

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

雌山混合花岗岩及有关岩石的副矿物组合、锆石特征及其地质意义

万 渝 生

(地质矿产部地质研究所, 北京)

本文从副矿物组合及锆石的标型特征, 粒度统计和含量变化等方面对山东新泰雁翎关地区的雌山混合花岗岩及有关岩石作了讨论。根据黑云变粒岩(雌山岩体的围岩)、均质混合岩、细粒黑云混合花岗岩、中粒及斑状黑云混合花岗岩等几类岩石中副矿物组合、锆石特征及不同类型锆石的相对含量的有规律变化, 认为它们具有成因联系。笔者还认为, 把S型和I型花岗岩分别与钛铁矿型和磁铁矿型花岗岩完全对应的作法, 存在一定的问题。

一、地质背景

雌山岩体位于山东新泰雁翎关地区。围岩为经受过角闪岩相区域变质作用的泰山群山草峪组黑云变粒岩。岩体呈北西—南东延长十余公里, 宽2—3km, 从北东向南西, 依次出露斑状黑云混合花岗岩带, 中粒黑云混合花岗岩带和磨石山混合岩带。有细粒黑云混合花岗岩局部出露。在磨石山混合岩带中存在两类混合岩: 1) 均质混合岩, 成分均匀, 细粒, 存在面型构造, 形成于雌山岩体之前; 2) 边缘混合岩, 形成于岩体侵入过程中, 由黑云变粒岩或混合岩化黑云变粒岩与混合花岗岩互层组成, 从岩体边缘向内部, 黑云变粒岩的数量减少。

黑云变粒岩由斜长石、石英、黑云母和少量的微斜长石组成, 具有稳定的三连点结构。均质混合岩由斜长石、微斜长石、石英和黑云母组成, 在镜下可分辨出黑云变粒岩残余部分和新生部分, 为不稳定状态结构。中粒和斑状黑云混合花岗岩矿物组成与均质混合岩的相同, 主要结构为残余结构、斑状结构和蠕英结构。中粒和斑状黑云混合花岗岩的区别只在于后者中存在较多的微斜长石斑晶。

根据地质地球化学研究^{1), 2)}, 认为均质混合岩系由黑云变粒岩经混合岩化作用*形成, 混合花岗岩由均质混合岩熔融形成; 中粒和斑状黑云混合花岗岩外貌的差异在于它们形成条件不同之故。

二、副矿物组成

本次工作共采10个重砂样, 每个样品重量为5—10kg。副矿物组合见表1。

1) 程裕淇、沈其韩、王泽九, 1977, 山东新泰雁翎关一带泰山群变质岩系的初步研究。地质矿产研究, 第5期。

2) 万渝生, 1986, 山东雁翎关地区雌山混合花岗岩地球化学特征及其成因。岩石矿物学杂志(待刊)。

* 可把混合岩化作用看成是这样一种交代熔融过程, 在该作用过程中, 熔融作用和交代作用同时进行, 构成同一作用过程的不同方面(体系是开放的, 可有大量长英物质加入)。熔融引起交代, 交代引起更强烈的熔融, 两者相互促进, 随着温度的升高, 水压的增大, 熔体逐渐增多, 最后过渡到岩浆作用阶段。

本文1986年4月收到, 9月改回, 沈晓毅编辑。

表 1 雌山混合花岗岩及有关岩石中的副矿物组合

Table 1 Accessory mineral patterns of Cishan migmatitic granite and relating rocks

