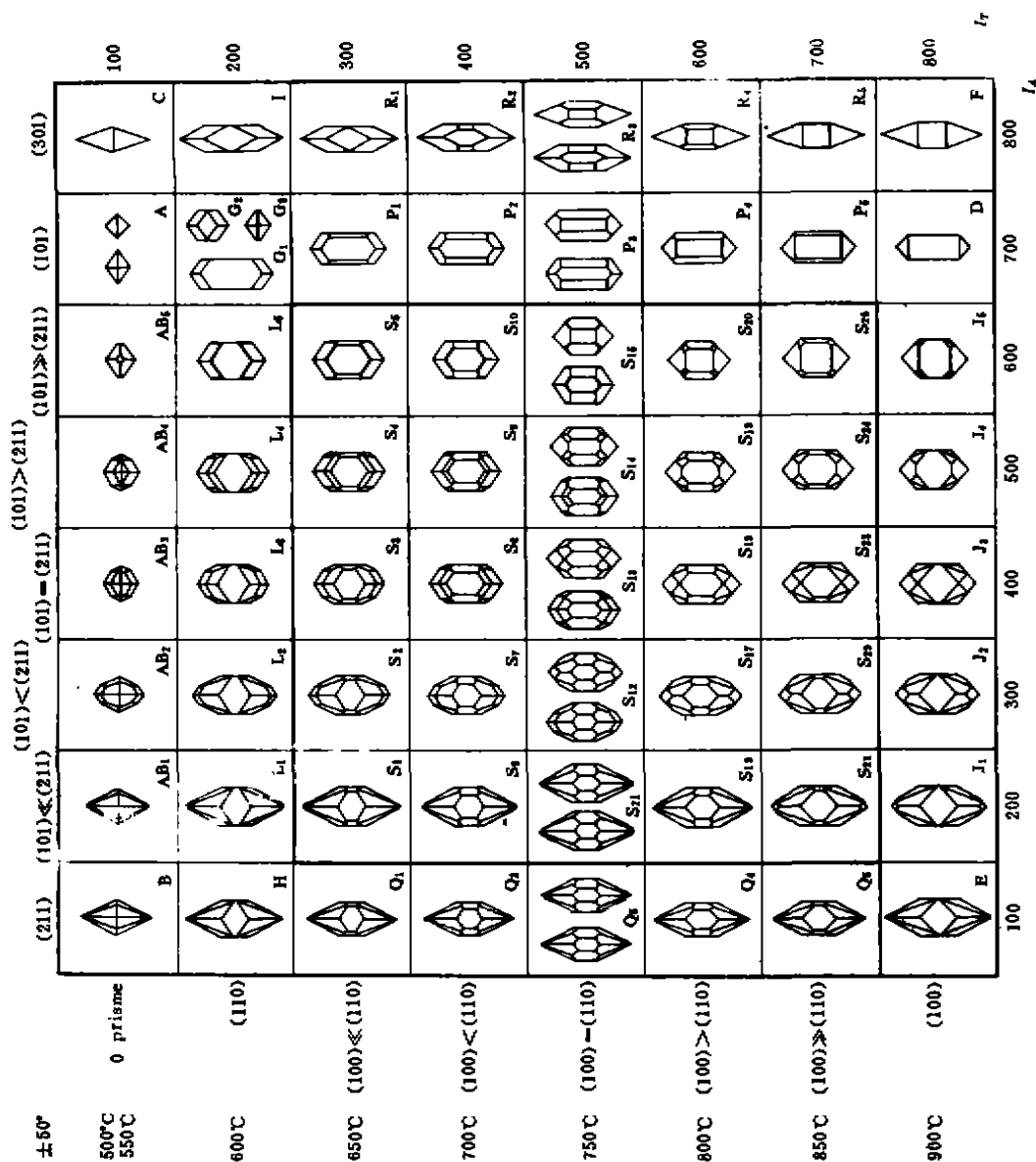


图1 锆石群标型图(A-T图)
Fig. 1 Zircon typologic distribution diagram
 I_A 碱度指数, I_T 温度指数

具体地说,介质的成分决定锥面的发育,由高铝低碱介质结晶的锆石{211}面比{101}更发育,有时只发育{211},而没有{101},但低铝高碱介质中形成的锆石则相反,{101}比{211}更发育,碱性花岗岩中的锆石只有{101}而无{211}。锆石柱面的发育程度主要决定于结晶温度的高低,较低温度下($t \leq 700^\circ\text{C}$)晶出的锆石,其{110}比{100}更发育,较高温度下($t \geq 750^\circ\text{C}$)形成的锆石则主要发育{100},而{110}不发育或缺失。

在此基础上,Pupin 设计出锆石标型分布图(又称 A-T 图),图为正方形,纵、横坐标分别为温度指数(I_T)和碱度指数(I_A),这两种指数分别定义为 100—800,将坐标平均分为 8 等分,纵坐标从上往下温度指数增加,横坐标从左至右碱度指数增加。不同的锆石类型分布在此图上,横向上标出{101}和{211}的相对发育程度,纵向上表示{100}和{110}的相对发育程度,图的左

边为与 T_r 相应的结晶温度;其温度范围曾用包体测温和其他地质温度计方法检查校正过,正负偏差在 50 C 以内,符合文献资料中有关深成一喷发岩及矿物的结晶温度值。

表 1 锆石标型分类的主型、亚型和次型
Table 1 Main and secondary types and subtypes of the typologic classification of zircon

