

岩石定量矿物 分析的几何方法

P. H. 科丘罗娃 著

地质出版社

岩石定量矿物 分析的幾何方法

P. H. 科丘罗娃 著

文 矢 生 譯

地質出版社

1959·北京

Р. Н. КОЧУРОВА

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
КОЛИЧЕСТВЕННО-
МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
ГОРНЫХ ПОРОД

издательство
ленинградского университета

1957

本書闡明了薄片岩石定量矿物分析的基本方法。并在第三章詳尽地叙述了根据岩石定量矿物成分計算其化学成分。
本書可作为大学地質系学生及岩石学工作者的指南。

岩石定量矿物
分析的几何方法

著者 Р. Н. 科 丘 罗 娃
譯者 文 矢 生
出版者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3号

北京市書刊出版業營業許可証出字第060号

发行者 新 华 書 店

印刷者 地 質 出 版 社 印 刷 厂

北京安定門外六鋪炕40号

印数(京) 1—4,700册 1959年1月北京第1版
开本 $31'' \times 43'' \frac{1}{32}$ 1959年1月第1次印刷
字数 65,000 印张 $3 \frac{1}{10}$
定价(10) 0.42元

目 录

序.....	(4)
第一章 岩石組成部分的粒度的測定.....	(6)
1. 直接測量顆粒的粒度	(6)
2. 測量顆粒的图形以定其粒度	(8)
第二章 計算岩石定量矿物成分的方法.....	(14)
1. 几何分析方法的发展历史簡述	(14)
2. 平面法	(16)
3. 直綫法	(21)
4. 点 法	(33)
5. 目測矿物的数量	(39)
第三章 根据岩石的定量矿物成分計算其化学成分	(40)
1. 根据矿物的定量矿物比值計算岩石的化学成分	(41)
2. 关于矿物和岩石的理論化学成分計算	(46)
結 束 語.....	(50)
附 录.....	(53)
参考文献.....	(96)

序

論述岩石定量矿物測定的幾何方法的文獻相當多（參閱文獻目錄）。其中以 A. A. 格拉戈列夫、B. H. 洛多奇尼科夫、П. H. 奇爾文斯基的著作最有價值，上述著作闡明了幾何方法的理論基礎，並且敘述了可借以進行計算的儀器。但是在這些著作中沒有詳細敘述岩石幾何分析時的工作程序，而且其中只有一部分著作才提到了為計算各種岩石的化學成分應用定量矿物測定的可能性。此外，某些著作已罕見於圖書目錄，許多它們所敘述的儀器不是採用得很有限，就是已經過時了。

岩石定量矿物分析的幾何方法，是在三年級第二學期的岩石學研究的專門方法的課程中對地質系學生講授的。此外，岩石學課程要求專門學習這門課程的學生，在寫課程論文和畢業論文時，因為沒有可能用實驗室方法來作化學分析，必須應用定量計算來計算岩石的化學成分。為了對岩石作出全面的岩石學評述和弄清成因問題等，就必須知道它的化學成分。

本書是根據指南的要求寫成的，闡明了定量測定的各種方法，並且敘述了許多新式儀器的工作方法，且在最後敘述了根據定量矿物數據計算化學成分的程序。

本書敘述了借各種儀器用平面法、直綫法和點法進行定量矿物測定的程序。而且比較詳細地敘述了使用近年來出產

的安丁求积台 (ИСА) 的工作方法, 这种仪器在有关岩石几何分析的文献中还没有介绍过。此外, 本书还阐明了根据各种矿物的定量矿物比值和它们的化学分析计算岩石化学成分的程序。在本指南的最后列举许多造岩矿物的化学分析, 为了在计算时便于应用, 作者已经把它们换算成为100。

本指南是为地质系学生青年岩石学工作者而编写的。

值本书准备出版之际, 特向列宁格勒大学地质系同仁们 Г. М. 薩蘭琴娜、Т. В. 彼列卡林娜、Е. Н. 沃洛丁、К. М. 科希茨和 В. В. 雷金娜謹致謝意, 感謝他們对作者的宝贵指教。

