

学习和运用地质力学

西北地质科学研究所第三研究室地质力学一组

第二讲 鉴定构造形迹的力学性质

在第一讲里,我们介绍了地质力学的内容、特点、基本观点、研究现状和今后面临的任务。本讲着重谈谈地质力学在实际工作中的基本工作方法。主要从以下三个方面分别介绍。

一、结构面的概念及其分类

大家熟知,由于地壳的运动,给我们留下了极其复杂的地质现象。对自然界复杂的地质构造现象,怎样研究它们呢?怎样才能找出它们之间的内在联系和成生规律呢?

地质力学,从运动的观点出发,认为,虽然自然界的褶皱、断层、节理等地质现象复杂多样,但它们都是岩层、岩体在地壳运动的影响下,由于地应力的长期作用而产生的各种各样的永久形变的形象和相对位移而遗留下来的踪迹。这些形象和踪迹,统称为构造形迹(也叫结构要素)。

在实际工作中为了制图和描述方便,往往用平面或曲面来表示各种构造形迹在三度空间的方位及其特征,这个面就叫做结构面。

结构面的分类:

1、结构面按形态可分为二类:

(1) 分划性结构面:包括岩石中的各种构造破裂面,在岩石组成上,或多或少不相连续的接触面等。如各种断裂面、劈理面和岩层的结合面等。

(2) 标志性结构面:是只有几何意义的结构面,如褶皱轴面等。

2、结构面按其成因分为两类:

(1) 原生结构面:岩层或岩体各部分,在他们成长过程中所遗留下来的各种结合面,都是原生结构面。如地层层面、不整合面、间断面和侵入岩的各种原生构造等。

(2) 次生结构面：表示形变和相对位移的一切有形迹的或几何的平面、曲面等都属于次生结构面，如断裂面，褶皱轴面。

3、结构面按力学性质则分为五类：

(1) 压性结构面（挤压面）

如各种单、复式褶皱面，逆断面、仰冲或平冲断层面，以及迭瓦构造、对冲断层、一部分流劈理面及片、叶理面等。

(2) 张性结构面（张裂面）

如一部分正断层面，追踪断裂地垒、地堑、阶梯断层及张节理面等。

(3) 扭性结构面（扭裂面）

如平移断层、一部分正断层（扭性正断层）、X型节理及破劈理面等。

(4) 压性兼扭性结构面（压扭面）

如一些斜冲断层同时具有逆冲和平推性质旋扭构造中有些褶皱的轴面等。

(5) 张性兼扭性结构面（张扭面）

如一部分斜落的正断层、部分羽状节理以及旋扭构造中的有些弧形断裂面等。

上述五种不同性质的结构面，前三种是最基本的，由于其力学性质单纯，故也叫单性结构面；后两种则由于同时兼有两种力学性质，故又称为复性结构面。

对于具双重以上力学性质的复性结构面，它可以是一次运动形成，也可以是不同性质的断裂后期转化而成。

前者，主要是指同一构造体系中，某些构造成分在它们成生过程中，在不改变运动方式的条件下，既受压、又受扭（或既受张、又受扭），因而结构面的形态特征是两种性质兼而有之。

后者，主要是由于不同构造体系的复合相迭加作用而成的；或者属同一体系，但属于不同序次的构造成分，互相迭加在一起，因而使结构面的力学性质发生转化，从表现形式上也是兼具两种结构面的形态特征。

严格的说，我们在结构面力学性质分类中所列的压扭、张扭性结构面，主要是指前一种情况，即在压和扭（或张、扭）两种应力同时作用下形成的。

不同性质的应力作用所产生的构造形迹，其力学性质和表现特征也不相同。地质力学就是从这些结构面入手，力求抓住其力学本质，从成生联系的观点，去寻求它们之间的组合关系和分布规律，建立构造体系。根据构造体系的展布规律，恢复地史中地应力的活动状态，从而推断地壳运动的方式和方向，进而了解地壳运动的规律性，再根据这种规律性的认识，指导生产实践，以减少盲目性。因此对结构面的详细观察，对其力学性质的正确鉴定和分析，乃是地质力学工作方法的先行步骤和最基础的工作。

二、结构面力学性质的鉴定

对于标志性结构面，主要是对褶皱轴面的确定。由于大家工作的比较多，确定的方法都是比较熟悉的，故不再赘述。现着重谈谈破裂结构面的力学性质鉴定方法。

鉴定各种破裂面的力学性质，主要是在野外实地进行观察研究和组合分析，这是最

基本的工作。有时也要做一些室内工作，如构造岩的镜下鉴定、应力矿物分析及岩组研究等来提供佐证。

在野外主要从六个方面观察：

- 1、结构面的形态特征及岩块运动在结构面上遗留的痕迹；
- 2、结构面旁侧岩石、矿物变态变化特征；
- 3、结构面附近的构造岩特征；
- 4、结构面的排列组合形式；
- 5、结构面附近旁侧构造（即与其有生成联系的低序次构造）；
- 6、岩脉、矿脉等充填物的特征。

