第45卷 第2期
1965年5月
地 质 学 报
ACTA GEOLOGICA SINICA
Vol. 45, No. 2
May., 1965

山西五台石英云母片岩中石英脉岩小褶皺的岩組分析

何作霖　郭金弟

一、标本的描述

前年在五台岭底北坡太古界綠色片岩系內采得石英脉岩小褶皺，长約10厘米，褶皺的横切面沿軸面长約4.5厘米，横約3.5厘米，如照片1a, b。石英脉岩厚約0.8厘米，褶曲后两翼几乎近于平行，两翼的厚度与頂部的厚度无大变化。褶皺頂部与两翼的外围是云母片岩，云母也成弯曲形状，貼附于褶皺的外围。褶皺的中部，卽軸面方向，云母則被挤压而沿劈理排列成片理，間或有云母被挤入石英脉岩的节理內。在褶皺的横切面上有很明显的裂縫，大致与褶皺的外部边緣成大角度的相交，并且靠近褶皺的边緣，裂縫分歧漸多，愈近軸部裂縫漸少，这显然是当石英脉岩发生弯曲时因外围张应力而形成张节理的現象。褶皺的中心部被挤压，致使云母平行于劈理，在尖端且发生輕微的分歧。褶皺的翼虽未見到它的連續部分，但由厚度的均一性可推測并未发生层理滑移的現象。由厚度的不变和张节理的分布以及云母的排列，可确定这个褶皺是一个小型的弯曲褶皺[4,1]，而非剪切褶皺。

二、薄片的鏡下观察

矿物成分相当簡单，有石英和极少量的奥长石，白云母則只在劈理上存在。粗粒石英粒度0.5—2.0毫米，破碎甚烈，具有波状消光。破碎与波状消光的結果，使原生晶粒彼此的区分很不容易，如照片2。粗粒石英未被完全粉碎者都有很多的石英細脉，縱横交錯，在褶皺不同的部位，石英細脉的交織方向亦微有不同，因此在正交偏光鏡下轉动薄片时才能观察細脉的踪迹。在粗粒石英裂縫中被搓碎后的細粒石英代替，也形成縱横交織的細脉分布，随着不同部位細脉的方向也变更。

細粒石英粒度为0.05—0.15毫米，光性均匀，无波状消光，都成粒状密集。細粒石英显然与粗粒石英的生成过程有差別，粗粒石英显然是原生石英，就是前构造結晶的，細粒石英因其填充粗粒石英中而成細脉必是次生的，也就是同构造結晶的。在显微鏡下粗粒石英与細粒石英不同时期生成的現象十分明显，这也是我們想試行岩組分析的初意，以观察它們組构上是否有所异同。

細粒石英是由于粗粒石英受強烈的压力而发生微分溶解，这一点点溶液向压力微弱的地区移动，压力变小，立时凝結。实际上溶液的状态不能观察，而压力微弱地带則漸有重結晶的物質充填，这种現象是符合利克原理(Riekes principle)的。石英細脉的分布又可証明是压力微弱的地带[4]，由它的縱横交織的分布与张节理的关系又可知它是X剪切

节理，下当詳述。

奥长石为量极少，粒度約在1毫米左右（照片3）。奥长石属中性奥长石，光性有正有負，双晶发育，并有卡斯巴与鈉长石双晶連合产出。双晶受压力影响发生弯曲和錯动，具波紋状消光，这也証明是前构造結晶的，与粗粒石英的生成是同期。

云母只在劈理部分存在，显然是围岩部分被挤入而成者，細小鱗片状无法作岩組的測驗，但在旋轉台下尙能观察其片理的方位，它的平均方位与切片約成82°的傾斜，也就是說切片与軸面劈理不十分垂直。

为比較切片上各部分的石英細脉方位，全片分为八个区进行測定，因为在一般的情况下褶皺中的軸部和翼部的矿物和节理的方位随着褶皺的弯曲而有所不同，因此按照这种关系而采取分区測量，其目的是便于分析和对比。石英細脉的測定位置是图1中的一区到八区，九区內无細脉，八个区內共測細脉122条，因是石英充塡，在薄片內只可能量度它的方向，而不能測量它的傾斜程度，图2可以看到每区的細脉都有两个主要的方向。前已說过細脉都是弯曲形状，所以玫瑰图不能絕对准确，只表示各区細脉的趋势。各区的玫瑰图的两个主要方向的平分綫大約与各区张节理一致，尤其在1、2、3、4、5各区比較明显，因此可以判断石英細脉是沿着X剪切节理由于利克原理产生微量溶液充塡結晶而成。