第一章 岩石組成部分的 粒度的測定

岩石是各种矿物的集合体，矿物的粒度和定量比值变化范围很大。

岩石根据組成部分的粒度可分为粗粒、中粒和細粒三种。比較各种矿物顆粒的粒度又可以分出等粒和不等粒两种，这就有可能来判断斑晶和基質矿物顆粒的相对大小。所有这些划分可以比較确切地說明被研究岩石的形成条件。这就是为甚么必須善于正确地測量岩石組成部分的原因。

測定碎屑沉积岩（碎屑岩）的粒度具有特別重要的意义，因为它们就是根据組成部分的粒度而分为礫岩、砂質碎屑岩、粉砂岩和泥質岩四类的。

在普通岩石学薄片中和在疏松岩石切片中測定粒度的方法是相同的。粒度的測定借助于專門的顯微鏡設備，直接地測量顆粒的粒度，或者測量顆粒图形的大小^①。

1. 直接測量顆粒的粒度

直接測量顆粒的粒度通常在要求測定迅速而不要求結果准确的情况下采用（例如，为了定量計算而測定岩石組成部分的平均粒度时）。

每一顆粒都有它一定的長度和寬度（直徑）。所謂顆粒

① 粒度根据薄片中顆粒断面的大小确定。

的寬度就是作為顆粒外廓的兩條平行綫之間的最短距離。所謂長度就是測量寬度的，但也是作為顆粒外廓的兩條直綫之間的距離。人們多半只測量顆粒的直徑。

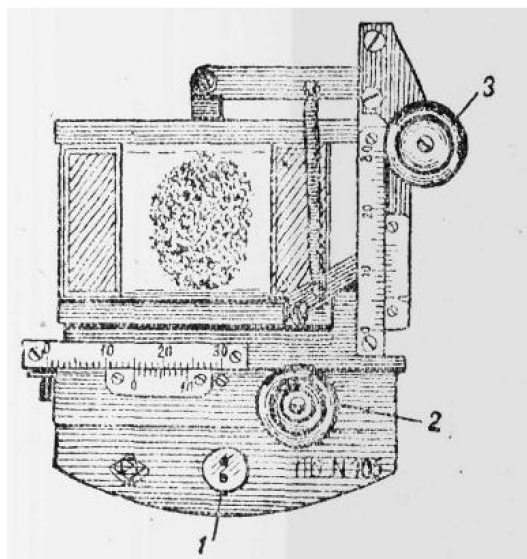


图 1. 薄片移动器 (滑板)

用这种方法測定粒度时利用薄片移动器 (图 1)，或者叫做滑板。所有的МП-2 和МП-3 型显微鏡都备有薄片移动器 (ПВ)。利用这种显微鏡可以使薄片 (切片) 移动比較精确而且均匀。滑板除了有一个借以把自己固定在显微鏡載物台上的螺釘 1 而外，还有兩個螺釘 2 和 3，借以使夾于其中的薄片在水平和垂直①方向上移动。滑板的每一个可移肘臂都有一条分成30个刻度的小标尺 (每一刻度 1 公厘) 和一个可得到讀数精确度达 0.1 公厘的游标。