顺序号	野外编号	岩石名称	主要矿物和次要矿物	副矿物	副矿物组合
1	By(ZS) 238	黑云变粒岩	斜长石, 石英 黑云母, 微斜长石	钛铁矿, 磷灰石, 锆石, 磁铁矿, 黄铁矿, 毒砂	钛铁矿-磷灰石-锆石
2	By(ZS) 235	黑云变粒岩	同 上	钛铁矿, 磷灰石, 锆石, 磁铁矿, 黄铁矿, 褐帘石	同 上
3	By(ZS) 253	均质混合岩	斜长石, 微斜长石, 石英, 黑云母	绿帘石, 钛铁矿, 磁铁矿, 黄铁矿, 磷灰石, 锆石, 电气石	钛铁矿-磁铁矿
4	By(ZS) 203	细粒黑云混合花岗岩	同 上	磁铁矿, 绿帘石, 磷灰石, 锆石, 钛铁矿, 黄铁矿	磁铁矿-磷灰石-锆石
5	By(ZS) 242	中粒黑云混合花岗岩	同 上	磁铁矿, 磷灰石, 锆石, 绿帘石, 石榴石, 褐帘石, 钛铁矿, 独居石	同 上
6	By(ZS) 189	略具斑状黑云混合花岗岩	同 上	磁铁矿, 磷灰石, 锆石, 石榴石, 钛铁矿, 褐帘石, 黄铁矿, 绿帘石	同 上
7	By(ZS) 207	斑状黑云混合花岗岩	同 上	磁铁矿, 磷灰石, 锆石, 独居石, 褐帘石, 电气石, 黄铁矿, 钛铁矿, 绿帘石	磁铁矿-磷灰石-锆石-独居石
8	By(ZS) 216	中粒黑云混合花岗岩	同 上	磁铁矿, 锆石, 磷灰石, 电气石, 褐帘石, 黄铁矿, 萤石, 绿帘石	磁铁矿-锆石-磷灰石
9	By(ZS) 199	略具斑状黑云混合花岗岩	同 上	磁铁矿, 锆石, 磷灰石, 电气石, 钼石, 独居石, 黄铁矿, 钛铁矿	同 上
10	By(ZS) 227	伟晶质花岗岩	微斜长石, 斜长石, 石英	石榴石, 锆石, 磁铁矿, 电气石, 黄铁矿, 独居石, 磷灰石, 闪锌矿	石榴石

不同类型的岩石中, 副矿物组合存在较大的差异, 由副矿物组合类型, 可判断岩石所属类型, 不同的副矿物组合, 能反映岩石形成时环境介质条件和物化条件的差异。

1. 黑云变粒岩 钛铁矿-磷灰石-锆石型。组合中的暗色矿物为钛铁矿, 表明岩石形成于较为还原的条件。磷灰石呈短柱状, 无色透明, 见少量的圆形磷灰石, 可能为机械磨圆成因。未见磨圆锆石。

2. 均质混合岩 钛铁矿-磁铁矿型。锆石含量低, 出现较多的绿帘石。暗色副矿物部分出现较多的磁铁矿, 说明环境已向氧化方向转化。

3. 细粒黑云混合花岗岩 磁铁矿-磷灰石-锆石型。副矿物组合与中粒及斑状黑云混合花岗岩的相似。含有较多的绿帘石, 暗色副矿物主要为磁铁矿, 只有很少的钛铁矿存在。

4. 中粒和斑状黑云混合花岗岩 磁铁矿-磷灰石-锆石型。中粒和斑状黑云混合花岗岩具有相同的副矿物组合, 副矿物的特征也相同。岩石中除存在长柱状和针状磷灰石外, 也存在短柱状磷灰石, 部分可能为黑云变粒岩的残余磷灰石。在一些重砂样中, 还有石榴石、独居石、钼石、电气石和萤石这样一些副矿物, 但总的说来, 岩石中富含挥发组份和稀土的副矿物种类较少, 且

含量也低。

5. 伟晶质花岗岩 石榴石型。石榴石呈玻璃光泽，水红色，透明-半透明，为五角十二面体，晶形完好，可见晶面纹。在镜下，一些石榴石的中心包有不透明铁矿物，也可包有石英、长石等浅色矿物。石榴石本身未被其它矿物包裹。从石榴石的颜色和产状，推测为锰-铁铝榴石。

