一、节理

（一）基本概念

1、节理：岩石受力作用形成的破裂面或裂纹，称为节理，它是破裂面两侧的岩石没有发生明显位移的一种构造。节理的产状也可用走向、倾向和倾角进行描述。

2、节理组和节理系：在同一时期，同一成因条件下形成的，彼此相互平行或近于平行的一群节理叫节理组；在同一构造应力作用下，形成有规律组合的节理组，叫节理系。

（二）节理分类

1、按节理的成因分类

节理按成因可分为原生节理、构造节理和表生节理。

(1)原生节理：指岩石形成过程形成的节理，如玄武岩的柱状节理

(2)构造节理：是岩石受地壳构造应力作用产生的，这类节理具有明显的方向性和规律性，发育深度较大，对地下水的活动和工程建设的影响也较大。构造节理与褶皱、断层及区域性地质构造有着非常密切的联系，它们常常相互伴生，是工程地质调查工作中的重点对象(相对于节理、表生节理)。

(3)表生节理：又称风化节理、非构造节理，是岩石受外动力地质作用(风、水、生物等)产生的，如由风化作用产生的风化裂隙等，这类节理限在空间分布上常局限于地表浅部岩石中，对地下水的活动及工程建设有较大的影响。

2、按力学性质进行分类

(1)张节理:在垂直于主张应力方向上发生张裂而形成的节理，叫张节理。张节理大多发育在脆性岩石中，尤其在褶皱转折端等张拉应力集中的部位最发育，它主要有以下特征：

裂口是张开的，剖面呈上宽下窄的楔形，常被后期物质或岩脉填充；

节理面粗糙不平，一般无滑动擦痕和磨擦镜面；

产状不稳定，沿其走向和倾向都延伸不远即行尖灭；

在砾岩或砂岩中发育的张节理常常绕过砾石、结核或粗砂粒，其张裂面明显凹凸不平或弯曲；

张节理追踪 X 型剪节理发育呈锯齿状。

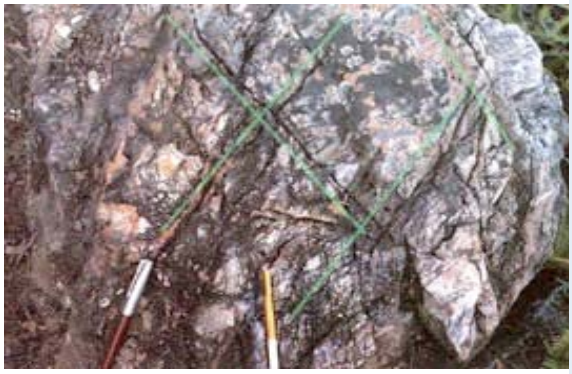
(2)剪节理：岩石受剪应力作用发生剪切破裂而形成的节理，叫剪节理，它一般在与最大主应力呈 45°夹角的平面上产生，且共轭出现，呈 X 状交叉，构成 X 型剪节理。它具有以下特征：

剪节理的裂口是闭合的，节理面平直而光滑，常见有滑动擦痕和磨光镜面；

剪节理的产状稳定，沿其走向和倾向可延伸很远；

在砾岩或砂岩中发育的剪节理常切砾石、砂粒、结核和岩脉，而不改变其方向；

剪节理的发育密度较大，节理间距小而且具有等间距性，在软弱薄层岩石中常常密集成带出现。

	
张节理	剪节理

3、按节理与岩层走向关系分类

(1)走向节理：节理延伸方向大致与岩层走向平行。

(2)倾向节理：节理延伸方向大致与岩层走向垂直。

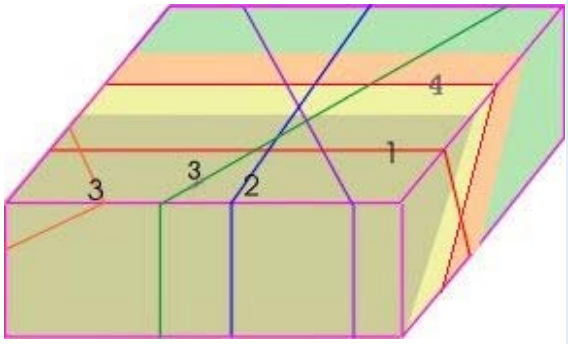
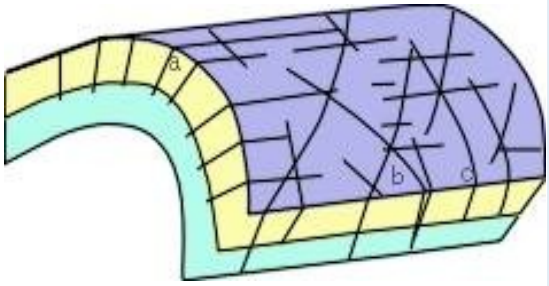
(3)斜交节理：节理延伸方向与岩层走向斜交。

