

G.C. AMSTUTZ 主编

细碧岩与 细碧质岩石

地质出版社

细碧岩与细碧质岩石

阿姆施蒂茨(G.C.Amstutz)主编

编辑委员会

阿姆施蒂茨(主席)(西德); 巴蒂(M. H. Battey)(英国);
菲亚拉(F. Fiala)(捷克); 范德卡登(G. Van der Kaaden)
(西德);

柯尔任斯基(Д. С. Корженский)(苏联); 莱曼(E. Lehmann)(西德);

尼格里(E. Niggli)(瑞士); 佩特沃德汗(A. M. Patwardhan)(印度);

里特曼(A. Rittmann)(意大利); 罗西(G. Rocci)(法国);
绍佩(F. Saupe)(法国); 瓦兰斯(T. G. Vallance)(澳大利亚);
华格纳特(M. Vuagnat)(瑞士)

沈能训 李亿斗 译

地质出版社

内 容 简 介

本书是由各国著名的细碧岩专家集体编写的一部论文集,内容涉及细碧岩的一般问题和细碧岩形成的各种理论,包括原生成因论、自生热液成因论或自变质成因论,次生成因论、成岩作用成因论或变质成因论,可供从事岩石学、矿床学工作者及广大地质人员、地质院校师生参考。

International Union of Geological Sciences

Series A, Number 4

SPILITES AND SPILITIC ROCKS

Edited by G.C. Amstutz

Springer-Verlag Berlin·Heidelberg·New York

1974

细碧岩与细碧质岩石

G. C. 阿姆施蒂茨主编

沈能训、李亿斗 译

*

地质部书刊编辑室编辑

责任编辑:王曙

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本: $850 \times 1168^{1/32}$ 印张: $9^{1/4}$ 字数: 245,000

982年3月北京第一版·1982年3月北京第一次印刷

印数 1—2,430 册·定价 1.70 元

统一书号: 15038·新742

目 录

绪言	G. C. 阿姆施蒂茨 (1)
----------	-----------------

(一) 导论性及一般性论文

关于细碧岩问题的一些说明	F. 菲亚拉 (7)
--------------------	------------

细碧质岩浆, 它的性质及形成方式	E. 莱曼 (23)
------------------------	------------

辉石和玄武岩, 它们与细碧岩的关系	
-------------------------	--

.....	T. G. 瓦兰斯 (36)
-------	----------------

(二) 原生成因论的论文

瑞士葛拉路斯石炭一二叠纪维鲁卡诺细碧岩结构	
-----------------------	--

和成分的再认识	G. C. 阿姆施蒂茨 (48)
---------------	------------------

与细碧岩形成有关的岩浆作用	番场猛夫 (56)
---------------------	-----------

形成环境对原生细碧岩矿物成分及化学成分的影响	
------------------------	--

.....	E. 莱曼 (82)
-------	------------

某些细碧质岩系岩石化学特征的统计研究	
--------------------------	--

.....	W. 纳雷布斯基 (94)
-------	---------------

狄那里中三叠世的细碧-角斑岩组合及其在阿尔卑	
------------------------	--

斯岩浆-构造旋回中的位置	J. 帕米奇 (128)
--------------------	--------------

印度喜马拉雅·普拉德什地区产出于曼提的细碧岩	
------------------------	--

及其成因	A. M. 佩特沃德汗 A. 班达里 (141)
------------	--------------------------

芬兰细碧质岩石的一般特征	
--------------------	--

.....	T. 皮依雷年 P. 劳亨科斯基 (153)
-------	------------------------

阿曼山脉蛇绿岩套细碧岩与其它成员的关系	
---------------------------	--

.....	B. 莱因哈特 (166)
-------	---------------

印度孟买地区拉斑玄武岩与细碧岩的过渡关系	
----------------------	--

..... R. N. 苏凯斯瓦拉 (178)

(三) 自生热液成因论或自变质成因论的论文

意大利南部卢卡尼亚亚平宁的细碧岩..... P. 斯佩德 (199)

论乔克推覆体二叠纪喷出岩的细碧岩化.....

