



通识教育基础必修课

能源开发概论A

第二章 煤矿地质

能源与矿业学院/矿业工程系
中国矿业大学（北京）



目 录

- 1. 地壳与地质作用**
- 2. 煤的形成及工业分类**
- 3. 煤的赋存特征与地质构造**
- 4. 煤田地质勘探与储量**
- 5. 矿图基本知识**
- 6. 其它矿物成因概述**

第1节 地壳与地质作用

1.地壳与地质作用

1.1 地球概况

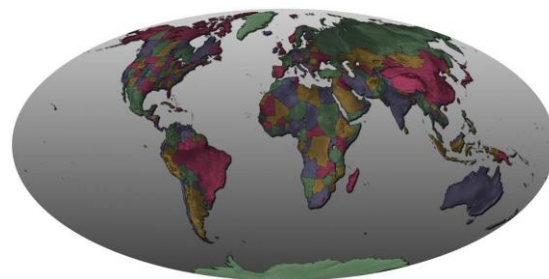
随着卫星遥感等科学技术的进步，人类认识到地球是一个**两极稍扁、赤道略鼓**的**椭球体**。

地球是个**椭球体**

赤道半径 6378km

两极半径 6357km

平均半径 6371km



北极凸出18.9m，南极凹进24-30m。

1.地壳与地质作用

1.1 地球概况

地球的真实照片

1972年阿波罗17号太空船在距离地球2.9万公里的高度，以背向太阳的角度拍摄了地球，这是人类**第一次**在太空中**远眺母星**。



“蓝色弹珠”



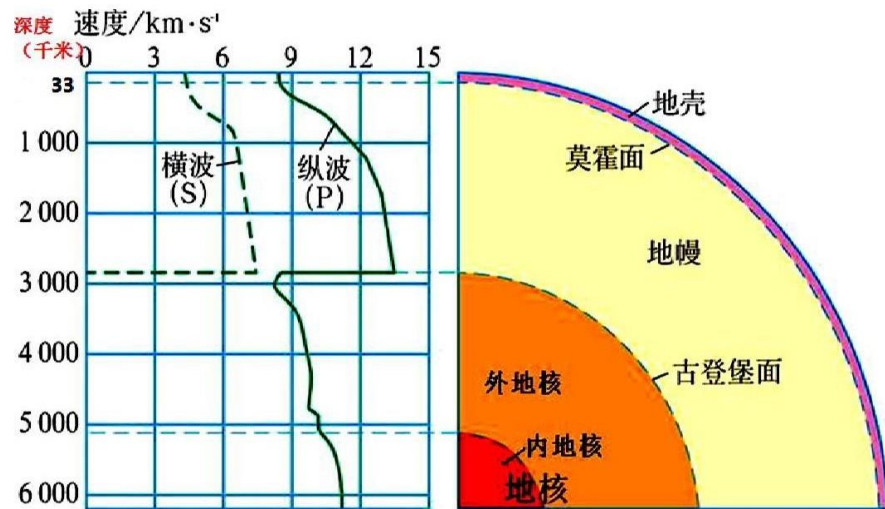
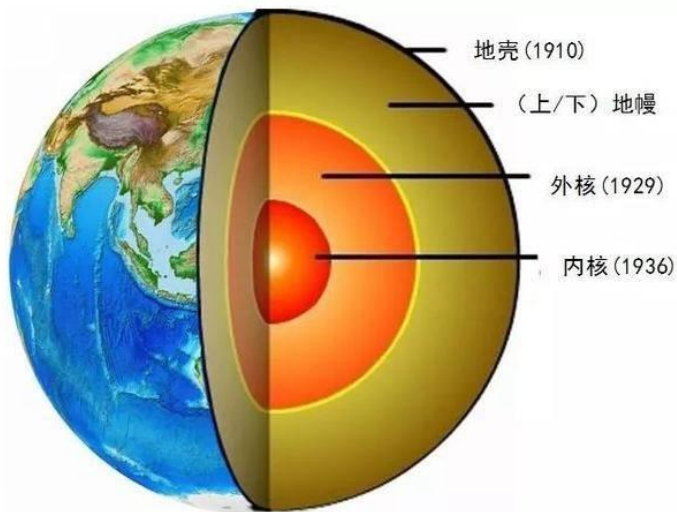
1.地壳与地质作用

1.2 地球的圈层构造

以地壳表层为界，可以分为内部圈层和外部圈层。

(1) 内部圈层

地壳、地幔、地核

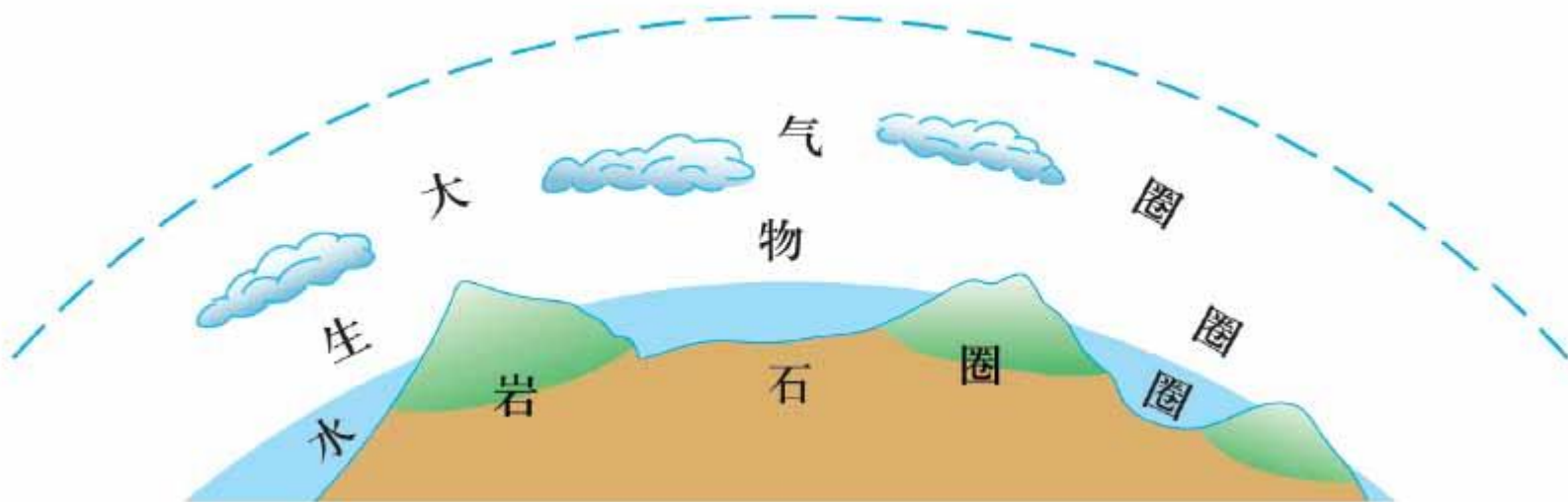


地壳整体平均17km，
约为地球半径的1/400。

1.地壳与地质作用

1.2 地球的圈层构造

(2) 外部圈层



1.地壳与地质作用

1.3 地球的物理性质

- (1) **密度** 地球平均 5.5g/cm^3 ；地表岩石 $1.3\text{-}3.3\text{g/cm}^3$ ，平均 2.7g/cm^3 。
- (2) **地压** 泛指岩体中存在的力，包括**垂直应力**和**水平应力**。影响巷道维护，可利用破煤，如放顶煤
- (3) **地热** 变温带：地表以下20m以内；
恒温带：地表以下20-30m范围内；
增温带：恒温带以下。
地温梯度 $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，通常是 $1\text{-}3^{\circ}\text{C}$ 。
- (4) **地磁** 磁偏角：磁北和正北之间的夹角。
磁倾角：磁针与水平方向的夹角，与磁力大小有关，在赤道时为水平，两极垂直