4、根据节理与褶皱轴的关系，可将节理分为：

(1) 纵节理-节理走向与褶皱轴向平行

(2) 横节理-节理走向与褶皱轴向直交

(3) 斜节理-节理走向与褶皱轴向斜交

	
与岩层走向关系	与褶皱轴向关系

5、按张开程度进行分类

宽张节理：节理缝宽度　>5mm；

张开节理：　　3～5mm；

微张节理：　　1～3mm；

闭合节理：　　<1mm。

（三）节理的野外调查

1、调查的内容

(1)地质背景：包括地层、岩性、褶皱和断层的发育；

(2)节理的产状：走向、倾向和倾角；

(3)节理的张开和填充情况：包括张开的程度、充填的物质等；

(4)节理壁的粗糙程度：粗糙的、平坦的、光滑的；

(5)节理的充水情况；

填写节理观测登记表：

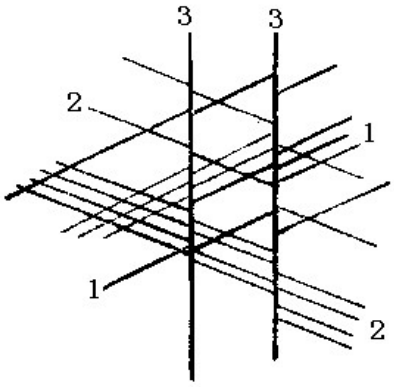
点号及位置	地层时代及岩性	岩层产状和构造部位	节理产状	节理组系、力学性质和相互关系	节理分期	节理密度(根/m2)	节理面特征及充填物

2、研究内容

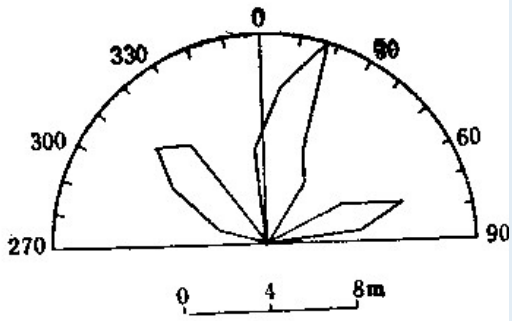
确定节理的成因、对节理进行分期、统计节理的间距、数量、密度，确定节理的发育程度和主导方向等。