三、锆石的一般特征

1. 黑云变粒岩中的锆石 棕色，金刚光泽，透明一半透明。样品By(ZS)235为雄山岩体中的残余体，由于受热作用，部分锆石的颜色已变为浅棕色，个别呈浅紫色。在阴极发光下呈浅灰黄色，略带红色色调。锆石晶形较复杂，为{111}、{311}、{100}和{110}聚形，其中{100}与{110}发育程度相近或比之稍强，{311}与{111}发育程度相近或比之稍强。晶体的角、棱、面一般都清楚（照片1），只有少部分见溶蚀现象。部分包裹有其它矿物（照片2）。在部分锆石中见平直环带，环带数较少。只有一种类型的锆石。

2. 均质混合岩中的锆石 锆石含量低，主要为黑云变粒岩中的残余锆石，部分颜色变浅，遭受溶蚀。部分为混合花岗岩中所见的锆石。

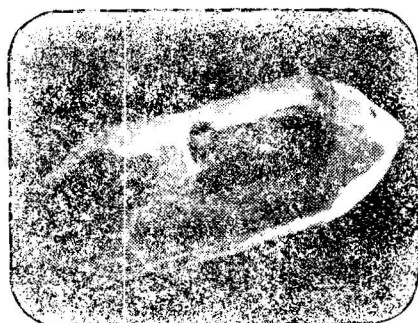
3. 细粒黑云混合花岗岩中的锆石 主要的与中粒及斑状黑云混合花岗岩中的锆石相同，但粒度稍细一些。其次为黑云变粒岩的残余锆石，部分颜色变浅。另有一种锆石，无色透明，在阴



照片 1 黑云变粒岩中的自形锆石，晶形较复杂，锥面发育（北部围岩，By(ZS)238，扫描电镜）

Photo 1 Euhedral zircon in biotite granulite. The crystal form is relatively complex and the pyramidal faces are well

developed(country rock in the northern part, SEM)

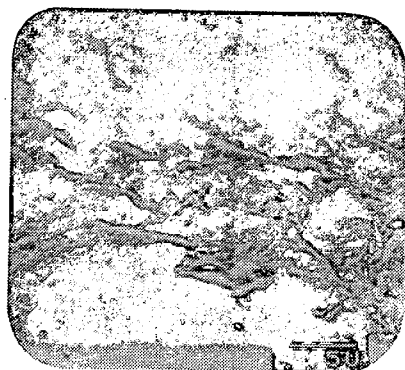


照片 2 黑云变粒岩中的自形锆石，包裹有其它矿物(By(ZS)238，扫描电镜)

Photo 2 Euhedral zircon in biotite granulite, containing inclusions of other minerals(SEM)

极发光下呈浅黄红色，长柱状，延长度可达10，含量极少。

4. 中粒和斑状黑云混合花岗岩中的锆石 两种岩石中锆石特征相同。锆石呈浅棕黄色，无色，金刚光泽，透明一半透明。在阴极发光下，主要呈浅紫色，其次为浅黄红色，浅水红色，部分可见环带。锆石晶形简单，为{111}和{100}聚形，柱面比锥面发育。锥面上，晶面发育常不对称，其中一个晶面比其它三个晶面发育，两个锥体呈二次轴形式对称。个别锆石呈板状。晶体的角、棱和面清楚，但部分的表面被溶蚀。在扫描电镜下，可见花瓣状翻卷、溶蚀丘（照片3）和溶蚀坑（照片4），另外还见压迹，无机械磨圆现象。锆石的环带较为发育，环带数一般为几一十几个，环带一般平直，与晶体外表轮廓一致。见一锆石中包裹有小的锆石和针状磷灰石（照片5）。存在于少量黑云变粒岩中的残余锆石，呈浅紫红色。有少量乳白色锆石（在均质混合岩和细粒混



