

# 富钟贺矿物志

---

中国科学院地质研究所

(内部资料·注意保存)

科学出版社

# 富 钟 贺 矿 物 志

中国科学院地质研究所

(内部资料·注意保存)

## 内 容 简 介

本书包括广西富钟贺地区花岗岩中所发现的褐钨铜矿、铜铁矿、富钽易解石、铜钨矿、独居石、磷钨矿、钍石及锆英石等十九种矿物，一般以讨论这些矿物的化学组成为主，对于某些物理性质也进行了必要的叙述。书中并附有较多的矿物化学分析和X-射线粉晶分析等基本数据。另外，还概括地论述了该区的地质背景、含矿花岗岩的特点以及铌、钽、稀土等稀有元素的矿化和找矿问题。

本书可供从事普查找矿、矿物学及地球化学工作的同志们参考。

## 富 钟 贺 矿 物 志

中国科学院地质研究所

\*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街117号

北京市书刊出版业营业许可出字第061号

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行

\*

1965年8月第 一 版 开本：787×1092 1/18

1965年8月第一次印刷 印张：6 1/9 插页：5

印数：0001—1,000 字数：137,000

统一书号：13031·2173

本社书号：3307·13-14

定 价：1.30 元

## 序 言

我国伟大的社会主义革命和社会主义建设，为科学技术的发展开辟了广阔的道路。特别是1958年，在社会主义建设总路线的光辉照耀下，科学技术的发展方向和途径更加明确了，措施和方法更加具体了，因而使地质科学和其它科学一样出现了新的面貌，富钟贺地区矿物学的研究就是在这种形势下，于1958年开展的。

工作的初期，由本所朱正强、王德孚、张绍立、梁锐等与广西冶金局204队一起，对于富钟贺地区的稀有元素矿床进行了调查和研究。以后，冶金工业部地质研究所、北京大学、中国科学技术大学、湖南省地质局408队湘南分队和本所修武、朱为方、蔡元吉、林树本以及在本所进修的胡立志（长春地质学院）、董爱梅（合肥工业大学）等，在紧密协作和相互配合下，前后又进行了比较深入细致的工作。

为了阐述该区稀有元素矿化的特征及其分布规律，曾在野外调查的基础上，在室内对该区某些重要的稀有元素矿物如褐钨钨矿等，进行了物理性质的鉴定和化学组成的研究。并于1959年由顾雄飞、张静、郭金弟等初步整理成“广而富钟贺矿物志”初稿。初稿完成后，又于1963年由林传仙、林树本、朱为方等根据新的资料，重新进行了整理和编写。

现在本矿物志的内容，主要包括褐钨钨矿、钨铁矿、富钽易解石、钨钼矿、独居石、磷钨矿、锆英石及钽石等十九种矿物，其中以阐明含钨、钽、稀土、钍、锆、铪、铀及钍等矿物的产状、物理性质和化学组成之间的关系为重点。尤其对于褐钨钨矿等具有工业意义的稀有元素矿物，工作比较详细，且侧重于矿物化学问题的研究。而对于与成矿有关的石英、长石等造岩矿物，则侧重于物理性质的鉴定。由于我们经验及水平所限，在单矿物的分选、钨、钽、钍、锆、铪的分离测定，以及稀土分量的测定等各方面，看来还存在一定的問題，还有待进一步提高，但在数据处理、矿物定名以及理论分析上，采取了较为慎重的态度。

对于褐钨钨矿的化学组成、稀土配分的控制因素、再结晶过程以及似晶体化的原因等进行了比较系统的工作，并提出了某些新的意见。钨铁矿和富钽易解石的发现，为今后在该区及其邻近地区稀有元素矿产资源的寻找，提供了一些新的线索。对于易解石-钽易解石族矿物及钨钼矿族矿物的认识，也提高了一步。

此外，在研究稀有元素矿物化学问题的基础上，对于含矿花岗岩的某些特征，也进行了初步分析，并指出花岗岩中稀有元素的矿化存在有继承、发展关系。而这种关系的产生，主要与岩浆演化过程中的离子作用及离子分异有关。显然，这些问题的进一步阐明，在稀有元素矿产资源的寻找和工业评价方面，以及在稀有元素地球化学和矿物学的研究方面，都具有一定的理论和实际意义。

这是我国第一次从稀有元素矿产资源的角度比较系统地对花岗岩中的副矿物所

进行的初步研究工作。由于这方面的工作具有一定的特点，而我们的工作經驗又很不足，因此难免有欠妥和錯誤的地方，希望同志們提出批評和指正。

此項工作为中国科学院地質研究所七室各實驗室集体研究成果，是在党的直接领导下，以及郭承基教授的具体指导下而完成的。在工作过程中，得到广西冶金局 204 队、湖南省地質局 408 队湘南分队以及本所二室、四室、六室的有关實驗室，业务处及磨片車間，在矿物分选、分析、繪图、照相、薄片制作等各方面給予了大力的协助，謹于此一併致謝。

全文由林树本、朱为方、林传仙、陈业材等同志进行了总編，最后由郭承基教授进行了审校。

作者 一九六五年

# 目 录

|                   |                     |     |
|-------------------|---------------------|-----|
| 序言                | 作者                  | v   |
| 一、区域地质概况          | 朱为方                 | 1   |
| 二、姑婆山花岗岩          | 朱为方                 | 3   |
| 三、花山花岗岩           | 朱为方                 | 8   |
| 四、矿物概論            | 朱为方                 | 12  |
| 五、矿物各論            |                     | 13  |
| (一) 鋁鉬酸盐及鈦鋁鉬酸盐类矿物 |                     | 13  |
| 1. 褐鉬鈦矿           | 林传仙、张 静、顾雄飞、修 武、郭其梯 | 13  |
| 2. 鈦铁矿            | 林树本、朱为方、陈业材         | 31  |
| 3. 富鉬易解石          | 张 静、修 武             | 33  |
| 4. 鈦鉬矿            | 林树本                 | 37  |
| (二) 硅酸盐类矿物        |                     | 38  |
| 5. 鎔英石            | 王贤觉、田淑贵、顾雄飞         | 38  |
| 6. 鈦石             | 林树本                 | 53  |
| 7. 褐帘石            | 林树本、顾雄飞             | 58  |
| 8. 絹石             | 林树本                 | 61  |
| 9. 绿柱石            | 李维显                 | 64  |
| 10. 黑云母           | 蔡元吉、蔡仁安             | 65  |
| 11. 长石类矿物         | 朱为方                 | 71  |
| (三) 磷酸盐类矿物        |                     | 76  |
| 12. 独居石           | 林树本、顾雄飞、王一先         | 76  |
| 13. 磷鉬矿           | 顾雄飞、林树本             | 83  |
| (四) 氟碳酸盐类矿物       |                     | 85  |
| 14. 氟碳酸鉬矿         | 张 静、修 武             | 85  |
| (五) 钨酸盐类矿物        |                     | 87  |
| 15. 黑钨矿           | 林树本、侯鸿泉             | 87  |
| (六) 氧化物类          |                     | 89  |
| 16. 鈦铁矿           | 顾雄飞、林树本             | 89  |
| 17. 錳石            | 顾雄飞、林树本             | 92  |
| 18. 石英            | 朱为方                 | 94  |
| (七) 氟化物类          |                     | 96  |
| 19. 萤石            | 林树本                 | 96  |
| 結論                | 郭承基                 | 97  |
| 参考文献              |                     | 102 |