① 也就是說薄片移动与目鏡上十字綫的橫綫和縱綫平行。

利用滑板直接測量粒度時的工作程序

1. 將滑板扭緊在顯微鏡載物台上，把被研究岩石的薄片安置在滑板中。然後利用滑板的螺釘 2 和 3 調整被測量的顆粒，使目鏡上十字絲的交點正好在顆粒的邊緣上。

2. 沿滑板上相應的肘臂（決定於將用哪一個螺釘來移動礦物顆粒）取得一個讀數。

3. 用這個螺釘移動薄片，直到目鏡上十字絲的交點正好在該顆粒的另一邊緣上。

4. 沿滑板這同一肘臂取得第二個讀數。

5. 所得兩讀數的差就是被測量顆粒的粒度，準確度達 0.1 公厘。

2. 測量顆粒的圖形以定其粒度

用這種方法確定粒度時利用目鏡測微器。МП-2 和 МП-

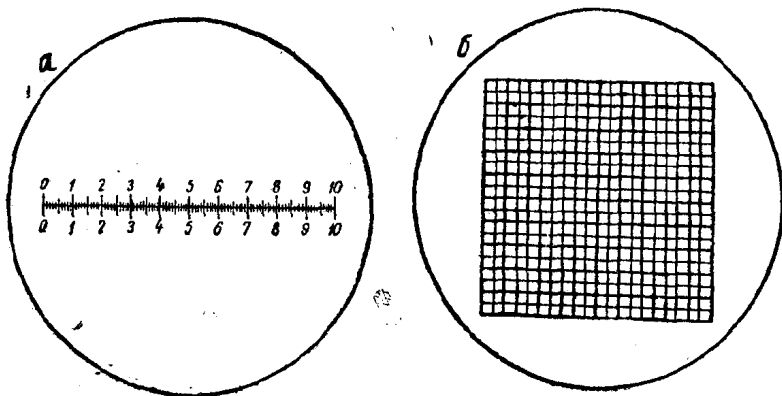


圖 2. 目鏡測微器

a—尺式；б—方網式

3 型顯微鏡都有一個 $6 \times$ 目鏡，目鏡的下部可以扭下，并在其中設有刻度尺（尺式目鏡測微器，圖 2 a）或者方格網（方網目鏡測微器，圖 2 b 和圖 6）。

安置被測量的顆粒，使其直徑沿目鏡測微器刻度尺的方向延伸，而其一邊與刻度尺的一端重合。數一數顆粒佔有幾個刻度。在測量強染色的顆粒時，目鏡測微器的刻度可能看不大清楚。在這種情況下，顆粒必須安置得使被測量的長度與刻度尺相平行。

對於岩石的一般岩石學描述以及岩石定量礦物計算時的應用來說，只測定顆粒的直徑就夠了。假如工作的目的是研究沉積岩中顆粒組成部分的形狀或者顆粒的圓滑程度以及碎屑岩或凝灰岩的詳細描述，則只測量顆粒的一個尺度是不夠的。在這種情況下，必須知道顆粒的兩個尺度（顆粒的長度和寬度），而且還要比較仔細的進行測量。在薄片作塊狀岩石的所謂形狀-粒度分析時這一點就特別重要。A. A. 格拉戈列夫（參考文獻〔7〕）提出了一個可以進行任何塊狀粒狀岩石粒度分析及顆粒形狀定量評定的方法。方法的原理是在薄片測量被研究礦物的顆粒（顆粒的長度和寬度），然後作出長度 (l) 的分布曲線和寬度與長度的比值 ($\frac{d}{l}$)。

測量顆粒長度的方法與測量顆粒直徑的方法相同。在利用尺式目鏡測微器時首先測量直徑，然後將顯微鏡載物台轉動 90° ，測量顆粒的長度。在必須測量顆粒的長度和寬度時，最好利用方網目鏡測微器，因為它可以一下測定兩個尺度（圖 3）。此外，逐步轉動目鏡測微器以測定最短距離（顆粒的寬度）（參考文獻〔7〕）。很好地選擇物鏡使被測量顆粒

佔据几个方格，但不大于视域的一半。

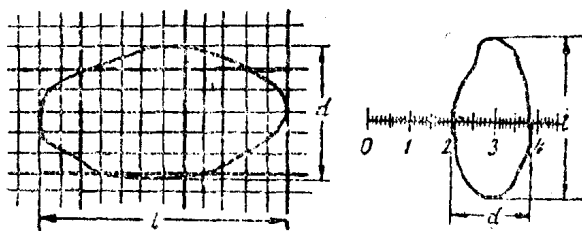


图 3. 用尺式和方网目鏡測微器測定粒度時顆粒的放置略圖

l —顆粒的長度； d —顆粒的寬度

方網目鏡測微器還可以在視域中同時比較各種顆粒的粒度。

如此量得顆粒的圖形大小。為了確定顆粒真正的大小，必須知道目鏡測微器一個刻度（或者一個方格）的值是多少。

為確定目鏡測微器（尺式和方網式）的刻度值利用所謂實物測微器。實物測微器是一塊玻璃板，用攝影的方法在其上載有百分之一公厘的刻度——2公厘，分成200分（或1公厘分成100分），也就是實物測微器的一個刻度相當於0.01公厘。

