

费氏旋转台上测定石英光轴 空间方位的消光位法

金玉书 徐海江

(华东地质学院, 抚州)

主题词: 费德洛夫法; 消光位法; 石英光轴

提 要: 作者依据同一石英光轴的先后二次不同平面上的消光位, 所造成的二平面相交, 其交线必是光轴的原理, 提出了用消光位法来测定石英光轴的空间方位。本方法只需测出每个石英颗粒在不同平面上的两个消光位及一个 I 轴的旋转角, 便可作光轴投影图, 从而求出石英光轴的空间方位。

在显微构造分析中, 人们常以测定石英的光轴方位来进行岩石组构研究。测定方法多采用经典的经纬仪法。该法自1889年, E. C. 费德洛夫提出, 到1893年, 他发表了“矿物学和岩石学中经纬仪法”。与此同时, 贝克尔 (G. F. Becker) 拟定和发表了显微构造分析的基本概念。后来的发展和改进, 都是建立在贝克尔和费德洛夫的基础上。在改进旋转台, 简化操作上, 艾孟斯和查瓦里茨基是有贡献的; 在岩组分析中, 桑德尔 (B. Sander) 和施密特 (W. Schmidt) 方法是利用贝克尔和费德洛夫的主要观念制定的。在我国, 何作霖教授于1933年首先将费德洛夫法技术介绍到地质界, 并首先应用于岩组的研究^{[1][2]}。但由于测定石英晶粒的数量较多, 一般在一个定向薄片, 常需测定150—300个颗粒的光轴方位, 采用该法操作较繁琐, 每测定一个岩矿薄片的石英光轴空间方位, 都要耗去较长的时间。因此, 广大岩组工作者都不同程度地感到其测定方法的繁琐、费时, 先后出现过几种改进的测定方法^{[3][4][5]}。为简化一轴晶矿物——石英光轴空间方位的测定方法, 王汉卿还推荐了他的简便测定法^[6]。为改进操作步骤, 提高工作效率, 以适应岩组测量的要求, 在继承前人方法的基础上, 我们提出了利用消光位测定石英光轴空间方位的方法。

一、石英光轴消光位法的测定步骤

1. 装上薄片, 使旋转台各轴处于0°位置 (本文中n环的0°位是置于正东);
2. 插入石膏试板, 根据干涉色的升降判断石英光轴在薄片中的大致投影方位^[6];
3. 顺或逆时针方向转内立轴 (N), 即转n环, 使石英光轴位于东西直立面内, 即使石英处于第 I 次消光位;
4. 顺或逆时针方向转外东西轴 (i) 一定的角度, 破坏石英消光, 并随旋转观察干涉色的升降, 确定石英光轴向东或向西倾斜;
5. 根据石英光轴东倾或西倾, 确定顺或逆时针方向转显微镜物台 (以下简称 M 环), 使

石英光轴再次处于东西直立面内，
达第Ⅱ次消光位；

6. 记录 n 、 i 和 M 的读数，以备
作投影图。

本法具体操作过程如下：在装
上薄片后，首先，使费氏旋转台各
轴处于 0° 位置，将需测定的石英晶
粒移至视域中心。然后，插入石膏
试板，若干涉色升高呈二级蓝或蓝
绿色，说明石英光轴在 I、Ⅲ象限
内（图 1, a），可顺时针方向转内
立轴（N）至消光位，即使干涉色
变为一级紫红色，这时石英光轴必
定在东西直立面内；若干涉色降低呈
一级黄或橙黄色，说明石英光轴在
Ⅱ、Ⅳ象限内（图 1, b），可逆时
针方向转内立轴（N）至消光位，

即使干涉色变为一级紫红色，这时
石英光轴必在东西直立面内；若干
涉色原已呈一级紫红色，说明石英
已处于消光位，这就需要先转 N 轴
破坏石英的消光后，再按照上述方
法操作，仍使光轴处于东西直立面
内。若转 N 轴消光不被破坏，则
光轴原已直立。