节理的分期可根据节理的交切关系进行，比如后期形成的节理常将先期形成的节理错开，或者受到先期形成的节理的限制。

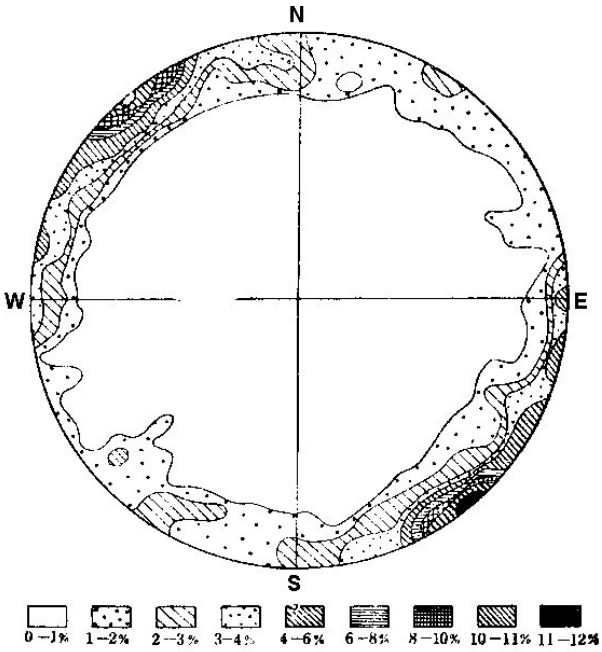
3、资料整理：节理玫瑰花图、等密图和电算处理等。



节理分期



玫瑰花图



等密图

（四）节理的工程评价

1、节理的成因：构造节理分布范围广、埋藏深度大，并向断层过渡，对工程稳定性影响较大。

2、节理的受力特征：张节理比剪节理的工程性能差。

3、节理产状：倾向和边坡一致的节理稳定性差。

4、节理密度和宽度：一般用节理发达程度来表示，节理越发达，对工程影响越大。

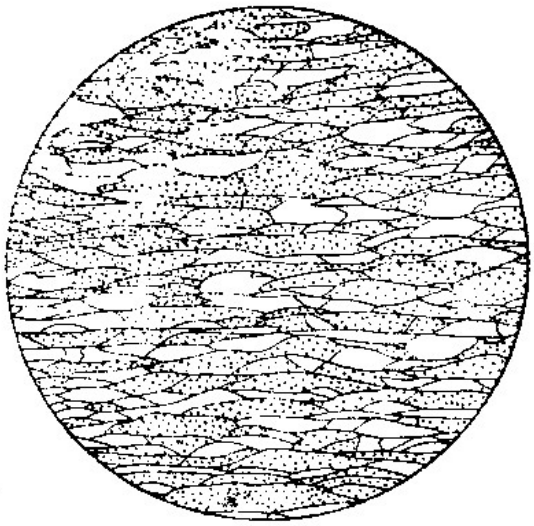
5、节理面间的充填物：充填有软弱介质的节理，工程地质条件差。

6、节理的充水程度：饱水的节理，其稳定性差。

二、劈理

（一）劈理的涵义 劈理是指岩石受力后，具有沿着一定方向劈开成平行或大致平行的密集的薄层或薄板的一种构造。沿着劈开的这种裂面称劈理面，相邻两劈理面之间所夹的薄板状岩片称微劈石。劈理面的产状也用走向、倾向、倾角表示。劈理使岩石具有明显的各向异性特征，劈理主要发育在构造变动强烈、应力集中的岩石地段，如褶皱构造的两翼、大断层的两侧及变质岩中，它不一定破坏岩石的完整性，但用力敲击时，岩石则容易沿劈理面劈开。

（二）劈理的分类 1、流劈理：是岩石受力作用后，由片状、板状或扁平矿物颗粒产生定向排列而成。常见于变质岩中，如板岩中的板理，片岩、片麻岩中的片理等。在平行于矿物定向排列方向上形成易于裂开的劈理面，使岩石具有分割成无数薄片的特征。流劈理比较光滑，间距也小，仅几毫米。



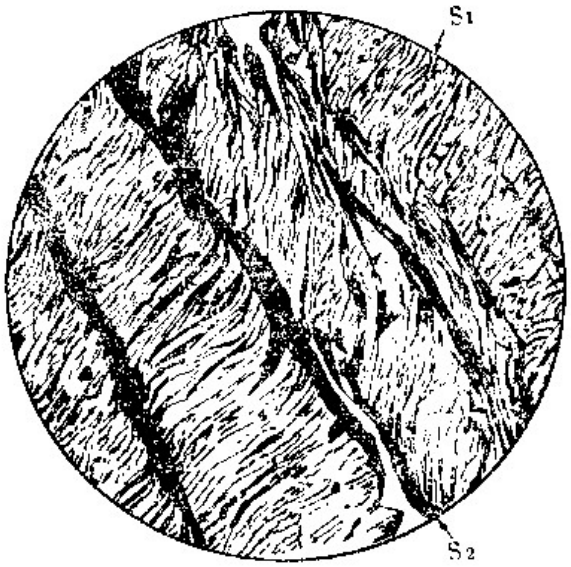
大理岩中的流劈理

2、破劈理：是岩石中平行密集，并将岩石切割成薄片状的细微裂隙。它是岩

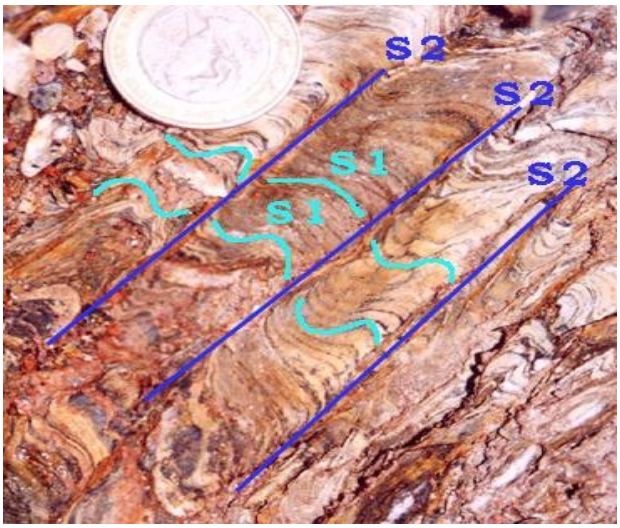
石受剪切作用形成的，与岩石中矿物的定向排列无关。因此，破劈理沿着最大剪切应力方向发育，其间距一般为几毫米～几厘米，大多发育在硬脆岩石间的软弱岩石中或硬脆的薄层岩石中。破劈理与剪节理的区别在于其密集性，其间没有明显的界限。破劈理的基本特征是劈理面平直光滑，近于平行，延伸稳定，密集成带。