***以上各因素中，地压对采矿影响最大**

1.地壳与地质作用

1.4 地质作用

地质作用：**自然动力**促使地球**物质组成**、**内部构造**和**外部形态**发生变化与发展的过程。按地质作用场和能源的不同而分为两类。

内力地质作用：能源来自地球内部，使地壳、地幔发生物理、化学变化。

—**岩浆，变质，构造，地震**

外力地质作用：能源来自外部。

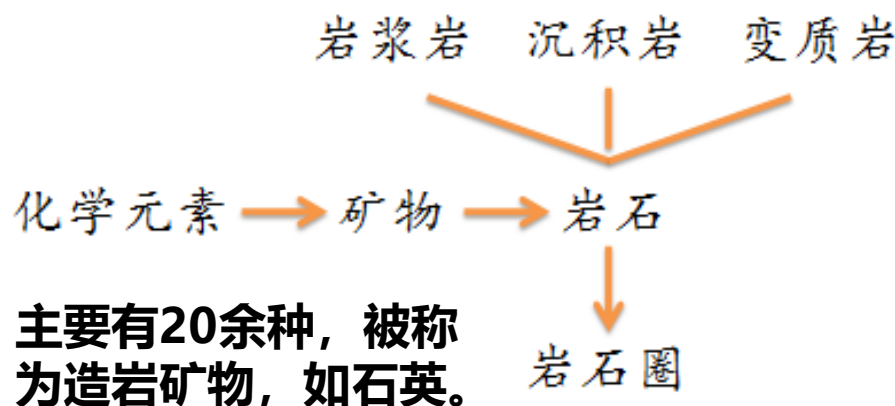
—**风化、剥蚀、搬运、沉积、成岩**

1.地壳与地质作用

1.5 岩石及成因

岩石：天然产出的矿物集合体，具有一定的结构、构造特征，地质作用的产物。

主要有10种
氧硅铝铁钙钠钾镁钛氢

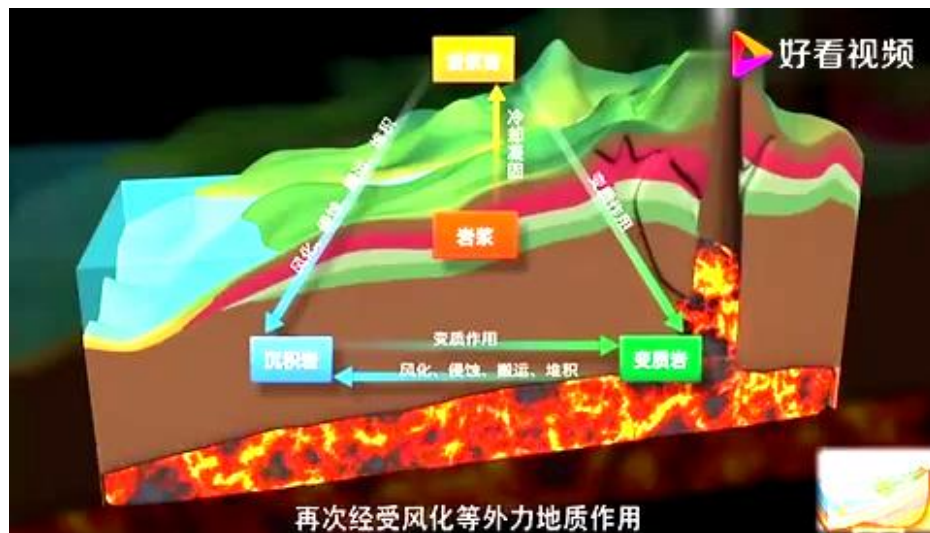
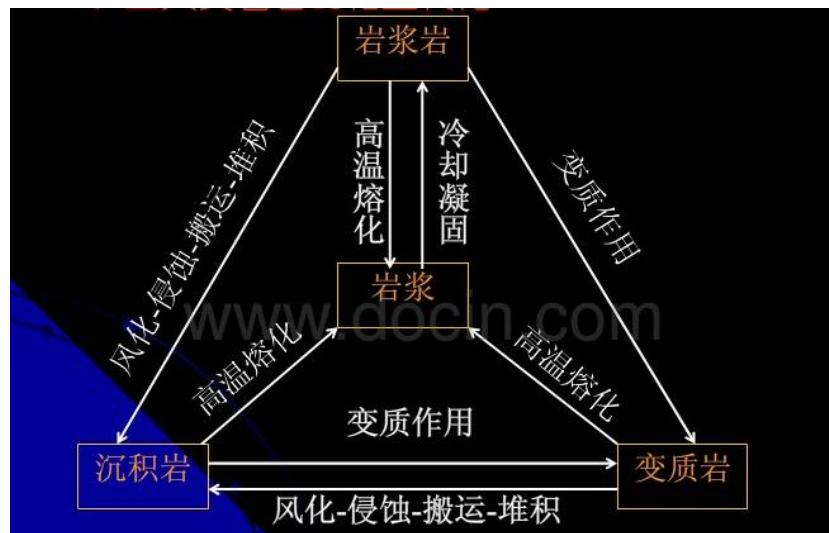


类型	成因	特点	举例
岩浆岩	岩浆喷发冷凝（内力）	矿物晶粒、气孔	花岗岩、玄武岩
沉积岩	固结成岩（外力）	层理构造、层面特征、含有化石	石灰岩、煤
变质岩	变质作用（内力）	片理构造	板岩、大理岩

1.地壳与地质作用

1.5 岩石及成因

三大类岩石之间的转化关系



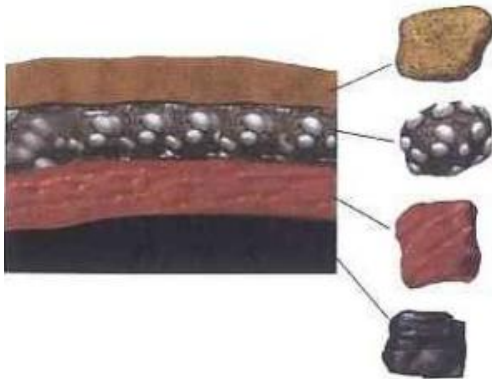
播放

1.地壳与地质作用

1.5 岩石及成因

沉积岩的构造包括：

(1) 层理构造：沉积岩在形成过程中由于沉积环境的改变，使先后沉积的位置在**颗粒、大小、形状、颜色**和**成分**上发生变化，显示出来的**成层现象**。



1.地壳与地质作用

1.5 岩石及成因

沉积岩的构造包括：

(2) 层面特征：层面上有时还保留有反映沉积岩形成时的某些特征，**波痕**、**泥裂**等。



1.地壳与地质作用

1.5 岩石及成因

沉积岩的构造包括：

(3) 化石：经石化作用保存下来的**动植物遗骸或遗迹**，如三叶虫、树叶等。



☆**层理构造、层面特征和含有化石**，是沉积岩在构造上区别于岩浆岩的重要特征。

1.地壳与地质作用

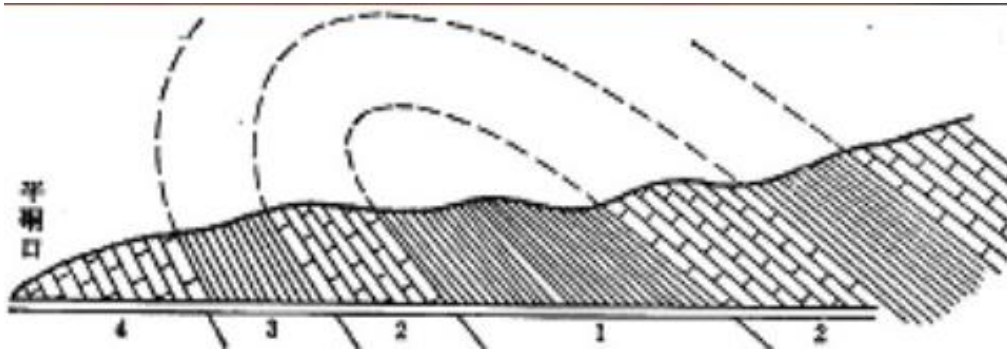
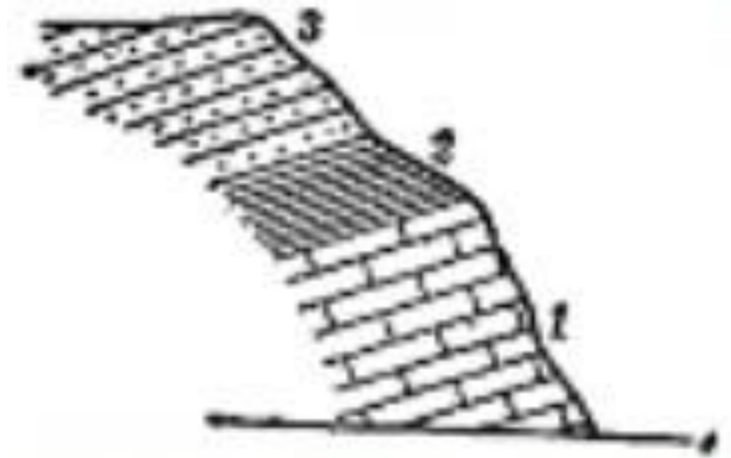
1.6 地层与地质年代

地层：地壳发展过程中所形成的**层状**岩石的总称，是某一**地质时期**形成的具有某种**共同特征**或属性的岩石体。

特点：**地质时代 所含矿产 新老关系**

岩层的相对新老关系

1-石灰岩，时代最老；2-页岩，时代较石灰岩新，较砂岩老；3-砂岩，时代最新



褶皱造成的局部地层倒转

1,2,3,4-地层由老到新的顺序

1.地壳与地质作用

1.6 地层与地质年代

地质年代单位与年代地层单位

地质年代单位：以特定的地质时间间隔划分的**时间单位**，时间范围。

年代地层单位：以岩层形成的时代为依据划分的**地层单位**，一定时间范围形成的全部地层。

地质年代单位	年代地层单位
宙	宇
代	界
纪	系
世	统
期	阶
时	时间带

1.地壳与地质作用

1.6 地层与地质年代















地质年代表

地质年代单位：

宙、代、纪、世、期、时

年代地层单位：

宇、界、系、统、阶、时间带

宙	代	纪	距今时间 (百万年)	生物发展阶段		
显生宙	新生代	第四纪	1.6	人类时代 	被子植物 	
		新第三纪	23	哺乳动物 		
		老第三纪	65			
	中生代	白垩纪	135	恐龙时代 爬行动物 	裸子植物 	
		侏罗纪	205			
		三叠纪	245			
	古生代	晚古生代	二叠纪	290	两栖动物 	蕨类植物 
			石炭纪	365		
		早古生代	泥盆纪	410	鱼类时代 	藻类繁盛时期    
			志留纪	438		
			奥陶纪	510		
			寒武纪	570		
	隐生宙	元古代	震旦纪	1800	动物开始出现	
			青白口纪			
			蓟县纪			
			长城纪			
太古代			2500	细菌、蓝藻时代 		
			4600	生命形成时期 		

