

花岗岩岩石学 与花岗岩问题

〔芬〕V·马 莫 著

地 质 出 版 社

花岗岩岩石学与花岗岩问题

〔芬〕 V·马 莫 著

袁 廷 佐 译

吴 荣 庆

戎 嘉 树 校

地 质 出 版 社

内 容 提 要

本书系美国出版“岩石学进展”丛书之一。内容较全面新颖,对于研究和讨论花岗岩的成因及其岩石学的理论问题具有重要的参考意义。全书共分“花岗岩岩石学”和“花岗岩问题”两部分。第一部分评述和概括了过去和现代关于花岗岩岩石学的各种理论问题,包括花岗岩与造山运动及深变质作用的关系、花岗岩的构造群、同运动花岗岩、花岗岩化作用或花岗闪长岩化作用、运动后期花岗岩、搬运问题、运动期后花岗岩等问题。第二部分主要讨论了组成花岗岩的矿物学和花岗岩的分类问题。在花岗岩分类上作者提出了别具一格的分类方案。

本书据 Elsevier Publishing Company 1971 年版翻译,可供地质人员、岩矿工作者和地质院校师生参考。

Developments in Petrology 2

GRANITE PETROLOGY

AND THE GRANITE PROBLEM

V. MARMO

Director of the Geological Survey of Finland(1960—1969),

Otaniemi, Finland

花岗岩岩石学与花岗岩问题

[芬] V. 马 莫 著

袁 廷 佐 译
吴 荣 庆
戎 嘉 树 校

*

国家地质总局书刊编辑室编辑

地 质 出 版 社 出 版

地 质 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1979年6月北京第一版·1979年6月北京第一次印刷

印数1—7,390册·定价1.00元

统一书号: 15038·新349

作者生平简介

本书作者弗拉迪·马莫 (Vladi Marmo) 教授, 于 1969 年 8 月 23 日因交通事故在芬兰瓦哲高斯基 (Vaajakoski) 逝世。

弗拉迪·马莫 1914 年 4 月 20 日出生于俄罗斯的奥莱尔 (Orel)。1945 年获得地质学哲学硕士学位, 1950 年于芬兰赫尔辛基大学获得地质学哲学博士学位。

马莫从 1948 年起在芬兰地质调查所勘查局开始了一个地质学家的生涯。1953—1956 年间曾受聘于塞拉利昂地质调查所工作。返芬后, 1956—1958 年在芬兰地质调查所担任公职, 1958—1960 年以一个地质学家的身分在奥托孔普公司供职。以后被任命为芬兰地质调查所所长。地质调查所在他领导下取得了巨大的进展, 加强了科学研究活动, 建立和装备起新的实验室并取得了显著的成绩。

马莫教授参与过地质科学领域内的许多国际合作计划。担任过 1960 年诺尔登 (Norden) 第 21 届国际地质学会议的芬兰全国组织委员会主席, 他对会议的组织工作作了出色的贡献。他曾当选为本届会议所委任的联合组织委员会委员。参加过 1961 年的巴黎会议; 在这次会议创建了地质科学国际联合会 (IUGS)。他积极地参加地质科学国际联合会所发起的花岗岩讨论会, 并担任过 1967 年在巴西东北召开的第二届花岗岩座谈会的主席。他还参加了世界地质图委员会的工作, 担任欧洲矿产地质图小组委员会编辑部委员。芬兰地质学会全国委员会成立以后, 他担任该委员会的主席。此外, 1963 和 1964 年先后任《地质勘探》和《矿产》两杂志的编辑委员会委员。他还是杂志《矿物学文摘》在芬兰的摘要组织人, 同时还担任国际矿物学联合文摘委员会委员。

弗拉迪·马莫对大地测量学和地球物理学的许多问题上都有着极浓厚兴趣, 他是芬兰大地测量协会理事会的顾问, 并任大地测量与地球物理全国委员会的委员。他对加强地学不同学科的科