除了对上述野外宏观观察研究外，对于室内的微观分析，我们只概略介绍，而且岩组分析又以石英光轴定向分析为主，故仅供大家参考

（一）压性结构面

1、野外观察特征：

（1）断裂面一般呈舒缓波状，沿走向尤其显著。断面产状变化较大。

关于断面呈舒缓波状的成因，有三种可能：

①岩性关系：由于地层岩性的软硬不同，硬者凸出，软者凹进（图1）。

②由于断裂沿两组剪切裂隙发展，可能与构造透镜体的形成有关，断面沿透镜体的边部展布（图2）。

③可能与应力呈正弦曲线式的传播有关。

（2）断面上发育着与断裂走向垂直的上冲擦痕，阶步明显。

（3）结构面两旁岩石常呈挤压状态，挤压强烈时，常出现叶理、片理、劈理，构造透镜体的走向与断层的走向近于平行，砾岩中的砾石也常被压扁破碎，甚至位移。

（4）在断裂带的两旁或带内，往往有次生的鳞片状矿物出现（如云母、滑石、绿泥石、叶腊石等）和一些柱状矿物（角闪石、绿帘石）呈定向排列，它们有时集中在被压碎的岩石里，有时集中在主干断裂平行的一些小擦面上。

（5）两旁岩石原有构造往往被破坏，在断裂带附近岩石的裂隙中，有时出现一些极不规则的石英或方解石晶片或晶块。

（6）结构面附近常出现一些角砾岩带，角砾往往呈近等轴状、透镜状或眼球状，角砾表面光滑或有擦痕；有时有不明显的定向排列（其长轴往往与挤压面大致平行），胶结紧密。有的断裂带内有断层泥等，断层泥可有片理化现象。

（7）在压性断层附近，破裂面往往成群出现，彼此平行延伸较远；成群的破裂挤压面常与褶皱相伴构成挤压带或构造带，带内或两旁岩石层常直立，局部强烈褶皱，倒转仰冲，其褶皱轴面、冲断面与挤压面平行，与其直交的张裂和与其斜交的扭裂隙发育。

（8）冲断面成群排列，呈迭瓦状。

（9）断裂两旁的岩层，常出现牵引现象，一般显示断层上盘相对往上位移（图3）。

（10）断裂附近常出现强烈的紧密褶皱，它们的规模、序次都较小；还可出现入字

型、多字型构造以及旋轴近水平的旋扭构造。其分枝构造在剖面上与主干断面斜交，在平面上则与主断面走向平行（图4）。

（11）充填岩脉、矿脉的脉壁，呈舒缓波状，厚度变化较大，常呈透镜状、扁豆状；剖面上，脉壁常见逆冲擦痕，脉内夹石较多，且常呈与脉体平行的透镜状。

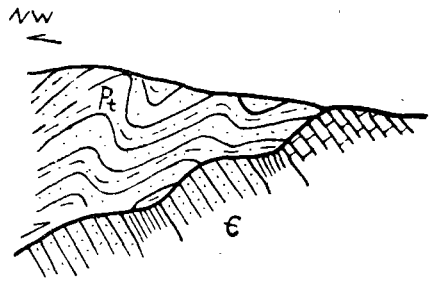


图1、岩性差异引起断面形态呈舒缓波状

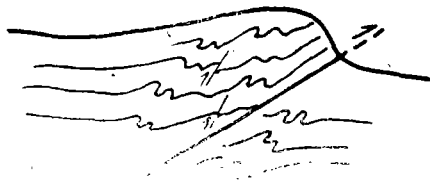


图3、断层两旁岩层的挤压牵引现象



图2、沿构造透镜体边部发育的压性断面形态

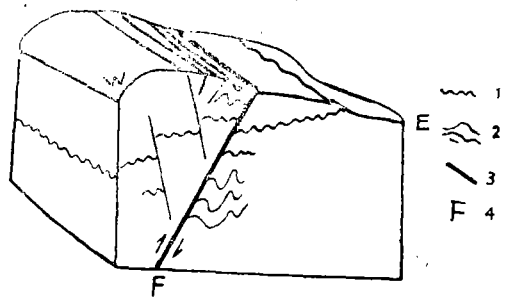


图4、分枝构造与主断面在剖面上的关系示意

- 1—张性断层（或节理）；
- 2—牵引褶曲；
- 3—扭性断面（或节理）；
- F—仰冲断层

（12）大、小岩脉、矿脉往往密集成群出现，平行或呈有规律的“尖灭再现”排列。脉的两侧常有羽状、入字型分枝。

（13）有时以密集的劈理、片理、片麻理或一定区域内有代表性的（区别于一般的）高角度岩层构成挤压带。它们均可表示相应压性结构面的存在。

2、室内分析：

（1）构造岩及应力矿物特征：

①构造角砾岩和构造砾岩：其应力矿物不显著，边缘轮廓较明显，无锯齿状；在较硬的角砾和矿物粒旁经常出现压力影。

②碎裂岩类：应力矿物有明显的变形现象，如石英呈波状消光、波纹消光（矿物颗粒依晶体内的纹理消光现象），方解石双晶页理及矿物颗粒扭曲等等。当岩石内有菱形的沿长对角线方向排列的残留斑晶时，其排列方向与压性断裂面的倾向平行或近于平