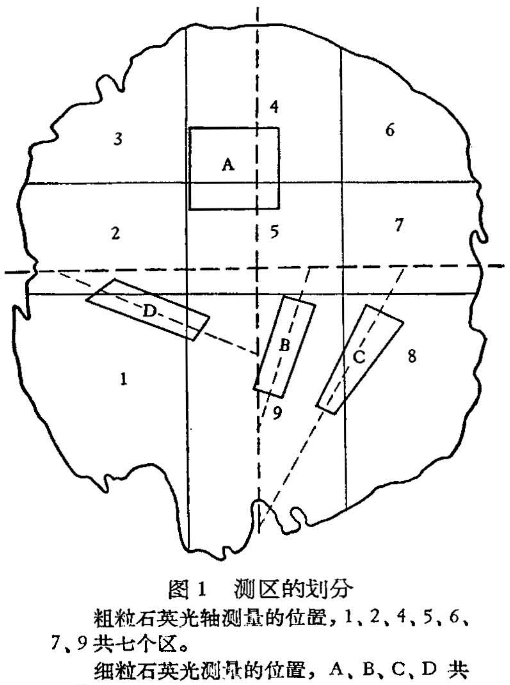


图1 测区的划分

粗粒石英光轴测量的位置，1、2、4、5、6、7、9共七个区。

细粒石英光测量的位置，A、B、C、D共四个区。

节理方位测量的位置是1区到8区。

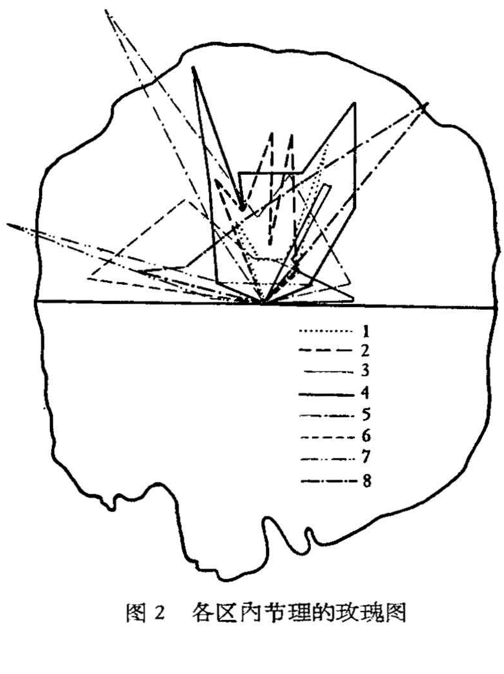


图2 各区內节理的玫瑰图

三、岩組分析

在薄片中看到的石英有原生和次生两种，因为生成时期不同，那它們在組构上也会有不同之处，为了准确地了解它們相互之間的組构关系，所以将这两期的石英分别量度。

粗粒石英　发生褶皺后殘余下的粗粒石英由于边緣的剧烈破碎和波紋状消光已使晶粒的分界混淆不清，不易研究它們各个晶粒的晶格扭轉变形的踪迹，只大約划分为 66 个小区，每区分别測驗它的波紋状消光的石英光軸，量出其光軸的傾斜角和方位角，共測 225 个光軸方位，繪成图 3。这些粗粒石英占切片的 1，2，4，5，6，7，9 的七个区內，以区

