

全国煤矿安全培训统编教材

煤矿生产技术基础知识

A 类

全国煤矿安全培训统

煤矿生产技术基础知识

(A)类

目 录

第一章 煤矿地质基础知识	(1)
第一节 地质作用与岩石分类	(1)
第二节 煤的形成及煤系	(6)
第三节 煤层结构及埋藏特征	(8)
第四节 地质构造	(11)
思考题	(16)
第二章 井田开拓	(18)
第一节 煤田的划分	(18)
第二节 矿井储量、生产能力和服务年限	(21)
第三节 井田再划分	(24)
第四节 井田内开采顺序	(31)
第五节 巷道分类	(33)
思考题	(35)
第三章 矿井开拓方式	(36)
第一节 斜井开拓	(36)
第二节 立井开拓	(41)
第三节 平硐开拓	(43)
第四节 综合开拓	(45)
第五节 井田开拓中的几个主要问题	(47)
第六节 井底车场	(55)
第七节 矿井开拓延深	(57)
思考题	(59)
第四章 准备方式	(60)
第一节 上(下)山采区式准备方式	(60)

第二节	盘区式与条带式准备方式	(65)
第三节	准备方式中有关问题的分析	(69)
思考题		(79)
第五章	矿山压力及其控制	(80)
第一节	煤层围岩分类	(80)
第二节	工作面顶板压力显现	(83)
第三节	采煤工作面支架	(89)
思考题		(97)
第六章	采煤方法	(98)
第一节	基本概念	(98)
第二节	爆破采煤工艺	(99)
第三节	普通机械化采煤工艺	(103)
第四节	综合机械化采煤工艺	(109)
第五节	放顶煤采煤法	(113)
思考题		(116)
第七章	急倾斜煤层开采	(117)
第一节	急倾斜煤层开采的特点	(117)
第二节	急倾斜煤层开采的方法	(119)
思考题		(129)

第一章 煤矿地质基础知识

地球是人类和其他各种生命现象生存与繁衍的地方。地壳是地球表面的一层薄壳，我们所开采的各种矿产资源都赋存在地壳之中。随地球的转动，组成地壳的物质也处于不停地运动和变化之中。各种矿产资源的形成都是地壳物质运动和各种地质作用的产物。

第一节 地质作用与岩石分类

地壳是煤及各种矿产资源形成和赋存的地方，各种矿产资源的形成和赋存与地壳的物质运动及演化有着密切的关系。组成地壳的物质——岩石，是地质作用的直接产物。因此，研究地壳的物质组成以及地壳运动，是掌握矿床形成和埋藏规律的基础。

一、地质作用

地球在不停地转动，组成地壳的物质也在不停地运动着。在漫长的地质年代中，由于自然动力引起地壳物质组成、内部构造和地表形态变化与发展的作用，称为地质作用。地质作用按其能源及作用场所可分为内力地质作用和外力地质作用。

1. 内力地质作用

由地球内部能量引起的地壳物质成分、内部构造、地表形态发生变化的地质作用，叫内力地质作用。它包括地壳运动、岩浆活动、变质作用和地震作用等。

(1) 地壳运动：即地球内部运动引起的地壳变形和变位。当地壳沿地球半径方向运动时，表现为地壳的上升或下降，称为升降运

动。当地壳物质沿地球切线方向运动时称为水平运动。升降运动常常表现为缓慢的海陆变迁，而水平运动则常表现为剧烈的造山运动，引起岩层的变形和变位。

(2) 岩浆活动：即是地下的岩浆沿地壳裂缝上升，侵入地壳或喷出地表，在上升过程中与围岩相互作用，不断改变自身的成分和状态直至冷凝的全过程。岩浆喷出地表称为火山作用，未到达地表的岩浆活动称为岩浆侵入活动。煤矿区如果有岩浆活动的影响，将会给煤矿生产增加困难。

(3) 变质作用：即地壳深部的岩石在高温高压和化学性质活泼的流体作用下，岩石的结构、构造及化学成分发生变化，形成新的岩石作用。

(4) 地震作用：地震是地壳的快速颤动，是地壳运动的一种形式，是岩石应力积累、突然释放的结果。地震的酝酿和发生会引起所在地区的地壳物理性质的一系列变化，以及地表形态和地壳结构的剧烈变动。

2. 外力地质作用

它作用在地壳表层，主要是由地球以外的太阳辐射能、日月引力能等引起。外力地质作用能使地表形态发生变化和地壳表面化学元素产生迁移、分散和富集。按其作用方式可分为以下三种：