行。

③糜棱岩类：应力矿物有显著的拉长现象，而且定向排列，排列方向平行于构造的滑动面，与断裂面平行或近平行。

④片岩中，还可看到应力矿物的流纹、线理现象，称流线构造。

⑤灰岩、石英岩糜棱物质中，常可见到缝合线现象，缝合线的波峰，代表压应力方向。

⑥在镜下，可出现环带石英现象，石英晶粒边缘突起较低，中心部位较高，可用贝克林比较。这是在挤压作用下，局部封闭，水向石英中扩散而成。另外斜长石往往出现肖长双晶，其双晶缝细而长，呈互为直交的镶嵌集合体，在正交光下，似棋盘格子状。

⑦在压应力作用下，还可产生一些新相矿物如高价铁变为低价铁， $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 Fe_2O_3 变为 Fe_3O_4 等，在断裂带内发现有 Fe_3O_4 分布时可说明是压应力作用的结果

(2) 岩组分析：

①伴随压性结构面形成的构造岩，常呈斜方对称，说明与压扁作用有关，在此情况下，石英光轴定向可出现两种情况：Ⅱ型和Ⅲ型。

Ⅱ型：于a轴两侧出现两个极密部，并以ab面为对称面，以 $40^\circ-45^\circ$ 对称排列，呈斜方对称，基本上属S构造岩（图5）。

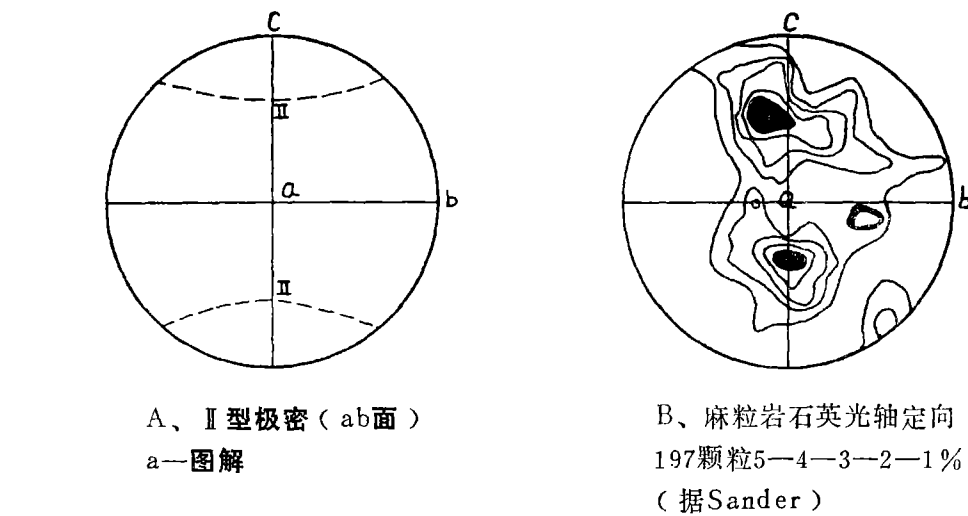


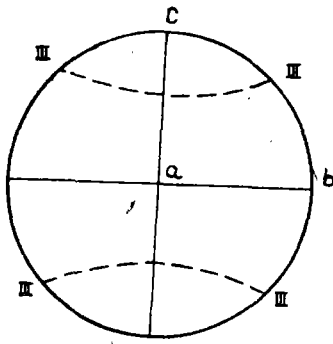
图5、压性结构面Ⅱ型石英光轴定向

Ⅲ型：与Ⅱ型相似，但极密包含在两个对称的环带之中，以ab面为对称面分布，两个对称极密相交约为 $70^\circ-75^\circ$ ，其岩组亦往往属斜方对称（图6）。

②压性破裂面两侧的围岩，其石英光轴主要沿着压性破裂面的倾斜方向定向排列，形成Ⅰ型定向。

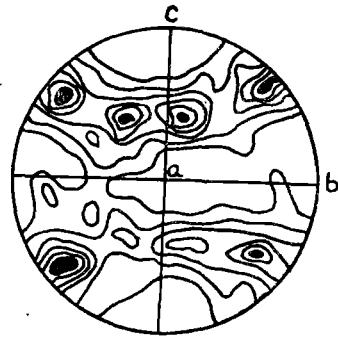
Ⅰ型：石英光轴极密部位和a轴重合，形成S构造岩。石英光轴在ab面内，沿岩石变形时的运动方向作定向排列（图7）。

另外，在压性破裂结构面两侧的围岩，亦可出现B构造岩。



A、Ⅱ型定向 (ab面)

