
油 矿 地 质

(第二分册)

40158



西南石油学院石油地质教研室

1978.3.

一、研究油气田地下构造（包括古隆起）的意义内容和方法：

目前世界上所发现的油气田大多和构造或古隆起有关，因此寻找构造及古隆起，研究构造（古隆起）和油气聚集的关系是油气田勘探的一个重要内容。对于构造油气藏以及与古隆起有关的油气藏，其油气水的分布规律受构造、断层、地层岩性等多因素所控制，为了掌握油气水的分布规律、圈定油气的分布范围，必须弄清构造的形态、特征、规模大小，断层的性质、规模、大小，地层的变化，以及构造、断层与地层间的相互组成关系等。对于裂缝性的油气藏，裂缝是油气高产的控制因素，为了寻找裂缝发育带，掌握在构造上的分布规律必须弄清构造的形态特征及力学性质，分析裂缝与构造、断层、地层岩性等各种因素的相互关系。

一个地区的地质情况往往很复杂，它们是在漫长的地质史发展过程中形成的，由于受历次地壳运动的影响，上、下构造可能不符合，这就给油气勘探工作带来很大困难。只有弄清油气田地下构造情况才能有效地进行勘探。这方面伊朗油气田的勘探过程有过深刻的教训。

最先在这里打井的是英国人，1884年M·赫兹在伊朗中央盆地西部保尔希·达莱克油苗附近钻了三口油井均未发现油气。1901年澳大利亚的百万富翁原籍英国阿·达西先后在克尔曼善、马马庭等地钻了几口井也未得油气，资金困难，准备放棄勘探工作。就在这个时候，一个法国考古学家在伊朗考察拜火教的遗迹后，在巴黎报上报导了马斯捷德——依——索莱曼地区，有大量的油气苗，並认为这里可能找到油气。这一报导重新引起了达西公司的找油兴趣。1903年开始在马斯



捷德——索——莱曼地区打探井，于五月二十六日在M/1井深350多米的下法尔层获得 $36\text{m}^3/\text{日}$ 的油流。这种发现完全是偶然的，因为它只是简单地追踪油气苗，没有明确的钻探目的，也没有可靠的找油方向。但是这口井成为揭示中东油区的第一口油井，说明中东地区地下有油。这口井发现以后有些地质学家提出应进一步向南勘探，这一地区有许多背斜构造，油气显示也很好。以后开始集中在这个地区钻探，但迟迟打不开局面。主要原因是一，地下构造没搞清楚，钻井偏出构造；二是由于地层条件复杂，钻井未到目的层就报废。

如加奇萨兰地面为两个背斜，主要储集层阿斯玛里灰岩构造在地面却正好处于两个背斜之间的平缓向斜部位。1923年按地面构造背斜部位钻了两口探井都无结果。后有些地质学家认为马斯捷德依索莱曼油田上，在地层水平部位是高产区，应打地层平缓处，于是又在浅层向斜轴部打了三口井，头两口井因工程事故报废。向斜中的第三口井在阿斯玛里盖层中见到油，带出高压天然气，被迫停钻。实际主要油层未发现，地下构造也未搞清楚。

1934年在伊朗开始使用地震勘探法，由于地震方法的使用，地下油层构造情况研究得比较清楚，解决了井位部署问题。再加上对阿斯玛里油层广泛采用了先期完成，解决了油层上部的垮塌和高压气水层的工艺问题，保证了油层安全钻开。

根据地震勘探成果，把以往作过的地面构造，一个一个的复查。对许多构造重新定井位，对原来作了否定结论而废弃的井，根据地震资料认为构造部署有利的重新搬钻机加深钻探。加奇萨兰地面向斜部位打的3号井已废索，地震查明这口井位于深部油层阿斯玛里灰岩构造的高部位，决定加深钻探，结果打出了日产4150方的高产油井。随后又在这个油田上轴部偏东翼部位打出了日产13000方的高产油井，目前