(1) 风化和剥蚀。暴露在地表的岩石经受着风吹雨打、日晒夜露以及生物活动等影响。岩石在原地遭到破坏，产生崩裂、破碎或分解、溶化的过程，称为风化作用（见图 1—1）。以风雨、流水等流动物质为动力，对岩石进行破坏并把破坏的产物剥离开过程，称为剥蚀作用。风化和剥蚀往往是彼此促进的。岩石遭受风化

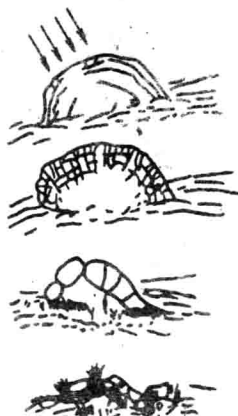


图 1—1 岩石风化
过程示意图

变得松软就易于剥蚀，剥蚀后暴露出来的新鲜的岩石重又受到风化。

(2) 搬运和沉积。风化和剥蚀作用的产物，由风、流水等搬运到别的地方的过程，称为搬运作用。被搬运的物质经过一段路程的搬运，随着搬运力量的减弱或消失，逐渐在低洼地区沉积下来的过程，称为沉积作用。最主要的沉积区是内陆湖泊、沼泽和海洋。

(3) 固结成岩。这是松散的沉积物逐步变成坚硬的沉积岩的过程。其变化过程主要有：沉积物在压力作用下颗粒紧密排列，挤出水分，体积缩小，称为压实；把砾石、砂粒等碎屑物粘结起来的过程称为胶结；细小的沉积物颗粒集中合并而发育成较大的晶体的过程，称为重结晶。

二、岩石分类

岩石是矿物的集合体。组成地壳的岩石按照生成原因，可以划分为岩浆岩、沉积岩和变质岩。

1. 岩浆岩

岩浆岩是地球内部高温熔融状态的岩浆沿地壳薄弱地带侵入地壳或喷出地表后逐渐冷却、凝固而形成的岩石。常用来做装饰材料的花岗岩就是岩浆岩的一种。岩浆岩中的主要矿物成分是二氧化硅（石英），此外，还含有少量的金属元素和稀有元素，这些元素在一定条件下可以富集起来，形成有价值的矿产，如胶东半岛和灵宝的金矿、江西的钨矿、湖南的铅锌矿等。

2. 变质岩

原有的岩浆岩、沉积岩或变质岩在地壳中受到高温、高压及化学性质活泼的气体或液体的影响，岩石的物理和化学性质发生变化，变成一种新的岩石，称为变质岩。常见的变质岩有：由石灰岩、白云岩变质而成的大理岩，由石英砂岩变质而成的石英岩，以及片麻岩、片岩、千枚岩、板岩等。

3. 沉积岩

沉积岩是在地壳表层环境中形成的岩石。它主要是由暴露于地

表的原有岩浆岩、变质岩及沉积岩，经受外力地质作用被风化和剥蚀成碎块或碎屑的物质与溶解物质等，经水流或风力的搬运在适当的地区逐渐沉积下来形成各种沉积物（如河滩或海边的沙砾和卵石，湖底或海底的软泥等等），然后经受压实、脱水、胶结而形成的岩石。

三、沉积岩的特征

沉积岩在地壳表层分布最广，是最常见的一类岩石。它覆盖的面积约占地表总面积的 75%。有许多重要的矿产资源本身就是沉积岩，例如煤、油页岩、盐矿、沉积铁矿、石灰岩等。石油和天然气也生成于沉积岩中，而且绝大部分都储积于沉积岩中。据统计，目前全世界开采的矿产资源有 75% 来自沉积岩。

