

# 绪论（课件）

## 一、地质学简介

### 1 地质学的英文名称—Geology

### 2 地质学概念（Geology）：研究地球的科学。

研究地球（地壳）的物质成分、内部构造、表面特征及地球演化历史的科学。

### 3 地质学的发展阶段：

(1) **地质思想萌芽时期（公元前～十八世纪中叶）**：对自然界地质现象的认识是朴素、直观、零散的，分析问题带有极大的猜测性。

附：《庄子》：风之过焉有损焉——风蚀

日之过焉有损焉——物理风化, 昼夜温差变化.

《诗经》：高岸为谷，深谷为陵——地表起伏是可以互相转化的

朱熹《梦溪笔谈》：尝见高山有螺蚌壳，或生石中，此石即水中之物，下者却变而为高，柔者变而为刚——沈括出使辽国经过太行山麓时，见山壁中间有由卵石和螺壳组成的堆积层，便断定这里是古时的海边。只有在海滨环境，才会出现海洋生物的贝壳，而浑圆的卵石，必然是波浪长久冲刷的结果。因此，如今距离海岸千里之遥的太行山一带，在过去曾是茫茫大海。沈括进一步推断，现在太行山与大海之间的华北平原，是由黄河、漳河等河流携带着混浊的泥沙，年复一年地向东沉积而成的。

(2) **近代（经典）地质学时期（十八世纪中叶～二十世纪初）**：地质学诞生、发展并涌现了一批著名的地质学家，确立了地质学的基本原理和方法，建立了地质年代表，使这一科学体系不断完善成熟。

附：英国莱伊尔：发表《地质学原理》，全面阐述“古今一致性”观点和“将今证古”现实主义方法。

英国史密斯 William Smith:化石层序律, 制订出世界上第一张系统的地层表.

(3) 现代地质学时期(二十世纪初~现代): 建立了以大陆漂移——海底扩张——板块构造学说为标志的系统的新的地质学理论、观念、方法。地质应用学科得到了很大发展。

附：德国魏格纳：发表《大陆和海洋的形成》，大陆漂移理论的缔造者。

#### 4 我国地质事业及其地学学派：

(1) 新中国成立前上世纪三十年代有中央地质调查所，丁文江、翁文灏等地质前辈对地质事业做过一些贡献。

(2) 新中国成立后我国地质事业和地质理论发展很快。现代最有代表性的地质学说有：

多旋回说(槽台说) --- 黄汲清(1945年提出)

断块构造说 --- 张文佑(1958年提出)

地洼说 --- 陈国达(1954年提出)

波浪状镶嵌构造说--- 张伯生(1962年提出)

地质力学 --- 李四光(1924年提出, 50年代成熟)

#### 5 地质学的特点：

(1) 时间漫长：

地球年龄 4.6 亿年；最老的岩石年龄 3.8 亿年。

地质年代的记时单位是百万年。

(2) 空间广阔：

横向：遍布全球每个角落（南极、北极、赤道、山地、平原、陆地、海洋）。

纵向：大气圈——上地幔（整个岩石圈）。

### (3) 现象复杂

**性质上：**

物理的（崩塌、泥石流）；化学的（钟乳石）；生物的（煤、石油形成）等各种变化。

**规模上：**

小到原子、分子的微观过程（矿物形成、化石形成……）；大到整个地球乃至太阳系形成的宏观现象。

**范围上：**

从无机到有机界、有机界与无机界的相互转化。

**环境上：**

常温、常压到高温高压，地表环境、地下深处环境。

**区域上：**

地球上各地区的地质现象均有其差异性。虽然地质作用的原理及过程均相似或相同，但其产生的结果却可因地区而有所不同。

### (4) 不可逆性：

地球上所有的地质作用均可为不可逆性，亦即已经过了地质作用的物质或现象，无法再复原为原来的样子，而仅能由模拟来推测过去可能状况。

### (5) 无法由实验获得

例如火山爆发及地震，其作用规模甚大，无法在实验室中以同等规模进行验证。充其量只能藉由模拟来研究。

再以现今有许多岩石例如人工钻石，虽可由实验制造出来类似产品，但此等人工钻石只能说二者性质相似，不可能与原来的一模一样。

## 二、为什么要学习地质学

### 1 为求新知而研究

### 2 为地质学的应用

**矿产方面**——金属及非金属矿产的探勘、开发与利用等。

**工程方面**——地表上重大的工程如钻隧道、蓄水、筑坝、建筑及石材开采等，均需赖以地质学的帮助。

**地下水方面**——人类每天饮用的地下水，位居于地表之下，而其地下水水源位置、储量丰富与否、分布状况等与地层的结构、性质及构造息息相关。

**农业方面**——栽种植物的土壤性质及成份，影响农作物成长甚大。而土壤的生成，是岩石风化的结果。因此欲知土壤之一切，必须有丰富的地质知识。再如造林、池塘的挖掘及灌溉等，均与地质有着密不可分的关系。

**在军事方面**——在军事上，如战壕、隧道之位置；军用矿产如核矿、铁矿的开采等，必须根据地区区域构造地质研究，始可顺利完成。在作战时，如有精密的军事地质图及地形图相助，则更能发挥其成效。

**交通方面**——铁路及公路等路线的选择、路基及山洞之勘定，首先需选择地质岩性坚硬的岩层，并需避免经过断层带上，以免日后崩塌。而位于铁路、公路沿线矿产的开发，更与铁路及公路之兴建路线及运输事业息息相关。

**国土开发上**——在国土开发的规划中，与地质构造以及地表之地形特征息息相关，需赖以全国性高水准而又精确之地质图，如此才可得最安全而妥当之配置。

### 3 与人类文明方面

**衣方面**——地质学与衣方面较无直接关连，但由石油中所提炼出来的石化产品，可质成人造纤维，亦可做为人类之衣料及生活用品等。

**食方面**——人们每日食用的岩盐即是最好的例子，例如早在汉朝四川居民即知自自流井中采取岩盐。再如人们饮用的地下水、矿泉水等，均需赖以地质知识来寻找和开采。

**住方面**——居住于山间的居民直接利用石版为屋顶或墙为建材。再如加工后的石棉亦为主要的防火材料之一。再如中国西北部的居民，甚多在黄土高原上挖洞而居等。

**行方面**——石油为目前人类日常生活中的最主要的生活必需品之一。煤的利用虽现不如石油之方便，但在许多国家仍战有一席之地。而石油及煤均深埋于地下，在地表无从获市得油气之所在，需藉由各种地质方法，分析及研究后，始可获知其地下位置及储量等。

**观赏与装饰方面**——宝石的开发与鉴定

**旅游资源开发方面**——有些岩层经侵蚀后形成的地貌，景观独特，往往成为极佳的观光景点。如桂林之石灰岩地貌、福建之丹霞地貌等。

## 三、怎样学习地质学

1 地质学的研究方法包括两方面：

(1) 野外调查和观测；

**其它方法：**遥感技术、钻探技术、深海钻探及采取长岩心、各种测井技术、反射地震波谱（地震地层学、层序地层学）、航空摄影或地面摄影用的测雷达以及探测水下地形的测视声纳等。

根据野外直接观察及所采得标本，带回实验室利用各种仪器以鉴定和分析，并加以解释和模拟，再由其中获得问题的可能答案。

## (2) 室内研究

**最基本的方法：**显微镜薄片法

**其他方法：**粒度分析、重矿物分析、不溶残渣分析、热分析、化学分析、光谱分析、阴极发光显微镜、同位素分析、扫描电镜、X 射线衍射分析、图像分析、电子探针、原吸收光谱、红外光谱、气相色谱和古地磁等。

在地质学的研究之中，往往采取**类比法**，即以类比方法比较各地区各种地质现象间的差异，以后再归纳成各种不同的类别，并分析其产生差异的原因。

**将今论古法 (The Present is the key to the Past )：**研究之中经常以观察现今之各种地质现象，来解释及推测过去地质时代中的各种地质现象所发生的原因及机制。

**利用高科技仪器及工程技术：**例如 X—射线 (X-Ray)、高倍电子显微镜 (Electronic Microscope) 及深海钻探 (Deep Sea Drilling) ，因而对于地球深层结构有了更进一步的了解，因而使得地球科学的研究，有了突破性的进展。再如电脑的快速发展，不但能快速处理大量资料，并且可根据简单的地质模式，建立各种立体模型，甚至尚可模拟恢复未经地质作用前各地质时代可能的各种地质原始现象。

# 第一章 地球的一般特征（课件）

## §1.地球的基本参数

1 极半径： 6,356.8km

赤道半径： 6,378.2km

平均半径： 6,371km

扁率： 1 / 298

面积：  $5.1 \times 10^8 \text{ Km}^2$

最高点： 8848.13 m 珠峰

最低点： -11033 m 马里亚纳海沟

2 地球赤道一带稍微凸出，南北半球也不对称，加上表面凹凸不平，是一个不规则的**旋转椭球体**。基本上仍是一个圆球。

## §2.地球的圈层构造及表面特征

### 一、地球的外部圈层构造

1 固体地球之外存在三个圈层，它们分别是**大气圈、水圈和生物圈**。

#### 2 地球的外部圈层——大气圈

(1) **大气圈**：是指因地球的引力而聚集在地表周围的气体圈层。

(2) 大气圈中的气体主要集中于地表以上 **18km** 的范围内，往上气体变得极为稀薄。

(3) **大气圈的分层**：对流层、平流层、中间层、暖层、散逸层。

分层的主要依据：物质组成、大气的温度变化、电荷、大气运动特征。

(4) 大气圈的**物质组成主要成分**为（按体积计算）：

氮： 78.09%； 氧： 20.94%； 氩： 0.93%； 其他： 0.04%

## 附：地表附近的大气组成成分气体

定量气体			不定量气体		
气体	化学式	占空气体积 (%)	气体	化学式	占空气体积 (%)
氮	N <sub>2</sub>	78.08	水气	H <sub>2</sub> O	0--4
氧	O <sub>2</sub>	20.95	二氧化碳	CO <sub>2</sub>	0.035
氩	Ar	0.93	甲烷	CH <sub>4</sub>	0.00017
氖	Ne	0.0018	一氧化二氮（笑气）	N <sub>2</sub> O	0.00003
氦	He	0.0005	臭氧	O <sub>3</sub>	0.000004

(5) **大气环流**：大气大范围内的运动状态。表现为不同时间尺度和空间尺度的大气周而复始的运动特点。

(6) **风**：大气的流动形成了风，风是由于大气不同部位的**压力差**所造成的，大气环流的主要表现形式就是不同的“**风带**”。

(7) **地球自转偏向力（科里奥利力）**——由于地球自转引起的一种作用于地表一切运动物体的力。

(8)  $f=2mv \times \omega$ ：f 称为科里奥利力。式中 m 为质点的质量，v 为质点相对于非惯性系的速度， $\omega$  为非惯性系转动的角速度。

(9) 科里奥利力的方向：沿前进方向，**北半球右偏，南半球左偏**。

### 3 地球的外部圈层——水圈

(1) **水圈**是指地球表层由水体构成的连续圈层。水体的形式有河、湖、海、冰川（盖）水蒸气、地下水等，并形成**一个包裹着地球的完整圈层**。

(2) **水循环**：地表上直接被液态水体覆盖的区域占地表面积的  $3/4$ 。在**太阳能**、**重力**的作用下，使得水圈中的水体周而复始的运动，形成水循环。

(3) 水循环的方式有：海洋与大陆间的循环；

地表与地下间的循环；

生物体与周围空间的循环；

水圈与大气圈间的循环。

#### 4 地球的外部圈层——生物圈

(1) **生物圈**：是指地球表层由生物及其活动地带所构成的连续圈层。生物从高等到低等，从动物到植物，乃至细菌和微生物等生活于地球表面一定范围的陆地、水体、土壤及空气中，构成了一个基本连续的圈层。

(2) 目前已知的生物有**近两百万**个种。

(3) 生物的演化发展受控于自然环境的演化，通过**地质历史时期生物化石**的研究就可以知道**地质演化的历史**。

#### 5 地球的内部圈层构造

(1) 人类对地球内部的了解仍是“肤浅”的：目前最深的钻井 $<13\text{km}$

(2) 内部圈层**划分依据**：地震波在地球内部传播波速变化

(3) **地震波**（机械波或弹性波）：纵波（P），横波（S）

**纵波**——质点的震动方向与波的传播方向一致，能通过固体、液体、气体。

**横波**——质点的震动方向与波的传播方向垂直，只能通过固体。

**震源**：天然、人工地震、核爆炸、地震勘探（炸药、电弧花、重锤、枪击）。

(4) 纵波、横波在地球内部传播（体波），遇到不同物性界面时，波速发生变化。

（其原因：发生反射、透射、折射、终止（吸收）或分解、激发新纵波、横波和面波（L））

（5）**波速不连续面**——地震波在地球内传播，波速发生较大变化的界面（统称是物性差异界面）。

（6）全球两个大的波速不连续面：

1) **莫霍面**（M. 1909）(Moho-discontinuity)：大陆平均 33km, max 70km  
大洋平均 11-12km, min 5km

2) **古登堡面**（G. 1914）(Gutenberg-discontinuity)：2900km

（7）**莫霍洛维奇面**（简称莫霍面）

最先由**克罗地亚**学者莫霍洛维奇(A. Mohorovicic, 1857-1936)于**1909**年发现。在莫霍面上下，**纵波速度**从 7.0km/s 迅速增加到 8.1km/s 左右；**横波速度**则从 4.2km/s 增加到 4.4km/s 左右。莫霍面出现的深度，全球平均为 33km，在大洋之下平均仅为 7km。后来，人们就把**莫霍面之上**称为地壳，**莫霍面之下到古登堡面之间**称为地幔。

（8）**古登堡面**

这个界面是**1914**年由**美籍德裔**学者古登堡(B. Gutenberg, 1889-1960)发现的。在此**不连续面**上下，**纵波速度**由 13.6km/s 突然降低为 7.98km/s；**横波速度**从 7.23km/s 到突然消失。此界面位于地下 2885km 深度，**此界面之下到地心**，称为地核。

6 **地球圈层划分**：地壳

地幔： 上地幔、下地幔

地核： 外核、过渡层、内核

## 7 地壳明显地存在上下两层：

上 **硅铝层**，也称为花岗质层，只存在于大陆；

下 **硅镁层**，也称为玄武质层，分布于全球。

由于地壳厚度的差异和物质在水平与垂直方向的不均匀性，导致地壳经常进行物质的重新分配调整，这是引起地壳运动的重要因素之一。

## 8 大陆型地壳与大洋型地壳比较

	大陆型地壳 (continental crust)	大洋型地壳 (oceanic crust)
结构	Si、Al 层 2.6-2.7 g/cm <sup>3</sup> Si、Mg 层 2.9-3.0 g/cm <sup>3</sup>	Si、Mg 层 2.9-3.0 g/cm <sup>3</sup>
岩石年龄	41 亿年	<2 亿年
岩石变形	强烈	微弱
厚度	max 70km (平均 33km)	max 10km(平均 6-8km)
分布	大陆及大陆架	大洋盆地

## 9 地球圈层

名称		圈层代号	底界深度 km	密度	物态
地壳		A	33	2.6-3.0	固态岩石
地幔	上地幔	B	360	3.32—5.7	
	地幔		250		塑性软流圈 (低速带)
	下地幔	C	400		
		D	2898		
地外		E			液态

核	过度	F		9.7-13 (16)	固态
	内	G	6381		

## 10 软流圈 (asthenosphere)

(1) **软流圈**：上地幔中的地震波速的低速层，范围 60—250km，物质具有软塑性和流动性。

(2) **软流圈发现的意义**：岩浆的发源地；

中源地震的发源地（地下 70—300km）；

软流圈的发现，使大陆漂移学说得以成为可能，也支持了板块构造运动；

软流圈的运动波及全球构造。

## 11 地核、地幔、地壳的形成：

**原始地球**是均质球体，主要成分 C、O、Mg、Si、Fe、Ni。放射性元素辐射能、引力收缩、重力压缩使原始地球温度升高，产生机械和化学分异。比重大熔点低的铁、镍等元素向地心集中，形成地核。在重力分异过程中，伴有物质位能向热能转化，岩石发生熔融，较轻的铁镁硅酸盐向上集中，原始地幔形成。原始地幔表层同时失热，变硬，形成坚硬外壳，即原始地壳。

## 12 推断地球内部各圈层物质组成的主要依据：

- (1) 根据各圈层密度和地震波速度与地表岩石或矿物的有关性质对比进行推测。
- (2) 根据各圈层的压力、温度，通过高温高压模拟实验进行推测。
- (3) 根据来自地下深部的物质进行推断。火山喷发和构造运动有时能把地下深部（如上地幔）的物质带到地表。
- (4) 与陨石研究的结果进行对比。

### 13 地球内部圈层物质组成

岩石 { 地壳： Si、Al 层 花岗岩质  
Si、Mg 层 玄武岩质

圈 上地幔顶部：超基性岩（Fe、Mg 含量多）

软流圈： 石榴石 1300°C 近岩石熔点

地幔圈： 铁石榴石

外核液体圈： Fe、Ni (少量 Si、S)； 铁陨石

内核固体圈： Fe、Ni， 铁陨石

附： 思考题

1 地球自转产生的偏转力——科里奥里力在赤道处最大，两极处最小。

2 大气圈中与地质作用关系最密切的次级圈层是（ ）。

a. 平流层； b. 对流层； c. 中间层； d. 热成层。

3 划分地球内部圈层构造时所用的主要地球物理方法是（ ）

a. 古地磁法； b. 地电法； c. 地震波法； d. 重力法。

4 地壳与地幔合在一起又被称为岩石圈。

5 软流圈的物质全部处于熔融状态。

6 划分地球内部圈层，推断地球内部各圈层物质组成与状态的主要依据有哪些？

## 二、地球表面的地形

### 1 陆地地形

(1) 按照高程和起伏特征，陆地地形可分为：山地、丘陵、平原、高原、盆地、  
洼地等类型

(2)

**山地：** 海拔高程在 500 米以上，地形起伏较大，相对高程大于 200 米的地区。

**低山**--海拔 500 米-1000 米

**中山**--海拔 1000 米-3500 米

**高山**--海拔大于 3500 米

线状分布的叫**山脉**

**丘陵** 高低不平，相对高程在 200 米以下的小山丘。

**平原** 宽广平坦或略有起伏的地区。

**高原** 海拔高程在 600 米以上表面平坦或略有起伏的地区。

**盆地** 四周是高原或山地中央低平（平原或丘陵）的地区。

**洼地** 陆地上高程在海平面以下的地区（如新疆鲁克沁洼地为-155m）

## 2 海底地形

(1) **三大单元：** 大陆边缘、 大洋盆地、 洋中脊

(2) **大陆边缘：** 大陆与大洋连接的边缘地带，为海水覆盖，**包括：**

**大陆架：** 近陆浅水海底平原，地势平坦，坡度 $<0.1^\circ$ ，一般指水深  $<200$  米的水域。

**大陆坡：** 大陆架外缘的倾斜部分，平均坡度  $4.3^\circ$ （最大  $20^\circ$ ），宽度  $20\sim 90\text{km}$ ，平均  $28\text{km}$ ，常见横切大陆坡的海底峡谷。

**大陆基：** 大陆坡与大洋盆地之间比较平坦的地区，大面积覆盖了堆积物。

**岛弧：** 一系列岛屿，无论岛屿本身形态还是把它们连接起来都成弧形，称为岛屿。

**海沟：** 大洋边缘紧邻大陆的长条形洼地。多为板块的结合部位，是由于大洋板块向大陆板块下俯冲造成的。在岛弧靠大洋一侧，常发育几乎平行的巨型凹地，深约 6000 米，称海沟。大洋中最深的海沟为马里亚纳海沟，其深度为 11km。

## 岛弧与海沟总是平等伴生的

### (3) 大陆边缘类型

#### ①被动性大陆边缘（大西洋型大陆边缘）[无海沟]

大陆 → 大陆架 → 大陆坡 → 大陆基 → 大洋盆地

#### ②主动性大陆边缘（太平洋型大陆边缘）[有海沟]

安第斯型：大陆 → 大陆边缘山脉 → 大陆架和大陆 → 海沟 → 洋盆

日本海型：大陆 → 边缘海 → 岛弧 → 海沟 → 洋盆

(4) 大洋盆地：海洋的主体部分，水深 4000~6000 米，平坦，坡度 < 1/1000。

(5) 洋中脊：屹立于大洋底部的巨大“山脉”延伸于四大洋，连绵数万公里，是大洋底部很重要的地势特征。洋脊高 2~4KM，宽 1000~4000 KM，垂直于洋脊延伸方向，被一系列横向断裂错开。

## §3. 固体地球的物理性质

### 一、地球的密度与压力

1 地球的平均密度为  $5.52\text{g/cm}^3$ 。地壳的平均密度为  $2.8\text{g/cm}^3$ 。

#### 2 地球的重力

(1)  $F = K \cdot M_1M_2/R^2$  ——地心引力

P ——离心力

G ——重力

(2) 重力值是地心引力与离心力的合力，主要由于万有引力造成

(3) 在地球的上部层位，由于地球物质的密度较小，引起的质量变化要小于半径变化造成的影响，故重力随着深度的增加而缓慢增大，

而在地球内部，由于要同时考虑质量（密度）和半径两方面的变化，情况

与地表相比不尽一致。一方面，深度增加使半径减小，使重力加速度增大；另一方面，随着深度增加，球内的质量也在减少（因为上部物质产生的附加引力向上），这导致重力加速度随之变小。因此在地球内部，重力究竟是变大或变小，取决于谁的影响占主导地位。

(4) 到 2891km 即古登堡面附近达到极大值  $1068\text{cm/s}^2$ ；在越过 2891km 界面后，地球物质的密度变化造成的影响开始大于半径引起的变化，地球的重力也随之急剧减小；地心处的重力仍递变为零

3 进行重力研究时，将地球视作一个圆滑的均匀球体，以其大地水准面为基准，计算得出的重力值称作**理论重力值**。

4 **重力异常**：地表的理论重力值应该只与地理纬度有关。但实际上，不仅地球的地面起伏甚大，内部的物质密度分布也极不均匀，在结构上还存在着显著差异。这些都使得：实测的重力值与理论值之间有明显的偏离，在地学上称之为重力异常

5 利用重力异常可判断地下密度的变化指导找矿。

**正异常**： $G_{\text{实测}} > G_{\text{理论}}$  密度大 如：Fe, Cu, Pb 等金属矿床

**负异常**： $G_{\text{实测}} < G_{\text{理论}}$  密度小 如：煤、石油、盐类等矿床

地球物理勘探中的**重力勘探方法**，就是利用这一原理，通过发现各地的局部重力异常来进行找矿和勘查地下地质构造的。

6 **地球的压力**：是一个与重力直接相关的地球物理性质。

(1) 地球某处的**压力**是由上覆地球物质的重量产生的静压力。

(2) 静压力的大小与所处的**深度、上覆物质的平均密度及重力加速度**呈正相关关系。由于物质的密度随深度的增加是一种非线性递增的关系，压力-深度

图也不是一条直线而是一条曲线。地球内部压力是随深度加大而逐渐增高的。深度每增加 1 km，压力增加 27.5 MPa（1 MPa=1 兆帕斯卡= $10^6$  N / m<sup>2</sup>）。深部随着岩石密度的加大，静岩压力增加得更快些。静岩压力在**莫霍面**附近约 1200 MPa，**古登堡面**附近约 135,200 MPa，**地心**处可达 361,700 Mpa，相当于 360 万个大气压力。在地球表层、地壳和接近地心附近时压力增长较平稳，在下地幔和外核部分增长得较快。

## 二、地球的温度

1 据估计，地球每年通过地表热传导和热辐射到空间的热量达  $8.368 \times 10^{20}$  J，相当于现代人类消耗总能量的 10 倍以上。地球内部的总热量相当于地球全部煤炭储量的  $1.7 \times 10^8$  倍。

2 地球内部温度的变化是不均匀的，总的来说：**从地表向地心温度逐渐升高**。按温度变化的特征可以划分为三层：

（1）**外热层（变温层）**：该层地温主要是受太阳光幅射热的影响，其温度随季节、昼夜的变化而变化。日变化造成的影响深度较小，一般仅 1—1.5m，年变化影响的范围可达地下 20—30m。

（2）**常温层**：处于变温层下部，地温与当地的年平均温度大致相当，且常年基本保持不变，其深度大约为 20—40m。一般情况下在中纬度地区较深，在两极和赤道地区较浅；在内陆地区较深，在滨海地区较浅。

（3）**增温层**：在常温层以下，地下温度开始随深度增大而逐渐增加。大陆地区常温层以下至约 30km 深处，大致每往下 30m，温度会增加 1°，大洋底到 15km 深处，大致每加深 15m，地温增高 1°。

3 **地温梯度**：将深度每增加 100m 时所增高的温度，其单位是 °C/100m。

- (1) 不同的地区地温梯度是不一样的，大陆区一般为  $3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，洋底为  $4-8^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。
- (2) 地温梯度除与**热源距离**有关外，还与**热导率**有关，热导率低的地区，地温梯度较高。
- (3) 地温较高的地区称为**地热（温）异常区**，可用于开发地下热水和热气。

**4 地热流值：**单位时间内由地内向外通过岩石单位截面积放出的热量。

- (1) 与岩石的**热导率**有关，与**地内温度**有关。
- (2) 地表有一些地热异常区（地热流值高）；如火山地区、温泉、海底某些地区，这与一定的地壳活动、地质构造有关，将深处地热带到地表。

#### 5 地热流的基本规律

- (1) **地表活动带**（包括年青山脉、大陆裂隙谷、岛弧、深大断裂等）地热流值高。
- (2) 大陆与海底的地热流平均值基本相等

**6 地热来源：**目前普遍认为，地热有三个可能的来源：

- (1) **地球残余热：**地球形成过程中，因星际物质撞击而产生大量热量，地球收缩过程也使地内物质受到压缩放出热量。这部分热量估计可使地球温度升高到几百度并部分残余在地球内部。
- (2) **重力位能降低热：**地球形成后，由于增温放热过程而发生轻重物质分化，轻物质上升，重物质下降，重力位能降低，转化成热量。这部分热量可是地球温度提高  $1500^{\circ}\text{C}$
- (3) **放射性元素蜕变热：**放射性元素在蜕变过程中，不仅要放出射线，而且也放出巨大热能。地球上部的放射性元素含量高于下部，故放射热主要集中在地球的上部圈层。同时，放射热随时间的推移是逐渐降低的，据有关资料显示，40