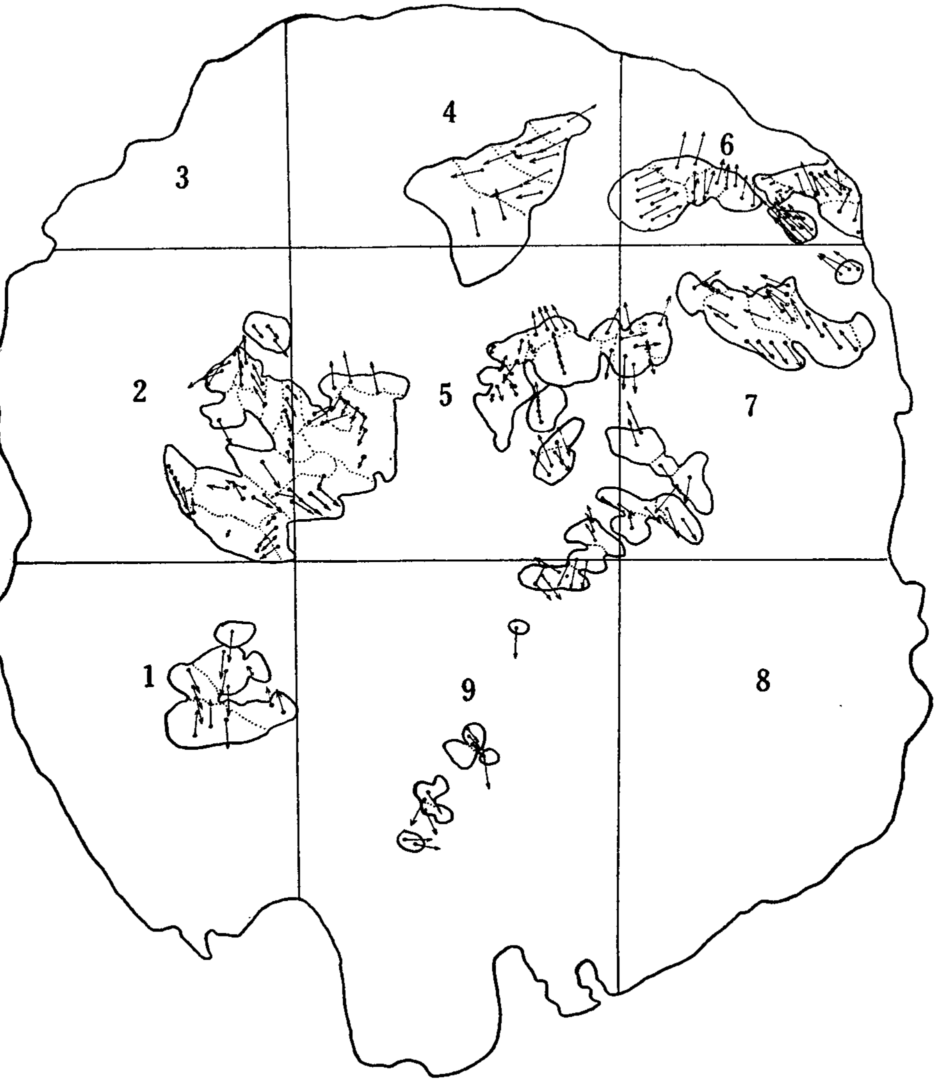


图 3　粗粒波纹状消光的石英在褶皺中的分布和光轴方位之间的关系

为标准，将粗粒石英光軸繪成岩組图，如图 4，5，6，7，8，9。这些岩組图的极密部都落在图的边緣部分。其中图 5、图 6、图 7 和图 8 四个岩組图的极密部都有两个，一个是一級极密部，另一个是次級极密部。以极密部都落在边緣的事实，說明石英光軸都是垂直于褶皺軸的 b 軸的現象。也就是粗粒石英的移动方向是平行于应力軸，图 4 和图 9 两图測驗的光軸太少，不作为解释的标准，可不討論。将图 4，5，6，7，8，9 六个分图作成总图如图