破劈理

3、滑劈理：滑劈理也是岩石中平行密集的细微剪裂面，与破劈理的区别在于沿劈理面有微小的位移，滑劈理大多发育在具有鳞片变晶结构的板岩、千枚岩及片中。s1-流劈理 s2-滑劈理



板岩中的滑劈理



滑劈理

（三）劈理的野外研究 在岩石强烈变形和变质岩区工作时，应注意对劈理的观察，大量测量其产状并均匀地标注在地质图或构造图上，还要采集定向标本，供室内显微观测或研究用，要区分劈理和层理、测定劈理的间隔等。在野外，劈理的识别可从以下几个方面进行：1、切穿不同成分、颜色、粒度岩层的面，可能是劈理面。2、劈理在不同岩性的岩层中分布的频度与层面交角可能不同，甚至出现转折或弯曲。3、切穿岩层的夹层、透镜体、排列方向密集的破裂面，可能是劈理面。4、单个的劈理面一般延伸不远。

三、断层

（一）概念

岩层或岩体在构造运动影响下发生破裂，若破裂面两侧岩体沿破裂面发生了明显的相对位移，这种构造就称为断层。断层的种类繁多，形态各异，规模大小相差十分悬殊，规模大的断层延伸长度可达几百～一千多公里，而小的断层可在岩石标本上见到。断层的切割深度也不相同，有的可切穿地壳至上地幔。断层破坏了岩石的连续完整性，对岩体的稳定性、渗透性、地震活动和区域稳定性都有重大影响，从而影响工程的稳定性，与工程建设有着密切的联系。

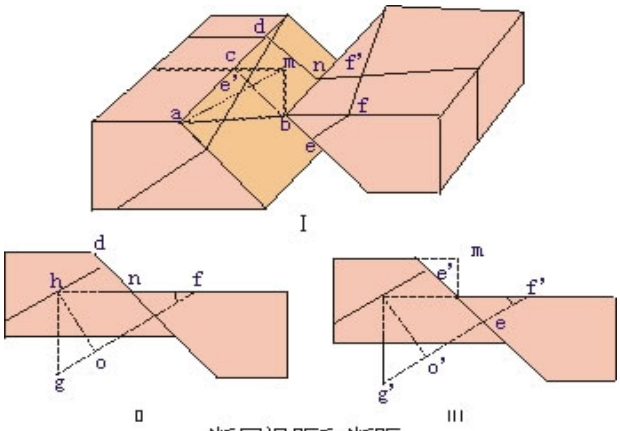
（二）断层要素

1、断层面：构成断层的破裂面，也就是断层两侧岩体沿之产生显著滑动位移的面，叫做断层面，产状可用走向、倾向和倾角确定。断层一般不是单个的面，而是由一系列的破裂面或次级断层所组成的带，即断层带或断裂带。

2、断层线：是指断层面与地面的交线，即断层面在地表的出露线，断层线延伸方向即是断层走向，延伸的消失点，称为断层的端点。

3、断盘：断层面两侧发生相对位移的岩体，称为断(层)盘。当断层面倾斜时，位于断层面上方的称为上盘、下方的称为下盘；当断层面近于直立时，则以方位相称，如东盘、西盘等；也可根据两盘相对移动的关系，把相对上升的称为上升盘，把相对下降的称为下降盘。

4、断距：断层两盘岩体沿断层面发生相对滑动的距离，称为断距。断距的大小常常是衡量断层规模的重要标志，断距又分为总断距、水平断距及垂直断距。



断层滑距和断距

I－断层位移立体图

II－垂直于被错断岩层走向的剖面图

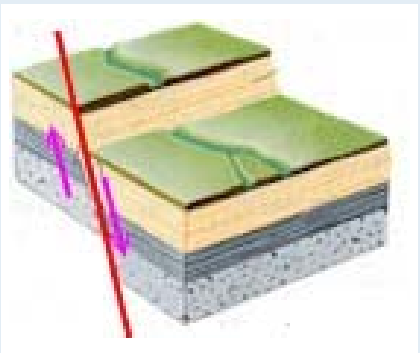
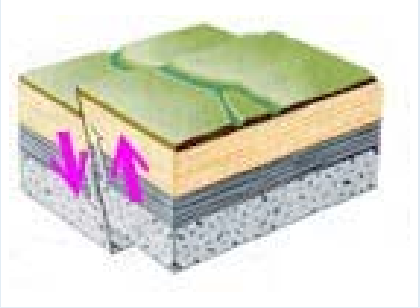
III－垂直于断层走向的剖面图