亿年前全球的放射热大约是现在的 4 倍。

### 三、地球磁性

1 地球如同一个巨大的磁铁，有磁南、磁北极。目前，磁北极与地理北极交角  $11.5^{\circ}$ 。地磁南北极与物理学相反。

2 **地磁场**：地球周围存在的磁场

3 **地磁场三要素**：（1）磁感应强度；（2）磁偏角；（3）磁倾角。

4 **磁感应强度**：为某地点的磁力大小的绝对值（磁场强度）。是一个具有方向（磁力线方向）和大小的矢量。

在磁两极附近磁感应强度大（约为  $60 \mu T$ （微特拉斯）；在磁赤道附近最小（约为  $30 \mu T$ ）。

5 **磁偏角**：是磁力线在水平面上的投影与地理正北方向之间形成的夹角，即磁子午线与地理子午线之间的夹角。

（1）在北半球，如果磁力线方向在正北方向以东称为东偏，在正北方向以西称为西偏。我国东部地区磁偏角为西偏，甘肃酒泉以西地区为东偏。

（2）磁轴与地球自转轴的夹角现在约为  $11.5$  度。长期观测证实，**地磁极围绕地理极附近进行着缓慢的迁移**。1980 年实测的磁北极位于北纬  $78.2$  度、西经  $102.9$  度（加拿大北部），磁南极位于南纬  $65.5$  度，东经  $139.4$  度（南极洲）。

6 **磁倾角**：磁针北端与水平面的交角。通常以磁针北端向下为正值，向上为负值。

地球表面磁倾角为零度的各点的连线称为**地磁赤道**；由地磁赤道到地磁北极，磁倾角由  $0^{\circ}$  逐渐变为  $+90^{\circ}$ ；由地磁赤道到地磁南极，磁倾角由  $0^{\circ}$  变成  $-90^{\circ}$ 。

7 **地球磁场产生的原因**：一般认为，在地球自转过程中，由于液态外核产生了复杂的对流，产生了电流体系，从而导致了磁场产生。

## 8 地球磁场产生的影响：

(1) 地球磁场的存在大大减少了太阳辐射对地球的影响，**极光**的形成是太阳风从地球磁场两极薄弱处进入地球所产生的景观。

(2) 地球磁场会对居里面之上的地壳上层岩石产生影响，使岩石获得磁性。并使岩石的磁化方向与岩石形成时的地磁场方向一致。

9 **居里点**：当磁石加热到一定温度时，原来的磁性就会消失，人们把这个温度叫做“居里点”。

在地球上，岩石在成岩过程中受到地磁场的磁化作用，获得微弱磁性，并且被磁化的岩石的磁场与地磁场是一致的。这就是说，无论地磁场怎样改换方向，只要它的温度不高于“居里点”，岩石的磁性是不会改变的。根据这个道理，只要测出岩石的磁性，自然能**推测出当时的地磁方向**。

10 **剩磁**：岩石在其形成过程中，因受当时地磁场的影响而获得磁性，这些受磁化的岩石在磁场发生改变后，仍可将原来磁化的性质部分地保留下来形成剩磁。

(1) 剩磁有热剩磁和沉积剩磁之分，这些剩磁可以指示当时的地磁场方向，故称为古地磁。

(2) **古地磁**：是指记录于岩石中的地质历史时期的地磁场。

(3) **热剩磁**：岩浆岩在其形成过程中受到磁化而保存的磁性。熔岩在  $500^{\circ}\text{C}$  以上时，其中的矿物是没有磁性的，当温度降低到  $450^{\circ}\text{C}$  时，某些磁性矿物便受当时的地磁场的影响而磁化，使冷凝后的岩浆岩保留了当时地磁场的特点。

(4) **沉积剩磁**：沉积岩在其形成的沉积阶段，原已磁化的颗粒（如具剩磁的的熔岩碎屑）沿当时地磁场的方向沉积下来而保存的磁性特征。

(5) **应用**：借助于各地质时期的**岩石剩余磁性**，我们就可能恢复不同时期的**古地磁场**。利用岩石在形成时期所产生的**剩余磁化方向**就可以用来大致确定**古经线方向**，用**古磁倾角**就可确定当时所处的**古纬度**。

11 **地磁极的变化**：地磁南、北极位置的变化。

(1) **长期缓慢漂移（偏离）**：现代地磁南北极与地理南北极交角 11.5 度，并非绝对不变，长期观测证实，近代地磁极有向西漂移的现象，速度是极其缓慢的。

(2) **周期性倒转（翻转）**：大量的古地磁资料表明，地磁的南北极在地质历史中一直处在周期性交替变化之中。我们把与现代两极极性相同的称**正向期**，反之为**反向期**。

**最近 400 万年来磁极三次大的倒转：**

0~69 万年            布容正向期

69~243 万年        松山反向期

243~332 万年      高斯正向期

332 万年以前      吉尔伯反向期

12 **磁异常——磁法勘探**：地壳浅部具有磁性的岩石或矿石所引起的局部磁场，叠加在基本磁场之上。

(1) 一个地点的磁异常可以首先通过对实测磁场强度进行变化磁场的校正，然后再减去基本磁场的正常值来求得。如所得值为正值称**正异常**，为负值称**负异常**。

(2) 地壳内含铁较多的岩石和富含铁族元素(Fe、Ti、Cr 等)的矿体常可引起**正磁异常**。

(3) 膏盐矿床，石油、天然气储层，富水地层或富水的岩石破碎带则常引起**负磁异常**。

### 13 地球电性（地电）

(1) **地电的表现**：大地可作为发电厂的回路、大气电离对的感应电场、大雷雨时的放电现象、岩体温差电流、大面积地磁场感应电流等，说明地球具有电性。

(2) **地电的影响因素**：主要受地内物质的电导率影响。

14 **电导率的影响因素**：一般来说，沉积岩的电导率大于变质岩的电导率，空隙度大且充满水的岩石的电导率大，空隙水的矿化度高的岩石电导率大。地壳电导率还与层理有关，沿层理方向比垂直层理方向的电导率大。温度对电导率的影响更大，熔融岩石比未熔融的同类岩石的电导率大几百到几千倍，所以地热流大的地区电导率也大。电导率随深度有增加的趋势。

15 **地电影响因素**：地电场经常受到日变和电暴影响而有改变。

(1) 必须设固定的观测站连续观测，将外加电场消除，可获得正常电场值。

(2) 将测量值与正常值比较。如有差异就是地电异常。反映可能有矿体或地质构造存在。根据这一原理进行勘探找矿的方法叫电法勘探。主要用于寻找金属、非金属矿床、 勘查地下水资源和能源、解决某些工程地质及深部地质问题

## 四、地球的弹性与塑性

1 **弹性表现** { ①能传播地震波  
②地球的固体岩石在日月引力的作用下也有交替的涨落现象，其幅度约 7~8cm.

2 **塑性表现** { ①岩层褶皱、柔皱、蠕变  
②地球在其自转的过程中逐渐演化成为一个旋转椭球体并保持下来

3 **弹性**：作用速度快；作用时间短

**塑性**：作用速度缓慢；作用时间长

4 固体地球的弹性和塑性特点都是**相对的**，在不同的条件下有不同的表现：

在**施力速度快、作用时间短的条件下**，地球往往表现为弹性体乃至类似于刚性体，岩层会因此产生弹性变形或破裂；反之，在**施力速度缓慢，作用时间漫长的条件下**，地球则表现出明显的塑性特征。

#### 5 地球的放射性

(1) **概念**：球中蕴藏着许多放射性元素。这些元素蜕变时会放射出质子、高能射线和热量。放射热是地球重要的热源之一。

(2) **作用**：根据地球原始物质和放射性元素含量可研究地热的演变情况；利用寿命长的放射性元素蜕变速度稳定特点和含量可测定含该元素岩石的年龄以及地球的年龄。

(3) **放射性异常**：放射性局部增高的现象。

**分布**：主要集中于地壳尤其是酸性岩中。

附：思考题

- 1 地球两极的理论重力值比赤道大。
- 2 因为地心处重力值为零，所以地心处压力值也为零。
- 3 地球内部物质密度随深度增加呈直线型增加。
- 4 某地磁倾角为正值，则该地必位于北半球。
- 5 某地磁偏角为东偏  $4^\circ$ ，在进行磁偏角校正时，应在所测方位角值上加这个偏值。
- 6 磁场强度的垂直分量在赤道上趋于零，在两极处最大。
- 7 磁场强度的水平分量在两极处最小，在赤道上最大。
- 8 在同一热源情况下，热导率小的地区地温梯度较大。
- 9 岩石的热导率随温度的升高而增大。

- 10 地壳以下温度随深度的增加而升高的规律称地热增温率。
- 11 地磁轴与地理轴的夹角称磁偏角。
- 12 地球上重力值最小的部位是（ ）。
- a. 地心； b. 地面 c. 莫霍面； d. 古登堡面。
- 13 地球上重力值最大的部位是（ ）。
- a. 地心； b. 地面 c. 莫霍面； d. 古登堡面。
- 14 地面上的重力值（ ）。
- a. 随高程的增加而增大； b. 随高程的增加而减少； c. 随纬度的增高而增大；  
d. 随纬度的增加而减少。
- 15 随深度增加地热增温率的变化规律是（ ）。
- a. 不断增大； b. 不断变小； c. 先增大后变小； d. 先变小后增大。
- 16 就全球范围看，恒温层的相对平均深度大致是（ ）
- a. 赤道和两极比中纬度地区深； b. 赤道和两极比中纬度地区浅；  
c. 内陆比沿海地区深； d. 内陆比沿海地区浅。
- 17 地球内部温度升高最快的部位是（ ）。
- a. 地壳； b. 上地幔； c. 下地幔； d. 地核。
- 18 地球最主要的热源是（ ）。
- a. 太阳能； b. 地球内部放射性元素衰变能； c. 重力分异能； d. 构造作用能

#### §4. 促进地壳演变的地质作用

1 **地质作用**：由自然动力促进地壳（岩石圈）的物质组成、结构、构造和地表形态变化和发展的作用。

2 **自然动力**根据其能量来分为：**内动力**（内生动力、内营力）

### 外动力（外生动力、外营力）

3 **地壳水平运动**：无论从现代观测还是地史中岩石的构造现象，都能够证实地壳存在水平运动。

4 **内动力地质作用**：于地球内部能源（自转能，重力能，放射性元素蜕变产生的热能等），在地壳深处产生的动力，作用于整个地壳（包括地表和深处）的作用。

**类型包括**：岩浆作用、变质作用、地震作用、构造运动（地壳运动）

5 **外动力地质作用**：大气、水和生物在太阳辐射能、日月引力能及地球重力能的影响下产生的动力，作用于地壳表层的各种作用。

**类型包括**：风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用、成岩作用

6 各种地质作用（内、外）在促使地壳物质运动、变化的过程中，都包含着**建设性**和**破坏性**两个方面：一方面不断形成新的物质成分（矿、岩）、地质构造和地表形态。另一方面又不断破坏原有的物质成分（矿、岩），地质构造和地表形态。

正是由于地质作用的**破坏——建设——再破坏——再建设**不断反复，促使地壳不断变化和发展。

7 研究和阐明各种地质作用的过程、作用规律和作用产物是**地质学的基本内容**。

## 第二章 矿物（课件）

### §1.元素

1 元素——由同种原子组成的物质。

(1) 它们的原子质量彼此不同,但它们的化学性质是相同的——决定化学性质的主要因素不是原子质量而是**核外电子数量和排布**。

(2) **同位素**——同位素是指具有相同核电荷,但不同原子质量(核素)的原子。

2 地球上任何物质都是由化学元素构成的,世界上**自然产出**的元素共**90**种,另有**22**种是在实验室由**人工制造**出来的。在这些元素中,O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg 就占居地壳总量的**98.59%**,而O, Si 达**73%**。

3 **克拉克值**:美国科学家克拉克根据采自全球地壳中 5119 个样品分析结果,计算地壳中元素平均质量的百分比,即**元素的丰度**。后人为了纪念这个创举,把它命名为克拉克值。

### §2.矿物的概念

1 **矿物的定义**:是由天然产出且具有特定的(但一般并非固定的)化学成分和内部晶体结构的均匀固体(可用一定的化学分子式表示),通常由无机作用所形成。

2 **矿物的特征**:

(1) **天然产出的**(自然作用形成的)人造矿物不属地质学范畴。

(2) **具一定化学成分**(每种矿物有较稳定的化学成分)。

(3) **绝大多数内部质点有序排列**(晶体矿物)。

(4) **均质的固体**。

### §3.矿物的晶体结构

1 **晶体**:内部质点(原子、离子)在三维空间周期性重复排列(即有序排列)的

固体。

2 **非晶体**:内部质点排列无序。

3 **晶体矿物**:具有晶体结构的矿物。

4 晶体的**格子构造**:有序排列的质点按规律将几何点连成的三维空间格子。

**平行六面体**:格子构造最小的单元

5 **晶形**:晶体外部形态。

6 **晶体矿物**:实际上是**最小**的平行六面体,在三维空间无间隙地重复堆砌而成的。

当矿物晶体停止堆砌时,保留的外部形态是一个与内部结构有关的几何多面体(**晶形**)。

(1) 对每种矿物来说,如果晶体充分自由发展,外形较固定,如:食盐的立方体、方解石的菱体、磁铁矿的八面体、石英的六方柱和六方双锥。

(2) 只有晶体矿物生长的环境良好,有充分的时间,空间才有完好的晶形;并非所有晶体矿物都能以规则的晶形产出。

## 7 矿物的晶体结构——矿物的 DNA

绝大多数矿物都是晶体。德国物理学家**冯·劳埃**用 X 光观测晶体,发现不管晶体的外形如何,其内部的原子、离子、分子都是**有序的排列**。

## 8 矿物的同质多象与类质同象

(1) **同质多象**:相同化学成分的物质在不同的地质条件(P、T)下,可以形成不同的晶体结构,从而成为不同的矿物。如石墨、金刚石、化学成分都是C,其物理性质可以完全不同。

(2) **类质同象**:矿物晶体结构中的某种原子或离子可以部分地被性质相似的它种原子或离子替代而不改变晶体结构。其物理性质差异一般不大。如:橄榄石(M

g、Fe) 2[SiO<sub>4</sub>]: Mg、Fe 为类质同象的替代。

## §4. 矿物的分类

1 早期，曾采用单纯以化学成分为依据的化学成分分类。后来又有人提出以**元素的地球化学特征**为依据的地球化学分类和以**矿物成因**为依据的成因分类等。目前矿物学中所广泛采用的是以**矿物的成分、结构为依据晶体化学分类**。

2 采用按晶体化学原则所作的分类。矿物种共分为几大类：

(1) **自然元素矿物**：如金、金刚石、铜、银、石墨等。

(2) **硫化物及其类似物**：黄铜、黄铁矿、方铅、闪锌辉锑等。

(3) **卤化物矿物**：食盐、萤石等。

(4) **氧化物和氢氧化物矿物**：如赤铁矿、磁铁矿、铬铁矿、铝土矿、软锰矿、石英等。

(5) **含氧酸盐矿物（最重要）**：

**硫酸盐矿物**：石膏、芒硝、重晶石等。

**碳酸盐矿物**：方解石、白云石、孔雀石等。

**硅酸盐矿物**：

(6) **有机矿物**

3 **自然元素矿物**：主要指在自然界中呈单质和金属互化物产出的矿物。

(1) 目前已知的自然元素矿物约有 40 种。本大类矿物约占地壳**总重量**的 0.1%，  
分布极不均匀。

(2) **组成元素**主要有 Ru、Rh、Os、Ir、Pt、Cu、Ag、Au、As、Sb、Bi、S 和 C。

(3) **多数矿物**的原子呈紧密堆积，具**金属键**，呈等轴状和六方板状晶形，具不透明、金属光泽、反射率强、硬度低、密度大、延展性强等金属特性，为

电和热的良导体。

(4) 具共价键和分子键的矿物表现出明显的非金属性，除金刚石外，具硬度低、熔点低、导电和导热性差的特点。

(5) 本大类矿物成因多种，其中多数矿物的形成与岩浆作用和热液作用有关，少数生成在氧化带中。

#### 4 硫化物及其类似物：

(1) 本大类矿物为金属元素与硫、硒、碲、砷、锑、铋的化合物，其中硫化物占 2/3 以上。

(2) 整个大类矿物占地壳总量的 0.15%。目前自然界已知的该矿物种有 200 多种。

(3) 矿物中呈阳离子的有 Cu、Pb、Zn、Ag、Hg、Fe、Co、Ni 等元素，且类质同像代替广泛。化学键具离子键向共价键和金属键过渡的性质。大多数矿物晶形较好，对硫化物（黄铁矿、白铁矿、毒砂等）完好晶形更常见。

(4) 多数矿物呈金属色、深色条痕、不透明、金属光泽。少数呈彩色、半透明、金刚光泽。硬度除对硫化物较高外，多数较低，密度一般较大。矿物在水中溶解度很小，在地表条件下不稳定。

(5) 绝大部分矿物的形成与热液作用有关，部分为岩浆熔离形成，也有沉积成因，少数为次生矿物。

#### 5 硅酸盐矿物：

(1) 种类繁多，约占已知矿物种数的  $\frac{1}{4}$ ，占地壳总重量的 85%。

(2) 氧离子和硅离子结合的基础上，再与金属离子结合而成硅酸盐矿物。

(3) 其中最常见的就是各类长石、云母、辉石、角闪石、橄榄石等几种，它们

广泛分布在地壳与地幔内。

## §5. 矿物的物理性质

1 我们认识任何东西，都是以这些东西所具有的特性为根据。同样，认识矿物也是如此，由于内部结构不同，不同矿物具有不同特性，如不同的颜色、软硬、轻重、光泽等物理性质。通过详细观察矿物的这些特征，我们就能够识别和鉴定它们。

### 一、矿物的形态

1 矿物的形态主要受本身的内部结构和形成时外在环境的制约，可分为矿物单体形态和矿物集合体形态。绝大多数矿物均以集合体形式出现。根据组成集合体矿物的延伸类型，可分为：一向延伸，二向延展和三向等长

2 一向延伸：根据组成矿物的单体的粗细可分为柱状集合体和针状集合体。

3 二向延展：根据组成矿物单体的厚薄大小可分为板状集合体、片状集合体和鳞片状集合体。

4 三向等长：呈三向等长类型者则组成粒状集合体。

5 还有一些特殊的集合体类型：放射状，树枝状，纤维状，晶簇，晶腺，结核，鲕状和豆状集合体，钟乳状，葡萄状和肾状，束禾状，鸡冠状、花瓣状等。

### 二、矿物的光学性质

1 矿物的光学性质就是矿物对光的吸收、反射、折射以及光在矿物中传播的性质，主要有矿物的颜色、条痕、光泽和透明度等。

2 矿物的颜色：

(1) 许多矿物具有绚丽多彩的颜色，十分美丽，甚至有些矿物的名称就是根据

颜色而定名。矿物的颜色是**鉴定矿物的最大特征之一**。可分为：**自色、他色、假色**

(2) **自色**：是矿物本身固有的颜色，即由**组成矿物的化学元素**所显示出来的颜色。

一般来说，**含铁、锰多**的矿物，如黑云母、普通角闪石、普通辉石等，**颜色较深**，多呈灰绿、褐绿、黑绿以至黑色；**含硅、铝、钙等成分多**的矿物，如石英、长石、方解石等，**颜色较浅**，多呈白、灰白、淡红、淡黄等各种浅色。

矿物由自色呈色时，**颜色稳定不变**。

(3) **他色**：是矿物混入了某些杂质所引起的，**与矿物的本身性质无关**。

他色**不固定，随杂质的不同而异**。如纯净的石英晶体是无色透明的，混入杂质就呈紫色、玫瑰色、烟色。由于他色不固定，对鉴定矿物没有很大意义。萤石（ $\text{CaF}_2$ ），有黄、淡紫、玫瑰、绿黑、灰等各种颜色，有时也为无色。

(4) **假色**：是由于矿物**内部的裂隙或表面的氧化薄膜**对光的**折射、散射**所引起的。

如方解石解理面上常出现的彩虹。斑铜矿表面常出现斑驳的蓝色和紫色

### 3 矿物的条痕

(1) **矿物的条痕**实际上就是**矿物粉末的颜色**。

(2) 一般，矿物的条痕就是看在**瓷板上划出的线条颜色**。

(3) **有些矿物的颜色与条痕一致**，如金的颜色和条痕都是金黄色，而**有些矿物的颜色同条痕不相同**，如赤铁矿不管外表是暗红色还是铁黑色，但它的条痕

总是樱红色。

#### 4 矿物的光泽

(1) 矿物的**光泽**就是光线照射到矿物表面上，**矿物表面反射光的能力**。

(2) 按照矿物表明反光的强度，由**强到弱**可以把光泽分为三级：

**金属光泽**：反光很强，如小刀、金、银、自然铜、方铅矿、磁铁矿等的反光。

**半金属光泽**：反光较强，较金属光泽稍弱，有点类似没有磨光的金属器皿的反光，  
如辰砂、黑钨矿。

**非金属光泽**：

**金刚光泽**：象金刚石状光亮，如金刚石、锡石、浅色闪锌矿等。

**玻璃光泽**：反光较弱，象玻璃一样反光。自然界多数矿物是玻璃光泽，如水晶、  
正长石，冰洲石等。

**珍珠光泽**：光线在解理面间发生多次折射和内反射，在解理面上所呈现的像珍珠  
一样的光泽，如云母等。

**丝绢光泽**：纤维状或细鳞片状矿物，由于光的反射互相干扰，形成丝绢般的光泽，  
如纤维石膏和绢云母等。

**油脂光泽**：矿物表面不平，致使光线散射，如石英断口上呈现的光泽。

**蜡状光泽**：像石蜡表面呈现的光泽。如蛇纹石、滑石等致密块体矿物表面的光泽。

**土状光泽**：矿物表面暗淡如土，如高岭石等疏松细粒块体矿物表面所呈现的光泽。

#### 5 矿物的透明度

(1) 矿物的**透明度**就是矿物透过光线的程度。

(2) 可分为三级：

**透明**：矿物象玻璃那样能透过光线，如水晶，冰洲石均是透明矿物；

**半透明：**矿物只有边缘薄的地方才能透过少量的光线，如闪锌矿，辰砂等；

**不透明：**矿物一点光线也透不过去，如黄铁矿、磁铁矿等。

### 三、 矿物的力学性质

1 矿物的力学性质是指矿物受外力作用，如刻划、摩擦、打击、弯曲时显示出来的性质，也就是矿物受力后的反映。研究矿物的力学性质主要需掌握的是矿物的硬度、解理、断口。

2 矿物的**硬度：**矿物抵抗刻划、摩擦、压入的能力。

(1) 在矿物的肉眼鉴定工作中，通常采用**摩氏硬度**。

(2) 当缺少摩氏标准矿物时，可用其它简便工具进行测试。如**指甲**的硬度约为2-2.5、**铜钥匙**为3、**小钢刀**为5-5.5、**玻璃**为6。

3 矿物的**解理**

(1) 矿物被敲打后，沿一定方向规则破裂的性质，叫做**解理**。

(2) 这种破裂面就称为**解理面**。解理面一般非常平滑而有光泽。

(3) 不同矿物或同一矿物的不同方向上，**解理发育的程度是不一样的**

(4) 矿物的解理只有一个方向，称**一组解理**；如：云母、蛭石

(5) 矿物的解理有两个方向，称**二组解理**；如：辉石、角闪石

(6) 矿物甚至有三个方向和四个方向的，称**多组解理**。三组解理：如方铅矿；

多组解理：萤石

4 矿物的**断口**

(1) **断口：**矿物受打击后所产生的不规则的破裂面。

(2) 按**断口面的形状**可分为下述几种：

**贝壳状断口：**矿物破裂后具有**弯曲的凸面或凹面和同心状构造**，很象贝壳，如石

英的断口；

**土状断口：**断口面虽然粗糙，但比较平整，如高岭石的断口；

**参差状断口：**断口面粗糙极不平整，许多矿物具有此种断口，如电气石；

**锯齿状断口：**断口面狼牙锯齿，突起尖锐，如自然金属矿物的断口；

#### 5 矿物的比重

(1) 在野外鉴定矿物的比重时，通常是把矿物拿在手上掂一掂，粗略地估计比重的大致范围。

(2) 根据比重大小，一般把矿物分为三类：

**轻**——比重小于 2.5；

**中**——比重在 2.5-4；

**重**——比重大于 4。

#### 6 矿物的弹性和挠性

(1) **弹性：**矿物受外力作用发生弯曲变形，但外力作用取消后，则能使弯曲变形恢复原状的性质。

(2) **挠性：**矿物受外力作用发生弯曲变形，如当外力取消后，弯曲了的形变不能恢复原状的性质。

7 矿物的肉眼鉴定主要是根据矿物的光学性质、矿物的力学性质、矿物的其他一些物理性质来鉴定的

### 四、 常见矿物介绍 ( 具体见 P10-P15 )

1 橄榄石 2 红柱石 3 方解石 4 白云石 5 石膏 6 普通角闪石 7 普通辉石 8 钠长石 9 正长石 10 白云母 11 黑云母 12 高岭土

附：是非题

- 1 为纪念克拉克的功绩，通常把各种元素的平均含量百分比称克拉克值。
- 2 由元素组成的单质和化合物都是矿物。
- 3 自形程度愈好的矿物其解理也愈发育。
- 4 矿物被碎成极细的粉末后就成了非晶质物质。
- 5 矿物的颜色只与其成分有关。
- 6 金属光泽是指金属矿物所具有的光泽。
- 7 黄铁矿也是一种重要的炼铁原料。
- 8 石英、玛瑙、玻璃的主要成分都是  $\text{SiO}_2$ ，因此它们是同质多象矿物。