確定目鏡測微器（尺式或網式）刻度時的工作程序

1. 將實物測微器置于顯微鏡的載物台上，把目鏡測微器插入顯微鏡的鏡筒中。

2. 對准焦距並確定在使用該物鏡時實物測微器的幾個刻度與目鏡測微器的刻度尺（或其一部）相重合。

3. 確定在使用該物鏡時目鏡測微器的一個刻度（或一個方格）的值。

例如，在使用 $8 \times$ 物鏡時，實物測微器2公厘與目鏡測

微器80个刻度相重合(图4)。这时目鏡測微器的一个刻度的值將等于2公厘/80,也就是0.025公厘。确定目鏡測微器一个方格的值也是这样。

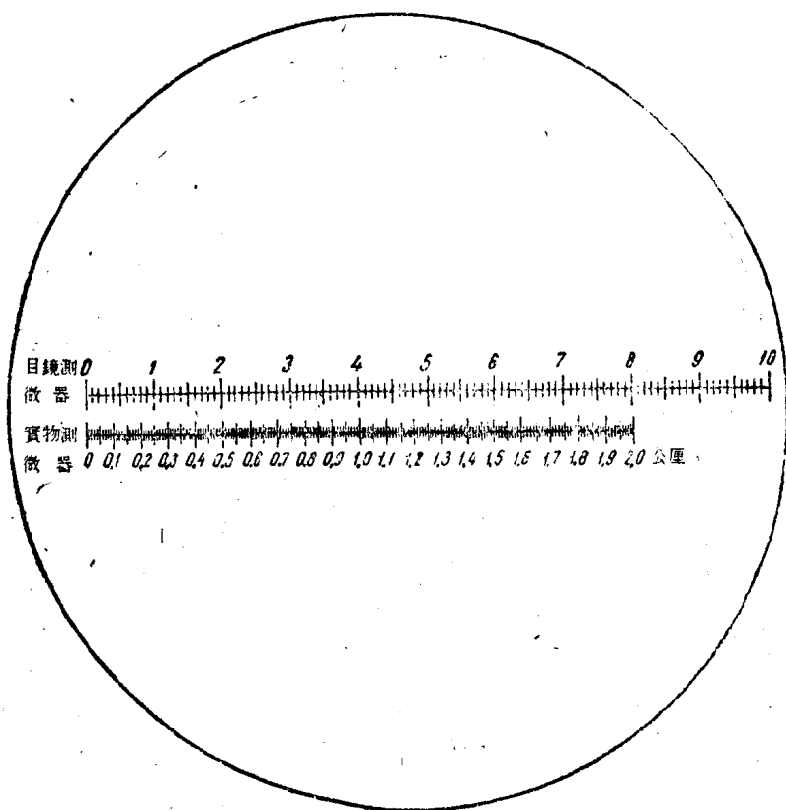


图 4. 确定尺式目鏡測微器的刻度值时目鏡測微器和实物測微器的放置

顆粒的真正粒度將等于該顆粒的直徑(或長度)所佔据的目鏡測微器的刻度数和目鏡測微器的一个刻度的值的乘积。

例如，假如在使用 $8\times$ 物鏡時顆粒的直徑佔據目鏡測微器的15個刻度，目鏡測微器的一個刻度值（在使用 $8\times$ 物鏡時）為0.025公厘，則顆粒的真正粒度將等於 $15\times 0.025=0.375$ 公厘。

