岩矿工作

岩组分析简介

中南矿冶学院　何绍勋

一、概述

在岩石形成过程中或以后，由于岩石内部发生差异运动而引起造岩矿物的晶格或晶形产生一定程度的定向性，或使岩石沿某一方向出现一些褶曲和断裂等构造，这些构造特征叫做“岩组”，有时也称为“组构”。例如花岗岩在冷凝成岩过程中如果发生流动，可以出现由长石斑晶定向排列形成的流动构造；石英岩受挤压发生塑性变形时，岩石里的石英结晶轴〔0001〕可以表现出较明显的定向性。又如岩石受外力作用而变形时，可以产生一系列具有一定方位的褶曲或断裂构造。因此，“岩组”或“组构”包括岩石内的一切结构和构造特征，从微细的晶格排列到野外所见的大型构造。形成组构的每一种构造单元不论规模大小都叫做组构要素。根据组构的成因，组构要素又可以分为原生的和次生的。例如沉积岩中的波痕、象形印模、斜层理和岩浆岩中的流动构造等都属于原生的组构要素；而具定向排列的晶轴、解理面、双晶面、变形纹以及线理、片理、劈理、节理等构造则属于次生的组构要素。

精确地测量岩石中各种组构要素的产状，并进行数理上的统计，从而可以分析岩石的形成条件，甚至进一步解决各种构造变动的成因和发展等问题。这种研究岩组的方法叫做岩组分析。例如吴磊伯等（1962年）分析了青岛海滨砾石长轴的排列方向，证明这种砾石组构主要是受海浪作用的控制。总的来说，岩组分析的研究对象既包括显微镜下的微观构造，也涉及到野外所见的宏观构造。

岩组分析一词在国内外还有其他的名称，如“构造岩石学”、“岩石构造学”、“岩组学”和“显微构造分析”等等。本人认为“显微构造分析”着重研究镜下的显微构造，所以它仅仅是“岩组分析”的部分内容，而不能把“显微构造分析”理解为与“岩组分析”完全相同的名称。

显微构造分析的任务，首先是检验和充实一般的中小型构造分析的结果。例如利用显微构造分析的方法可以确定岩石内的剪切面（特别是潜在剪切面），也可以确定岩石中的物质运动方向和主变形轴或主应力轴的方向等等。其次，显微构造分析可以提供一些显微镜下研究的资料，如矿物的晶格排列所反映出先后两期的构造变动，这种现象用肉眼是无法识别的。但是显微构造分析是构造分析的一种辅助手段，不能作为一种独立的研究方法。本文所涉及的内容只限于显微构造分析方面的问题，至于有关节理、线理、劈理和片理等构造的野外和室内分析方法可参阅构造地质学教科书，这里不拟讨论。

显微构造分析一般是在费氏旋转台下大量地测量定向薄片内某一种组构要素的产状。如果样品内的颗粒太细，显微镜下观察有困难时，可采用X-射线法。近年来有人建议用测光仪测量石英在正交偏光下的光度变化，从而可以迅速地测算出石英光轴的定向方位。这种方法虽然简便省时，但它只适用于含石英的而且组构比较简单的岩石，所以测光仪方法目前还不能代替一般的费氏台法。

显微构造分析的步骤是：（1）在野外采集定向标本；（2）在定向标本上切制定向薄片；（3）在费氏旋转台下测量定向薄

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

片内组构要素的产状；（4）根据组构要素产状测量结果编制岩组图；（5）分析岩组图。本文将简要地介绍有关（1）、（2）、（4）和（5）的内容。

为了表示组构要素与运动的关系，在岩组分析中常选用组构轴，或称运动轴，有时也称坐标轴，并用a、b和c分别表示三个方向上的组构轴。组构轴a代表岩石内物质的运动方向；组构轴b代表滑动面上垂直a轴的方向，也往往是肉眼容易识别的方向，例如劈理面上的小褶纹相当于b轴的方向；组构轴c代表包含a轴和b轴平面之垂线方向。