（三）断层分类

1、按断层面产状与岩层产状的关系分类走向断层：断层走向与岩层走向一致的断层；倾向断层：断层走向与岩层倾向一致的断层；斜向断层：断层走向与岩层走向斜交的断层。

2、按断层面走向与褶皱轴向或区域线之间的关系分类纵断层：断层走向与褶皱轴向或区域构造线方向平行的断层；横断层：断层走向与褶皱轴向或区域构造线方向垂直的断层；斜断层：断层走向与褶皱轴向或区域构造线方向斜交的断层。

3、按断层力学性质分类压性断层：由压应力作用形成，其走向垂直于主压应力方向，多呈逆断层形式，断面为舒缓波状，断裂带宽大、常有断层角砾岩。张性断层：在张应力作用下形成，其走向垂直于张应力方向，常为正断层，断层面粗糙，多呈锯齿状。扭性断层：在剪应力作用下形成，与主压应力方向交角小于45。，常成对出现。断层面平直光滑，常有擦痕出现。

4、按断层两盘相对运动的关系进行分类(1)正断层：上盘相对下降，下盘相对上升的断层，称为正断层。正断层的产状一般较陡，倾角在45º～90º，断层线比较平直，一般是由于重力作用或水平张力作用形成的，并在垂直于张应力方向上发育。	 正断层
(2)逆断层：下盘相对下降，上盘相对上升的断层，称为逆断层。逆断层产状一般比较平缓，倾角很少超过 70º，断层线常呈舒缓的波状曲线，断层面倾角大小又可分为：	 逆断层示意图

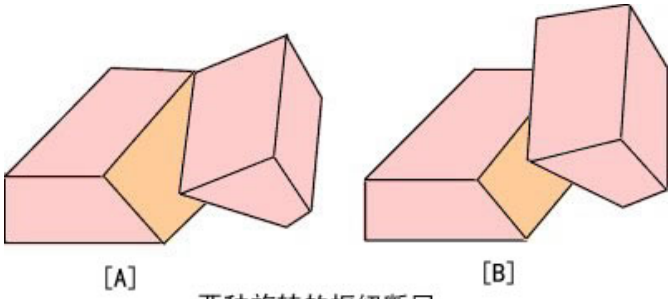
冲断层：　倾角　>45º； 逆掩断层：　25º～45°； 辗掩断层：　<25º。 推覆构造：巨大的外来岩席，沿着一个近于水平的滑动面(倾角小，10º～15º)，长距离的滑移(位移>15km)，常看一较老的岩层覆于较新的岩层之上。逆断层一般是受水平的挤压应力作用，沿剪切破裂面形成的，常与褶皱相互伴生，逆断层的规模一般较大，多为区域性的巨型构造。	 逆断层(手标本)
(3)平移断层：两盘岩体沿断层面走向作水平相对运动的断层，称平移断层。平移断层，断层面近于直立，断层线平直，延伸很远，断层破碎带较窄，在断层面上常有近于水平的擦痕。平移断层一般是在水平剪切应力的作用下形成的。	 平移断层示意图

（4）枢纽断层

正、逆、平移断层的两盘相对运动都是直移运动。事实上，有许多断层常常有一定程度的旋转。

断盘的旋转有两种情况：一种是旋转轴位于断层的一端，表现为横过断层走向的各个剖面上的位移量不等，一种是旋转轴不位于断层的端点，表现为旋转轴两侧的相对位移的方向不同，如一侧为上盘上升，而另一侧为上盘下降。

两种旋转均使两盘中岩层原来一致的产状不再平行一致。旋转量比较大的断层，可称为枢纽断层。



两种旋转的枢纽断层

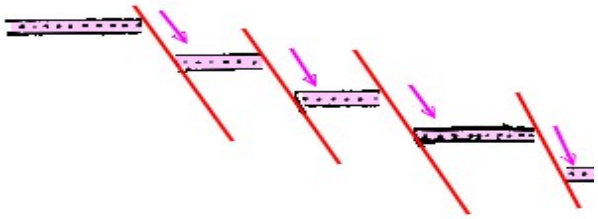
（四）断层的组合形态

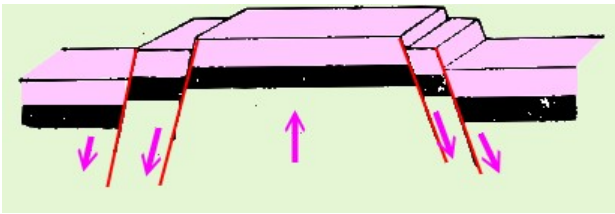
1、正断层的组合形式

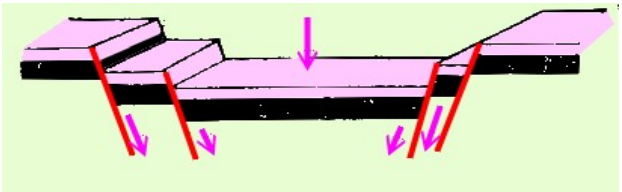
(1)阶梯状断层：几条产状大致相同的正断层，相互平行排列，各断层的一盘呈阶梯状向着同一方向依次下降的组合形态，称为阶梯状断层。