煤矿生产中所遇见的岩石 90% 以上都是沉积岩。因此，熟悉沉积岩的特征对煤矿生产有重要而实际的意义。

1. 层状构造及层理

由于先后沉积的物质在成分、粒度、颜色、形状等方面的差异，沉积岩显示出明显的成层现象，称为层状构造。岩层之间的界面称为层面。岩层上、下层面之间的垂直距离为层厚。

岩层两个层面间更细微的成层现象，称为层理。根据层理形态的不同，可分为水平层理、波状层理和斜层理三种类型（见图 1—2）。

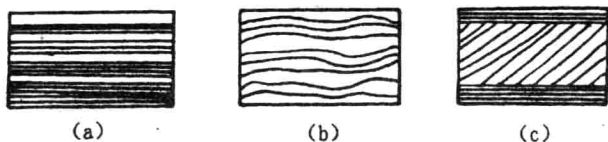


图 1—2 岩层层理示意图

a—水平层理；b—波状层理；c—斜层理

2. 层面构造

沉积岩层面上有时还保留有反映沉积环境的某些特征，如波

痕、泥裂等，称为层面构造。

(1) 波痕。由风、水流或波浪使尚未固结的沉积物表面留下波状起伏的痕迹，再经过固结成岩作用而保留在岩层的层面上，称为波痕。

(2) 泥裂。泥质沉积物一旦露出水面，经干旱、日晒发生收缩，形成多角形的干裂缝，在沉积物转变成为沉积岩后留下来，称为泥裂，也叫干裂。

四、沉积岩分类和主要沉积岩

沉积岩按物质成分和成因可分为碎屑岩类、粘土岩类、化学岩类和生物化学岩类四大类。这些岩类在煤矿区都能见到。矿区常见的沉积岩有以下几种。

(1) 角砾岩。由有棱角的、大小不同的碎石块颗粒被矿物质胶结起来形成的岩石，称为角砾岩。其中，直径大于 2 mm 的碎屑占 50% 以上（见图 1—3）。

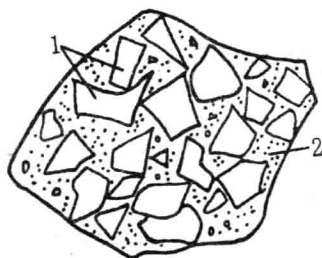


图 1—3 角砾岩

1—角砾石；2—胶结物质

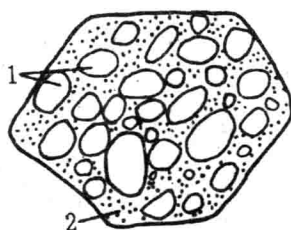


图 1—4 砾岩

1—砾岩；2—胶结物质

(2) 砾岩。在搬运过程中被磨去棱角的石块和岩屑，被矿物质胶结起来形成的岩石，称为砾岩。其中，直径大于 2 mm 的碎屑占 50% 以上（见图 1—4）。

(3) 砂岩。砂岩中的碎屑颗粒为 2 mm ~ 0.1 mm 的占 50% 以上。按照碎屑直径大小，砂岩可分为粗砂岩（碎屑直径为 2 mm ~ 0.5 mm）、中粒砂岩（碎屑直径为 0.5 mm ~ 0.25 mm）和细砂岩

(碎屑直径为 0.25 mm~0.1 mm)。碎屑成分以石英、长石为主,还含有白云母和其他暗色矿物。胶结物有钙质、硅质、铁质和泥质等。砂岩的坚固性系数主要取决于岩石的厚度、成分、胶结物质以及岩石受地质构造影响的程度。

(4) 粉砂岩。粉砂岩主要由直径为 0.1 mm~0.01 mm 的细碎屑组成。其外表像泥岩,但用手摩擦有轻微的粗糙感。

以上几种岩石均为碎屑岩类。

(5) 泥岩及页岩。由各种粘土矿物压实而成的岩石,属于粘土岩类。其颗粒直径小于 0.01 mm,肉眼不能分辨,结构致密。厚层状或没有明显层理的叫泥岩,薄层而层理发育的叫页岩。

(6) 石灰岩。矿物成分主要是方解石,一般为白色或灰色,含杂质较多时为深灰色,呈现致密状、结晶状和鲕状,性脆,遇稀盐酸发生化学反应放出气泡。石灰岩可以是化学沉积而成,也可能是生物化学沉积而成。石灰岩容易被水溶解形成溶洞。

第二节 煤的形成及煤系

一、煤的形成

煤是由地质历史上植物遗体演变而形成的。

在地质历史上成煤时期,地球上气候温暖而潮湿,植物生长茂盛,特别是湖泊沼泽地带密布着茂密的森林或水生植物。死去的植物遗体堆积在湖泊沼泽底部,随着地壳缓慢下沉逐渐被水覆盖与空气隔绝。在细菌参与的生物化学作用下,植物遗体开始腐烂分解,有的变成气体跑掉,有的变成液体失散,保留下来的部分变成泥炭层。植物遗体演变成为泥炭的过程称为泥炭化阶段。