前面已经说过，岩石内部的差异运动可以产生一定的组构特征，使组构要素具有一定的方向性。如果差异运动是在岩石变形时产生的，这种岩石在显微构造分析中叫做构造岩。例如千枚岩中的绢云母是平行片理排列的，所以这种千枚岩是一种构造岩。缺少内部差异运动的岩石叫做非构造岩，如一般未经变形的岩石。必须指出，这里所说的构造岩与地质力学中的构造岩并不完全相同，地质力学的构造岩仅仅指断裂带附近的动力变质岩，如构造角砾岩、碎裂岩和糜棱岩等。

二、赤平极射投影和赤平等积投影

在显微构造分析中经常涉及直线和平面的空间关系，用赤平极射投影可以准确地表示这种关系。假定一条直线在空间具有固定的方位，以该直线上的某一点“O”作为投影圆球面的球心，该直线与圆球的上半球面相交于P′点（图1）。同时，以圆球面的南极“R”为发射点，引发射线至P′，即图1的RP′线。发射线RP′与圆球的赤道平面相交于P_1'点，这P_1'点就是直线OP′的赤平极射投影。P_1'也叫做直线OP′的极点。同样道理，直线OP″的赤平极射投影是极点P_1''，见图1左半部。从图1的左半部还可以看到，凡是垂直圆球赤道平面的直线，它的赤平极射投影都落在投影圆（赤道平面上的圆）的中心“O”点上，例如直线OP的极

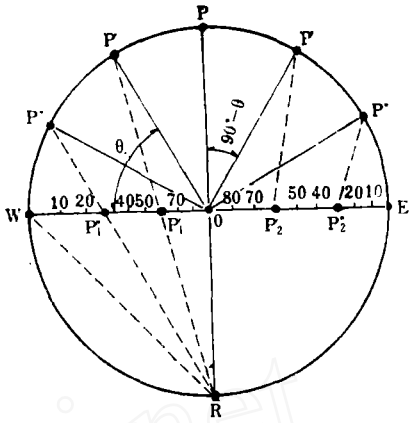

图1　剖面示意图表示赤平极射投影（左半部）和赤平等积投影（右半部）。EW代表赤道投影面。

点就是“O”点。凡是水平的直线，它的极点都位于投影圆的圆周上，例如直线OW的极点是“W”点。有时也可以把圆球面的北极作为发射点，引发射线至直线与圆球下半球面的交点，发射线与赤道平面的交点也是该直线的赤平极射投影。以圆球面的南极为发射点所得的赤平极射投影叫做上半球投影，以北极为发射点所得的投影叫做下半球投影。

直线的极点还可以代表一个与该直线垂直之平面的赤平极射投影，也就是该平面垂线的投影。此外，通过圆球面中心的平面，在赤道平面上的投影是一条圆弧线（也称大圆弧），圆弧线的弦长等于投影圆直径的长度（见图8）。

使用赤平极射投影网，即吴氏网（图2），可以迅速测算和绘制直线或平面的投影。吴氏网能准确地表示直线、平面的角距关系，但在投影圆内的不同部位，单位面积的大小是不相同的。在投影圆中心附近的单位面积要小些，而接近投影圆边缘部分的单位面积则较大些。图2的阴影部分表示了这两种情况。基于上述原因，在赤平极射投影圆内不能直接统计极点的密度（单位面积内的极点数目），必须改用赤平等面积投影，也简称赤平等积投影。