第2节 煤的形成及工业分类

2.煤的形成及工业分类

2.1 煤的形成

2.1.1 成煤的原始物质

植物是成煤的原始物质：

石炭、二叠纪的**蕨类**植物

三叠、侏罗纪的**裸子**植物

第三纪的**被子**植物

2.煤的形成及工业分类

2.1 煤的形成

2.1.2 成煤的必要条件

5m厚的煤层至少
需要持续万年的
植物堆积

(1) 植物条件

—物质基础；—长期大量生长，才可能聚煤

(2) 气候条件

—既影响植物生长，同时影响植物的分解；
—最有利于成煤的气候条件是温暖、潮湿气候；

(3) 自然地理条件

—植物堆积如果没有有利的堆积场所，容易被氧化分解；
—沼泽既有利于植物生长，又有利于植物死亡后的埋藏，是聚煤的理想场所；

(4) 地壳运动条件

—成煤作用与地壳下沉息息相关，地壳下沉形成有利的沉积场所-沼泽地。

2.煤的形成及工业分类

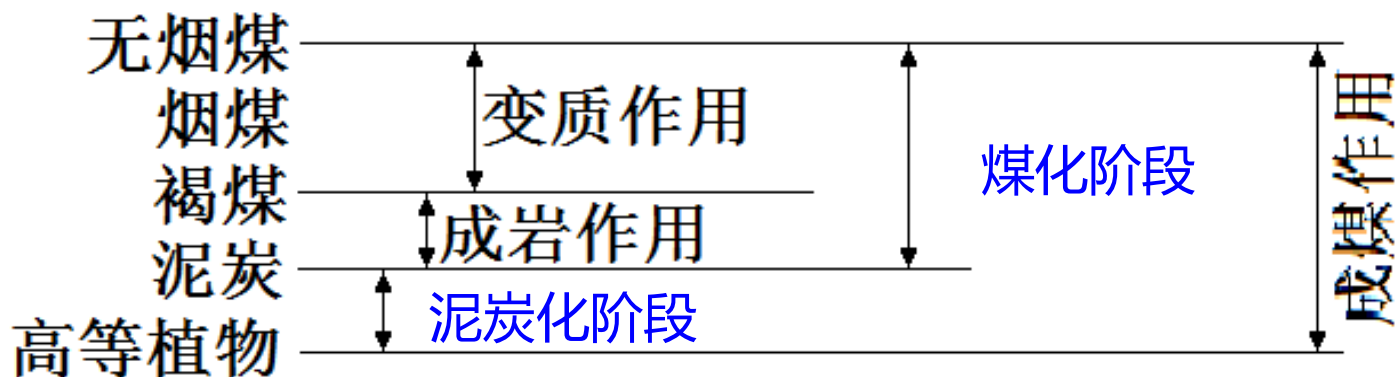
2.1 煤的形成

2.1.2 形成过程

煤是植物遗体经过复杂的生物化学作用、物理化学作用转变而形成的。

煤的成因分类：腐泥煤(低等植物)、腐植煤(高等植物)。

成煤作用：煤的形成过程基本可以分为2个阶段：



2.煤的形成及工业分类

2.2 煤的工业分类

2.2.1 工业分析指标

煤的工业分析，技术分析或实用分析，是评价煤质的基本依据。煤的工业分析包括测定煤的**水分**、**灰分**、**挥发分**和**固定碳**计算等四个指标。

2.煤的形成及工业分类

2.2 煤的工业分类

2.2.2 其它煤质分析指标

(1) 粘结性

冶金工业需要具有一定块度和机械强度的焦炭作为燃料和还原剂。

粘结性：煤在隔绝空气下受热后，粘结本身或外加惰性物的能力。

结焦性：煤在隔绝空气下受热后，结成不同强度焦炭的能力。

(2) 发热量

单位质量的煤完全燃烧时所产生的热量，单位MJ/kg。

一般情况下，变质程度越高发热量越大。但是有些烟煤的发热量要高于无烟煤。

2.煤的形成及工业分类

2.2 煤的工业分类

2.2.3 煤的分类

(1) 综合利用分类：

炼焦用煤、气化用煤、低温干馏用煤、加氢液化用煤与燃烧用煤

炼焦用煤：适于炼制**焦炭**的煤。焦炭的用途包括：高炉炼铁、铸造，制造氮肥和电石。

气化用煤：把煤转变为各种用途的**煤气**，作为城市气体燃料。

低温干馏用煤：制取**低温焦油**，同时生产焦炭和低温焦炉煤气。

加氢液化用煤：即**煤制油**，基于煤加工制作得到**汽油**、**柴油**等燃料，对缺油国家来说意义尤为重大。

2.煤的形成及工业分类

2.2 煤的工业分类

(2) 按照煤化程度分类



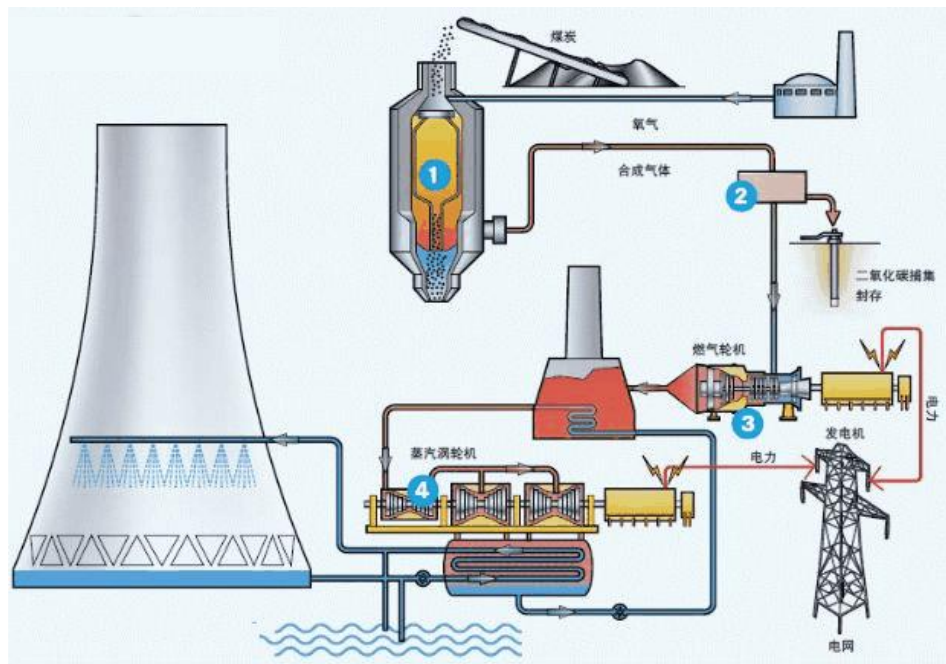
2.煤的形成及工业分类

2.3 煤的用途

(1) 发电用煤

2023年我国全社会用电量约9.22万亿度，其中**煤电占比约60%**，是我国**电力供应的主要电源**。

为了解决天然气供应减少的问题，德国、奥地利、荷兰、法国等欧盟国家正重启煤炭发电厂，欧洲回到煤炭时代”。



2.煤的形成及工业分类

2.3 煤的用途

(2) 蒸汽机车用煤

约占动力煤的2%，蒸汽机车锅炉的平均煤耗指标约为100kg/(万吨·km)左右。

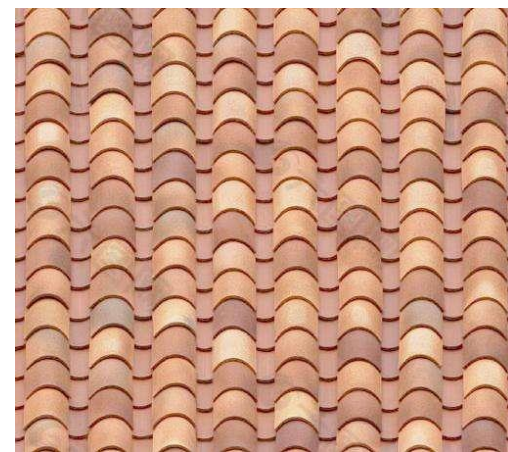
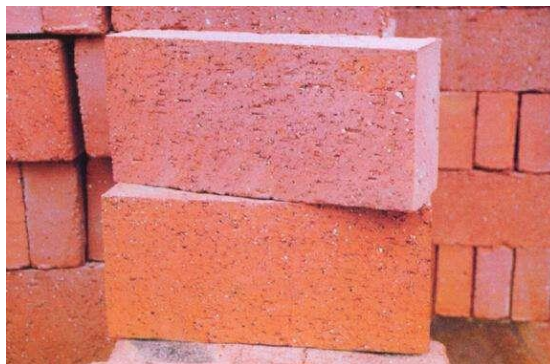
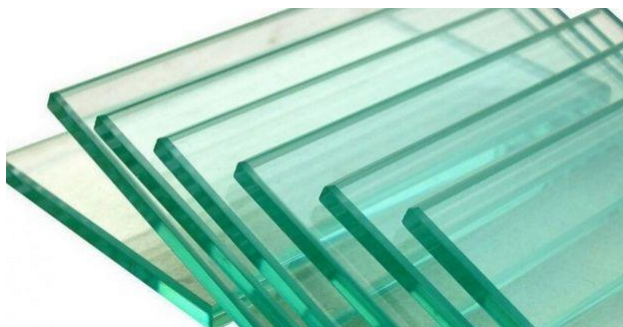