加奇萨兰仍是伊明几大油田之一。

上述例子说明了在勘探过程中对油气田地下构造研究的重要意义。

在油气田开发过程中，油气水运动状态也受构造、地层、岩性等因素所控制，为了弄清油气水运动状态与构造、断层、地层、岩性的关系，从而掌握油气水在开采过程中的动态变化规律，以便采取有效措施调整开发方案，合理开采油气田，必须经常分析油气水运动状态与构造、断层、地层、岩性等关系。

根据生产实际中提出的问题，油气田地下构造（包括古隆起）研究的主要任务可以归纳为以下几点：

(一)准确地编制出反映油气层的构造形态、高点位置的构造图：

油气田地下构造图是生产中一种很重要的图件，根据各项资料综合分析，可以在构造图上圈出含油（气）面积，从而掌握油气水的分布规律，指导油气勘探。因此，构造图是正确布署探井的重要依据之一。开发过程中布署生产井位，分析油气水在生产过程中的运动状态，掌握油气水变化规律也需要构造图。因此，编制正确反映油气田地下构造的构造图乃是油气田地下构造研究的首要任务。

油气田地下构造图的编制是在综合分析各项资料的基础上进行的。在勘探初期钻井资料较少或未钻井的情况下，构造图的编制主要靠地震资料。众所周知，在地层条件较复杂，岩性变化较大的地区，地震波传播速度变化较大，因此地震反射界面的深度误差也大。如川南地区二迭系构造顶部一般差值为50~60米，构造翼部深度误差则为250~300米。因此在有钻井资料的情况下应用钻井资料校正反射界面的深度。在钻井资料较多的情况下，应通过地层对比，综合地震资料分析可以作出精度较高的构造图。在生产过程中还可以根据各井油气水生产变



化情况，压力变化情况进一步检验认识结果。这样通过实践认识再实践再认识的反复过程，可以作出正确反映地下客观情况的地下构造图。

(二)分析古沉积史绘制古隆起图，分析古隆起和油气聚集的关系：

随着生产实践的发展，扩大了人们找油找气的领域，实践证明在古隆起中可以找到和构造类型一样的大油气田，如我国华北地区的任丘油田就是一个典型的例子。

所谓古隆起是指一个地区在沉积发展史的某一地质时期中，相对于周围沉积环境隆起较高。可以是背斜上升隆起（称为“古构造”）也可以是古地貌在地形上相对较高的山丘（称为“古潜山”）。可以在水面以下接受沉积，也可以上升到水面以上遭受侵蚀。有的古隆起和现今构造一致，如威远古隆起，有的则不一致。

从油气藏形成的观点来看，古隆起对油气的聚积十分有利，只要有生储盖的条件和合适的圈闭就有可能形成油气藏。如我国渤海湾油区，第三系沉积时是一个高山耸立、岛屿遍布的水盆。岛屿高差很大，一般均在500米以上。古潜山与生油凹陷相间排列，或者面临生油凹陷，其间往往为一条大断层所隔，在空间上构成山、谷、断三位一体的生成关系。形成生油（深凹陷）、供油（通大断层）、圈闭（潜山及与潜山有关的各种构造）、地层、岩性油气藏。如图（Ⅲ-1）。

从上述可以看出与古隆起有关的油气藏类型是多种多样的，对于这种与地层岩性有关的油气藏勘探是比较复杂的，必须综合各项资料分析古地理古地貌古沉积相等找出有利的储集岩性和地层的规律。

古隆起（或古构造）图一般采用等厚度法来编制，但对那些至今仍保持原来基本形态的古隆起作图方法则与一般构造图的编制方法相同。用等厚度图来恢复当时古隆起的形态是以下降幅度与沉积的地层厚度相

图 III-1 潜山背斜构造油气藏分布示意图

一致作为前题，也就是说隆起最高的地方地层厚度最薄，凹陷最深的地方地层厚度最大。这种情况就象海洋中海底地貌一样，海水的深浅反映了地形的高低。因此只要作出某个时期的地层厚度等值线图（包括等厚度剖面图）就可以反映出古隆起在该沉积时期的隆起形态。如图（III-2）所示为某沉积盆地二迭纪末期的地貌（或古构造）以“P”面表示，三