## 一、区域地质概况

### (一) 大地构造位置

广西富钟贺地区,位于南岭东西构造带之西端,滇桂台向斜的东部与赣湘台向斜南端相会的局部隆起地段。

### (二) 地层与地史简述

区域内出露的最老地层为浅变质的寒武-奥陶纪砂岩、千枚岩及絹云母頁岩,出露厚度約 4800 米。泥盆系不整合覆盖其上,主要为砂岩及灰岩,出露厚度約为 1200—2900 米。与泥盆系呈整合接触的石炭系主要为灰岩,其中夹有白云岩及硅质岩,出露厚度为 1220—1350 米。二迭纪的砂-頁岩仅有局部出露,整合于石炭系之上,出露厚度約 550 米。早泥盆世至晚石炭世的連續海侵到二迭纪即告終結,而轉为海退。二迭纪至三迭纪期間,本区发生隆起,并遭受剝蝕,从此結束了海相沉积。直至早侏罗世,在西湾一带才出現局部的內陆盆地湖相沉积,即西湾煤系;其下部为砾岩、頁岩、煤层及灰岩,上部为石英长石砂岩及頁岩,出露总厚度約为 700—960 米。早侏罗世之后,本区仍有构造运动,致使侏罗系发生輕微的单斜型褶皺和断裂(但远不及古生代地层变动剧烈),且白垩系完全缺失,直至第三纪,区域内局部地段才出現砾岩和紫紅色砂岩等陆相沉积物,厚度仅有 80 米左右。本区的第四系最老者为古老风化壳,分布于各类地层及花崗岩之上,厚度可达 30 米左右。第四系堆积于第三阶地和第二阶地喀斯特盆地中,成分为砾石层、棕紅色砂层及沼泽层等,含有未經石化的巨大植物軀干和犀牛、劍齿虎等动物化石。近代冲积层主要为砾石、砂及亚砂土等,沿近代河流分布。

### (三) 区域构造

根据构造形成的時間、方向及所影响岩系的不同,本区的构造可分为以下四組(表 1)。

### (四) 火成岩

#### 1. 区域火成岩的分布及侵入順序

沿本区北西-南东构造綫断續出現一系列的侵入体羣,其中占主要地位的是酸性侵入体。中酸性-中性侵入体很少,往往呈小岩株分布于酸性岩基的边緣,并为后者所切割;或者构成酸性岩基的边緣相。其中属酸性岩基的有姑婆山花崗岩体、花山-金子岭花崗岩体和大宁花崗岩体;属中性至中酸性岩株者有长岭石英閃长岩体、同安

表1 广西富钟贺地区构造活动特征表

| 构造组 | 走 向   | 受 影 响 的 地 层 | 构 造 变 动 特 点                                 | 时 代   |
|-----|-------|-------------|---------------------------------------------|-------|
| I   | 南 北   | 寒武-奥陶纪下构造层  | 褶皱、变质、断裂，泥盆系和下构造层不整合                        | 加里东期  |
| II  | 北 西   | 二迭纪以前的地层    | 侏罗系与石炭系超覆不整合。地层褶皱隆起和断裂，形成本区复式构造，可能有大规模的岩浆活动 | 印 支 期 |
| III | 北 西   | 侏罗纪以前的地层    | 使第三系不整合于下部地层，侏罗系发生断裂和单斜型平缓褶皱，可能仅有脉岩侵入       | 燕 山 期 |
| IV  | 北 北 西 | 第三纪以前的地层    | 使第三系发生倾斜，现代温泉形成                             | 喜马拉雅期 |

花崗閃長岩-角閃斜長花崗岩體，它們都被花山—金子嶺岩基所侵入。大寧花崗岩基的邊緣相為花崗閃長岩，被姑婆山岩基侵入。此外烏羊山花崗岩株與姑婆山西部馬古坳花崗岩株相隔數百米，有泥盆紀地層分布其間，但其根部相連，這一點早為鉆探所証實。根據1960年及1962年我所工作隊的野外觀察，在姑婆山南部的新路河邊找到了它被姑婆山花崗岩侵入的証據。根據副礦物資料的對比，它們之間沒有連續過渡的關係，姑婆山花崗岩體主要以含褐鈣鈣礦為特徵，而馬古坳岩體以含鈦鐵礦、鋯英石、少量獨居石及磷鈣礦為特徵，與花山—金子嶺花崗岩的副礦物組合特徵更為接近，因此推論其侵入階段與花山—金子嶺花崗岩可能更為接近。

根據上述岩體互相侵入關係和花崗岩中稀有元素副礦物的特徵對比，可將本區侵入岩的相對侵入階段劃分如下：

(1) 第一侵入階段：形成大寧岩基，長嶺岩株和同安岩株，主要是中性—中酸性侵入體。

(2) 第二侵入階段：形成花山—金子嶺岩基和烏羊山—馬古坳岩株，主要是酸性侵入體。

(3) 第三侵入階段：形成姑婆山花崗岩基，主要是富硅富鹼的酸性侵入體。

同一侵入階段的不同岩體的稀有元素副礦物有類似的共生組合特徵。其中第一階段侵入體的特徵副礦物是鈦鐵礦、鋯英石、磷灰石及榍石等；第二階段侵入體的特徵副礦物是獨居石和磷鈣礦；第三階段侵入體的特徵副礦物是褐鈣鈣礦、鈦石。不同階段侵入體的礦物的共生組合特徵之間有明顯的繼承性，但在數量上差別較大，而且後一階段侵入體的特徵副礦物往往是前一階段侵入體所沒有的。在同一構造區域內，稀有元素礦化的這種繼承發展關係，在南嶺地區確有實例。

## 2. 關於本區侵入時代劃分的意見

目前關於南嶺地區侵入岩時代的劃分尚存在一些疑難問題，原因是缺乏可作為確定時代上限的地層証據和系統的絕對年齡的測定資料。此外在南嶺地區的地史發展過程中，普遍地存在多次構造活動，其主要造山運動階段究竟是在三迭紀還是在白堊紀，目前還難以肯定。富鐘賀地區侵入體羣時代的劃分中遇到的問題，和南嶺其它地區所遇到的問題甚為類似。根據現有資料，初步認為本區侵入體羣的時代很可能



是印支期,其主要根据如下:

(1) 本区的主要构造活动阶段很可能在三迭纪(見前(二)及(三)所述),即印支运动的末期。

(2) 1959年該区的联合工作组曾在侏罗纪长石砂岩中进行人工重砂取样,发现其中有锆英石、鈦鉄矿、錫石、褐鉍鈳矿及独居石等重矿物,推断这些矿物应来源于姑婆山及花山花崗岩。1960年我所工作队在侏罗系各层进行系統取样,发现的矿物有: 锆英石、錫石、褐鉍鈳矿、独居石、銳鈦矿、鈦鉄矿、电气石、磷灰石、角閃石、黑云母、黄鉄矿、毒砂、石榴石及綠帘石等。其中硫化矿物在侏罗系下部出現較多,而石英、长石、云母、石榴石、綠帘石及其它稀有元素副矿物主要出现在侏罗系上部的长石砂岩中。分布在侏罗系地层中不同层位的副矿物的組合特征,恰好和区域内剝蝕作用发展的順序相吻合。即最先剝蝕的是沉积岩,然后是远离花崗岩的热液硫化矿物矿化带,繼之砂卡岩,最后是花崗岩本身。

重矿物中的大量锆英石,按其顏色和晶形虽然大部分和泥盆紀地层中的锆英石类似(图1),但其中仍然約有10—15%左右的锆英石和姑婆山及花山花崗岩体所产的相似(图2)。上述锆英石可能为泥盆系及区域内花崗岩的风化、搬运、再沉积的产物。



图1 侏罗纪长石砂岩中锆英石的晶形

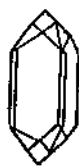


图2 侏罗纪长石砂岩中锆英石的晶形

(3) 侏罗系的底砾岩北部較薄,南部較厚,并且在北部超复沉积于石炭系之上,故推测侏罗紀以前本区的富钟复式向斜业已形成。复向斜凹部是侏罗系堆积的构造条件,其北部的隆起,是剝蝕的对象和沉积物的来源。而岩浆侵入是此一隆起与凹陷的动力。

## 二、姑婆山花崗岩

本矿物志中所論述的大多数矿物均产于姑婆山花崗岩,現将其地質特征簡述如下:

### (一) 围 岩

与姑婆山花崗岩接触的围岩,按其部位,东北部和东南部为寒武-奥陶紀砂岩、千枚岩、板岩及部分泥盆紀砂岩、灰岩,少数为石炭紀灰岩;西部主要和馬古坳中粒似斑状黑云母花崗岩接触,并侵入后者;东部侵入大宁花崗閃长岩-花崗岩。由于姑婆山花崗岩侵入的影响,围岩发生了一系列蝕变和矿化現象,如灰岩的砂卡岩化,并形成錫石硫化物建造的矿床;硅鋁质围岩主要为硅化、絹云母化;若围岩为酸性侵入岩,

主要蚀变为硅化、绿泥石化、叶蜡石化、黄铁矿化、絹云母化、绿帘石化(主要在大宁岩体),个别地方出现云英岩化,但无显著的矿化现象。

## (二) 岩体形态及构造

姑婆山花岗岩出露面积约为 400 平方公里(西部馬古坳岩株面积 150 平方公里不包括在内),为一椭圆形穹隆状岩基。在岩体内部有明显的以陡角内倾的环状流面构造。总的看来,伟晶岩和细晶岩脉都不太发育,仅在岩体的边缘相比较常见,其它部位主要发育石英脉和绿泥石-叶蜡石-絹云母细脉,有时这种细脉遍布于某一地段而构成叶蜡石化、绿泥石化、硅化及絹云母化等蚀变地段。上述原生裂隙的方向性不太明显。

## (三) 岩相分带

该岩体具有较明显的结晶分异现象,按岩石的矿物成分、岩石结构和岩石化学特征,可划分出三个较明显的岩相带(表 2 和图 3)。

表 2 姑婆山花岗岩岩相分带特征表

| 岩 相   | 岩性及结构          | 斑晶矿物           | 基 质 矿 物*                                                                                 | 副 矿 物                                      |                         | 其 它                             |
|-------|----------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
|       |                |                |                                                                                          | 主 要 的                                      | 次 要 的**                 |                                 |
| 边 缘 相 | 粗粒等粒状黑云母花岗岩    |                | 微斜条纹长石 45—50%,<br>斜长石( <i>An</i> 8—17)<br>10—15%,<br>石英 30—35%,<br>黑云母 3—7 %             | 锆英石、<br>磁铁矿、<br>褐帘石、<br>萤石                 | 钛铁矿<br>褐帘石<br>钼石<br>独居石 | 较易见到细晶岩和伟晶岩脉,或伟晶结构的分异体          |
| 过 渡 相 | 粗粒似斑状黑云母花岗岩    | 微斜条纹长石少量—30%   | 微斜条纹长石 15—40%,<br>斜长石( <i>An</i> 5—28)<br>15—20%,<br>石英 30 % 土,<br>黑云母 5—8 %             | 钛铁矿、<br>锆英石、<br>褐帘石、<br>独居石、<br>磁铁矿        | 褐帘石、<br>钼石、<br>磷灰石      | 絹云母-叶蜡石脉较发育,本岩相分布在岩体的环状高山部位     |
| 中 央 相 | 中粒似斑状角闪石黑云母花岗岩 | 微斜条纹长石 30—35 % | 微斜条纹长石 10—15%<br>斜长石( <i>An</i> 15—34)<br>20—25%<br>石英 23—27%<br>黑云母 10 % 土<br>角闪石 2—3 % | 锆英石、<br>磁铁矿、<br>褐帘石、<br>钛铁矿、<br>磷灰石、<br>榍石 | 褐帘石、<br>独居石             | 有大量的暗色“包体”和明显的流面构造,后者呈陡角内倾的闭合环状 |

\* 造岩矿物的含量,均为估量。

\*\* 根据人工重砂分析,发现花岗岩中有少量的白钨矿和锡石,因其成因尚不太清楚,暂不列为副矿物。

我們試用化学方法对各岩相具有代表性的花岗岩样进行了矿物相分析,其结果列于表 3。

## (四) 姑婆山花岗岩岩石化学特征

总的看来,姑婆山花岗岩的平均化学成分以富碱、硅,而贫于 Ti、Al、Fe、Mg、Ca、Mn 等元素为特征。反映碱性度的钠质火成岩系数  $\frac{K + Na}{Al}$  (原子比)平均为 0.86,高