赤平等积投影的投影原理与赤平极射投

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

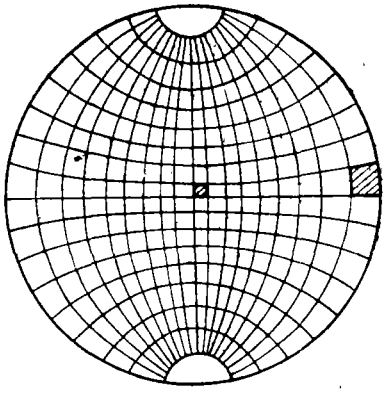

图2　吴氏网，阴影部分代表长和宽各占10°的面积。

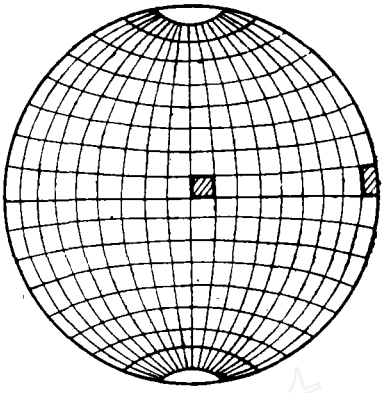

图3　施氏网，阴影部分代表长和宽各占10°的面积。

影很相似，只是沿着投影圆半径方向上的间距必须按等积原理加以调整。例如倾角60°的直线OP′在赤平极射投影面上的位置是极点P_1'。P_1'点距投影中心的距离为OP′（见图1左半部），在这里$OP_1' = R\,tg\frac{(90°-\theta)}{2}$，R为圆球面的半径，θ为直线OP′的倾角（即60°）。如果采用赤平等积投影，则直线OP′的极点必须调整到P_2'的位置，而$OP_2' = \sqrt{2}R\sin\frac{(90°-\theta)}{2}$，R与θ的含义同上（参看图1的右半部），这时投影圆内各处的单位面积大小近似相等，图3的阴影部分表示了接近投影圆中心和位于投影圆边缘的单位面积大小（纵横各占10°）。

目前国内外在岩组分析中多采用赤平等积投影。用赤平等积投影投绘组构要素的极点时要使用施氏等积投影网，简称施氏网（图3）。实际上，赤平等积投影也并不是完全等积的，在投影圆边缘还保留着较大的歪曲，也就是沿着半径方向略有压缩，沿圆周方向略有拉长（参看图3的阴影部分）。

三、采集定向标本和切制定向薄片

为了确定岩石薄片内的显微构造与野外的大中型构造之间的关系，以便进行全面的构造分析，在显微构造分析时必须采集定向的岩石标本并切制定向的薄片。在野外采集定向标本时，首先要确定和测量组构轴的产状，并用油漆或墨水将组构轴绘在定向标本上。如果在野外不能立即确定组构轴的位置，可在标本上选择一个较平整的面，如节理面或人工爆破面等作为参考面，准确地测定这个面的产状并绘上走向和倾斜的符号，注明走向方位和倾角大小。例如在图4的定向标本上，参考面的产状是：走向NE85°，倾向SE，倾角62°。

若标本上已定出组构轴的方向，可根据组构轴切制定向薄片。在一般情况下，尽可能垂直组构轴切制薄片，并分别称垂直a轴的薄片为a-片，垂直b轴的为b-片，垂直c轴的为c-片。正常的显微构造分析应在每一块标本上同时切制三个互相垂直的定向薄片，以便相互检验和对比，至少也要切制两片，其中又以b-片最重要，因为b-片往往反映了较全面的组构特征。如果标本具有明显的面状构造（如劈理、片理或断层擦痕面）或线理时，应尽可能垂直和平行面状构造等切制薄片。

根据参考面切制定向薄片时，尽可能使薄片垂直或平行某一个可见的组构要素。薄片切制以后，还要测定标本上切面的产状，以便获得定向薄片的产状。简易的测定方法是在标本上直接测量产状。先将标本放在粘土上，如图5所示，使参考面恢复到实际的产状位置上，然后用罗盘仪直接测量切面的