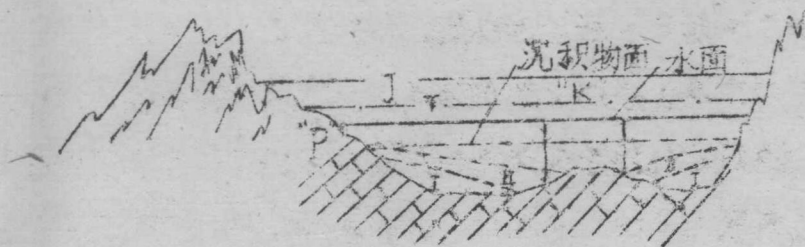


图 III-2 利用沉积厚度分析古隆起原理示意图

迭纪沉积初期沉积物首先沉积在盆地边缘，如“Ⅰ”沉积期，以盆地中心逐渐增多，如“Ⅱ”沉积期。经过三迭纪漫长的沉积以后沉积物也近水平。当然整个盆地不会绝对水平，可能从盆地边缘到中心有一定平缓角度的倾斜面，但从局部地区来看，如“Ⅱ”区可近似看作水平。这样“Ⅱ”地层厚度便反映了“Ⅱ”区Ⅱ时期的P末该区古地貌（或构造）形态。从以上简单的论述中可以看出利用某时期的地层等厚度可以反映该时期构造（或古地貌）形态。

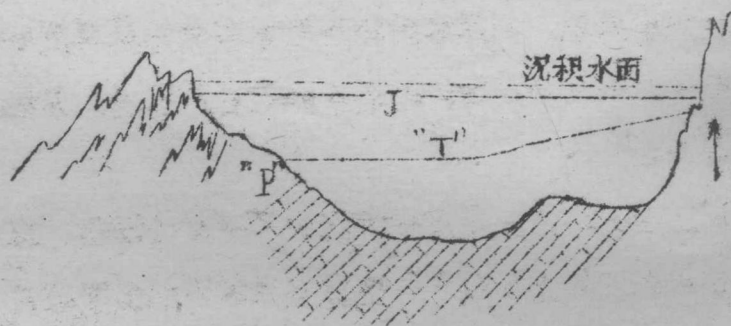


图 Ⅲ-3 用地层累积厚度分析古隆起原理示意图

同理以后各时期构造面形态可以作各时期地层累计厚度等值线图来反映。如“Ⅱ”时“Ⅱ”构造面形态，可以用“Ⅱ+Ⅱ”地层总厚度等值线图来反映。如图（Ⅲ-2）假设整个盆地面貌未变，只是整体下降，因三迭系“Ⅱ”地层是水平的，显然“Ⅱ”地层在“Ⅱ”之上厚度不变各处相等，所以利用“Ⅱ”+“Ⅱ”地层厚度反映的“P”构造面形态不变。若沉积盆地东部上升（“P”构造面东部也相应上升），则“Ⅱ”地层（顶面也相应上升，“Ⅱ”沉积的地层厚度相应减小（如图Ⅲ-3）利用“Ⅱ”+“Ⅱ”地层总厚度等值线图也相应反映了“Ⅱ”时“Ⅱ”

构造面东部上升的形态。

综上所述可以得出以下两个重要结论：

1. 某时期地层等厚度图可以反映某构造面在该时期的沉积时的构造形态（或某时期古隆起形态）。

2. 为了了解某储集层（如“K”储层）各时期的古隆起情况可以逐渐累积各时期的地层厚度，分别作出各累积地层厚度的等值线，即反映各该时期某储集层（如“K”层）顶面的古隆起形态。