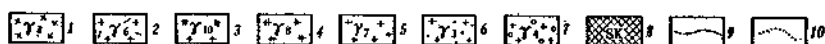
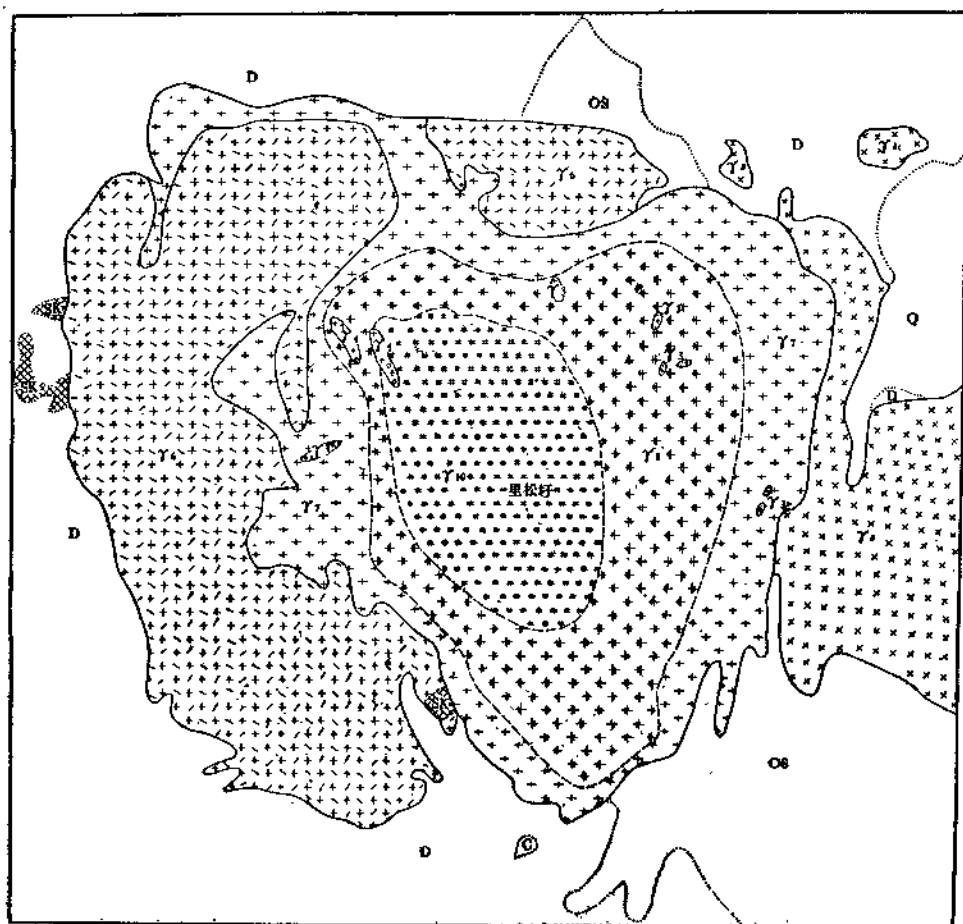


图3 姑婆山花岗岩岩相分带示意图

1——大宁花岗闪长岩-花岗岩； 2——马古场中粒似斑状黑云母花岗岩； 3——姑婆山花岗岩中央相：中粒似斑状角闪黑云母花岗岩； 4——姑婆山花岗岩过渡相：粗粒似斑状黑云母花岗岩； 5——姑婆山花岗岩边缘相：粗粒等粒状黑云母花岗岩； 6——晚期细粒黑云母花岗岩脉； 7——晚期细粒似斑状黑云母花岗岩； 8——砂卡岩； 9——岩相界线； 10——地层界线。

于一般花岗岩(0.6—0.8)。K/Na 近于1。A. H. 查瓦里茨基参数中  $a$ 、 $S$ 、 $a/c$  值较高,  $c$  和  $b$  值较低, 铝稍过饱和(表4)。

由于岩体明显的结晶分异作用, 各岩相化学成分之间有较明显的差别:

1. 由中央相向边缘相碱(尤其是钾)、硅、氧等元素含量递增, 钛、铝、铁、镁、锰、钙等6组元素含量递减。铈、钽、钷族稀土含量随前一组元素含量增加而递增, 随后一组元素含量增加而递减。锆和钨矿物含量恰好相反。而钪族稀土元素矿物的含量似乎随铝的过饱和程度的增大而增大。

表3 姑婆山花崗岩各岩相矿物相分析結果

| 岩 相         | 样 号     | 石英(%) | 黑云母(%) | 长 石 类 矿 物 (%)* |       |      |       |
|-------------|---------|-------|--------|----------------|-------|------|-------|
|             |         |       |        | 斜长石            | 鈉长石   | 钙长石  | 长石总量  |
| 边<br>緣<br>相 | CK6-163 | 38.54 | 5.25   | 23.21          | 23.68 | 2.53 | 49.42 |
|             | 上皇 299  | 33.94 | 5.05   | 27.20          | 32.31 | 1.48 | 60.99 |
|             | 2003    | 35.38 | 5.36   | 25.55          | 27.98 | 4.24 | 57.77 |
|             | 2003B   | 35.33 | 4.59   | 21.17          | 23.76 | 4.16 | 49.09 |
|             | 2004B   | 33.52 | 6.46   | 31.31          | 24.83 | 5.70 | 61.84 |
|             | 上皇 301  | 34.16 | 5.71   | 26.73          | 32.66 | 0.63 | 60.02 |
| 过<br>渡<br>相 | 联人 003  | 30.01 | 5.32   | 27.89          | 35.02 | 0.69 | 63.60 |
|             | 2034    | 33.20 | 6.42   | 21.23          | 24.91 | 5.67 | 51.81 |
|             | 2035B   | 33.22 | 5.74   | 21.72          | 24.82 | 5.77 | 52.31 |
| 中<br>央<br>相 | 联人 001  | 24.79 | 10.24  | 23.69          | 33.67 | 1.83 | 59.19 |
|             | 2010    | 23.84 | 9.30   | 19.56          | 29.55 | 8.52 | 57.63 |

\* 长石分量是用长石类矿物  $K_2O$ 、 $Na_2O$ 、 $CaO$  的测定值换算而得。

2. 邊緣相属 A. H. 查瓦里茨基分类的二类二科至三科, 多属于正常系列, 部分为碱过饱和系列; 过渡相属二类三科; 中央相出現有二类四科和三类八科。整个岩体平均起来属于铝过饱和系列。

3. 姑婆山花崗岩的  $Nb_2O_5$  含量由中央相的 0.0045% 左右到邊緣相的 0.0075% 左右, 过渡相介于二者之間, 和 A. П. 維諾格拉多夫的花崗岩 Nb 的平均原子克拉克值 ( $2 \times 10^{-6}$ ) 相比, 要高出 1.5—2.5 倍, 是区域內含鈮 (鉭) 最高的岩体之一, 鈮的背景值的增高, 是鈮矿化的重要前提。

### (五) 花崗岩的蝕变作用

姑婆山花崗岩的蝕变作用主要有叶蜡石化、綠泥石化、硅化、絹云母化; 云英岩化仅局部地小規模出現。前述四种蝕变作用往往同时出現, 都沿岩石的原生裂隙发育, 当原生裂隙呈网状密集分布时, 蝕变作用就是异常強烈, 可形成大面积的蝕变地段, 在这种情况下, 原生的造岩矿物仅部分地殘留下来, 最易受交代的是黑云母和斜长石, 其次是鈉长石和石英。经过蝕变后一般副矿物的含量均有所降低, 尤其是褐鈮鈰矿、鈦鉄矿及褐帘石等显著减少。