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

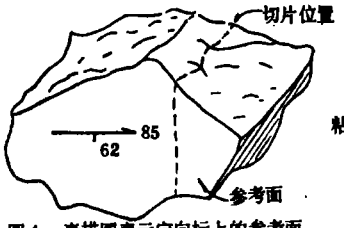

图4 素描图表示定向标上的参考面和切片位置

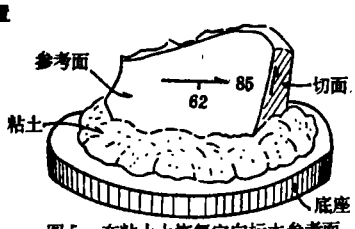

图5 在粘土上恢复定向标本参考面的实际位置

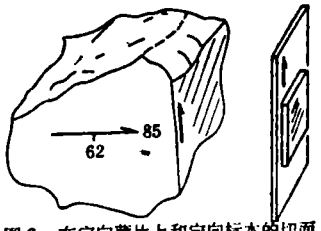

图6 在定向薄片上和定向标本的切面上绘以同一方向的箭头

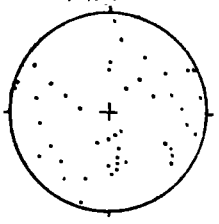

图7 极点图

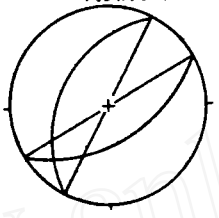

图8 赤面图

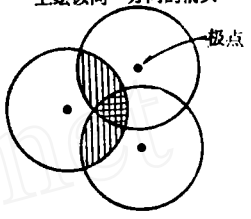

图9 用圆圈法绘制等密线

产状。此外，也可以根据切面和参考面的夹角关系，用赤平极射投影的方法测算切面的产状（具体作法从略）。

定向薄片上要注明组构轴的方向。如果未确定组构轴，则在薄片上用箭头表示切面与参考面的交线方向，同时也在标本切面上用箭头表示同一方向（图6）。

四、岩组图的绘制

岩组图是显微构造分析的重要图件，它简单扼要地表示组构要素在空间分布的特征。按表示的方法，岩组图可分为极点图（图7）、等密图（图13）和赤平图(图8）三种主要类型。极点图是用极点表示晶体光轴或结晶轴的投影，还可以表示矿物的双晶面、变形纹和解理面等垂线的投影。极点图是绘制等密图的基础图件。等密图是用等值线表示极点图内的极点密度分布特点。赤平图是用大圆弧线简明地表示几个面状组构要素的产状和相互关系。下面只介绍等密图的绘制法。因为投影的方法有赤平极射投影和赤平等积投影两种，所以等密图也相应有两种绘制法。

用赤平等积投影绘制等密图时，首先用施氏网编制极点图（极点图的作法从略），然后在极点图的基础上绘制等密线。绘制等密线最常用的方法有方格法和圆圈法两种。目前构造地质学中的节理等密图大多数是用方格法绘制的，因此有关方格法的内容可参阅构造地质学教科书，这里不再重复。图20是用方格法绘制的等密图。

当极点的总数不超过150个，而且极点集中的现象不太明显时，用圆圈法绘制等密图比较简便，所绘等密线也比较精确。圆圈法的具体操作如下：在极点图上，以每一个极点为圆心，以一厘米长度为半径，用圆规绘一小圆（要求小圆半径的长度必须是投影圆半径的十分之一。在标准的情况下，投影圆的半径为10厘米，所以小圆半径采用1厘米）。每一个小圆的面积相当投影圆总面积的百分之一。如果极点总数是100个，每一个小圆所占面积相当总面积的百分之一，两个小圆重叠的部分相当总面积的2％（图9的直线部分），三个小圆重叠的部分相当于3％（图9的方格部分），余此类推。图23是用圆圈法绘制的等密图。

赤平等积投影实际上也不是完全等面积的，特别是在投影圆的边缘附近歪曲较大，因此所绘制的等密图在边缘附近沿半径方向上的数值被夸大，沿圆周方向的数值又偏低。有人建议在统计边缘部分的极点数目时，改用椭圆形的单位面积小圆，但作图很不方便，未被采纳。若改用赤平极射投影就可以消除这种歪曲现象。在吴氏网内，半径