柱	锥	主型	亚型	次型					
				+{301}	+{112}	+{321}	+{311}	+{511}	+{001}
0	{101}	A	—	AC	主	主	主	主	主 型 加 星 号 (A [*] , B [*])
	{211}	B	—	BC	型	型	型	型	
	{301}	C	—	—	后	后	后	后	
0	2{101}-{211}	AB	5(AB ₁ -AB ₅)	ABC ₁₋₅	加	加	加	加	
1{100}	{101}	D	—	K	Z	Y	W	X	A [*] , B [*])
	{211}	E	—	EC	((((
	{301}	F	—	—	AZ	AY	AW	AX	
1{110}	{101}	G	3(G ₁ -G ₃)	M ₁₋₃	,	,	,	,	A [*] , B [*])
	{211}	H	—	HC	BZ	BY	BW	BX	
	{301}	I	—	—	∴	∴	∴	∴	
1{100}	2{101}-{211}	J	5(J ₁ -J ₅)	N ₁₋₅	((((
1{110}	2{101}-{211}	L	5(L ₁ -L ₅)	O ₁₋₅					
2{100}-{110}	{101}	P	5(P ₁ -P ₅)	T ₁₋₅					
	{211}	Q	5(Q ₁ -Q ₅)	QC ₁₋₅					
	{301}	R	5(R ₁ -R ₅)	—					
2{100}-{110}	2{101}-{211}	S	25(S ₁ -S ₂₅)	U ₁₋₂₅		SY=V			

锥面在自然界出现频率降低→

2 锆石晶形鉴定

从锆石 U-Pb 定年样的副样(粒度为 0.04—0.16mm)当中取出少许(约 10mg)制成油浸薄片(如无定年样,则可以将重约 1—2kg 的标本破碎,然后用常规的磁选、电磁选及重液法等手段将锆石选出),在 250—500 倍的显微镜下进行鉴定,选出 100 颗左右晶形完整的锆石,统计其晶形,记下不同类型的锆石颗数,然后作图,并进行计算和分析判断。

鉴定锆石晶形是这个方法中最关键也是最花时间的阶段。锆石晶面的名称有时很难确认,因为某些锆石的自然形态并不像教科书上画得那样典型,乍一看去似乎不呈四次对称,有的晶体呈圆球,有的具扁平外形,同一单形的晶面发育不一,大小不等;有时一个晶体从不同方向去看,可定出不同的类型;还有的晶体,两端的形态很不一样,可划为不同的类型。这就需要耐心细致地对照文中插图,经反复比较后才能确定。有几点需要注意的是:

a. 首先是搞清四方晶系晶体的定向方法及晶面符号的命名法。锆石属四方晶系,因此有 4 个{100}柱面,4 个{110}柱面,上、下各 4 个{101}锥面,上、下各 8 个{211}锥面。注意各种晶面的相对位置。{100}面与一个{101}面在延长方向上相对应,{100}面与 2 个{101}面在延长方向

上呈人字形对应(图 2)。上、下各 8 个的 $\{211\}$ 面总是发育在柱面与 $\{101\}$ 锥之间,如果 $\{211\} > \{101\}$,则 $\{211\}$ 将 $\{101\}$ 与柱面分隔开来(图 3)。

b. 上、下不对称发育或横断面上不对称发育的晶体,决定类型时取其“平均”类型,如根据晶体的一端确定为 S_3 型,另一端确定为 S_6 型,则最后统计为 S_4 型。同样在横向上,一个方向视为 P_1 ,另一方向视为 P_3 ,最后应定为 P_2 。

c. 当晶体由 2 种柱体 $\{100\} + \{110\}$ 和一种锥体 $\{211\}$ 组成时,往往很难区别 $\{100\}$ 和 $\{110\}$,这时应注意相应的夹角:锥棱与 $\{100\}$ 的夹角较大,为 132° ;与 $\{110\}$ 夹角较小,为 122° (图 4)。

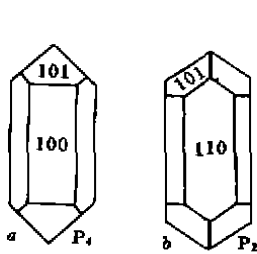


图 2 锆石柱面与 $\{101\}$ 锥面之间的相对位置图
Fig. 2 The relationship between prisms and pyramids $\{101\}$ of zircon

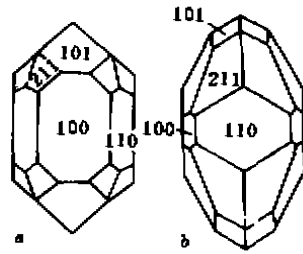


图 3 锆石柱面与锥面 $\{211\}$, $\{101\}$ 之间的相对位置图
Fig. 3 The relationship between prisms and pyramids $\{211\}$, $\{101\}$ of zircon

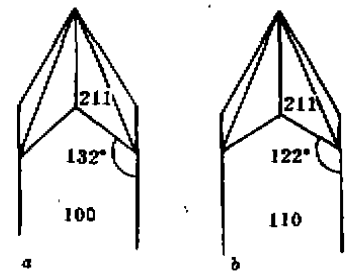


图 4 柱面 $\{100\}$ 或 $\{110\}$ 与锥面 $\{211\}$ 的关系图
Fig. 4 The relationship between prisms $\{100\}$, $\{110\}$ and pyramid $\{211\}$

3 采样位置

锆石样品产自四川的甘孜、阿坝两个自治州(图 5)。东部包括 3 个岩体:可尔因、格宗和马奈。可尔因岩体产在马尔康附近,由灰白色似斑状黑云母花岗岩和二云母花岗岩组成,呈规模不大的岩株产出,其西部伴有锂铍伟晶岩脉群,推测该岩体为中生代构造活动中上地壳物质向东面的龙门山超覆滑动时地壳重熔的产物。格宗岩体在丹巴县境内,为花岗岩与混合岩的过渡类型,野外观察以条带状混合岩为主要岩相,构造位置上该岩体应属于川滇南北向构造变质带的北端,时代上属晋宁期。马奈岩体位于二者之间,成因关系不明。