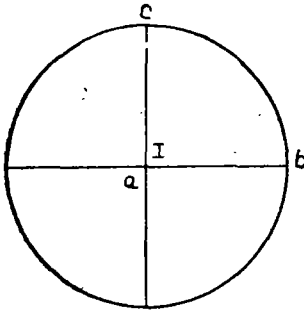
a—图解



B、石英光轴定向 284颗粒

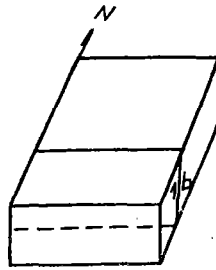
5—4—3—2—1—0.5 $\frac{1}{3}$

图6、麻粒岩内拉长石英颗粒定向



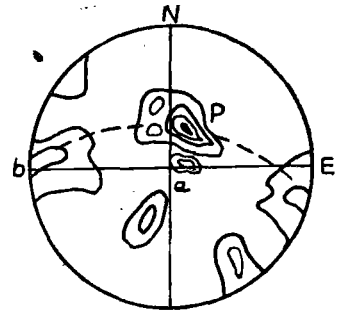
A、I型定向 (ab面)

a—图解



B、近EW向裂隙

立体图解



C、围岩石英光

轴定向

图7、压性破裂结构面两侧围岩石英光轴定向实例

(图C中, 密极部代表的a轴与破裂面倾向平行, 反映了其形成直接与平行倾向方向的剪切作用有关, 图中虚线表示S面)

(二) 破裂张性结构面:

I、野外观察特征:

(1) 张裂面粗糙不平, 参差不齐, 沿张裂面常有裂隙, 往往被后来的泥质、铁质、炭质、岩脉、矿脉等所充填。

张裂面也有较平整的, 但张裂面上, 一般无平行张裂面方向被剪切裂开的矿物颗粒。

岩石性质对张裂面的形态有一定影响, 脆性岩石表现为明显的锯齿状, 而塑性岩石的断面则呈参差状。

(2) 单纯的张裂面上, 很少出现大片擦痕, 有时可见上盘下滑的直立擦痕。

(3) 张裂带中岩石、矿物条块参差不齐, 形成凹凸不平的表面。张裂面常呈楔

形, 向下迅速尖灭。其原岩成分和结构很少受到改造。

(4) 张裂带内, 可出现宽窄悬殊的张性角砾岩, 角砾大小不一, 棱角清楚, 排列杂乱, 常被泥质、铁质、钙质等物质胶结, 但胶结疏松。形成角砾的岩石, 其原岩构造一般不受破坏, 或破坏甚少。

(5) 张裂面多数与主要挤压构造带垂直, 少数与背斜轴一致, 在弧形构造带中呈放射状展布。

(6) 有时由一些张性小裂隙组成平行的张裂带, 但延伸不远(无论沿倾向或走向方向)即行消失。

(7) 在张裂面附近, 一般无明显挤压现象(不包括低序次的挤压及复合转化)。

(8) 主干断裂由于两盘相对移动, 可在剖面上形成次一级的羽状节理或次级的入字型分枝断裂。

(9) 岩脉、矿脉充填形态复杂, 脉壁粗糙、一般延伸不远。脉体内的夹石呈棱角状, 无定向性。岩(矿)脉有时呈追踪形态, 在不同地段其产状常有变化。有时还出现岩(矿)脉“尾巴”。有时在主脉的近旁, 往往出现与主脉体大致平行的细脉带或细脉群。

(10) 在张裂隙中, 常有矿物晶体发育, 充填矿物常沿裂隙两壁生长, 而且垂直两壁。

2、室内分析:

(1) 构造岩及应力矿物特征:

镜下, 张性角砾具如下特征:

①角砾排列杂乱, 形态多不规则。粗细相间的角砾, 界面多不平行, 不存在任何对称要素。

②角砾的破裂面和裂纹常沿矿物晶粒的界面裂开, 很少有切穿矿物晶粒现象。

③角砾间常有空隙, 有时为胶结物环绕形成被壳构造(被壳多为方解石、石英、玉髓等, 由于铁染程度和粗细以及晶粒形态的不同而构成圈层)。角砾被壳相互连结, 中间有空洞。

④胶结物多属外源物质, 如碳酸盐和硅质等。有时以铁质(高铁为主, 如 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)胶结, 染色现象较著。

⑤角砾成分、岩性和未破裂的原岩, 多数是完全相同的。

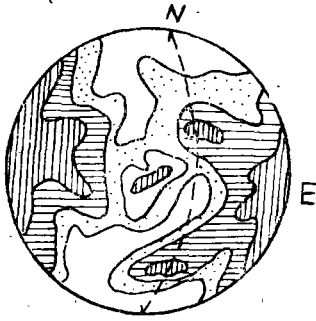
应力矿物在张裂带中是少见的。

(2) 岩组分析:

一般来说, 张性结构面的构造带, 形成不了矿物晶格的定向排列, 其岩组图也就呈现无规律的排列岩组, 而且等密线值较小, 不集中。

据曾庆丰同志对某矿区张性裂隙研究表明* 张性构造岩岩组, 无明显定向, 光轴图形甚不规则, 无论沿倾向和走向都无极密出现, 其图形和远离矿化地段围岩薄片的镜下测量结果相同(图8)。