2.煤的形成及工业分类

2.3 煤的用途

(3) 建材用煤

约占动力用煤的13%以上，以**水泥用煤量最大**，其次为玻璃、砖、瓦等。

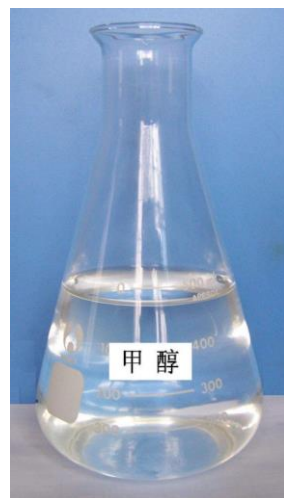
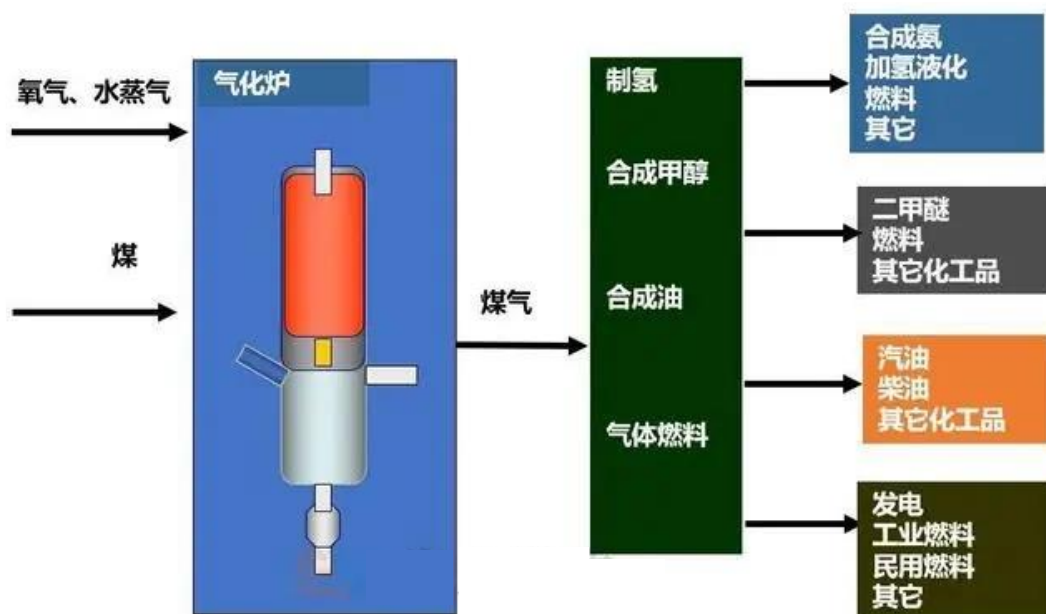


2.煤的形成及工业分类

2.3 煤的用途

(4) 化工用煤

在化工领域，**煤炭**可以在气化炉中与**有机质和化学剂**发生一系列化学反应，从而使固体煤转换为**CO、H₂和CH₄**等**可燃性气体或液化为油类产品**。



煤制甲醇



煤制石油

2.煤的形成及工业分类

2.3 煤的用途

(4) 化工用煤

此外，煤炭可以用来制造**烯烃**，即以煤为原料合成甲醇后再通过甲醇制取乙烯、丙烯等烯烃，而制作的这些烯烃最终可以制作成**生活化纤、塑料和衣服等**。



煤制衣服



煤拉丝



煤制衣

2.煤的形成及工业分类

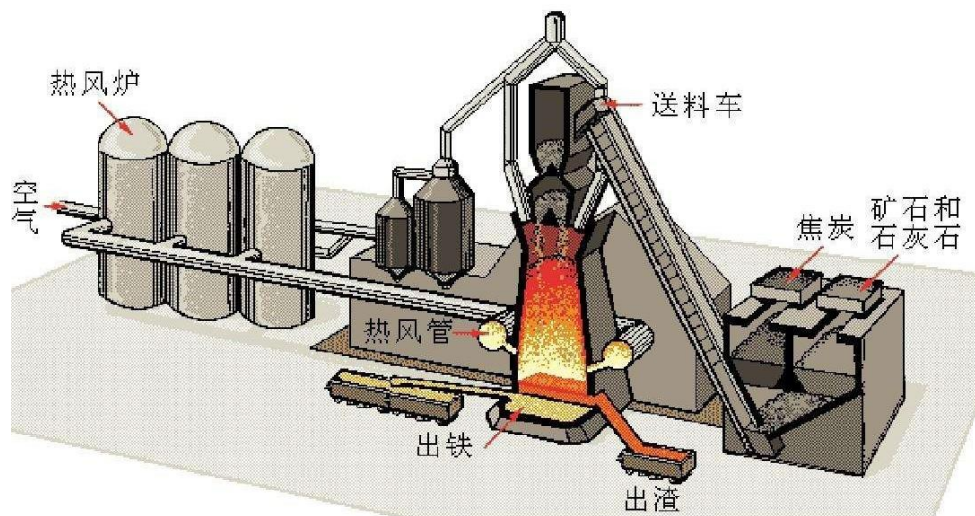
2.3 煤的用途

(5) 炼焦用煤

炼焦用煤是指适于**炼制冶金焦炭**的煤，一般是**焦煤**，其主要用于**高炉炼铁**和**高炉冶炼铜、铅、锌、钛、锑和汞等有色金属**，起到还原剂、加热剂和材料柱骨架的作用。



焦煤



高炉炼铁工艺流程

2.煤的形成及工业分类

2.3 煤的用途

(6) 一般工业锅炉用煤

除热电厂及大型供热锅炉外，一般企业及取暖用的**工业锅炉**型号繁多，**数量大且分散**，用煤量约占动力煤的**26%**。



2.煤的形成及工业分类

2.3 煤的用途

(7) 煤制雕刻

煤雕由来已久，广泛分布在山西、陕西、辽宁和贵州等煤炭资源丰富的地区。煤雕用的材料是**煤玉**，即**煤精**，质地软硬适中，是理想的工艺雕刻材料。



大同煤雕



煤雕工艺品



2.煤的形成及工业分类

2.4 含煤岩系

含煤岩系：一套含有煤层并且在成因上有联系的沉积岩系，简称煤系。

近海型煤系（海陆交替相）：华北的石炭-二叠纪煤系

内陆型煤系（陆相）：新疆的侏罗纪煤系

煤系组成：煤层+其他沉积岩层

煤层、煤层顶、底板、标志层

标志层：煤系中常有一些岩层，岩性特殊，容易识别，层位稳定或分布规律明显，与煤层或某些地质界线间距比较固定，用作寻找或对比煤层的标志。

2.煤的形成及工业分类

2.4 含煤岩系

2.4.1 煤层顶底板及稳定性

顶板：位于煤层上方一定距离的岩层。

伪顶：直接位于煤层之上极易垮落的较薄岩层，通常是由炭质页岩等软弱岩石组成，**厚度几至几十cm**；很难保留在工作面空间上方，常随采随落。

直接顶：位于伪顶上部**1-2m厚**的细砂、粉砂或泥岩；较稳定，随着回柱放顶能自行垮落。

基本顶：位于直接顶上方**厚而坚硬**的砂岩、灰岩层；能长时维持很大面积而不自行垮落，亦称老顶。

2.煤的形成及工业分类

2.4 含煤岩系

煤层底板：指位于煤层下方一定距离的岩层。

煤层底板

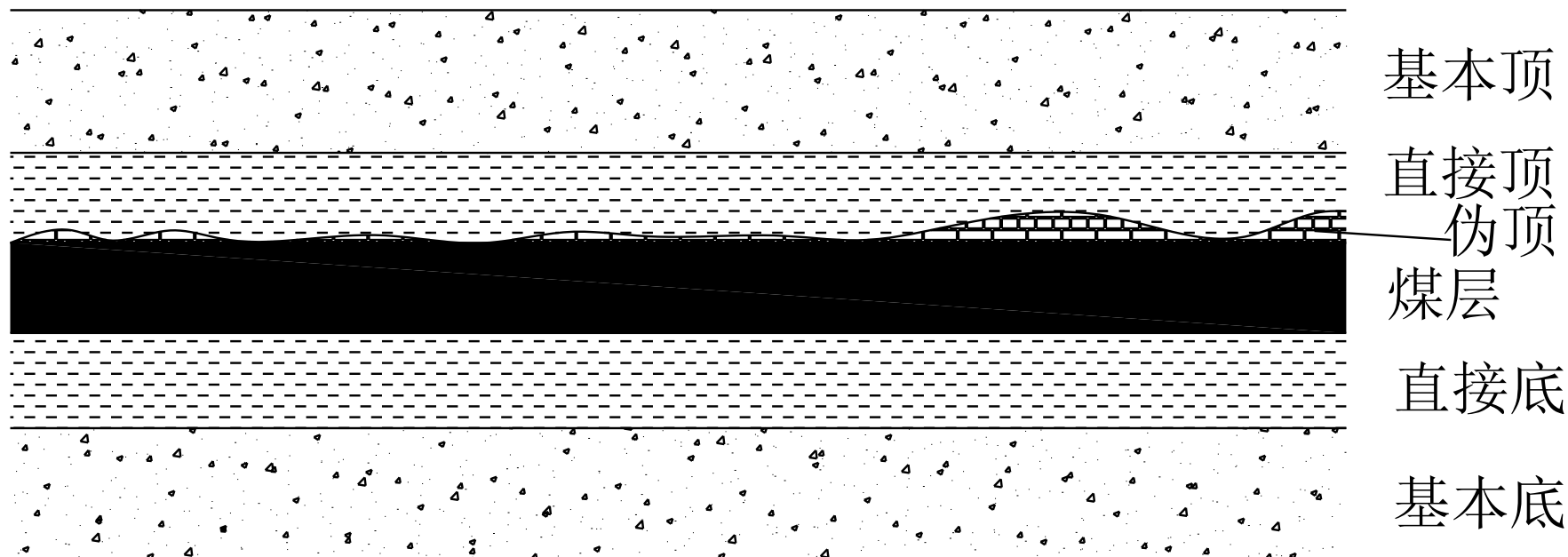
直接底：指煤层之下与煤层直接接触的岩层，岩性以炭质泥岩为常见，厚度不大，常为几十厘米。