照片 3 混合花岗岩中的锆石，晶体表面呈溶蚀丘状，(By(ZS) 216, 扫描电镜)

Photo 3 Zircon in migmatitic granite. The crystal surface is corroded (SEM)



照片 4 混合花岗岩中的锆石，晶体表面有长条状的溶蚀坑和矿物压迹 (By(ZS) 189, 扫描电镜)

Photo 4 Zircon in migmatitic granite, showing elongate corrosion pits and pressure shadow (SEM)



照片 5 混合花岗岩中的自形锆石，晶形简单，柱面发育，包裹有细小的自形磷灰石和锆石 (右上角) (By(ZS) 199, 扫描电镜)

Photo 5 Euhedral zircon in migmatitic granite. The crystal form is simple and the prismatic faces are well developed. Minute euhedral apatite and zircon are enclosed in the mineral (SEM)

合花岗岩中也存在)，仍为{111}和{100}聚形，可能是水化锆石。

5. 伟晶质花岗岩中的锆石 与中粒及斑状黑云混合花岗岩中的锆石相同，但含量低，且表面被溶蚀较强，为残余锆石。

四、锆石的粒度统计特征

锆石的粒度统计见表 2 和图 1。可见黑云变粒岩中的锆石比混合花岗岩中的锆石的延长度要小，锥面要发育，前者的延长度为 2.4—2.6，锥长与柱长比值为 0.70—0.85；后者的延长度大于 3，最大达 3.7，锥长与柱长比值为 0.30—0.35。

相对来说，黑云变粒岩和中粒及斑状黑云混合花岗岩中锆石粒度统计的方差较小，均质混合岩和细粒混合花岗岩中锆石粒度统计的方差较大，以延长度为例，黑云变粒岩中的方差为 0.61—0.63，中粒及斑状黑云混合花岗岩中的方差为 0.66—1.15，而均质混合岩中的方差为 1.44，细粒黑云混合花岗岩的为 1.40。反映在频率统计图上，前者表现出对称，峰值较高的特征，后者则表现出不对称，峰值较低的特征。

五、讨 论

(1) 与黑云变粒岩相比，混合花岗岩中出现了象电气石、萤石、独居石和钽石这样一些富含挥发组份和稀土的副矿物，但总的说来，混合花岗岩中的副矿物组合简单，这与岩体形成的温度较低 (约 680℃ 左右)，挥发组份较低 (如氟含量平均值只有 4.08×10^{-4} ，低于花岗岩类氟的平均含量 8×10^{-4}) 有关，暗示岩体分异结晶作用较弱，只在后期局部分异出了伟晶质花岗岩和有

表 2 雌山混合花岗岩及有关岩石中锆石的粒度统计特征

Table 2 Grain size statistics characters of zircon of Cishan migmatitic granite and relating rocks

顺序号	样品号	柱 长		锥 长		总 长		宽 度		延 长 度		锥长/柱长	颗粒数
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	
1	By (ZS) 238	5.09	1.96	4.32	0.76	9.42	2.92	4.09	1.22	2.4	0.63	0.85	101
2	By (ZS) 235	5.95	1.66	4.16	0.75	10.10	2.51	4.06	1.03	2.6	0.61	0.70	129
3	By (ZS) 253	8.18	3.30	4.20	0.93	12.18	4.35	4.29	1.40	3.2	1.44	0.51	77
4	By (ZS) 203	8.87	3.27	3.60	0.84	12.46	3.96	3.48	1.07	3.7	1.40	0.41	84
5	By (ZS) 242	9.09	2.85	3.16	0.54	12.25	3.34	3.83	1.25	3.4	1.15	0.35	50
9	By (ZS) 189	9.51	2.09	2.82	0.53	12.31	2.46	3.76	0.84	3.4	0.80	0.30	49
7	By (ZS) 207	8.02	2.09	2.68	0.58	10.73	2.71	3.24	0.76	3.3	0.73	0.33	51
8	By (ZS) 216	10.36	2.73	3.38	0.50	13.76	2.98	4.13	0.93	3.5	0.93	0.33	149
9	By (ZS) 199	11.78	2.98	3.68	0.56	15.45	2.87	4.39	0.78	3.6	0.68	0.31	50
10	By (ZS) 227	11.05	2.78	3.70	0.77	14.61	3.21	4.46	1.19	3.4	0.66	0.33	56