..... J. 沃扎尔 (219)

(四) 次生成因论、成岩作用成因论或变质成因论的论文

细碧岩——一种弱变质的拉斑玄武岩 ... M. H. 巴蒂 (222)

论细碧质岩的矿物相及其成因 D. S. 库姆斯 (231)

库页岛和千岛群岛的枕状熔岩及它们对解决细碧岩

问题的意义 V. N. 希洛夫 (245)

加拿大苏必利尔湖基维诺统高原玄武岩埋藏变质作

用形成的细碧质岩 R. E. 史密斯 (267)

阿尔卑斯细碧岩的新认识..... M. 华格纳特 (282)

绪 言

G.C. 阿姆施蒂茨

1968 年布拉格第 23 届国际地质会议举行了细碧岩专题讨论会，并决定选编一部论文集。鉴于当时从事细碧岩工作的专家仅有少数出席了讨论会，筹备小组认为：本论文集应该考虑许多未与会的专家新近发表的著作。同时还决定：入选的论文应要求原作者进一步修改补充。由于技术上和编辑上的原因，这种精雕细刻、提高文章质量的工作一直进行到 1973 年。所以这里所提供的资料都是最新的。熟悉细碧岩问题的读者，必然已经意识到目前迫切需要对细碧岩的研究现状进行一次系统的评述。由于现存的文献如此浩瀚，这个任务就显得更为突出了。为了适应近代潮流，评述工作由具有不同经验的专家们分别担任。

为了帮助不熟悉细碧岩问题的读者掌握问题的梗要，这里首先简略地介绍一下细碧岩的研究史，然后提出一些关键性的现象以及对这些现象的解释，最后讨论细碧岩和角斑岩的原生或次生成因问题，并揭示对成因问题进行科学推理的某些主要特点。

细碧岩问题的历史开始于 1827 年，当时布朗厄特 (Brongniart) 首先在“岩石术语概要”一文中引入这一术语。直至十九世纪末叶，细碧岩还是一个野外名词，泛指隐晶质的、含钠长石-绿泥石或钠长石-赤铁矿-石英组合的岩石，它常常具有碳酸盐小杏仁孔或细脉。大约在 1910—1915 年以后，特别是在本森 (Benson) 的工作以后，已经积累了足够多的显微镜鉴定资料及野外工作经验，可以识别出一类以钠长石为主要组份的玄武质岩石，并且由于结构和成分上的不同必须将它与正常的玄武岩区分开来。根据流线、角砾状构造等组构，细碧岩具有原生分异的特

点, 因此不能认为它是次生的。在矿物学上, 钠长石—绿泥石或钠长石—赤铁矿组合, 有时还有方解石, 与原生流线等十分协调一致, 次生作用不可能导致这种结构的形成。阿姆施蒂茨(1968)在他的文章的附表 2 中所列举的那些原生结构, 特别是流线、熔岩细脉、角砾岩填质和小杏仁孔, 与图 1 所列举的矿物分异现象如此协调一致, 这就排除了构成一个完善的次生成因假说的可能性。另一方面, 某些“细碧质岩石”显示某些主要组份(斜长石)的明显假象, 其次生成因十分明显。但是, 象橄榄石那样的一些早期晶出的组份, 它们的假晶就不一定是次生的, 因为这些假晶可以在岩浆后期或甚至在水岩浆的环境下形成。水岩浆是在岩浆演化的晚期阶段, 在某些部位富集了水而形成的, 它具有一定的结晶作用历程。