老底：指位于直接底之下的岩层，其岩性多为粉砂岩或砂岩，厚度较大。

2.煤的形成及工业分类

2.4 含煤岩系

煤层顶底板示意图



2.煤的形成及工业分类

2.4 含煤岩系

2.4.2 煤层结构

煤层中所含**夹矸层**的情况，分为：

简单结构煤层：{ 不含夹矸层

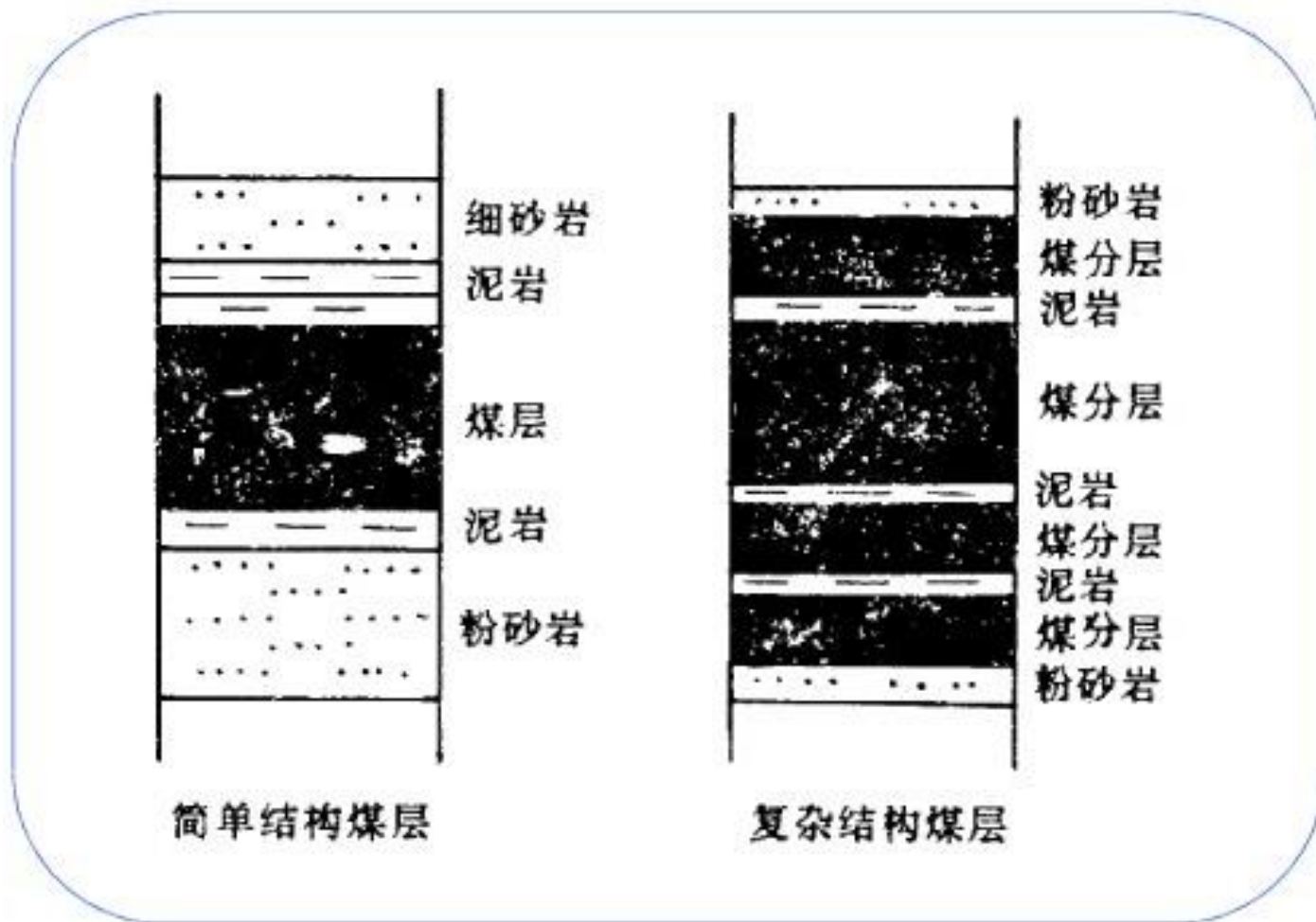
复杂结构煤层：{ 含有夹矸层

夹矸的物质来源：主要取决于泥炭沼泽所处的沉积环境。

煤层结构的影响：对采煤方法、采掘机械的选择和原煤质量等，都有一定的影响——但煤层中含有较厚的夹矸时，可实行煤分层的分采；当煤层结构复杂而难以分层时，夹矸混入煤中，使原煤质量降低。

2.煤的形成及工业分类

2.4 含煤岩系



2.煤的形成及工业分类

2.4 含煤岩系

2.4.3 煤层的厚度

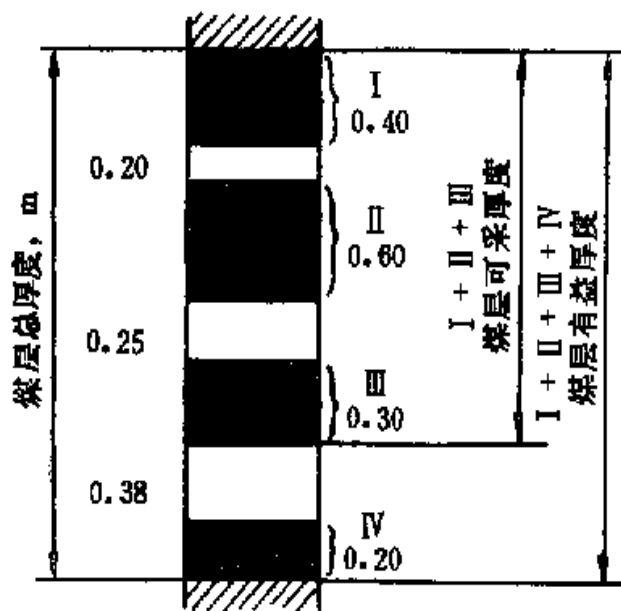
概念：煤层顶、底板岩层之间的法线距离。

总厚度：煤层顶、底板之间各煤分层和夹石层厚度的总和。

有益厚度：煤层顶、底板之间各煤分层厚度的总和。

可采厚度：在当前经济、技术条件下适于开采的煤厚。

最低可采厚度：按照国家当前有关技术政策，依据煤种、产状、开采方式和不同地区的资源条件所规定的可采厚度下限标准。



2.煤的形成及工业分类

2.4 含煤岩系

2.4.4 煤层分类

按**结构**分类：简单结构 复杂结构

按**厚度**分类 {
薄煤层 $< 1.3\text{m}$
中厚煤层 $1.3\text{-}3.5\text{m}$
厚煤层 $> 3.5\text{m}$

按**倾角**分类 {
近水平煤层 $< 8^\circ$
缓倾斜煤层 $8^\circ\text{-}25^\circ$
倾斜煤层 $25^\circ\text{-}45^\circ$
急倾斜煤层 $> 45^\circ$

第3节 煤的赋存特征与地质构造

3.煤的赋存特征与地质构造

定义：地质体（岩层、岩体、矿体等）存在的空间形式、状态及相互关系，是构造运动在岩层和岩体中遗留下来的各种永久性的变形、变位等现象。

(1) **倾斜**构造（单斜）

(2) **褶皱**构造

(3) **断裂**构造

(4) **岩溶陷落柱**

3. 煤的赋存特征与地质构造

3.1 岩层产状

岩层的**产状**：岩层在空间的产出状态和方位。

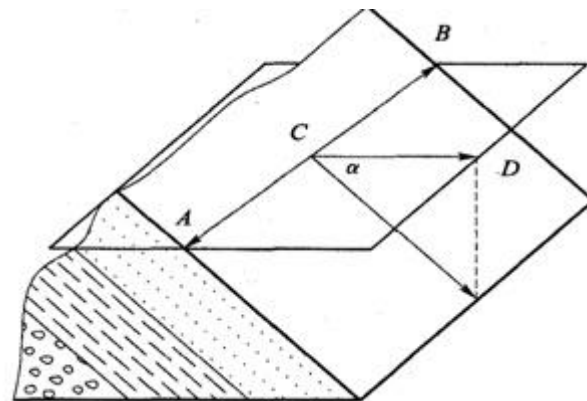
走向 倾向 倾角

走向：岩层面和任一假想水平面交线的延伸方向。

2个，相差 180° 。

倾向：垂直于走向线顺岩层倾斜面向下引出的直线在水平面上的投影所指方向。与走向线垂直，1个。

倾角：岩层层面与水平面的最大锐角。



3.煤的赋存特征与地质构造

3.2 倾斜岩层

倾斜岩层：受**构造运动**的影响，岩层改变了原始的水平状态并发生**倾斜**。

特征：

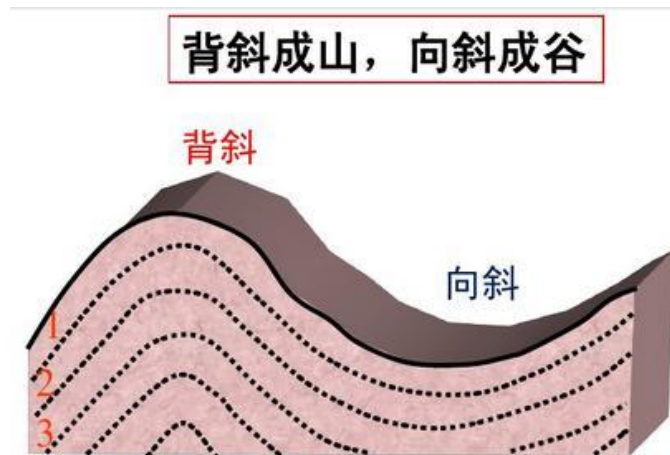
- (1) 正常层序，下老上新
- (2) 岩层厚度：顶面与底面之间的垂直距离
- (3) 岩层的出露和分布状态完全受地形控制
- (4) 不是孤立出现，属于褶皱或断层一部分。