学家之间合作起了很大推动作用。

在弗拉迪·马莫从事学术研究的25年时间里，他发表了涉及有关地质学各个不同领域的论文将近100篇。他的博士论文“东卡雷利阿苏约（East Karelia, Suoju）火山杂岩的岩石学研究”发表于1949年。继而针对芬兰的矿产地质学和矿石矿物学进行了一些研究工作。他主要是着重于矿石成因的研究，特别是硫化物矿石的成因研究。生物地球化学勘探矿产的方法特别引起了他的兴趣。

在塞拉利昂进行地质工作的三年时间，大大地激发起和导致他对一系列的岩石学和矿物学的研究工作。他在野外工作的主要成果发表在塞拉利昂地质调查所刊行的两种内容广泛的杂志上。此外，他还发表了关于塞拉利昂的蛇纹岩、带状泥铁矿、硬绿泥片岩和直闪石石棉等一些专题论文。与此同时，马莫开始对花岗岩的首次研究工作。1955年发表了“西非某些前寒武纪花岗岩岩石化学及其与芬兰斯维考芬尼德（Svecofennide）花岗岩岩石化学的对比”、“关于前寒武纪花岗岩的分类”和“关于塞拉利昂中部花岗岩中的微斜长石”等三篇论文。回芬兰之后担任地质调查所所长任期内，仍然继续花岗岩的研究工作。马莫本人以及与其它权威作者合作有关花岗岩化学成分、分类、侵位、绝对年龄、矿物学以及花岗岩成因的全部论文达30篇左右。在马莫的最后一篇有关花岗岩岩石学论文中，反映了作者在花岗岩成因的有效模式的研究方面做了长期不懈的工作。

深为遗憾，弗拉迪·马莫在他的著作“花岗岩岩石学和花岗岩问题”问世的时候，已与世长辞了。

凯·许特内

于奥坦尼米芬兰地质调查所

致 谢

承蒙马杰特·奥克博士 (Dr. Marjatta Okko) 的大力帮助，对亡夫这本著作进行了校对和索引编制工作。假如没有她的善意合作和热情帮助，本著作的迅速出版将会遇到不小的困难。

凯杰·马莫

第一部分

花岗岩岩石学

目 录

作者生平简介

致谢

第一部分 花岗岩岩石学

第一章 概论	1
早期花岗岩地质学演进的回顾	7
花岗岩岩石学的岩浆说	11
第二章 造山运动、深成变质作用与花岗岩之间的关系	17
深成变质作用的深度	18
地壳酸性层的厚度	21
花岗岩体的厚度	23
第三章 花岗岩构造群	26
同运动花岗岩	27
晚运动花岗岩	27
运动后花岗岩	28
其它分类	29
第四章 同运动花岗岩	33
概述	33
同运动区的均匀部分	40
同运动花岗岩	42
变斑状硅铝质岩类	46
变斑状花岗质岩石中的钾长石	52
同运动花岗岩的矿物学	56
根据放射性年龄测定来推断“同运动阶段”持续的时间	59
第五章 花岗岩化或花岗闪长岩化	63
历史回顾	63
花岗岩化或花岗闪长岩化	69

花岗闪长岩化中钠所起的作用	73
花岗岩化	77
花岗闪长岩和石英闪长岩的成分	79
基性前锋	80
花岗岩化的同运动岩石	81
野外资料的解释	83
摘要	88
第六章 晚运动花岗岩	89
概述	89
晚运动花岗岩的野外关系	92
晚运动花岗岩的矿物学	97
微斜长石	100
斜长石	102
含绿帘石的晚运动花岗岩	105
绿帘石的成因	108
第七章 搬运问题	113
概述	113
固体扩散	116
水在花岗岩形成中的作用	118
交代途径	118
岩浆途径	120
再生作用的有无	121
深熔模式	121
深熔作用的解释	126
实验深熔作用	128
形成温度	131
第八章 运动后花岗岩	133
概述	133
环斑花岗岩	135
矿物特征	137
卵球体	140
条纹花岗闪长岩	143