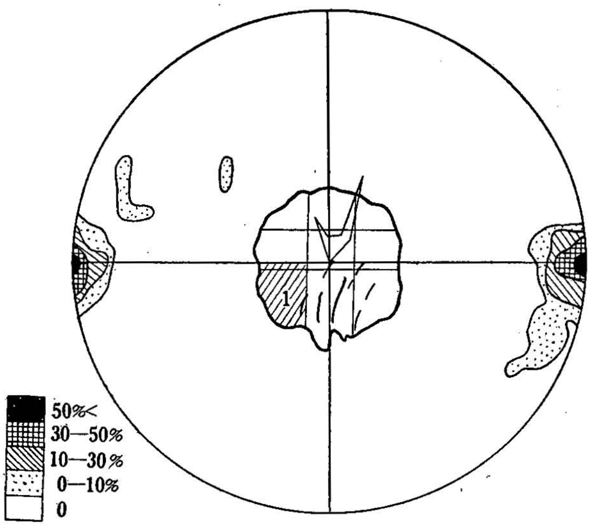


图 4 第一区内粗粒波纹状消光石英光轴极点岩组图
13 个石英光轴极点，施密特投影网下半球投影。

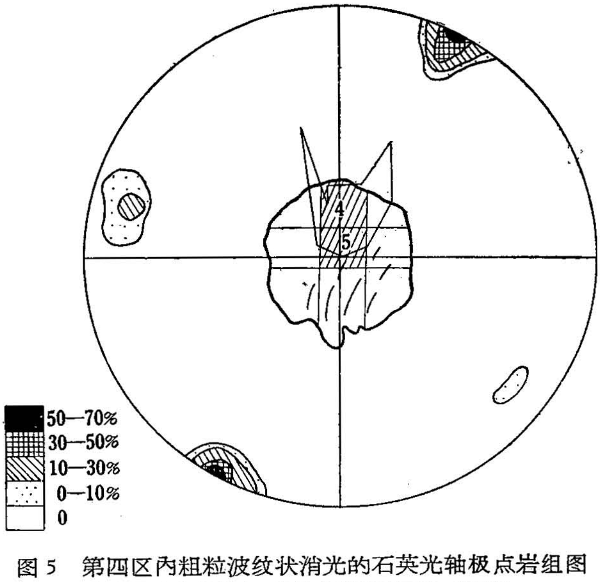


图 5 第四区内粗粒波纹状消光的石英光轴极点岩组图
37 个石英光轴极点，施密特投影网下半球投影。

10，共有 225 个光軸极点，都散布在基圆的边緣，隐約成一个环带，这似乎説明光軸是以 b 軸为环带軸而成者。这种結构是属 R-构造型，簡称 R 型[1]。R 构造岩組构是弯曲褶曲的結构特点[4]，根据标本的分析結果是相符的，但是分图又为何都有两个极密部，是值得探討的問題。

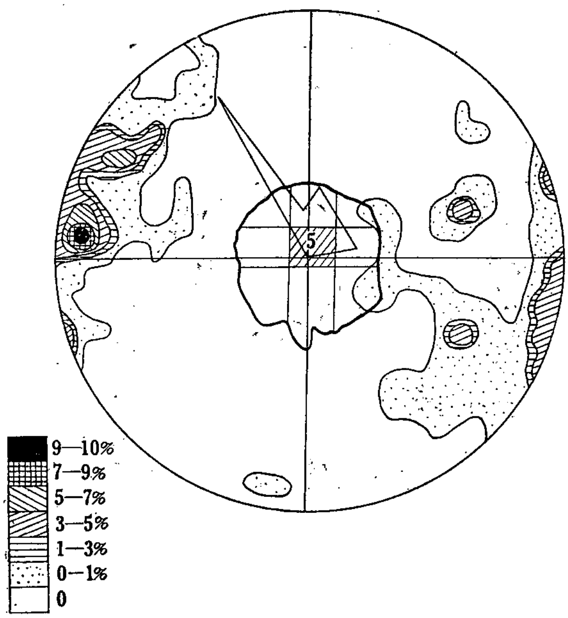


图 6　第五区內粗粒波纹状消光的石英光轴极点岩组图
60 个石英光轴极点。施密特投影网下半球投影。

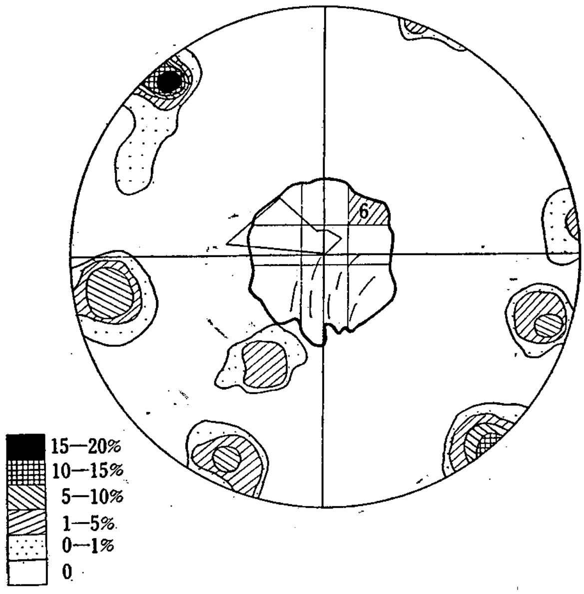


图 7　第六区內粗粒波纹消光的石英光轴极点岩组图
47 石英光轴极点，施密特投影网下半球投影。

細粒石英　細粒石英占褶皺的大部分，晶粒細小，用萊茲长焦物鏡（UM.4 × 30）尙能測驗。共分四个区域測驗，如图 1。A 区是褶皺的峯部，共測驗石英光軸 300 个，B 区是褶皺的核部，共測驗光軸 150 个，C 区是褶皺的右翼，測驗光軸 300 个，D 区是褶皺的左翼，測驗光軸 150 个。它們都是塡充于显微細脉之中，在正交偏光鏡下轉动才能观察它