注：单位为格，一格=0.0225mm；锥长一栏的方差 s 由半锥长数据算得；锥长/柱长的平均值由锥长的 $\bar{x}$ 和柱长的 $\bar{x}$ 算得。

关岩脉。

均质混合岩中有较多的绿帘石，薄片见其为粒状，自形一半自形，部分具环带结构，常与黑云母生长在一起。推测它们是在混合岩化作用中由黑云母或其它矿物转变来的。

伟晶质花岗岩中富含石榴石。从其特征推测它们是在伟晶质岩浆演化后期，长石、石英等结晶以后，残余熔体与不透明铁矿物反应而形成。伟晶质花岗岩中富含石榴石，表明岩石较为富铝。伟晶质花岗岩中含很少或不含黑云母和白云母（可能主要是水压低的原因），按花岗岩中石榴石与黑云母、白云母共生关系图解⁽¹⁾，表明石榴石富锰，这与它们形成于低温低压的条件吻合。伟晶质花岗岩含很少的磷灰石，表明磷灰石已在岩浆早期阶段晶出了。

从黑云变粒岩到混合花岗岩，副矿物组合变化的一个主要特征是暗色矿物由钛铁矿转变成了磁铁矿，表明氧逸度的逐渐增高。应该指出，尽管雌山岩体的磁铁矿含量远高于钛铁矿含量，与所谓的S型花岗岩正好相反，但却在许多方面具有S型花岗岩的特征，把它归于S型花岗岩当无问题。笔者不同意把S型、I型花岗岩分别与钛铁矿型、磁铁矿型花岗岩相对应的看法。事实上，划分S型、I型花岗岩的基础是岩浆的物质来源，划分钛铁矿型、磁铁矿型花岗岩的基础为氧逸度高低，尽管两者之间有时存在一定的相关性⁽¹⁾，但并无逻辑上的联系。闻广等⁽²⁾的工作表明，在同一岩体内部，岩石的磁性就可存在变化，并可能与成矿作用有关，说明氧逸度大小还与

