

地质力学基础知识讲座



第二讲 结构面力学性质的鉴定

武汉地质学院地质力学系 郭文蓉

鉴定结构面的力学性质，是地质力学工作的基础和先行步骤，只有正确地鉴定结构面的力学性质，才能对构造体系作出中肯的分析，从而解决生产实践中提出的各种问题。

一 构造形迹与结构面

我们在野外经常见到的岩层褶皱、断裂、节理、劈理等地质构造现象，都是岩石在地应力的长期作用下形成的各式各样永久变形的形象，并且留下来相对位移的踪迹。地质力学把这些形象和踪迹，叫做构造形迹。可见，构造形迹指的是次生构造，主要是岩块、地块中的各种变形现象。构造形迹的规模有大有小，大者如几十乃至几百公里的大型拗折、断裂带，小者如显微镜下所见矿物晶格受地应力作用而形成的某些联晶面、岩石组构变化等。

为了便于研究构造形迹在空间上的方位，可以用平面或曲面来表示，这些面称为结构面。结构面并不都是简单、规则的平面，而常是各种形式的复杂的曲面，通常具有一定的厚度（或宽度）。特别是破裂型的结构面，多数是由许多小破裂面构成，地表呈现带状。

有些结构面，如断裂、节理、劈理等，由于它们是岩石发生破裂形成的，是不连续的界面，具有分划岩层、岩体的作用，故可称为分划性结构面，也叫破裂结构面；另一

些结构面，如褶曲轴面，是连续变形的标志面，实际上并不存在界面，只有几何意义，故可称为标志性结构面。

结构面的空间方位，是由其走向、倾向和倾角三个数据确定的。结构面与地壳表面的交线，通常叫构造线。

正确识别结构面，是个很重要的问题。人们对有明显标志特征和位移的那些结构面，往往比较注意观察和描述（如断层、节理以及有明显变化的层面等），但对一些没有明显位移的结构面，则注意不够，同时也缺乏一定的微观手段。因此，有时尽管在大片花岗岩中存在着断裂也视而不见。又如对岩石的物质成分大家比较注意观察描述，但对它不是静止的，在地应力作用下处于不停的运动过程中，在岩石里必然留下被改造的形迹这一点，往往注意不够。所以，我们认识岩石，不仅要了解它的物质成分，尤其要从运动的角度深入研究其被改造的痕迹。

对规模较大的复杂结构面，肉眼有时不太容易识别，需大量积累资料，通过扩大视域的方法，如航空照片判读和卫星照片解译，加上微观的研究，是可以发现它们的存在。如太行山东侧大断裂，闽南大片花岗岩中的断裂等，就是这样发现的。此外，物探方法、综合地球物理方法等，也是颇为有效的。

这里所谈的识别结构面的问题，最重要的是先要确定它是否存在，然后再阐明它的

空间展布特点，进而揭示每一个结构面所反映的力学本质。

二 结构面力学性质的鉴定

1. 结构面的力学性质分类

在地质力学中，对地球上结构面的划分，是从地质构造现象出发，着眼于地壳运动的方式—构造应力场的恢复，并考虑结构面的力学性质来进行的。基于上述原则，地质力学把结构面分为以下五类。

(1) 压性结构面、简称挤压面 反映岩层、岩体压缩变形的、走向垂直于挤压方向的结构面，包括褶皱轴面、不同角度的逆冲断层、挤压破碎带、压劈理、压节理、片理带、部分压性正断层等。