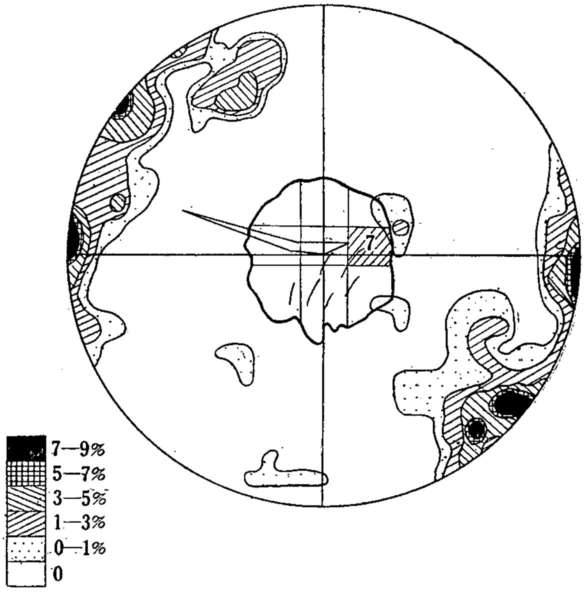


图 8 第七区內粗粒波纹状消光石英光轴极点的岩组图
48 个石英光轴极点，施密特投影网下半球投影。

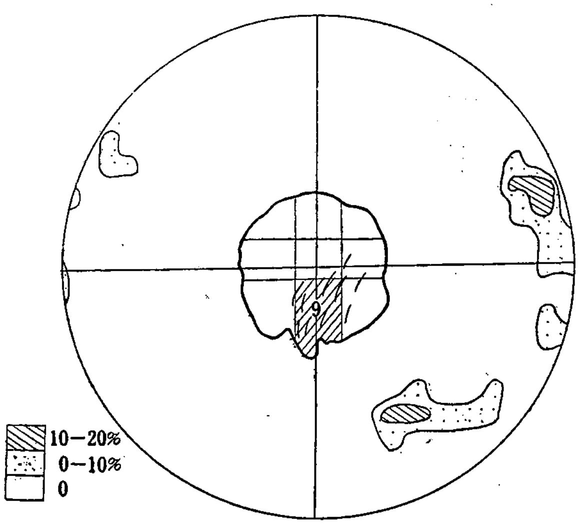


图 9 第九区內粗粒波纹状消光石英光轴极点的岩组图
10 个石英光轴极点，施密特投影网下半球投影。

的細脉踪迹。图 11，12，13，14 是光軸密集图，各有极密部两个，或一个主要极密部和一个次要极密部，这些极密部大致也都落在基圆的边緣上，也是以褶皺軸 b 为环带軸。

从粗粒石英与細粒石英的岩組图观察，它們有一个共同性質，大致都有两个极密部約与褶皺的 b 軸垂直，随着测驗的区域不同极密部的位置也略有变更。为解释这种組构的成因曾設想了几个疑問：一是粗粒石英与細粒石英，一个是前构造結晶，一个是同构造結

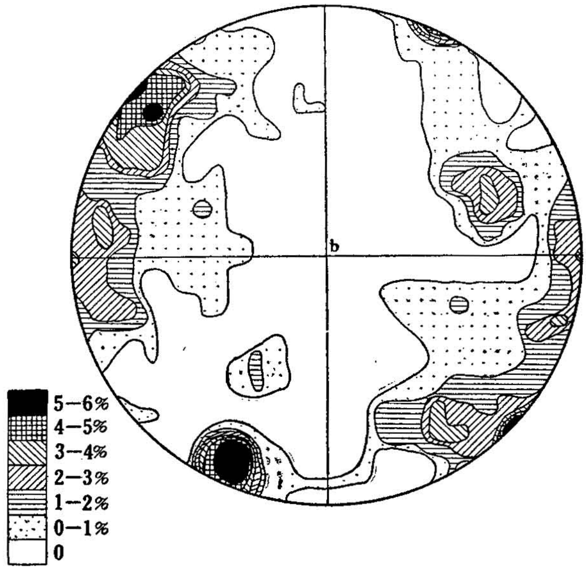


图 10　褶皺中波纹状消光石英光轴极点总合岩组图
225 个石英光轴极点，施密特投影网下半球投影。

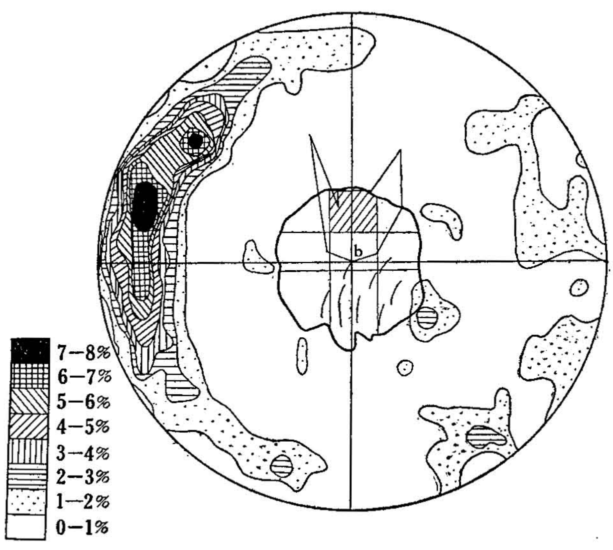


图 11　A 区中细粒石英光轴极点岩组图
300 个石英光轴极点，施密特投影网下半球投影。

晶，生成时期显然不同，为何表現在岩組图上则有共同性質；二是石英光軸集中于两点，一个可能是石英沿着两个 S 面排列，以柱面平行于 S 面，或以底面平行于 S 面，但在手标本上又无可見的 S 面作为标准；三是石英以某錐面平行于二极密部中間的一个 S 面，而在这錐面上又有一定的滑向才能使光軸集中于 S 面的两边，但是这种 S 面也是未找到，并且这样的滑移在石英內是不常見的。　因此引起我們継續追寻細脉的方向或可有解答的希望，

