

构造地质研究中应用 x 光岩组方法 需注意的几个问题

陈柏林 刘兆霞

(中国地质科学院地质力学研究所)

摘要 本文简述了 x 光岩组分析的特点和样品的选择,重点阐述了石英组构特征与岩石整体变形及石英矿物粒内变形的关系。在介绍石英 x 光极图转换成石英光轴图的方法之后,作者运用实例说明了将 x 光岩组方法与其它显微构造及组构方法(如费氏台岩组测量)结合起来,可获得更多的信息用于构造地质研究。

关键词 构造地质研究 x 光岩组测量

岩石显微构造及组构研究是构造地质学的重要研究内容, x 光岩组分析则是岩石组构研究的有效方法之一。

x 光岩组分析是利用 x 光衍射的方法测定岩石样品中某些矿物分布、晶体取向的各向异性。目前采用全面积衍射方法,具有客观真实、简便快捷、费用适宜等优点,并越来越多地被应用于区域构造、矿田构造和显微构造研究之中。

为了使 x 光岩组分析方法得到更广泛的应用,更准确、更理想地解决岩石组构及构造地质问题,作者曾多年探索 x 光岩组分析方法在构造地质研究中应用的问题,本文是对该问题的认识和体会的初步总结

1 x 光岩组分析方法的主要特点

x 光岩组方法作为一种实验测试技术,既有优势,也有不足之处。其主要优点有:

(1) x 光岩组方法是利用衍射的方法,通过测定矿物面网的衍射强度来确定矿物在岩石中的不均一性,达到了解岩石组构的目的,它比费氏台岩组测定简便、快捷

(2) 仪器自动记录衍射强度,与费氏台岩组用肉眼选测矿物颗粒相比,减少了人为因素的影响,使测试结果更客观、更接近地质事实。

(3) x 光岩组不仅可以测定透明矿物,还可以测定不透明矿物。

(4) x 光岩组不仅可以测定通常粒度(如 0.02—1.0mm)的矿物,而且也可以测定微晶粒度(0.02—0.001mm)的矿物,这在费氏台岩组测定中是办不到的。

x 光岩组测定的主要不足之处在于:

(1) x 光岩组是全面积衍射,其结果是显示出矿物取向的面积百分数,因此,个别或少数大颗粒矿物晶体往往会影响测试结果。所以,进行 x 光岩组测定,最好选择岩石中颗粒较细的矿

物,一般以 0.001—1.0mm 粒度为最佳

(2) x 光岩组反映的是岩石中矿物结构的总体概率,却无法分辨不同变形期次的前后关系和归属。这需要配合显微镜下的观察鉴定、费氏台岩组测定来加以区分。

2 选好所测的样品

由于 x 光岩组有它自身的优劣特点,因此合理选择样品可以扬长避短,取得好效果。

(1) 送做 x 光岩组分析之前,必须经过薄片的鉴定和显微构造分析。

(2) 所选测定矿物在岩石中应有 30% 以上的含量。

(3) 对样品中主要矿物种类、含量、粒度和岩石结构构造等必须有描述和记录,并在送样单上注明,以便测试人员选择特定的面网,避免其它矿物中 α 角相近的面网的干扰。

3 常见的 x 光岩组图的类型及其含义

x 光岩组图是所测矿物某面网的极图。石英是目前国内外对其变形特征、变形性状、变形机制研究程度最高的矿物之一,也是 x 光岩组分析的首选矿物。这里以石英为例,讨论岩组图的主要类型及其所代表的组构意义。

(1) 无极密型 石英 ($10\bar{1}0$) 或 ($11\bar{2}0$) 极图上无明显的极密,反映了岩石中石英无优选方向、无定向组构 (图 1a b e d)

(2) 大颗粒型 该类极图上出现数个或多个相互孤立、随机分布的高极点极密 (图 1e f g h),这是由于岩石中大颗粒石英 ($> 1\text{mm}$) 的面网衍射造成的,该类岩组图也表明石英在岩石中无优势取向、无定向组构存在。