(2) 张性结构面 一般是指走向或整体延伸方向垂直于形变阶段伸长方向的各种破裂结构面，包括张节理、大部分正断层、张性破碎带等。

(3) 扭性结构面 指各种规模的剪切破裂面，包括剪节理、平移断层、扭性破碎带或劈理带等。

(4) 压扭性结构面 指既具有压性特征，又具有扭性特征的结构面，包括压扭性节理、斜冲断层、压扭性破碎带（包括部分滑劈理带）等。

(5) 张扭性结构面 指既具有张性特征，又具有扭性特征的结构面，包括张扭性节理、斜落正断层、张扭性破碎带等。

2. 破裂结构面的鉴定标号

(1) 压性破裂结构面的鉴定特征

①压性破裂结构面自身沿着倾向或走向常呈舒缓波状，倾角也有变化，因此，特别是在剖面上，有时会出现某一段落为正断层，另一段落为逆断层（图 II—1）。

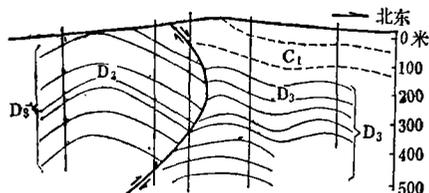


图 II—1 天山某地压性断层弧形弯曲至反倾向

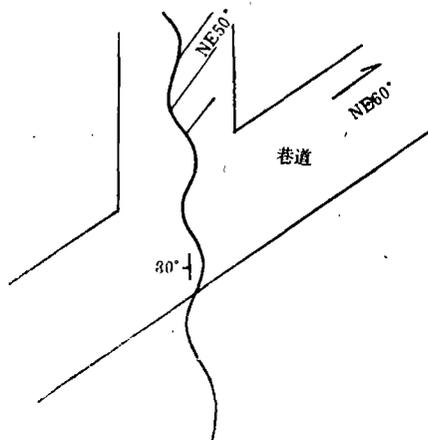


图 II—2 杜东白面山锡矿 257 中段压性结构面呈舒缓波状示意图

再如图 II—2 所示的逆冲断层，走向南北，倾向西，倾角 80° ，西盘逆冲到东盘上，沿走向呈明显的对称的舒缓波状。

②压性破裂结构面两侧的岩石，经常呈挤压状态，挤压剧烈的部分，有时产生与破裂面平行的片理。挤压状态包括岩石矿物颗粒的拉长、压扁和定向排列，以及构造透镜体等。尤其是灰岩遭受强烈挤压后，更容易产生一系列构造透镜体，其长轴与破裂压性结构面一致（图 II—3）。有时在透镜体中可