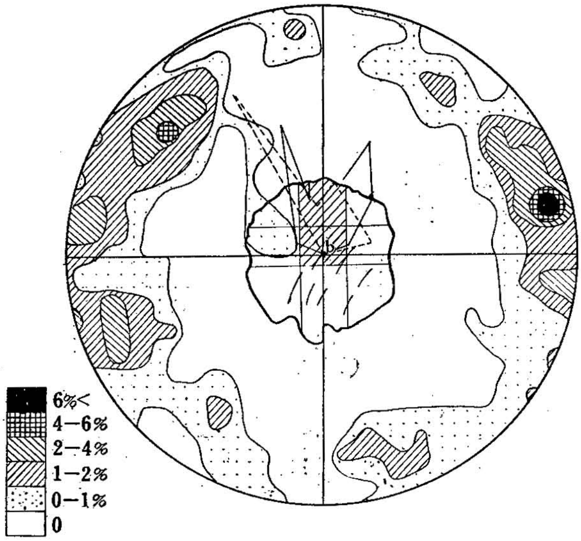


图 12 B 区中细粒石英光轴极点岩组图
150 个石英光轴极点，施密特投影网下半球投影。

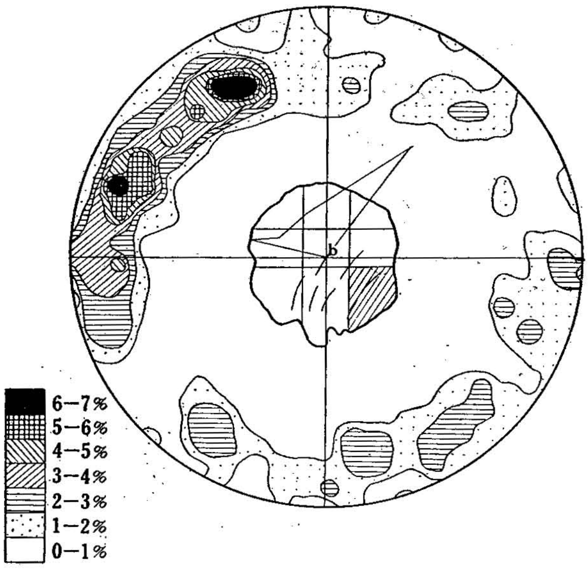


图 13 C 区中细粒石英光轴岩组图
300 个石英光轴极点，施密特投影网下半球投影。

这是我們測量細脉分布的开始，注意到褶皺內微小构造。細脉量了 122 条，繪成图 2，又将粗粒石英岩組图和細粒石英岩組图与这部位的細脉方位繪于各图的中央，于是看出一种特殊現象，即細粒石英岩組图的极密部与細脉的方向大致成垂直相交，細脉方向有一个是主要的，一个是次要的，而极密部的分布也是一个是一級的，一个是次級的。前已說过細脉微有弯曲，所得的方位只是示意，并不能絕对准确，况且測驗光軸的区域也并不与測