1) 石原舜三，1980，磁铁矿系列花岗岩类岩石与钛铁矿系列花岗岩类岩石。国外地质科技，第1期。

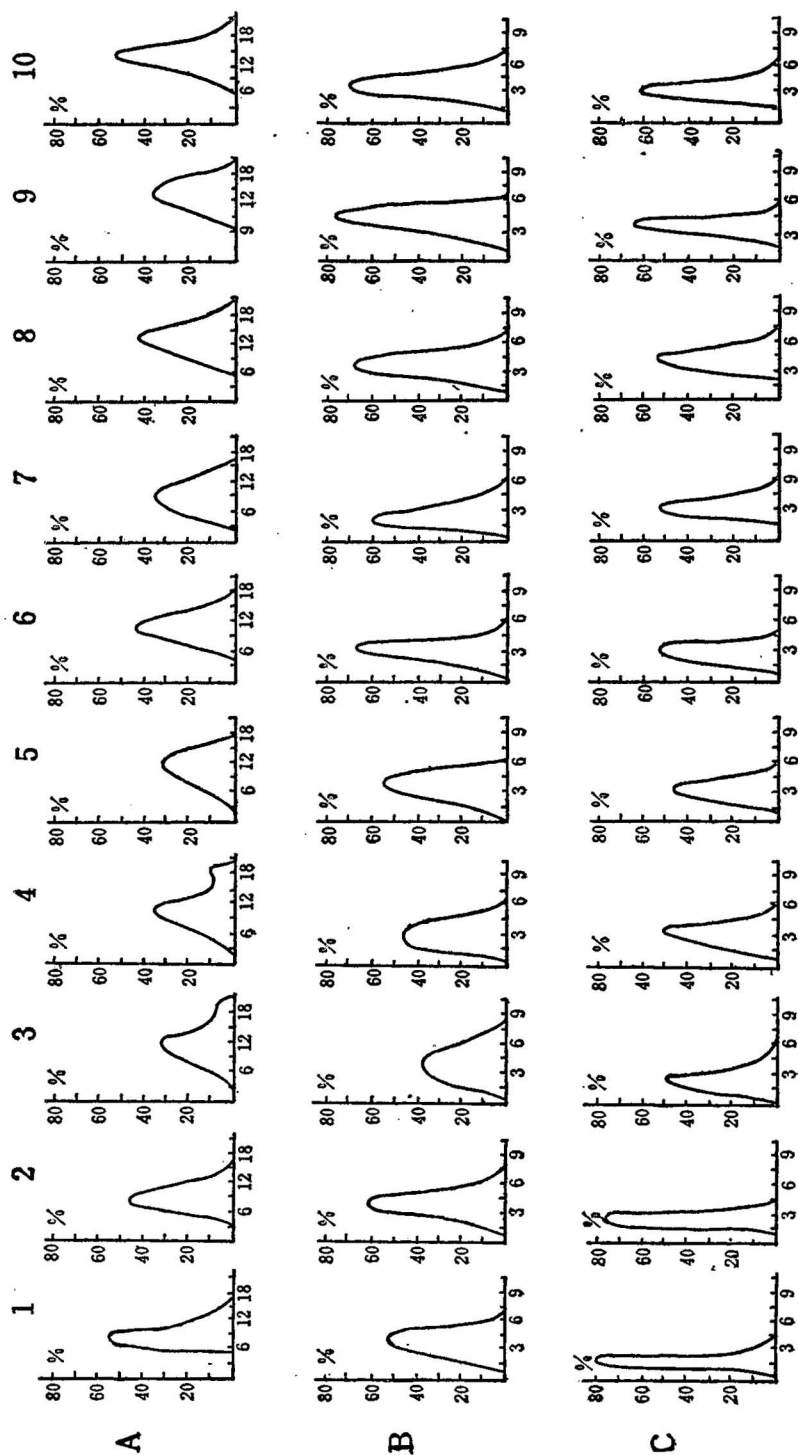


图 1 礁山混合花岗岩和有关岩石中锆石的长度(A)、宽度(B)和延长度(C)的统计特征
Fig. 1 Length(A), Width(B) and length coefficient's(C) statistics characters of zircon of

Cishan migmatitic granite and relating rocks
(顺序号同表 1, 长度和宽度的单位为格, 1 格 = 0.025mm)

岩体的形成过程关系密切。

(2) 黑云变粒岩和中粒及斑状黑云混合花岗岩中的副矿物组合, 锆石的颜色、晶形、环带特征、阴极发光特征、表面特征以及延长度和锥长与柱长比值等方面, 都存在着较大的差异, 可用它们来鉴别两种不同类型的岩石。

锆石形成于一定的介质条件和物化条件, 研究锆石的特征, 可推测其形成时的条件。黑云变粒岩中, 只存在一种类型的锆石, 锆石的晶形较为完好, 环带数较少, 表面很少有溶蚀现象, 表明它们形成时的变质条件较为稳定, 不存在多期变质作用的迭加, 这与黑云变粒岩镜下结构表现出的矿物稳定共生相吻合。中粒和斑状黑云混合花岗岩取自雌山岩体内不同位置, 但它们的副矿物组合和锆石特征却一致, 表明形成条件相近, 锆石具有较多的平直环带结构, 反映了它们形成过程中条件的局部波动。中粒和斑状黑云混合花岗岩中的锆石具有相同特征, 表明斑状黑云混合花岗岩中的微斜长石斑晶是岩浆演化后期的产物。我们知道, 在花岗质酸性岩浆中, 锆石这样一些副矿物是在岩浆演化早期结晶的, 这两种岩石中的锆石具有相同特征, 可推测它们的早期环境条件相同。