总的看来, 鈉长石化交代作用是很不明显的。除岩体的过渡相和中央相的斜长石号数有某些明显的不連續而显示出微弱的自交代現象外 (例如中央相早世代的斜长石  $An_{28-34}$ , 晚世代的  $An_{15-16}$ ; 过渡相早世代斜长石  $An_{25-28}$ , 晚世代的  $An_{5-7}$ ), 邊緣相的斜长石号数几乎是連續过渡的, 并都較中央相和过渡相的斜长石号数低。虽然晚世代的鈉-奥长石 ( $An_{8-13}$ ) 可以溶蝕交代早世代的奥长石。但总的来看, 邊緣相的斜长石数量甚少, 它們的出現并没有改变原生岩石的结构特征。从岩石化学成分上来看, 鈉并没有显著的增加, 且  $K_2O\% > Na_2O\%$ , 和一般鈉长石化花

崗岩很不相同。因而至少可以认为钠长石化交代作用不明显。

在姑婆山花崗岩的主体内,以边缘较富于微斜长石,岩石中富于钾的成分,但钾的交代作用——微斜长石化同样亦不太明显。由于在岩体边缘相的微斜条纹长石结晶时间相对较晚,因而局部有溶蚀、穿插其它矿物的现象(如黑云母、第一世代的斜长石及第二世代的石英等),但同时又可以被晚世代的钠-奥长石等所溶蚀和穿插。

表 4 姑婆山花崗岩的岩石化学全分析及其 A. H. 查瓦理茨基参数特征

| 样 号                            | 联人 001             | W上<br>312 | 联人<br>003   | 反 19   | 反 18   | 反 23  | 联人<br>004 | 联人<br>005   | 反 25   | 反 17   | 联人<br>008 | 反 26   | 反 3    |
|--------------------------------|--------------------|-----------|-------------|--------|--------|-------|-----------|-------------|--------|--------|-----------|--------|--------|
| 岩相及<br>岩性                      | 中粒似斑状角闪<br>石黑云母花岗岩 |           | 粗粒似斑状黑云母花岗岩 |        |        |       |           | 粗粒等粒状黑云母花岗岩 |        |        |           |        |        |
| SiO <sub>2</sub>               | 66.36              | 67.80     | 72.54       | 74.13  | 70.01  | 74.88 | 73.98     | 73.45       | 76.13  | 75.46  | 74.38     | 75.68  | 75.81  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.08               | 0.12      |             | 0.10   | 0.10   |       |           |             | 0.10   | 0.10   |           | 0.05   | 0.05   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14.56              | 15.23     | 12.85       | 12.96  | 13.97  | 14.14 | 12.09     | 11.77       | 11.49  | 11.60  | 11.71     | 11.38  | 11.04  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1.65               | 1.43      | 0.39        | 0.84   | 1.29   | 0.97  | 1.45      | 0.33        | 0.73   | 0.72   | 0.48      | 0.67   | 1.49   |
| FeO                            | 3.33               | 2.20      | 2.23        | 1.49   | 2.40   | 1.31  | 1.11      | 1.59        | 1.86   | 2.06   | 1.90      | 2.34   | 0.95   |
| MnO                            | 0.18               | 0.20      | 0.12        | 0.08   | 0.12   | 0.08  | 0.10      | 0.15        | 0.08   | 0.08   | 0.13      | 0.12   | 0.05   |
| MgO                            | 1.93               | 0.76      | 0.66        | 0.69   | 0.69   | 0.15  | 0.58      | 1.00        | 0.69   | 0.52   | 0.62      | 0.34   | 0.34   |
| CaO                            | 1.78               | 2.07      | 1.32        | 0.65   | 0.77   | 0.14  | 0.66      | 0.95        | 0.38   | 0.69   | 0.66      | 0.65   | 0.57   |
| K <sub>2</sub> O               | 4.65               | 4.48      | 4.80        | 5.00   | 5.40   | 4.50  | 5.00      | 5.10        | 5.15   | 5.15   | 4.85      | 5.40   | 5.15   |
| Na <sub>2</sub> O              | 4.44               | 3.76      | 4.50        | 3.65   | 3.80   | 2.13  | 3.40      | 4.43        | 3.10   | 3.40   | 4.65      | 2.65   | 3.37   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.32               |           | 0.33        | 0.05   |        | 0.10  | 0.50      | 0.03        |        |        | 0.17      |        | 0.03   |
| F                              |                    |           | 0.12        | 0.07   | 0.13   |       | 0.12      | 0.12        | 0.03   | 0.07   | 0.20      | 0.05   | 0.05   |
| H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>  |                    |           | 0.41        | 0.78   | 1.06   |       | 0.79      | 0.40        | 0.55   | 0.69   | 0.23      | 0.40   | 0.40   |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  |                    |           | 0.17        | 0.12   | 0.05   |       | 0.24      | 0.16        | 0.17   | 0.05   |           | 0.33   | 0.42   |
| CO <sub>2</sub>                |                    |           | 0.08        | 0.25   | 0.21   |       | 0.16      | 0.08        | 0.24   |        | 0.15      | 0.09   | 0.47   |
| 总 计                            | 99.28              | 98.05     | 100.52      | 100.86 | 100.00 | 98.40 | 100.18    | 99.56       | 100.70 | 100.59 | 100.13    | 100.15 | 100.19 |
| 样 号                            | 联人 001             | W上<br>312 | 联人<br>003   | 反 19   | 反 18   | 反 23  | 联人<br>004 | 联人<br>005   | 反 25   | 反 17   | 联人<br>008 | 反 26   | 反 3    |
| a                              | 16.17              | 14.81     | 16.14       | 14.67  | 15.87  | 10.57 | 14.32     | 15.15       | 13.60  | 14.23  | 15.03     | 14.07  | 14.16  |
| c                              | 1.46               | 2.52      | 0.16        | 0.76   | 0.92   | 0.16  | 0.70      |             | 0.44   | 0.27   |           | 0.81   |        |
| e                              |                    |           |             |        |        |       |           | 1.27        |        |        | 1.52      |        | 0.10   |
| b                              | 8.50               | 5.39      | 4.89        | 3.70   | 5.20   | 9.20  | 3.36      | 3.33        | 3.62   | 3.88   | 2.50      | 3.60   | 3.23   |
| s                              | 73.87              | 77.28     | 78.81       | 80.87  | 78.01  | 80.07 | 81.62     | 80.25       | 82.34  | 81.62  | 80.95     | 81.52  | 82.51  |
| a'                             |                    | 10.91     |             | 12.39  | 12.08  | 75.42 |           |             | 4.31   |        |           |        |        |
| f'                             | 54.56              | 65.23     | 50.00       | 57.34  | 65.94  | 22.00 | 69.37     | 17.75       | 64.99  | 64.88  | 28.80     | 83.43  | 62.55  |
| m'                             | 37.66              | 23.86     | 21.87       | 30.27  | 21.98  | 2.58  | 28.26     | 48.92       | 30.70  | 21.57  | 40.31     | 16.37  | 17.00  |
| c'                             | 7.78               |           | 28.13       |        |        |       | 2.37      | 33.33       |        | 13.55  | 30.89     | 0.19   | 20.45  |
| n                              | 59.17              | 56.10     | 58.74       | 52.59  | 51.69  | 41.85 | 50.83     | 53.12       | 47.76  | 50.09  | 55.18     | 42.75  | 49.49  |
| φ                              | 16.20              | 22.84     | 6.40        | 18.76  | 20.82  | 8.51  | 35.96     | 8.28        | 16.52  | 15.05  | 15.71     | 16.37  | 37.65  |
| ε                              | 0.09               | 0.13      |             | 0.11   | 0.11   |       |           |             | 0.10   | 0.10   |           | 0.05   | 0.05   |
| Q                              | 13.94              | 22.42     | 25.18       | 31.64  | 23.36  | 38.84 | 33.90     | 28.93       | 37.04  | 34.51  | 30.32     | 34.08  | 26.60  |
| a/c                            | 11.08              | 5.88      | 100.88      | 19.30  | 17.25  | 66.06 | 20.46     | 11.93       | 30.91  | 52.70  | 9.89      | 17.31  | 141.60 |
| 类                              | 3                  | 2         | 2           | 2      | 2      | 2     | 2         | 2           | 2      | 2      | 2         | 2      | 2      |
| 科                              | 8                  | 4         | 3           | 3      | 3      | 3     | 3         | 2           | 3      | 3      | 2         | 3      | 2      |