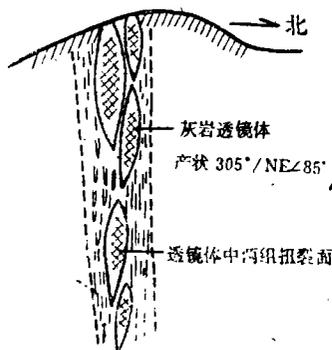


图 II—3 广西阳朔北沿漓江公路旁挤压带中透镜体素描图

见擦面，甚至有磨光现象。在一般岩石中往往形成页片状结构，并明显的重结晶，都说明是一种挤压状态。

③压性破裂结构面常成群出现，构成一个挤压带。该带常见岩层产状陡立、倒转和

仰冲现象，遭受强烈挤压褶皱的岩层之间又被许多裂面分割，每个小裂面与主干面不完全一致，但它们是有规律的，经常与主压断

裂面伴随的有两组扭裂面和与它垂直的张裂面（图 II—4）。

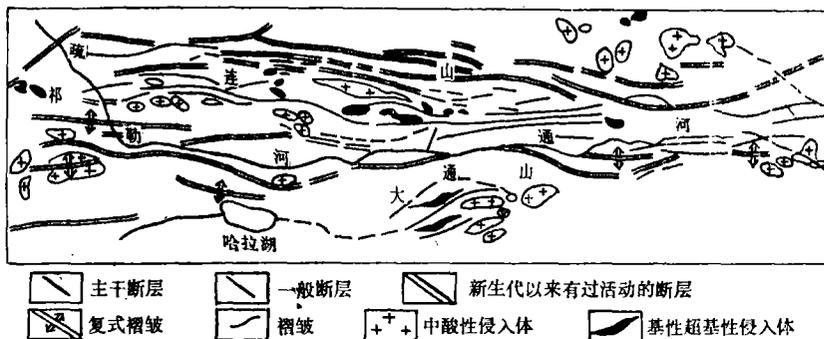


图 II—4 祁连山主要构造带形态特征示意图

④压裂面两旁通常有呈鳞形排列的应力矿物，如云母、滑石、绿泥石、绿帘石等。它们的主要劈面或联晶面，大都与主干挤压面近于平行。

⑤挤压带中的构造岩一般有两类：一类是压碎岩，以碎裂结构和碎粒结构为其特征，另一类是压扁岩，常见有条带状构造，主要是由于不同的矿物颗粒定向排列成条带状而构成的，如石英条带、长石条带等；也有时由定向排列的矿物形成眼球状构造。

⑥破裂挤压面或挤压带附近的岩石中，常常出现石英、方解石晶粒或晶片。在硅质岩中常见石英团块，在碳酸盐中则见方解石团块，这种现象只出现于挤压带，远离此带即逐渐消失。在挤压带中还有相变现象，如炭质岩石在强烈挤压作用下，可出现石墨、次石墨顺着挤压破碎带片理化。又如挤压破碎带内岩石常出现花斑结构，它可能是构造破碎物质重结晶造成的一种相变。还有些矿物出现压力影，如黄铁矿晶体周围可以产生压力影，石英颗粒沿最小应力作用方向可次生加大，泥灰岩中的灰岩砾石两侧产生方解石，其胶结物是碎裂化物质等。

(2) 张性破裂结构面的鉴定特征

①张性破裂结构面自身的形态一般不太规则，常呈锯齿状或称“之”字形转折，断面一般凹凸不平，粗糙而欠光滑，很少出现大批擦痕。

②许多张裂面、张裂隙群往往组成张裂

带，带内有大小相差悬殊的岩块，有的是本地的产物，也有的是外来掉入掺杂的结果。张裂带内经常有脉体或矿物充填（图 II—5）。

③单体的张裂面一般延伸不远即消失尖灭，剖面上表现为上宽下窄的楔形。它常绕

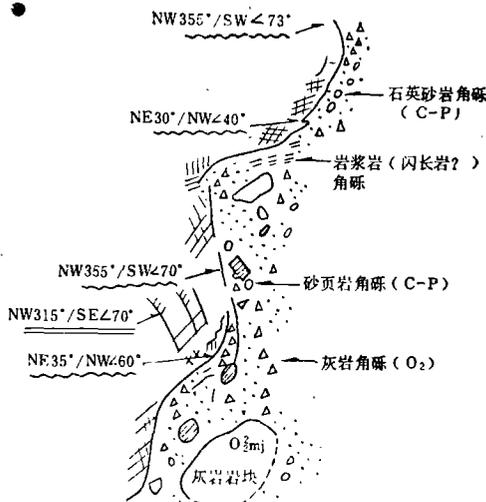


图 II—5 河南鹤壁西善张二庄西南大路旁张性断裂破碎带平面素描图

过砾石、结核、鲕粒、化石等而不发生切割。在一个断面上，可以保存完好的化石、砾石，而在相对的断面上，则保存有良好的印痕。

④张裂带内有典型的角砾岩，有时可形

成宽大的角砾岩带。张性角砾岩具有棱角尖锐、界面不平整、形态不规则、粗细混杂无分选性、无定向排列等特点。角砾间常有空隙，结构疏松，角砾表面很少见擦痕与镜面，角砾带被次生的铁、钙、硅质胶结，胶结物环绕角砾形成贝壳状。角砾间的孔洞多充填有石英、方解石等，可形成小晶洞。小晶体或矿物常垂直洞壁生长，粗细相间的角砾可以断续地将两盘岩层连接起来，一些粗大的角砾，可保持原岩的许多结构特征，原生结构一般不受破坏或被破坏的程度较轻（图 II—6）。