事实上,上述两类岩组图的性质是一样的,只是石英颗粒大小不同,随机分布的点极密幅度不同。

(3) 大圆环带型 该类极图上表现为高值衍射强度 (等值线) 组成的条带,即一连串极值不等的点极密相连组成环带并沿大圆弧分布。这类岩组图反映了岩石中石英存在定向组构 (图 1i j k l m)

(4) 环带叠加型 两个或两个以上大圆环带叠加在一起称为环带叠加型,这类岩组图反映岩石中石英存在 2 个或 2 个以上的优势方位 (图 1n o)

(5) 小圆环带型 极图上出现小圆环带,这往往是所测面网法线与石英光轴呈锐角情况下的极图,如石英 ($10\bar{1}1$) 极图 (图 1p)

4 由 x 光极图转化为石英光轴概略图

x 光岩组测试得到的是石英某面网的极图,最常见的是 ($10\bar{1}0$) 极图和 ($11\bar{2}0$) 极图,按一定的规则可以转换为石英光轴概略图。

4.1 单晶石英 ($10\bar{1}0$) 极图特征及其与石英光轴的关系

石英在结晶学上属于 3 方晶系,6 方柱晶体,柱面面网为 ($10\bar{1}0$) 和 ($11\bar{2}0$), 2 个相邻柱面面网间的夹角 (如 ($10\bar{1}0$) \wedge ($01\bar{1}0$) 或 ($11\bar{2}0$) \wedge ($\bar{1}2\bar{1}0$)) 为 60° , 柱面面网法线与光轴 C 呈 90° 夹角,因此,理想的单晶石英 x 光柱面面网极图是 3 个位于同一大圆弧上且相距 60° 的点极密 (图 2A), 该圆弧之法线为该石英晶体光轴 (C) 的投影点。