E. 尼格里曾清楚地描述过这一结晶作用历程(参看布里[Burri]和P. 尼格里, 1945; E. 尼格里, 1944; P. 尼格里, 1952; 阿姆施蒂茨, 1954)。1952 年, 他(406 页)在康韦尔(Cornwall, 1951)的基础上对密执安绿岩流的中心部位进行了深入的研究, 从而总结出细碧-角斑岩结晶作用的一般历程。他写道: “岩流中心部位矿物的结晶顺序与细碧质岩石一致, 虽然辉石和橄榄石实际上从一开始就晶出了。可以看出, 早期结晶作用沿正常线路进行, 而中心部位临界带富含挥发组份的岩浆则具有细碧质残余岩浆的性质。其中由于水的影响, 基性斜长石已经不再能够晶出, 那些早先形成的则变得不稳定而被钠长石、葡萄石、绿帘石和黝帘石所置换。不含水的镁铁硅酸盐则为绿泥石和含铁的金属矿物所置换。这对细碧-角斑岩组合是很特征的(布里和尼格里, 1945, 490 页后面的各页), 它们常与铁矿、钛铁矿和磷灰石-铁矿的出现有联系”。

图 1 所示的矿物分异型式在所有已知的细碧-角斑岩区是普遍存在的。显然, 一部分矿物集合与绿片岩相和(或)沸石相的矿物集合相符。但是, 即使存在原生细碧岩与绿片岩相岩石之间的过渡现象, 这两种岩石的相似仅仅是表面的。就作者所知, 只有在变质岩群中, 由于重结晶及不协调活化等变质作用产物的叠

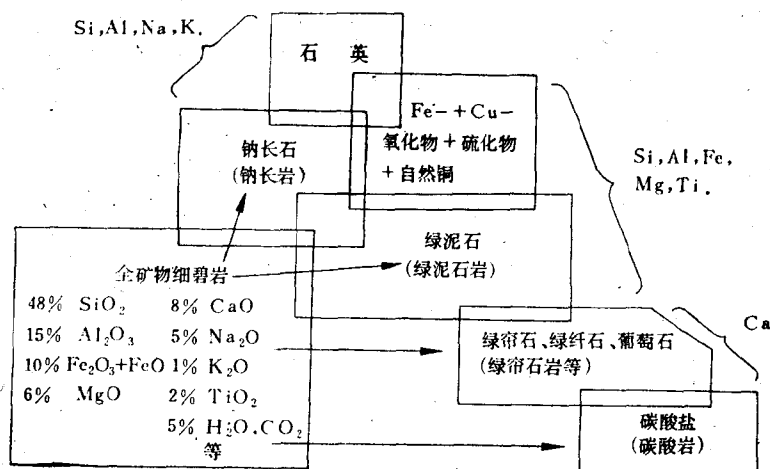


图 1 细碧质岩石的分异型式

加而使原岩的面貌模糊，这两种岩石不难以区分。在细碧质或角斑质原生分异产物仍然保存协调分布的程度下，就不难作出成因上的解释。

本书的目的不是片面地只介绍一种成因理论，而是为了使细碧-角斑岩问题解决得更好，并将讨论提高到一个更高的科学逻辑水平。本书是否达此目的，将由读者评定。编委会曾力图保留撰稿人自己的科学推理方法特点，而不要求他们采用某种划一的科学推理格式。因此，某些撰稿人忽略以往的作者的论点（例如本森、P. 尼格里、E. 尼格里及康韦尔等人的论点）而直截了当地提出自己的论点。这种情况能否接受必须由读者自己判断。在本书中，读者不仅会遇到对细碧岩成因解释上引入注意的两种截然相反的极端，同时还会遇到近代文献和科学作品的典型现象：常常忽略以往的工作及流行的论点而提出一个“独立”的观点。这种打破传统的“非历史观点”的作法是新鲜的，但却存在一定的缺陷。本书选入的文章除了存在上述缺陷外则是高质量的，编委会冒昧地把这些文章提出来作为讨论的“基础”。

查阅一下 1957 年以来大量的文献和目前收集到的论文，可

以看出关于细碧岩成因的理论与“细碧岩与矿床”(阿姆施蒂茨, 1958, 2—3 页)中所列举的仍然相同, 因而可以不加改动地摘录如下:

1. 表面风化说: P. 特米耶 (Termier 1898)。

2a. 干扩散说, 与金属中的扩散相似(类似“干花岗岩化”): R. 佩林 (Perrin) 和 M. 鲁鲍尔特 (Roubault) (1941)。

2b. 湿扩散说, 类似“湿花岗岩化”, 可以有或没有物质的大量增加和减少: R. 佩林和 M. 鲁鲍尔特 (1941)。

3. 变玄武岩说, 将细碧岩定义为变质(区域变质作用)玄武岩, 因而建议取消细碧岩这一术语: H. W. 费尔贝恩 (Fairbairn) (1934); A. 约翰森 (Johannsen) (1939); H. 亨切耳 (Hentschel) (1952, 等); N. 宗迪乌斯 (Sundius) (1951)。

4a 海水扩散说, 由于圈闭的海水向上扩散形成后期进出的钠交代作用: C. F. 帕克 (Park) (1946); R. 戴里 (1914); G. 贝斯科 (Beskow) (1929); J. 吉卢利 (Gilluly) (1935)。

4b 海水压力说: 洋底高压造成的含水结晶作用条件: A. 里特曼 (Rittmann) (1957)。

5. 同岩浆或异岩浆溶液的后期凝固交代说 (部分过渡到岩浆后期): H. 杜威 (Dewey) 和 J. S. 弗莱特 (Flett) (1911); J. 吉卢利 (1935)。

6. 与凝固作用同时的岩浆后期交代说 (自生热液蚀变说): G. F. 弗莱厄蒂 (Flaherty) (1934)。

7. 原生成因说 (与上述第 5, 6 种假说有联系): W. N. 本森 (1915); R. 戴里 (1914); A. K. 韦尔斯 (Wells) (1922, 1923); E. 莱曼 (Lehmann) (1914 等); E. 尼格里 (1944); M. 莱茵哈特 (Reinhard) 和 E. 温克 (Wenk) (1951); P. 尼格里 (1952); C. 布里和 P. 尼格里 (1945); M. 华格纳特 (Vuagnat) (1946 等); A. J. A. 范·奥韦雷姆 (Van Overeem) (1948); H. H. 黑斯 (Hess) (1955); R. 佩利泽 (Pellizzer) (1954); M. H. 巴蒂 (Battey) (1956); F. C. 贾菲 (Jaffe) (1955); A. H. 沃伊西

(Voisey)(1939); E. 温克(1949,等); G. C. 阿姆施蒂茨(1948, 1950, 1951, 1953, 1954, 1957, 1958); 及许多其它论文。

根据细碧岩问题的性质以及根据上述各种细碧岩的成因理论, 本书可以分为下列几个部分:

第一部分 关于细碧岩的概念及细碧岩问题(导论性论文)

第二部分 原生成因论的论文

第三部分 自生热液成因论或自变质成因论的论文

第四部分 次生成因论、成岩作用成因论或变质成因论的论

文

编者想趁这个机会在这里提出一些补充意见。在晚近的文献中出现一种偏向, 试图用快刀斩乱麻的办法将细碧岩问题一笔勾销。这种处理复杂的问题采取简单化的方法, 对幼稚的研究者来说可能是更易于接受的。但是编者认为这对科学的发展是不利的。处理科学问题需要作更细致和更精确的分析。比方说, 如果我们提议用“辉绿岩”取代“细碧岩”这个词, 这将是一个时代错误, 因为这会一笔勾销了数十年来不断进行的、不可忽视的专门性研究工作。

对提出细碧岩与成岩作用形成的沸石相相当的一些论文, 要认识它们的真实价值。虽然在某些“细碧质”岩中确实存在着交代特征, 同时绿片岩相与细碧质岩之间无疑还具有许多共同的矿物学特点。但是, 编者认为, 对岩石的全面分析必须包括研究它的全部性质, 如结构的协调或不协调, 同位素研究, 区域产状关系等等。在这样的基础上, 势必可以得出结论: 具有协调特征的钠长玄武岩和角斑岩必然是原生的, 并因而可以称之为细碧岩和角斑岩。那些大多具不协调特征的则可以称为钠长变玄武岩、变安山岩等等, 也可以称为变质的钠长石化玄武岩类、变质成因的细碧岩类和角斑岩类。