3.煤的赋存特征与地质构造

3.3 褶皱构造

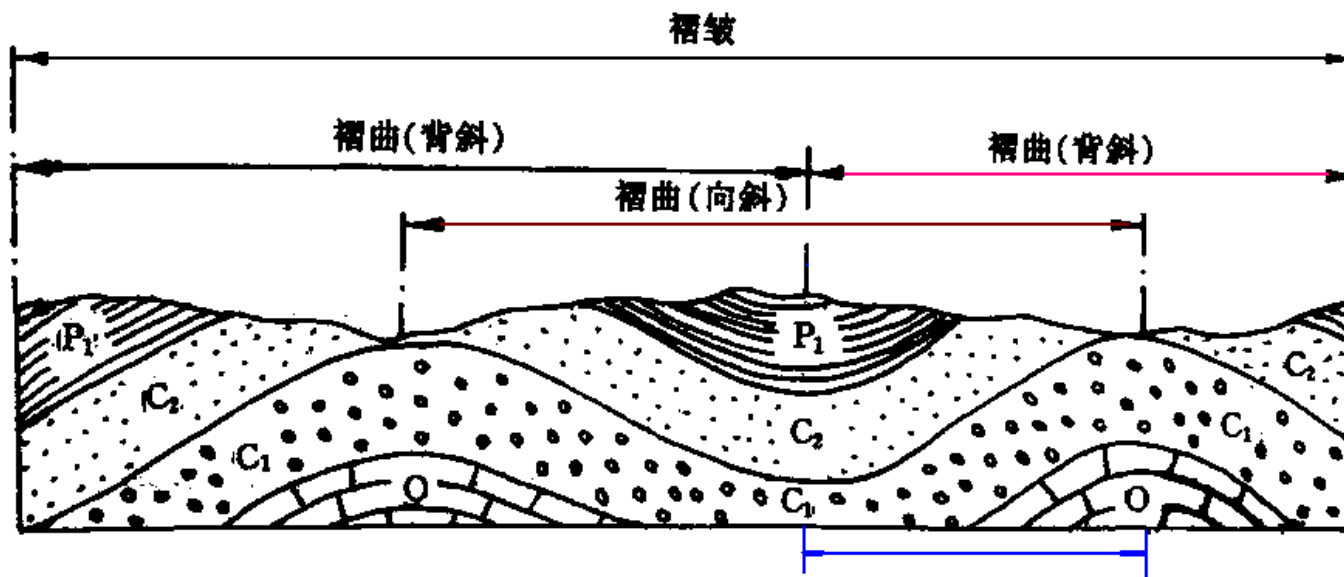
岩层在**构造应力**的长期作用下，原始产状改变，形成各种**弯曲**，岩层仍保持**连续性**，称为褶皱构造。



3.煤的赋存特征与地质构造

3.3 褶皱构造

褶皱与褶曲之间的关系：褶曲是褶皱中的一个弯曲。

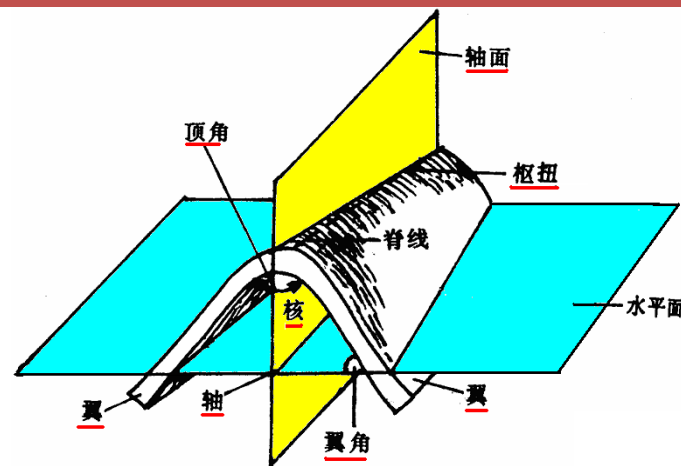


3.煤的赋存特征与地质构造

3.3 褶皱构造

褶曲要素

- (1) 核部：褶曲的中心部位。
- (2) 翼部：核部两侧比较平直的岩层。
- (3) 翼角：指两翼岩层与水平面的夹角，即翼部岩层的倾角。
- (4) 顶角：也称翼间角。是指褶曲两翼同一岩层之间的夹角。
- (5) 枢纽：指褶曲中同一岩层面上最大弯曲点的连线。
- (6) 轴面：指平分顶角的面，是同一褶曲中所有枢纽组成的面。
- (7) 轴：即轴线，是指轴面与水平面的交线。



3.煤的赋存特征与地质构造

3.4 断裂构造

定义：岩层在**构造应力**的长期作用下，岩层连续性被**破坏**，岩层中产生**破裂面**。

节理：断裂两侧岩层或岩体沿破裂面断开，但没有发生明显相对位移。

断层：两侧岩层发生明显相对位移。



3.煤的赋存特征与地质构造

3.4 断裂构造

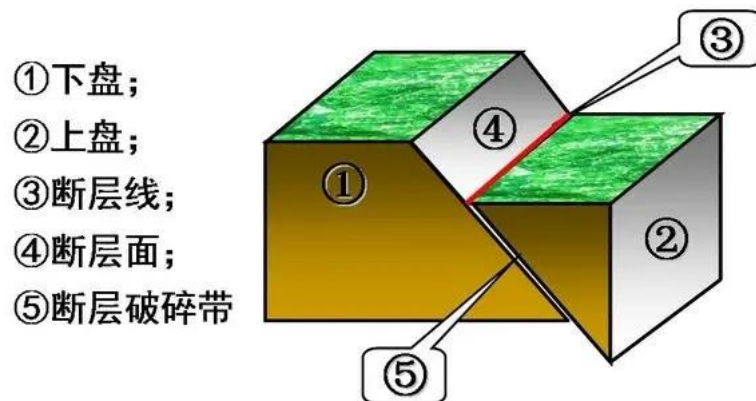
断层要素及分类：

- (1) **断层面**：指断层的破裂滑动面。
- (2) **断层线**：断层面与地面的交线。
- (3) **断盘**：断层面两侧相对位移的岩块。

上盘：位于断层面上方的；

下盘：位于断层面下方的。

- (4) **断层交面线**：断层面与岩层面（一般取岩层底面）的交线。常用的是煤层交面线（断煤交线），指的是断层面与煤层面的交线，包括上盘断煤交线 and 下盘断煤交线。



3.煤的赋存特征与地质构造

3.4 断裂构造

常见的断层种类包括：正断层、逆断层和平移断层。

正断层



逆断层



平移断层



3.煤的赋存特征与地质构造

3.4 断裂构造

断层对煤矿生产的影
响及处理

- (1) **特大型**断层 落差 $> 50\text{m}$
- (2) **大型**断层 落差 $20\text{m}-50\text{m}$
- (3) **中型**断层 落差 $5\text{m}-20\text{m}$
- (4) **小型**断层 落差 $< 5\text{m}$

1. 影响井田划分：大型、特大型断层尽可能作为井田边界

2. 影响井田开拓方式：

(1) 断层倾角小时，选择岩石较好的地段过断层，井底车场避开断层。

(2) 断层倾角大时，立井井筒布置在下盘中，距离断层面 $30-50\text{m}$ 以外的位置。

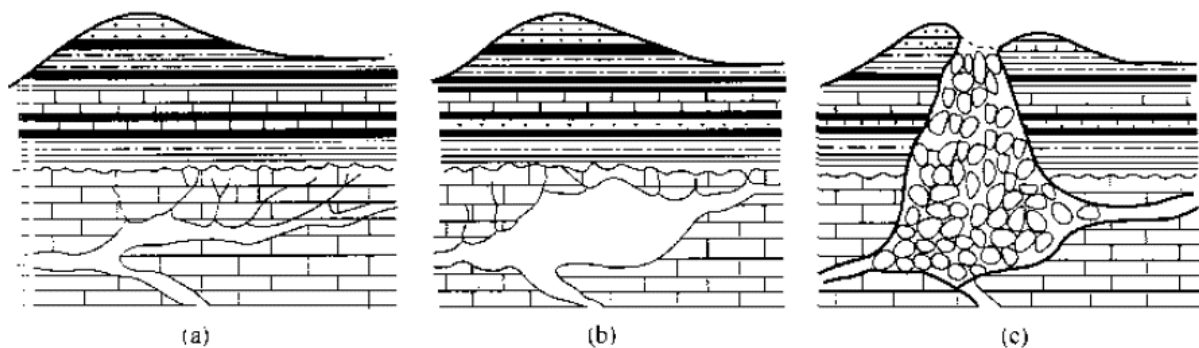
(3) 运输大巷布置在容易维护的坚硬岩层中。

3. 影响采区和工作面布置：尽可能将断层留在保护煤柱中。

3.煤的赋存特征与地质构造

3.5 岩溶陷落柱

喀斯特陷落柱是喀斯特塌陷的一种类型。它是由于煤层下伏碳酸盐岩等可溶岩层，经地下水强烈溶蚀，形成空洞，从而引起上覆岩层失稳，向溶蚀空间冒落、塌陷，形成桶状或似锥柱状体，故以它的成因和形状取名为喀斯特陷落柱，简称陷落柱。