西部的采样范围包括海子山、哈嘎拉、同普和竹笆笼 4 个岩体。海子山为雀儿山岛弧花岗岩系的一部分,由偏碱性花岗岩和二长花岗岩组成,濒临东面的理塘次生扩张带。哈嘎拉岩体属于前人所划的义敦火山弧的一部分,为偏碱性的花岗岩,部分地段伴有锡石矿化,海子山与哈嘎拉在成因上均与板块的俯冲有关,物质来源比较深。同普岩体产于金沙江西岸的西藏境内,为混合岩化成因的花岗岩。竹笆笼岩体也产在金沙江沿岸,距离巴塘不远,成因待查。

4 锆石的产状及一般特征

a. 样品 SUN01 产于丹巴格宗花岗岩中,锆石呈米粒状或橄榄状,少数晶体像削尖了的铅笔头状。淡褐色,透明,少数半透明,近于乳白色,只带浅褐色色调。常见锆石柱体透明,两端双

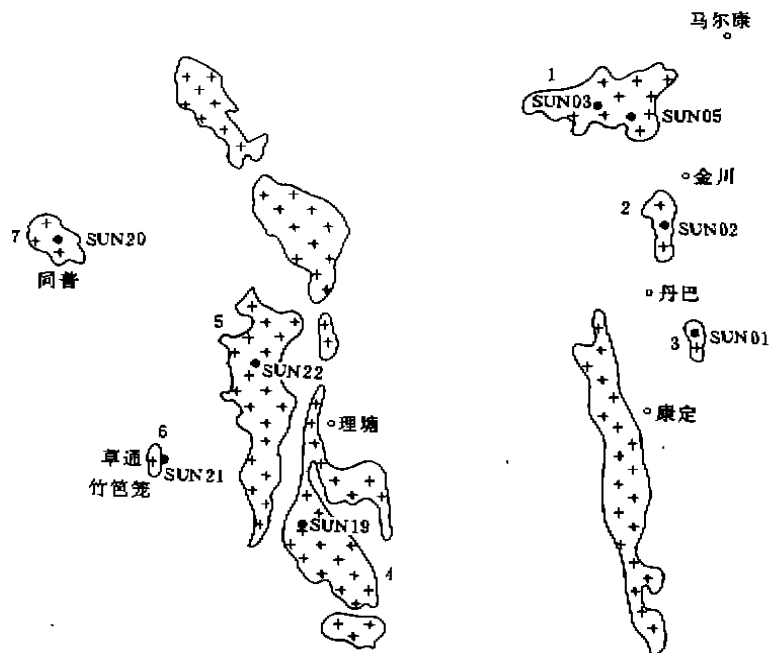


图5 川西高原8个花岗岩体采样位置示意图

Fig. 5 Sampling locations of West Sichuan granites

1. 马尔康可尔因岩体(包括迷普和飞水岩); 2. 金川马奈岩体; 3. 丹巴格宗岩体;
4. 理塘海子山岩体; 5. 义敦哈嘎拉岩体; 6. 巴塘竹笆笼岩体; 7. 西藏同普岩体

锥半透明,半透明部分颜色较深。柱面 $\{110\} \gg \{100\}$ 或 $\{110\} > \{100\}$, $\{101\}$ 和 $\{211\}$ 双锥发育。晶体长(l)宽(b)之比多数为2.5:1至1.5:1,个别为6:1。矿物包裹体少,较大的锆石裂隙发育。以 $S_3, S_4, S_2, S_7, S_8, S_1$ 等亚型为主。

b. 样品 SUN02 马奈锆石无色透明或带浅紫色色调,短柱状,双锥发育,柱面很短, $l:b=1:1-2:1$ 。有的颗粒呈圆球状,晶面发育完整,见到一个锆石晶体上有24个晶面,这在其它样品中是未曾遇到过的。少量锆石为乳白色半透明,可能是富水的锆石发生变晶作用的结果。重矿物中有大量鲜黄色的榍石共生。锆石类型多为 $U_{19}, U_{24}, S_{18}, S_{19}, U_{18}$ 和 U_{14} 等。

金川马奈黑云角闪二长片麻岩的主要组成为微斜长石、斜长石、石英和绿色普通角闪石,角闪石含量高,个别薄片中的含量可达50%左右。岩石具交代蠕虫结构、交代穿孔结构,片麻状构造。

c. 样品 SUN03 马尔康可尔因迷普花岗岩中的锆石以长柱状为主,近于无色透明。含大量矿物包体,拉曼光谱测定为磷灰石和锆石包体。少部分锆石为短柱状,浅褐色,半透明。锆石 $l:b=7:1-3:1$ 。多属 $L_5, L_4, S_5, S_4, S_2, S_3$ 等类型。

d. 样品 SUN05 马尔康可尔因飞水岩似斑状黑云母花岗岩中的锆石,其特点与SUN03雷同。晶体内常含大量细针状磷灰石包体或不规则状熔浆包体(图版I-1),有时锆石具环带状构造(图版I-2)。有白色榍石共生。锆石多为无色透明长柱状晶体,以 L_5, G_1, L_4, S_5, S_4 等类型为

主。

e. 样品 SUN19 理塘海子山角闪黑云二长花岗岩内的锆石, 晶体大小不一, 大的 $500\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$, 小的 $70\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ 。大晶体为浅肉红色、土黄色, 半透明至不透明, 裂隙发育, 变晶作用明显, 常具环带构造(图版 I-3), 含大量矿物包体(图版 I-4), 有时矿物包体顺着环带分布。小晶体为浅黄色, 透明度好。