当石英光轴处于东西直立面时，即处于第Ⅰ次消光位，顺或逆时针方向转外东西轴（ i ）

α 角度（一般 $20^\circ - 30^\circ$ ）破坏石英
的消光，并随转动观察其干涉色的
变化，确定石英光轴东倾或西倾。
顺时针转外东西轴（ i ），石英干
涉色升高为二级蓝、绿色，光轴西
倾；若降低为一级橙、黄色，光轴
东倾。逆时针转外东西轴（ i ），判
断光轴东倾或西倾正好相反，干
涉色升高，光轴东倾。干涉色降低，
光轴西倾。这是因为顺时针转外东
西轴，石英光轴的移动情况是：当
光轴（OB）东倾时，其 OB 的投影
OB'，则逐渐移入Ⅱ、Ⅳ象限达 OB''

（图 2, a），而接近与石膏试板的
Np 边平行，干涉色降低为一级橙、
黄色；当光轴（OB）西倾时，其
投影 OB' 将逐渐移入 I、Ⅲ象限达
OB''（图 2, b），而接近与石膏试
板的 Ng 边平行，干涉色升高为二
级

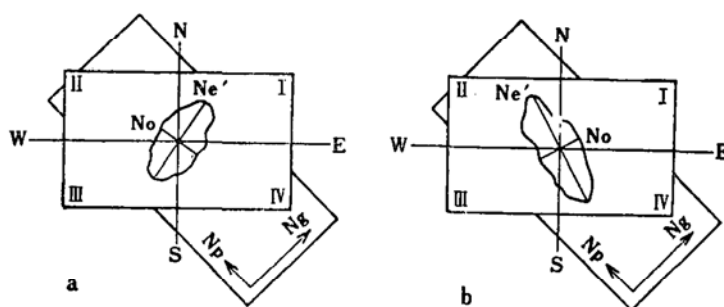


图 1 插入石膏试板，根据干涉色的升降判断石英光轴在薄片内大致的投影方位

Fig. 1 Insert gypsum plate to discriminate the approximate projection direction of the optic axis of quartz in thin section according to a rise or drop in interference colour

a. 干涉色升高时的情况 b. 干涉色降低时的情况

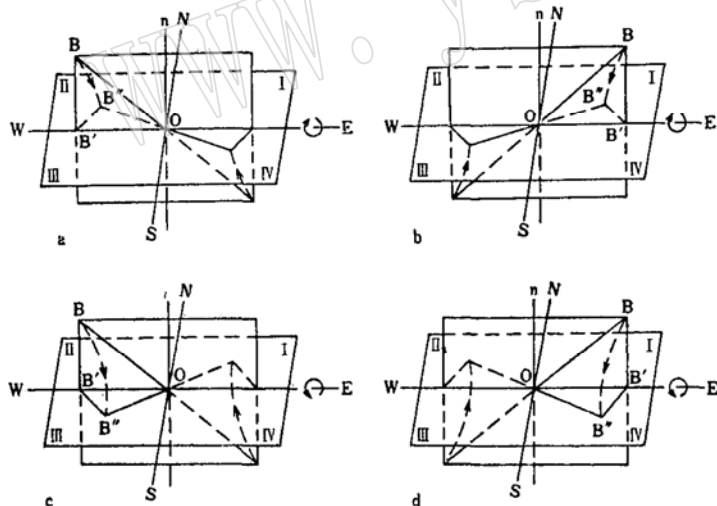


图 2* 当光轴处于东西直立面内，顺或逆时针转外东西轴，石英光轴（OB）的位移情况

Fig. 2 Displacement of the optic axis of quartz, (OB), when the optic axis is in vertical east-west plane and rotated about outer east-west axis clockwise or anticlockwise

1. 顺时针转外东西轴时
2. 逆时针转外东西轴时
- a. 光轴东倾的位移情况
- c. 光轴东倾的位移情况
- b. 光轴西倾的位移情况
- d. 光轴西倾的位移情况