## 第三章 岩浆作用与岩浆岩（课件）

1 岩浆岩在地壳分布十分广泛，占地壳总重量的 65%。在大陆地表出露普遍。约占地球表面四分之三的洋壳几乎全部是由岩浆岩（玄武岩）组成的。岩浆岩本身就是重要的矿产资源；岩浆作用又是矿床形成的重要物质来源，热动力因素和控矿条件。

2 岩浆岩数据信息是构造环境判断，热动力学计算和矿床成因、找矿条件分析的数据基础。对找矿勘探有重要的价值和实际意义。岩浆岩数据库可以为地质灾害的研究和预测提供基础数据。

### §1 岩浆及岩浆作用的概念

1 岩浆：

- (1) 定义：来源于地壳深部局部地段或是软流圈高温熔融物。
- (2) 化学成分：主要为  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{MgO}$  等，其次富含  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{HCl}$  等挥发性气体。
- (3) 物理性质：温度高（650---1400℃）；粘稠流体
- (4) 岩浆的粘性（流动性）：与岩浆的化学成分、温度、挥发份等因素有关。

2 根据  $\text{SiO}_2$  含量的多少，岩浆可分为四种类型：

酸性岩浆	$\text{SiO}_2 > 65\%$
中性岩浆	$\text{SiO}_2$ 65---52%
基性岩浆	$\text{SiO}_2$ 52---45%
超基性岩浆	$\text{SiO}_2 < 45\%$

3 基性岩浆：温度高、压力小、稀

酸性岩浆：温度低、压力大、稠

4 酸性岩浆中，由于  $\text{SiO}_2$  含量较高，硅氧四面体链较多，使岩浆粘度较大，不易流动，常起源于地壳下部。

基性或超基性岩浆中， $\text{SiO}_2$  含量较低，岩浆粘度较小，易于流动，常起源于岩石圈下部或软流圈。

5 岩浆作用：岩浆形成、演化、侵位至冷凝成岩的全过程。根据运移方式分为：喷出作用（又称火山作用）和侵入作用。

## §2 喷出作用与喷出岩

1 喷发作用（火山作用）：岩浆从地下深处向浅处运移，喷出地表所引起的全部作用过程被称为喷出作用（火山作用）。

2 喷出岩：喷发后冷凝形成的岩石。

### 一、火山喷发现象

1 火山喷发现象是一种奇特、壮观的地质现象，是内能和地热释放的强烈显示形式。

### 二、火山喷发物质

1 火山喷发物质：气体喷发物；固体喷发物；液体喷发物。

#### 2 气体喷发物

(1) 气体喷发物包括： $\text{H}_2\text{O}$  (>60%)、 $\text{H}_2$ 、S、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{NH}_3$ 、HCl、HF 等。

(2) 气体的逸出状况能预测火山活动的进程：

1) 大规模火山即将来临的预兆：

气体逸出量越来越多

气体中的硫质成分越来越多

气体的温度越来越高

## 2) 火山活动即将减弱的预兆

气体逸出量逐渐减少

CO<sub>2</sub>成分增多，S 质成分减少

气体温度降低

## 3 固体喷发物

### (1) 固体喷发物的产物——火山碎屑

### (2) 按性质与大小分为：

火山渣：粒径数 cm—数十 cm

火山块：粒径>50mm

火山弹：粒径>50mm

火山砾：粒径 2—50mm

火山灰：粒径<2mm

### (3) 火山碎屑岩：由各种火山碎屑堆积、固结而成的岩石。

火山凝灰岩(volcanic tuff)

火山角砾岩(volcanic breccia)

火山集块岩(volcanic agglomerate)

## 4 液体喷发物——熔岩

(1) **熔岩**：喷出地表而丧失了气体的岩浆。它可以沿地面斜坡或山谷流动而形成熔岩流。

(2) 熔岩冷却凝固形成的岩石——**喷出岩**。由于它是在流动过程中形成的，具有各种形态（均反映流动痕迹）。

(3) **绳状构造**：指熔岩表面的绳索状扭曲变形，常见于粘度小、气体少、温度

高、流动快、凝固慢的基性熔岩的表面。当熔岩表面已凝结成塑性薄壳时，下伏熔岩流仍在流动，使表面发生拖拉和扭曲。绳状构造所在的表面代表一次喷出的熔岩的顶面，弧顶指向熔浆流动方向。

#### （4）熔岩对火山活动的预测：

火山喷发前山体易膨胀，这是熔岩在其内部涌动所造成的；

熔岩在深处流动会引起局部地区重力和磁力的变化。

### 三、火山喷发方式与火山地形：

#### 1 火山喷发方式：

##### 裂隙式（冰岛式）

##### 中心式

2 **裂隙式**（冰岛式）：岩浆沿岩石圈的巨大裂隙溢出地表，在海底形成洋脊和洋盆，在陆上则形成大面积的玄武岩高原如巴西南部高原，我国内蒙古东南部的玄武岩高原

3 **中心式**：形成多种火山地貌，规模相对较小。

4 **宁静式**：火山喷发时，只有大量炽热的熔岩从火山口宁静溢出，顺着山坡缓缓流动，好象煮沸了的米汤从饭锅里沸泻出来一样。溢出的以基性熔浆为主，熔浆温度较高，粘度小，易流动。含气体较少，无爆炸现象、夏威夷诸火山为其代表，又称为夏威夷型。

5 **爆烈式**：火山爆发时，产生猛烈的爆炸，同时喷出大量的气体和火山碎屑物质，喷出的熔浆以中酸性熔浆为主。

6 **中间式**：属于宁静式和爆烈式喷发之间的过渡型。此种类型以中基性熔岩喷发

为主。若有爆炸时，爆炸力也不大。可以连续几个月，甚至几年，长期平稳地喷发，并以伴有歇间性的爆发为特征。

7 **五大连池**是中国境内保存最完整、最典型、时代最新的火山群。园区内有规律地分布着 14 座火山，其中 12 座形成于 1200 万年-100 万年的地质时期，2 座火山喷发于 1719 年-1721 年，占地 60 多平方米，是中国最新的火山。1719—1721 年爆发的最新期的两座火山——黑龙山和火烧山，巨量熔岩阻断了白河发源地及古河道，形成了五个汐水相连的串珠状湖泊，五大连池由此而得名。

## 8 中心式火山地貌

(1) **火山锥**：火山喷出物在喷口堆积成锥形体。

### 火山锥的类型

**碎屑锥**：火山碎屑物 $>95$ ，火山口呈漏斗状或碗状，坡度 30 度左右。

**熔岩锥**：火山碎屑物 $<10\%$ ，火山宽而矮，坡度 2—10 度，呈盾状。

**混合锥**：火山碎屑物与熔岩互层，又称复合锥。

(2) **熔岩穹丘**：富硅质的熔岩形成穹丘（流动性小）。

(3) **熔岩盾**：基性熔岩流反复喷出堆积而成的盾状体（流动性大）。

(4) **火山塞**：填塞在火山喷管中的大块凝固熔岩，在火山锥被剥蚀后露出地表，

形如瓶塞

(5) **火山口湖**：火山口积水可形成湖泊，如长白山的天池。

## 四、近代火山的分布规律

1 按火山活动的时代可分为：

**死火山**：地质历史时期有过活动，人类历史无记载。

**活火山**：现在仍在活动或周期性活动

**休眠火山：**在人类历史中活动过而长期以来未活动过。

2 在地球上已知的“死火山”约有 2000 座；已发现的“活火山”共有 523 座，其中陆地上有 455 座，海底火山有 68 座。

3 火山在地球上分布是不均匀的，它们都出现在地壳中的断裂带。

4 世界四个主要火山带：环太平洋火山带，大洋中脊火山带，东非裂谷火山带，阿尔卑斯—喜马拉雅火山带。

5 环太平洋弧—沟系统：全球 500 多座活火山中，有 370 多座分布于此，有“火环”之称

6 我国三种主要火山分布区：

环内蒙高原区（吉林、黑龙江、山西）、

环太平洋区（东部沿海地区）、

环西藏高原区（西藏、云南、南疆）。

7 火山研究的意义：减小灾害；旅游资源开发；地热、火山岩材料的利用；矿产资源的开发利用；是地球深部信息的携带者

附：

是非题：

1 溶解到岩浆中的气体对岩浆的性质不产生什么样的影响。

2 熔岩的流动性主要取决于粘性。而粘性于主要取决于熔岩的成分，基性熔岩含铁镁成分多，比重大故粘性大不易流动。

3 玄武岩质成分的岩浆通常流动缓慢，故多形成块状熔岩。

4 流纹质熔岩粘性很大所以流动缓慢。

5 安山质熔岩与流纹质熔岩由于岩浆粘性大，尤以酸性岩浆为甚，它们喷发时常

很猛烈。

6 火山有活火山和死火山，一旦火山停止喷发，它就变成了死火山，永远不会再喷发了。

选择题：

1、高原玄武岩的形成是下列哪种作用的结果？

- a 古海洋洋中脊的裂隙喷 b 是在大陆岩石圈板块内部的与热点有关的一种火山喷发 c 与安山岩线类似的成因 d 大陆山一般的火山喷发

2 枕状熔岩形成于（ ）。

- a 水下的熔岩喷发 b 陆地的熔岩喷发 c 熔岩台地 d 炽热的火山云

3 下列哪种火山景观不是由玄武岩构成的。

- a 熔岩高原 b 洋中脊 c 盾状火山 d 火山穹隆

4 火山气体喷发物最主要成分是哪一种？

- a 水蒸气 b 氨气 c 二氧化碳 d 二氧化硫

问答题：

1 火山喷发的产物有哪些类型？各有何特征、并受哪些因素影响？

2 有哪些征兆可以标志一个正在喷发的火山是趋向活化或趋向熄灭？

3 根据哪些标志可以确定古火山活动的存在？

## §3 侵入作用与侵入岩

### 一、侵入作用

1 侵入作用岩浆由地下深处向上运移，未达到地表而在地下占居一定空间并冷凝成岩的全部过程。

2 侵入作用形成的岩浆岩叫侵入岩体（岩浆岩）。

3 **侵入岩体的产状**是指岩体的形态、大小、与围岩的接触关系以及它形成时所处的深度与环境。

## 二、侵入体产状：

1 **岩墙（岩脉）**：狭长板状侵入体。

2 **岩床**：板状侵入体。

3 **岩盆**：侵入体似盆状，中凹边凸延伸方向与水平层理一致围岩为水平层理。

4 **岩盖**：侵入体似盖状、蘑菇状、中凸边凹。常见中、酸性岩浆岩。

5 **岩基与岩株**：规模比较大，横截面积大于  $100\text{km}^2$  的为岩基，小于的为岩株。

6 形成于地下的侵入体经一系列的**地质作用**后，暴露于地表，**剥蚀作用**使侵入体露出地表。

## 三、岩浆的演化

1 **同化作用**：岩浆侵入过程中，以本身的高温，溶化了围岩，并将围岩改造成岩浆的一部分。故围岩被同化了。

(1) 同化作用在岩浆侵入中普遍存在。

(2) 同化作用的**强弱**：侵入体规模大；岩浆温度高；围岩熔点低；围岩裂隙发育。

(3) **俘虏体**：尚未完全同化的围岩。侵入体与围岩接触，在接触带附近常见有俘虏体。

2 **混染作用**：由于围岩熔入岩浆中，使岩浆本身的成分发生了改变。故岩浆被混染了。

(1) 侵入**不同岩性的岩层**，**岩浆成分**会发生不同的改变。

(2) 同化与混染作用是同一事物的两个方面，出现是**相伴相随**的，发生同化作

用的同时也就发生了混染作用。

**3 结晶分异作用：**高温熔融的岩浆成分非常复杂，含有多种矿物成分，一些熔点高的矿物首先结晶，随着岩浆冷却到适当温度的时候，又有相应的矿物析出。

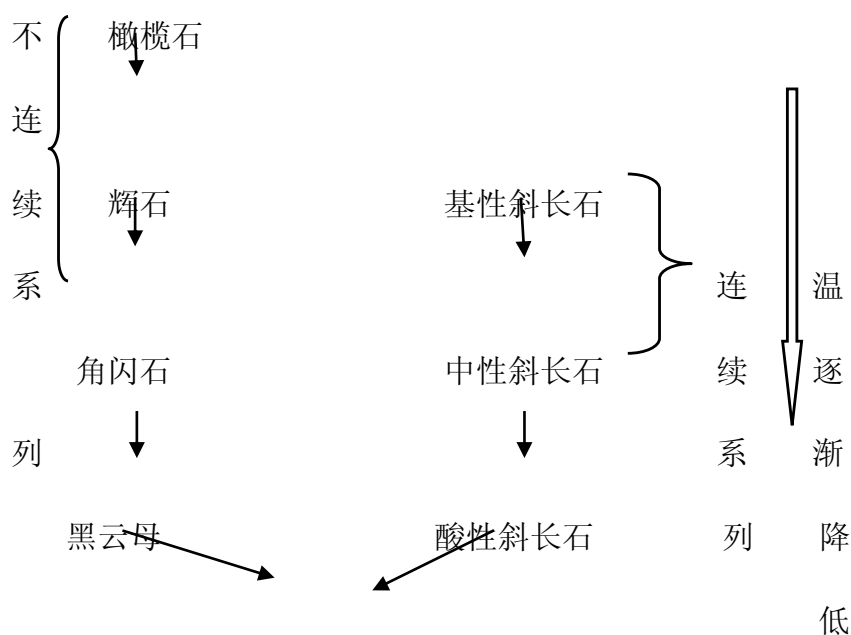
(1) 当岩浆冷凝的速度缓慢，也就是说温度逐渐降低时，结晶分异作用最彻底（矿物结晶程度好）。

(2) 岩浆中熔点较高的、富含铁镁的硅酸盐矿物（如橄榄石、辉石、角闪石、黑云母等）优先结晶，它们在岩体边部的含量较高。

(3) 熔点较低的铝硅酸盐矿物（如钾长石、石英等）后结晶，则在岩体的上部与中部相对集中。

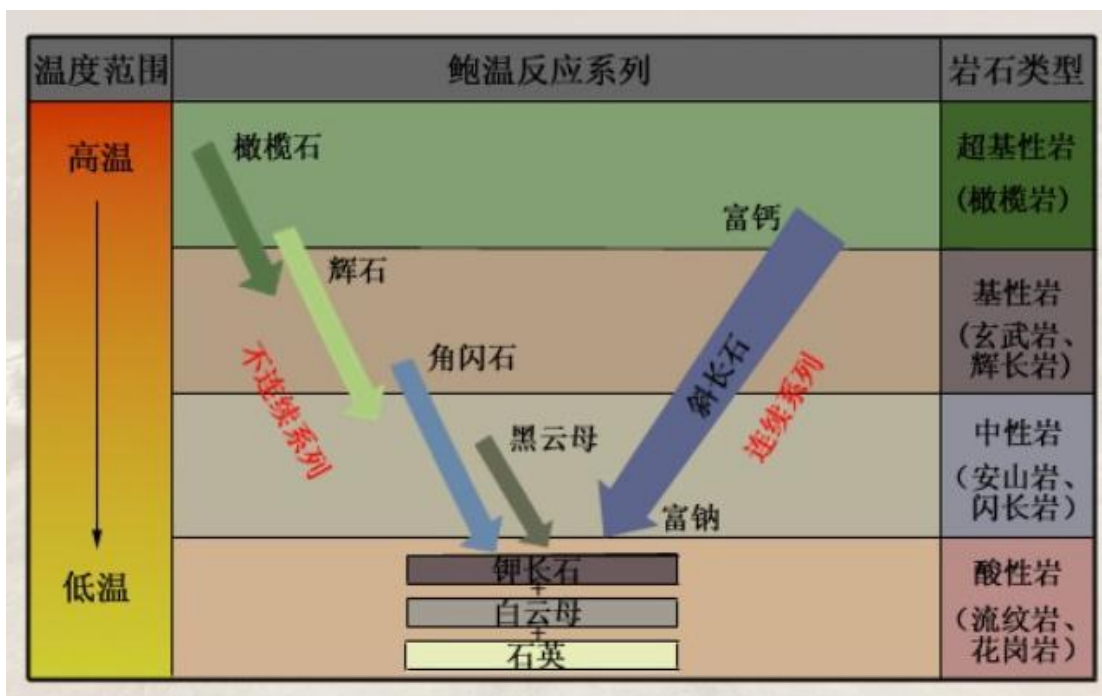
(4) 重金属元素的硫化物会在岩浆演化过程中，熔离析出，常常因为重力作用的结果，在岩浆体的某些部位使重金属元素相对富集，以致于达到工业开采的品位要求而成为矿床。

#### 4 鲍温成矿系列—矿物析出顺序（美国岩石学家鲍温）





### 5 矿物的组合与岩石类型



## 四、岩浆岩的特征及类型

### 1 岩浆岩的物质成分

- (1) 岩浆岩的化学成分：据统计资料，地壳中已发现的化学元素在岩浆岩中几乎都能找到，但其主要元素有：O、Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg、Ti 等；它们主要以  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$  等氧化物形式存在。

- (2) 通常据  $\text{SiO}_2$  的含量的不同划分为四个大类

岩浆岩按 SiO<sub>2</sub> 含量分类简表

岩类	SiO <sub>2</sub> 含量	颜色	岩石举例
酸性岩	>65%	浅 ↓ 深	花岗岩
中性岩	65~52%		闪长岩
基性岩	52~45%		辉长岩
超基性岩	<45%		橄榄岩

## 2 岩浆岩的矿物成分

(1) **主要矿物**：指在岩浆岩中含量较多的矿物，是确定岩石大类的主要依据。

**浅色矿物**：长石（正长石、斜长石）、石英；

**暗色矿物**：橄榄石、角闪石、辉石、黑云母。

(2) **次要矿物**：指在岩浆岩中含量较少的矿物，是岩石进一步分类和命名的依据，作为“xxx 岩石”的主要形容词，一般在 10%~20%。如石英闪长岩中的“石英”。

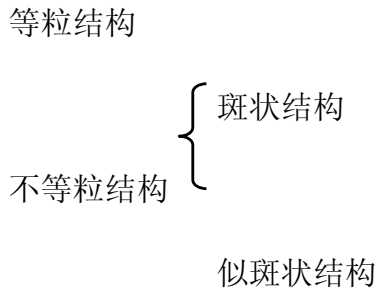
(3) **副矿物**：是岩浆岩中含量很少的矿物，一般在 1%~5%，对分类和命名不起作用，但经常出现，种类繁多。如磁铁矿、磷灰石、锆英石、榍石等。

## 3 岩浆岩的结构

(1) **岩浆岩的结构**是指岩石中所含矿物的结晶程度、矿物颗粒的大小、形状以及矿物之间组合方式所表现出来的特征。

(2) 按岩石中矿物的结晶程度划分：全晶质结构；半晶质结构；玻璃质结构。

(3) 按岩石中矿物颗粒的相对大小划分



### (3) 等粒结构:

按岩石中矿物的绝对大小划分:

显晶质结构

粗粒结构 矿物颗粒平均直径大于 5 毫米。

中粒结构 矿物颗粒平均直径为 5~2 毫米。

细粒结构 矿物颗粒平均直径为 2~0.2 毫米

隐晶质结构: 矿物颗粒非常细小, 肉眼不能分辨的结构。

(4) **不等粒结构:** 岩石中主要造岩矿物颗粒大小不等, 则多见于浅成岩及部分喷出岩中。

(5) **斑状结构:** 岩石中矿物颗粒分为大小截然不同的两类, 大颗粒散布在隐晶质或非晶质中。

(6) **似斑状结构:** 岩石中矿物颗粒分为大小不同的两类, 其中粗大者为斑晶, 其晶形较完整; 细小者为基质, 其晶形常不规则, 斑晶与基质都以结晶成分相同。

(7) 按岩石中矿物的自形程度及其结合方式划分: 自形结构; 半自形结构; 他形结构。

(8) **自形结构**主要矿物全呈自形晶, 晶面完整, 晶体规则。

(9) **半自形结构**岩石中矿物晶体自形程度不一致, 其中有些是自形或它形, 但

多数是半自形的，大部分侵入岩具有这种结构。

(10) **他形结构**由晶形不规则的矿物颗粒所构成的结构。其中由他形长石和石英所构成的他形粒状结构在细晶岩中最常见，这种结构又称为**细晶结构**。

(11) **矿物之间的先后关系**：包含结构。反应边结构早期析出的矿物与周围尚未冷凝的岩浆发生化学反应，而在矿物周边形成新的矿物，如橄榄石周边有辉石或角闪石的反应边，这种结构多见于深成基性岩中。

4 **岩浆岩的构造**：岩石中不同矿物集合体的分布与排列的特点。某一部分颗粒与其它部分颗粒之间的关系。

(1) **块状构造**：各颗粒分布均匀。

(2) **带状构造**：一种不均匀的构造，表现为颜色或粒度不同的矿物相间排列，成带出现，多见于基性岩中，是由于结晶条件周期性变化或由于同化混染而成。

(3) **晶洞构造**：侵入岩中发育原生的近圆形的或不规则的孔洞，在晶洞壁上常生长着晶形良好的矿物。

(4) **气孔构造**：由于熔岩冷凝后，尚未逸出的气体留下的孔洞构造，多集中在岩流的上部，形状多为圆形或椭圆形和管状等不规则形状。

(5) **杏仁构造**：如气孔被岩浆期后的一些次生矿物（如石英、方解石等）所充填，则形成杏仁构造。

(6) **枕状构造**：熔浆自海底溢出或流入海底，与海水作用常形成枕体。枕体与枕体之间常被海洋沉积物所充填。

(7) **绳状构造**：是一种粘度较小易流动的熔岩流，在流动中扭曲成绳索状的熔

岩，表面往往比较光滑，这种熔岩构造称为绳状熔岩构造。

(8) **流纹构造**：表现为不同颜色和结构的条带以及浆屑和斑晶或拉长气孔等的定向排列。常见于流纹岩中。

(9) **柱状节理构造**：见于熔岩，特别是厚层基性熔岩中，常构成规则的多边形长柱体，柱体垂直熔岩层面（冷却面）。

## 5 岩浆岩的分类

- (1) 根据岩浆岩的产状可以分为**深成岩**、**浅成岩**和**喷出岩**三大成因类型，
- (2) 根据二氧化硅（SiO<sub>2</sub>）含量多少可以划分为不同的化学类型。
- (3) 在上述分类的基础上，根据矿物成分，结合岩石的结构、构造、产状等综合成一简单分类表

岩 浆 岩 分 类 表

表2-3

化 学 成 分		含 硅 铝 为 主			含 铁 镁 为 主		产 状
		酸 性	中 性		基 性	超 基 性	
颜 色		浅 色(浅灰、浅红、灰绿)			深 色(暗绿、黑色)		
矿 物 成 分 及 结 构		以 正 长 石 为 主		以 斜 长 石 为 主		不 含 长 石	
成 因	结 构	石 英	黑 云 母	角 闪 石	辉 石	橄 榄 石	
		黑 云 母	角 闪 石	辉 石	角 闪 石	橄 榄 石	
成 因	结 构	角 闪 石	石 英	黑 云 母	橄 榄 石	辉 石	
深成岩	粗粒、等粒、或似斑状结构	花岗岩	正长岩	闪长岩	辉长岩	橄榄岩 辉石岩	岩基、岩株
浅成岩	细粒、斑状结构	花岗斑岩	正长斑岩	玢岩	辉绿岩	未遇到	岩脉、岩床等
喷出岩	细粒斑状结构	流纹岩	粗面岩	安山岩	玄武岩	科马提岩	熔岩流等
	玻璃状或碎屑状	黑曜岩、浮岩、火山玻璃等					火山堆

## 6 常见的岩浆岩

- (1) **超基性岩**：SiO<sub>2</sub>含量小于45%，指镁铁矿物含量超过5%的暗色岩石。超基性岩在地球上的分布有限，出露面积不超过火成岩总面积的0.5%，而且主要是深成岩。矿产：与超基性岩有关的矿产主要是铬铁矿、铜镍矿、钛

铁矿、磁铁矿、铂矿、金刚石等。**代表性岩类有：侵入岩：橄榄岩、金伯利岩**

**橄榄岩：**呈暗绿、灰黑色，主要矿物为橄榄石和辉石，橄榄石含量占 40~70%，有时含有少量角闪石、黑云母。具有全晶质—中粗粒结构、块状构造。

(2) **基性岩：**SiO<sub>2</sub> 含量为 45-52%，在矿物成分上以辉石和基性斜长石为主要组分，有时含有橄榄石，不含石英。呈中色至深色。代表性岩类有：

**侵入岩：**深成相辉长岩、斜长岩、浅成相辉绿岩；**喷出岩：**玄武岩

**辉长岩：**一般为灰至灰黑色，主要组成矿物为辉石和斜长石组成，其次为角闪石和橄榄石。全晶质中—粗粒等粒结构，块状构造。辉长岩多以岩盆、岩床、岩墙产出，与超基性岩、闪长岩共生或独立存在。为基性岩类深成侵入岩。

**玄武岩：**成分与辉长岩相当的基性喷出岩。常呈黑、灰黑、黑绿、灰绿色等。具隐晶、细粒至斑状结构，块状构造，有时也具气孔或杏仁构造。在地壳上分布很广，约占岩浆岩总分布面积的 35.1%，常以大面积的熔岩流、岩被形式出现。陆相喷发常具柱状节理，水下喷发常形成枕状构造。大洋底几乎全部由玄武岩组成。它也是月球表面的主要岩石。

(3) **中性岩：**SiO<sub>2</sub> 含量中等，为 52-65%，在矿物成分上，浅色矿物以长石为主，呈中色—浅色。代表岩石：闪长岩、安山岩等。

**闪长岩：**灰或灰绿色。主要由斜长石和角闪石组成，此外还有辉石、黑云母等，很少或没有石英。具有全晶质—粗粒等粒结构，块状构造。闪长岩以岩株、岩盖、岩墙出现，常与花岗岩及辉长岩共生。中性岩类的深成侵入岩。

**安山岩**：安山岩是成分与闪长岩相当的中性喷出岩。呈深灰、浅玫瑰、褐色等。

一般为斑状结构，斑晶为斜长石、辉石等，有时含角闪石。具有气孔和杏仁或块状构造。安山岩形成较大的熔岩流并与玄武岩、英安岩等共生，分布面积仅次于玄武岩，占岩浆岩分布面积的 22%。