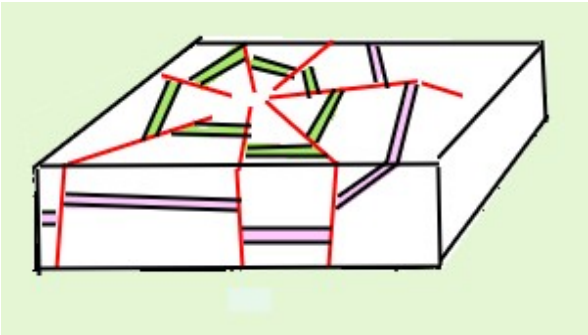
(2)地垒：两条以上平行的正断层，断层面相对倾斜，其中间岩块为共同的上升盘，两侧断层的上盘呈阶梯状依次下降，这种组合形态，称为地垒。

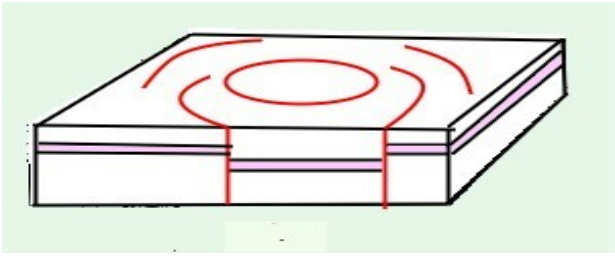
(3)地堑：两条以上平行的断层，断层面相向倾斜，对称排列，其间为共同的下降盘，两侧断层的断盘依次上升，这种组合形态的断层称为地堑。另外还的环状和放射状断层：


阶梯状断层


地垒


地堑


放射状断层

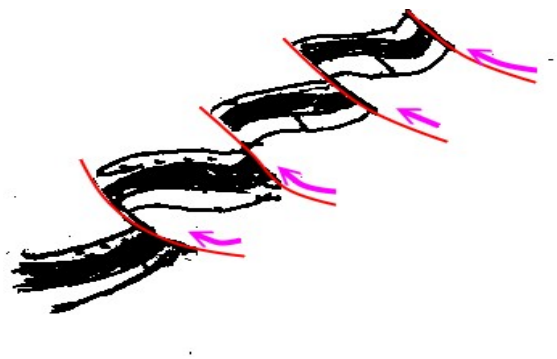

环状断层

2、逆断层的组合形式

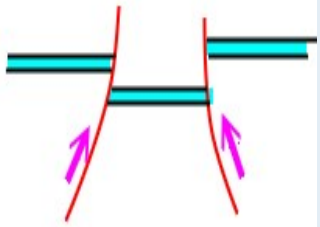
(1)叠瓦状断层：一系列产状大致相同的断层，相互平行排列，各断层的上盘依次上冲逆掩，在剖面上呈屋顶盖瓦式可鳞片状叠置，这种组合形式，称为叠瓦状断层。

(2)对冲式断层：是由两条相反倾斜，相对逆冲的断层组成的组合形态。

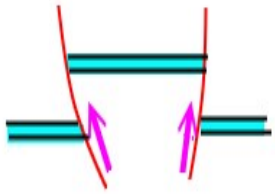
(3)背冲式断层：由两条或两组相反倾斜的逆冲断层组成，表现为自一个中心分别向两个相反方向逆冲，一般是自背斜核部向外逆冲，总体上常常呈扇状。



叠瓦状断层示意图



对冲式断层示意图



背冲式断层示意图

（五）断层的识别

1、地貌上的标志

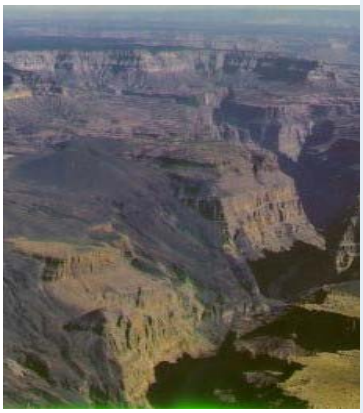
(1)断层崖和断层三角面：在断层两盘的相对运动中，上升盘常常形成陡崖。称为断层崖。如峨眉山金顶舍身崖、昆明滇池西山龙门陡崖。当断层崖受到与崖面垂直方向的地表流水侵蚀切割，形成沿断层面分布的三角形陡壁，称为断层三角面。如河南偃师的五佛山。