* 本图内 N 表示北方，n 表示旋转台的内立轴。

蓝、绿色。若逆时针转外东西轴，石英光轴的移动情况正好相反（图2，c、d）^[6]。在实际操作过程中，将I轴固定在一个方向转动，对石英光轴的测定工作是有利的。

知道光轴东倾或西倾后，转M环使石英颗粒达第Ⅱ次消光位。M环的旋转规律是：若顺时针转外东西轴（i），光轴东倾，则逆时针转M环使石英颗粒消光；光轴西倾，则顺时针转M环使之消光。若逆时针转外东西轴（i），转M环的规律也正好相反。总之，要求石英颗粒第Ⅱ次处于消光位时，其光轴亦应在东西直立平面内。最后，分别记下n、i、M的读数，以备作投影图。

二、投影作图

本测定法投图时，使用消光位法投影网。它是以吴氏网为基础经改制而成，即是吴氏网加放射线的一种投影网（图3）。

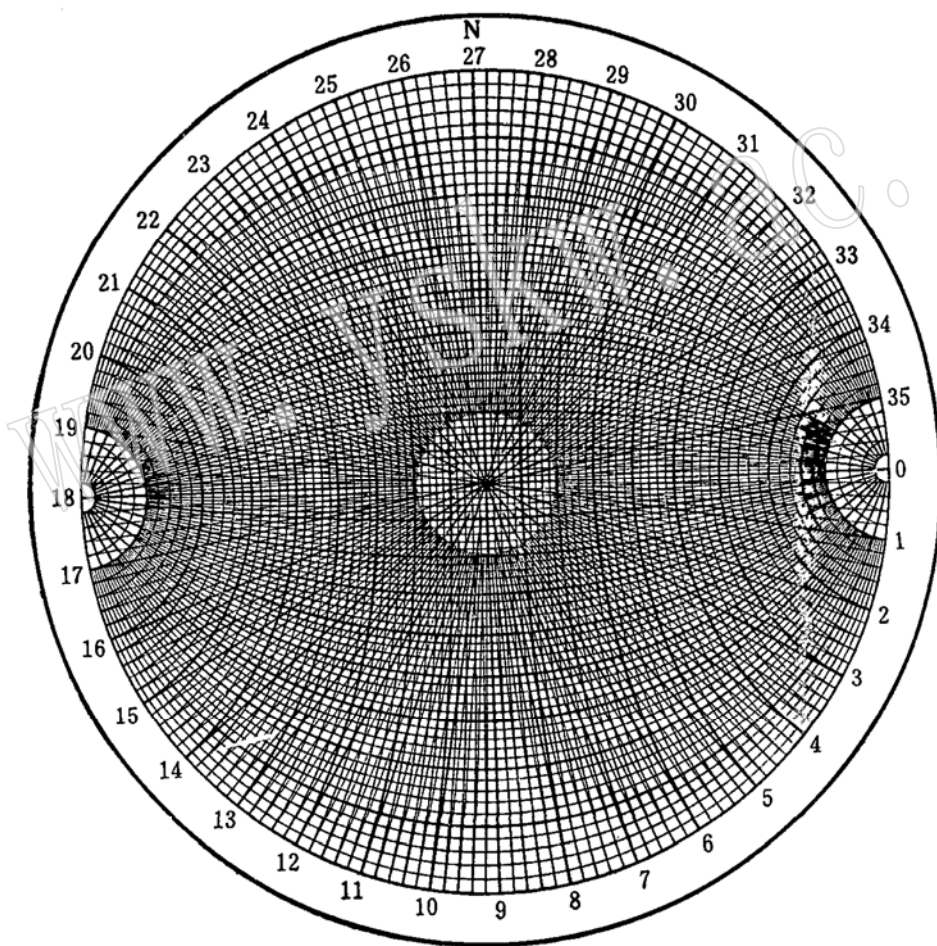


图3 消光位法投影网

Fig.3 Projection net for the extinction direction method

本法投影作图步骤：（1）在透明纸上用箭头标示 0° 位，并旋转透明纸使箭头对准n环读数，得第Ⅰ次消光位（实为投影网东西方向所描透明纸上的方位，在图上用I表示）；（2）从网心向南或向北数i轴读数，得一大圆弧；（3）以I为M环 0° 位，顺或逆时针数至M环读数（注意：一般显微镜物台与n环刻度相反），得第Ⅱ次消光位（图上用Ⅱ表示）及它与大圆