*见《地质科学》1975年第四期



**图 8、张性成矿裂隙
围岩石英光轴图**

150 颗粒 水平切片
0.5~1~2%

(三) 扭性破裂结构面

1、野外观察特征：

(1) 扭裂面整齐、光滑，如刀切。断层走向线较平直。

(2) 常见大量水平擦痕，擦脊（沟）发育，擦沟尖指向对盘运动方向，擦脊尖指向本盘运动方向。还可见到滑动所产生的镜面。

(3) 扭裂面常整齐地切错地层、岩体、砾石及矿物等。以此可判断两盘位移距离。

(4) 扭裂带宽窄变化不大，一般较窄，较紧闭，且延伸较远，产状稳定。

(5) 扭裂带间主要产生糜棱岩化角砾岩。其特点是：常被搓碎磨圆；砾石较小，均一；胶结坚固，构造岩带一般不太发育。受应力作用的矿物被

研磨成细小园粒，矿物颗粒和岩石颗粒大小近似。在糜棱岩中，有时可见叶理、片理等挤压现象。

(6) 有时可见定向排列的岩屑（呈眼球状）和纹理。岩屑长轴和纹理方向常与扭裂面斜交，锐角指向对盘运动方向。

(7) 扭裂面经常密集出现，构成扭裂带，有时也可以由若干不同性质、不同序次的结构面、组合而成，常呈雁列式产出，整齐延伸。共轭的两组扭裂面可组成棋盘格式构造。

(8) 在扭裂面的一侧或两侧，往往出现一些羽状节理或入字型分枝断裂以及平面牵引现象。由于两盘扭动可产生旋轴近直立的旋卷构造。分枝构造与主断面的交线和主断面倾向一致，旋轴与主断面倾向一致（图 9）。

(9) 充填的脉体，形态简单，脉壁平直、光滑，水平擦痕发育。单脉延伸较长，并常将早期裂隙、脉岩和地层整齐切错。

(10) 平面上，常见主脉两侧发育的羽状小脉，与主脉呈入字型；有的经常充填在“X”扭裂面中，构成网状构造；有时在扭裂带的中间地段，出现一些次级张性小脉体。

2、室内分析：

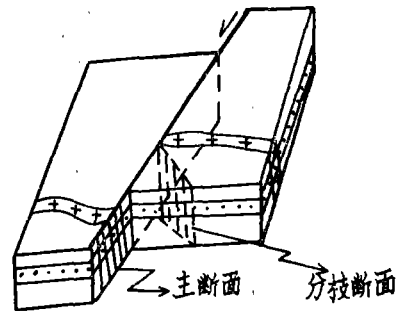
(1) 构造岩及应力矿物特征

扭性角砾岩的镜下特征为：

①、角砾间空隙甚少，角砾常呈菱形或三角形，界面整齐清楚，有时略带弯曲；角砾中常有共轭线纹。

②扭裂面常切穿矿物颗粒，基质中常有新矿物形成，如绿泥石，绿帘石等。

③外源胶结物多沿扭裂面构成细脉，有时细脉成雁行排列。



**图 9、分枝断面与主断面
关系图解**

扭性糜棱岩的镜下特征为：

①残余透镜体中的张裂隙较少，多为扭裂隙，

②扭裂面附近，斜长石碎屑成迭瓦式排列，

③石英残余晶粒中，很少有变形纹，若有，其特点是石英C轴和变形纹平分线不一致；

④扭裂面上的黑云母常变为多硅白云母，次生的白云母也是多硅白云母。

另外，在镜下，还可见到旋转式的雪球构造；沿扭裂滑动方向，有的矿物颗粒可出现压力影，但压力影呈不对称形状（如石英颗粒）；有时也形成石英沙钟构造，是石英顺扭裂面破裂，整个形体成沙钟状，其特点也是无对称性。

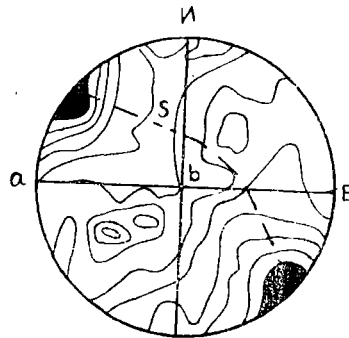
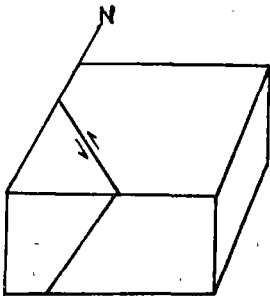
在扭裂面中，斜长石双晶常常是钠长双晶类型，它可以通过几个不连续面，成为一个方向的条纹，而且双晶面常和扭裂面一致；另外，在钠长石化的斜长石中、有蠕状石英等现象。

扭性的镜面，除具擦痕和阶步外，在阶步下，紧接阶步常有次生沉淀的方解后、石英等矿物，其晶粒较粗。

（2）岩组分析：

①可出现石英光轴呈现I型的S构造岩定向。其特点是：在投影园的大圆边缘上，沿裂隙走向出现两部分对称的极密部，且密度很高，极密部的位置与破裂面S(ab)面走向吻合，即石英光轴定向方位与错动方向（岩组a轴）一致，b轴近直立，与平移断层倾向相当（图10）。