(2)断层湖、断层泉：沿断层带常形成一些串珠状分布的断陷盆地、洼地、湖泊、泉水等，可指示断层延伸方向。如我国云南东部顺南北向的小江断裂带分布了一串湖泊，自北向南有杨林海、阳宗海、滇池、抚仙湖、杞麓湖以及昆明盆地、宜良盆地、嵩明盆地、玉溪盆地等。

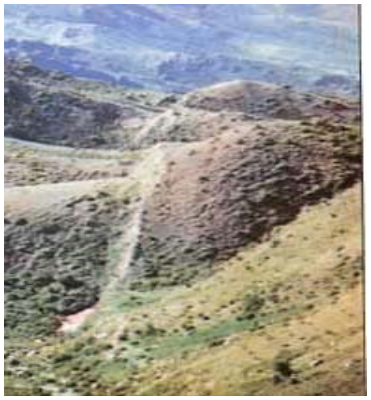
(3)错断的山脊、急转的河流：正常延伸的山脊突然被错断，往往是断层两盘平移运动的结果；横切山脊走向的平原或盆地与山岭的接触带，往往是断层通过的地方，如太行山前断裂带，使太行山在华北平原西缘拔地而起，成为华北平原的

西部屏障；正常流经的河流突然产生急转弯，或一些顺直深切的河谷，都能指示断层延伸的方向，如鲜水河的支流在断层通过的地方突然发生转向。

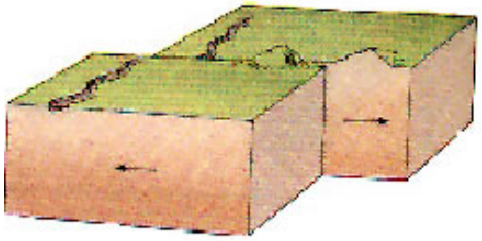
断层三角面



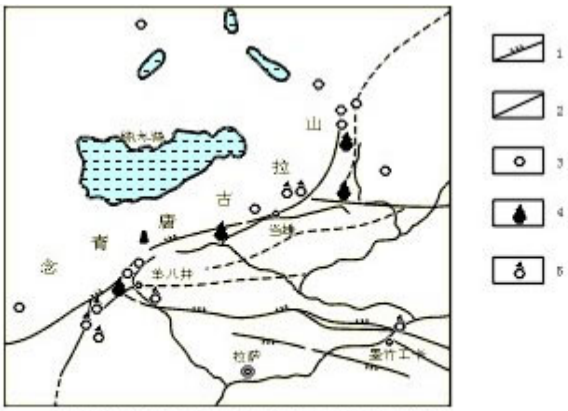
断层崖



错断山脊



被错断的山脊和河流



念青唐古拉山温泉与地震震中分布图

1. 逆断层　2. 推测断层　3. 震中　4. 沸泉　5. 热泉

（据宋鸿林，1978 ）

2、构造上的标志

(1)断层破碎带与构造岩：规模较大的断层，常形成断层破碎带，其宽度大小不等，在断层破碎带内常常有断层(构造)角砾岩，糜棱岩、碎裂岩、断层泥、构造片状岩等构造岩。

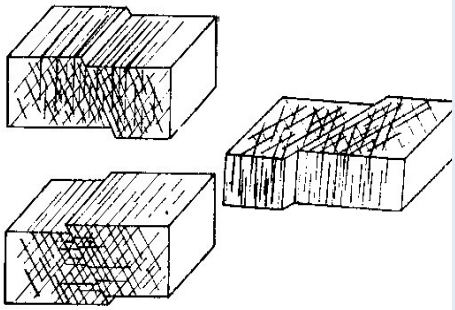
(2)伴生节理：在断层剪切滑动作用下，发生在断层面两侧岩层中的节理，称为伴生节理。

(3)牵引褶皱：断层两盘错动时，紧邻断层面两侧的地层，因受磨擦力的牵引，发生塑性拖拉而形成的弯曲现象，称为牵引褶皱，

(4)擦痕和阶步：断层两盘相互错动时，由摩擦作用导致在滑动面上产生平行密集的微小刻槽，称为擦痕；断层面上与擦痕直交的细小陡坎，叫阶步；在断层面上还有磨光的平面，叫磨擦镜面。