这里提议只有在原生火成结构与矿物分布之间显示充分协调性的岩石才保留细碧岩和角斑岩这样的术语。因而, 细碧岩的原生成因就是逻辑的结论。

最后，从目前研究所获得的一些补充证据，证明从各个不同方面去解决细碧-角斑岩问题是正确的：1. 尽管岩盐层和盐丘中的钠含量极高，但迄今尚未发现产于其中的玄武岩脉含有钠长石或遭受过钠长石化；2. 近代海洋中的玄武岩床及其喷出岩，其钠长石相发育的程度不比古代的差；3. 侵入的玄武岩与喷出的相比，其细碧岩相同样发育；4. 许多细碧-角斑岩区没有或几乎没有受变质作用的影响，而钠长岩脉则可以出现在各种各样的岩石中。这些岩石除了靠近脉壁数毫米至数厘米范围内出现正常的钠长英板岩化外，没有见到大范围的钠长石化现象；5. 大多数古老的玄武岩、辉长岩和安山岩，尽管其中出现了绿泥石，但是仍然未见有大规模的钠长石化的迹象。例如，在欧洲许多所谓辉绿岩的岩石就是如此；6. 细碧岩晕或细碧岩块体属于正常的水岩浆或岩浆后期过渡相，它们环绕完全封闭的岩浆后期矿物的小杏仁孔、矿巢或矿条而发育；7. 钠长石、绿泥石、绿帘石、葡萄石、方解石、石英等纯粹是热液系统中正常的原生结晶产物，这些矿物在细脉、矿体等地质体中普遍可见；8. 根据一般的逻辑推理，在“正常”岩浆与其挥发相的积集产物之间必然存在一个过渡相，这个相就是水岩浆相。假如说热水溶液是由冷却的岩浆中分出的，则水岩浆相出现的可能性就不容忽视了，而水岩浆相就是玄武岩及安山岩区的原生细碧质及角斑质的组成部分。

关于细碧岩问题的一些说明

菲亚拉(F. Fiala)

作者试图对阿姆施蒂茨有关细碧岩问题的论著(地质评论 1968)作一详细说明。阿姆施蒂茨提出了波希米亚两个细碧岩建造的概略特征,即晚元古代(巴伦第安[Barrandian]地区和兹莱兹恩霍里[Zelezné hory]地区)和早古生代(巴伦第安地区)的细碧岩建造。他对细碧岩与喷发的玄武岩类(辉绿岩)之间的关系特别予以注意。作者则拟对细碧岩问题中个别混淆不清的方面给予必要的论述。

在大量文献中,细碧岩一词理解各不相同,因此,阿姆施蒂茨建议出版一部选集,以便各国学者能各抒己见,这是值得欢迎的。这样一部文集,对进一步讨论细碧岩问题,肯定会提供良好的基础。

有两个主要观点在应用细碧岩一词方面流行了许多年。早期的观点认为细碧岩是隐晶质的辉绿岩,有时具有杏仁孔。近期的观点乃根据矿物-化学成分来定义,强调细碧岩以钠长石+绿泥石的矿物组合和较高的 Na_2O 含量为特征。某些作者否认细碧岩中钠长石具有次生性质,而认为是原生的。另一些作者则认为细碧岩是变质岩。目前,有关细碧岩的定义及其确切划分问题似乎已成为十分突出的问题。此外,对细碧岩的成因和钠长石-绿泥石这一矿物组合与岩浆作用的成因关系也应该加以讨论。再者,有关角斑岩的情况和成因也还不清楚,它们或被认为是玄武岩-细碧岩-角斑岩套(在海底条件下,最常与原始岩浆相伴)中的原生成员,或被认为是原生石英斑岩(流纹岩)和玢岩(英安岩和安山岩)叠加钠长石化的产物,并经常伴有后成火山作用。