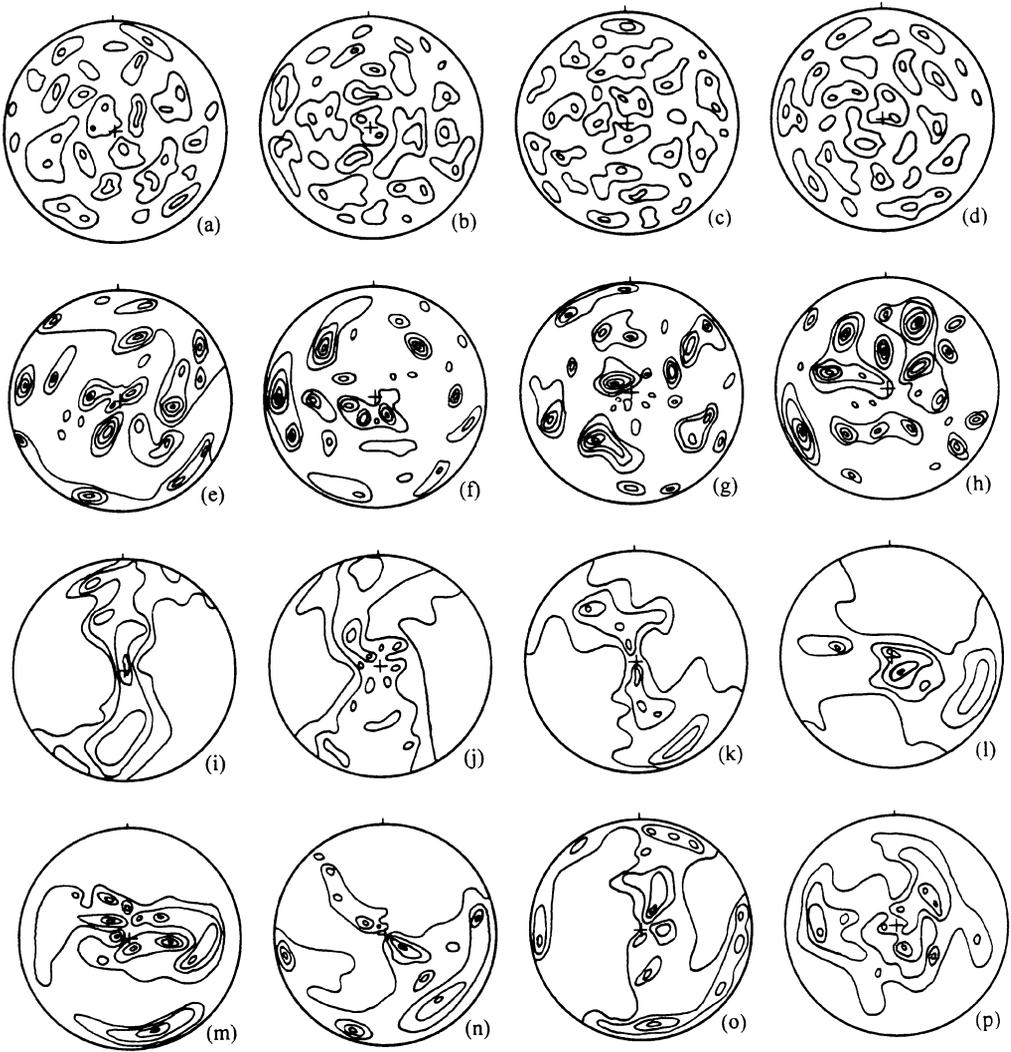


图 1 各种不同类型的石英 x 光极图

Fig. 1 Types of quartz x-ray polar digrams

a- d 为无极密型: a 千枚状变质粉砂岩 (江西大背坞); b 碎粒岩 (安徽大矾山); c 安山玢岩 (福建紫金山); d 浅变质细砂岩 (湖南枞树板); e- h 为大颗粒型: e 硅化石英脉铅锌矿石 (湖南枞树板); f 蚀变细粒花岗岩 (福建紫金山); g 蚀变花岗岩 (山东金翅岭); h 糜棱片麻岩 (安徽大矾山); i- m 为典型环带型: i 长英质糜棱岩 (福建泰宁); j 石英质糜棱岩 (北京崎峰茶); k 花岗质糜棱岩 (安徽界岭); l 千糜岩 (安徽大矾山); m 对壁生长的梳状石英脉 (江西虎家尖); n- o 为复合环带型: n 糜棱岩, NE 向平缓环带与 NW 向直立环带叠加 (安徽界岭); o 蚀变矿化糜棱岩, SN 向直立环带与近水平环带叠加 (湖南枞树板); p 为小圆环带型, 石英质糜棱岩 (北京崎峰茶, 石英 $(10\bar{1}1)$ 极图) (其中 i, j, p 为 ac 切片, 其它均为水平切片, 除 p 外均为石英 $(10\bar{1}0)$ 或 $(11\bar{2}0)$ 极图, 上半球投影, 等密线 1- 1.25- 1.5- 2.0- 2.5- 3%)

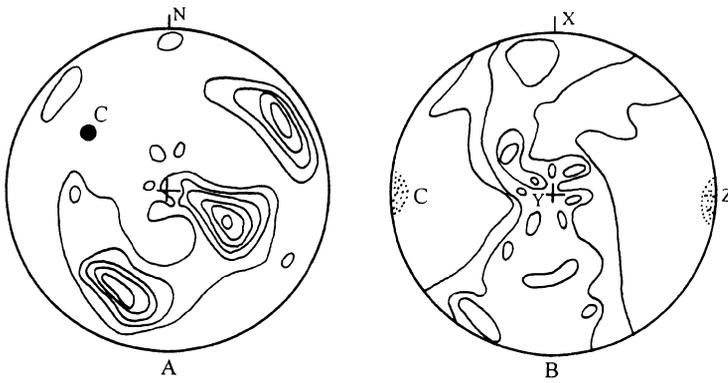


图 2 石英 ($10\bar{1}0$)极图及其光轴概略解释图

Fig. 2 Quartz ($10\bar{1}0$) polar digrams and its out-line interpretation of the optic axis

A. 单晶石英 (北京崎峰茶, 水平切片); B. 石英质糜棱岩 (北京崎峰茶, XZ切片)

(等密线 1- 1.25- 1.5- 2.0- 2.5- 3.0%)