阿尔卑斯花岗岩	145
钠闪石花岗岩及有关的花岗岩	147
花岗岩类的氟含量	150
微量元素和副矿物	152
超溶线和溶线下花岗岩	156
第二部分 花岗岩问题	
第九章 概论	161
钾长石与钠长石的组合	164
单长石—条纹长石—分离成两种长石的独立颗粒	169
钠长石的成因	173
蠕状石	177
微斜长石或正长石	184
钾长石交代斜长石	188
均匀微斜长石花岗岩	189
岩枝	189
高温与低温斜长石	195
钾的来源	196
花岗岩体的均匀性	199
第十章 热液模式	202
物质和搬运问题	202
搬运的解释	205
沉积堆	208
沉积堆变形	210
热液花岗岩化作用和花岗闪长岩化作用	212
正长石—微斜长石—钠长石	216
花岗岩化方向	217
细晶岩质花岗岩体	219
热液模式	221
第十一章 花岗岩与矿产	223
问题的探讨	223
花岗岩与热液矿产	226
含辉钼矿花岗岩	228

第十二章 花岗岩分类	231
综合分类 (1)	232
运动分类	234
同运动花岗岩	234
晚运动花岗岩	234
运动后花岗岩	235
岩石学分类	236
单长石花岗岩	238
正长石花岗岩	238
微斜长石-更长石花岗岩	238
微斜长石-钠长石花岗岩	238
花岗岩化微斜长石-更长石花岗岩	239
变斑状微斜长石-更长石花岗岩	239
碱性花岗岩	239
综合分类 (2)	240
参考文献	241

第一章 概 论

凯瑟 (Kayser, 1912) 赞成罗森布什 (1876) 所采用的花岗岩定义; 按他的意见, 这种岩石是由粗粒到细粒的石英、长石和云母组成的混合物。长石主要为正长石, 但也常常出现更长石, 而黑云母和白云母既可单独出现也可同时并存。如果仅有黑云母, 罗森布什则建议采用“黑云母花岗岩”这一术语。

约翰逊 (Johannsen, 1941) 提出了一个较为严密的定义: “石英含量大于 5%、小于 50%, 钾长石占全部长石总量的 50—95%, 斜长石为钙-钠长石, 铁镁暗色矿物占全部组分的 5—50% 的岩石称为花岗岩”。

花岗岩的这个定义接近许多作者所接受的定义, 不过具有少量铁镁暗色矿物并只含有白云母的“细晶岩质”花岗岩除外, 这种花岗岩已被证实在花岗岩成分的天然岩石中占大多数。

从花岗岩岩石学的初期阶段直至目前, “花岗岩”这一术语的含意通常是指那些含有石英和长石类的粒状深成岩。罗森布什坚决反对这一定义。据他的意见, 当涉及到化学成分和矿物成分讨论花岗岩成因时, 这个定义精度就不能满足要求。1876 年罗森布什极力主张应该确立一个清楚而又明确的花岗岩定义: “任一种非层状岩石都不像花岗岩, 能呈这样巨大的岩体而又分布如此广泛。也没有一种岩类会像花岗岩这样, 凡欲拟定一个合理的统一分类方案的全部尝试都遭到了失败。在花岗岩的集合名词之下, 我们把一些相互不同的岩石, 至少如同把闪长岩和辉绿岩这样有区别的岩石划为了一类; 若把上述两种岩石类型划分到一起, 显然会认为是个严重的错误, 然而对于花岗岩的类似情况, 我们竟毫无异议的承受着呢! 罗森布什认为必须采用一个比较系统的命名法, 因为随着来自不同产地的岩石资料迅速增长和地质

学文献的扩充，而使判断被描述为花岗岩的岩石是否异同增添了很大困难。于是有时会发生这样一种情况，一地区的岩石为某一作者视为典型的“花岗岩”，并且还用来解释作者并没有进行过调查工作的另一地区的“花岗岩”的成因。事实上，两地区的岩石从岩类学角度来看并不相同。