波希米亚中部和西部的巴伦第安地区的 *a.* 晚元古代 (阿勒冈纪) 和 *b.* 早古生代两组海底火山岩系有助于上述问题的解决。

晚元古代 (阿勒冈纪) 火山作用

斯拉维克 (Slavik)^[25] 把阿勒冈地槽的海底火山岩大体上描述成布朗尼厄特 (Brongniart) 所定义的那种细碧岩, 同时指出, 常见新鲜普通辉石和基性斜长石, 即它们呈辉绿-隐晶结构特征。斯拉维克记述了这些火山岩 (隐晶质火山岩、杏仁状火山岩、粒状辉绿岩、球状玄武岩、枕状熔岩、玢岩、玻质角砾岩和各种凝灰岩) 广泛发育的一系列分异作用, 并指出沃多柯迪 (Vodochody) 地区枕状熔岩分异特点是较酸性岩石构成枕状体, 玻璃质充填于岩枕间。汉特曼 (Hejtman 1957) 注意到大部分这些火山岩性质与杜威 (Dewey) 及弗莱特 (Flett) 的细碧岩概念不一致。菲亚拉指出了这一火山岩建造更确切的组成条件, 同时也指出了典型细碧岩和 (变) 玄武岩类岩石相伴生, 其中细碧岩是据其化学成分和矿物成分确切鉴定的。菲亚拉还讨论了有关细碧岩的各种主要问题, 特别是它们的矿物成分和化学成分以及它们与玄武质岩石一起产出的特点, 进而指出个别作者不考虑绿泥石 + 钠长石为细碧岩的主要特征, 给出差别很大的 Na_2O 含量值; alk 的临界下限数据也有差别。菲亚拉建议, 对波希米亚的火山岩来说, 细碧质岩石与玄武质岩石之间的区别以 Na_2O 含量 4% 为界限, 这与法布里 (Fabries) 所提出的标准一致。

问题被所谓“绿岩”的碳酸盐化所复杂化, 有时碳酸盐化很强烈, 特别是那些杏仁状岩石。根据 CO_2 含量来扣除 CaCO_3 或复碳酸盐, 会歪曲岩石原始化学成分, 导致岩石成为过铝酸盐型 (Peraluminate)。碱含量 (Na_2O) 相对地有某些增加, 常常使一些学者把岩石定名为细碧岩, 而不考虑事实上原始岩浆岩中至少有部分钙的存在。

如果从岩相和化学成分条件来论巴伦第安地区晚元古代火山

岩(参见图1——查氏图解表示的“细碧岩”和“玄武岩”划分线或参见图3——碱/氧化硅重量百分比图解),显然,大部分这些火



图 1 巴伦第安和兹莱兹恩霍里地区元古代火山岩分异作用

根据 A. N. 查瓦里茨基和 V. A. 查瓦里茨基。1. 巴伦第安地区的变玄武岩和细碧岩, 2. 枕间物质, 3. 球状物, 4. 斯莱廷纳—巴夫列柯夫带的球状钾-细碧岩, 5. 德雷兹恩钾-细碧岩, 6. 角斑岩和石英角斑岩, 7. 兹莱兹恩霍里地区细碧岩, 8. 兹莱兹恩霍里地区石英角斑岩

山岩化学成分相当于玄武岩。但矿物成分显著地受到了弱变质作用的影响(变玄武岩)。巴伦第安地区北翼主火山带的多数岩石(4和5),①南带西部的多数岩石(6)和斯特列布罗-普莱赛(Stribro—Plasy)带的多数岩石(2),以及更向西部的斯拉夫柯夫斯基-兰斯(Slavkovsky/ les)(卡萨瓦德)中带闪岩的多数岩石(1)都相当于玄武岩,它们的化学成分明显呈基性(SiO_2 介于43.69—53.84%, 平均48—50%), Na_2O 一般低于4%, 有时甚至在3%以下。 CaO/alk 比值大于2, 有时大于3。只有某些含有发育良好的钠长石, 而且 Na_2O 含量超过4%的岩石才接近于真正的细碧岩。甚至上述玄武岩类岩石也不同于真正的玄武岩, 它们的长石(大多为更长石) K_2O 含量甚低(0.08—0.98%, 平均0.37%), 水含量有所增高, 这两者意味着与细碧岩十分相似。细碧质岩石和玄武质岩石之间存在着过渡类型, 相应地其 Na_2O 含量大致为3.5—4%。