即使如此,岩石中絕大多數的微斜條紋長石仍是原生的,正因為這樣,才使得岩石具有典型的原生粗粒結構。至於岩漿作用的最末階段,很可能伴隨有微弱的鉀的交代作用,即微斜長石化作用。這種微斜長石和原生的或早世代的微斜長石不同之處,在於沒有明顯的斜長石條紋連晶,且常出現於粗粒礦物的間隙之中,有時以斑點狀交代早世代的斜長石或黑雲母,但目前尚未發現它和構造裂隙有聯繫。這種交代作用可能是與岩漿作用最末階段有緊密聯繫的最早出現的交代現象<sup>[1]</sup>。

在姑婆山花崗岩體的湘南部分,局部地段有岩漿期後自變質交代現象的發育,而且有明显的分帶現象。但該區出露的含錫鉭鈮礦中-粗粒黑雲母花崗岩為原生岩帶。其岩性完全可以和廣西境內含錫鉭鈮礦花崗岩相比,分布於離內接觸帶約 500 米的部位。由含錫鉭鈮礦中-粗粒黑雲母花崗岩向接觸帶過渡到中粒鈉長石化花崗岩帶、錳黑雲母(黑綠色)化帶、錳黑雲母-黃玉-石英雲英岩及白雲母-石英雲英岩礦化帶(圖 4)。在鈉長石化帶可以看到典型的不均勻結構和斑雜結構,細粒鈉長石明顯地沿

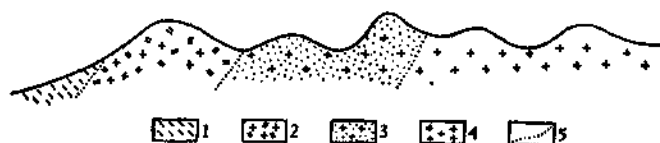


圖 4 姑婆山湘南地區蝕變花崗岩剖面圖

- 1——錳黑雲母-黃玉-石英雲英岩及白雲母-石英雲英岩礦化帶; 2——錳黑雲母化花崗岩;  
3——鈉長石化花崗岩; 4——原生中-粗粒黑雲母花崗岩; 5——推測岩相界綫。

原生造岩礦物的裂隙、間隙或節理而發育。黑雲母因受交代而含量大大減少,鈉長石化帶是這一地段內錳的富集帶,岩石中  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  的含量達 0.0260%,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  達 0.0026% (根據人 53-2325 號樣化學分析),比原生帶岩石的  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  含量約高 2.1 倍,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  約高 3.2 倍 (根據人 55-2305 號,  $\text{Nb}_2\text{O}_5 = 0.012\%$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_5 = 0.0008\%$ ),在該帶普遍地有不同強度的鈮鐵礦的礦化。在錳黑雲母化帶,鈉的交代作用有所減弱,錳、鉭含量也稍有減低( $\text{Nb}_2\text{O}_5 = 0.0210\%$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_5 = 0.0023\%$ ),鈮鐵礦的礦化也隨之減弱,並開始出現錳、錫的礦化。在雲英岩的礦化帶,主要有黑錳礦和錫石的礦化,雲英岩內錳的含量( $\text{Nb}_2\text{O}_5 = 0.078\%$ )有增高的趨向,但鈮鐵礦的礦化却很微弱。

在上述地區的鈉長石化交代帶、錳黑雲母化帶和雲英岩礦化帶內還有可能找到鉭鐵礦或細晶石等錳、鉭礦物。該地區交代作用的發育在空間上很可能和姑婆山花崗岩體在該區內以岩株體突出的頂部有關。A. A. 別烏斯<sup>[2]</sup>等認為岩株頂部是有助於交代作用發育的。類似的有利構造,在馬古坳地區也有可能找到。

### 三、花山花崗岩

本礦物志中所論述的礦物,部分產於花山花崗岩,現將其地質特徵簡述如下:

#### (一) 圍 岩

花山花崗岩侵入於泥盆紀砂岩、頁岩、灰岩,以及長嶺石英閃長岩中。圍岩蝕變

現象主要表現為灰岩的大理岩化和局部的矽卡岩化，并伴有微弱的鎢、錫礦化現象。此外硅鋁圍岩以硅化、絹雲母化為主，石英閃長岩主要為綠泥石化、綠帘石化、硅化，未發現有顯著的礦化現象。

## (二) 岩體形態及構造

花山花崗岩基本上為一橢圓形穹窿狀岩基(圖5)，但其東部沿金子嶺背斜伸出一岩株，總面積約為510平方公里。在岩體的穹窿狀頂部，原生裂隙甚為發育，由早到晚，由下列岩脈所充填：細粒二雲母花崗岩脈、花崗偉晶岩脈、網脈狀雲英岩脈、電