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

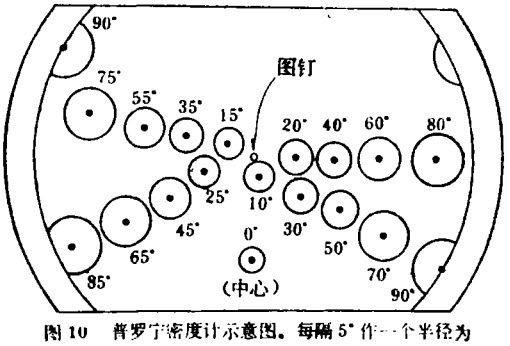

图 10　普罗宁密度计示意图。每隔 5° 作一个半径为 8.1° 的小圆或圆孔。

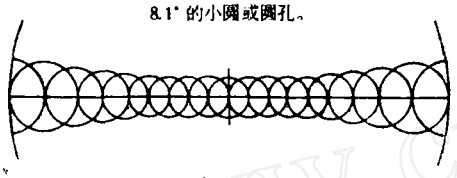

图 11　何作霖设计的密度表 小圆半径为 10°

为8.1°的小圆相当于投影圆总面积的百分之一。由于赤平极射投影不是等面积的，小圆的大小也不相同，越接近投影中心，小圆直径的实际长度也越小。普罗宁设计了一个密度计，用于统计赤平极射投影内单位面积的极点数目（图10）。密度计上有许多直径不同的圆孔（或小圆），使用时将密度计放在极点图上（密度计的长度必须与赤平极射投影圆的直径相等），并使它们的中心重合。转动密度计，沿投影圆圆周的方向每隔一定距离（约1厘米左右），分别在10°、15°、20°、25°、30°……90°的小圆孔内统计极点的数目，将统计结果写在小圆孔的中心位置上。当整个投影圆内每个单位面积的极点数目统计完毕后，按方格法绘制等密线（具体绘制法可参阅构造地质学教科书）。何作霖曾设计一个适用于赤平极射投影的简单密度计（图11），使用比较方便。但是该密度计的小圆半径为10°，小圆的面积超过投影圆总面积的百分之一，因此使用这种密度计所绘制的等密线，其数值略为偏高，不能和其他方法绘制的等密图进行对比，是其缺点。

绘制等密图时，根据精度要求的不同，可选择适当的绘制方法。在目前的岩组分析中，最常用的是赤平等积投影的方格法，它的误差一般可忽略不计。

一张完整的岩组图应该包括下列内容和说明：1）采用的投影方法，赤平极射投影或赤平等积投影；2）上半球投影或下半球投影；3）组构要素的名称；4）组构要素测定的次数；5）等值线的数值。表示等值线数值的方式有很多种，最简单和最常用的方式是用文字说明，例如“每1/100面积的等值线为1—2—3—4%”，这表示每1/100单位面积内的极点密度分布情况共有五种，即1%以下，1%至2%，2%至3%，3%至4%，和4%以上；6）投影圆的产状。表示产状的方法有多种，例如用组构轴表示产状（图22）或用地理方位表示产状（图21和20）。有时也可以直接用产状符号表示投影圆的走向和倾斜（图23）。在图23内，横线和箭头表示投影圆的走向为NE24°，短线和86°表示倾角为86°并向SE倾斜（当倾向为NW倾角仍为82°时，则将倾角写成98°，表示投影圆朝着观察者的前方倾斜）。7）标本或薄片的编号和采集地点。

五、岩组图的分析

岩组图的分析包括下列内容：确定极密

图 12　轴对称组构

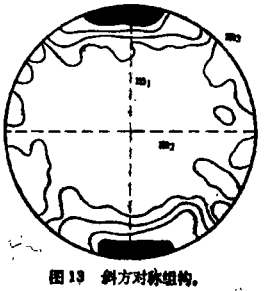

图 13　斜方对称组构。m_1、m_2和m_3为对称面。

图 14　单斜对称组构。m为对称面。

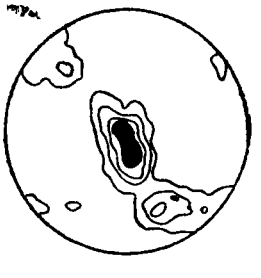

图 15　三斜对称组构。无对称面。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的类型，确定构造岩岩组的类型，确定岩组的对称性以及确定主应力轴的方位。