地层厚度资料在无钻井资料的情况下可以利用地震反射层资料。

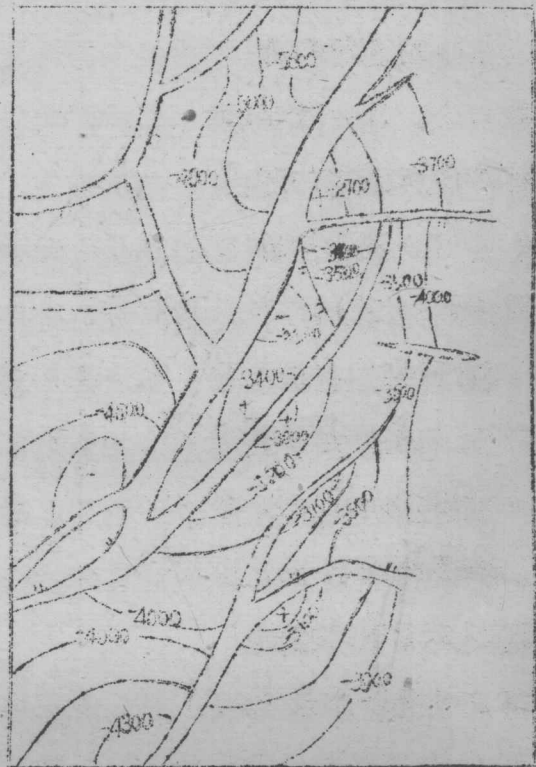
根据上述简单原理，利用各时期逐渐累积的地层厚度等值线图，综合其它资料就可以分析油层的古隆起各时期发展情况，从而找出油气藏聚集规律指导勘探。

例如：任丘油田。任丘是冀中拗陷中的一个古潜山。冀中拗陷基岩为前震旦系花岗岩，其上沉积了一套震旦系和下古生界寒武系地层，缺失志留泥盆系地层，石炭二迭系沉积以后拗陷长期隆起，并遭受强烈剥蚀，使石炭二迭系地层在很大部分地区缺失，特别是盆地内同生断层活动使拗陷内隆起较高部分遭受剥蚀更甚，古隆起区羣山林立，为储集层形成创造了良好的条件。第三纪初形成湖盆接受第三第四系湖盆相沉积。根据钻井和物探资料表明，第三系砂泥岩沉积最厚可达7000多米，为油源提供了强大的物质基础。任丘油田就是在这种条件下形成的。

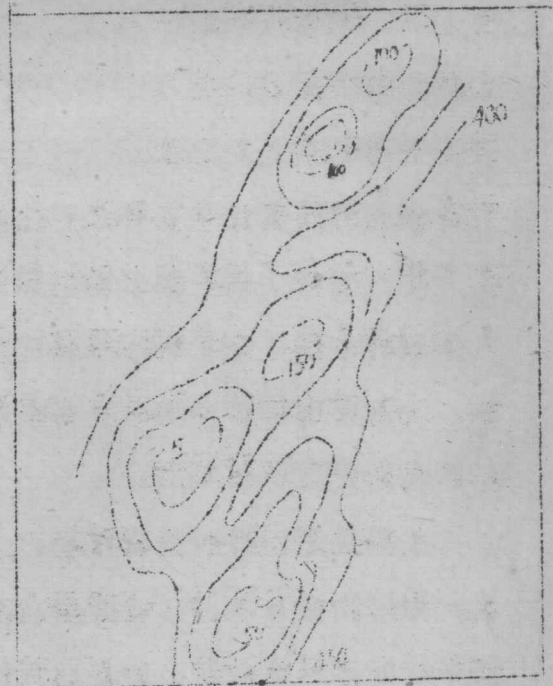
任丘潜山带由四个山头所组成如图（Ⅲ-4），每个山头均为北东走向，是雁行排列。山头与山头之间均有断层分割，断层和地形有密切的成生关系。通过钻探证实潜山带是一个由单斜构造组成的单面山，单斜面倾向 $64^{\circ} \sim 76^{\circ}$ ，潜山西侧为一大断层所切，使潜山矗立。