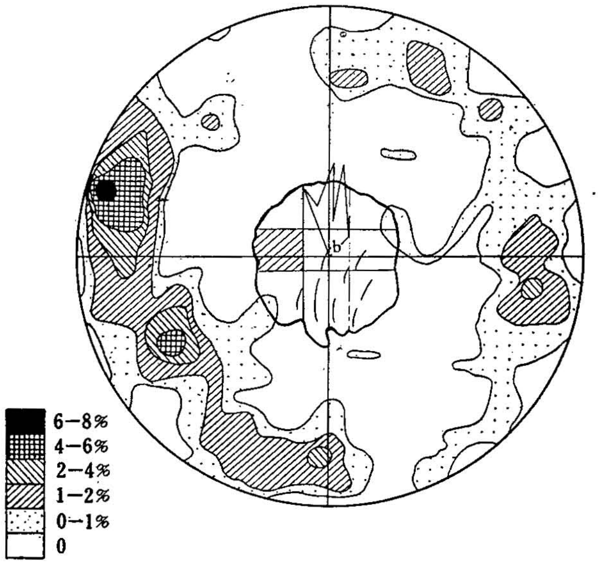


图 14　D 区中细粒石英光轴岩组图
150 个石英光轴极点，施密特投影网下半球投影。

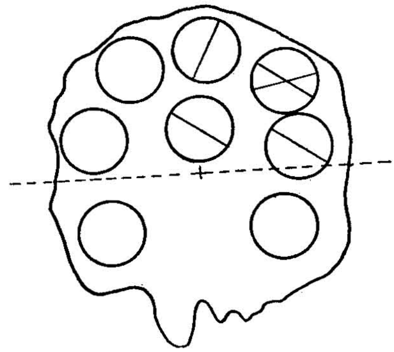


图 15　粗粒波纹状消光石英岩组图集密部方向线图

驗細脉的位置完全符合。因此可判定細粒石英是以 (0001) 平行于細脉的方向，这种組构形式就是 [0001] 垂直于脉壁的生长組构，这种生长組构的形成[3]，是溶液被挤入裂隙中凝結而成，和一般常見的石英生长組构是很相似的，这种組构是属第 V 种方式(菲尔斑图 2-1, V)[6]，光軸极密部与 ab 面垂直。这种方式曾被希特恩 (Hietanen. A, 1938)，安得利特 (Andreatta. C)，克鲁斯和希特恩 (Cloos and Hietanen A 1941) 以及斯特兰得 (Strand. T, 1944) 等人都找到过。

粗粒石英岩組图 5、6、8 三图光軸极密部分布大致与主要細脉方位平行。石英柱面 $(10\bar{1}0)$ 平行于剪切节理，在剧烈应力下很容易产生的一种組构。桑德尔(Sander. B, 1930) 在鏡面构造岩內找到光軸平行于滑痕，也就是平行于应力軸 a[6]。*X* 剪切面上剪切应力大，所以石英光軸平行于剪切面，剪切面上垂直应力小，所以压力小，細粒石英容易在此处重結晶。

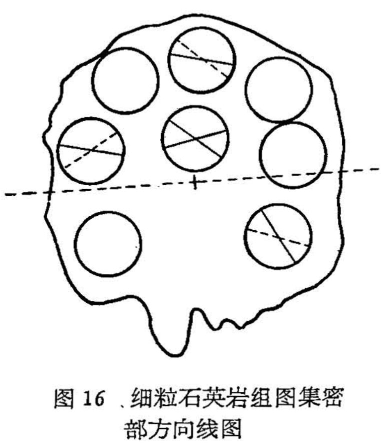


图 16　細粒石英岩组图集密部方向线图

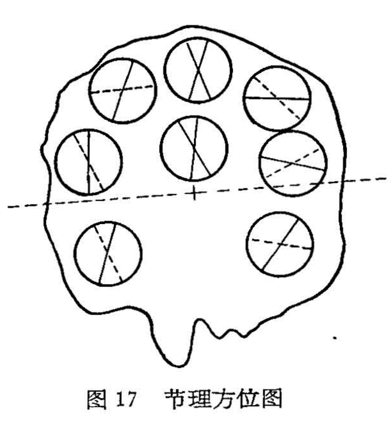


图 17　节理方位图

为比較細粒石英与粗粒石英組构和剪切节理面的关系[7]，参考图 15、16、17 更可一目了然。图 17 示剪切节理面的方向，图 15 是粗粒石英光軸极密部的方向，大致与图 17 的方向一致，图 16 是細粒石英光軸极密部的方向，大致与图 17 垂直。

四、总 結

总結上述分析步驟可分为下列数項:

1. 由标本的观察推断它是弯曲褶皺，同时在粗粒和細粒石英的环带組构图的特点也証实了这一点；

2. 由石英晶粒的大小，結构及产状推断它們的生成时期不同；

3. 分别測驗粗粒石英和細粒石英的光軸分布，制成岩組图；

4. 有了岩組图的事实，然后連想到与細粒石英脉的方向有关系，进而測量細粒石英脉的方向；

5. 由細粒石英脉的方向与粗粒、細粒石英光軸极密部的方向比較，确定了两种組构的形成，細粒石英为(0001)平行剪切节理面，粗粒石英为(10$\bar{1}$0)平行于剪切节理面。