该岩体规模巨大。岩石由斜长石、石英、黑云母和普通角闪石等组成, 斜长石环带发育, 偶有具环带构造的褐帘石晶体。

锆石以 $S_{20}, S_{15}, S_{21}, P_1, P_2, P_3$ 等最为常见, 还有少量 U 型晶体。

f. 样品 SUN20 产于同普黑云斜长花岗岩中, 锆石晶体为浅紫褐色, 普遍较细小, $l:b=3.5:1-2:1$ 。常含有老锆石的核, 核呈圆球状或拉长状, (图版 I-5) 淡黄色。锆石晶体以 $S_2, S_1, S_7, S_{12}, S_6$ 等类型为主。

g. 样品 SUN21 巴塘竹笆笼黑云角闪花岗岩中的锆石。小晶体透明, 带浅紫色色调。大晶体呈紫色, 因变晶作用的关系透明度差。含少量矿物包体, 有的晶体有核。裂隙发育, 变晶作用普遍, 但未见环带构造。晶体 $l:b=3:1-1.5:1$ 。以 $S_5, S_4, S_8, S_3, S_{10}, P_1, U_5$ 等类型为最多。

h. 样品 SUN22 义敦哈嘎拉黑云花岗岩中的锆石大小不一, 小晶体透明, 大晶体半透明, 紫红色, 常具环带构造, 为变晶锆石。矿物包体多。晶体 $l:b=4:1-1.5:1$ 。以 P_4, P_5, S_{20}, S_{25} 为主, 也有 D 型锆石出现。

上述岩体中常见的几种锆石标型见图版 I-6—12。

5 锆石的晶形统计及平均指数和标型演化势的计算

8 件锆石样品的晶形统计列于表 2。

在晶形鉴别和统计的基础上, 我们计算出各种类型锆石的出现频率并填入图 1 相应位置(图 6)。下一步是算出各行各列频率的总和(n_T 和 n_A), 并计算平均 A, T 指数(\bar{I}_A 和 \bar{I}_T), 在图上作出平均点。

为了解释具体步骤, 下面我们举同普花岗岩为例进行计算。

a. 锆石群统计(表 3)。

表 3 同普花岗岩体锆石群统计结果

Table 3 Statistical results of zircon for Tongpu granite

亚型	S_1	S_2	S_3	S_4	S_6	S_7	S_8	S_{11}	S_{12}	L_2	L_3	L_4	L_5
颗粒数	18	35	4	2	8	14	1	3	7	2	3	1	2
频率	0.18	0.35	0.04	0.02	0.08	0.14	0.01	0.03	0.07	0.02	0.03	0.01	0.02

b. 将不同类型锆石的出现频率填入 $A-T$ 方格图(图 7), 并按下列公式计算 A, T 指数的平均值 \bar{I}_A 和 \bar{I}_T

$$\bar{I}_A = \sum_{i_A=1}^{100} I_A \cdot n_A = 200 \times 0.29 + 300 \times 0.58 + 400 \times 0.08 + 500 \times 0.03 + 600 \times 0.02 = 291$$

表 2 川西高原 8 个花岗岩体内锆石的标型群分布

Table 2 Zircon typologic distributions for West Sichuan granites

SUN01		SUN02		SUN03		SUN05		SUN19		SUN20		SUN21		SUN22	
亚型	颗粒数	亚型	颗粒数	亚型	颗粒数	亚型	颗粒数	亚型	颗粒数	亚型	颗粒数	亚型	颗粒数	亚型	颗粒数
S ₁	4	S ₁₃	1	S ₁	3	S ₉	1	S ₁	18	S ₁	18	S ₂	1	S ₁₀	1
S ₂	14	S ₁₁	2	S ₂	4	S ₁₀	2	S ₁₀	35	S ₂	35	S ₃	8	S ₁₁	1
S ₃	16	S ₁₇	1	S ₃	3	S ₁₅	1	S ₁₅	4	S ₁	4	S ₄	17	S ₁₄	3
S ₄	15	S ₁₈	5	S ₄	7	S ₁₄	4	S ₃	2	S ₁	2	S ₅	25	S ₁₅	4
S ₅	4	S ₁₉	4	S ₅	13	S ₁₅	10	S ₇	10	S ₁	10	S ₇	1	S ₁₆	2
S ₆	2	S ₂₂	1	S ₆	1	S ₁₈	1	S ₁₈	1	S ₆	8	S ₃	5	S ₁₉	4
S ₇	12	S ₂₃	1	S ₇	1	S ₁₉	8	S ₁₉	8	S ₇	14	S ₉	10	S ₂₀	10
S ₈	10	S ₂₄	2	S ₈	2	S ₂₀	2	S ₂₀	20	S ₈	1	S ₁₀	6	S ₂₇	1
S ₉	1	U ₁₃	2	S ₉	2	S ₁₁	1	S ₂₀	1	S ₁₁	3	S ₁₃	2	S ₂₈	2
S ₁₂	2	U ₁₄	7	S ₁₈	1	U ₅	2	S ₂₄	6	S ₁₂	7	S ₁₄	1	S ₃₁	5
S ₁₂	1	U ₁₅	2	S ₁₁	1	U ₆	1	S ₂₅	3	S ₁₂	2	L ₄	2	S ₃₅	9
U ₅	1	U ₁₆	8	U ₁	1	U ₁₀	1	U ₁₆	1	L ₂	3	L ₅	2	P ₂	1
L ₂	1	U ₁₉	21	U ₅	1	L ₁	3	U ₁₀	2	L ₄	1	L ₄	1	P ₂	4
L ₄	1	U ₂₀	3	V ₂	1	L ₄	7	U ₁₄	2	L ₅	2	U ₁	1	P ₄	18
L ₆	1	U ₂₁	3	L ₁	1	L ₅	17	P ₁	5	U ₆	6	U ₆	6	P ₄	15
SW ₁	1	U ₂₂	15	L ₂	3	G ₁	11	P ₂	7	U ₆	1	U ₆	1	U ₁₀	1
SW ₂	2	UW ₁₈	1	L ₃	3	P ₁	2	P ₃	10	M ₁	1	M ₁	1	U ₂₆	1
				L ₄	7	O ₅	4	P ₄	4	T ₁	5	T ₁₀	1	T ₁₀	1
				L ₅	23	M ₁	6	T ₇	1			T ₁₈	2	T ₁₈	2
				G ₁	5							J ₆	1	J ₆	1
				O ₁	1							D	2	D	2
				O ₃	2										