②也有形成ac环带趋势的B构造岩。其特点是在投影的大圆边缘上，出现两对对称的极密部，其两对密极部与两组剪切面方向一致，石英光轴沿两个剪切面方向作定向排列。但有时以某一方向为主，另一方向为次（图11）。



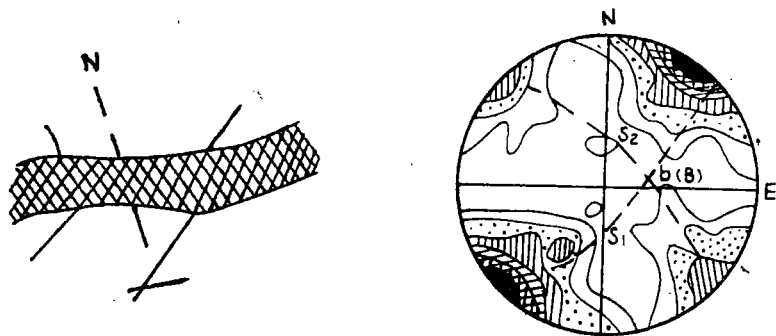
A、NW向裂隙立体图解

B、围岩石英光轴定向（水平切片）

图10、I型的S构造岩图解

（四）压扭性结构面

1、野外观察特征



ANW向矿脉及其支矿脉图素描

B、围岩石英光轴定向(水平切片)

8—6—4—3—2—1 %

图 1 1、成ac环带趋势的B构造岩(据曾庆丰)

除参考压性和扭性构造面的一般特征外, 还有以下特征:

- (1) 断面常呈倾斜的舒缓波状, 斜冲擦痕发育。
- (2) 岩石矿物有压扁、拉长、定向排列现象, 片理、劈理、构造透镜体很发育, 多与主断面斜交。
- (3) 构造角砾具定向性, 斜列在破裂带中, 相互胶结较紧。
- (4) 常成群成带出现, 斜列构成平面或剖面多字型构造, 也可呈旋扭构造。
- (5) 在断裂的一侧或两侧, 也有地层牵引和羽状裂隙以及次级的入字型分枝断裂或小褶皱。并可出现旋轴倾斜的帚状构造, 它们与主断面的交线以及旋轴与主断面的走向和倾向均不平行, 据此可判断两盘移动方向。
- (6) 相对而言, 压扭性破裂面延伸较长, 延深也较大。
- (7) 充填的岩(矿)脉在平面和剖面上的延伸都较大, 多呈雁行状排列。其中脉群总体走向之间的夹角较小, 而且侧列重复的长度也较小。
- (8) 如果破裂带以扭性为主, 则岩(矿)脉的斜列现象仅在平面上出现, 在剖面上反表现为一组平行矿(岩)脉; 反之, 则在剖面上为斜列现象, 而在平面上则表现为一组深浅不同的平行岩(矿)脉。

2、室内分析

(1) 构造岩及应力矿物鉴定

①碎裂岩中, 镜下可见弧形裂纹, 石英等矿物破碎呈现一种凌乱的羽毛状或火焰状现象, 消光很不均匀。

②糜棱岩中, 残留的眼球状和旋扭现象都较显著, 石英有波状及波纹消光和园粒化现象。

③片状针状矿物有折曲现象, 黑云母经常可分离出针状金红石, 顺扭裂面分布。

④钾长石常钠长石化, 形成条纹长石, 另外也可由于压扭性作用, 使长石、石英成分上或光性方位上发生变更, 在镜下呈现出沙钟构造。

(2) 岩组分析:

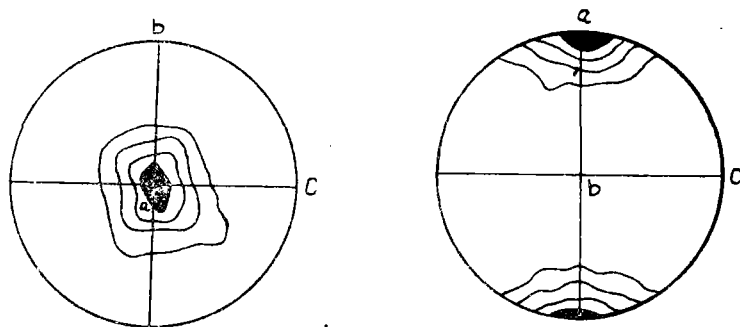
压扭性结构面的岩组特点是:

在投影图上,可出现一个极密部位,且落在破裂面S上。其极密方向与裂隙倾向斜交(即a轴方向),为S构造岩。

另外,在平行断裂面上的擦痕方向和垂直断裂面上的擦痕方向切片时,其镜下特征有区别:

垂直切片中,石英干涉色最低,岩组图上可出现一个极密部位(图12—A)。

水平切片中,石英干涉色最高,光轴定向排列近水平,极密点在两侧(图12—B)。



A、垂直裂面走向的石英光轴定向 B、平行裂面走向的石英光轴定向

图 1 2 不同方向切片的石英光轴定向

(据成都地院袁奎荣)