元古代火山岩中一小部分, 它的碱度和矿物特点(钠长石+绿泥石)已具有典型细碧岩性质。布罗维斯(Blovic)(7)、多布列斯(Dobris)(9)和兹布拉斯拉夫(Zbraslav)(10)等地区南部火山带就包含有细碧岩、大量角斑细碧岩、角斑岩和石英角斑岩, 它们与不大常见的变玄武岩一起构成连续的分异系列。根据它们的产状、结构以及与凝灰岩伴生关系来看, 这一分异系列无疑是属于岩浆成因的(成分为: SiO_2 43.09—76.40%, Na_2O 0.32—6.99%, K_2O 0.22—5.96%)。

巴伦第安地区北翼类复理石沉积中的斯莱廷纳-巴夫列柯夫(Slatina-Pavlikov)地带钾细碧岩, 不但具有细碧岩特点, 而且 K_2O 含量相当高 [SiO_2 45.28—50.96%, CaO 3.46—6.61%, Na_2O 2.92—3.76% (凝灰岩中为5.35%), K_2O 2.64—2.72% (凝灰岩中为0.45%)^[9]]。在斯特列布罗-普莱赛地带(2)德雷兹恩(Drazen)地区可以见到类似的岩石, 但已强烈变质,

① 括号内数字相当于尼格里分异图(图2)中的各部分顺序号。

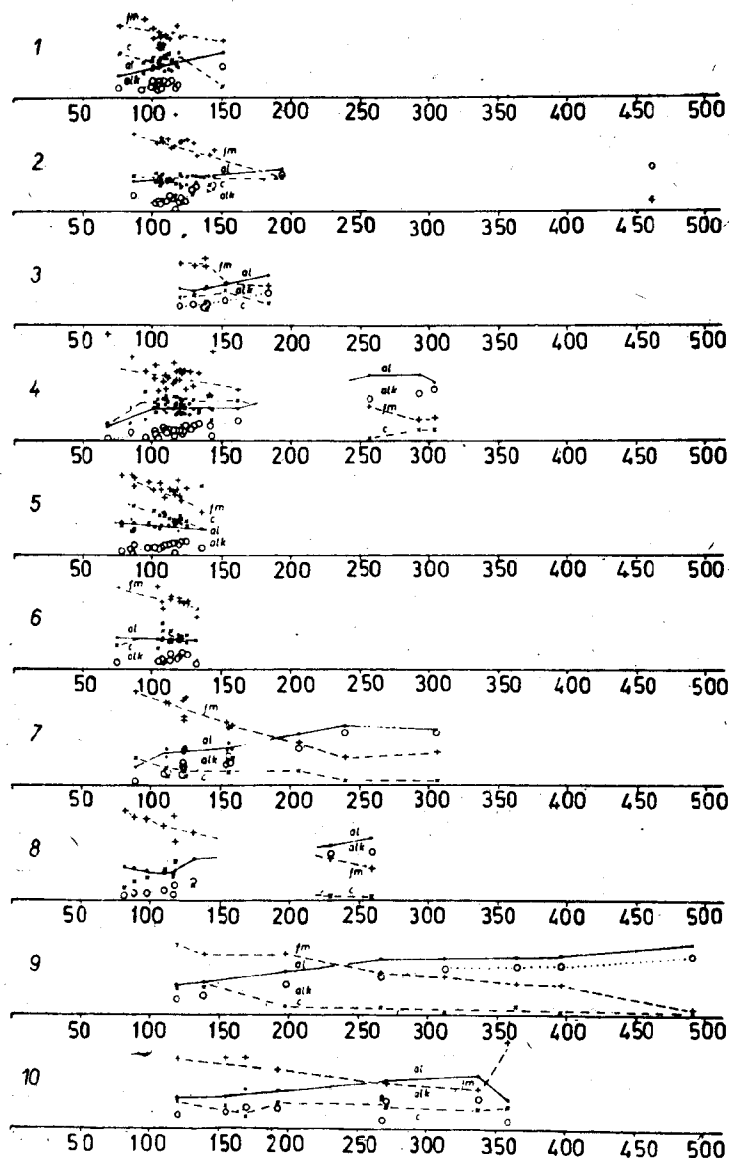


图 2 巴伦第安地区元古代火山岩分异图

(用尼格里值表示)