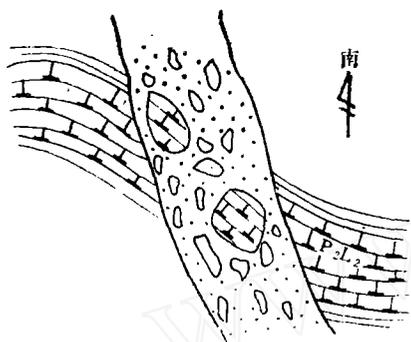


图 II—6 湖北南洋大平公社南张裂带两侧地层在断裂中的破裂连续情况示意图

⑤张性结构面旁侧派生构造不太发育，特别是派生的褶皱很不发育。

张裂面的倾角一般在 $50\sim 60^\circ$ 以上或近于直立，断裂的各个部位产状不太一致，彼此联系性较差。“追踪张断裂”之字形弯曲度较大，易误认为是两条断层相交，但总体方向是一致的。

(3) 扭性破裂结构面的鉴定特征

①扭裂面一般平直而光滑、整齐，地面上犹如刀切，产状稳定，延伸较远，连续性较好，倾角较陡，乃至近于直立。

②裂面上常发育大量擦痕，擦痕与断面走向一致，呈水平产出，有时被磨擦呈光滑镜面，甚至出现硅质、方解石等动力薄膜，有时出现一些绿泥石、绿帘石、镜铁矿等应力矿物。说明剪切研磨作用是应力矿物形成的有力因素，即使在常温常压下，赤铁矿也可被研磨成镜铁矿。

③由于扭应力的强度不同，扭裂带内岩块被扭碎、研磨的程度也有所差别，常见的构造岩有次元化的角砾岩、碎裂岩、糜棱

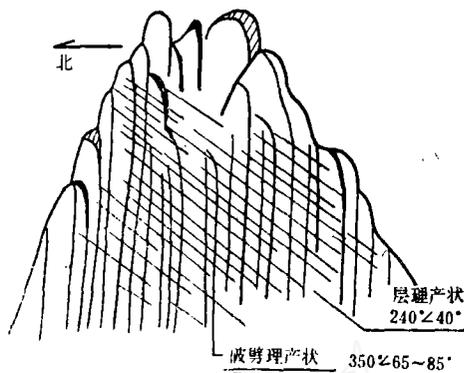


图 II—7 广西水岩坝层理被破劈理切割掩盖情况

岩。通常有明显的糜棱岩化现象，角砾在扭裂带中有时呈定向，有时出现与扭裂面平行的纹理。

④扭裂面可以切穿岩脉、岩层、砾石、结核、鲕粒和化石等，基本上不受围岩或其它条件的影响，经常把岩石劈切呈薄板状，间距近等，形成一些假条带，有时会误认为层理。如图 II—7 所示，在灰岩中发育一组近直立的密集的破劈理切割层理。

⑤扭裂面两侧的次级构造较发育，岩层产状也有变化，往往牵引呈小褶皱，有时有羽状节理、人字型分支构造、帚状构造，也有时出现两组密集的节理，把岩块切成菱形，远离扭裂面则逐渐消失。