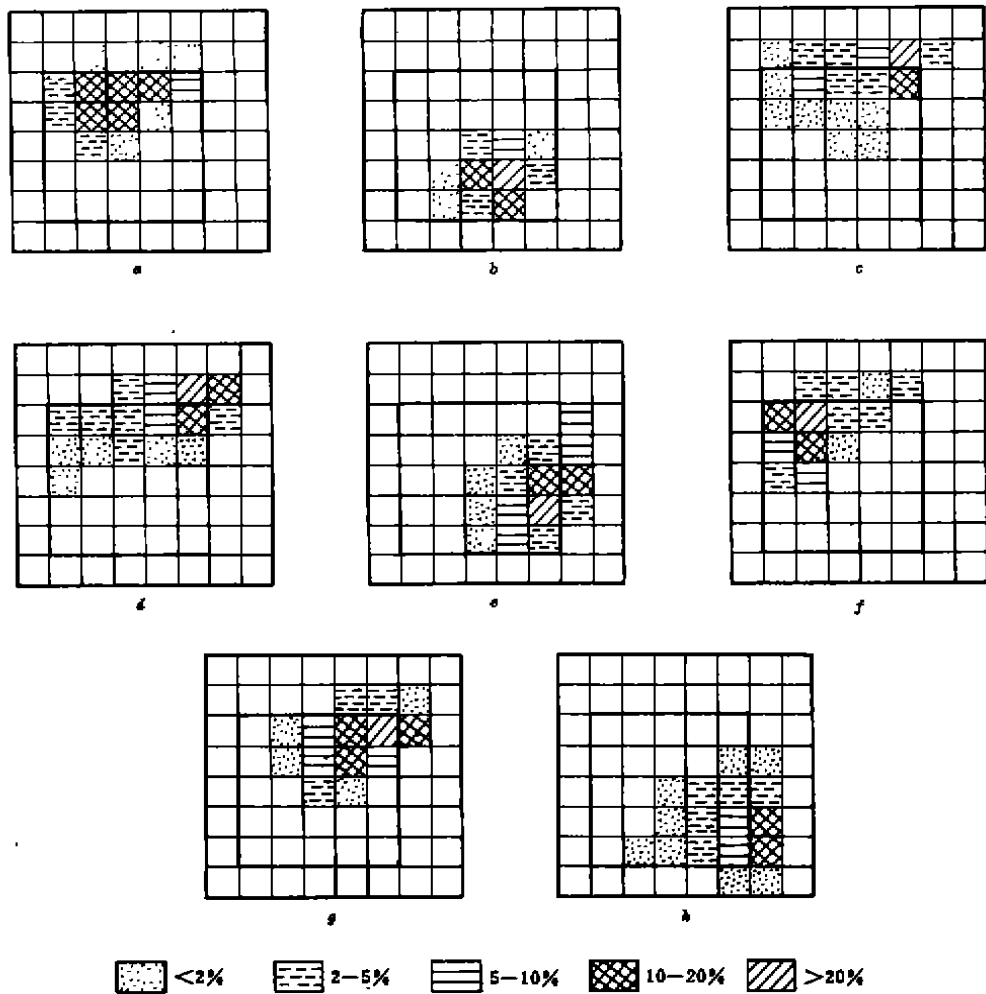


图6 川西高原8个花岗岩体中锆石标型群的频率分布图

Fig. 6 Typologic frequency distribution of the zircon population for West Sichuan granites

a. SUN01, b. SUN02, c. SUN03, d. SUN05, e. SUN19, f. SUN20, g. SUN21, h. SUN22

$$\bar{I}_T = \sum_{I_T=100}^{400} I_T \cdot n_T = 200 \times 0.08 + 300 \times 0.59 + 400 \times 0.23 + 500 \times 0.10 = 335$$

其中 $\sum n_A = \sum n_T = 1$

由 \bar{I}_A 和 \bar{I}_T 决定平均点在 $A-T$ 方格图上的位置(图7)

c. 求锆石标型群的演化势(T. E. T)是在 $A-T$ 方格图上取每一行 I_T 的 I_A 平均值, 将各行的 I_A 平均值连接起来成为一条折线, 此折线表示的轨迹和方向即演化势(T. E. T)。一般说来, 锆石晶形的演化在岩浆结晶过程中是由高温到低温、由富铝到富碱, 即从折线的左下端向右上端演化。岩浆结晶缓慢, 锆石的晶出时域长, T. E. T 演化线也长; 相反, 如果岩浆快速结晶或锆石从岩浆迅速晶出, T. E. T 的线段便比较短, 锆石晶形比较单一, 无太大的变化。