4.2 统计性极图中石英光轴的确定

一个晶体的极图为 3 个点极密,如果在相同方向上有许多小晶体,其柱面网极图就是由许许多多小点极密组成的圆环带。该圆环带的法线就是岩石中石英晶体光轴的优势概率分布点(等同于费氏台石英光轴岩组图中的点极密)(图 2B)。

对于其它矿物,按矿物的结晶学特征,均可以进行由面网极图向光轴概略图的转换。

5 不同类型岩石中石英组构特征

各类岩石中石英组构的表现形式是复杂多样的,有结晶组构、矿物生长组构、变质组构和变形组构等,其中变形组构是构造地质研究的重要内容之一。对于各种发生构造变形的岩石不一定都有石英定向组构,而只有当岩石发生强烈韧性变形时,才表现出石英的定向组构,这是由石英的物理性质和变形所需的物化条件所决定的。

(1) 各类岩浆结晶岩石和细碎屑岩中,石英均无定向组构,在 x 光极图上为均匀无极密(图 1c);

(2) 热液交代蚀变作用不引起岩石中石英的定向组构(图 1e f g);

(3) 脆性变形或脆性破碎不引起岩石中石英发生定向,无论是强烈破碎的碎粒岩、超碎粒岩,还是破碎稍弱的角砾岩和碎斑岩,一般全无明显的石英定向组构(图 1b);

(4) 浅层次的变形变质作用(相当于绢云母相动力变质作用)可以使岩石中绢云母发生明显的定向排列,岩石也出现千枚状构造,但是岩石中的石英颗粒不产生明显定向(图 1a b);

(5) 高温角闪岩相及其以上变质结晶作用形成的片麻岩,其中石英虽然存在形态上的定向,但石英光轴只有较弱的定向组构或者没有定向组构,也往往表现为无极密的大颗粒型极图(图 1h);

(6) 典型韧性变形形成的长英质糜棱岩和石英质糜棱岩等,往往出现非常突出的石英定向组构,极图上表现为环带清楚、完整(图 1i j k l n o);

(7) 热液充填对壁生长的石英脉中的石英具有很好的组构,系石英生长组构(图 1m)。

6 石英矿物变形特点与组构的关系

石英的变形可以有多种多样表现,从机械破碎、碎裂、角砾,到韧性变形的波状消光、变形纹、变形带、亚颗粒、晶格位错,直至韧性变形的动态重结晶。只有石英发生强烈的韧性变形,特别是当大规模动态重结晶出现以后,才会出现明显的组构。不同变形状态的石英组构特征如下:

(1)当岩石中石英呈粒状、柱状完整晶体出现,或细碎屑岩中石英呈砂粒出现时,石英颗粒无波状消光等变形现象,在石英组构图上为无极密。

(2)当岩石中的石英呈各种碎裂状或碎斑状等脆性破碎时,则无定向组构。

(3)当岩石中的石英出现各种波状消光和变形纹,但整体颗粒和形态未发生变化,也无动态重结晶时,则岩组图中无石英光轴的定向组构。

(4)岩石中的石英具有强烈的波状消光,变形纹和变形带发育,亚颗粒结构明显,并且岩石整体出现明显的片状或似片麻状构造,岩石中石英的形态呈眼球状或小透镜状,定向排列,有微弱的动态重结晶时,则在岩组图上可以出现明显的定向组构。这时往往是石英光轴的Z型组构,即石英光轴点极密垂直构造变形压扁面(XY面),平行应变椭球Z轴。这种组构反映变形过程中石英变形机制是底面或近底面滑移。代表中低温条件下的韧性变形。

(5)当岩石中的石英出现强烈的韧性变形,呈不规则的动态重结晶小颗粒或云雾状小颗粒,沿糜棱岩C面理定向分布时,则在岩组图上可出现极为明显的定向组构,且这种组构往往是S型的,即石英光轴点极密接近或平行于S面理,也平行于a线理或b轴。这种组构类型反映石英以柱面滑移为主的变形机制发生变形,代表中高温条件下的韧性变形。