- (4) **酸性岩**：SiO<sub>2</sub> 含量大于 65%；石英大量出现，占 20%以上；钾长石和酸性斜长石含量增高，占岩石体积的 50%以上；呈浅色。本类岩石分布极广，但主要是深成岩。它约占陆壳所有火成岩的一半以上。与酸性岩有关的最重要矿产是钨、锡、铍、铜、铅、锌、铁、金、铌、钽、稀土以及沸石、叶蜡石、明矾石、萤石等。代表岩石：花岗岩、流纹岩

**花岗岩**：为酸性岩类的深成侵入岩。常见为肉红色或灰白色，主要由石英、长石组成，含量在 85%以上，此外还有角闪石、辉石、黑云母等。花岗岩具有全晶质等粒结构或似斑状结构，块状构造。花岗岩主要以岩基形式出现，也有以岩株、岩盖产出。

**流纹岩**：流纹岩是成分与花岗岩相当的酸性喷出岩，一般为灰色、灰红色、肉红色。具斑状结构和流纹构造，斑晶为石英、透长石（透明斜长石），基质部分为玻璃质或隐晶质，有时可见气孔或块状构造

## 五、 岩浆岩的肉眼鉴定

- 1 了解岩浆岩的野外产状及特征，确定其是否属于岩浆岩；
- 2 结合其产状，观察岩石标本的**颜色、结构、构造**等特征，确定其**岩石类别和形成环境**；
- 3 **鉴别矿物成分**；
- 4 **确定岩石名称**。

附：

- 1 下列哪种矿物不能在花岗岩中出现？  
a 黑云母 b 石英 c 钾长石 d 钙长石
- 2 下列哪种矿物是玄武岩的典型矿物成分？  
a 石英 b 白云母 c 辉石 d 钠长石
- 3 当含较多橄榄石的玄武岩浆在冷凝时，随着温度的降低所形成的不连续系列矿物晶出的顺序为  
a 角闪石→辉石→橄榄石→黑云母 b 辉石→角闪石→黑云母→橄榄石  
c 黑云母→角闪石→辉石→橄榄石 d 橄榄石→辉石→角闪石→黑云母
- 4 岩浆在冷凝过程中、不同矿物按不同温度进行结晶的作用叫做  
a 同化作用 b 熔离分异 c 结晶分异作用 d 混染作用

## 第四章 外动力地质作用与沉积岩（课件）

### §1.外动力地质作用

#### 一、外动力地质作用

1 外动力地质作用**定义**：大气、水和生物在太阳辐射下能、重力能和日、月引力能的影响下，产生的动力对地表所进行的各种作用。

2 外动力地质作用**能量来源**：地球外部

3 外动力地质作用**作用范围**：地表

4 外动力地质作用**作用结果**：减小地表起伏、夷平高差

#### 二、外动力地质作用的类型

1 **风化作用**：岩石受外力作用后发生机械崩解和化学分解，破坏产物基本残留原地，使坚硬的岩石变为松散的碎屑及土壤（物理风化、化学风化、生物风化）。

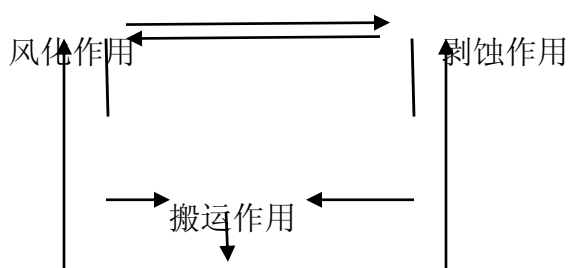
2 **剥蚀作用**：岩石受外力作用而破坏，破坏产物同时被搬走。

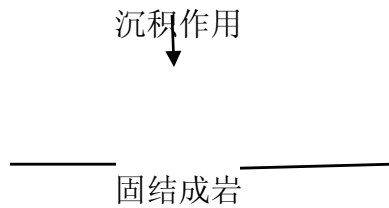
3 **搬运作用**：将风化、剥蚀物搬运到它处。（机械搬运、化学搬运、生物搬运）

4 **沉积作用**：搬运物在条件适宜的地方发生沉积。条件适宜是指搬运能力减弱，化学沉积受化学反应规律支配，过饱和和沉积胶体凝胶作用。

5 **固结成岩作用**：松散沉积物（任何动力搬来的机械的或化学的）转变为坚硬的沉积岩。

#### 6 外力作用形式及其关系

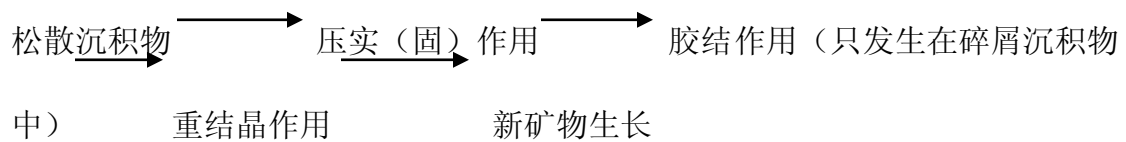




7 沉积岩是外动力地质作用的产物。

### 三、沉积物固结成岩的几个阶段

1 沉积物固结成岩的几个阶段：



2 压固作用：上覆沉积物的重量作用于下部使其压实（孔隙减少，水分排除，体积减小）。

3 胶结作用（只发生在碎屑沉积物中）：经压固后的沉积物仍有些孔隙（粒间），由胶结物质充填到孔隙中，使沉积颗粒胶结在一起变坚硬。

(1) 胶结物主要是化学沉淀物：硅质（ $\text{SiO}_2$ ）；铁质（ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）；钙质（ $\text{CaCO}_3$ ）。

(2) 基质：泥质（粘土矿物）及粉沙质。

(3) 不同的填隙物（胶结物、基质）坚硬程度不同：硅质 > 铁质 > 钙质 > 泥质

4 重结晶作用：沉积物埋藏后，在新的环境下，受一定温度和压力的影响（ $T < 150^\circ$ ， $P < 14\text{bar}$ ）下，矿物晶粒在原基础上增生、扩大形成较大晶粒紧密相嵌的过程。

5 新矿物生长：沉积物中不稳定矿物在成岩过程中溶解或发生化学变化，形成新的稳定矿物使沉积变坚硬。

## 四、胶结类型的分类

1 **胶结类型**：在碎屑岩中，填隙物的分布状况及其与碎屑颗粒的接触关系 25 决

定碎屑岩胶结类型的因素：

- (1) 碎屑颗粒与填隙物的相对数量
- (2) 碎屑颗粒之间的接触关系

3 **胶结类型** ≠ **胶结物的类型**

4 **交结类型**：基底类型，孔隙胶结，接触胶结，镶嵌胶结

5 **基底胶结**：填隙物（杂基）含量较多，碎屑颗粒在杂基中互不接触呈漂浮状，填隙物主要为原杂基（或正杂基）。代表高密度流快速堆积的特征，又可称杂基支撑结构，形成于沉积同生期。

6 **孔隙胶结**：最常见的颗粒支撑结构，碎屑颗粒构成支架状，颗粒之间多呈点状接触，胶结物充填在碎屑颗粒之间的孔隙中。胶结物形成于成岩期或后生期化学沉淀的产物。反映稳定强水流的沉积特征。

7 **接触胶结**：亦为一种颗粒支撑结构，颗粒之间呈点接触或线接触，胶结物含量少，分布于碎屑颗粒相互接触的地方，孔隙中无胶结物。可能是干旱气候条件下的砂层，因毛细管作用，溶液沿颗粒间细缝流动并沉淀而成；或者是原来的孔隙式胶结物经地下水淋滤溶蚀改造而成的。

8 **镶嵌胶结**：在成岩期的压固作用下，特别是当压溶作用明显时，砂质沉积物中的碎屑颗粒会更紧密地接触，颗粒之间由点接触发展为线接触、凹凸接触，甚至形成缝合线接触。

## §2. 沉积岩的特征

### 一、沉积岩的物质成分

1 在**化学成分**上，沉积岩中  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  多于  $\text{FeO}$ ， $\text{K}_2\text{O}$  多于  $\text{Na}_2\text{O}$ ，岩浆岩则与此相反。

因为地表环境富含水和二氧化碳，所以沉积岩中水和二氧化碳的含量也明显比岩浆岩中的高。

2 **矿物特征**：

(1) **常见矿物**：石英、长石、白云母、方解石、粘土矿物、白云石、石膏、硬石膏等（适应常 T、常 P 的环境）。

(2) **几乎没有的矿物**：橄榄石、辉石、角闪石（适应高温高压环境）。

## 二、沉积岩的颜色

1 **颜色是沉积岩重要的直观特征**，它不仅反映岩石本身的物质成分、沉积环境及成岩后的次生变化；对鉴定岩石具有重要意义，而且还可作为地层划分与对比和推断沉积环境的重要标志之一。

2 **沉积岩颜色的成因类型**：按成因可分为三类：**继承色**、**自生色**、**次生色**，其中继承色和自生色都是**原生色**。原生色与层理界线一致，分布稳定，次生色一般切穿层理，分布不均匀。

(1) **继承色**：主要决定于碎屑颗粒的颜色，如长石砂岩多呈红色，纯石英砂岩呈白色。

(2) **自生色**：决定于沉积物堆积过程中及其早期成岩过程中自生矿物的颜色，如海绿石。

(3) **次生色**：在后生作用阶段或风化过程中，原生组分发生次生变化，由新生成的次生矿物所造成的颜色。

3 **引起沉积岩颜色的原因**：沉积岩的颜色**主要决定于岩石的成分**，即决定于岩石中所含的染色物质——色素，或者说沉积岩的颜色多半是由含铁质化合物或含游

离碳等染色物质（色素）造成的。

(1) **灰色和黑色**：有机质（炭质、沥青质）或分散状硫化铁（黄铁矿、白铁矿）。

还原～强还原环境。

(2) **红、棕、黄色**：铁的氧化物或氢氧化物（赤铁矿、褐铁矿）等。氧化～强氧化环境。

(1) **绿色**：多数是由于含低铁的矿物，如海绿石，鲕绿泥石等；少数是由于含铜的化合物，如孔雀石。（以上均反映弱氧化——弱还原环境）有时是由于含有绿色的碎屑矿物，如角闪石，阳起石等。

#### 4 颜色的意义和描述方法

(1) **意义**：

- 1) 岩石的颜色和色调具有划分和对比地层的意义。
- 2) 岩石的颜色通常具有一定的成因意义，有助于了解古地理条件及可以作为评价找矿的标志。

(2) **描述方法**：

- 1) 应以表示主要颜色为主。
- 2) 在观察颜色时，必须看到新鲜面。
- 3) 在野外，颜色的描述应逐层进行。
- 4) 要查明颜色的原生性或次生性及其成因性质。

### §3. 沉积岩的结构

1 **沉积岩的结构**：岩石组分的形态、大小、结晶程度及其排列方式等微观特征。

2 沉积岩的结构按**成因**可分三类：

- 1) 机械作用形成的结构 ——碎屑结构；

2) 化学结构;

3) 生物结构。

3 **碎屑结构**: 岩石由机械作用形成的碎屑颗粒与基质或胶结物组成。

4 **碎屑颗粒来源**: 岩石碎屑矿物碎屑生物碎屑。

5 按碎屑大小分	}	砾状结构	$>2\text{mm}$
		砂状结构	$2-0.05\text{mm}$
		粉砂状结构	$<0.005\text{mm}$

6 **分选性**: 岩石中碎屑颗粒粗细均匀程度。好 $>75\%$ ; 中  $50-75\%$ ; 差 $<50\%$ 。

7 **磨圆度**: 碎屑颗粒棱角的磨损程度。分为圆状、次圆状、次棱角状、棱角状。

8 分选性、磨圆度反映了**搬运介质的性质及距离的远近**。可以用**结构成熟度**的高、低来综合描述。成熟度高说明分选性、磨圆度好搬运距离远;成熟度低说明分选性、磨圆度不好搬运距离近。

9 **火山碎屑结构**: 由火山喷发的碎屑组成的岩石。

10 由机械作用形成的内源岩具有“**粒屑结构**”。

11 **化学结构**: 化学沉淀作用形成的。如隐晶质结构、显晶质结构等。

(1) **显晶质结构**按晶粒大小可分粗晶、中晶、细晶、粉晶、泥晶等。

(2) 化学结构可见于**碳酸盐岩**中, 亦可见于**碎屑岩的胶结物**中。

(3) 由化学和生物化学作用形成的岩石具有“**结晶粒状(晶粒)结构**”

12 **生物结构**: 由生物骨架及生物化学组分构成, 如珊瑚礁结构、藻礁结构等。

(1) **生物骨架结构**常见于生物礁灰岩中。

(2) 由生物作用形成的岩石具有“**生物结构**”。

13 **沉积岩的构造**指沉积岩各组分在空间的分布、排列和充填方式。一般包括层

理、层面构造和层内构造。

14 **层理**:岩石的成分、颜色、结构等在垂直于沉积层方向上的变化所形成的一种构造现象。

(1) **层与层的差异**, 是由不同时期沉积作用的环境及性质的变化而造成的, 每一层为同时、同沉积条件下形成的, 表现为层内的均一性; 而层间由于条件变化, 表现为差异性。是沉积岩区别于岩浆岩的主要标志。

(2) **成分**: 沉积物成分的变化是显示层理的重要标志, 即使是成分比较均一的岩层, 认真地观察也会发现细微的成分变化。在成分较均一的巨厚岩层中, 有时可能存在成分特殊的薄夹层, 借助于这类夹层可以识别巨厚岩层的层理。

(3) **结构**: 绝大多数碎屑沉积岩层都是由不同粒度、不同形状的颗粒分层堆积的, 根据碎屑粒度和形状的变化可以识别出层理。

(4) **颜色**: 在层理隐蔽、成分均一、颗粒较细的岩层中, 如有颜色不同的夹层或条带, 可以指示层理。但要注意区分次生变化引起的色调变化。

(5) **按层的厚度, 层理可分为:**

块状层 >2m

厚层 2—0.5m

中层 0.5—0.1m

薄层 0.1—0.01m

微层 <0.01m

(6) **按细层的形态, 层理有以下几种类型:**

水平层理和平行层理

波状层理

交错层理 (斜层理)

递变层理

### 块状层（均匀层理）

1) **交错层理**：是由纹层互相斜交组成的，常呈弧形，有多种类型。利用前积纹层的形态及被层系面截切的关系可以判断岩层的顶底面。前积纹层的顶部多被截切，与层系面呈高角度相交，下部常逐渐收敛、变缓，与底面小角度相交或相切。

2) **递变层理**：碎屑物质在沉积过程中由于流体（通常是浊流）流速减缓，碎屑物质逐渐沉淀下来而形成的一种沉积结构。递变层理在单层中，从底面到顶面粒度由粗到细，例如，由底部的砾石或粗砂向上递变为细砂、粉砂以至泥质。递变层理的顶面与其上一层的底面是突变的，有明显的界面。

3) **反向递变层理**：即在一个单层内，由底到顶粒度逐渐变粗，这是由于水流逐渐加强或粗碎屑物质相互碰撞、悬浮，细碎屑先沉积（动力筛作用）等原因所造成的。与正向递变层理的区别在于它的顶界是渐变过渡的。

### 15 层面构造

(1) **层面构造**：岩层表面呈现出的各种构造痕迹。

(2) **沉积岩中常见的层面构造**有波痕、冲刷痕迹、泥裂等。

1) **波痕**：波痕是指由于波浪、流水、风等介质的运动，在沉积物表面形成的一种波状起伏的痕迹。**按成因可分三种类型**：

**浪成波痕**：常见于海、湖浅水地带。其特点是波峰尖、波谷圆，形状对称。

**流水波痕**：定向水流形成

**风成波痕**：由定向风形成

2) **泥裂**：是未固结的沉积物露出水面，受到暴晒而干涸、收缩所产生的裂缝。

3) **雨痕**：当雨点落在湿润柔软的泥质或粉砂质沉积物表面时，冲打出的圆形凹坑及其凸起的边缘，称作雨痕。雨痕被上覆沉积物填充掩埋并成岩后，岩层面上

会留下凹坑，在上覆岩层底面形成突起印模。

### §4.常见的沉积岩类型

1 过去我国较流行的沉积岩的分类，主要以沉积作用方式和岩石成分为依据，分为三大类：碎屑岩类；粘土岩类；化学岩及生物化学岩类。

2 **碎屑岩** { 正常碎屑：如砾岩和角砾岩、砂岩、粉砂岩等

火山碎屑岩：火山碎屑物质就地或在附近堆积而形成的岩石。

3 **粘土岩**：由 50%以上粒径小于 0.01mm 的粘土矿物组成。

4 **化学岩和生物化学岩**：根据其成分可分为：

铝质岩：如铝土矿岩。

可燃有机岩：如煤、油页岩。

铁质岩：如菱铁矿岩、鲕状赤铁矿岩。

锰质岩：如菱锰矿岩、氧化锰矿岩。

硅质岩：如碧玉岩、燧石岩等。

磷质岩：如结核状磷块岩、层状磷灰岩。

盐岩：如石膏、岩盐

碳酸盐岩 如石灰岩、白云岩。

沉积岩分类表

表 2.4

岩类	结构		主要矿物成分	主要岩石	
				松散的	胶结的
碎屑岩	砾状结构>2mm		岩石碎屑或岩石块	角砾、碎石、块石 卵石、砾石	角砾岩 砾岩
	砂质结构 2~0.05mm		石英、长石、粘土矿物、碳酸盐矿物	砂土	石英砂岩 长石砂岩
	粉质结构 <0.05~0.005mm		石英、长石、粘土矿物、碳酸盐矿物	粉砂土	粉砂岩
粘土岩	泥质结构<0.005mm		粘土矿物为主，含少量石英、云母等	粘土	泥岩 页岩
化学岩及生物化学岩	化学结构及生物结构	致密状 粒状 鲕状	方解石为主，白云石		泥灰岩 石灰岩
			白云石、方解石		白云质灰岩 白云岩石
		结核状 鲕状 块状 纤维状 致密状	石英、蛋白石、硅胶	硅藻土	燧石岩 硅藻岩
			钾、钠、镁的硫酸盐及氧化物		石膏 岩盐、钾盐
			碳、碳氢化合物，有机质	泥炭	煤、油页岩

## 第五章 变质作用与变质岩(课件)

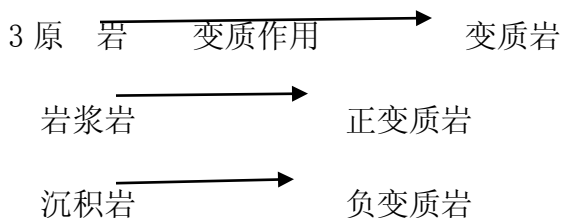
1 我们知道,组成地球的岩石,不仅有“水成”的沉积岩,“火成的”的岩浆岩,还有经变质作用形成的变质岩。三大岩类在地壳中分布大致是:岩浆岩占地壳总体积的 64.7%;沉积岩占地壳总体积的 7.9%,占地表面积的 75%;变质岩占地壳总体积的 27.4%。

### §1. 变质作用概述

#### 一、变质作用

1 **变质作用**:指地壳中已经形成的岩石在高温、高压和化学活动性流体作用下,引起岩石的结构、构造或成分发生变化,形成新的岩石的一种地质作用。

2 **变质岩**:由变质作用形成的岩石。



4 岩石是否发生变质要看其有无明显的重结晶现象或有无变质矿物出现为标志。

5 岩石的变质作用是在**固态状况**下进行的。

6 变质作用在地壳内部的物质活动中是**广泛分布**和**普遍存在**的,不仅形成了各种**变质岩石**,而且形成了大量**变质矿产**。

#### 二、变质作用的因素

##### 1 温度

(1) 温度:影响变质作用的**最基本因素**: $150^{\circ} - 180^{\circ} \sim 800^{\circ} - 900^{\circ}$

(2) 温度升高时,岩石中的原子、离子、分子的活动性增强,引起了各种反应。

变质作用使得矿物由**非晶质变为结晶质**；**结晶细小变为结晶粗大**。如石灰岩在持续较高温度的作用下转变为大理岩，原来的碳酸钙物质经重结晶作用转变为方解石。

(3) 温度的升高，加速了化学反应的进程，产生新的矿物组合。例如高岭石在热力作用下，形成红柱石和石英矿物组合。

(4) **温度来源**：地热；岩浆热；岩石的断裂挤压。

## 2 压力

(1) 压力可分为静压力、流体压力、定向压力。

(2) **静压力、流体压力**指各个方面相等的围压，主要是由**上覆岩石重量**引起的，其大小**随深度**的增加而增大。

(3) **静压力的增加**有利于促使岩石中矿物晶格化，由体积较大的矿物形成体积较小，密度较大的新矿物。如橄榄石和钙长石在一定的压力下就会形成石榴子石。



分子体积	42.6	101.0	119
------	------	-------	-----

相对密度	3.3	2.76	3.52
------	-----	------	------

(4) **定向压力**是指作用于地壳岩石的侧向挤压力，具有方向性，主要是**构造力的作用**造成。**作用结果**使岩石中的柱状、片状矿物定向排列(岩石的结构、构造发生变化)。**可分为：挤压力；剪压力**。

## 3 化学活动性流体

(1) **化学活动性流体**以 H<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub> 为主，并含有易挥发的物质。

(2) **化学活动性流体作用**：积极参与变质作用的各项反应，控制反应进程，扩

散、迁移一些元素改变化学成分。

(3) 化学活动性流体来源：岩石粒间孔隙及裂隙中以水为主的液体；结构水（含有矿物H<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub>）；岩浆中分泌和逃逸出来的成分；地壳深处的物质中分泌出含K, Na, SiO<sub>2</sub>的热液。

4 在变质作用过程中，温度、压力、化学活动性流体等各种因素是相互配合的，在不同的地质条件下，主导因素不同，显出有不同的变质特征。

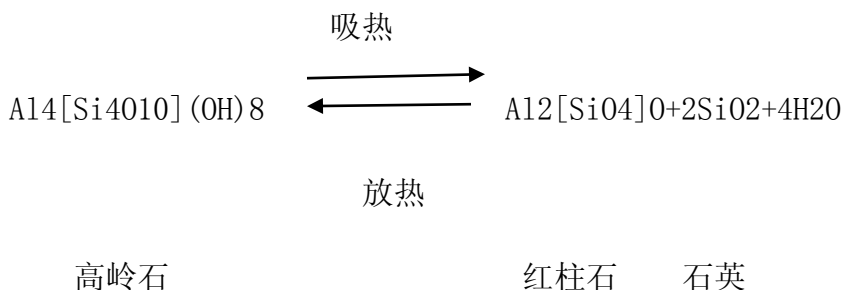
## §2 . 原岩在变质作用中的变化方式

### 一、 重组（变质结晶作用）

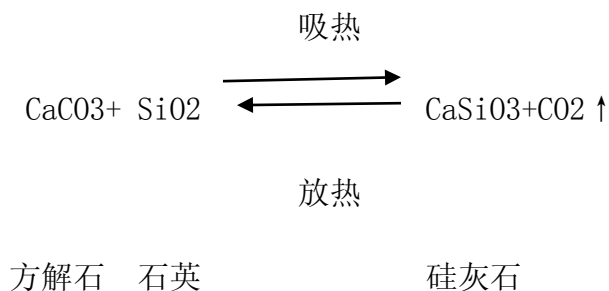
1 重组（变质结晶作用）：原岩在总体化学成分基本保持不变的情况下（挥发分H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, C等除外），原有矿物或矿物组合重新组合形成新矿物的作用。

(1) 化学成分发生变化

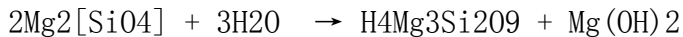
#### 脱水作用



#### 脱碳酸（复分解反应）



### 水化（复分解反应）



橄榄石                      蛇纹石              水镁石

### 结合（化合反应）



橄榄石              钙长石                      石榴石

### （2）化学成分不变、矿物成分变化（同质多象的转化）

#### 2 变质结晶作用的主要特点：

- （1）这种变化过程多数情况下涉及岩石中各种组分的重新组合，并以化学反应的方式完成。
- （2）有新矿物的形成和原矿物的消失；
- （3）在反应前后岩石的总体化学成分基本不变。

## 二、重结晶作用

1 **重结晶作用**：固态下，矿物岩石经有限的粒间溶解，迁移、重新结晶，使原岩矿物中的晶粒增大且紧密相嵌的作用。

2 石英砂岩  $\xrightarrow{\quad}$  石英岩

石灰岩  $\xrightarrow{\quad}$  大理岩

3 **化学成分与矿物成分均不发生变化。**

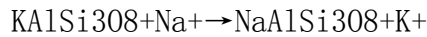
4 重结晶作用在**成岩作用**中已经出现，但在**变质作用**中则表现得**更加强烈和普遍**。

5 重结晶作用**对原岩的改造**主要是使其粒度加大、颗粒相对大小均一化、颗粒外形变得较规则。

## 三、交代作用

1 **交代作用**是指变质过程中，化学活动性流体与固体岩石之间发生的物质置换或交换作用。其结果不仅形成新矿物，而且岩石的总体化学成分发生改变。

例如：含  $\text{Na}^+$  的流体与钾长石发生交代作用而置换出  $\text{K}^+$ ，形成新矿物钠长石：



钾长石                  钠长石

2 交代作用的**特点**：

在固态下进行；

交代前后岩石的总体积基本保持不变；

原矿物的溶解和新矿物的形成几乎同时进行；

交代作用是在开放系统中进行的；

反应前后岩石的总体化学成分发生改变。

### §3. 变质岩的一般特征

#### 一、 变质岩中的矿物特征

1 **特有矿物：变质矿物**： 石榴子石、 红柱石、 夕线石、 蓝晶石、 蓝闪石、 十字石、 蛇纹石……

2 **共有矿物**： 石英、 长石、 云母

3 **难以存在的矿物**： 粘土、 蛋白石、 玉髓、 石膏等沉积矿物。

#### 二、 变质岩的结构

1 **变晶结构**： 原岩在变质过程中的重结晶形成的结构。

(1) 按**变晶的大小**可分为：

{	粗粒变晶结构	主要矿物粒径 >3mm
	中粒变晶结构	1-3mm

### 等粒变晶结构

细粒变晶结构	0.1-1mm
显微变晶结构	<0.1mm

### 不等粒变晶结构

### 斑状变晶结构

(2) 根据**变晶矿物颗粒相对大小**划分的结构类型:

等粒变晶结构; 不等粒变晶结构; 斑状变晶结构

(3) 按**变晶的形态**可以分为;

粒状变晶结构: 石英

鳞片变晶结构: 云母、绿泥石

纤维状变晶结构: 阳起石、硅灰石

2 **变余结构**: 变质程度浅, 保留了部分原岩的结构。可分为: 变余斑状结构变余砂状结构……

3 **压碎结构**: 根据**矿物的机械破碎程度**分为: 碎裂结构和糜棱结构。

(1) **碎裂结构**: 岩石受定向压力作用后, 其本身及组成矿物发生破裂、移动、研磨等现象。

(2) **糜棱结构**: 岩石中所有矿物均被压碎成细小的颗粒, 并呈锯齿状接触, 其内部物质在滑动时可形成一种类似流动的构造的排列。

## 三、变质岩的构造

1 **变质岩的构造**: 指组成岩石中的各种矿物在空间分布和排列的方式, 可分为:

变成构造 { 定向构造

## 无定向构造

变余构造：变质岩中残留了原岩的构造。

## 2 定向构造

(1) 定向构造：岩石中的长条状、片状（或板状）矿物平行某一平面或某一方向排列形成的构造。它是在定向压力参与下形成的。

1) **板状构造**：岩石中矿物颗粒细小，肉眼难以分辨，岩性似薄板状，常出现一组平行的破裂面，且光滑平整，破裂面具有微弱的丝绢光泽，具变余泥质结构。

2) **千枚状构造**：岩石中的鳞片状矿物呈定向排列，沿定向排列方向可劈成薄片，具有较强的丝绢光泽，为千枚岩所特有。

3) **片状构造**：片、柱、长条状矿物平行定向排列，肉眼能分辨出矿物的颗粒。

4) **片麻状构造**：暗色的片状、柱状矿物（如云母、角闪石等）呈平行排列，且被浅色粒状矿物（如石英等）所隔开，呈现出黑白相间的条带。

## 3 无定向构造

(1) **块状构造**：整个岩石的矿物分布均一，无定向排列。这种构造反映岩石在变质过程中，不具显著的定向压力，如大理岩。

(2) **斑点构造**：岩石在发生变质过程中，有些物质发生迁移、聚集成斑点，为浅变质岩的构造特征。

## 4 变余构造

(1) 变余构造：岩石经变质后，仍保持原岩的构造特征。

(2) 变余构造是**恢复原岩性质的重要标志**。

(3) **正变质岩**中常见的变余构造有：变余气孔构造，变余杏仁构造，变余流纹

构造，变余枕状构造，变余斑杂构造等。

(4) **副变质岩**中常见的变余构造有：变余层理构造，变余斜层理构造，变余泥裂构造，变余波痕构造等。

## §4 . 变质作用类型及其代表性岩石

1 根据变质作用发生的地质背景和物理、化学条件，分为以下四种主要类型。

- (一) 接触变质作用
- (二) 区域变质作用
- (三) 动力变质作用
- (四) 混合岩化作用

### 一、接触变质作用（局部）

1 **接触变质作用**是在岩浆侵入体与围岩的接触带上，主要由岩浆活动所带来的热量及挥发性流体所引起的一种变质作用。

2 引起变质的**主导因素**：温度（300° -800℃）、挥发性物质（岩浆分泌）。

3 接触变质作用**可分为**：接触热变质作用和接触交代变质作用。

4 **接触热变质作用**：岩浆侵入造成的温度升高而引起的变质作用。

(1) **主要方式**：重结晶作用和变质结晶作用。

(2) **主要变质岩**：是泥质岩石变成各种角岩（如红柱石角岩）、石灰岩变成大理岩、石英砂岩变成石英岩等。

(3) 接触热变质作用与**岩浆岩的侵入**有关，一般说来岩体的规模越大，具有的能量也越大，所形成的**接触变质带**也越宽。接触变质带离开岩体越远，温度也越低，热变质程度也越浅，并形成以岩体为中心的同心圆状的，由深到浅的变质带。

5 **接触交代变质作用**：除温度以外，从岩浆中分泌的挥发性物质所产生的交代作

用。

(1) 当碳酸盐岩石与中、酸性侵入岩相接触时常形成**矽卡岩**。

(2) 我国大量中、小型含金的富铜、富铁矿床（如湖北铜绿山铜矿床、大冶铁矿床、安徽铜官山铜矿床）大多是与矽卡岩关系密切的金属矿床。

## 二、区域变质作用

1 **区域变质作用**：在广大范围内发生，并由温度、压力、化学活动性流体等多种因素引起的变质作用。常发生在板块边界附近或大断裂附近。

2 区域变质作用**影响的范围**可达数千至数万平方公里以上，影响深度可达 30km 以上。

3 区域变质作用**分类（按所处的温、压环境）**：

A **低压区域变质作用**：一般形成深度较浅（小于 15km），静岩压力为 200~400MPa，定向压力较小，**温度是主要影响因素**，一般可以较高，在 200~700℃ 之间，可形成沸石岩、角岩、绿片岩、角闪石片岩、麻粒岩等。

(1) **最低级的区域变质作用称为沸石相**，以岩石中新形成沸石为特征，泥质板岩是典型的代表。板岩进一步变质形成千枚岩，它与板岩的区别是形成一些肉眼可见的绢云母等片状矿物。

(2) **低级变质作用更成熟的是绿片岩相岩石**，典型代表有绿泥石-云母片岩。可由泥质岩类和基性火山岩类变质而成。

(3) 歙砚的原材料为灰黑色的含石英粉砂粘板岩，它是泥质岩经变质后形成的岩石，其矿物组成为绢云母、石英、碳质、黄铁矿、磁铁矿和褐铁矿等，矿物颗粒都较细小。由于歙砚石质致密、细腻、孔隙少，不损笔，而且砚石中含绢云母，使砚石具有发墨耐用得特点。砚石中的石英颗粒均匀分布，

使歙砚具有“细中有锋，柔中有刚”的特点。

B 中压区域变质作用：具有高压与低压变质岩石过渡的特征。

(1) 中级变质作用称为角闪岩相，其典型的岩石类型主要有结晶片岩、片麻岩、角闪岩等。角闪岩相变质作用，尤其高角闪岩相变质，往往过渡为岩石的部分熔融，混合岩就是部分熔融的产物。再往前发展就会完全熔融（即深熔作用），形成深熔花岗岩。

C 高压区域变质作用：形成深度一般大于 15 km，静岩压力为 300~1000 MPa，并伴有一定程度的定向压力，但形成温度不一定很高。最典型的岩石类型是麻粒岩。麻粒岩形成的代表性矿物是紫苏辉石，由基性岩类变质而成的称为基性麻粒岩；酸性麻粒岩一般由泥质岩类变质而成，称为酸性麻粒岩或紫苏花岗岩。

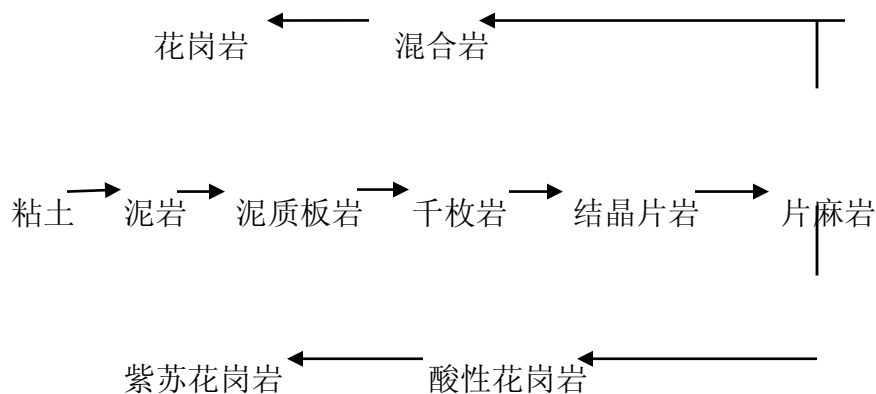
4 在区域变质岩中，经常有同一类原岩在不同的变质条件下，形成不同的变质岩的现象（表现为不同的变质程度）：

页岩 → 板岩 → 千板岩 → 片岩 → 斜长角闪岩

较低温 → 300℃ → 600℃

变质程度浅 → 变质程度深

5 区域变质作用演化系列：



### 三、动力变质作用

1 **动力变质作用**指在构造运动所产生的定向压力作用下，岩石发生的破碎、变形以及伴随的重结晶等的作用。这种变质作用主要发生在构造运动使相邻的两个岩石块体之间发生相对运动时的接触带上——断裂带或断层带。

2 动力变质作用**代表岩石**：断层角砾岩、糜棱岩、千糜岩。

3 动力变质作用在**地壳浅部**：岩石常表现为较强的脆性，岩石以碎裂作用为主，形成的岩石称为**碎裂岩类**。

4 动力变质作用在**地壳深部**（深度大于 10~15 km）：岩石表现出较强的韧性（或称柔性），岩石可发生较大的塑性变形，而不出现明显的破裂，形成的岩石称为**糜棱岩类**。

#### 四、混合岩化作用

1 **混合岩化作用即超深变质作用**，它是由变质作用向岩浆作用转变的过渡性地质作用，是区域作用的进一步发展，形成的岩石称为**混合岩**。

2 混合岩化作用**基体**：混合岩形成过程中残留的变质岩，是区域变质作用的产物，主要是斜长角闪岩、片麻岩、片岩、变粒岩等。颜色较深。

3 混合岩化作用**脉体**：混合岩形成过程中处于活动状态的新生成的流体相结晶部分，通常是花岗质、长英质、伟晶质和石英脉等，其颜色较浅。

#### 五、变质作用矿产资源

1 变质作用过程中产生大量的矿产，据统计现在世界上开采的矿石中：53%的铁矿、55%的铬铁矿、47%的铜矿、81%的金矿、85%的铀矿等均产于变质岩系中。

2 太古代到早元古代与海底火山作用相关的**铁、硅质岩石**，可以在区域变质作用过程中，使铁质进一步聚集，形成**磁铁石英岩**，构成矿体。在区域变质作用下，**煤层**可变质而成为**石墨矿层**。

3 灰黑色的**石灰岩**经过变质作用，将炭分或其易挥发的有机杂质排除掉，而变成白色的**大理岩**，变成良好的建筑石材。

4 **韧性剪切带中的金矿后期的流体**可以大体沿韧性剪切带矿物定向排列的裂开面而聚集成矿。金矿脉中金元素的含量比一般岩石中的含量富集了上千倍。

5 **矽卡岩型矿床**：中、酸性侵入体的上部接触带，当与碳酸盐岩石，尤其与石膏岩盐层相接触，围岩中的碱、氯化物、碳酸根、硫酸根与岩浆发生接触交代变质作用。可形成许多富铜、富铁、白钨、黄金等矿床，这是我国东部地区常见的一种矿床类型。

6 **青田石**是一种变质的中酸性火山岩，叫流纹岩质凝灰岩，主要矿物成分为叶蜡石，还有石英、绢云母、硅线石、绿帘石和一水硬铝石等。

7 **蓝田玉**：蛇纹石化大理岩，以产地陕西蓝田县命名。

## §5. 岩石的演化

1 当原先形成的岩石，一旦改变其所处的环境，岩石将随之发生改造，可以转化为其它类型岩石。

2 出露到地表面的**岩浆岩、变质岩与沉积岩**，在大气圈、水圈与生物圈的共同作用下，可以经过风化、剥蚀、搬运作用而变成沉积物，沉积物埋到地下浅处就硬结成岩——重新形成**沉积岩**。

3 埋到地下深处的**沉积岩或岩浆岩**，在温度不太高的条件下，可以固态的形式发生变质，变成**变质岩**。

4 不管什么岩石，一旦进入高温（大于 700~800℃）状态，岩石就将逐渐熔融成岩浆。岩浆在上升的过程中降低着自身的温度，使自身的成分复杂化，并在地下浅处冷凝成侵入岩，或喷出地表而形成火山岩。在岩石圈内形成的岩石，由于地

壳抬升，上覆岩石遭受剥蚀，它们又有机会变成出露地表的岩石。

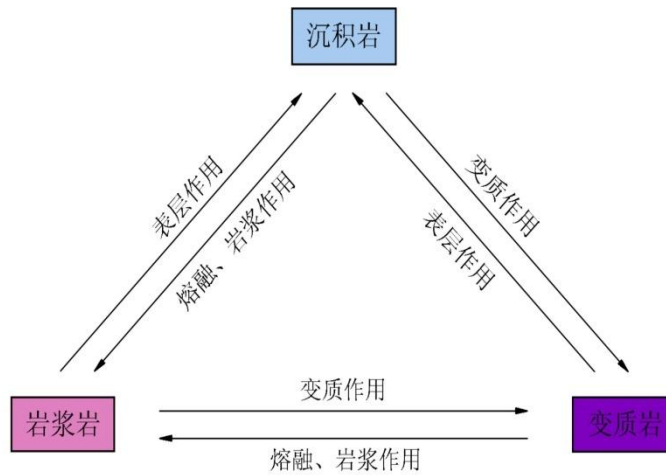
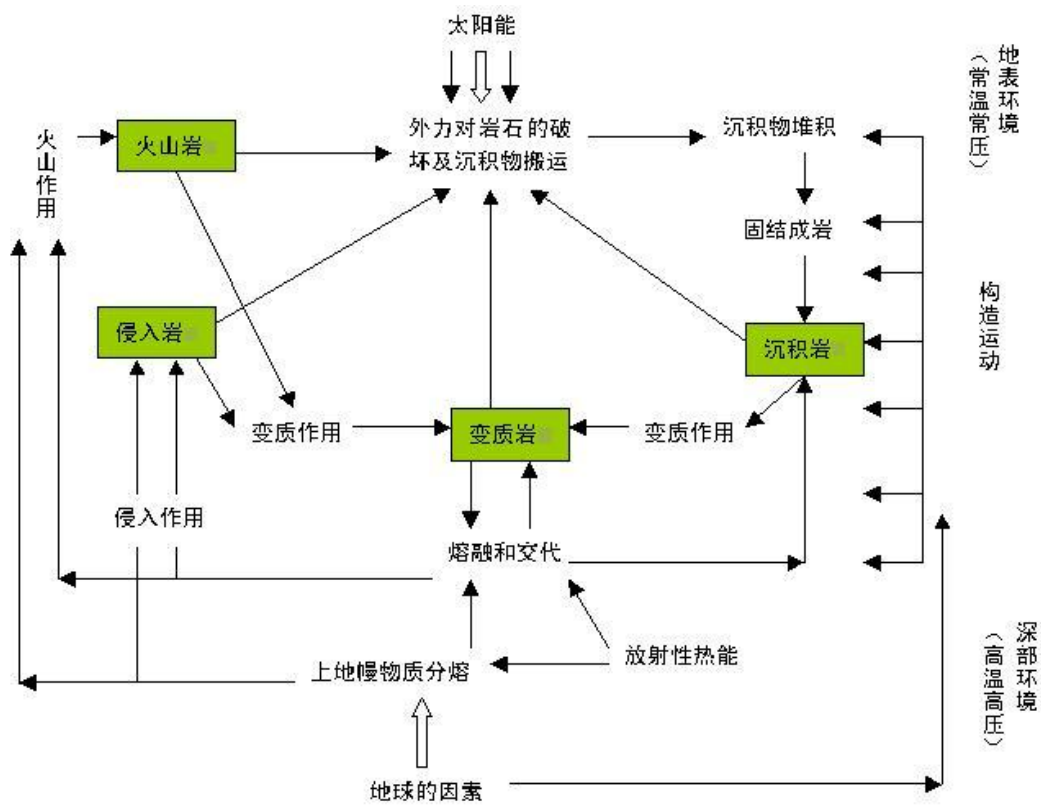


图7-12 三大岩类的转化关系示意图



附：

- 1 在变质作用过程中，原岩转化成变质岩的过程基本是在（ ）状态下进行的。
- 2 当岩浆侵入围岩时，接触带往往发生（ ）作用，如果见有角闪岩、石英岩或大理岩则是（ ）变质，见有矽卡岩则是（ ）变质的结果。

- 3 接触变质带的宽度取决于侵入体的（ ）及围岩的（ ）。
- 4 当区域变质作用发生时强烈的剪切作用伴随重结晶作用，使变质岩具有新的结构、构造，常见的构造有板劈理有（ ）、（ ）、（ ）、（ ）等。
- 5 板岩、（ ）、（ ）和片麻岩是最常见的区域变质岩。
- 6 变质反应常包括（ ）和二氧化碳的释放。
- 7 页岩接触热变质后变成一种致密而无面理构造的岩石叫做（ ）；它的原词是德文（hornfels）前缀 horn 表示岩石似（ “ ” ）的表面，而 fels 的意思是“岩石”。
- 8 既有火成岩又有变质成分的复合岩叫做（ ）。
- 9 火成岩、沉积岩经变质后形成变质岩，前者形成的变质岩称为（ ）；后者形成的变质岩称为（ ）。引起岩石发生变质的主要因素是（ ）、（ ）、和（ ）。写出下列不同变质作用类型所形成的代表性岩石：热接触变质的（ ）；接触交代变质的（ ）；区域变质的（ ）和（ ）等；动力变质的（ ）。矽卡岩是（ ）或（ ）岩浆侵入于（ ）围岩中经（ ）变质作用而形成的一类变质岩。
- 10 总结三大类岩石的主要肉眼鉴别特征。

## 第六章 地质年代（课件）

1 **地质年代**：指地质体形成或地质事件发生的时代。它有两层意义：

- (1) **相对年代**：地质事件发生的先后顺序。
- (2) **绝对年代**：地质事件发生时间距今多少年。

### §1. 相对年代的确定

1 **相对年代的确定**就是要判断一些地质事件发生的先后关系。这些地质事件保留在地质历史留下的物质纪录中。可根据几个基本原则来判断：**地层层序律**；**生物层序律**；**切割穿插定律**。

#### 一、地层层序律

1 **岩层**：层状岩石。（包括沉积岩、层状变质岩、层状火山岩）。

2 **地层**：在一定地质时期内所形成的层状岩石。

3 **地层 = 岩层 + 时间（年代）**

4 **地层层序律**：原始产出的地层具有下老上新的层序规律。

(1) 对于后期地壳运动使地层变动（倾斜、倒转）的地层层序可用沉积构造中的层面构造（波痕、泥裂、印模等）作为“示底构造”恢复顶底后，判断先后顺序。

(2) 只能用于同一地方；对沉积岩而言。

5 **地层形成时是水平或近于水平的。先形成的位于下部，后形成的位于其上部。**

**根据地层层序律，地层上新下老。**

#### 二、生物层序律

1 **化石**：埋藏在岩层中的地历史时期的生物遗体或遗迹（硬体、壳、骨、蛋及活动痕迹）。地质历史中生物在地层中留下纪录，这就是化石。

2 生命的研究认识到：生物的演化是从简单到复杂、从低级到高级不断发展，不可逆的演化的。

3 **生物层序律**：根据地层中化石生物的特征来推断地层相对年代或先后顺序。年代越老的地层中所含生物越原始，越简单、越低级；年代越新的地层所含生物越进步、越复杂、越高级。

4 不同时期地层中含有不同类型的化石及其组合；而相同时期且在相同地理环境下所形成的地层，只要原先海或陆相通，都含有相同的化石及其组合。

5 运用地层层序律和生物层序律对地层相对年代的确定，其实际工作就是地层的划分和对比。一般根据岩性、化石及地层层序进行地层划分与对比。

6 **地层划分**：根据地层特征按照从老到新的层序，划分出各地层阶段（单位）。

7 **地层对比**：不同地区时代和层序的对比。

8 **标准化石**：地史中，演化快，延续时间短，特征显著，数量多，分布广的生物。

### 三、 切割定律或穿插关系

1 以上两定律主要应用于地层（层状岩石），而对于侵入体之间或侵入体与围岩之间的相对年代（顺序），应使用切割定律。

2 **切割定律**：侵入者年代新，被侵入者年代老，切割者年代新，被切割者年代老。

## §2. 同位素年龄（绝对年龄）的确定

### 一、 地球年龄（绝对地质年代）的计算方法

1 **剥蚀法**：通过测定海水中某种成份的总量及其年输入量就可获得海水的年龄。

由于实际的剥蚀速度取决于地表的坡度、降水量，温度及CO<sub>2</sub>的含量，还与岩石及土壤的类型等有关，影响因素很多，因此，现在一般已放弃这种计算方法。用此方法来推断某一时段的年龄，还是有一定的参

考价值。

**2 放射性同位素方法：**自然界的矿物和岩石一经形成，其中所含有的放射性同位素就开始以恒定的速度蜕变，这就像天然的时钟一样，记录着它们自身形成的年龄。

(1) 该方法是 1904 年英国物理学家卢福首先提出的。放射性元素在自然界中自动地放射出  $\alpha$ （粒子）、 $\beta$ （电子）或  $\gamma$ （电磁辐射量子）射线，而蜕变成另一种新元素，并且各种放射性元素都有自己恒定的蜕变速度。同位素的衰变速度通常是用半衰期（ $T_{1/2}$ ）表示的。

(2) 所谓**半衰期**，是指母体元素的原子数蜕变一半所需要的时间。

(3) 当知道了某一放射元素的蜕变速度（ $T_{1/2}$ ）后，那么含有这一元素的矿物晶体自形成以来所经历的时间（ $t$ ），就可根据公式求得：

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left( 1 + \frac{D}{N} \right)$$

式中  $\lambda$  为蜕变常数， $\lambda = 0.693/T_{1/2}$ ； $N$ （母体同位素）的总量； $D$  蜕变产物（子体同位素）的总量

(4) 自然界放射性同位素种类很多，**能够用来测定地质年代的必须具备以下条件：**

① 具有较长的半衰期，那些在几年或几十年内就蜕变殆尽的同位素是不能使用的；

② 该同位素在岩石中有足够的含量，可以分离出来并加以测定；

③ 其子体同位素易于富集并保存下来。

(5) **用于测定地质年代的放射性同位素：**

1) 铷 — 锶法、铀（钍） — 铅法（包括 3 种同位素）主要用以测定较古老岩

石的地质年龄；

2) 钾 — 氩法的有效范围大，几乎可以适用于绝大部分地质时间，而且由于钾是常见元素，所以钾 — 氩法应用最为广泛；

3)  $^{14}\text{C}$  法由于其同位素的半衰期短，它一般只适用于 5 万 a 以来的年龄测定；

4) 另外，近年来开发的钐 — 钕法和  $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$  法以其准确度提高、分辨率增强，显示了其优越性，可以用来补充上述方法的一些不足。

(6) 注意：同位素测年方法、原理科学性强，但由于 D、N 的含量不易测试或地史中保留不全（丢失），故存在测年误差。

3 地史记年以百万年为单位。根据测定，南非圭亚那的角闪岩为 41.30 亿年 $\pm$ 1.7 亿年；我国遵化的变质岩为 34.19 亿年 $\pm$ 2.42 亿年。世界上最古老的化石是兰绿藻为 35 亿年。岩石是地球形成后地质作用的产物，地球的年龄比最老的岩石年龄还要大，估计为 46 亿年月球上岩石的年龄值一般为 31 亿 $\sim$ 46 亿 a

### §3. 地质年代表

1 有了划分相对年代，绝对年龄的原则，就可以按年代的顺序把地质历史进行系统性编年。

#### 2 地质年代单位 年代地层单位

宙 (eon)            宇 (eonothem)

代 (era)            界 (erathem)

纪 (period)        系 (system)

世 (epoch)        统 (series)

#### 3 地质年代简表

地质时代			距今年龄值 (百万年)	生物演化		
宙	代		纪			
显生宙	新生代 K <sub>z</sub>		第四纪 Q	1.64	人类出现	
			第三纪 R	晚第三纪 N	23.3	近代哺乳动物出现
				早第三纪 E	65	
	中生代 M <sub>z</sub>		白垩纪 K	135	被子植物出现	
			侏罗纪 J	208	鸟类、哺乳动物出现	
			三叠纪 T	250		
	古生代 P <sub>z</sub>	晚古生代 P <sub>z2</sub>	二叠纪 P <sub>290</sub>	290	裸子植物、爬行动物出现	
			石炭纪 C <sub>362</sub>	362	两栖动物出现	
			泥盆纪 D <sub>409</sub>	409	节蕨植物、鱼类出现	
		早古生代 P <sub>z1</sub>	志留纪 S <sub>439</sub>	439	裸蕨植物出现	
奥陶纪 O <sub>510</sub>			510	无颌类出现		
寒武纪 C <sub>570</sub>			570	硬壳动物出现		
震旦纪 Z			800	裸露动物出现		
元古宙 PT	新元古代 P <sub>t3</sub>		1000			
	中元古代 P <sub>t2</sub>		1800	真核细胞生物出现		
	古元古代 P <sub>t1</sub>		2500			
太古宙 AR	新太古代 Ar <sub>2</sub>		3000	晚期生命出现, 叠层石出现		
	古太古代 Ar <sub>1</sub>		3800			
冥古宙 H <sub>0</sub>			4600			

4 太古代和元古代这两个名称是 1863 由美国人洛冈命名的，他命名的意思是指生物界太古老和生物界次古老。

5 自寒武纪后到 2.3 亿年前这段时间为古生代，这个名称由英国人赛德维克制定，他依照洛冈取了生物界古老的意思，此事发生在 1838 年。

6 从 2.3 亿年前到 0.65 亿年前为中生代。从 0.65 亿年后到现在为新生代。这两个代均由英国人费利普斯于 1841 年命名，取意分别为生物界中等古老和生物界接近现代。