(五) 张扭性结构面

1、野外观察特征

除参考张性和扭性结构面的一般特征外,还有以下特征:

(1) 断面呈不明显的锯齿状,但较平滑。有时在断面上可出现滑动镜面。

(2) 断面两旁岩石、矿物有的被拉开,有的被断开。在剖面上,上部拉开的较多,而下部切断的较多。

(3) 断裂带内常出现大小不一,次棱角状一次磨圆状的构造角砾岩。角砾具不太明显的定向排列,常斜列于断裂带内。有的角砾中、小型扭裂面发育。

(4) 张裂面常组成小型的多字型构造,呈侧列式产出。

(5) 断裂面附近,有局部歪斜的牵引现象和入字型分枝构造。它们与主断面的交线和上盘斜落的方向垂直。

(6) 充填的岩(矿)脉,多呈曲折状态。脉壁较平滑。一般脉短而宽,并有上大下小的趋势,岩(矿)脉常呈斜列状。单脉走向与脉群总体走向之间的夹角较大,且侧列重复,长度也较长。

(7) 充填的岩(矿)脉在平面、剖面上的排列与压扭性破裂带内充填者相似,但扭动方向相反。

2、室内分析

(1) 构造岩和应力矿物鉴定

应力矿物很少见，有些扭裂纹内可有绿泥石、绢云母等应力矿物，其特征与扭性结构面者类似。

有时可见镜面糜棱岩。在阶步下，靠近阶步可形成次生沉淀的方解石、石英等矿物，它们的晶粒较粗。有时其上也有擦痕，这表示阶步形成后，又有新构造运动，有时只有阶步而无次生矿物，说明属较新的结构面。

(2) 岩组分析：

与压扭性破裂结构面一样，也可出现一个极密部，位于S面上，其极密不与断裂面走向一致，也不与倾向平行，而是有一定的倾斜度，即与擦痕方向平行（图13）。

为方便大家在工作和学习中对比参考，将上述五种结构面的力学性质主要特征，列简表于后。

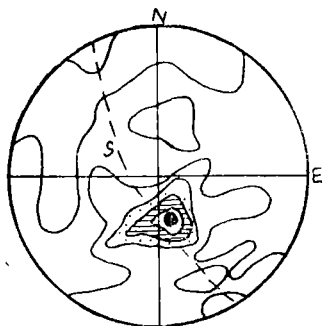


图 1 3 张扭性成矿裂隙围岩石英
光轴定向

(水平切片)

7 ~ 5 ~ 3 ~ 2 ~ 1 %

以上五种不同性质的结构面，前三种是最基本的，因此，对压、张、扭三类结构面的分析鉴定也是最主要的。大量的野外观察和模拟实验都证明了，上述各类结构面并不是孤立存在的，它们都具有一定的组合关系，在同一动力作用下，岩石各变形阶段，相继会出现一套结构面，一般包括四组结构面，压性、张性、和两组扭性。两组扭性结构面大体互相垂直，彼此切割，构成X型节理；压性与张性结构面两者则互相垂直，并分别平分两组扭裂面的交角。一般张性结构面平分两组扭裂面所交的锐角，压性结构面则平分其钝角（图14）。这种结构面间的联系与组合规律性，可以帮助我们去识别某些力学特性不显著的结构面。

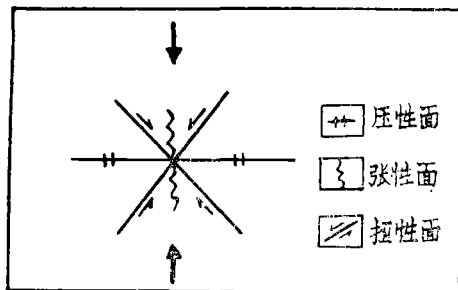


图 1 4 各类结构面的组合关系

三、鉴定不同性质结构面的意义和注意的问题

鉴定结构面力学性质，是地质力学的基础工作，是研究地质构造形迹的极其重要的基

本问题。它在生产实践中，有着现实的指导意义。这是因为：首先，在野外工作中，能帮助我们认识各种地质构造形迹的区别和联系，了解他们的组合规律，正确地建立构造体系，为当时当地应力场的活动和作用方式的分析提供可靠的素材；另外，在一个构造体系中，断裂系统的分布规律及其不同程度的封闭性和开启性，对于矿液的运移、有用元素的分异、富集；对油气的聚集和逸散、地下水的贮蓄和渗漏、地基的稳定程度等等都具有不同的作用和影响。因此，对于找矿勘探的工作部署，矿山的掘采设计和储油构造的详查、开发以及其它与水文、工程有关的地质问题等，往往具有决定性的意义。

但是，自然界的现象是错综复杂的，前述五种结构面的力学性质特征，对于某一种结构面来说，在某一地段，并不是所有特点都有显示；而且，我们在野外所见到的地质构造现象，或者是不同时期的产物，或者是同期运动，不同发展阶段的产物，这样，在后来的构造变动过程中，就可能将前期的构造形迹改变，将它们改造和利用，或者部分地卷入后者，以致造成同一结构面力学性质的转化或多期（次）活动，这种迭加作用，就造成结构面力学性质的复杂化；另外，虽然断裂面两侧岩块相对运动的方向与断裂面力学性质有一定关系，但不能予以简单的类比等等，由于上述种种原因，就给我们准确地鉴定结构面力学性质带来不少困难。因而，为了准确地鉴定结构面，在实际工作中，就必须注意以下几个问题：