在这个例子中,各行的平均碱度指数为:

$$\bar{I}_{A200} = 300 \times 0.25 + 400 \times 0.38 + 500 \times 0.12 + 600 \times 0.25 = 437$$

$$\bar{I}_{A300} = 200 \times 0.31 + 300 \times 0.59 + 400 \times 0.07 + 500 \times 0.03 = 282$$

$$\bar{I}_{A400} = 200 \times 0.35 + 300 \times 0.61 + 400 \times 0.04 = 269$$

$$\bar{I}_{A500} = 200 \times 0.30 + 300 \times 0.70 = 270$$

各点的连线表示于图 8,箭头表示锆石晶形演化的方向。

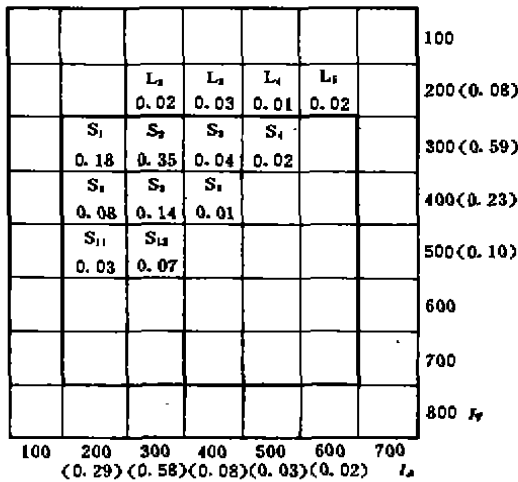


图 7 A-T 方格图

Fig. 7 A-T diagram

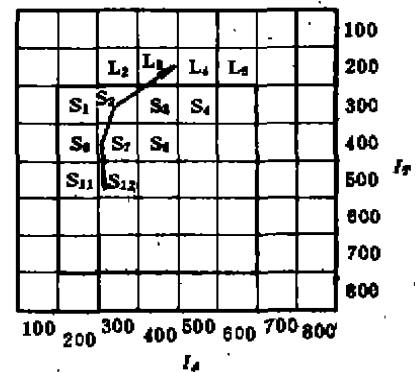


图 8 锆石标型的演化势图

Fig. 8 Typological evolutionary trend of the zircon population

川西高原 8 个花岗岩体中锆石群的 \bar{I}_A, \bar{I}_T 计算结果列入表 4。

表 4 川西高原 8 个花岗岩体中锆石标型群的平均温度指数和平均碱度指数

Table 4 Mean T and A indices of zircon typology for West Sichuan granites

样号	SUN01	SUN02	SUN03	SUN05	SUN19	SUN20	SUN21	SUN22
\bar{I}_T	332	613	261	255	544	335	324	626
\bar{I}_A	385	477	511	547	600	291	541	620

6 讨论

在取得这些结果之后,我们可以从中了解以下成因问题:

a. 岩石结晶的温度。温度指数的高、中、低表示结晶温度的高、中、低。

b. 花岗质岩石形成介质的化学特点。由 A-T 图的左方向右,铝含量减低,碱质含量增高。

c. 锆石标型的演化势(T. E. T)通常向图的右上角收敛,越靠近右上角,演化程度越高,花岗岩伴随矿化的可能性也越大。

d. 结合化学、岩石学及同位素地质资料, 锆石群在 $A-T$ 图上的分布可以反映花岗岩的起源及成因。

Pupin 在锆石标型研究和岩体野外观察及岩石学、地球化学资料对比的基础上, 提出下列花岗岩的成因分类(图 9):

壳源或以壳源为主的花岗岩, 其锆石群的平均点及演化势分布在 $A-T$ 图的左上方, 平均 A, T 指数都低, 弧形箭头 1, 2, 3 代表三种岩石类型中锆石标型群的演化势范围及方向。

壳源+幔源的混合花岗岩分布在图的中部偏右, 平均 A, T 指数较高。4a, 4b 和 4c 代表钙碱性系列花岗岩的演化势, 5 代表次碱性系列花岗岩的演化势。

幔源或以幔源为主的花岗岩, 分布在图的最右边, 平均 A, T 指数都高, 其中碱性系列花岗岩属第 6 分支, 演化势为垂直向上的箭头方向。第 7 区为拉斑玄武系列花岗岩。

已取得的研究结果证明, 川西高原 8 个花岗岩体分别属于上述分类的第一或第二类, 即一些岩体为壳源花岗岩, 另一些岩体为混合源成因。据平均温度指数的大小, 岩体可明显分成两组, 第一组的 $\bar{T}_r \approx 300$ (SUN20, 01, 03, 05, 21), 第二组的 $\bar{T}_r \approx 600$ (SUN02, 19, 22)。本区花岗岩中锆石群的平均点位置见图 10, 演化势见图 11。

同普花岗岩 (SUN20) 和格宗花岗岩 (SUN01) 的平均点明显位于图上重熔花岗岩范围内, 推断为典型的壳源成因, 由地壳物质重熔形成, 所以锆石群的平均 A, T 指数都较低 ($< 300-400$), 集中在 $A-T$ 图的左上角, 演化势短而外凸, 为典型的原地深熔花岗岩化成因的岩石。

可尔因花岗岩 (SUN03, SUN05) 为壳幔混合但以壳源为主的花岗岩, 分布在图上壳源成因花岗岩和演化较高的钙碱性花岗岩之间的分界带上, 两点靠得很近。SUN05 点更接近 G_1 亚型, 说明其演化程度更高。 $\bar{T}_r \approx 500-550$ 。 $\bar{T}_r \approx 250-300$, 为本区 8 个岩体中最低值。因此, 可尔因岩体很可能是属于演化强烈的钙碱性花岗岩。样品中鉴定出 U_5, O_5, M_1 等锆石次型晶体, 上面发育细小的 (301) 晶面, 这一情况为上述推断提供了证据。