岩溶陷落柱形成过程示意图

(a) 石灰岩中发育溶洞; (b) 溶洞不断扩大; (c) 陷落柱形成

第4节 煤田地质勘探与储量

4.煤田地质勘探与储量

4.1 煤田地质勘探

地质勘探是运用地质科学和技术来分析、研究、探测煤矿床。其目的是为煤矿设计、建设和生产提供可靠的地质资料，保证煤炭资源合理、顺利开发。其主要任务是运用各种地质理论、选择相应的技术手段和工作方法，查明地层、地质构造、煤层、煤质、储量及开采技术条件等因素，正确评价煤矿床及与含煤岩系伴生的其它有益矿产。

勘探目的：为煤矿设计、建设和生产提供可靠的地质资料，保证煤炭资源合理、顺利开发。

勘探任务：地层、地质构造、煤层、煤质、储量及开采技术条件等因素。

4.煤田地质勘探与储量

4.1 煤田地质勘探

煤田地质勘探的程序划分为**找煤**（初步普查）、**普查**（详细普查）、**详查**（初步勘探）、**精查**（详细勘探）四个阶段。

找煤：采用**1:5万或1:2.5万的比例尺**在较大地区范围内进行，实测地层剖面且剖面间距是**4km - 8km**。

普查：采用**1:2.5万或1:1万的比例尺**，寻找有工业价值的含煤区。以**钻孔构成勘探线**，线距小于**4km**。

详查：采用**1:2.5万或1:1万的比例尺**，在较小的地区范围内进行。

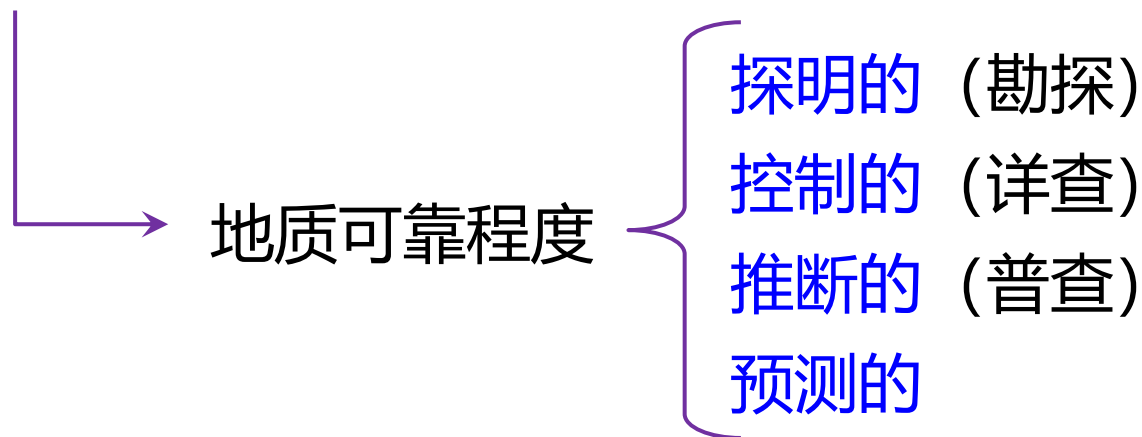
精查：对井田采用**1:1万或1:5000的比例尺**进行勘探，作为矿井设计和建井的依据。

4.煤田地质勘探与储量

4.2 煤炭储量和分类

资源/储量：地下埋藏的具有一定工业价值和经济价值的煤炭资源数量。

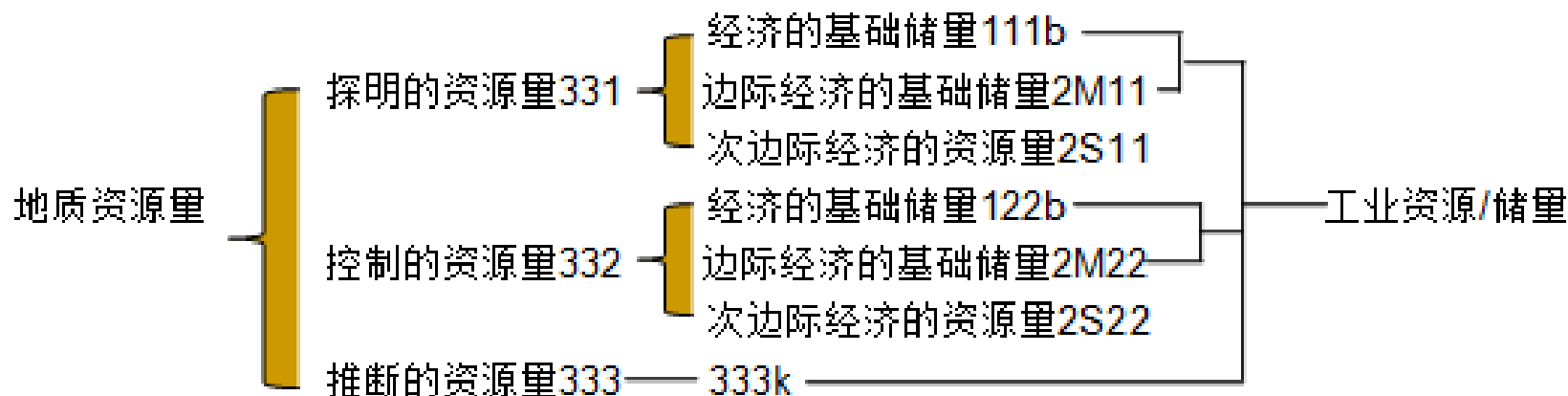
资源/储量的分类：



4.煤田地质勘探与储量

4.2 煤炭储量和分类

矿井工业储量计算:



k , 可信度系数, 取0.7-0.9, 地质构造简单, 煤层赋存稳定, 取0.9; 地质构造复杂, 煤层赋存不稳定, 取0.7。

矿井**工业资源/储量**= $111b+122b+2M11+2M22+333k$

第5节 矿图基本知识

5.矿图基本知识

5.1 图纸名称、内容及作用

矿用图纸：地形地质图、煤层底板等高线图

(1) 地形地质图：表示研究区的地形特征、地层、矿层分布、岩层产状及地质构造特征的图件。

内容：地形地物、地质界线、勘探工程等

作用 { 设计-运输干线及供电线路、井口选择、工业广场
生产-井上下对照图

比例尺：1:10000、1:5000、地质复杂1:2000

5.矿图基本知识

5.1 图纸名称、内容及作用

(2) 煤层底板等高线图：反映某一煤层空间形态特征的图件。

内容：地形地物、地质界线、井巷工程等

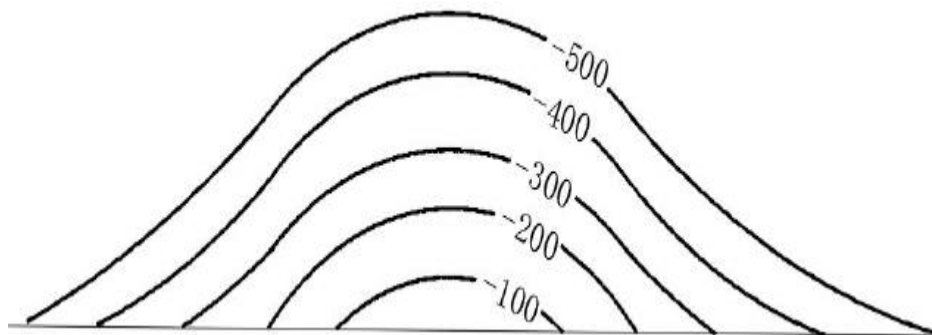
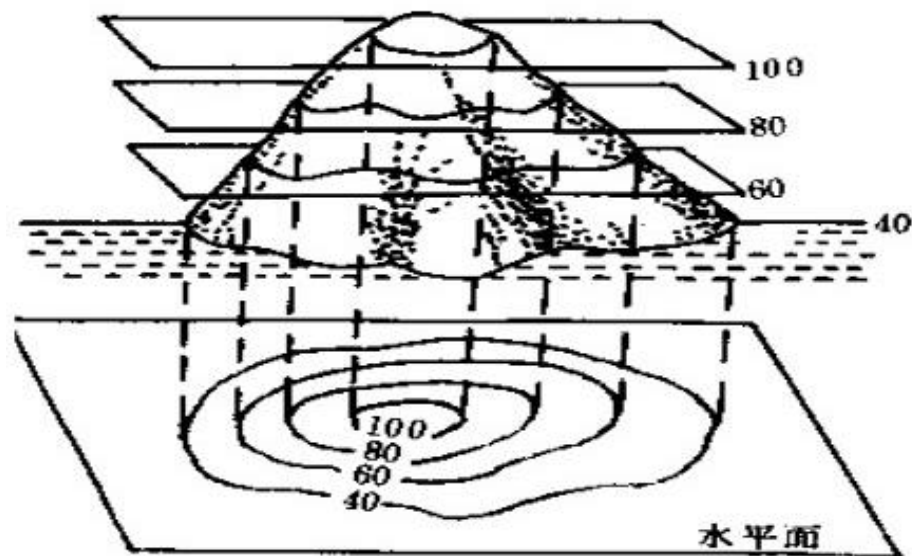
作用：井巷布置、生产计划、采掘生产的重要
依据地质构造规律、生产勘探、储量计
算的基础