值得注意的，过了八十年之后，又重新引起对一直在用着的“花岗岩”这一术语含意范围的注重，并且强调在罗森布什1876年用过的同样依据进行系统分类的必要性，由于定义的不严密，使在岩类学意义上与花岗岩毫无相似之处的许多岩石包括到“花岗岩”中去。这也是为什么关于讨论花岗岩的侵位和成因的观点会如此争论纷云莫衷一是的重要原因之一，就是当讨论花岗岩成因时，不管在这定义之下包括了很不相同的岩石而仍以真正花岗岩成分所做的实验来作为这一讨论的基础。有这样一个例子，某一种岩石在岩石类型上描述为石英闪长岩，却还称其为花岗岩，然后就在Q—Ab—Or图解和实验的基础上对其成因来进行讨论。更为普遍的情况是，没有进行任何显微镜下鉴定，就把具岩基规模的岩体叫做“花岗岩”，然后以实验工作的观点来讨论它们的成因，而实验工作却是以真正花岗岩成分的一些岩石来进行的。很不幸，这类情况在地质文献中甚为屡见不鲜。

在最近几年来，应用“花岗岩”这一术语越来越严密。在不考虑岩类学意义的一般性地质描述中，普遍地把“似花岗岩”

(granitoid) 这一综合性术语多用于“酸性深成岩”。于是直至1967年还出现了使用这一术语的混乱现象，非但如此而且还包涵新的术语说明。隆德格 (Lundegardh) 在他的地质图册的注释中写到：“在前寒武纪花岗岩当中有四种主要岩石类型，即：

(1) 基性花岗岩或石英闪长岩 (2) 中性花岗岩或花岗闪长岩 (3) 酸性花岗岩或普通花岗岩 (4) 眼球状花岗岩 (具钾长石眼球状体的花岗岩) 或微斜长石斑状花岗岩和花岗闪长岩”。尽管这只不过是专门用途所做的一种分类。

然而近代任何一个论述花岗岩的论文都必须并应该限于各自

文章所讨论的具体的花岗岩，但它们常与约翰逊所建议的花岗岩定义有出入。例如像徒特和鲍温（1958）他们提议把含有标准矿物钠长石+正长石+石英为80%以上，并占据 Ab—Or—Q 三角图解（图1）中心部分的那些岩石，据其结构和周围环境称之为流纹岩或花岗岩。

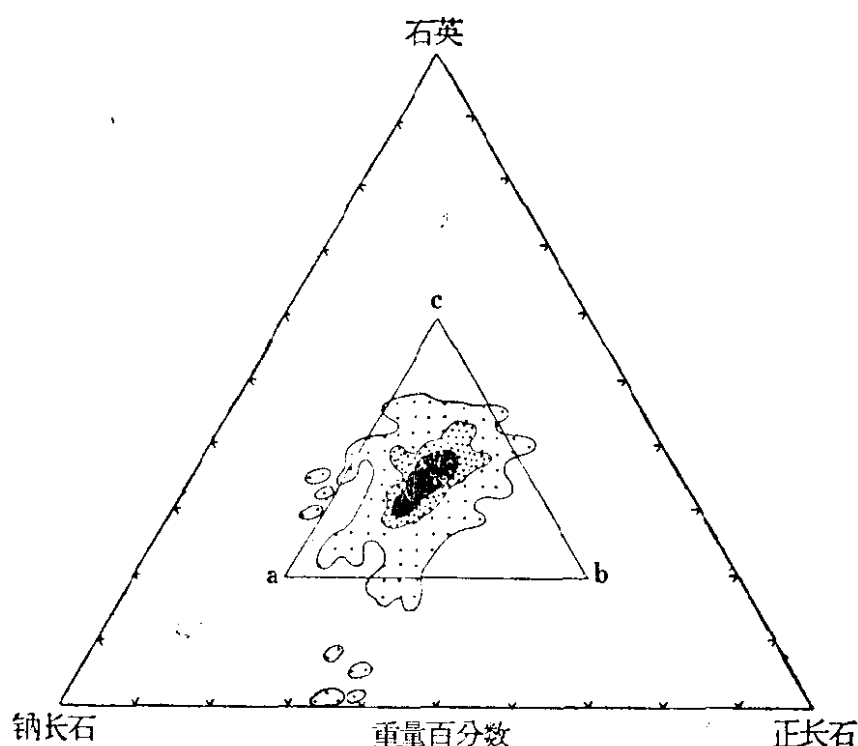


图1 表示标准矿物 Ab—Or—Q 分布的等值线三角图
据华盛顿表内岩石全分析含有80%以上 Ab+Or+Q 的岩石绘制成
(引自徒特和鲍温, 1958)