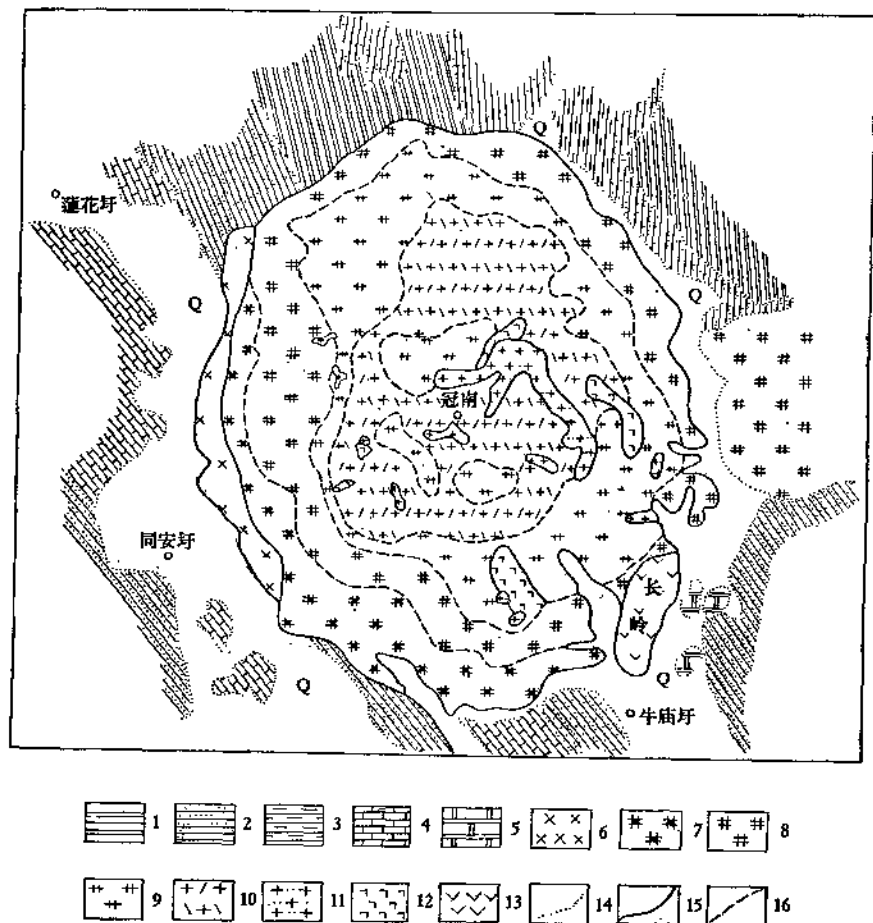


圖5 花山花崗岩岩相分帶示意圖

1——奧陶紀板岩、千枚岩及絹雲母頁岩；2——泥盆紀砂岩；3——泥盆紀頁岩；4——泥盆紀灰岩；5——泥盆紀大理岩；6——同安花崗閃長岩-角閃斜長花崗岩；7——花山花崗岩濕染相：中粒似斑狀角閃石黑雲母花崗岩；8——花山花崗岩邊緣相：粗粒似斑狀角閃石黑雲母花崗岩；9——花山花崗岩過渡相：粗粒似斑狀黑雲母花崗岩；10——花山花崗岩頂部邊緣相：中粒似斑狀黑雲母花崗岩；11——晚期黑雲母電氣石細粒花崗岩；12——花崗斑岩；13——長嶺石英閃長岩；14——地層界線；15——岩體界線；16——岩相界線。

气石-石英脉和石英-叶蜡石脉等等。

### (三) 岩相分带

花山花岗岩的岩浆结晶分异程度不及姑婆山花岗岩，但仍可划分出三个岩相带（图 5）。这三个岩相带在造岩矿物和岩石化学特征方面的变化情况与姑婆山花岗岩有所不同，边缘相较基性，顶部边缘相较酸性，其特征列于表 5。

表 5 花山花岗岩岩相分带特征表\*

| 岩 相                   | 岩 性 及<br>结 构           | 斑晶矿物                  | 基 质 矿 物                                                                       | 副 矿 物                       |                                                   | 其 它                                       |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                       |                        |                       |                                                                               | 主要的                         | 次要的                                               |                                           |
| 边<br>缘<br>相           | 粗粒似斑状<br>角闪石黑云<br>母花岗岩 | 微斜条纹<br>长石 10—<br>20% | 微斜条纹长石 30—40%，<br>石英 30%，<br>斜长石 (An7—25) 15—20%，<br>黑云母 10—15%，<br>角闪石 2±%   | 磁铁矿、<br>钛铁矿、<br>锆英石、<br>磷灰石 | 褐帘石、<br>独居石、<br>榍石                                | 本岩相向东延<br>伸为金子岭角<br>闪石-黑云母<br>花岗岩         |
| 过<br>渡<br>相           | 粗粒似斑状<br>黑云母花岗<br>岩    | 微斜条纹<br>长石 30—<br>35% | 微斜条纹长石 15—20%，<br>石英 30%，<br>斜长石 (An7—20) 15%，<br>黑云母 8—10%，<br>角闪石 (个别出现)    | 磁铁矿、<br>钛铁矿、<br>锆英石、<br>独居石 | 褐帘石、<br>磷灰石、<br>榍石、<br>褐钨铜矿、<br>钼矿、<br>磷钨矿        | 云英岩化和脉<br>岩活动不甚发<br>育                     |
| 顶<br>部<br>边<br>缘<br>相 | 中粒似斑状<br>黑云母花岗<br>岩    | 微斜条纹<br>长石 25—<br>35% | 微斜条纹长石 15—20%，<br>石英 30—35%，<br>斜长石 (An 0—7) 15%，<br>黑云母 5—10%，<br>角闪石 (个别出现) | 磁铁矿、<br>钛铁矿、<br>独居石、<br>锆英石 | 褐帘石、<br>磷灰石、<br>榍石、<br>褐钨铜矿、<br>钼矿、<br>钨矿、<br>磷钨矿 | 晚期岩脉发<br>育，云英岩化<br>现象最强烈，<br>有锡石和黑钨<br>矿化 |

\* 矿物含量为目估资料。

### (四) 花山花岗岩岩石化学特征

总的看来，花山花岗岩在化学成分上偏于酸性（表 6）。硅、碱的含量仍较其它岩体高，但不及姑婆山花岗岩。K<sub>2</sub>O 的含量高，铝过饱和程度普遍较高，尤其过渡相和顶部边缘相与姑婆山花岗岩含独居石的过渡相有很多相似之处。各岩相的岩石化学成分有如下特点：

1. 根据 A. H. 查瓦里茨基的分类，边缘相主要为正常类型，属二类三科；过渡相为铝过饱和类型，亦属二类三科；顶部边缘相仅以铝过饱和程度特高和硅酸过饱和程度最高与过渡相相区别。花岗岩的顶部中央相出现的暗色包体属四类十二科。

2. 碱的含量以边缘相最高，钾的氧化物含量高于钠的氧化物，钠含量较高显然和斜长石含量较高有关，但钾的相对富集这点又和姑婆山花岗岩的情况一致，符合于岩浆结晶分异作用下钾富集于边缘相的一般规律。

3. 可能由于钙质围岩的影响，边缘相相对富于二价元素，贫于硅。过渡相和顶部边缘相反，并且出现更酸性的晚期侵入相。根据 M. Г. 鲁巴(Руба)[3]等人的研究，