7 最古老的纪叫震旦纪，由美籍人葛利普于 1922 年在中国命名，葛氏当时活动

在浙、皖一带，他按照古代印度人称呼中国为日出之地而取了这个名字。起于 18 或 19 亿年前，止于 5.7 亿年前。这个时期的生命主要是细菌和蓝藻，后期开始出现真核藻类和无脊椎动物。

8 1936 年赛德维克在英国西部的威尔士一带进行研究，在罗马人统治的时代，北威尔士山曾称寒武山，因此赛德维克便将这个时期称为**寒武纪**。

9 33 年以后，另一位英国地质学家拉普华兹在同一地区发现一个地层，这个与较早发现的志留纪与寒武纪相比有着诸多不同的地方，它介入上述两个层之间，显然是属于一个不同的有代表性的时期，因此他根据一个古代在此居住过的民族名将这个时期称为**奥陶纪**。

10 **志留纪**的名称的产生比寒武纪和奥陶纪都要早，大约是在 1835 年，莫企孙也是在英国西部一带进行研究，名称的意思来源于另一个威尔士古代当地民族的名。莫氏和赛德维克于 1839 年在德文郡（Devonshire）将一套海成岩石层按地名进行了命名，中文翻译为“泥盆”。

11 **石炭**这个名称的出现可能是最早的，1822 年康尼比尔和费利普斯在研究英国地质时，发现了一套稳定的含煤炭地层，这是在一个非常壮观的造煤时期形成的，因此因煤炭而得名。

12 **二叠纪**这个名称是我国科学家按形象而翻译的。

13 **岩石地层单位**：地层的物质组成是岩石（岩层），在地层划分对比中，对一个地区首先根据岩石特征把地层分层，分层的单位为岩石地层单位：

群

组：**最基本的岩石地层单位**

段

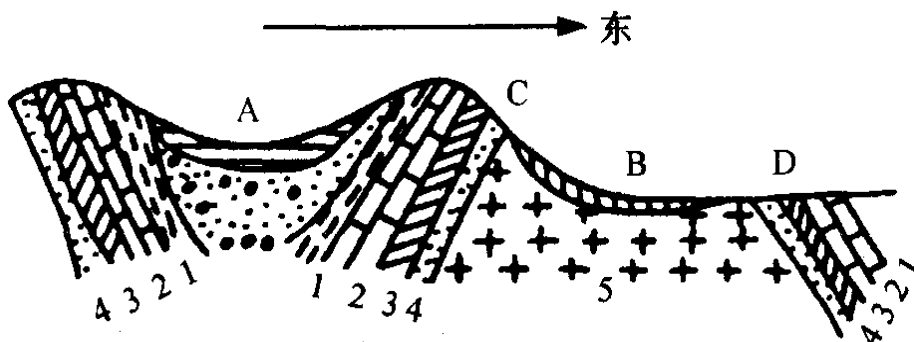
附：

下图是沿 37° N 我国东部某地区的剖面图，图中 1, 2, 3, 4, 5 分别代表第三纪、中生代、古生代、元古代、太古代的地层。读后回答下列问题。

(1) A, B 两处钻井有可能打到煤层的是\_\_\_\_\_处。

(2) 如果在地层 3 中找到珊瑚化石，可推测当时的地理环境？

(3) 在地层 5 中能否找到化石？为什么？



是非题

- 1 不同时代的地层中含有不同门类的化石及化石组合。
- 2 古生代是爬行动物和裸子植物最繁盛的时代。
- 3 中生代的第一个纪叫三叠系。
- 4 地球上最早出现的陆生植物是裸蕨植物。
- 5 最早的爬行动物出现于三叠纪初期。
- 6 第四纪是人类出现和发展的时代。
- 7 半衰期愈长的同位素，在测定地质年代时作用也愈大。

选择题

1 假设石炭纪中期是一个重要的成煤时期，下列表达方式中正确的是（ ）。

- a 中石炭统是重要的成煤时期 b 中石炭系是重要的成煤时期

- c 中石炭纪是重要的成煤时期 d 中石炭世是重要的成煤时期
- 2 只能用作测定第四纪地层年代的放射性同位素方法是（ ）。
- a 钾-氩法 b  $^{14}\text{C}$  法 c 铀-铅法 d 铷-锶法

- 3 真正陆生植物最初出现的时代是（ ）。
- a 寒武纪 b 奥陶纪 c 志留纪 d 泥盆纪

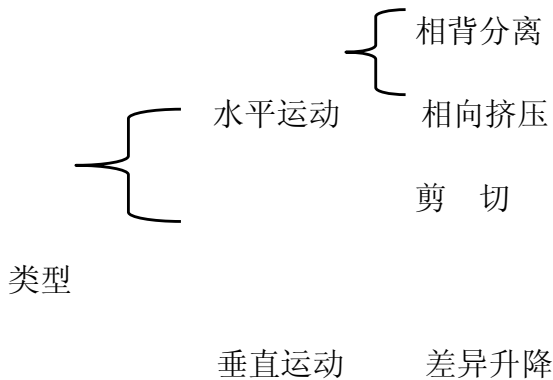
#### 填空题

- 1 分辨岩层上、下层面的主要标志有（ ）、（ ）及（ ）等。
- 2 作为标准化石必须具备的三个条件是：（ ）、（ ）和（ ）。
- 3 古生代以来已划分的“纪”一级年代单位的名称与代号由老到新分别是：（ ）、（ ）、（ ）、（ ）、（ ）、（ ）、（ ）、（ ）、（ ）和（ ）。
- 4 第三纪的两个亚纪及其代号分别是：（ ）和（ ）；整个第三纪由老到新所划分的五个世及其代号分别是：（ ）、（ ）、（ ）、（ ）和（ ）。
- 5 爬行类动物起源于（ ）纪，繁盛于（ ）代。鸟类与哺乳类最初出现于（ ）纪。

## 第七章 构造运动与地质构造（课件）

### §1 构造运动的基本方式

1 构造运动（地壳运动）：按其运动方向可分为水平运动与垂直运动。



2 **水平运动的表现**：现代水平运动最典型的例子就是美国加利福尼亚的圣安德列斯断层带。几年前，美国使用轨道卫星和激光束新技术来测定断层两盘的位移，数据表明：该断层自中新世以后，水平运动距离已达 260 千米。

3 **大陆漂移学说**：现代地球表面为各大洋所分离的各大陆，在中生代以前曾是一个统一的、巨大的陆块，称联合古陆（泛大陆）。北方的劳亚古陆（北美、欧、亚）南方冈瓦纳古陆（南美、非洲、印度、澳大利亚）仅在侏罗世纪（1.5 亿年前）开始分裂，并且分裂的陆块各自漂移直至今天的位置。

（1）**漂移的证据**：大西洋两岸地形，可以较好地拼合在一起；其次两岸的地层、古生物、构造等方面的分布上，也都有密切联系。

#### 4 垂直运动(升降运动)的表现

（1）**升降运动**：相邻地块或同一地块不同部分作差异性上升或下降，使得某些地区成为高地或山岭，另一些地区成为盆地或凹陷。

（2）喜马拉雅山在 2500 万年前开始从海底升起，平均以 0.04 厘米/年 的速度上升，至今珠穆郎马峰高达 8848 米，并继续上升。意大利那不勒斯湾、塞拉比斯城

填的三根大理石柱。柱长 1 2 米，其下部 3.6 米为火山灰掩盖，表面 3.6-6.1 米处被海生瓣鳃类钻蚀（许多蚀洞）

### （3） 垂直运动在地层中的反应

#### 1) 沉积厚度和沉积环境的变化

**沉积环境：**反应垂直升降的变化

**沉积厚度：**反应岩石圈升降的幅度

#### 2) 地层的接触关系

**整合接触：**反应岩石圈缓慢下降

**角度不整合接触：**反应显著的升降和水平的挤压运动。

**平行不整合：**反应显著的升降

5 地史中：岩相相同的巨厚沉积地层，本身就说明了地壳是缓慢下降的，只有下降的速度与沉积速度基本相同，才能保证沉积环境不变。例如河北蓟县中元代的浅海碳酸盐沉积厚达 9340 米。如果没有地壳下降，沉积物把浅海填满也不过 2 0 0 米厚，如此厚的沉积说明地壳缓慢下降使沉积表面一直处于浅海水域，不断接受沉积。

## §2 岩石的变形与地质构造

### 1 构造运动的结果：使岩石变形、变位。

（1）**岩石变形**——地壳中岩石改变了原有的空间位置和形态。

（2）**地质构造**——岩石变形和变位的产物。**最基本的地质构造**包括褶皱、断裂。

### 2 岩石的变形

（1）**任何物体受外力作用会产生以下变形：**

**弹性变形：**在弹性限度内，变形在外力解除后，恢复原状。

**塑性变形：**受力超出弹性极限时，柔性较大的物体，发生永久性变形。

**断裂：**受力超出强度极限，脆性物体几乎无塑变形，很快断裂。

(2) 地质构造中 { 塑性变形——岩层褶皱。

岩石的变形 断裂——断层、节理、裂隙。

(3) 弹性变形不被保留，对地质构造无意义。

(4) 岩石的变形状态与岩石性质（成份、结构）及所处的环境有关。

**地表常温、常压下：**页岩、泥岩、粘土岩（细、软）——塑性变形；粗砂岩、石灰岩——脆性大，断裂。

**地下高温、高压下：**各类岩石都具有一定塑性（柔性）均可发生塑性变形。

附：

为什么我们在野外能够看到砾岩、灰岩、石英砂岩等通常认为脆性很大的岩层同样有褶皱弯曲现象？

### 3 岩石的空间位置

(1) 在一个地区岩层呈水平状态平行地表，还是发生了倾斜，倾斜的陡缓……，这些都是指岩层在空间的状态。

(2) 确定任何层状岩层的空间位置，可以用产状三要素：走向、倾向和倾角来描述和表示。

#### (3) 岩层产状三要素

1) 走向——走向线两端所指的方向。以方位角来表示。

走向线——岩层面同任意水平面的交线（岩层层面上的任意一条水平线）。

2) 倾向

与走向线垂直向岩层下倾方向引出的射线称为倾斜线。

倾斜线在水平面上的投影线，指示的地理方位称倾向。

倾向与走向相差  $90^\circ$  或  $270^\circ$ ，但岩层的倾向确定后，走向就可以确定，岩层的走向确定后，倾向不一定确定。

4) **倾角**：倾斜线与其在水平面上之投影线的夹角（ $\alpha$ ），亦称**真倾角**。

有时作图或测量时，选择的剖面方向与倾向呈一定夹角时，剖面线与其在水平面上的投影线间的夹角称为**视倾角或假倾角**。指示的地理方位称**视倾向**。

岩层的**真倾角最大且是唯一的**；**视倾角有无数个**。

(4) **岩层产状的表示**：

走向/倾向<倾角  $125^\circ / NE < 65^\circ$

倾向<倾角  $35^\circ < 65^\circ$

**只要给定倾向、倾角两项可求知三要素**

(5) **特殊产状**：

**水平岩层** 倾角=  $0^\circ$  倾向 走向

**直立岩层** 倾角=  $90^\circ$  倾向 走向  $\alpha^\circ$

(6) **岩层厚度**：两层面之间垂直距离。（并非地面露头两点）。

**3 水平岩层特征**：

(1) 符合地层层序律，即地质时代较新的岩层叠覆在地质时代较老的岩层之上；

(2) 水平岩层露头的出露宽度与地形坡度和岩层厚度有关；

(3) 在地形地质图上，岩层面的出露界线与地形等高线平行或重合；

(4) 水平岩层顶、底面间的标高差即为水平岩层的厚度，海相岩层厚度在较大范围内基本一致，而陆相岩层则会较快变薄或尖灭。

**4 倾斜岩层**：使岩层面与水平面形成一定的夹角时便成为倾斜岩层。

### 倾斜岩层特征:

- (1) 无论岩层倾向与地层坡度相同还是相反，坡度越大，露头越窄，反之亦然；
- (2) 岩层倾向与地形坡向一致，坡度相同时，岩层倾角大而露头宽度大；
- (3) 岩层倾向与地形坡向相反时，倾角大者露头窄，倾角小者而露头宽。

倾斜岩层的地质界线与地形等高线是相交的，在山脊和沟谷处的平面上投影线均呈“V”字形。

5 直立岩层是指倾角近于  $90^\circ$  的岩层，直立岩层的地质界线在地质图上为直线，其厚度为地质界线间的垂直距离。

### 6 复杂地质构造

(1) **褶皱构造**：岩层受力后，发生弯曲，改变了原有的空间位置和形态，但其连续性未受到破坏，称**褶皱**。单一弯曲称**褶曲**。

#### 1) 褶曲的几何要素（褶曲的描述）

**翼**——褶曲岩层的两坡。

**核**——褶曲岩层的中心。

**轴面**——平分褶曲两翼的假想面（近于对称面），可以是平面也可以是曲面，其产状可用三要素描述。

**枢纽**——轴面与岩层面的交线，可以是水平的也可以是倾伏状。

**轴迹**——轴面与地面的交线。

#### 2) 褶曲分类：褶曲分为两大基本类型

**向斜** — 水平岩层受力后下凹弯曲。两翼地层相向倾斜；核部地层时代最新；两翼地层时代渐老。

**背斜** — 水平岩层受力后上凸弯曲。两翼地层相背倾斜；核部地层时代最老；两

翼地层时代渐新。

### 3) 褶曲类型划分

#### 1° 按轴面产状划分：

**直立褶曲**——轴面直立，两翼倾向相反、倾角相等。

**倾斜褶曲**——轴面倾斜。两翼倾向相反，倾角并不等。

**倒转褶曲**——轴面倾斜。两翼倾向相同，倾角并不等，一翼为正常层序，一翼为倒转层序（新在下老在上）

**平卧褶曲**——轴面近水平。两翼近水平，上下重叠。一翼为正常层序，一翼为倒转层序。

#### 2° 按枢纽产状划分：

**水平褶曲：**——枢纽水平

**倾伏褶曲：**——枢纽倾伏

#### 3° 特殊类型：

**穹窿（背斜）**——长：宽 < 1 : 3

**盆地（向斜）**——长：宽 < 1 : 3

**复背斜、复向斜**

### 4) 褶曲的野识别：

1° 顺或逆着倾向方向，地层重复出现，倾角变化有规律。

**背斜：**新 — 老 — 新

**向斜：**老 — 新 — 老

#### 2° 地形倒置（并非绝对）

地质构造形成初期，通常向斜成谷背斜成山。但常见的是**背斜成谷，向斜成山**，

称为**地形倒置**。

**原因：**褶皱开成后在长期的风化剥蚀等外动力作用下，背斜轴部由于张裂隙发育、易剥蚀，并逐渐低凹成谷；而向斜轴部岩石受挤压力，相对不易风化剥蚀，而成山。

附：



某地地质剖面图，打隧道、打水井、找油气应从哪些部位比较理想？

## (2) 断裂构造

- 1) **断裂：**岩层在外力作用下失去连续性和完整性。
- 2) **节理、裂隙** ——节理又称裂缝或裂隙，是沿破裂面没有发生明显位移的断裂构造。
- 3) **断层**—— 有一个或一组断裂面，两侧岩层有明显位移（错动）

## 4) 节理的分类

### 1° 几何分类

**据岩层产状关系分：**走向节理；倾向节理；斜向节理；层节理。

**据褶皱枢纽关系分：**纵节理；横节理；斜节理。

**注意：**当褶皱枢纽是倾伏时，在转折端（倾伏端）部位，纵节理相当拉倾向节理，横节理相当于走向节理。

### 2° 成因分类：原生节理；次生节理。

沉积岩中的**原生节理**：沉积岩中的节理常互相平行，但如具有两种或两种以上的

方向，彼此互相垂直或近于垂直，多可将岩层分成许多岩块。此种节理的大多由收缩作用所成。

火成岩中之**次生节理**：主要由岩浆冷却时冷凝收缩而成。其形貌依冷却速度、火成岩体形状及大小而异。例如澎湖玄武岩的柱状节理，主要为熔岩流冷却收缩而成。

3° **根据力学性质分类：剪节理；张节理。**

**剪节理、张节理与主应力轴和主应变轴之间的关系。**

#### （一）剪节理的特征

- 1、产状稳定（沿走向和倾向均如此片）；
- 2、节理面平直光滑，时有擦痕，脉壁平直；
- 3、切割砾石或较大的矿物颗粒；
- 4、常发育成共轭 X 节理系；
- 5、由羽列组成。

#### （二）张节理的特征

- 1、产状不稳定；
- 2、节理面粗糙不平整，无擦痕；
- 3、常绕砾石和粗砂颗粒而过，一般不切割；
- 4、多开启性，脉体充填，形态成楔形、扁豆形等；
- 5、不规则树枝状、网状、有时呈追踪 X 型、雁行式、放射状、同心圆状的组合形式。生物碎灰岩中的**雁行式张节理**，右阶（型）式排列，运动方向反时针

#### 5) **断层：**

**断层面（带）**——岩层断裂面，两侧岩层相对位移，有平面也有曲面可以产状三

要素来描述。

**断层线**——断面与地面交线。断层出露线，直线或曲线。

**断盘**——断层面两侧被切断的岩块。

## 6) 断盘的分类

按断层面与断盘关系（位置关系）分：上盘、下盘、东南盘、西北盘等；

按两盘相对位移（运动）方向分：上升盘、下降盘。

**断层规模** —— 以切割深度，延展长度，断距大小来衡量。特大型断层如：美国西部，圣安德列斯断层切割到地壳下部，位移量 480 公里我国郯—庐断裂带位移几百公里。微型断层手标本可见。

7) 我国东部大断裂郯—庐断裂带北起黑龙江桦甸—沈阳—营口，过渤海，到山东经潍坊—安徽郟城—合肥—庐江—九江，长达两千多公里。断裂两侧相对平移，东盘向北运动，西盘相对南移

断裂带西盘	断裂带东盘	两侧相对位移
1) 皖西宿松	苏北绵屏变质磷矿带	450km
2) 桐柏—磨子断裂	五莲—胶州断裂	490km
3) 皖北蚌埠	山东招远金矿带	520km
4) 鲁西	辽北太子河二迭纪煤	710km
5) 沂蒙山	辽鞍山隆起带	740km

## 8) 断层分类

按两盘相对位移的方向分：

**正断层**：上盘下降、下盘上升。

**逆断层**：上盘上升、下盘下降。其中**逆掩断层**：断面倾角 $<25^\circ$ 。

**平移断层：**两盘水平错动（断面近直立），分为：**左行平移断层** **右行平移断层**

**按断层走向与岩层走向的关系分：**

**纵断层（走向断层）**——走向一致。

**横断层（倾向断层）**——走向垂直。

**斜向断层**——与走向斜交。

### 9) 断层组合类型

在力的作用下，多条断层（一组断层）同时出现，形成特殊形态。

**迭瓦式构造：**一组倾向一致，大致平行的逆掩断层。

**阶梯状构造：**一组倾向一致，大致平行的正断层。

**地堑：**两组相向倾斜的正断层。

**地垒：**两组相背倾斜的正断层。

### 10) 断层的野外识别标志

#### 1° 构造岩

**角砾岩**——断裂破碎的岩石，大小不等，棱角分明，碎块再胶结成岩，角砾与两侧岩性一致。

**糜棱岩**——逆掩断层常见，挤压断裂带中，碎块很碎小再胶结成岩。

**断层泥**——断层两面三盘挤压磨擦（碾磨）的极细的泥状物。

2° **密集的节理：**断层面是较大的破裂面，形成同时伴生有许多小破裂面即节理。

节理方向常与断层方向大致平行。

#### 3° 擦痕和镜面：

**擦痕**——断面上平行而密集的沟纹。

**镜面**——断面上局部平滑光亮的面。

**阶步**——擦痕及镜面末端常出现“坎”。

以上均为两侧岩层（块）相对滑动在断面上留下的痕迹，可据此推测两盘相对运动方向。

4° **牵引褶皱（拖曳）褶皱**：断层两侧岩层相对位移时，受磨擦阻力影响出现弯曲。

5° **地质体错断，沿岩层或矿层走向突然中断**

6° **地层重复或缺失**：断层能够破坏地层序，造成地面上某些地层的重复或缺失，什么情况重复，什么情况缺失，与断层性质有关；与断面及岩层产状有关。

7° **地形证据**：

**负地形（低凹地带）**：由于断层附近易风化、剥蚀（岩石破碎），长期的外力作用造成，俗话说“逢沟必断”。

**断层崖**：大而陡的断面出露呈陡崖状。有流水可成瀑布。

**断层三角面**：一平行平行的山脊，被走向与其垂直的正断层切割，上升盘露出，山脊呈三角形横切面。

8° **泉出露点**：断层切割含水层，地下水沿裂隙，涌出。泉点常呈线状分布。

11) 节理研究的理论和实践意义

**实际意义**：

- 1) 矿液、石油、天然气运移通道、储集场所，控制矿体形态。
- 2) 地下水、石油渗透性，含油性，含水性与节理发育的密度，开启性有关。
- 3) 影响水工建筑物的渗漏性和岩体的稳定性。

**理论意义**：节理与褶皱断裂和区域性构造密切相关，它的研究对认识和阐明区域地质构造及其形成和发展方面具有重要意义。

体突然溃决。

### §3 地层的接触关系

地层接触关系可分为 5 种：

#### 1 整合接触

(1) **表现**：新老地层产状一致，岩性变化及古生物演化渐变而连续，新老地层时代连续，其间没有地层缺失。

整合接触

(2) **说明**：地层形成的过程中基本保持稳定的沉积环境，构造运动主要是地壳缓缓下降，即使有上升，也未使沉积表面上升到水面之上遭受到剥蚀。

(3) 整合接触的**表示方法**：在剖面图、柱状图中用“实线”表示。

#### 2 假整合（平行不整合）

(1) **表现**：新老地层产状一致，岩性及古生物演化突变，地层时代不连续，有地层缺失。新地层之下常有底砾岩。

(2) **底砾岩**：下部时代较老的地层遭到剥蚀后形成的岩石碎块，重新胶结成岩，保留在新地层之下。

(3) **说明**：老地层沉积后地壳有明显的均衡上升（水平抬升），遭受剥蚀后，地壳又均衡下降，接受新地层的沉积，虽然有部分地层缺失掉，但新老地层产状没变。

(4) 假整合（平行不整合）**表示方法**：-----

#### 3 不整合（角度不整合）

(1) **表现**：新老地层产状不一致，岩性及古生物变化突变，有地层缺失，新老地层之间有广泛的剥蚀面。新地层之下常见底砾岩。

(2) **说明**：老地层形成之后有强烈的构造运动，形成褶皱、断裂，同时长期遭受风化剥蚀，而后再下降接受新地层的沉积。

(3) 角度不整合**表示方法**：~~~~~

#### 4 侵入接触：

##### (1) 侵入体和被侵入围岩之间的关系

- 1° 接触带上有接触变质的现象（围岩）；
- 2° 接触带附近，侵入体中有围岩的捕虏体（未完全融化的围岩）；
- 3° 侵入体切割（切穿）围岩层理。

#### 5 沉积接触

沉积的地层直接覆盖在侵入体之上，其间有广泛的剥蚀面，剥蚀面与沉积岩层平行，沉积岩中**无接触变质现象**，往往可发育**侵入体的底砾岩**。从**接触关系**中，又可以得知侵入体侵入的时代，晚于被侵入围岩的时代，早于上部沉积岩层的时代。

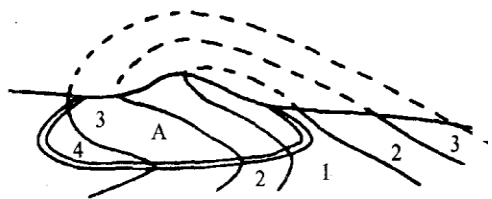
附：

1 一般说，倾向断层时代老的一盘代表断层的上升盘，只有下列哪种特殊情况下，时代新的一盘是断层的上升盘。（        ）。

- a. 断层面倾向与岩层倾向相同，断层面的倾角大于岩层面的倾角；
- b. 断层面倾向与岩层面倾向相同，断层面倾角小于岩层面的倾角；
- c. 断层面倾向与岩层面倾向相反，断层面倾角大于岩层面倾角；
- d. 断层面倾向与岩层面倾向相反，断层面倾角小于岩层面倾角 。

2 读下图，完成下列各题：

地 层 序	地 质 年 代
号	



1	元古代
2	元古代早期
3	中生代侏罗纪
4	中生代白垩纪

(1)一般地确定地层年代的方法有两种，  
二是\_\_\_\_\_。

一是\_\_\_\_\_，

(2) 图 示 所 在 的 地 质 构 造 为

\_\_\_\_\_，原因是\_\_\_\_\_。岩层形成时一般成水平状态，从 A 区岩层的形状及地层的顺序来看，此处地层的顺序有\_\_\_\_\_现象，在野外可以通过研究 \_\_\_\_\_来证明。

(3)在此图区域内能找到古生代的煤层的可能性不大因为此地缺失\_\_\_\_\_，其缺失的原因是\_\_\_\_\_？

(4)3 号地层由含珊瑚化石的石灰岩组成，则证明侏罗纪时，该区域的环境为\_\_\_\_\_。

## 第八章 风化作用（课件）

### §1. 风化作用的概念和类型

1 **风化作用**：地表或接近地表的坚硬岩石、矿物，在原地与大气、水及生物接触过程中，产生物理、化学变化而形成松散堆积物的全过程。

2 风化作用的**类型**：物理（机械）风化；化学风化作用；生物风化作用。

#### 一、物理风化作用

1 **物理（机械）风化**：地表岩石发生机械破碎而不改变其化学作用，也不形成新矿物的作用。

2 物理风化作用的**主要方式**：矿物岩石的热胀冷缩；冰劈作用；层裂；盐分结晶的撑裂作用。

（1）矿物岩石的热胀冷缩

（2）**冰劈作用**：岩石裂隙充填有地表水及地下水，这些水当温度降至 $0^{\circ}\text{C}$ 时结晶冰，结冰的过程就是体积膨胀的过程，对裂隙周围产生压力使裂隙扩大，如果冻结和融化反复交替进行就必然使裂隙增多扩大最终岩石崩裂——冰劈作用。