值得注意的是，如果将所有满足上述条件的岩石按成分都投影到该三角形中去，那么就会有一个极为密集的区域约在 $1/3$ 钠长石 + $1/3$ 钾长石 + $1/3$ 石英处出现。这种成分似乎在粉红色的细晶岩质花岗岩中最为普遍。关于这一问题将在以后的“晚运动和运动后”花岗岩的专题下进行讨论。这些花岗岩构成了一个没有任何显著差异的单一的群。爱斯柯拉（1950）所认为的典型花岗岩尽管明显地富于钾，却仍落在同一个区域内。在真正的前寒武纪花岗岩中，这一情况也是普遍而广泛的存在着的。

当研究论及花岗岩的国际文献时，就会发现在1960年以前出版的大多数讨论花岗岩及其成因的论文，事实上并没有完全涉

及到真正的花岗岩。(例如,服部 Hattori 等人,1960)对日本的一些花岗质岩石化学成分的讨论就是一例。而其它许多重要论文却证明了这些岩石实际上是石英闪长岩和花岗闪长岩;据 440 个分析结果: SiO_2 69.17%; CaO 3.15%; Na_2O 3.45% 以及 K_2O 3.01%。如上所述,一些作者几乎把所有的酸性深成岩都归到这一术语之下,于是藉“成分上的略有变异”并不使一些重要问题不成立,仅可证明逐渐地发生过分异作用来辩解。而另外一些作者,则主张用先前已存在的基性岩的同化作用代替分异作用来解释成分上略有变异的原因(例如,塞德霍姆 1928 年提出的环斑花岗岩当中的变异)。

然而,这样的解释并不很圆满,因为看起来像花岗岩的一些岩石(似花岗岩),从广义上来讲有石英闪长岩和花岗闪长岩,如果根据化学成分建立起“分异序列”的话,那么它们通常则是由橄榄岩和辉长岩经闪长岩形成的直接派生物,按这一方式研究过许多情况,发现在花岗闪长岩与上述规定的实际花岗岩之间存在着一个明显的间断。就本书将讨论的意见,在所谓同运动花岗岩当中,从石英闪长岩经花岗闪长岩到花岗岩的渐变过渡关系,可能是由于花岗岩化作用的结果。然而在晚运动和运动后的真正花岗岩当中并没有显示出任何这类的渐变关系,但基性的和阴影状残留体的彻底同化的情况除外。

可是由于酸性深成岩在成因上相互之间存在着密切关联的趋势(在同运动花岗岩当中),因此,某些作者尤其是苏联作者和波兰的斯默里柯夫斯基(1958)等人特别偏好于“似花岗岩”这一术语作为这些岩石的集体名称。然而这并不包括那些粉红色的和比较均匀的真正花岗岩,这些花岗岩过去也曾称为“年青花岗岩”(younger granite),它们在像加拿大和芬兰等地的某些前寒武纪地区特别典型。

“花岗岩化”的似花岗岩类与真正花岗岩之间除了存在上述差异之外,并在其它许多方面也有显著不同之处。岩基构造十分普遍,但它们是由石英闪长岩和花岗闪长岩所构成。真正花岗岩

却不经常出现，它们多限于受区域构造作用的张力区，或者成肯定晚于岩基主体的岩脉产出。可见，甚至在单个的岩基内，组成岩基主体的花岗闪长岩的成因与岩基内花岗岩那一部分的成因显见是不同的；无论是粉红色细晶质脉还是细晶质的那些部分，均与花岗岩渐变过渡，表现了一般认为是花岗岩化作用的全部证据。