油藏形成与潜山的隆起和发展密切相关。第三纪初任丘潜山崛起于

冀中湖面，经过长期剥蚀震旦系地层暴露地面。当时山脉自北而南有三个山头，如图（Ⅲ-5），北中部山头较高，初期高出水面480米以上，南部山头较低，高出水面470米（经压实作用校正）。整个古潜山和现在潜山主体部分基本一致。组成潜山的下古生界和震旦系地层，经历了加里东、海西、印支、燕山构造期的变动，也遭受了自石炭二迭纪以后到老第三纪早期（沙一期）的风化剥蚀，使得震旦系雾迷山组直接暴露地表，气候由白垩纪的干燥炎热转变为潮湿，有利于雾迷山组白云岩的岩溶，形成了巨厚的缝洞发育的潜山风化体。在接近于湖水面的潜山体，由于长期的水溶和化学溶解作用，形成了缝洞发育水平潜水带。根据钻井资料与潜水面层位相当的缝洞发育段可以互相对比，分布

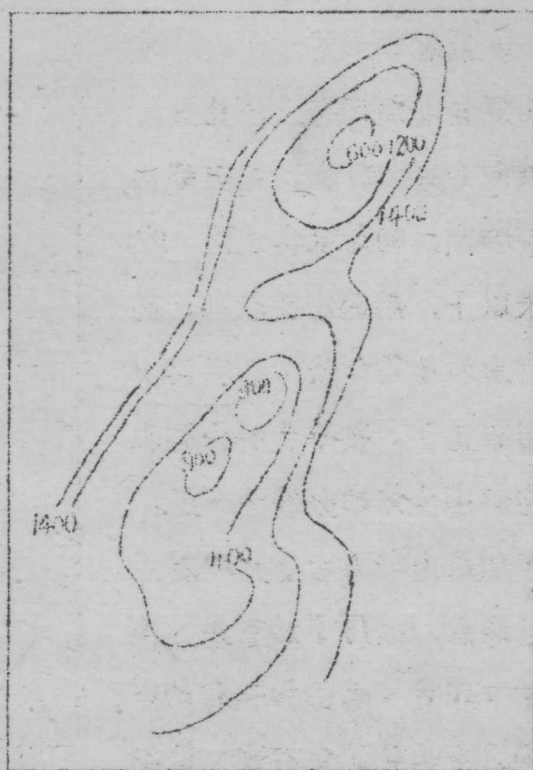


图Ⅲ-4 构造示意图



图Ⅲ-5 沙二三沉积时古潜山形态示意图 (沙二三等厚度图)

于一个面上。这一段到雾迷山组顶面距离为500米。这一数字和等厚度图所确定的潜山高(480米)接近(见图Ⅲ-5)。



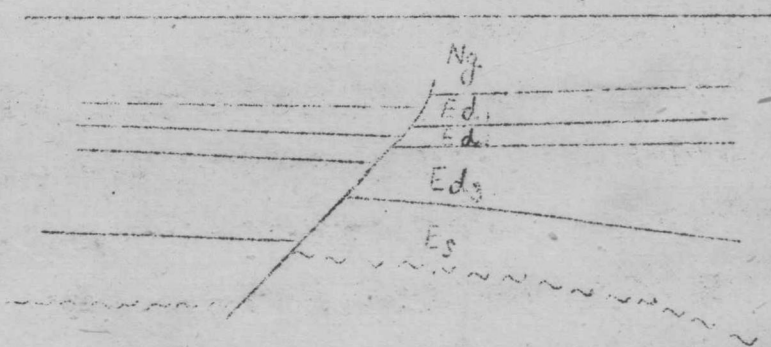
图Ⅲ-6 东二沉积时古潜山形态示意图
(沙二~东一等厚度图)

沙二沙三时潜山逐渐下沉,因此沙二沙三地层在潜山四周逐渐超覆。到东营时整个潜山体沉到水面下,但潜山的隆起情况基本未变,见图(Ⅲ-6)。但略有差异,东营沉积时潜山体为两个高点,北部较高相对高差800米,