随着时间推移,地壳继续缓慢下沉,泥炭层被水携带来的泥砂等物质覆盖,并且覆盖层逐渐加厚。在压力和温度的作用下,泥炭层逐渐失去水分而变得致密,这时泥炭就变成了褐煤。

随着地壳继续下沉,覆盖层不断加厚,褐煤在地下深处受到高

温和高压的作用，含碳物质进一步富集，氧和水分的含量进一步地减少，比重增大，颜色变深，硬度增加，逐渐地变成了烟煤。煤的这种变质过程称为煤化阶段。随着变质程度的进一步增高，烟煤会变成无烟煤。在个别情况下，无烟煤可能进一步变质成为一种不能燃烧的矿产——石墨。

低等植物经过类似于泥炭的腐泥化阶段及煤化阶段形成腐泥煤。植物遗体演变成煤的变质过程如图 1—5 所示。

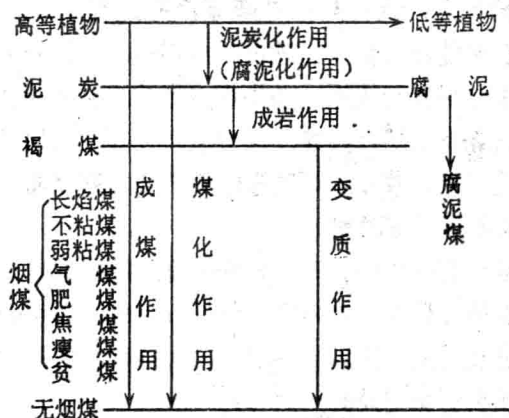


图 1—5 成煤过程示意图

二、煤系的概念

在煤的形成过程中，煤层上下同时形成许多岩层。这些夹有煤层的岩层是在同一成煤时期形成的，通常称为某一地质年代的煤系地层。煤系是指含有煤层的沉积岩系，它们彼此间大致连续沉积，并在成因上有密切联系。煤系又称含煤地层或含煤建造。

煤系一般是按其形成的时代命名的。例如，我国华北的石炭二叠纪煤系，东北的侏罗纪煤系，华南的晚二叠世煤系（在江苏龙潭、江西乐平等地研究较早，所以又被称为龙潭煤系或乐平煤系）。因此，同一地质时代形成的煤系在不同的地区，常有不同的地区性名称。

煤系是在温暖潮湿的气候条件下形成的，它富含植物物质，所以煤系岩石的颜色也往往是以灰色、灰黑色、灰绿色、黄绿色为主。

煤系中除含有煤矿床外，还经常伴有其他沉积矿产，如油页岩、铝土矿、菱铁矿、赤铁矿、褐铁矿、黄铁矿等。因此，在开发煤田时，还应考虑综合开发其他矿产的可能性。

煤系岩层主要由粉砂岩、砂岩、泥岩及煤层等沉积岩组成，有时还有石灰岩和砾岩层。如果在煤系沉积过程中，附近有火山活动，煤系中就可能由火山喷出物质构成的火山碎屑岩和火山熔岩，如我国东北侏罗纪煤系。如果煤系形成之后经受变质作用，那么局部地区的煤系岩层就可能变成变质岩，如北京周口店石炭二叠纪煤层，就是因受岩浆侵入活动影响而产生局部变质。

三、我国主要成煤时期

煤的形成是有条件的，其中地壳的运动起着主导作用。只有在地壳的历史发展过程中，古植物、气候、地理和环境四个条件配合良好时才能形成煤层。所以成煤是有时间性和地区性的。我国大规模的煤田都是在石炭纪及其以后才出现的。

我国有三个重要的成煤时期，即：古生代的石炭～二叠纪；中生代的晚二叠世～侏罗纪；新生代的第三纪。

在这些时期，我国形成了很多大大小小的煤田，其中不少都成了我国现今的主要煤炭基地。

第三节 煤层结构及埋藏特征

煤层的形成条件不同，使得煤层的结构及其赋存状态、顶底板岩性、受地质构造影响程度等方面都有明显的差异。这些煤层地质条件与煤矿开采工作息息相关，其中煤层的厚度、结构、倾角、稳定性、埋藏深度及顶底板围岩性质等，对开拓方式的确定和采煤方法的选择具有重要的影响。