巴塘竹筴岩体 (SUN21) 应属钙碱性花岗岩, 为壳幔混合源, 且以壳源为主, 结晶温度较

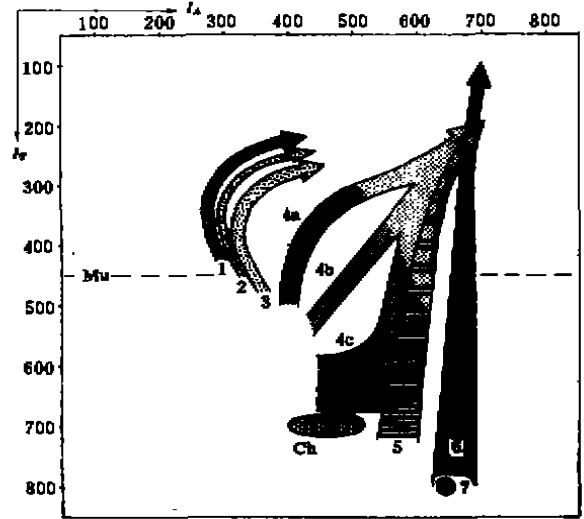


图 9 不同成因类型花岗岩中锆石群平均点及演化势分布范围图

Fig. 9 Distribution of mean points and mean T, E, T of zircon populations for granites (J. P. Pupin, 1980)

壳源或以壳源为主的花岗岩: 1. 铝质浅色花岗岩; 2. (亚)原地二长花岗岩和花岗闪长岩; 3. 侵入的铝质二长花岗岩和花岗闪长岩
壳、幔混合源花岗岩: 4. 钙碱性系列花岗岩 (暗色区为花岗闪长岩+二长花岗岩; 浅色区为二长花岗岩+碱性花岗岩); 5. 次碱性系列花岗岩
幔源或以幔源为主的花岗岩: 6. 碱性系列花岗岩;
7. 拉斑玄武系列花岗岩
Mu. 白云母花岗岩线 ($\bar{T}_r < 450$); Ch. 岩浆成因的紫苏花岗岩区

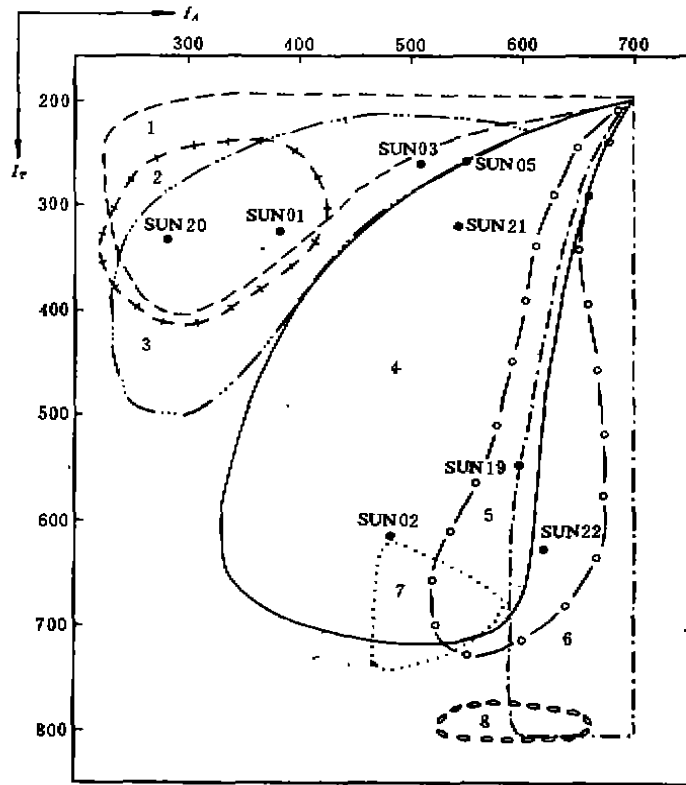


图 10 川西高原 8 个花岗岩中锆石群平均点分布图
 Fig. 10 Distribution of mean points for West Sichuan granites
 (J. P. Pupin, 1987)

壳源或以壳源为主的花岗岩: 1. 铝质浅色花岗岩; 2. 原地二长花岗岩和花岗闪长岩; 3. 侵入的铝质二长花岗岩和花岗闪长岩
 壳、幔混合源花岗岩: 4. 钙碱性花岗岩; 5. 次碱性花岗岩幔源花岗岩; 6. 碱性花岗岩; 7. 大陆拉斑玄武岩系列花岗岩; 8. 海洋拉斑玄武岩系列花岗岩

低, $\bar{I}_T \approx 350$, $\bar{I}_A = 550$, 岩浆含水量相对较高, 具湿岩浆特点, 锆石演化程度也偏高。

金川马奈花岗岩(SUN02)位于图的下部, 应属于典型的壳幔混合成因, $\bar{I}_T = 620$, $\bar{I}_A = 500$ 。值得注意的是, 样品里发现了曾在紫苏花岗岩中遇见过的锆石晶形, 类似于法国科西嘉、贝龙斯等地的钾质钙碱性岩石。

海子山岩体(SUN19)和哈嘎拉岩体(SUN22)位于壳幔混合花岗岩区的右部边缘, 即钙碱性系列花岗岩范围的高碱部位, 属于以幔源为主的壳幔混合花岗岩。 $\bar{I}_A = 600$, $\bar{I}_T \approx 550$ (SUN19), $\bar{I}_A = 620$, $\bar{I}_T = 626$ (SUN22)。