(6)当岩石中的石英呈板状晶体、颗粒较大,岩石具有明显的条带状构造,但石英晶体内部变形较弱,或仅有弱的波状消光,没有动态重结晶等,则岩石中石英无定向组构。这种岩石属于糜棱岩形成后又经历高温条件下恢复结晶作用(进变质)形成的变晶糜棱岩。

7 x光岩组与其它方法的综合应用

x光岩组分析是构造地质、显微构造研究的一种有效方法。一方面是x光岩组方法有它自身的特点;另一方面是地质学自身的特点决定了任何应用地质研究的新手段、新方法都必须在宏观地质研究的基础之上合理使用,才能获得理想的结果。因此,x光岩组方法除了要与宏观构造相结合外,还必须与显微镜下各种微观构造分析和观察研究相结合,以便使x光岩组图得到更合理的解释。

x光岩组客观性好,但不能分出变形期次,这时配合费氏台岩组测量可以区分不同变形特征的石英所引起的不同组构。如在安徽界岭金矿,石英(10 $\bar{1}0$)极图上有2个圆环带,通过费氏台对糜棱岩中眼球状残斑石英和细小动态重结晶石英分别测量其光轴,结果表明,与S面理近垂直的石英光轴点极密(对应于极图上平行S面的大圆环带)是由眼球状残斑石英引起的;而与S面近平行的石英光轴点极密(对应于极图上垂直S面理的大圆环带)是由动态重结晶石英引起的。因此,x光岩组方法与费氏台岩组互相配合,可起到取长补短的作用。

x光岩组目前能测试的矿物有石英、方解石、白云石、菱铁矿、赤铁矿、绿泥石和绢云母等。由于各种矿物的晶体结构及物理性质的不同,在相同变形条件下所表现的变形性状是不同的,

或者说要达到相似的变形性状,各种矿物所需的物化条件是不同的。绢云母在比较低的温压(相当于地壳 5-8km 深度)条件下就表现出韧性变形;绿泥石需在相当于 6-10km 深度条件下表现出韧性;而石英在大于 10-15km 的深度条件下才发生韧性变形;长石出现韧性变形的深度则要大于 20-25km

图 3 是江西大背坞金矿千枚状变质粉砂岩(千糜岩)的石英和绢云母 x 光岩组图,图中石英无定向组构,而绢云母组构明显,这表明变形所处的温压条件相当于地壳 5-8km 深度,而且在变形过程中,石英粉砂以粒间滑动为主,无粒内变形效应,绢云母承担了大部分变形量,定向排列明显

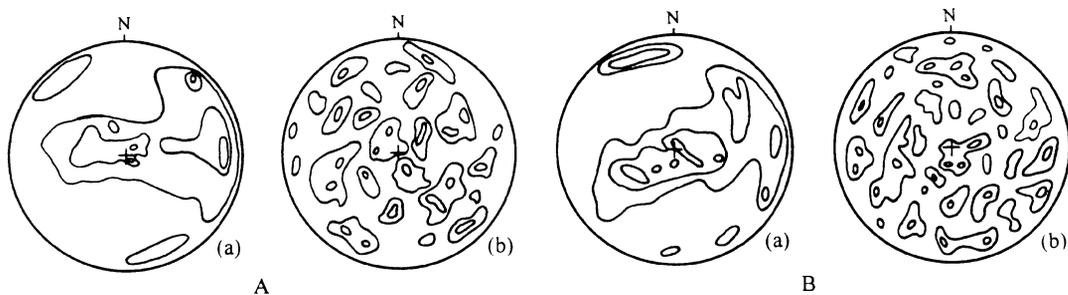


图 3 千枚状变质粉砂岩 x 光岩组图

Fig. 3 Quartz($10\bar{1}0$) and sericite (110) polar digrams of phyllonitic metamorphic siltstone