1. 斯拉夫柯夫斯基斯山闪岩; 2. 斯沃钦、斯特列布罗和普莱赛火山带;
3. 斯莱廷纳-巴夫列柯夫地带的钾-细碧岩; 4. 中央主带的东部和中部火山岩 (位于克拉洛沛和普逊之间); 5. 主火山岩带西部火山岩 (西普逊); 6—10. 南带火山岩; 6. 西部; 7. 布罗维斯地区; 8. 普列布拉姆地区; 9. 多布列斯地区; 10. 兹布拉斯拉夫地区

且富含黑硬绿泥石 (SiO_2 47.40—50.50%, CaO 4.16—6.57%, Na_2O 4.85—5.67%, K_2O 1.11—2.56%)。钻孔 D—1 中可见到这些岩石有意义的分异现象, 较酸性的巢状体主要由长石质组成 (SiO_2 56.79%, CaO 6.29%, Na_2O 7.00%, K_2O 0.62%, $\text{alk}=24.5$, $\text{K}=0.05$) 而基体较基性, 富含黑硬绿泥石 (SiO_2 38.74%, CaO 5.87%, Na_2O 2.16%, K_2O 4.24%, $\text{alk}=10.8$, $\text{K}=0.56$)。

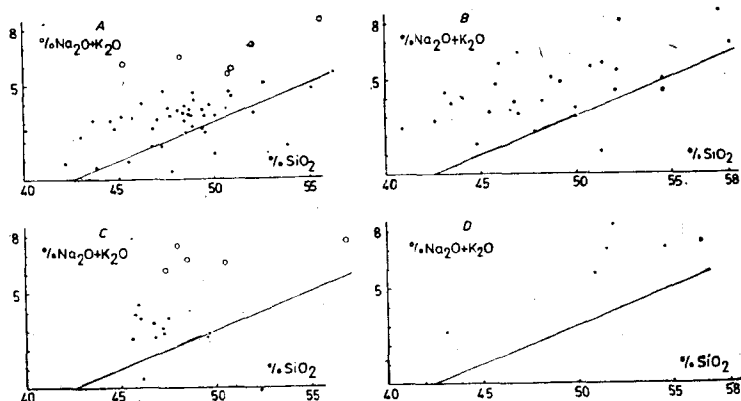


图 3 巴伦第安和兹莱兹恩霍里地区元古代火山岩的碱、氧化硅图 (重量百分比)

A—主火山带和斯莱廷纳-巴夫列柯夫地带钾-细碧岩 (后者用圆圈表示);
B—南火山岩带; C—斯沃钦、斯特列布罗和普莱赛火山岩带与德雷兹恩
钾细碧岩 (后者用圆圈表示); D—兹莱兹恩霍里地区

兹莱兹恩霍里山脉 (东波希米亚) 元古代沉积前的细碧岩中发现有比巴伦第安玄武岩主要类型更为基性的岩石, 成分为: SiO_2 50.86%, CaO 11.40%, Na_2O 5.23%, K_2O 0.46%, $\text{K}=0.05$, $\text{CaO}/\text{alk}=1.98$ 。更高层位中, 它们与含黄铁矿的石英-石墨片岩和铁-锰碳酸盐沉积矿层相伴。始寒武纪 (Eocambrian) 强绿帘石化的杏仁状细碧岩更具有细碧质化学特征 (SiO_2 51.50—56.49%, CaO 3.44—5.51%, Na_2O 6.26—7.60%, K_2O 0.42—0.79%, $\text{alk}=19.2—23.3$, $\text{K}=0.04—0.08$, $\text{CaO}/\text{alk}=0.49—0.70$), 局部地, 它与石英-角斑岩和石英-钠长斑岩 (SiO_2 70.38—