我们用锆石标型特征的方法研究我国花岗岩的起源是一种尝试, 所得初步研究成果尚待进一步检验。

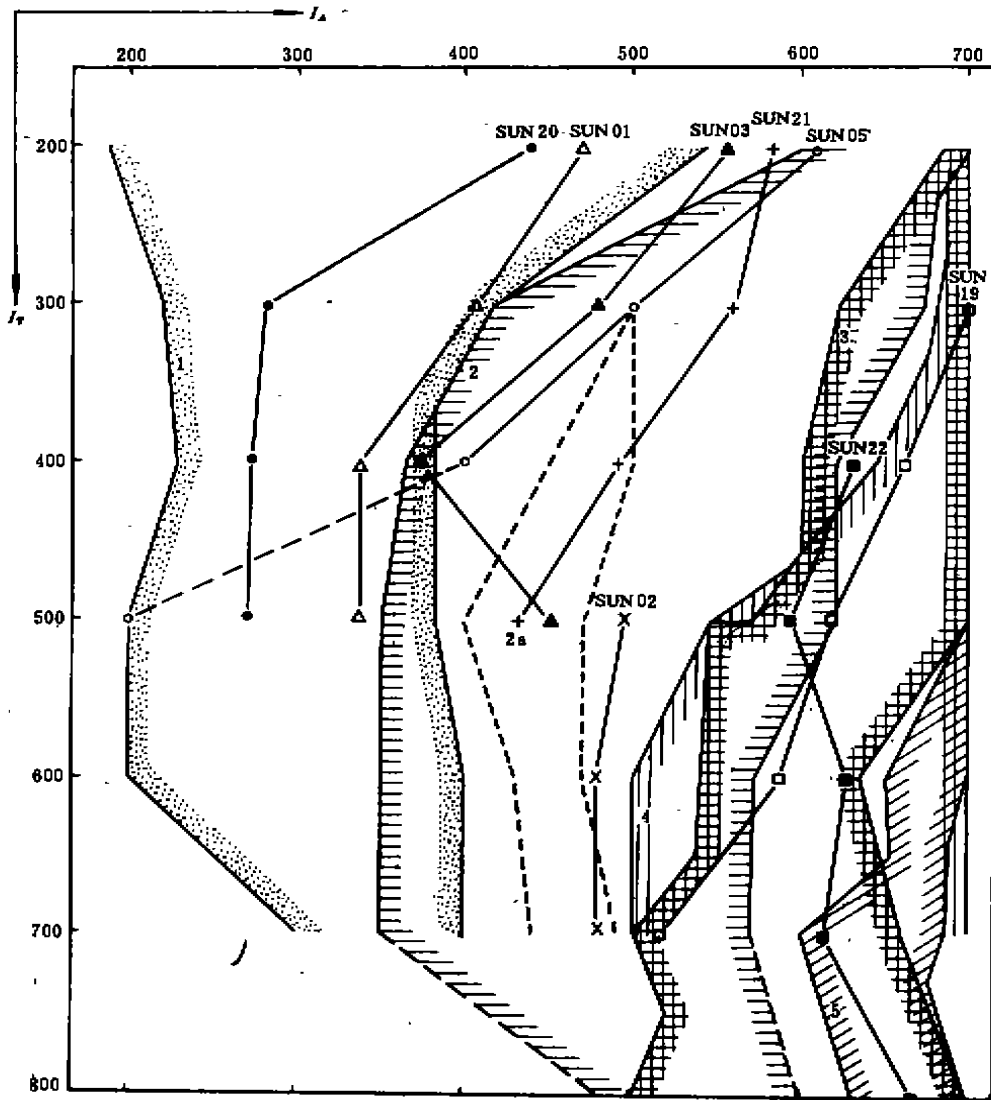


图 11 花岗岩类岩石锆石群演化势分布范围及川西高原样品的锆石演化势

Fig. 11 T. E. T. of zircon population for West Sichuan granites

(J. P. Pupin, 1987)

1. 壳源或以壳源为主的花岗岩, 相当于图 9 的 1—3 分支; 2, 3. 壳、幔混合源花岗岩, 相当于图 9 的 4, 5 分支; 4, 5. 幔源或以幔源为主的花岗岩, 相当于图 9 的 6, 7 分支。8 条折线代表川西高原 8 个样品的锆石演化势

参 考 文 献

- 1 Pupin, J. P., Zircon and granite petrology, Contributions to Mineralogy and Petrology, 1980, 73
- 2 Pupin, J. P., Magmatic zoning of Hercynian granitoids in France based on zircon typology, Schweiz. Mineral Petrogr. Mitt., 1985, 65
- 3 姚素珠编译, 锆石与花岗岩的成因, 国外地质, 1988, 2

图 版 说 明

- 1 长柱状锆石晶体中的空洞(椭圆形、圆形)、磷灰石包体(细针状)和熔浆包体(照片下部不规则状), SUN05, 10×50×1/2
- 2 锆石晶体中的环带状构造, SUN05, 10×50×1/2
- 3 锆石晶体中的环带状构造和老锆石核, SUN19, 10×50
- 4 锆石晶体中的磷灰石、锆石包体, SUN19, 10×25×1/2
- 5 锆石晶体中的老锆石核, SUN20, 10×25
- 6 $S_{10}, (100) > (110), (101) > (211)$, SUN02, 10×25
- 7 $S_{11}, (100) \gg (110), (101) < (211)$, SUN02, 10×25
- 8 $S_{10}, (100) > (110), (101) \gg (211)$, SUN19, 10×50
- 9 $S_7, (100) < (110), (101) < (211)$, SUN20, 10×25
- 10 $G_1, (110), (101)$, SUN05, 10×25
- 11 $P_1, (100) > (110), (101)$, SUN19, 10×25
- 12 $P_2, (100) < (110), (211)$, SUN19, 10×25

A STUDY OF ORIGIN FOR SOME WEST SICHUAN GRANITES BASED ON ZIRCON TYPOLOGY

Yao Suzhu Dong Yibao J. P. Pupin

Abstract The method based on the detailed determination of the morphology of zircons is proposed for the petrogenetic classification of granites. The typological study of zircon populations for 8 granites of West Sichuan Plateau made a preliminary conclusion; Granites of West Sichuan could belong to the crustal origin or crustal add mantle origin.

Key words typology, alkalinity indices, temperature indices, mean points, typological evolutionary trends