极点集中的方位叫做极密。根据组构要素最大密度方位的分布特点，极密可以分为点极密、大圆环带极密和小圆环带极密三种基本类型。组构的极点方位集中在一个点附近时叫做点极密，如图12。一般的说，由微观的面状组构要素构成的点极密代表一个宏观的面状构造，例如云母解理面极点构成的点极密往往代表一个劈理构造（即点极密代表劈理面垂线的方向）。微观的线状组构要素的点极密代表一个宏观的线理构造。

如果面状组构要素的垂线或线状组构要素主要是集中在一个平面内，在岩组图上极点将呈现一个平行大圆弧的环带，因此称为大圆环带极密，或简称大圆环带。由微观的面状组构要素垂线形成的大圆环带极密往往反映了一个宏观的线理构造，环带的轴（即大圆弧的圆心）代表该线理的方向；由微观的线状组构要素形成的大圆环带极密反映了一个宏观的面状构造。环带轴有时可以代表该面状构造垂线的方向。

如果面状组构要素的垂线或线状组构要素集中在一个双圆锥面上，在岩组图上极点将表现为一个小圆弧（小圆弧的弦小于投影圆的直径）或表现为一个完整的小圆（小圆的直径小于投影圆的直径），因此叫做小圆环带极密或简称小圆环带。小圆环带极密代表一个宏观的线理构造或面状构造。小圆环带的轴（即小圆弧或完整小圆的圆心）有时可以代表该线理构造的方向或该面状构造垂线的方向。

以上三种基本的极密类型可以互相组合而构成较复杂的极密。例如在一个大圆环带内可以同时存在着一个点极密，如图13。图21是一个小圆环带极密和一个位于环带轴（即组构轴b）附近的点极密。图22是一个小圆环带极密和三个位于环带上的点极密（另外还有几个密级较低的点极密）。

桑德尔将构造岩岩组分为S-构造岩、B-构造岩和R-构造岩。凡具有一组明显的面状构造而缺少线理构造的构造岩叫S-构造岩，它在岩组图上表现为一个明显的点极密。例如一个具有片理的千枚岩，在岩组图上绢云母解理面的极点常形成一个点极密。断层擦痕面上的石英光轴有时在岩组图上也表现为一个点极密，这也是一个S-构造岩。S-构造岩往往是压扁作用或滑动作用造成的，它被铁锤敲打时常成板状或片状的碎块。

B—构造岩往往具有明显的线理构造，在岩组图上表现为一个完整或不完整的大圆环带，环带轴往往是组构轴b。如果B—构造岩具有明显的外部旋转运动时称R—构造岩。在R—构造岩的岩组图上，面状组构要素（如云母片的解理面）呈完整的大圆环带极密，而线状组构要素（如角闪石的〔001〕）则表现为点极密。标本被敲打时，B—构造岩常成透镜状碎块，R—构造岩则成杆状碎块。

详细观察岩组图，可以发现每一个岩组图都表现出一定的对称性。岩组的对称性是与产生这种对称的运动性质有密切关系。岩组的对称至少有四种类型，即轴对称、斜方对称、单斜对称和三斜对称。轴对称组构在岩组图上表现为一个点极密，并具有无限个对称面（图12）。轴对称组构相当于滴落在地面上的水向四面八方流失的运动。S—构造岩常具轴对称。