这是初步的練习，不妥之处請指正。

参 考 文 献

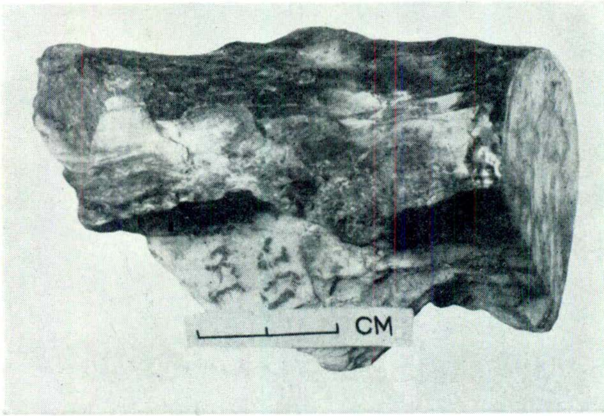
[1] 叶利塞耶夫 H. A. 1959 构造岩石学下册。方维明译。地质出版社。
[2] 狄瑞尔 1958 岩石学原理。张文佑，刘作茹译。地质出版社。
[3] 何作霖 1951 玛瑙及矽化木的生长型岩组。山东大学学报第一卷第一期。
[4] 何作霖 1959 赤平极射投影在地质科学上的应用。科学出版社。
[5] 何作霖 1964 X-射线岩组学。地质科学 1 期。
[6] Fairbairn, H. W. 1949 Structural petrology of Deformed Rocks. Mass. Addision-Wesley Pub. Co. Inc. 344p.
[7] Jones, K. A. 1959 A petrofabric method of fold analysis. American Journal of Sicence vol. 257 pp. 138—143.

PETROFABRIC ANALYSIS OF A SMALL VIEN-QUARTZ FOLD IN THE QUARTZ-MICA SCHIST IN WUTAI, SHANSI

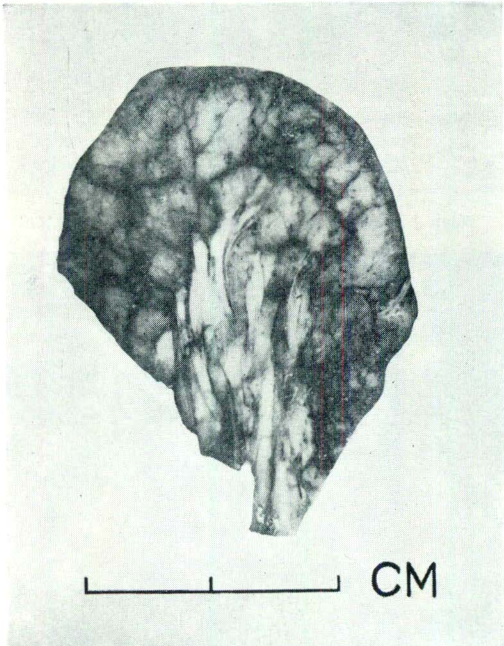
Ho Tso-lin Kwo Chin-ti

Abstract

This is assumably an example of how to interpret the petrofabric analysis of a fold. The vien quartz fold is a flexure fold composed of coarse and fine quartz grains, of which the latter are filled in the interspaces between the *X* joints. By the petrofabric analysis, the coarse grains are known to have their prism face (01$\bar{1}$0), while the fine ones their basal pinacoid (0001), parallel to the *X* joints. The coarse quartz is assigned to be of pretectonic and the fine one of paratectonic crystallization.

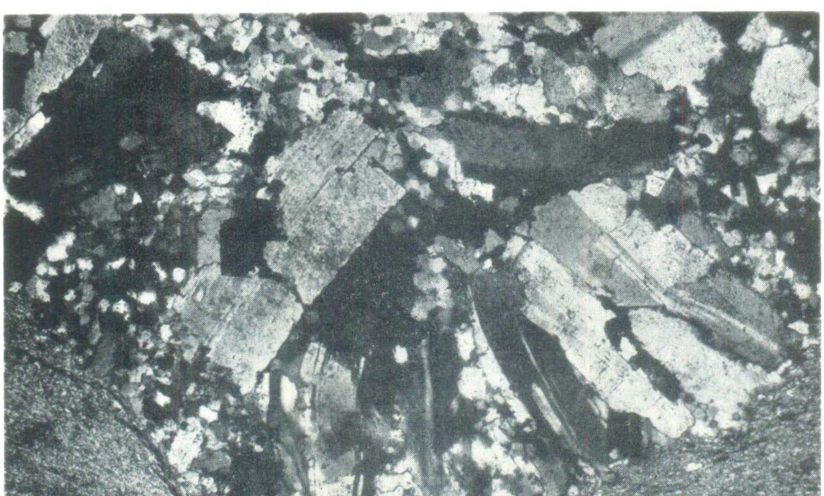


照片 1a.　褶皺的外形



照片 1b.　褶皺的横切面

照片 2　整个褶皱的薄片在正交偏光下照相。×3



照片 3　褶皱中长石双晶受应力作用，双晶面弯曲现象，结晶后的变形。×46