A. F49-2 B. PD8-5; a 绢云图 (110)极图; b 石英 ($10\bar{1}0$)极图
(水平切片,等密线 1-1.25-1.5-2%)

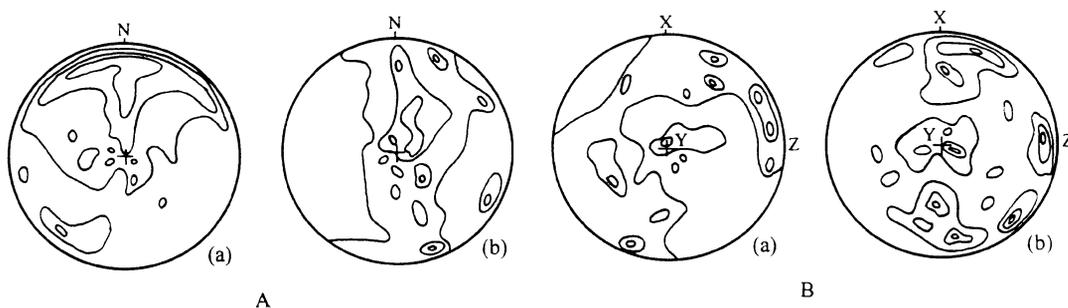


图 4 韧脆性糜棱岩石英、绿泥石、绢云母岩组图

Fig. 4 Quartz ($10\bar{1}0$), chlonite (004) and sericite (110) polar digrams of mylonite

A. Q₁₁₄,水平切片; B. Q₁₀₈,XZ切片; a 石英 ($10\bar{1}0$)极图; A(b).绢云母 (110)极图; B(b).绿泥石 (004)极图
(等密线 1-1.25-1.5-2.0%)

图 4 是北京怀柔崎峰茶地区变形岩石的石英—绿泥石岩组图和石英—绢云母岩组图。从图中可以看出,石英仅有弱的定向组构,绿泥石有较强的定向组构,而绢云母则有非常好的定向组构。这表明,相同的变形对绢云母影响最大,绿泥石次之,石英较差。这种变形的温压条件相当于地壳 8.0-10.0km 深度。

所以,运用不同矿物的 x 光岩组对比分析,可以探讨岩石变形的物化条件和变形机制

总之, x 光岩组分析方法必须结合宏、微观地质实际, 有目的的应用, 才能取得好的效果, 才有可能给构造地质和显微构造研究提供矿物变形组构方面的证据, 仅依据 x 光岩组来推断构造变形特征的做法是不可取的。

文中 x 光岩组测试是由地质力学研究所 x 光实验室完成的。文中引用的福建紫金山、江西虎家尖和山东金翅岭矿区的 x 光极图, 分别引自朱永余、刘迅、周显强的科研报告或专著, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- 1 姜光喜等, x 光岩组分析方法。地质力学论丛(6), 北京: 地质出版社, 1982
- 2 郑伯让等, 构造岩岩组学。武汉: 中国地质大学出版社, 1989
- 3 董法先、陈柏林等, 安徽界岭金矿及其外围成矿控矿构造与找矿方向。北京: 地质出版社, 1993
- 4 董法先等, 安徽五河荣渡——大巩山地区金矿控矿构造与找矿方向。北京: 地质出版社, 1995

BRIEF NOTE ON THE APPLICATION OF X-RAY DETERMINATION OF PETROFABRICS TO STRUCTURAL ANALYSIS

Chen Bailin Liu Zhaoxia
(*Institute of Geomechanics, CAGS*)

Abstract In this paper, the authors first describe the characteristics of x -ray determination of petrofabrics and selection of the samples, and proceed to discuss the relation of quartz fabric to the deformation of rocks and of the quartz grains themselves. After demonstrating how to transform quartz(10 $\bar{1}0$) polar digrams to the sketch of quartz optic axis, an example is taken to illustrate that a combination of x -ray determination with other microstructural analysis or fabric study will yield more information for the research of geological structures.

Key words structure research, application of X-ray determination

第 一 作 者 简 介

陈柏林, 男, 1962年生, 1986年毕业于中国地质科学院研究生部, 硕士, 副研究员。从事矿田构造、区域构造和显微构造等研究工作。通讯地址: 北京市海淀区民族学院南路 11号地质力学研究所。邮政编码: 100081