南高点相对高差仅500米。此时西侧至断层活动频繁,使西侧凹陷剧烈下降,沉积了巨厚第三系地层(沙二~东营)为油气的生成提供了强大的物质基础,通过侧向运移,油气进入潜山风化体中及其它储集层聚积。进入潜山体顶部缝洞发育带形成碳酸盐块状油藏,进入水平缝洞带的形成碳酸盐层状油藏。

上第三纪馆陶明化镇时期,上第三系地层东薄西厚,见图(Ⅲ-7), N_g 为一西倾的单斜,说明潜山东部略有上升。潜山隆起略为平缓,但仍保持原来基本面貌,这是区域性构造运动的影响。

以后由于断层的进一步发展，使潜山呈现现在面貌，见图（Ⅲ-4）。



图Ⅲ-7 剖面示意图

(三)分析油气水的分布规律及高产控制因素：

研究油气田地下构造的最终目的是圈出整个油气藏的含油（气）面积，指出高产部位。为此必应用各项有关资料，如地层、岩性、试采及油气水分析化验资料等。分析内容和步骤如下：

1. 准确确定油气水层位，特别是出水井应研究出水原因，判断出水层位。

2. 进行各井的油气水层对比，确定是否连通，是否属于同一压力系统。不连通的系统应分析其原因，是岩性因素还是断层因素。

3. 按各系统分别划出油气田边界。

4. 分析高低产原因：

属于岩性方面的，应分析岩性和岩相关系，岩性与古地理关系，以及岩性的次生变化与构造的关系。

属于与侵蚀有关的，应分析侵蚀性质、侵蚀与古地貌的关系，侵蚀与古环境的关系等。

属于裂缝性的应分析裂缝性质、裂缝与构造的关系、裂缝与断层的关系等。

二、构造形态、断层和裂缝的受力分析：

从地质力学的观点来看，一个地区的构造断层和裂缝的形成是整个区域地质应力作用的结果，它们之间有着十分紧密的内在联系。因此从地质力学的观点来研究一个地区的构造特征、断层和裂缝、构造间的相互关系，以便掌握它们的分布规律就成为十分重要的课题，为此引述一些有关地质力学研究的成果作为分析构造、断层与裂缝的参考。

(一)构造、断层力学成因类型：

构造成因类型有两种：水平侧压力形成的构造和垂直作用力形成的构造。水平作用力形成的构造，褶皱发育而强烈，褶曲不间断背向斜相间排列，平行延伸很远，平面上呈平行状或分枝状，褶皱轴面多向一个方向倾斜，规律性较为明显。而垂向作用下形成的构造，形态多种多样，但褶曲轮廓清楚，最大特点是愈往深处愈强烈。

断层可以由剪切应力引起，也可以由张应力引起。但在通常的地质条件下，由剪切力破裂形成的断层比由张性破裂形成的断层更为常见。正断层、逆断层和平移断层开始形成阶段都有剪切面。它们是在水平挤压或水平引张作用下沿剪切面形成的。

褶皱形成时有断层伴生，不同力学成因的构造有各种不同类型的断层出现。

当地层受到水平挤压作用时可能产生纵向和横向正断层。在背斜两翼地层转折处因潜在剪切面而发育逆（冲）断层。也有可能沿直立剪切面或沿横向张裂隙面产生与褶曲轴向斜交的平移断层。

垂向作用下形成的构造一般以短轴背斜和穹窿等形式为主。所伴生的断层有放射状及环状断层。也有可能短轴背斜上因隆起产生引张形成正向和纵向正断层。

以上所述，仅仅是在同一方式的应力作用下与褶皱构造有成生关系的某些断层的发育分布特征。当然，这决不是说断层一定由褶皱的发展而产生，有些地区或地带的褶皱也可能是由于该区或相邻地区的断裂构造运动而产生的。另外有些地区的断层不直接与个别褶曲的生成发展有关系，而与这个地区的整个构造发展有成生关系。因此这些断层的类型和分布，就不是与个别褶曲有直接的力学成因联系。但从整个地区的构造特征及其发展来分析，仍可找出这些断层的形成的分布规律（可参考区域构造的力学成因分析）。