⑥扭裂面常成群平行出现，形成扭裂

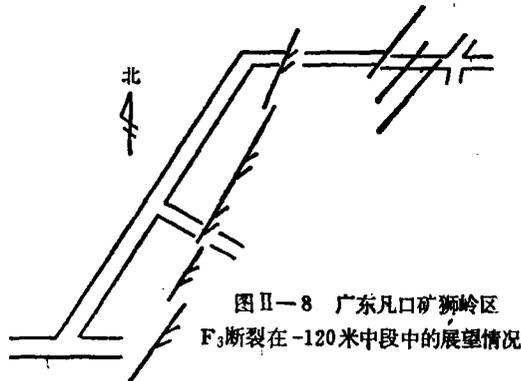


图 II—8 广东凡口矿狮岭区 F₃断裂在-120米中段中的展露情况

带,有时则组成雁行状斜列或两组扭破裂交叉成网状或呈共轭面产出。一组斜列扭裂面沿走向也有断续现象,在其斜列相交接的部位,有时发生偏转弯曲,然后另一条扭裂面再出现,形成“尖灭侧现”现象,如图 II-8F,断裂的“尖灭侧现”现象。有时扭裂面呈菱形结环状组合形态。

(4) 压扭性破裂结构面的鉴定特征

此类结构面可用压性及扭性结构面的鉴定标志加以判别。

①压扭性破裂面本身也往往具有舒缓波状特征,但它比较平直,而且波状结构不对称,如图 II-9(1)所示。



图 II-9 压扭性破裂面的不对称波状及斜列特点

②压扭性破裂面的组合形式也常有斜列现象,但一般斜列角较小,相邻的两条破裂面的重叠部分也较短,如图 II-9(2)。

③压扭性断裂带中常出现一系列不对称的构造透镜体,透镜体的边界特点是一条边长一条边短,这是两组扭裂面把岩块切割成近于菱形体,再经过压扭作用而形成的。它们的排列方式与整个压扭带呈一定角度斜列,利用它们可以判断相对扭动方向(图 II-10)。

④构造岩既有压性又有扭性特点,容易出现旋转晶粒,有时可把扭裂的角砾棱角逐渐磨圆的现象叫做糜棱构造角砾岩或糜棱构造砾岩。可以根据胶结物的多少和糜棱化程度来加以定名。

⑤裂面旁侧派生构造很发育,如人字型、旋卷构造和小型多字型构造可成串出现。

⑥压扭性断裂带中的相变和应力矿物是五种结构面中最复杂的一个,应力矿物出现的种类很多,常见的有绿泥石、滑石、叶腊石、绿帘石等柱状、片状矿物呈定向斜列。而且一些压溶重结晶矿物如石英、方解石等充填或紧贴断面上。并见石英有规律的波状消