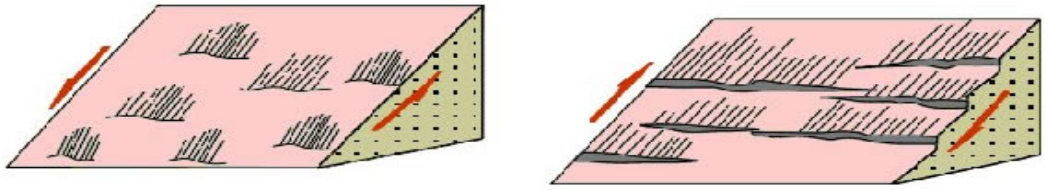
断层破碎带

构造岩



伴生节理

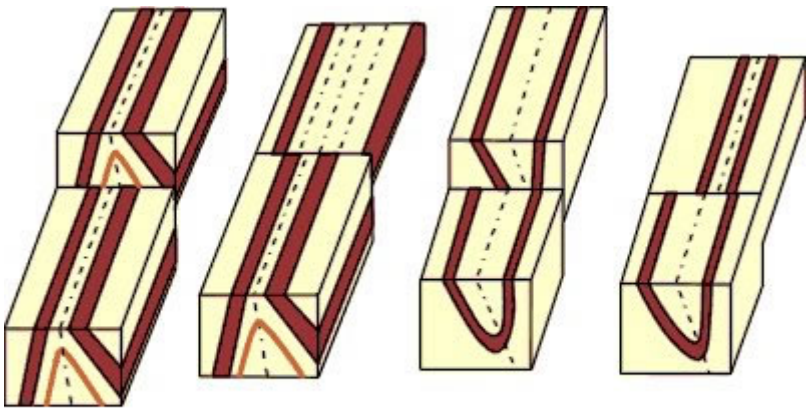
牵引褶皱



阶步由磨擦形成的正阶步　　反阶步由羽列剪裂隙形成的反阶步

擦痕与阶步

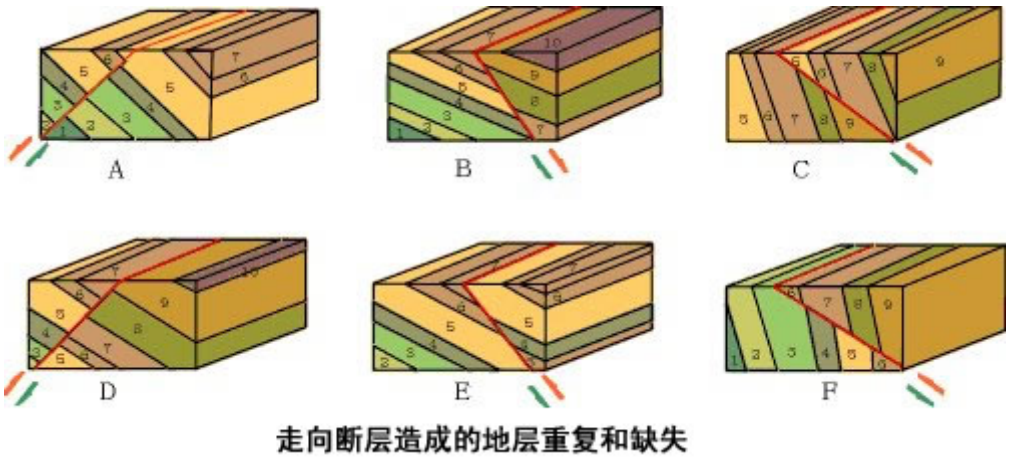
3、地层上的标志(1)岩层中断及褶皱核部宽窄变化：岩层沿走向突然中断，造成一种岩层在走向上与另一种或多种不同岩性的岩层接触，或造成褶皱核部地层出露界线发生宽窄变体，说明有横断层或斜断层存在。



褶皱被横断层错断引起的效应
褶皱被横断层切断后两盘上核部宽度的变化和轴迹的错移

断层引起的褶皱核部宽窄变化

(2)地层的重复和缺失：当发生与岩层走向平行的断层时，常造成断层两盘部分地层的重复和缺失。



断层引起的地层的重复和缺失

（六）断层的工程地质评价

1、断层的力学性质：受张力作用形成的断层，其工程地质条件比受压力作用形成的断层差。但压力作用形成的断层可能破碎带的宽度大，应引起注意；

2、断层位置与线路工程的关系，一般说来线路垂直通过断层比顺着断层方向通过受的危害小；

3、断层面的产状与线路工程的关系：断层面倾向线路且倾角大于 10o 的，工程地质条件差；

4、断层的发生发展阶段：正在活动的断层(如新构造运动剧烈、地震频繁地区的断层)，对工程建筑物的影响大，有些相对稳定的断层，影响较小，但要考虑到复活的可能，

5、充水情况：饱水的断层带稳定性差；

6、人为影响：有些大的水库，可使附近断层复活，不可忽视。