从黑云变粒岩到中粒及斑状混合花岗岩, 两种类型锆石的相对含量发生有规律的变化。黑云变粒岩中只有一种类型的锆石, 均质混合岩中锆石的含量低, 主要为黑云变粒岩中的残余锆石, 残余锆石减少可能与外来物质加入, 发生“稀释”作用有关, 或者与锆石不稳定发生分解有关。新生锆石量少是因为锆在酸性岩中为相容元素, 加入或熔出来的低熔组份中锆含量低, 结晶出来的锆石也就少了。在细粒黑云混合花岗岩中, 主要为新生锆石, 反映出物化条件已向形成中粒黑云混合花岗岩方向转化, 细粒与中粒黑云混合花岗岩的形成条件差异已经不大。但是, 在细粒黑云混合花岗岩中, 还存在一种延长度很大的锆石, 尽管量少, 却说明其形成条件也可能有一定差异。在中粒及斑状黑云混合花岗岩中, 只偶见很少的残余锆石(其中还可能包括岩体侵位过程中捕虏的残余锆石), 表明其形成条件已发生了较为根本的变化。新生锆石的表面特征、环带特征和延长度等表明它们是在岩浆结晶过程中形成的。锆石特征随不同类型岩石发生有规律的变化, 说明了它们的成因联系*。

锆石的统计数据特征提供了另一方面的信息, 数据方差的大小反映了环境条件变化的复杂程度。黑云变粒岩中锆石的数据方差值小, 与岩石形成于较稳定的变质条件一致。方差值最大的是均质混合岩和细粒黑云混合花岗岩中的锆石, 显然与它们的锆石种类较复杂, 经历过复杂的地质作用有关。中粒及斑状黑云混合花岗岩虽然经历的地质作用更为复杂, 但熔融作用已把以前的地质作用痕迹消除了。混合花岗岩中的锆石平均延长度相近(3.3—3.6), 而方差有一定变化(0.68—1.15), 可能说明在它们形成时, 岩体内部的物化条件大致相同, 但局部有一定变化, 这与由锆石晶形相同, 而环带较为发育所作的推论一致。

(3) Pupin¹⁾通过对花岗岩类岩石中锆石长期深入的研究, 认为锆石群指数I. A受碱金属含量的控制, 当碱金属含量高时, (111)锥面发育, (311)锥面不发育, 反之亦然(国内许多学者的研究也证实了这点^{3, 4)}); 又认为温度对锆石形态也具有重要的控制作用, (100)发育时为低温条件, (110)发育时为高温条件*。雌山混合花岗岩的锆石类型属于Pupin图解中的G型锆石, I. A指数为700, I. T指数为200, 即形成于高碱低温条件(温度约为 $600^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$), 与本区情况较为吻合。但是, 在成因分类上, 雌山岩体与Pupin的地壳成因花岗岩差异较大, 而与他地

* 本次未作边缘混合岩中花岗质岩石的副矿物工作。根据薄片鉴定中可见较多的黑云变粒岩残余物, 推测可能也有较多的残余锆石, 副矿物组合上也处于一种过渡状态。

1) Pupin, J. P., 1981, 锆石与花岗岩岩石学, 国外地质科技, 第1期。

* 所用晶面符号为国内普遍采用的。Pupin的总体定位方向与此不同, a 、 b 轴反时针方向旋转了 45° , 所以这里的(111)、(311)、(100)和(110)分别对应于Pupin的(101)、(211)、(110)和(100)。