1、在工作地区，首先要全面地收集资料，注意区域隆起带和沉降带的延伸方向；岩浆岩体的展布及其长轴方向；岩体或矿体等一切定向构造的方位；物化探等值线的分布等情况，分析区内可能出现的构造及其走向，抓住主要特点，认真细心地进行观察研究和综合分析。

2、工作中，必须最先注意压性结构面。因为挤压面往往保存较好，直接可靠地反映最大主压应力的方向，而且其在地形上也有较明显的显示。对压性结构面，要搞清楚它的特点及展布方向，然后鉴定别的结构面，以期进行合理的配套，建立构造体系。

3、鉴定一个结构面的力学性质时，不能仅满足于一个点的观察，而要在各个点上观察，必要时，需进行追索，详细观察。

4、对于断裂的形态类型，不能与结构面的力学性质分类，简单机械地类比。

5、鉴定复性结构面时要注意弄清是一次运动造成的，还是不同性质的断裂后期转化而成的，对于后一种情况，要弄清是先压（先张）后扭呢？还是先扭后张（压）的。

6、地质力学强调地壳运动中水平运动的主导性，同时也认为，由于水平的挤压和扭动，也可导致地（岩）块在垂直方向上的运动。因此，在实际工作中，往往还需要考虑三度空间的问题，特别是在矿田构造的研究中，从三度空间来研究各种构造形迹发生和发展的过程，注意观察它们的特征及其组合规律，这对于预测深部构造很有帮助。

7、鉴定结构面力学性质时，还应当注意岩石的力学性质。因为不同力学性质的岩石，在同一应力作用下的表象也不相同，有的容易发生褶皱，有的则容易形成断裂，但它们结构面力学性质却都是一样的。

8、要进行多种方法综合分析鉴定，提供可靠证据。

破裂结构面力学性质鉴定简表

观察项目	特征类别	压性结构面	张性结构面	扭性结构面	压扭性结构面	张扭性结构面
断面特征		舒缓波状	粗糙、参差不齐	平直、光滑、镜面	平滑、略具舒缓波状	平直、较光滑，有时呈明显的锯齿状
擦痕阶段		垂直的上冲擦痕发育	少	近水平的擦痕发育	斜冲擦痕发育	有时可见斜落阶步，紧靠阶步下常有一些次生的石英、方解石矿物
构造角砾岩特征		角砾呈透镜状、近等轴状，角砾表面光滑，略具定向性，胶结较紧密	大小混杂，排列零乱，胶结疏松，角砾原生构造一般未被破坏。	角砾多搓碎磨圆，大小均一，具棱角状，斜列于扭裂带中，胶结坚固	其特征与压性结构面相似，具定向性，胶结较紧密	其特征与张性结构面相似，但磨圆程度较好，有时具不明显的定向性
应力矿物特征		常见石英、方解石晶片以及矿化现象，定向性长	少	应力矿物有折曲现象，但不如压性的明显	柱状、针状矿物有折曲现象，呈定向排列，斜列产出	有时可见一些应力矿物如绿泥石、绢云母等（在扭劈理中），呈定向斜列式
两旁岩石矿物变化特征		常呈挤压状态，挤压强烈时，可出现叶理、劈理、劈理和构造透镜体，原有构造往往被破坏	岩石、矿物条块，参差不齐，其原生构造或成分均未受改造或改造甚微	常见岩石、矿物被整齐错开	有压扁、拉长、定向斜列现象	岩石矿物有的被拉开，有的被切错，从剖面上看，上部拉开者多，下部切错者多
排列组合特征		成群、平行出现，在剖面上呈多字型排列	成群大体平行，构造延伸不远，断续出现	成群出现，延伸较远，有时呈两组合棋盘状	常成群出现，组成平面或剖面上的多字型构造，延伸较长，有时呈弧形产出	与压扭性相似
派生构造特征		牵引现象和多字型入字型分枝构造以及旋冲的水平（示上盘逆冲）的帚状构造（剖面上）	有时可见拖、入字型水平（示上盘下落）的帚状构造	羽裂及入字型构造和牵引现象，以及旋冲构造（在平面上）	与主断面斜交的牵引，入字型分枝构造等，形成轴倾斜的帚状构造	有局部歪斜所牵引现象和入字型分枝断裂
充填的岩（矿）脉特征		脉壁呈舒缓波状，“尖灭再现”现象明显	脉壁粗糙，时有追踪现象，形态复杂	脉壁平直，单脉延伸较长，有时呈网格状构造	平剖面上，组成雁列式，单脉走向与总脉走向夹角较小，雁列重复长度较短，呈“尖灭再现”特点	平剖面上，组成雁列式，单脉走向与总脉走向夹角较大，且雁列重复长度也较多具“尖灭再现”特点