一、煤层的厚度、结构与分类

1. 煤层厚度

煤层厚度是指煤层顶底板岩层之间的垂直距离，也称为真厚度。

2. 煤层结构

煤层结构是指煤层中是否含有夹矸层。按含夹矸层的多少，常将煤层分为以下两种：

(1) 简单结构煤层：煤层中一般没有夹矸或偶有 1~2 层稳定夹矸。

(2) 复杂结构煤层：煤层中夹矸层数较多或很多，层数、层位、厚度及岩性变化大。

3. 煤层分类

按不同的要素，有不同的分类方法。

(1) 按煤层厚度分类。煤层厚度差别很大，薄者仅几厘米（一般称为煤线），厚者可达 200 多米。根据开采技术条件的特点，煤层可分以下几类：

极薄煤层	0.3 m~0.5 m
薄煤层	0.5 m~1.3 m
中厚煤层	1.3 m~3.5 m
厚煤层	3.5 m~6.0 m
特厚煤层	>6.0 m

厚煤层和中厚煤层在我国煤田中所占比例较大。以产量论，厚煤层和中厚煤层大约各占 40%，薄煤层仅占 20%。

(2) 按煤层倾角分类：

近水平煤层	$<5^{\circ} \sim 8^{\circ}$
缓斜煤层	$8^{\circ} \sim 25^{\circ}$
倾斜煤层	$25^{\circ} \sim 45^{\circ}$
急斜煤层	$>45^{\circ}$

煤层倾角变化在 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 之间，倾角越大，开采难度越大。

(3) 按煤层稳定性分类。按煤层厚度、结构在井田范围内的变化情况, 通常可分为稳定、较稳定、不稳定和极不稳定煤层四类。

二、煤层的埋藏特征

煤层的顶底板是指煤系中位于煤层上下一定距离内的岩层, 按照沉积的次序, 在正常情况下, 位于煤层之下、先于煤生成的岩层是底板, 位于煤层之上、在煤层之后形成的岩层叫顶板。由于沉积物质和沉积环境的差异, 顶底板岩层性质和厚度各不相同, 在开采过程中破碎、冒落的情况也就不同。了解这些岩层的岩性特征、厚度、层理及节理发育程度、强度及含水性等, 对确定顶板管理和巷道支护方式均有重要意义。

1. 煤层的顶底板

根据顶底板岩层相对于煤层的位置和垮落性能、强度等特征的不同, 从上至下, 顶板划分为基本顶、直接顶、伪顶三个部分, 底板分为伪底、直接底和老底三个部分。不过, 对于某个特定煤层来说, 其顶底板的这六个组成部分不一定发育俱全, 可能缺失某一个或几个组成部分的岩层。

(1) 伪顶: 是紧贴煤层之上的, 极易随煤炭的采出而同时垮落的较薄岩层, 厚度一般为 $0.3\text{ m} \sim 0.5\text{ m}$, 多由页岩、碳质页岩等组成。

(2) 直接顶: 是直接位于伪顶或煤层(如无伪顶)之上的岩层, 常随着回撤支架而垮落。厚度一般为 $1\text{ m} \sim 2\text{ m}$, 多由泥岩、页岩、粉砂岩等较易垮落的岩石组成。

(3) 基本顶: 是位于直接顶之上或直接位于煤层之上(此时无直接顶和伪顶)的厚而坚硬的岩层。常在采空区上方悬露一段时间, 直到达到相当面积之后才垮落一次, 通常由砂岩、砾岩、石灰岩等坚硬岩石组成。

(4) 伪底: 直接位于煤层之下的薄层软弱岩层, 多为炭质页岩或泥岩, 厚度一般为 $0.2\text{ m} \sim 0.3\text{ m}$ 。

(5) 直接底: 直接位于煤层之下硬度较低的岩层, 厚度一般由

几十厘米至1 m左右,通常为泥岩、页岩或粘土岩。若直接底为粘土岩,则遇水后易膨胀,可造成巷道底鼓与支架插底现象,轻者影响巷道运输与工作面支护,重者可使巷道遭受严重破坏。

(6) 老底:指位于直接底下面比较坚硬的岩层,多为砂岩、石灰岩等。

2. 煤层层数

各煤田的含煤层数多少不一,煤层一般成群埋藏。有的煤田只有几层煤,而有的多达十几层、数十层。相邻煤层间的法线距离称为煤层层间距。煤层层间距有大有小。当层间距很小时,在开采中可把相邻煤层看作一层,其间的薄层岩石即成为夹矸。一般来说,层间距较小对集中开采有利。

3. 埋藏深度

各煤田的煤层埋藏深度差别较大,即使是同一个煤层,由于煤层倾角或地质构造的影响,其埋深也有深有浅。埋藏过浅,煤层易被风化,从而失去利用价值;埋藏过深,矿山压力、地温、瓦斯涌出量和涌水量等都随之增加,增大了开采条件的复杂性与开采技术的难度。