斜方对称组构在岩组图上具有三个相互垂直的对称面，如图13的m_1、m_2和m_3，并相当于注入水槽内的水朝着水槽两端流失的运动。具有两组剪切面的B—构造岩或具有一组明显线理的片岩往往表现为斜方对称。单斜对称组构在岩组图上只有一个对称面和一个垂直对称面的二重对称轴（图14），这种组构相当于注入倾斜水槽内的水朝着水槽的一端流失的运动，也就是简单的流水运动。片岩中的片理具有不对称的小褶纹时，如图16，往往代表一种单斜对称。在岩组图上缺少对称轴和对称面的组构属于三斜对称，如图15。三斜对称相当于具有旋涡的流水运动。因此这种组构往往是两期构造变动

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

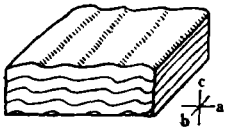

图16 标本中的单斜对称。片理具不对称小褶纹。

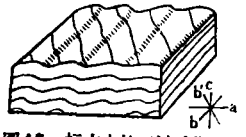

图17 标本中的三斜对称。片理具小褶纹和一组斜向的线理（b'）

叠加而成的。例如具小褶纹的片理上还叠加着一组斜交的线理（早期的或晚期的），见图17。

在分析组构的对称性时，不要过多地考虑一些细节，因为岩组图的图案往往是比较不规则的，不像结晶学中的对称性那样清楚和严密。岩组的对称性很重要，它往往反映了运动的性质。轴对称代表简单的单轴伸张或缩短运动。斜方对称代表三轴变形中的压扁运动，也是一种非旋转运动。单斜对称反映了一种剪切运动或旋转运动。三斜对称则代表一种复杂的运动，可能是几个不同方向的迭加运动。因此在显微构造分析中应特别重视组构对称性的分析。

为了确定构造岩中的应力状态，在现代显微构造分析中还进行单个矿物和岩石的人

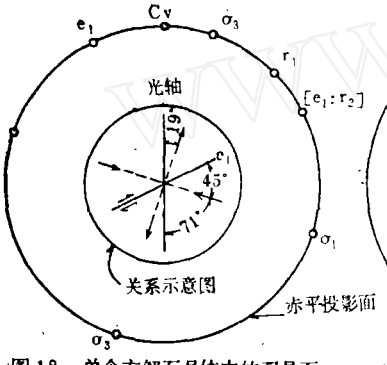

图18 单个方解石晶体内的双晶面 e_1(1012) 与主应力轴的关系。σ_1（主压应力轴），σ_3（主张应力轴），Cv（方解石光轴），解理面 r_2(1011) 和 r_1(1011)。

图19 根据方解石双晶面e推导的主压应力轴σ_1岩组图。经人工压缩实验之方解石胶结砂岩。下半球赤平等积投影。100个主压应力轴。每1/100面积的等值线为1－2－4－6%。最大极密10%。投影中心为施加压力的方向。

图20 湖北某矿区闪长岩岩组图。中长石〈010〉解理面.100次测定。上半球赤平等积投影。每1/100面积的等值线为0.5－1.5－2.5－3.5－4.5 %

图21 湖南某矿山硅化石英砂岩岩组图。早期石英的光轴。200次测定。上半球赤平等积投影。每1/100面积的等值线为0.5－2－4－6%。最大极密10.5%。

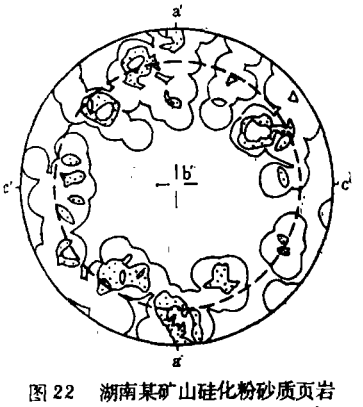

图22 湖南某矿山硅化粉砂质页岩岩组图。脉状石英光轴，100次测定。上半球赤平等积投影。每1/100面积的等值线为1－3－5－6%。a'轴产状为SE 145°∠85°；b'轴产状为NE 55°∠0°，c'轴NW 325°∠5°。