冰劈作用的**实质是冻融交替**。

昼夜温度在 $0^{\circ}\text{C}$ 上下，波动的地区，岩石的冰劈作用**最为强烈**；**长年寒冷的地区**水终年结冰，冰劈作用并不很强烈。

（3）**层裂**：上覆岩石被剥蚀掉之后，使原处地下深处的岩石出露地表，上伏岩石压力解除，露出地表的岩石随之而产生一些向上或向外的膨胀，出现一些平行于地面的裂隙。

（4）盐分结晶的撑裂作用：潮解性盐类夜晚吸收水分、溶解，白天在阳光蒸发下结晶对岩石产生张力。这样交替反复进行而使岩石碎裂。

### 3 物理风化作用产物的特征：

- (1) 破碎后的颗粒粗细不等，棱角显著，没有层次；
- (2) 多分布在分水岭上或斜坡上；
- (3) 碎屑物的成分与下覆基岩成分一致。如果斜坡上的碎屑物在重力作用下崩落到山坡脚下，叫崩积物。崩积物沿山谷下滑成河，叫石河。崩积物在坡麓地带堆积成上细、下粗的半圆形锥体，称为倒石锥。

### 4 物理风化作用的原因：

- (1) 岩石为热的不良导体，白天升温、晚上降温，导致内部温度的差异，使岩石内部产生引张力，使岩石产生裂缝；
- (2) 岩石是不同矿物的集合体，不同矿物的热膨胀系数不同，岩石升温产生不均匀膨胀，使岩石产生裂缝。
- (3) 即使是同种矿物，由于矿物排列的方向不同，也会产生差异膨胀，从而导致岩石开裂。

## 二、化学风化作用

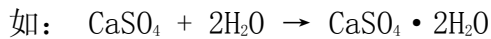
1 化学风化作用：地表岩石受水、氧及二氧化碳的作用而发生化学成分的变化，并产生新矿物的作用。

2 化学风化作用的主要方式：溶解作用；水化作用；水解作用；碳酸化作用；氧化作用。

(1) 溶解作用：水是溶剂，含有  $O_2$ 、 $CO_2$  及酸碱等物质，具较强溶解能力，能溶解岩石中的大多数矿物。不同的矿物有不同的溶解度：方解石 > 白云石 > 橄榄石 > 辉石 > 角闪石 > 长石 > 石英。水的温度、压力以及 PH 值等因素的变化对矿物的溶解度影响明显。

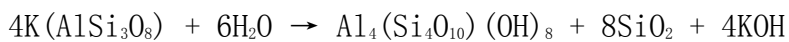
**风化产物：**离子，胶体，难溶物质。

(2) 水化作用：有些矿物与水作用时，能吸收一定量的水分子到晶格中，形成含水分子的矿物。

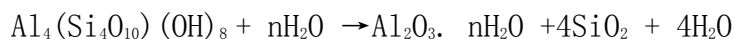


( 硬石膏 ) ( 石膏 )

(3) 水解作用：强酸弱碱或强碱弱酸的盐类矿物，遇水后发生水解并与  $\text{OH}^-$ 、 $\text{H}^+$  反应生成新的矿物。如：



( 钾长石 ) ( 高岭石 )

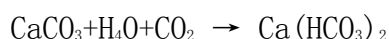


(高岭石) ( 铝土矿 )

(4) 碳酸化作用：溶于水中的  $\text{CO}_2$  形成  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$  离子与矿物中金属离子结合成易溶的碳酸盐类，随水流失，原有矿物分解成新矿物残留。



( 钾长石 ) ( 高岭石 )



( 碳酸钙 ) ( 重碳酸钙 )

(5) 氧化作用

矿物中元素与氧结合，形成新矿物。



黄铁矿 → 硫酸亚铁 → 硫酸铁 → 褐铁矿

矿物中的变价元素从低价变成高价：

如： $4\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{O}_2 + 18\text{H}_2\text{O} \rightarrow 12\text{Fe}(\text{OH})_3$

磁铁矿

褐铁矿

### 3 化学风化作用残留物的特点：

(1) 由化学风化作用残留在原地的产物叫化学残积物(eluvium)。

(2) 这些物质往往呈松散状，其成分主要是铁、铝、硅的化合物，如褐铁矿、铝土矿、高岭土、蛋白石等。

(3) 当残留物中铁质少，铝质多时，就形成红色粘土，称为红土。我国南方许多省都能见到红土堆积，有的地方厚达几十米。

## 三、生物风化作用

1 生物风化作用：生物活动及产物对岩石所起的机械的、化学的破坏作用。

2 生物物理（机械）风化作用：生物活动使岩石机械破坏。主要发生在生物的生命活动过程中。

(1) 包括：根劈；动物钻洞、挖土；人类活动。

(2) 生长在岩石裂隙中的植物，随着根系不断地长大，对裂隙壁产生挤压，使岩石裂隙扩大，从而引起岩石破坏，这种作用称根劈作用。

3 生物的化学风化作用：是通过生物的新陈代谢及生物死亡后的遗体腐烂分解来进行的。植物和细菌在陈代谢中常常析出有机酸及  $\text{CO}_2$ 。这些物质一方面酸化土壤，另一方面腐蚀岩石。

### 4 各种风化作用的关系：

(1) 同时发生、相互影响、互相促进的。

(2) 物理风化使岩石破碎，表面积增大，有利于水溶液的渗透，为化学风化提供了良好的条件。化学风化溶解了岩石中易溶物质，改变了岩石的物理性质(致

密疏松)从而加速了物理风化的进行。生物风化则总是与各种物理化学风化作用配合发生的。

(3)但在不同的自然条件下表现的风化类型的强弱、主次程度不同。

## §2. 影响风化作用的因素

### 一、气候因素

1 气候通过气温、降雨量、生物繁殖状况而表现。气候的分带性：由纬度、地势、距离海洋远近等控制。

2

气候影响到	干冷地区	温热地区
地表温度	低	高
降水量		大
降水性质	固体	雨
水溶液性质	酸性少	酸性水
生物活动状况	少	多

3 干冷地区：物理风化为主，程度差，速度慢，产物以岩石碎屑为主。

4 湿热地区：化学风化为主，生物风化程度高，速度快，矿物分解彻底。产物以大量残留粘土为主。

### 二、地形条件的影响

1 地形条件包括地形的高度、起伏程度及坡向，具体影响到气候、风化产物的保存、日照、植被等条件。

2 山区地形条件影响最为突出。由山顶到山脚不同海拔及气候有明显的垂直分带，因此形成不同高度，风化类型和风化程度不同。

山顶：物理风化强烈。

山脚下：化学风化生物风化为主。

3 地势

陡：风化碎屑物很快剥蚀掉，易于物理风化的进行。

缓：生物化学同风化为主。

### 三、岩石的特征

1 出露地表的三大岩类抗风化的能力不同：

沉积岩（碎屑岩 > 化学岩、生物岩）

岩浆岩（酸性岩 > 基性岩）

变质岩（浅变质 > 深变质）

2 不同矿物抗风能力不同（石英、方解石）：

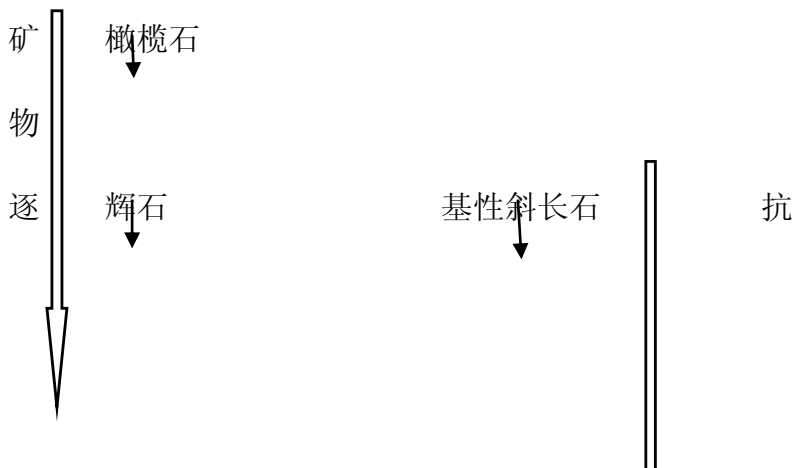
(1) 火成岩中抗风化能力增强与鲍温反应系列相反；

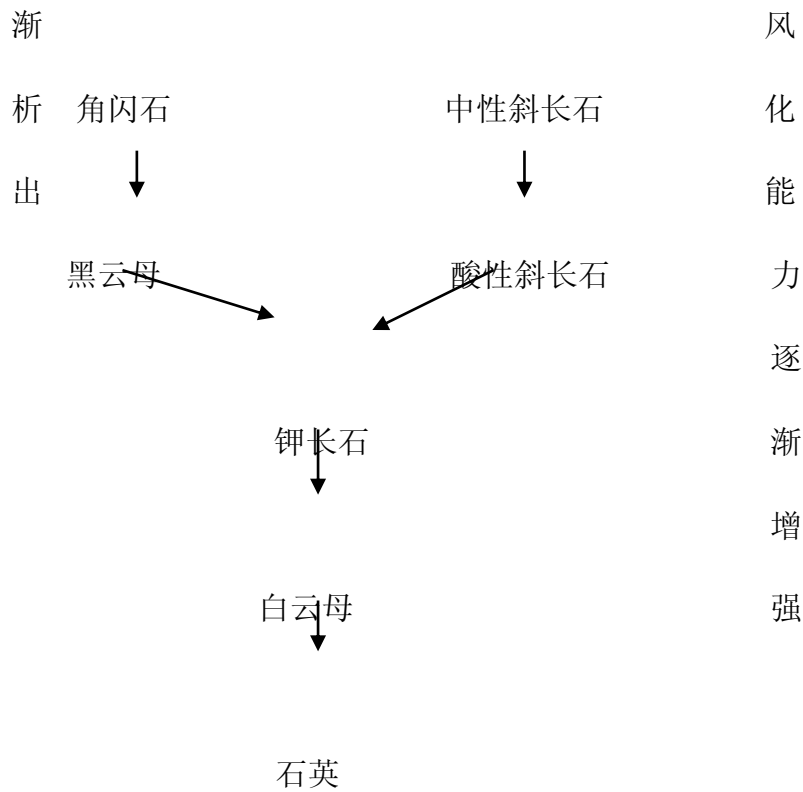
(2) 单矿物岩石：抗物理风化能力强。

复矿物岩石：抗物理风化能力弱，有利物理风化。

(3) 不同元素具有不同的化学活性，性质活泼的元素易化学风化；

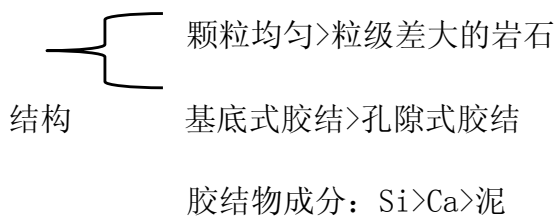
(4) 同种元素在不同的化合物中风化性质不同：石灰岩中的 Ca 易风化，斜长石中的 Ca 难风化。





#### 四、地质构造的影响

##### 1 岩石结构、构造



构造：层理发育容易风化

2 地质构造不同部位抗风化能力不同：凡构造运动造成的岩石裂隙发育的岩层利于风化作用的进行。例如：背斜顶部：张裂隙发育；断层带两侧节理裂隙多易风化；

(1) 差异风化：在相同的风化作用条件，抗风化能力不一致的岩石，表现出程度不等的风化速度，因而在表面形成凹凸不齐的现象。

差异风化作用，相对坚硬的岩石形成突起的地形

(2) **球状风化**：几组方向的节理将岩石切割成多面体的小块。小岩块的边缘和隅角从多个方向受到温度和水溶液等因素的作用而最先破坏。久而久之，在节理处强烈的风化作用造成的一种自然现象。

附：

乐山大佛前临岷江、大渡河、青衣江三江汇流处。石刻基岩为白垩纪紫红厚层粉砂岩，由石英（84 %）粉砂颗粒，及铝、铁、钠、钾等微量成分构成的胶结物组成。建成公元 803 年，原石刻形体线条精美流畅，两旁崖壁上还有众多各具神态的微型石刻佛像，但是，由于长期的自然风化毁损影响，如今大小石刻的形貌已经发生了不同程度的改变，有的轮廓模糊甚至难以辨认。

试分析风化作用产生的主要因素？

### §3. 风化作用的产物

#### 1 风化产物的类型：

- (1) **碎屑物质**：岩屑，矿物碎屑等残留原地；
- (2) **溶解物质**：离子—胶体，大部分随水搬运走；
- (3) **难溶物质**：Fe, Al 等形成粘土、褐铁矿、铝土矿等新生矿物残留原地。

#### 2 残积物（碎屑物质，难溶物质）：岩石风化后在原地残留的物质。

- (1) **特征**：结构松散，岩屑大小不均，棱角分明，无层理，与基岩呈过渡状态。

其中的有用重矿物富集时成残积砂矿。

#### 3 风化壳残积物呈不连续的薄壳覆盖在基岩上，称**风化壳**。

- (1) 风化壳中**成分类型及薄厚发育状况**与基岩、气候、地形及剥蚀作用程度有关。

- (2) 风化壳的**风化程度**是从地表向地下深处逐渐减弱，因此风化壳具有明显的

**垂直分带性。**一般从上到下可分为：

I **土壤层**（风化壳表层），表层处在氧化环境，特别在湿热地区酸性条件下，矿物风化彻底，生成各种粘土矿物。铁在此层呈高价氧化铁；

II **残积物**，一般由岩屑、粘土组成，风化不彻底，含有少量有机质；

III **半风化层**，遭受风化作用微弱，主要是未经化学风化的岩屑组成；

IV **底层**，由基岩组成。

#### 4 风化壳的种类

(1) **富铝风化壳和第四纪红色粘土**：广泛分布于热带和亚热带湿润地区；土壤中的铁铝氧化物大量聚积，呈红黄色，又称红色风化壳。

(2) **硅铝风化壳**：分布于温带的东北华北湿润区和半湿润区。风化物中的铝硅酸盐类只有中等蚀变，pH 中性到微酸性，养分较多。粘土矿物以蒙脱石为主。

(3) **四川石灰质紫红色砂页岩风化壳区**：含碳酸钙和石灰新生体，粘土矿物以水云母、蒙脱石为主，发育为钙层土。

(4) **广西石灰岩岩溶风化物地区**

(5) **碎屑风化壳**：多见于青藏高原与高山地区。风化作用以物理风化为主，化学风化微弱，风化层薄，质地粗，砾石当 60%以上

(6) **含盐风化壳**：特征为含有大量的可溶性盐。多出现于极干旱的内陆盆地中部或盐渍性基岩区。

5 **古风化壳**：被较新岩层覆盖而保存下来的风化壳。

(1) **不整合面上**常有古风化壳存在。

(2) 我国华北许多地区中奥陶世地层与上覆的中石炭世地层之间，发育了数厘米至数米的富铝、铁的古风化壳。

6 **土壤**：通过生物风化作用形成的含有腐殖质、矿物质、水、空气的松散细粒物质。

(1) 土壤的三个**基本层次**：表土层、淀积层、母质层

**表土层**：有机质含量丰富。由于其中含大量的腐殖质多呈黑、灰、浅灰等暗色，为农耕作的对象。

**淀积层**：有机质含量较表土层低。此层的形成主要由于雨水不断从上层渗入，经淋滤沉积作用后下来的部份物质。

**母质层**：此层的生物风化作用影响较弱，属于残积层和半风化层。

土壤的类型与分布，主要受气候与岩性的控制及生物的影响。主要的土壤类型有红土壤、黄土壤、棕土壤、褐土壤及黑土壤，在石灰岩地区则以形成钙质土壤为主。中国大陆西北的黄土，以厚层的黄土即黄土高原著名。

附：

1 下列矿物中相对最易氧化的是（ ）。

a. 黄铁矿 ( $\text{FeS}_2$ ) ; b. 磁铁矿 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) ; c. 赤铁矿 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) ; d. 褐铁矿 [ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ] 。

2 下列哪一种气温幅度变化较大或速度变化较快时最有利于温差风化的进行（ ）。 a. 年气温 ; b. 季气温 ; c. 月气温 ; d. 日气温 。

3 在相同的自然条件下，下列各类岩石中相对易风化的是（ ）。

a. 粗粒花岗岩 ; b. 中粒花岗岩 ; c. 斑状花岗岩 ; d. 细粒花岗岩 。

4 在极地、温带、中低纬度荒漠、热带雨林四类不同地区中，化学风化作用的深度由深到浅的变化规律是（ ）。

a 热带雨林区—中低纬度荒漠区—温带区—极地区 b 热带雨林区—极地区—温带

区—中低纬度荒漠区 c 热带雨林区—温带区—极地区—中低纬度荒漠区 d 极地区

—温带区—中低纬度荒漠区—热带雨林区。

### 5 图解题

图为某地黑云母斜长片麻岩的风化壳剖面，自上而下分为四层：土壤 灰白色略带褐色，夹有草树根系。厚 5-15cm；残积层 浅灰黄色，疏松易碎，矿物已不同程度的分解，其中长石已多转变为高岭石。半风化岩石 褐-褐黑色，可见麻

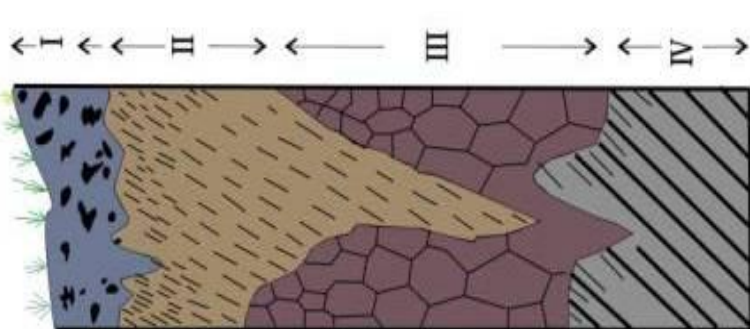


图 5—3 风化壳剖面  
 I—土壤层 II—残积层 III—半风化层 IV—基岩

状构造，少部分长石已转变为高岭石，黑云母有铁质析出。基岩 灰-灰黑色黑云母斜长片麻岩，主要矿物为斜长石、角闪石、辉石及少量石英等。

依据上述的特征，判别出其所在的气候带和风化壳的类型。

## 第九章 河流及其地质作用（课件）

1 河流是陆地上永久性的固定水流。它与人类的生活生产有着极其密切的关系，人类文明的发展与河流分不开的。河流是陆地上最活跃的地质动力，河流的地质作用是陆地上最强烈的外动力地质作用。

### §1.河流概述

1 河流的**形成过程**：河流是由片流、洪流发展而来的。

(1) **片流**：沿山坡均匀流动的网状细流，片流的侵蚀作用使山坡松散层产生破坏。

(2) 片流的**洗刷作用和搬运作用**：

被搬运物的粒级：

{	细砾
	砂
	粉砂
	粘土

作用方式：{ 机械搬运  
化学溶蚀

作用结果：{ 溶沟、石芽, 土柱  
山坡坡度降低

(3) **洪流**：面状流水汇聚成的暂时性线状流水。

(4) 洪流的**侵蚀作用**：冲刷谷底，形成冲沟，并使谷底加深

**产物**：形成冲沟, 歹地(千沟万豁), 黄土塬, 黄土梁, 黄土鼻

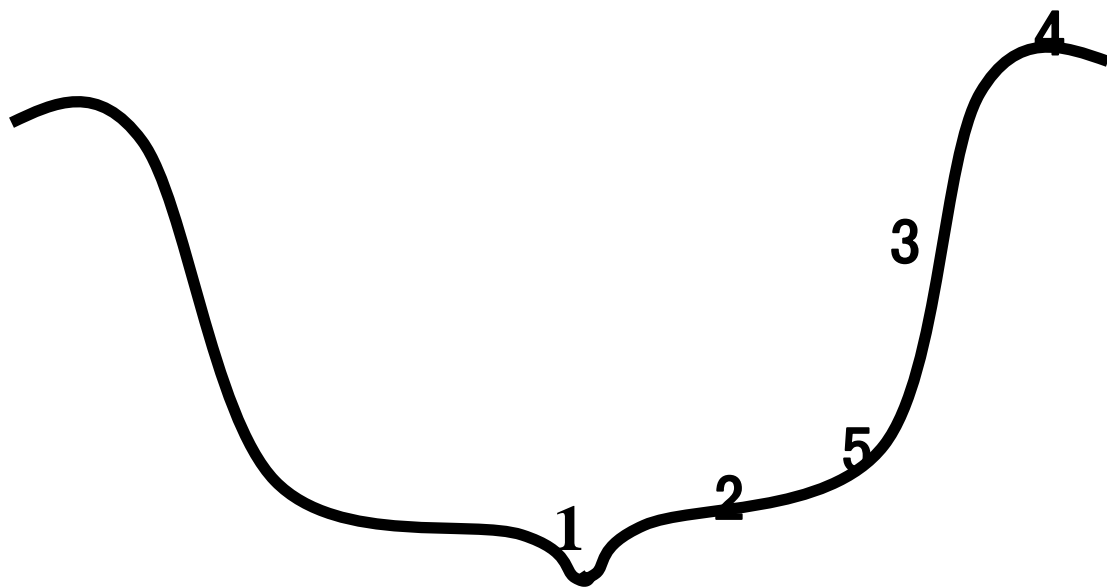
(5) 洪流**沉积作用**

**产物**：洪积物，洪积锥，洪积裙

**成分：**流经区的砾石，砂，粉砂，粘土

**位置：**山地平原交界处冲沟口

**洪积物特点：**分选性和磨圆度较差，扇顶部分沉积物比较粗，向着扇体边缘逐渐变细，及至扇底前缘可出现粘土物质。



2 大型切割较深的冲沟，当有充足的外给水源补充时即成为永久性流水——河流（地表上有固定水道（河道）的经常性水流）。

### 3 河谷横切剖面要素

1 - 河床；

2 - 谷底；

3 - 谷坡；

4 - 谷缘；

5 - 坡麓

**河谷分类（按横剖面）：**V形谷 U形谷 碟形谷

#### 4 河水的运动形式:

**环流:** 水质点作螺旋状运动, 运动迹线在横剖面上投影为环行。

**涡流:** 水质点绕轴旋转运动, 轴与河底近于垂直。

5 河流的动能:  $E = 1/2 \times QV^2$      $Q$  —流量  $V$  —流速

(1) **流速**指单位时间内流过的距离。取决于河床坡度, 横剖面形状和大小, 负荷类型;

(2) **流量**指单位时间内通过一定过水面积的水量。取决于流域面积, 降水量。

## §2.河流的侵蚀作用

1 **侵蚀作用定义:** 河流以自身动能和所搬运的固体物质破坏河床的作用。

### 一、河流的侵蚀作用方式

1 **溶蚀作用:** 河水将易溶矿物和岩石溶解, 促使河床破坏。

2 **水力作用:** 河水的机械冲击力破坏河床。

3 **磨蚀作用:** 流水以其携带的砂、砾对河床岩石的磨损, 同时流水中的砾、砾本身被磨损。

4 **这三种侵蚀方式**通常是同时发生, 而不同的条件下, 表现的主次、强弱程度不同: 泥质、砂质河床, 冲蚀(水力)作用为主; 上游坚硬岩石河床, 磨蚀作用明显, 下游溶蚀明显; 可溶性岩石河床, 溶蚀作用强烈。

### 二、侵蚀作用的类型

1 **下蚀作用(底蚀):** 流水对河底岩石的侵蚀结果使河床降低。

(1) **下蚀的原因:**

- 1° 流水顺坡而下，向下的运动分量冲刷河底。**下蚀最强烈**的是瀑布地区
- 2° 流水携带的砾、砂在河底滚动，跳跃，不断磨蚀河底基岩，洪水期，搬运量大，下蚀作用强烈。
- 3° 涡流作用使携带的砾石像钻具一样作用于河底，形成凹坑。
- 4° 双向环流：河水涌入峡谷，河床峡谷中的流水为双向环流使峡谷加深。

(2) 下蚀作用**结果**——向源侵蚀（溯源侵蚀）

**向源侵蚀**：由于下蚀作用使河流向源头方向伸长（加长）。

**瀑布后退**——溯源侵蚀的一种形式

(3) 侵蚀基准面

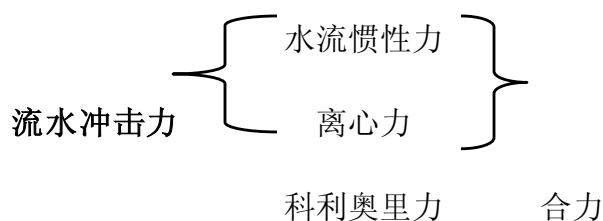
- 1) 侵蚀基准面——河流下蚀作用的极限。
- 2) 当河床趋于注入水体的水面时，河水失去了势能差，不再流动。这时下蚀作用也就停止了，因此，**注入水体的水面就是河流的侵蚀基准面**。
- 3) 河流的**最终侵蚀基准面**——海平面。

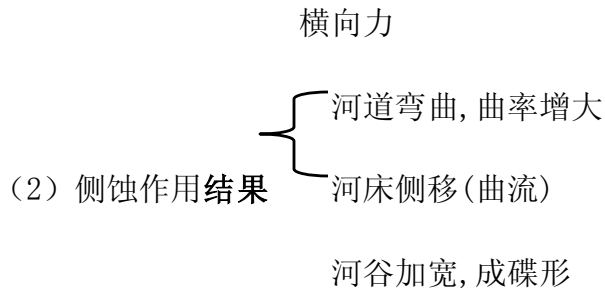
(4) 河流平衡剖面

- 1) 下侵蚀作用的**结果**：使河床**高度降低，坡度变缓，河床趋于平滑，水动能减少**。当流水即不发生侵蚀，也不发生较大的沉积作用，这时纵剖面河底成为光滑
- 2) 平缓的曲线，此剖面为**河流平衡剖面**。

2 侧蚀作用(旁蚀)

(1) 侧蚀作用产生原因：





### 1° 河床弯道处曲率增大

如：伟大的水利工程——都江堰

二千多年前李冰父子完美的利用了河流的曲流原理, 修建了都江堰水利工程, 解决了成都平原的防洪和灌溉问题, 确保了成都平原的二千多年水利安全. 至今它还发挥重大作用. 在第一个曲流处, 利用凹岸和凸岸, 设置了鱼嘴工程, 把江水一分为二, 清水入内江, 泥沙浊水入外江. 引水工程宝瓶壅设于凹岸处, 将清水引向成都平原, 而泥沙砾抛向凸岸, 并被水流冲走. 飞沙堰在枯水期将江水抬高, 引入宝瓶口, 洪水时, 多余的水将越过飞沙堰流走.