弧的交点；(4) 该交点所在的小圆与第Ⅰ次消光位(Ⅰ)的交点，就是石英光轴的投影点。

举例如下，例：

投影作图如图4。现以图4， a_1 、 a_2 、 a_3 作具体解释：

首先，在透明纸上用箭头标示 0° 位，旋转透明纸，使箭头按 n 环顺时针转至 30° 处，找到石英颗粒第Ⅰ次消光位(Ⅰ)的东西直立面，它是光轴在薄片内的倾伏方向。并顺时针转 i 轴 20° ，即 $i = 20^\circ N$ ，这时包含光轴的东西直立面的投影则是由网心向南数 20° 的大圆弧(见图4， a_1)。再逆时针转 M 环达 340° 的第Ⅱ次消光位(Ⅱ)，这时 n 环也随着旋转同样的角度，图中 AA' 是投影网中的放射线，它与大圆弧的交点为 B'' (此交点在投影图中是不要投点的)，沿 B'' 所在的小圆移至与第Ⅰ次消光位(Ⅰ)的东西直立面的投影大圆弧上得 B' ，此点即所求的石英光轴投影， B' 所在小圆的角度为光轴的倾伏角($46^\circ 40'$) (见图4， a_2)。将透明纸回复原位(图4， a_3)，便知该光轴的倾伏向为NE 60° 。

n	i°	M	光轴倾斜
30°	$20^\circ \downarrow$	340°	东 倾
340°	$20^\circ \downarrow$	10°	西 倾

• 若 i 轴固定一个方向、一定角度转动，表示旋转方向的箭头(符号“ \downarrow ”表顺时针，“ \uparrow ”表逆时针)和转动的角度，均可省略不作记录，只在作投影图时，找到该大圆弧即可。

本测定法均采用下半球投影。根据不同的测定过程，石英光轴空间方位投点的可能情况如图5所列：

1. 顺时针转 n 环使石英光轴处于东西直立平面内，达第Ⅰ次消光位(Ⅰ)：

(1) 顺时针转外东西轴 α 角($20^\circ - 30^\circ$)破坏石英消光：a. 光轴东倾，逆时针转 M 环达第Ⅱ次消光位(Ⅱ)的投影图(图5，a)；b. 光轴西倾，顺时针转 M 环达第Ⅱ次消光位(Ⅱ)的投影图(图5，b)；

(2) 逆时针转外东西轴 α 角($20^\circ - 30^\circ$)破坏石英消光：c. 光轴东倾，顺时针转 M 环达第Ⅱ次消光位(Ⅱ)的投影图(图5，c)；d. 光轴西倾，逆时针转 M 环达第Ⅱ次消光位(Ⅱ)的投影图(图5，d)。