第四节 地质构造

沉积岩层和煤层在其形成时,一般都是水平或近水平的,且在一定范围内是连续完整的。后来受到地壳运动的影响,使岩层的形态发生了变化,甚至产生裂缝和错动,使岩层失去完整性。这些由地壳运动造成的岩层的空间形态,称为地质构造。

地质构造的形态多种多样,概括起来可分为单斜构造、褶皱构造和断裂构造。

一、单斜构造

由于地壳运动的影响,地壳表层中的岩层绝大部分是倾斜的,极少数是水平的或接近水平的。在一定范围内,煤层或岩层大致向

一个方向倾斜，这样的构造形态称为单斜构造。单斜构造往往是其他构造形态的一部分，或是褶曲的一翼，或是断层的一盘。

岩层的产状是指岩层的空间位置及特征。为确定倾斜岩层的产状，常用三个产状要素即走向、倾向及倾角来表示，如图 1—6 所示。

1. 走向

岩层或煤层层面与任一假想水平面的交线称为走向线，也就是同一层面上等高两点的连线。走向线延伸的方向即为岩层的走向。走向表示岩层在水平面上延展的方向，通常用走向线的方位角来表示。

2. 倾向

在岩层层面上与走向线相垂直并沿斜面向下的一条线叫倾斜线，它表示岩层面的最大坡度。倾斜线在水平面上的投影所指方向即为倾向。倾向垂直于走向，通常也用方位角表示。

3. 倾角

倾斜线与它在水平面上投影的夹角称为倾角。倾角的大小反映了岩层的倾斜程度。倾角的变化范围在 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 之间。

二、褶皱构造

岩层受地壳运动水平力的作用发生变形，呈现波状弯曲，但仍保持了岩层的连续性和完整性的构造形态，叫褶皱，如图 1—7 所示。褶皱构造中岩层的任何一个弯

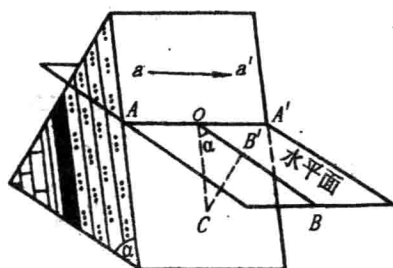


图 1—6 岩层产状要素

aa' —走向； AA' —走向线；

OB —倾斜线； α —倾角； OB' —倾向

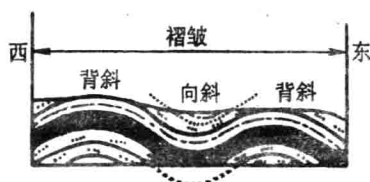


图 1—7 褶皱和褶曲

曲叫褶曲。褶曲是组成褶皱的基本单位。褶曲有两种基本形态：背斜和向斜。

(1) 背斜：在形态上一般是一个中间向上凸起的弯曲，岩层自中心向两侧倾斜。

(2) 向斜：在形态上一般是一个中间向下凹陷的弯曲，岩层自两侧向中心倾斜。

背斜或向斜凹凸部分的顶部称为褶曲的轴部，两侧称为褶曲的翼部。背斜和向斜在位置上往往是彼此相连的。

三、断裂构造

岩层受力后遭到破坏，形成断裂，失去了连续性和完整性的构造形态叫断裂构造。

根据岩层断裂后两侧岩块有无显著位移，可把断裂构造分为裂隙和断层两大类。

(一) 裂隙及其分类

1. 裂隙

裂隙是断裂面两侧岩层(岩石)没有发生明显位移的断裂构造。

若干有规则组合的裂隙将岩石分割成一定几何形状的岩块，这种裂隙的总体称为节理。

2. 裂隙的分类

根据裂隙形成的原因，裂隙可分为如下三类：

(1) 原生裂隙：在沉积岩成岩作用阶段，主要由于沉积物脱水和压缩而形成，一般肉眼不容易发现。煤层中都有原生裂隙。

(2) 构造裂隙：受构造变动作用力所形成，也叫外生裂隙。在煤层中和围岩中常见，且与原生裂隙斜交。在褶皱的煤层中可见到多组构造裂隙，且常为两组彼此互相垂直，但其中一组往往发育不好。在断层附近，常有与断层面平行或斜交的裂隙发育。

(3) 压力裂隙：在巷道和采煤工作面附近，原有应力平衡状态发生破坏，由矿山压力作用而产生，又叫地压裂隙。压力裂隙平行于工作面而略向采空区倾斜，与其他一切裂隙斜交。压力裂隙与埋