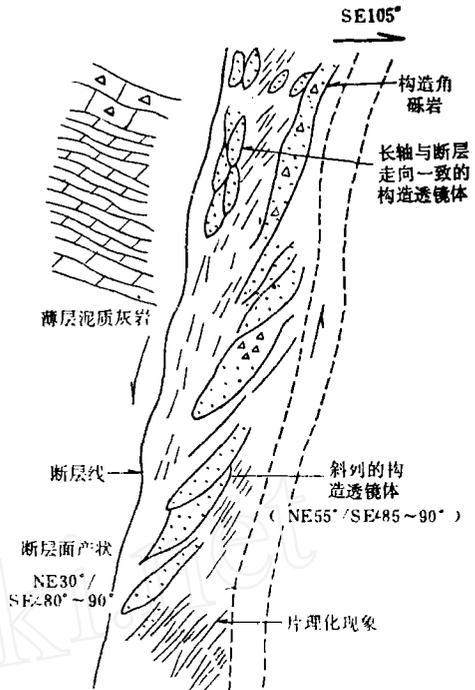


图 II-10 河南鹤壁黑峪压扭性断裂

光、扇形花边消光等现象。

⑦压扭破裂面上的擦痕、阶步很发育,擦痕与阶步均与断面走向倾向斜交,上盘向上斜冲。

(5) 张扭性破裂结构面的鉴定特征

①张扭性破裂面或破裂带总体展布较平直,但不光滑,且产状不稳定,连续性差,常呈不对称的锯齿状,如图 II-11(1)。



图 II-11 张扭性破裂面的不对称锯齿状及斜列特点

②在张扭裂带内有时有糜棱角砾岩,棱角有时被磨圆,也呈一定方向斜列。

③张扭性裂面成群出现时也有斜列现象,但斜列角度较大,两个邻近的破裂面之间斜列重叠部分也较多,如图 II-11(2)。

④张扭性裂面上擦痕、阶步不太发育,若出现擦痕、阶步,也均与裂面走向或倾向

斜交，表现为上盘向下斜落。

三 结构面的研究方法

1. 野外调查

(1) 观察内容。

①从宏观的角度，观察结构面的总体自身形态特征。

②结构面旁侧或构造带范围内，岩石、矿物的形变特征。

③结构面的伴生和派生构造。

④构造带影响范围内，有无相变或新生应力矿物出现。

⑤结构面的排列组合方式。

⑥构造岩的特点、矿物是否出现压力影以及沿断裂带岩浆活动的特点等。

(2)在抓主干构造的基础上，搞好有生成联系的构造形迹之间的配套工作。

在野外工作过程中，我们常可见到很多性质不同、方向不一致的构造形迹，要弄清它们之间的联系及规律性，就必须首先注意主干构造的方向，包括褶皱、断裂等，并分清与它们相配套的成分。研究主干构造时，要注意抓挤压带，因为它往往位移不大，但具有强烈挤压现象，有时表现为强烈褶皱、倒

转、逆冲断裂带、挤压破碎带、岩层陡立带、压劈理带等，应作为填图标志，表示在图上。

(3) 剖面研究。

在主干构造出现的地区，做垂直于断裂走向的实测剖面，观测结构面出现的频度及强度变化，并表示在平面和剖面图上。要在断裂影响区内分出几个带：构造影响带、强烈影响带、主干构造带；通过对结构面进行剖面研究，能较系统地了解其发育特点。此外，在测剖面的同时，可进行构造岩取样、同位素年龄取样或根据需要采集化学光谱样品，以了解它们的地球化学特点。

(4) 对脉体、矿体充填形态的研究。

有一部分结构面，是有脉岩充填的，有的脉岩就是矿体，一般来讲脉体形态与脉壁特征反映了不同力学性质的结构面的特征，准确地鉴定被脉体充填的结构面的力学性质，对找矿勘探有重要的实际意义。

①压性破裂面控制脉体的特征：平面内常见一系列规模不等的呈尖灭再现的透镜状或串珠状脉体或矿体，它们之间多是互相连接的，如图 II—12—(1)。脉内“中石”常为透镜状，其长轴与矿脉近于平行，脉壁呈舒缓波状。当成带出现时，往往分支再合交织成网，如图 II—12—(2)。