因為各種岩石顆粒的粒度極其不同，所以在測定它們的粒度時必須利用物鏡和目鏡的各種不同的配合。在使用不同的物鏡時目鏡測微器的一個刻度的值也就不同。

知道顯微鏡視域的直徑（在使用一定的目鏡和物鏡時），可以判定組成岩石的顆粒的粒度。例如，假如在使用 $8\times$ 目鏡和 $8\times$ 物鏡時視域的直徑等於2.9公厘，而沿十字絲橫絲的全長容納10個顆粒（等粒岩石），則一個顆粒的粒度將大約等於0.3公厘。

這種方法也可以用來測定不等粒岩石的粒度。在這種情況下，必須安置被測量顆粒，使其外廓與十字絲的縱絲（假如顆粒小於視域的半徑）、或與視域的邊緣（假如顆粒大於視域的半徑）相重合，並測定該顆粒佔據視域半徑（或在第二種情況下為視域直徑）的幾分之幾。照這樣做就非常地快，但是對於岩石的一般評述來說，近似地測定岩石的粒度是完全足夠的了。

對於用以進行工作的顯微鏡，最好是具有在使用各種物鏡時的目鏡測微器的一個刻度的數值，以及在各目鏡和物鏡配合時的視域直徑，列於表中。

例如，我們將МП-2型 №21431顯微鏡的上述數據列如表1。

除上述的目鏡測微器外，利用螺旋目鏡測微器（圖5）來測定粒度是非常方便的，它與一般目鏡測微器不同的是它的測量刻度尺可以移動。在利用放大的條件下，用螺旋目鏡

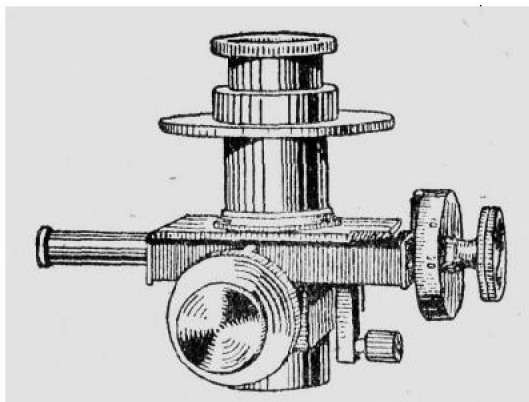


图 5. 螺旋目鏡測微器

表 1

目 鏡 物 鏡	6×		5×	8×	12.5×	17×
	目鏡測微器的 一个刻度的值 (公厘)	目鏡測微器的 一个方格的值 (公厘)	視 域 的 直 径 (公厘)			
3×	0.055	0.28	8.0	7.5	5.5	4.8
8×	0.02	0.11	3.06	2.9	2.18	1.78
20×	0.0085	0.042	0.23	1.16	0.86	0.72
40×	0.0042	0.022	0.60	0.56	0.44	0.36
60×	0.0029	0.014	0.41	0.39	0.29	0.23

測微器測量顆粒的精確度可達0.0001公厘（參考文獻[11]，第235頁）。其工作的詳細情況本書不作介紹，因為遺憾的是只有老式小鏡筒顯微鏡才裝有螺旋目鏡測微器。

測定岩石組成部分的粒度時，決不能局限於測量該礦物的一個顆粒（或細片），因為即使在等粒岩石中顆粒的大小也是常有變化的。在描述礦物時，最好說明該礦物的最小粒度和最大粒度。在描述岩石時，有時必須援引岩石的平均

粒度。在这种情况下必須測定岩石所有主要組成部分的粒度并算出其平均值。

第二章 計算岩石定量矿物成分的方法

准确地測定岩石的定量矿物成分，也就是測定岩石中主要造岩矿物的百分含量，是非常重要的，因为它是岩石的分类标志之一。例如，只有知道其中斜長石、鉀長石和石英的百分含量，才能准确地确定花崗岩—花崗閃長岩—石英閃長岩—閃長岩系列中的岩石。