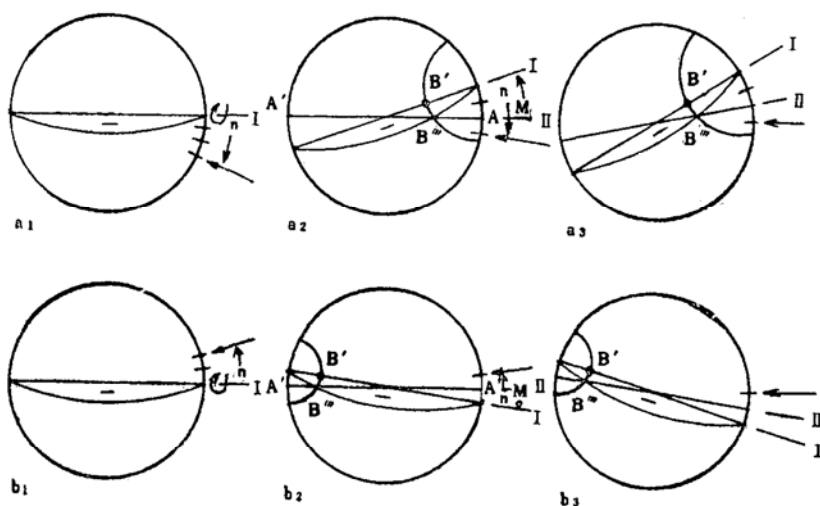


图4 石英光轴的投影

Fig. 4 Stereographic projection of the optic axis of quartz

a_1 , b_1 : 旋转 n 环达第Ⅰ次消光位及它的包含光轴的直立面倾斜距极射点 α 角的赤平投影

a_2 , b_2 : 旋转 M 环达第Ⅱ次消光位的直立面投影

a_3 , b_3 : 回复原位后，光轴的投影位置

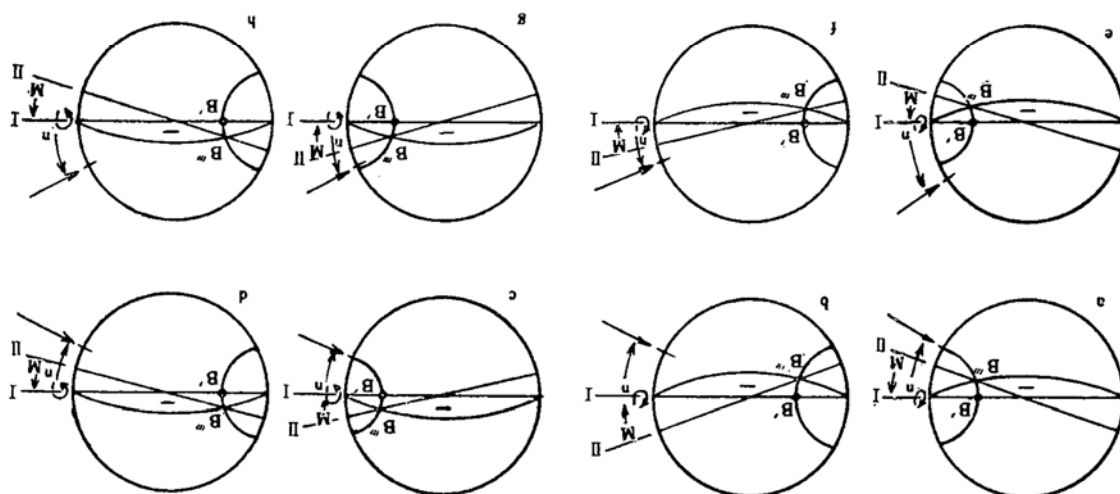


图5 石英光轴空间方位投影的可能情况

Fig. 5 Possible projections of dimensional orientation for the optic axis of quartz

(II) 的投影图 (图5, d);

2. 逆时针转 n 环使石英光轴处于东西直立平面内, 达第 I 次消光位 (I);

(1) 顺时针转外东西轴 α 角 ($20^\circ-30^\circ$) 破坏石英消光: e. 光轴东倾, 逆时针转 M 环达第 II 次消光位 (II) 的投影图 (图5, e); f. 光轴西倾, 顺时针转 M 环达第 II 次消光位 (II) 的投影图 (图5, f);

(2) 逆时针转外东西轴 α 角 ($20^\circ-30^\circ$) 破坏石英消光: g. 光轴东倾, 顺时针转 M 环达第 II 次消光位 (II) 的投影图 (图5, g); h. 光轴西倾, 逆时针转 M 环达第 II 次消光位 (II) 的投影图 (图5, h)。