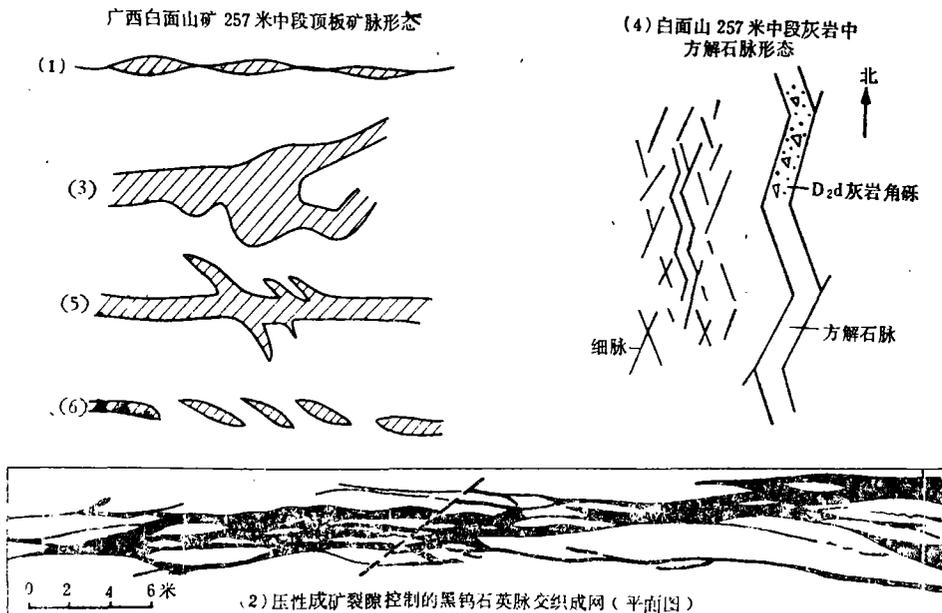


图 II—12

剖面上，产状较缓的地段，矿体膨大，主脉两侧发育有与主脉平行的细脉带，有时也有羽毛状、入字型支脉，脉壁常有凹凸面且光滑，有时出现逆冲擦痕。

②张性破裂面控制的脉体特征：脉体形态不规则，急剧膨大或突然尖灭，如图 II—12—(3) 所示呈明显角度转折，组合成锯齿状、树枝状等。在脉体转折处常可见反映扭裂面的脉体“小尾巴”，如图 II—12—(4)。脉壁粗糙，参差不齐，有时出现棱角状夹石。

③扭性破裂面控制的脉体特征：产状稳定，单体形态简单，延伸较长且平直，脉壁光滑，有水平或近水平擦痕，在主脉旁侧发育有张性羽状支脉，如图 II—12—(5)。在矿脉尖灭再现的中间地段，有时有呈雁行式排列的张裂隙为矿脉充填，如图 II—12—(6)。多数呈尖灭侧倾、斜列、X 型等形式。两组交叉处矿脉明显增大。

④压扭性破裂面控制的脉体特征：一般脉体形态比较规则，沿走向和倾向延伸较大。常成群出现，呈雁行状排列，单脉之间首尾相接，重迭较少，与总体方向夹角较小，如图 II—13。脉壁特征与压性、扭性相



图 II—13 压扭性成矿裂隙控制的矿脉形态(平面图)

似，透镜状夹石与主脉方向斜交，但角度不大。裂面的缓倾处易形成富矿。

⑤张扭性破裂面控制的脉体特征：矿体形态极为复杂，如图 II—14。尤其是旋扭性破裂控制的矿体形态更为突出。成群出现时，也常呈雁行状排列，单脉之间重迭较多，与总体方向夹角较压扭性稍大。脉壁一般也比较粗糙，透镜状夹石与主脉方向斜交，角度较压扭性的为大，在张扭性断裂的陡倾处容易形成富集矿。

2. 室内研究工作



图 II—14 张扭性成矿裂隙控制的矿脉形态

这方面的工作过去做的不够，今后需进一步加强。

(1) 微观研究。

重点是在显微镜下研究构造岩，目前有两种做法：

①构造岩分类。把确定结构类型与鉴定结构面的力学性质结合起来分析研究，如类型有碎裂岩、角砾岩、压扁岩等。

②专门观测分析。要求采定向标本，可做垂直 a、b、c 三个应力轴的切片，研究微观形变特点，如确定压、张、扭、压扭、张扭形变破裂面等。还要研究矿物特性的变化，有无新生应力矿物的产生和有无光性异常，如石英的波状消光、变形纹等，在压扭性断裂带内云母多变成含硅较高的白云母。还可进行岩组分析，对岩矿颗粒的解理、光轴的定向测定等等。在研究微观形变的基础上，再作定量分析。

(2) 宏观研究。

如利用航空照片判读和卫星照片解译，目前主要用目视法，对大规模的压、张、扭等不同力学性质的结构面进行分析。

(3) 综合分析填写卡片。

对前述观察的内容像断层产状、宽度、延伸方向、位移情况、构造岩特点、伴生派生构造、采样分析结果、观测点统计等进行归纳记录。

通过上述几方面的研究工作，才有可能对结构面的力学性质有正确的认识。