比例尺：1:10000、1:5000、地质复杂1:2000

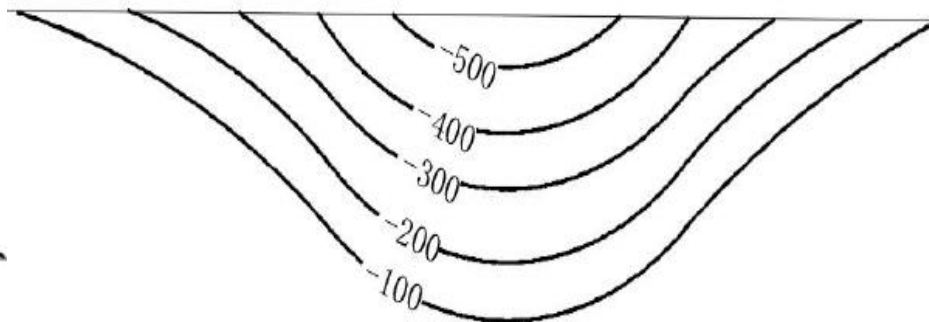
5.矿图基本知识

5.2 等高线、构造在平面图上的表现形式

等高线平面投影：
地形、煤层均适用



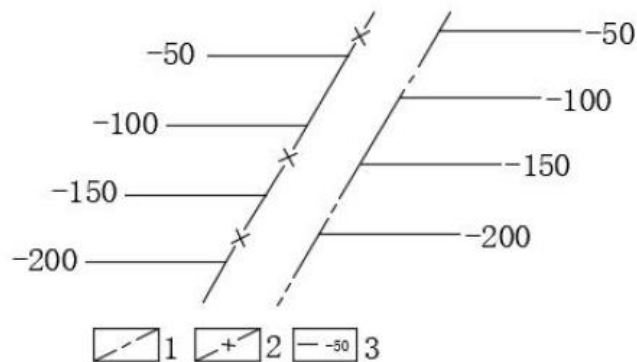
背斜构造(中间高两端低)



向斜构造(中间低两端高)

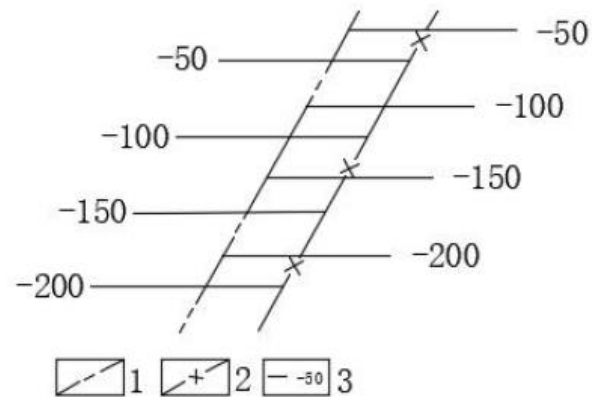
5.矿图基本知识

5.2 等高线、构造在平面图上的表现形式



1. 上盘煤交线 2. 下盘煤交线 3. 煤层底板等高线

正断层

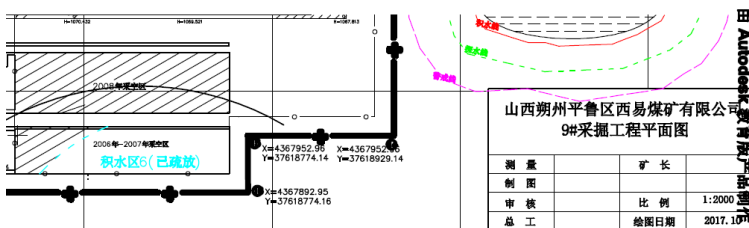


1. 上盘煤交线 2. 下盘煤交线 3. 煤层底板等高线

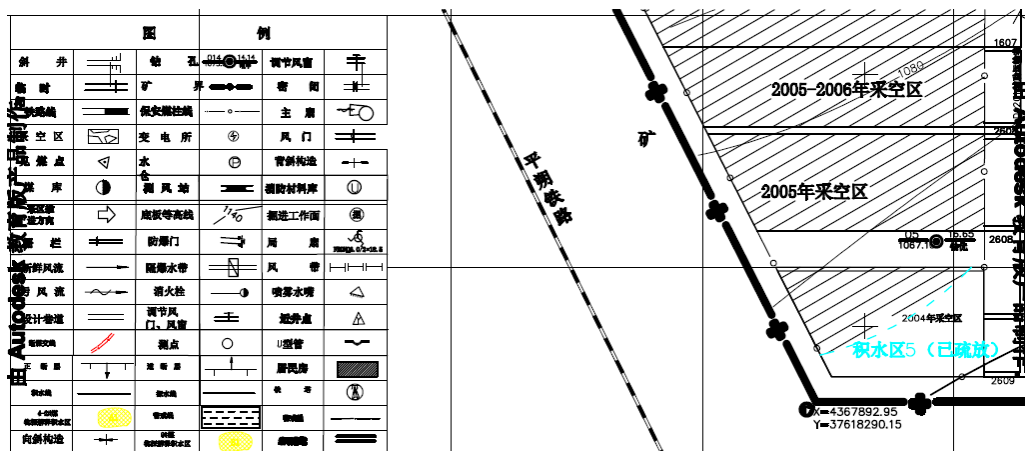
逆断层

5.矿图基本知识

5.3 读图



- (1) 阅读图名、比例尺、编制时间
- (2) 阅读图例
- (3) 分析图中基本内容

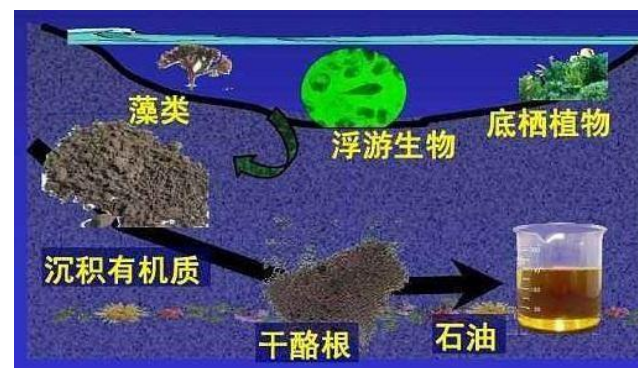
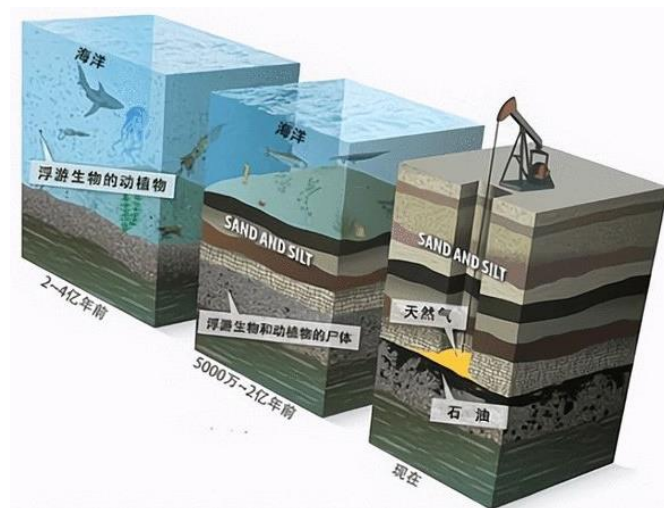


第6节 其它矿物成因概述

6. 其它矿物成因概述

✦ **石油和天然气**的成因基本可以归纳为**无机生成**和**有机生成**两大学派，前者认为油气是地下深处**高温、高压条件下**由**无机物**通过**化学反应**形成的；后者认为油气是地球上生物起源之后，在地质历史发展过程中，由保存在沉积岩中的生物**有机质**逐步转化而成。

✦ **核能**是新能源中的一种重要组成，是通过**转化其质量**从原子核释放的能量。



6. 其它矿物成因概述

✦ **太阳能**是指太阳光的辐射能量，在太阳内部进行的由“氢”聚变成“氦”的原子核反应，不停地释放出巨大能量，并不断地向宇宙空间辐射能量。

✦ **海阳能**是海洋所具有的能，以波浪、海流、潮汐、温度差、盐度差等方式，以动能、势能、热能、物理化学能的形态，通过海水自身所呈现的可再生能源。

✦ **地热能**是来自地球深处的热能，它源于地球的熔融岩浆和放射性物质的衰变。

✦ **生物质能**是指由光合作用而产生的各种有机体，包括动植物和微生物。

✦ **氢能**主要包括氢核能和氢化学能两大部分，其中氢核能为氢的热核反应释放的能量；而氢化学能是氢与氢、卤族和金属等化合而释放出的化学能。

谢 国 谢