如遇在薄片处于零位时, 就处于消光位的石英颗粒, 应先旋转 n 环破坏石英的消光。若转 n 环消光不被破坏者, 则光轴原已直立。对于转 n 环消光被破坏的石英颗粒, 在消光破坏了的情况下, 再按其测定步骤进行, 只是对于光轴原与东西轴一致的颗粒, 在最后记录 n 环的读数时, 应记为 0° ; 对于光轴原与南北轴一致的, 记录 n 环读数时, 不是 90° , 就是 270° , 这依顺或逆时针旋转 n 环而定。

三、基本原理

按一般岩组测定方法, 是要在费氏旋转台上测得石英光轴的倾伏向和倾伏角之后, 才能作出光轴的赤平极射投影图 [1][2][3][4][5][6]。而本法只需测出同一个石英颗粒不同平面上的两个消光位及第 I 次消光位的一个包含光轴的直立面倾斜后与 N 轴的角距, 便可作投影图。

消光位法原理, 可遵照具体操作过程, 恢复成如图6的立体透视图来解释。当转 n 环使石英颗粒第 I 次处于消光位时, 要求光轴在东西直立平面内。这时, n 环水平, 垂直于 n 环是包含光轴 (OB) 和直立轴 (N) 的东西直立面 PCBC' 面。假设 B 点为光轴在投影球面上的出露点, P 点为极射点, PB 是自 P 点引出的极射线, 它与赤平面的交点 B', 就是光轴的赤平极射投影。问题是如何找到 B 点, 即光轴 (OB) 的倾伏角 (θ)。顺或逆时针旋转外东西轴 (i), 使 n 环平面向北或向南倾斜 α 角, 即包含光轴 (OB) 的 PCBC' 面随之改变 α 角, 变成了倾斜的 CB''C'O

表1 石英光轴倾伏角的作图与计算值比较表

Table 1 Comparison table of the projected and calculated values for the rake angle of the optic axis of quartz

n	i	M	光 轴 倾 斜	光轴在薄片内的倾伏角	
				作图值	计算值
20°	15° ↓	10°	西 倾	34°	34°13'
340°	20° ↓	10°	东 倾	27°30'	27°16'
30°	20° ↓	340°	东 倾	46°40'	46°48'

参 考 文 献

- 〔1〕 池际尚等, 1983, 费德洛夫法。地质出版社。
- 〔2〕 叶利塞耶夫, H.A., 1959, 构造岩石学, 下册。地质出版社, 方维明译。
- 〔3〕 菲尔班, H.W., 1981, 岩组学。地质出版社, 何作霖译。
- 〔4〕 叶大年等, 1981, 岩石实验室工作方法。地质出版社。
- 〔5〕 特纳, F.J.等, 1978, 变质构造岩的构造分析。地质出版社, 周金城等译校。
- 〔6〕 王汉卿, 1981, 应用费氏旋转台测定石英光轴之简便方法。地质力学文集, 第四集, 第150—154页, 地质出版社。

An Extinction Direction Method of Determining Dimensional Orientation of the Optic Axis of Quartz on the Universal Stage

Jin Yushu

Xu Haijiang

(East China Geological Institute, Fuzhou)

Key words: Fedorov method; extinction direction method; optic axis of quartz

Abstract

In the petrofabric study, generally only after the rake direction and rake angle of the optic axis of quartz in thin section of rock and mineral are determined on the universal stage, a stereographic projection diagram of the optic axis of quartz can be made. However, our method is put forward on the principle that the extinction directions of the same optic axis of quartz on a succession of two different planes result in the intersection of these planes, and the intersecting line must be the optic axis. This method, therefore, requires only determining two extinction directions and a rotation angle of I-axis of each quartz grain on different planes, a projection diagram of the optic axis can be made.

The projection is made on our designed projection net for the extinction direction method according to the readings of N-ring, I-axis and M-ring.

It has been proved from practice for several years that this determination method is an easy, ready and accurate one in the petrofabric work.