表6 花山花崗岩的岩石化学全分析及其 A. H. 查瓦里茨基参数特征

| 样号                             | 0-91-人21       | 0-48-人22       | 花中人2        | 花N人1        | 花S人7        | 花中人14       | 花N人2        | 花中人11            | 花S人6        | 花S人8        | 花中人13          | 花中人10      |
|--------------------------------|----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------|-------------|-------------|----------------|------------|
| 岩相及岩性                          | 粗粒似斑状角闪石黑云母花岗岩 | 粗粒似斑状角闪石黑云母花岗岩 | 粗粒似斑状黑云母花岗岩 | 粗粒似斑状黑云母花岗岩 | 粗粒似斑状黑云母花岗岩 | 粗粒似斑状黑云母花岗岩 | 粗粒似斑状黑云母花岗岩 | 粗粒似斑状黑云母花岗岩(伟晶状) | 中粒似斑状黑云母花岗岩 | 中粒似斑状黑云母花岗岩 | 伟晶状粗粒似斑状黑云母花岗岩 | 云英岩化细粒花岗岩脉 |
| SiO <sub>2</sub>               | 67.53          | 67.54          | 70.53       | 69.43       | 74.33       | 75.31       | 72.10       | 72.29            | 71.53       | 74.52       | 68.15          | 71.43      |
| TiO <sub>2</sub>               | 痕              | 0.40           | 0.30        | 0.35        | 0.10        | 0.25        | 0.25        | 0.20             | 0.30        | 0.10        | 0.20           | 0.05       |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14.00          | 13.81          | 14.24       | 13.54       | 11.67       | 10.74       | 12.37       | 14.00            | 12.84       | 10.97       | 15.64          | 13.77      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 4.28           | 1.51           | 1.03        | 1.84        | 0.43        | 1.27        | 1.33        | 0.92             | 1.68        | 1.27        | 1.33           | 2.10       |
| FeO                            | 1.05           | 3.05           | 2.70        | 3.24        | 1.75        | 2.34        | 2.30        | 2.58             | 2.80        | 1.96        | 1.96           | 1.44       |
| MnO                            | 0.13           | 0.10           | 0.05        | 0.05        | 0.03        | 0.05        | 0.05        | 0.01             | 0.05        | 0.05        | 0.05           | 0.03       |
| MgO                            | 痕              | 0.35           | 0.73        | 0.91        | 0.49        | 0.71        | 0.45        | 0.62             | 0.49        | 0.62        | 0.49           | 0.21       |
| CaO                            | 1.45           | 1.32           | 0.73        | 1.15        | 0.69        | 0.55        | 1.15        | 0.23             | 0.83        | 1.06        | 0.73           | 0.92       |
| K <sub>2</sub> O               | 5.26           | 5.65           | 5.06        | 5.06        | 6.66        | 4.74        | 5.50        | 4.74             | 5.06        | 5.00        | 6.30           | 4.50       |
| Na <sub>2</sub> O              | 4.30           | 4.25           | 2.60        | 2.60        | 2.34        | 2.34        | 3.14        | 0.34             | 2.26        | 3.00        | 1.14           | 2.40       |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0.05           | 0.12           |             | 痕迹          |             | 痕迹          |             |                  |             |             |                |            |
| F                              |                |                | 0.12        | 0.12        | 0.12        | 0.12        | 0.25        | 0.04             | 0.12        | 0.12        | 0.12           | 0.06       |
| H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>  | 0.69           | 0.91           | 1.25        | 0.90        | 0.39        | 1.18        | 0.43        | 1.48             | 0.39        | 0.09        | 1.01           | 1.44       |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | 0.28           | 0.34           | 0.33        | 0.20        | 0.58        | 0.33        | 0.19        | 0.44             | 1.04        | 0.98        | 2.55           | 0.42       |
| CO <sub>2</sub>                | 0.26           | 0.38           | 0.46        |             |             |             |             | 0.27             | 0.05        | 0.53        |                | 0.24       |
| 总计                             | 99.28          | 99.73          | 100.13      | 99.39       | 99.58       | 99.93       | 99.51       | 98.16            | 99.44       | 100.27      | 99.67          | 99.01      |

| 样号        | 花中人2  | 花N人1  | 花S人7  | 花中人14 | 花N人2  | 花中人11 | 花S人6  | 花S人8  | 花中人13 | 花中人10 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a         | 12.65 | 12.79 | 14.37 | 11.62 | 14.53 | 7.25  | 12.02 | 13.33 | 11.47 | 11.57 |
| c         | 0.86  | 1.37  | 0.40  | 0.64  | 0.81  | 0.27  | 0.98  | 0.40  | 0.87  | 1.10  |
| $\bar{c}$ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| b         | 8.68  | 8.32  | 3.23  | 5.36  | 4.58  | 14.15 | 7.60  | 4.74  | 11.23 | 7.78  |
| S         | 77.81 | 77.52 | 82.00 | 82.38 | 80.08 | 78.33 | 79.40 | 81.53 | 76.43 | 79.55 |
| a'        | 47.18 | 26.67 |       | 18.09 |       | 71.08 | 36.22 |       | 65.99 | 55.33 |
| f'        | 39.04 | 55.18 | 62.01 | 60.39 | 71.66 | 21.85 | 53.11 | 60.94 | 26.71 | 40.20 |
| m'        | 13.78 | 18.15 | 25.05 | 21.52 | 16.28 | 7.07  | 10.67 | 21.33 | 7.30  | 4.47  |
| c'        |       |       | 12.94 |       | 12.06 |       |       | 17.73 |       |       |
| $\pi$     | 43.89 | 43.89 | 34.84 | 42.66 | 46.47 | 9.89  | 40.60 | 47.68 | 21.57 | 44.74 |
| $\phi$    | 9.89  | 18.47 | 11.09 | 19.56 | 24.13 | 5.33  | 18.37 | 22.16 | 9.94  | 22.68 |
| t         | 0.32  | 0.38  | 0.11  | 0.25  | 0.26  | 0.21  | 0.32  | 0.10  | 0.22  | 0.05  |
| Q         | 29.46 | 28.09 | 34.86 | 40.88 | 30.29 | 40.89 | 33.78 | 36.00 | 28.24 | 34.86 |
| a/c       | 14.71 | 9.36  | 35.93 | 18.16 | 17.94 | 26.85 | 12.27 | 33.33 | 13.18 | 10.52 |
| 类         | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     |
| 科         | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     |

早期侵入阶段的围岩同化作用往往发生在下构造层,而晚期侵入阶段的围岩同化作用,仅发生在直接和围岩接触的内部地段。由于混染作用和基性成分的大量析出,提供了在最晚期出现更为酸性岩浆岩的条件。并将有大量的较酸性残余溶液、挥发分和金属元素在最晚阶段析出,这一叙述与本岩体的情况甚为相似。