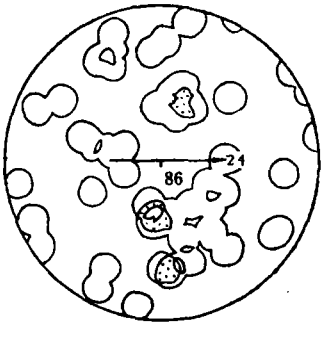

图23 湖南某矿山硅化粉砂岩岩组图。细脉石英光轴。上半球赤平等积投影。50次测定。每1/100面积的等值线为2－6－8%。投影面产状：走向NE 24°，倾向SE，倾角86°。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

工变形试验。根据试验结果找出岩石组构和主应力轴的关系，从而可以推测天然岩石变形时的主应力轴方向。例如已经知道方解石的光轴〔0001〕、双晶面{01$\bar{1}$2}与主压应力轴σ_1的关系，如图18所示。如果大量测定变形岩石中每一个方解石晶体的组构要素，推导出每一个晶体主压应力轴σ_1的方位，并编制成岩组图（如图19），就可以推测该岩石在变形时的作用力方向。图19是由方解石胶结的砂岩经人工压缩试验后根据方解石双晶面{01$\bar{1}$2}推导出100个主压力轴σ_1的岩组图。在图中最高的点极密（10%）代表了推导的主压应力轴σ_1的平均方位，它很接近试验时施加压力的方向（即投影图的中心）。这个试验的结果表明，我们有可能分析含方解石之天然岩石变形后的应力状态。

应力分析对于变形轻微的构造岩具有重大的意义，因为这种构造岩的组构对称性不太明显，在显微构造分析中往往容易被忽略掉，而应力分析有时可以弥补这个缺陷。但是目前对其他矿物的变形机理还了解得很差，而岩石的组构又往往是多次变形迭加而成的，因此在显微构造分析中进行应力分析还受到很大的限制。

六、显微构造分析实例

湖北某铁矿区内花岗岩与闪长岩的成因问题曾有争论。有人认为两者是同源的，闪长岩是花岗岩的边缘相，而有人认为它们是前后两期侵入的岩体。野外调查表明闪长岩曾遭受北北东向应力的作用。室内显微构造分析也表明闪长岩具有定向的组构。闪长岩的中长石解理面{010}在岩组图上呈一个不完整的大圈环带极密以及三个在环带内的点极密（图20）。宏观和微观构造分析都证明闪长岩属同构造侵入（或前构造侵入）。但是花岗岩的石英光轴呈均质组构，在岩组图上没有明显的定向方位，说明花岗岩未受到差异运动的影响，应属“后构造侵入”，因此该矿区的闪长岩和花岗岩应该是不同期的侵入体。

湖南某矿山的大断层表现了多次活动。对该断层带内和远离断层的石英砂岩、粉砂岩和粉砂质页岩等进行了显微构造分析。详细分析了硅化作用以前和硅化作用以后的岩石组构，初步确定了该断层的两次活动性质。断层带内硅化石英砂岩的早期石英光轴在岩组图上表现为一个小圆环带极密，环带半径约70°，环带轴(相当于组构轴b)近于直立，反映了一次水平方向的运动。在环带轴附近还有一个很强的点极密（图21),可能代表另外一次上下的位移。位于断层内的硅化粉砂质页岩具有细小的石英细脉，细脉的石英光轴也呈一个小圆环带极密，环带半径也是70°左右，但环带轴是水平的（见图22），它反映了一次沿着上下方向的运动。同时也分析了远离断层带的硅化粉砂岩的石英细脉，细脉的石英光轴呈均质组构，见图23。显微构造分析的结果表明，该断层早期（硅化作用以前）可能发生水平的位移运动（组构轴b为直立），硅化作用以后则可能遭受上下方向的运动（组构轴b′为水平产状，而远离断层带的岩石在硅化作用以后未受到构造变动的影响（该岩石之早期石英颗粒太细，无法分析，因此硅化作用以前的情况不能确定）。

以上系本人学习岩组分析的点滴体会，错误的地方请批评指正。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net