即便一种岩石在成分上满足了前面所说的花岗岩成分的要求，但还会出现在一些其它方面的差异，特别是在主要矿物和副矿物的相对含量上、在颗粒大小以及云母和角闪石之间的关系上等。据此，萨托（Sato, 1961）认为单以化学成分不能确定花岗岩形成作用的机理，而许多其它因素，如：区域证据、结构特点以及斜长石双晶特征（牛来正夫，1951）等也必须加以考虑。实际上，也有一些在各个方面都相同的花岗岩则可以是不同方式形成的。

论述某些个别花岗岩的大量论文，存在着在这一论述的基础上创立花岗岩成因理论的现象，他们忽略了其所论述的情况可能非常局限或属特殊，或者在某一情况下是例外，而在其它场合却是常例。在约翰逊所著的教科书中就可见到说明这种例子的情况：“…不仅可以出现正长石和斜长石，而且正长石和微斜长石也可同时出现”或者“微斜长石在花岗岩当中分布的比正长石少得多”和“花岗岩的特征长石是正长石”。还有：“在标准花岗岩中，微斜长石一般较正长石少见得多”。然而，在前寒武纪花岗岩当中，这种情况正完全相反，微斜长石是钾长石表现的最主要形式，包括呈巨大岩基的花岗闪长岩和花岗岩在内。另一例则是谢默霍恩（Schermerhorn, 1960）对于花岗岩细致而又精辟的叙述，作者在叙述中认为斯凯花岗岩（skye granite）是一种罕见的类型，然而它们在阿尔卑斯花岗岩当中颇为普遍。再者，按他的意见，纯粹的微斜长石-钠长石花岗岩分布的极为稀少，而事实上这类岩石在晚运动花岗岩和形成混合岩（migmatite-forming）的前寒武纪花岗岩中极为常见，而分布又很广泛。

在前寒武纪地区工作的地质学者们，特别是斯堪的那维亚、芬兰、加拿大、西非和巴西等地区工作的地质学者，他们主要是从事纯微斜长石花岗岩的研究工作，因此也就对含有斜长石为富钠长石质的花岗岩非常熟悉。在这些花岗岩当中，正长石非但不普遍，有时几乎完全缺失，但环斑花岗岩和某些变斑状花岗岩例外，它们不但含有不同三斜度的微斜长石而且往往与正长石在同一个颗粒上一起出现，人们曾用X-射线对此分别进行过鉴定（如马莫等人，1963），发现与徒特和鲍温（1958 P 98）所提出的假设相反，徒特他们认为“…假如一些颗粒显示微斜长石的格子状双晶的话，则所有的钾长石都可能是微斜长石”。

在上述前寒武纪地区工作的地质学者们以研究微斜长石花岗岩所获得的结果作为他们主要理论的依据。另一大派的地质学者则主要是注重于年青花岗岩的研究，这些花岗岩大多数含有条纹发育的正长石。徒特和鲍温（1958）引用论文所讨论的全部实例几乎都是采自这一派。本书作者不断地强调过辨别微斜长石花岗岩与含正长石花岗岩这两个群之间差别的重要性，并应将其分开讨论（马莫 1958）。这样做的重要性目前已被广泛地认识到。如果花岗岩的岩石鉴定工作能够满足要求，则必须确定钾长石的性质。此项资料关系到花岗岩成因的讨论。

上述全部实例都说明了在已创立起的花岗岩学说上为什么有这么多的争论。造成探讨花岗岩争端的另一原因，就是沿着不同的途径来探讨花岗岩问题。某些地质学家基本上是以地层学的方式来研究和解释花岗岩，他们往往忽视岩类学而喜好把“花岗岩”这一术语普遍化。如塞德霍姆（1904）在其早期论文中提出的体系上来揭示“花岗岩”的形成和讨论它们的状态。塞德霍姆对花岗岩的严格定义并不太感兴趣，而他的思想方式取决于他的偏好；他不相信有巨大的岩浆渊存在，但是相信存在“易于多变的地下活动”人们（例如阿诺德）对西非“比赫敏花岗岩”（Birrimian granite）就曾基于地层学的概念对其下过定义，实际上这些花岗岩包括石英闪长岩和花岗闪长岩，最好是把它们叫做“似花岗