岩石中金属組份的定量矿物測定也具有不小的意义。此外，在作耐火材料、研磨料和各种合金等研究工作时也要采用定量計算。

1. 几何分析方法的发展历史簡述

岩石的定量矿物分析，某些研究家(П.И.奇尔文斯基、A.A.格拉戈列夫)称之为几何分析，經過了一系列的发展阶段。

早在岩石学发展过程中的无显微鏡时期(1847年)，傑列斯就对手标本应用过第一个定量矿物計算方法。計算是用平面法进行的(見后)。它只能用来对于相当粗的粗粒岩石(顆粒直徑不小于1公厘)作标本的定量計算，因此直到現在用的有限。

現在这种方法采用于含霞石的手标本。手标本預先用硝酸和染料处理(为了使霞石溶解并將其分解产物染色)，这样可使工作容易得多(参考文献[8])。

显微鏡研究方法在岩石学中的应用，扩大了定量矿物分析的应用范围。岩石的这种分析方法首先用于薄片的大图形——素描或显微摄影上。

1898年几何分析得到了进一步的发展。是年罗集瓦提出了直綫法。他最初將直綫法用于磨光的标本上，后来又在显微鏡下直接用于薄片。

直綫法可以应用多种显微鏡设备进行計算，它們能大大地加速工作的进行。这些设备是：螺旋目鏡測微器、翁特沃尔斯实物測微器、多拉尔求积台等。这些仪器在下面詳細加以叙述。

許多俄罗斯学者都認為定量矿物分析有很大的意义。例如，Ф.Ю.列文生-列星格和А.Е.費尔斯曼以及П.Н.奇尔文斯基院士等都在自己的著作中，廣泛地利用了有关被研究岩石的定量矿物成分的材料。В.А.尼科拉耶夫、В.И.盧奇茨基和В.Н.洛多奇尼科夫在自己的著作中，也都注意到了定量矿物計算方法。

1931年俄罗斯研究家А.А.格拉戈列夫提出了定量矿物計算的点法，这在定量矿物分析改进过程中又进了一步。

現在岩石的几何分析是每一部岩石学著作中不可缺少的一部分。根据这种或者那种研究目的（計算全部矿物或只計算副矿物等）可用下列方法中的一种方法进行定量矿物分析：

（1）平面法，（2）直綫法，（3）点法。

如在本章开始时所述，定量矿物計算可以在手标本、薄片的素描图和显微摄影以及薄片本身上进行。定量測定也可以用于肉眼观察或用显微鏡观察彼此不同的某些組份組成的任何集合体。

几何方法的理论基础，也就是定量矿物测定的理论基础，它的准确性和取决于岩石结构误差，在A. A. 格拉戈列夫的著作中（参考文献[5]，[6]）有所论述。

下面叙述以上三种方法的实质及其用于岩石镜鉴切片——薄片的工作程序。这种或者那种方法用于不同的切片（磨成的薄片及其他薄片），但是方法的实质和工作程序是不变的。

2. 平面法

平面法的实质就在于，在岩石（手标本或薄片）的平断面上分别计算每种矿物颗粒占据的总面积。

平面法的原理基于“在岩石的任一断面上矿物所佔的面积与岩石中这些矿物所佔的体积成正比”（参考文献[5]，

第10页）。平面法的这一原理为傑列斯所提出并在数学上作了证明。

为了用显微镜测量颗粒的面积，利用通常具有400个方格的方网目镜测微器（图6）。根据要计算的组成岩石的颗粒的大小必须选择物镜，使颗粒的直径稍大于（或者等于）目镜测微器一个方格的数值。

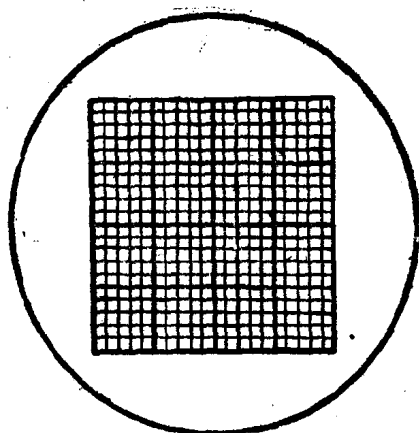


图6. 方网目镜测微器
(MII-2, MII-3型显微镜用)

有时只需计算副矿物的数量或浸染状金属矿物的含量。在这