(二) 裂缝的力学成因类型：

裂缝和构造、断层都是地质应力作用的结果，它们之间有广泛的联系，表现在下述方面：

1. 与构造作用同时形成：

当岩层受到与层面平行的水平方向的压力作用，达到一定限度，但未发生褶曲时，岩层沿垂直于挤压力的水平方向会有少许引张，于是在挤压与引张两个互相垂直的主应力作用方向之间，即最大剪切应力作用的方位上产生了早期的“X”型剪切裂缝（图 III-8）它们在平缓的岩层面上呈“X”型，裂缝走向与后来的褶皱轴斜交。裂缝面一

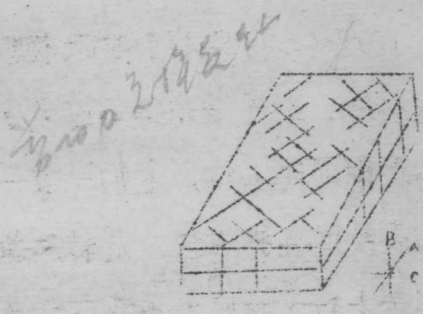


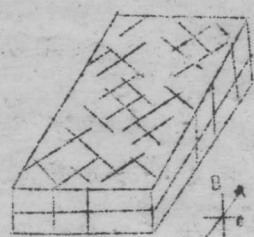
图 III-3 岩层褶皱前的剪切裂缝系

一般是直立的（也与岩层面直交），而把岩层切割成如象棋盘格子式。

当水平侧压力继续作用，岩层发生褶皱（如开始出现背斜）。在褶皱的横剖面上可以看到另一组“X”型剪裂缝系。这两组剪裂缝的走向都大致平行于褶皱轴方向，裂缝面与岩层斜交，为纵向“X”裂缝系（图Ⅲ-9）。

这是因为水平侧压力和岩层褶皱上拱而在垂直方向的引张，在两个主应力作用方向之间的剪切应力作用而产生的。

图Ⅲ-9 岩层褶皱时形成的剪裂缝系



岩层发生褶皱时，在岩层弯曲的外弯部分（如背斜顶部岩层的顶面，向斜槽部的底面）派生出垂直于褶曲轴向的局部性的张应力，由此而产生纵向张裂缝。同样，也由于褶曲沿枢纽方向发生波状弯曲而派生出沿枢纽方向的局部性的张应力，而产生了横向张裂缝。这两组张裂缝在其剖面上都是楔形裂口，并与岩层面直交，它们分别在褶曲的横剖面和纵剖面上排列成扇形（背斜中是正扇形，向斜中是倒扇形）。但因向斜向下弯曲，其外弯部分位于地下深处，因围压大，这两组张裂隙有时并不发育。

据野外实际观察和室内模拟试验的资料都证明，褶曲岩层中的这两组张裂缝，通常是追踪（迁就）早期发育的与岩层面呈直交的“X”型剪切裂隙而形成的，它们一节一节地追踪（迁就）早期发育的“X”型剪切裂纹而左摆右摆，展转反折而成锯齿状。但是它们的总的延展方向仍然是平行于主应力或垂直于主应力方向（图Ⅲ-10）。

与垂直运动有关造成的裂缝，由于主压应力方向是垂直于岩层，而主张应力方向随岩层弯曲而呈穹顶分布，故通常产生放射状张裂缝或环

状张裂缝系，这两组张裂缝系一般与岩层直交。

由垂直力作用而形成的短轴背斜，通常发育纵张裂缝与横张裂缝。在背斜倾伏端，这种张裂缝通常呈放射状（图 III-11）。此外，斜向“X”型剪裂隙（平面上呈“X”型）和纵向“X”型裂缝（横剖面上呈“X”）也可能产生。