壳+地幔混染成因的黑云二长花岗岩(4a类)相似,这和实际情况不符。张忆平¹⁾对辽宁锦西下兰家沟矿区花岗质岩石的研究也表明,Pupin的锆石群类型法对岩体形成条件及其演化的研究有效,却不能反映物质的来源。笔者认为,花岗岩类的物质来源和成因可与岩体的温度条件和碱度条件有关,但并不存在必然的联系,所以,用锆石群类型反映物质来源,有时就会出现错误。

由于黑云变粒岩中的锆石类型(大致相当于S₁₃型)与G型锆石差异较大,它们的形成条件也就相差较大,故混合花岗岩中黑云变粒岩残余锆石很少。

副矿物组合和锆石特征研究表明:黑云变粒岩形成于较为稳定的变质条件;雄山混合花岗岩为岩浆花岗岩(相当于S型花岗岩);混合花岗岩中的锆石特征能反映岩体的形成条件;黑云变粒岩和混合花岗岩之间副矿物组合和锆石特征存在着差异;副矿物组合和两类锆石的相对含量随不同岩石发生有规律变化,表明它们之间具有成因联系。

致谢:本文为研究生论文的一部分,是在程裕淇先生、沈其韩先生具体指导下完成的,徐慧芬、伍家善老师给予很大帮助,副矿物分选工作中,得到金龙国同志具体协助,图件由李红绘。笔者表示深切的谢意。

参 考 文 献

- [1] 刘运金, 1984, 花岗岩类的石榴石成分特征。地质地球化学, 第六期。
- [2] 陶广、吴思本, 1984, 就岩石磁性特征论石原舜三花岗岩系列。地质论评, 第30卷, 第3期。
- [3] 贵阳地化所, 1979, 华南花岗岩类的地球化学。科学出版社。
- [4] 莫柱孙, 1980, 南岭花岗岩地质学。地质出版社。

ACCESSORY MINERAL ASSOCIATIONS AND ZIRCON CHARACTERS OF THE CISHAN MIGMATITIC GRANITE AND ITS RELATED ROCKS AND THEIR GEOLOGICAL SIGNIFICANCE

Wan Yusheng

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)

Abstract

This paper deals with the accessory mineral associations (AMA) and zircon characters in the Cishan migmatitic granite, homogeneous migmatite, biotite granulite (country rocks) and other relating rocks.

There are clear differences in AMA and zircon characters between biotite granulite and Cishan migmatitic granite, which reflects the difference between their respective formation conditions. The AMA of biotite granulite is of ilmenite-apatite-zircon type. There is only one type of zircon in the rock, which occurs in complex euhedral crystals, generally showing no zoned structure. The length coefficient is 2.4—2.6, the ratio of pyramid length and prism length is 0.7—0.85 and the grain

1) 张忆平, 1985, 下兰家沟矿区岩浆岩及成矿的某些问题探讨。研究生论文, 地质科学院研究生部。

size statistical variance (GSSV) is small. The characters of zircon indicate that the rock is formed under steady metamorphic conditions.

The AMA of homogeneous migmatite are of ilmenite-magnetite type. The content of zircon is low and the main type is residual zircon in biotite granulite, and another type is the same zircon as seen in migmatitic granite. The GSSV of this type is largest in all the rocks.

The AMA of the Cishan migmatitic granite are mainly of magnetite-apatite-zircon type. The zircon occurs in the simple euhedral form, showing corrosion phenomena and zoned structure. The length coefficient is greater than 3 and the ratio of pyramid length and prism length is 0.30—0.35. The GSSV is small though there is a small amount of residual zircon in biotite granulite. All these suggest that the Cishan pluton is formed under the conditions of high oxygen fugacity, high alkalis and low temperatures, undergoing weaker crystallization differentiation.

The AMA and the relative contents of two types of zircon regularly change from biotite granulite to migmatitic granite, suggesting that there are genetic relationships between the several rocks mentioned above and that this is a process of gradually increasing oxygen fugacity.