以上所述的各裂缝组（系）是岩层变形过程中可能发育的裂缝构造。很显然，这些裂缝构造从它们的力学性质来说，或是张裂缝或是剪裂缝。但是它们是出现在岩层过程的不同阶段（序幕）因而也是不同应力方式产生的。它们的空间分布也就各不相同。它们在不同岩性和不同应力状态下，其发育顺序也是不同的。

还必须指出，地壳构造运动的动力方式是复杂的，影响岩石变形的因素也很复杂，我们不应该把穹窿构造及其上发育的放射状或环状的断裂构造简单地看成是只有垂直力所形成的。分析确定一个地区构造形成的运动方式和方向，必须全面地分析它与所有的构造形迹的关系

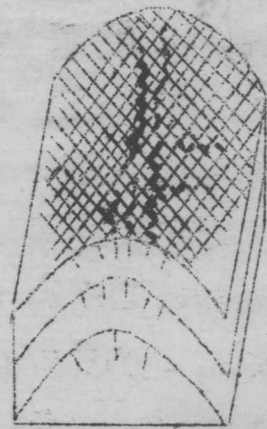


图 III-10 张裂缝追踪（迁就）早期剪性裂纹发育的示意图

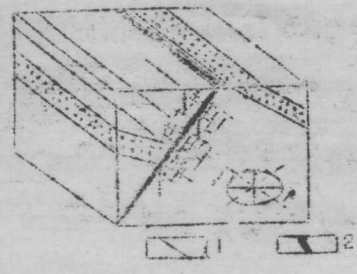


图 III-11 由垂直力形成的短轴背斜上发育的纵张裂缝和横张裂缝

和相邻地层的构造关系，才有可能得到。

2. 由断层的切变作用所产生的裂缝：

由于断层的切变运动，在断层附近岩块中相应方位上派生出局部性张应力和剪切应力，从而产生了与断层有成因联系的张裂缝和剪裂缝，它们发育在断层附近两盘岩块中。我们可以根据它们形成的力学方式应用应变椭球体，反过来判断断层两盘相对位移方向。



1. 羽状剪裂缝；
2. 羽状张裂缝

图 III-12 由正断层发育的羽状裂缝

(1)由断层运动派生的张应力所产生的一组羽状张裂缝通常与断层斜交。正断层和逆断层在剖面上，平移断层在平面上，这组羽状张裂缝与断层面（线）相交锐角尖端所指方向为裂缝所在的断盘相对位移方位（图 III-12、13）。

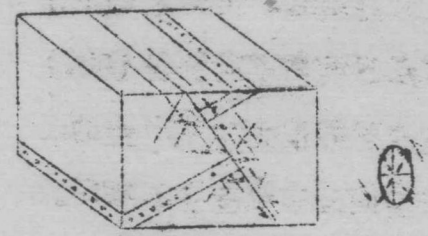


图 III-13 由逆断层发育的羽状裂缝

(2)由断层派生的剪切应力所产生的剪裂缝，其中一组剪裂缝与断层面线接近平行，另一组与断层面（线）斜交（一般夹角约在 70° 左右）。与断层面接近直交的一组剪裂缝，其相交锐角尖端所指方向，为对侧断盘相对位移方向（图 III-13、14、15）。但通常这一组裂缝不太发育。与断层面

(线)接近平行的那一组剪裂缝常比较发育。它们与断层面(线)也通常成很小的夹角(其夹角一般在 20° 左右)。如这一组发育则相交的锐角方向是指示本盘位移方向(图 III-15)。

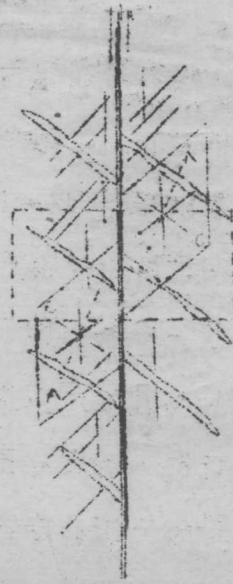


图 III-14 由平移断层发育的羽状裂隙

细实线
为两组剪裂隙
曲线为张裂隙



图 III-15 由断层发育的羽状裂隙