2° 河谷加宽, 不对称, 凹岸陡, 凸岸缓。

3° 自由河曲及牛轭湖的形成。

**自由河曲：**河流在平坦宽阔的冲击平原上流动时, 侧蚀作用强烈弯道自由发展, 弯曲加大, 河床在平面上蜿蜒回环。弯曲很多时, 称蛇曲。

**牛轭湖的形成：**自由河曲的某一段上, 两对的弯道沟通, 弃废的部分河道形成了牛轭湖。

**3 下蚀、侧蚀作用的关系：**河流在运动过程中通常是下蚀、侧蚀同时进行, 仅在不同河段上表现度不同。

**上游：**地形起伏大, 河床坡度陡, 下蚀作用为主。

**中、下游：**地形相对平缓, 侧蚀为主。

### §3. 河流的搬运作用

1 河流的**搬运作用**：河流将其携带的物质向下游方向搬运的作用。

2 **搬运方式**：机械搬运；化学搬运

3 **悬运**：通常是粘土和粉砂粒级的碎屑，由于紊流的向上分力作用使其浮在水体中随水流动。**颗粒的沉降速度 < 紊流向上分力。**

**拖运**：河床底部较大的砂、砾在流水的水平冲力作用下，沿河底滚动力学或滑动。

推运的砾石最大扁平面的倾向一般指向上游，根据此可判断古河流的流向。

**溶运**：以溶液及胶体的形式进行搬运。可溶盐类：以钙、镁的碳酸盐类为主。

胶体溶液： $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$

4 河流以**机械搬运**为主。

### §4. 河流的沉积作用

机械沉积

1. 沉积作用方式 化学沉积

生物与生物化学沉积

2. 沉积原理

动能降低

坡度降低流速下降

. 1) 机械沉积原理： 过水面积增大

含砂过饱和(水量减少)

顶托作用

过饱和沉积(盐湖沉积)

2) 化学沉积 胶体沉积(电解质改变)

3) 生物：死亡遗体堆积

4) 生物化学沉积：参与反应：藻类, 珊瑚--Ca<sup>++</sup>

冲积物的特征

- 河流沉积物称为冲积物
- 冲积物主要是机械沉积的碎屑物质。

1. 分选性好

2. 磨圆度好

3. 层理清晰

4. 韵律性

5. 具流水成因的构造特征

	洪水期沉积颗粒	粗
由于水动力的	枯水期沉积颗粒	细
季节性变化	冬季颜色	深
	夏季颜色	浅

从上游至下游沉积物颗粒由粗变细

主要的沉积场所：

河床坡度变缓的部位；

河床变宽的部位；

河床的凸岸；

河流的出口处；

沉积作用的类型：

河床沉积；

### 河漫滩沉积：

### 三角洲沉积。

- 河床沉积

河床是经常性流水占据的部分，沉积颗粒较粗，河床沉积中碎屑物有较好的交错层理，河床沉积随着水位的季节性变化而有规律的进行。

洪水期：颗粒粗

枯水期：颗粒细

心滩：河床中间的沉积地貌，平水位时（枯水期）高出河面，洪水期被淹没。

平面上梭形、长轴平行于流向；

双向环流是形成心滩的主要原因，支流的相互顶托而形成，外来障碍物也可形成心滩。

江心洲：心滩增大，甚至几个心滩连在一起，洪水期亦露出水面。

边滩：单向环流作用下，河流弯道处凸岸堆积（单向环流将凹岸侵蚀下的碎屑在凸岸堆积下来）新月形，向河流方向倾斜。

河漫滩：边滩变宽、加高且面积增大的产物。在洪水期被水淹没，在枯水期露出水面。

河漫滩的二元结构：由于河床在侵蚀作用下常发生左右迁移，因此，现代河漫滩之处，常是地史中的河床位置。在现代较细的河漫滩沉积之下，有河床的粗颗粒沉积。

平行于河床的垄状堆积，洪水期，河水水量加大，溢出河岩。当溢出两岸时，流速骤然减低，河水中携带的较粗物质在紧靠河床的边缘部大量堆积下来，形成自然堤。

冲积平原：由于河床往复摆动，河漫滩不断发展扩大，相邻的河漫滩连成一片，形成广阔的冲积平原。

三角洲沉积：

河流在入海（湖）口处的沉积称三角洲沉积。三角洲沉积在平面上，大致呈三角形，故名三角洲。

三角洲沉积的条件

河流的机械搬运量较大；

近河口处坡度缓，海水浅；

近河口处无强大的波浪和潮流冲刷。

三角洲内部具有三重层结构（剖面结构）

T——顶积层（前积层增高到河床高度时，随着三角洲向海方向推移，前积层上的近于水平的河床沉积）

F——前积层（三角洲沉积的主体。河水带的大量泥砂沉积组成）

B——底积层（河流带来的悬浮物质及胶体物质沉积形成了底积层，颗粒细，以粉砂和粘土为主。

附：

运用地面流水地质作用原理，试分析渭河、洛河在修建三门峡水库前后的地质作用的特点。

## §5.河流的去均夷化作用

1 河流的去均夷化作用：已经达到均夷化的河流由于条件的变化重新获得下蚀的能量，使均夷化破坏的地质作用（河流的返老还童）。

2 原因：陆地上升或海平面下降；气候变潮湿。

3 **产物**：深切河曲和离堆山；河流阶地。

#### 4 河谷发育的趋势和循环性

(1) 河谷的发育具有**明显的趋势**，即从强烈下蚀作用的第一阶段，向以侧蚀为主的宽缓河谷形态的第二阶段渐进式演化。

(2) 当河流的侵蚀基准面下降或者地壳抬升时，河谷的发育将会重复前面所述的演化过程。即**河流演化的循环性**。

5 **河流阶地**：已经形成河漫滩的河流因均夷化作用而重新下蚀时，原来的谷底呈阶梯状残留在新的谷坡上，成为在河谷两坡的阶梯状地形。

(1) **阶地**：阶地面和阶地斜坡组成。

(2) **形成原因**：河流在第一循环过程中形成了河漫滩，一旦发生地壳的抬升，或者暂时性的侵蚀基准面被破坏，河流便重新开始强烈下蚀，原有的河漫滩也就成了河流阶地。多次的重复循环可以形成多级的河流阶地。河流阶地的形成反映了河谷发育过程具有平稳和突变的双重性。

(3) 河流阶地**按成因可以分为**：基座阶地；堆积阶地；侵蚀阶地。

5 河流发育与**地质构造的关系**：高地在遭受剥蚀的过程中，如果没有海平面或气候的变化，河谷及有关地形的形成和发展将表现出连续而又有阶段性的特征。这种过程可划分为幼年期、壮年期和老年期。

在**幼年期**，河谷深切，河谷呈“V”形，具有高山深谷地貌。

在**壮年期**，河谷加宽，谷坡后退，河谷坡度变缓，分水岭高度逐渐降低，向浑圆状态发展。

在**老年期**，地面变得平缓，仅有微弱波状起伏，残存一些由抗风化剥蚀较强的岩石构成的孤山，大部分地区被较薄的松散沉积物覆盖。这种地面称为**准平原**。

**夷平化：**外力地质作用将山地变化为缓坡状平原的过程。即准平原的形成过程。

准平原可以因随后的地壳上升而抬高，再受流水侵蚀切割成为山地，其顶部可以残留准平原的遗迹，范围可大可小，顶面上可以见到砂、砾等松散沉积物。

如一个地区一系列相邻的平坦山顶大致位于同一高度。则可能代表地质时期中准平原的表面，称为**夷平面**。

**根据夷平面上松散沉积物的年代**可以判断该夷平面形成的年代，**根据夷平面的高度**可以判断该地**准平原的存在**。如同阶地一样，夷平面高度越大，其形成年代越老；高度越低则形成时代越晚（需排除断裂作用导致的差异升降）。

附：

永定河流域为 49000Km<sup>2</sup>（如下图），流经北京、天津注入渤海。流域 95% 以上为高山区，1% 在山麓区，其它在平原区。上游区域气候干旱，多暴雨，洪水集中而猛烈，并且流经大量黄土、红土及松散岩石地区，极易被冲刷，供给永定河大量泥沙。于 1953 年 8 月修建了官厅水库，初步改造了永定河。

要求运用地面流水地质作用原理，分析永定河在修建官厅水库前后的地质作用的特点。

1 修建水库前河水搬运的泥沙 40% 堆积在卢沟桥——梁各庄之间的河床中，因而河床逐渐淤高，这是为什么？

2 为什么修建水库前在卢沟桥——金门闸一带永定河经常冲毁堤坝决口而泛滥成灾？

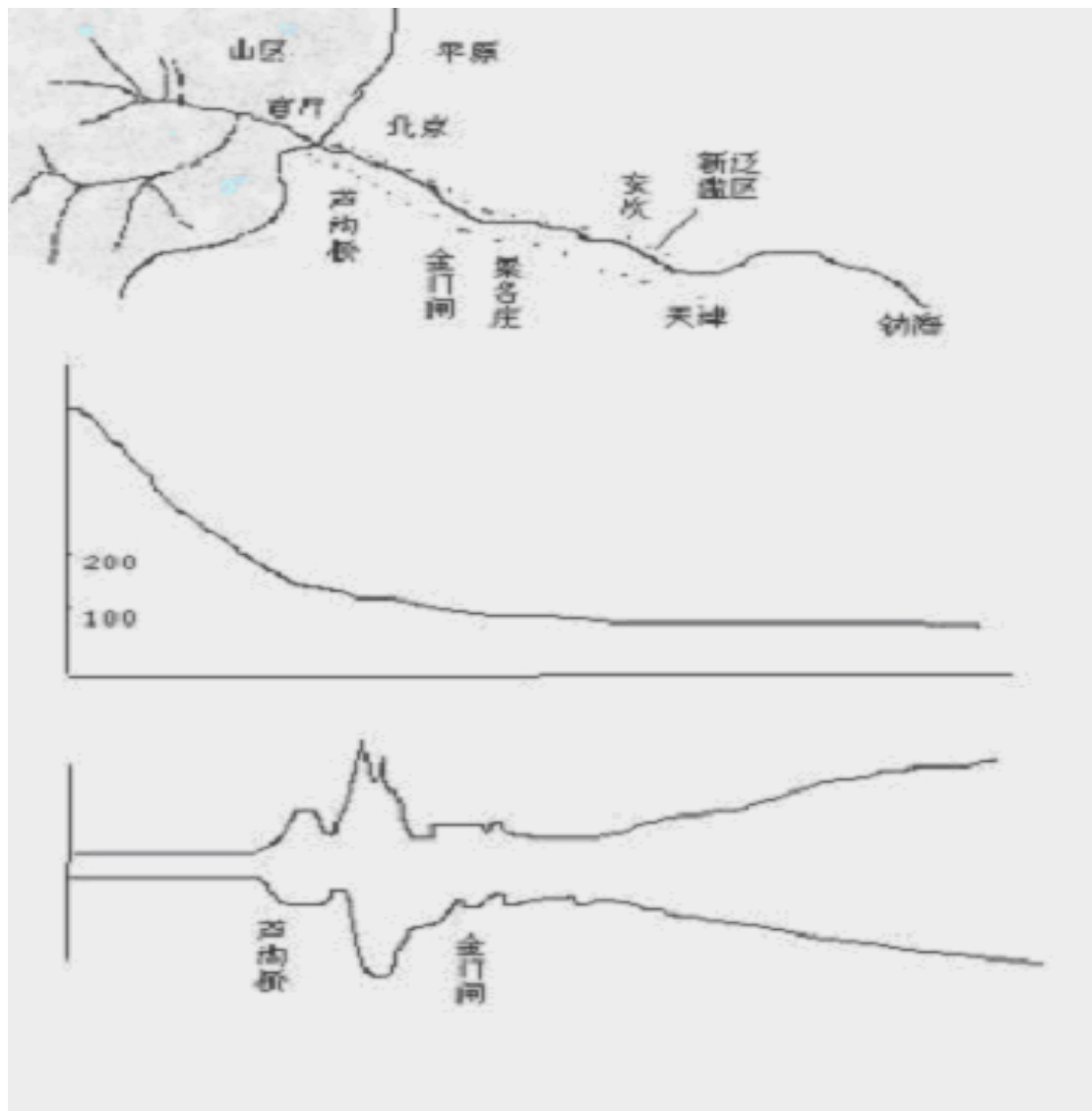
3 水库修建后对上游的水土保持起到什么作用？为什么？

4 水库每年将 5000 多万吨的泥沙拦在水库内，使水库以下的河水含沙量大为减低，以致不饱和。试分析在卢沟桥——金水闸之间，河流地质作用和水库修建前

是否一样？应以侵蚀为主还是以沉积为主？在金水闸以下的地区，特别是安次地区形成新的泛滥区，比修水库前淤积更为严重，这是为什么？（安茨地区特别宽阔）

5 水库修建前卢桥以上的河中主要由砾石、砂石组成，而在卢沟桥与金水闸之间则由砂子组成，在地形上发育了心滩及河漫滩。修建水库后组成河床的物质、心滩、河漫滩将会发生什么变化？

6 总结一下修建水库前后，卢沟桥——金门闸；金门闸——新泛区河流侵蚀作用及沉积作用在空间分布上的转移及原因？



# 第十章 地下水及其地质作用（课件）

## §1.地下水的概念

### 一、 地下水的概念

1 **地下水**：存在于地表以下不同深度岩土空隙中的水。

2 当雨水降落地面以后，一部份为日光所蒸发，一部份经河流流入湖泊或海洋之中，剩下的则渗透到地下而成为地下水。

3 地下水的作用：

（1）地下水为人类最重要的饮用水资源之一，尤以在干旱地区最为重要。

（2）地下水在工程方面也相当重要，例如土木工程中隧道的建造、开挖；水井的开挖及稳定边坡和护墙工程上，均需先了解地下水面的高低及分布状况。

（3）另外，在石灰岩地区，其所造成的岩洞、石钟乳及其所形成的地形景观，在旅游上甚具观光价值。

### 二、 地下水的来源

1 地下水的来源：

**渗透水**——大气降水、冰雪融水、地面流水（江、河、湖、海）等从地面渗入地下积聚成。

**凝结水**——水蒸汽凝结成水滴后渗于地下。

**岩浆水**——（原生水）地下岩浆活动形成的水（结晶水、水气）。

**埋藏水**——（古水）地史中沉积物空隙中的水，被封闭保存下来。

**降雨为地下水的主要来源**

2 地下水的赋存条件：

（1）地下水并非任何深度均可有分布。在地壳深处由于压力加大，岩石的孔隙

逐减少，温度也逐渐升高，可促成地下水与岩石之矿物产生化学作用，而形成水化合物，因此地下水在地壳内愈深则含量愈少。大气中的雨水降落到地面以后，到底有多少变成地下水，此与当地的气候、地形、岩石性质及植物等因素有关。

(2) **岩石空隙**：是地下水富集和运动的先决条件。

1) **岩石空隙类型**：孔隙、裂隙、溶隙。

2) **孔隙**——疏松未胶结好的岩石颗粒之间的空隙。

$$\text{孔隙率 } (n) = V_n/V \times 100\%$$

$V_n$  为孔隙体积； $V$  为沉积物或岩石体积

**孔隙度大小的影响因素**：碎屑颗粒大小与分选性；碎屑颗粒的形态；岩石的压实和胶结程度。

3) **裂隙**：岩石中的裂缝、节理和断层等。

4) **溶洞**：可溶性岩石被溶蚀形成的洞穴。

### 3 岩石的透水性

(1) **透水性**——岩石透过水的能力。

(2) 决定岩石透水性因素有：

① 空隙大小和连通性（主要）；

② 孔隙多少；

(3) **透水性差的岩层构成不透水层（隔水层）**；**透水性好的岩层构成透水层或含水层。**

(4) **透水性类型**

1) **含水层**：饱含重力水而又能给出水(透水)的岩层

2) **透水层**：可以透水，渗透系数较大的地层。但(目前)不一定含水

3) 隔水层:相对不透水的岩层。它可以是饱水的粘土层,也可以是致密完整的基岩

(5) 砾  $> 2 \text{ mm}$  砂岩等空隙粗大,相互连通,常构成

砂  $2-0.05 \text{ mm}$ ;

粉砂  $0.05-0.005 \text{ mm}$ ;

粘土  $<0.005 \text{ mm}$  形成

4 地下水水面:含地下水的最高平面称为地下水水面,为一不规则面。其深度可由潮湿地区的几公尺,到干旱地区的几百公尺不等。

5 地下水的赋存状态:

(1) 结合水——靠分子引力及静电引力吸附于颗粒、裂隙、溶洞表面上的水。不受重力影响,不被植物吸收。

(2) 毛细管水——受表面张力影响,保留在毛细管中,易被植物吸收。

(3) 重力水——受重力影响可自由流动。

6 地下水与地表水的差异

(地下水大多被限制在透水层中与自由流动的地表水有一定的差异)

(1) 流速小、机械动能小

地下水除受重力影响由高向低流,受压力影响由高压向低压流动外,在流动过程中受到透水层中岩石的阻碍,能量消耗在磨擦上,因此流速小,机械动能小。

(2) 矿化度高、化学动力大

1) 矿化度: 地下水所含的各种元素的离子、分子和化合物的总含量。

2) 矿化度低,地下水常含  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  等; 矿化度高,常含  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$ ;

矿化度中等,以含  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  为主。

### 3) 地下水之所以有较大的矿化度原因:

压力较大, 易溶入一些气体;

水温较高;

与岩石接触面积大, 有机会溶解元。

4) 地下水随**含矿物质**的不同, 气味等物理性质不同 NaCl 咸味; MgSO<sub>4</sub> 苦味; Fe<sup>2+</sup> 兰绿色; CO<sub>2</sub> 清凉可口, 成为可供饮用的矿泉水。

5) **矿化度高**, 作为溶剂浓度大, 成分复杂, 有较强的溶解能力, **化学动力强**。

6) **硬度**: 水中 Ca、Mg 离子的总量称为硬度。又分为:

①暂时硬度 (沸腾后 Ca、Mg 沉淀)

②永久硬度 (沸腾后 Ca、Mg 不沉淀)。

## 7 地下水的补给和排泄

(1) 地下水的**补给**: 含水层从外界获得水量的过程。

补给的**来源**: 大气降水, 河流, 湖泊, 人类活动。

(2) 地下水的**排泄**: 含水层失去水量的过程。

排泄的**途径**: 泉, 蒸发, 人工开采。

**泉**: 含水层因某种原因出露地表而形成, 比如, 含水层的侵蚀, 弱透水层和断层的阻挡, 断层的导水作用等等。

**上升泉**: 水流具有压力而向上运动的泉水。

**下降泉**: 水流不具有压力, 仅受重力作用驱使而向下运动的泉水。

## § 2. 地下水的类型

1 按地下水的**埋藏条件**分: 上层滞水、潜水、承压水

2 按地下水的**赋存空间**分: 孔隙水、裂隙水、岩溶水

### 3 上层滞水与包气带

- (1) **包气带**：地下水面上岩石的空隙中没有充满液态水的部分，含有与大气相同的气体。
- (2) **包气带水**：包气带中的水，包括气态水、吸附水、毛细管水、“过路”的重力水。贴近地表的气态水、土壤颗粒水吸附毛细水分子。这些水虽可连结起来成为液体，但因是充填在细微的孔隙中而不能自由运动。
- (3) **上层滞水**：包气带中局部隔水层之上的重力水，其**特点**为：分布范围小，季节性存在，水量少，分布区与补给区一致。

### 4 潜水

- (1) **潜水**：地面以下第一个稳定隔水层以上的饱和水，具自由的表面，该表面称为**潜水面（地下水面）**。
- (2) 潜水面之上一般没有隔水层，通过包气带和大气相通，分布区与补给区一致。
- (3) 潜水层的水质、厚度、埋藏深度受自然地理环境和地形切割程度、季节、降雨量等的控制。
- (4) 潜水埋藏浅、分布广泛，是最常见的民用水源。

### 5 承压水

- (1) **承压水**：充满于上、下两个稳定隔水层之间的含水层中的地下水。具有静水压力。承压水具有隔水层底板和顶板。
- (2) **特点**：分布区与补给区不一致，水位和水量较稳定，水质较好，是理想的水源。承压水在合适的岩性、地质构造、地形等条件相互配合下形成。

6 **孔隙水**：存在于孔隙中的地下水；一般呈均匀而连续的层状分布，构成具有统一水力联系的含水层。广泛分布于地表第四纪松散沉积物中。

7 **裂隙水**：存在于基岩裂隙中的地下水，分布不均匀，水力联系可好、可不好。又可进一步分为**层状裂隙水**（裂隙发育密集、相通，有统一的水位）和**脉状裂隙水**（裂隙稀疏不均匀、相对隔绝）。

8 **喀斯特水**：分布于可溶性岩石中的裂隙、洞穴、暗河，分布极不均匀。

9 以上三种水**可以承压，或不承压**，主要决定于埋藏条件。

10 地下水的两种划分往往综合使用，如“孔隙潜水”“裂隙承压水”等命名。

## 11 地下热水

(1) **地下热水**：温度高于当地年平均气温的地下水。

**低温热水**：20 ~ 40 °C

**中温热水**：40 ~ 60 °C

**高温热水**：60 ~ 100 °C

**过热水**：> 100 °C

(2) **温泉**：出露地表的地下热水。

温泉水温的增高**主要由于**岩浆或火山作用，也可能由于地下水进入地下深处，因地温梯度的自然增加而造成者。如果高温的地下水和蒸汽每隔一定时间，喷发出地面称为**间歇泉**，此为一种特别的温泉。**间歇泉**的形成大多见于地面有裂隙面，通达地下岩浆深处或火山活动的地区。

类 型	潜 水	承 压 水
埋藏 条件	在第一个隔水层之上	在两个隔水层之间
主要补给 方式	大气降水、地表水	补给区的潜水
主 要 特 点	1 具有自由水面从高处向低处 渗流 2 分布区与补给区基本一致 3 埋藏较浅，受气候影响大， 水量不稳定，易受污染	1 承受静水压力，水的运动取决于 静压力 2 分布区与补给区，排泄区常不一 致 3 埋藏较深，受气候影响小，水量 稳定，不易受污染，水质较好。
环 境 问 题	1 不合理灌溉，造成土壤盐渍 化 2 过量开采形成漏斗区，引起 地面下沉，沿海地带海水倒 灌，水质恶化	污染及过量开采后不易恢复

### §3. 地下水的地质作用

#### 1 地下水的剥蚀作用和喀斯特现象

##### (1) 地下水的剥蚀作用——潜蚀

##### ①机械冲刷

②**溶蚀**——含碳酸根的地下水对可溶性岩石的溶解。  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$

结果形成溶洞。

(2) **喀斯特**：以地下水为主，地表水为辅，对可溶性岩石进行以化学溶蚀为主，机械冲刷为辅的地质作用，也指由该作用形成的地貌和堆积物。

1) **常见喀斯特地貌**：溶沟和石芽；落水洞；溶斗与喀斯特湖；干谷和盲谷；峰丛、峰林、孤峰；溶洞和地下暗河；溶蚀谷和天生桥；喀斯特洼地与喀斯特平原。

2) **影响喀斯特发育的因素**：

① **气候**：气候湿润降雨量大带来的丰富的地下水是 Karst 发育的前提。

② **岩石性质**：可溶性成分越纯，溶蚀越强烈，结晶颗粒大则 Karst 越发育。

③ **地质构造**：裂隙和节理发育促进了 Karst 的发育

④ **水质与流动性**：温度高，水中的  $\text{CO}_2$  溶入量大流动性好 Karst 越发育。

3) **喀斯特地貌发育的阶段**性：

在地壳相对稳定的条件下，**早期**：以地表形貌为主；**中期**：以地下形貌为主，有完整的地下水系；**晚期**：地下形貌不断破坏，地下水系向地表水系转化；**末期**：地下水系全部转化为地表水系，喀斯特平原形成。

2 地下水的**搬运作用**：化学搬运（溶运）强，**溶运**是地下水的主要**搬运方式**，仅暗河中有较明显的机械搬运。当地下水溶解了周围岩石的同时，就把溶解下业的物质以真溶液或胶体溶液的方式托运到其它地方。全世界每年约 4 9 亿吨溶解物被搬运到海洋，绝大部分源于地下水。

3 地下水的**沉积作用**

(1) **机械沉积**：碎屑沉积，量小，沉积物类似于河流有一定的分选性和磨圆度。

(2) **化学沉积**：地下水的运溶物在一定条件下沉淀下来

1) **化学沉积原因**：

1° 压力降低： $\text{CO}_2 \downarrow$



2° 水温降低： $\text{SiO}_2$  沉淀。

3° 水分蒸发：溶液浓度增大，发生沉淀。

4° 凝胶作用，胶体颗粒电性中和

2) **化学沉积类型**

**孔隙沉积**：在孔隙中发生的沉积物有  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 、 $\text{SiO}_2$  等。能导致沉积物形成坚硬的岩石。（胶结物、结核）

**裂隙沉积**（矿脉及假化石）：发生在裂隙中，形成脉状沉积体。如方解石、石英脉等；有时在一些密集而细小的裂隙中， $\text{Fe}$ 、 $\text{Mn}$  等某矿物沉淀下来，看上去如树枝化石，俗称“假化石”。

**溶洞沉积**：地下水沿裂隙式或断层带流入溶洞时，压力  $\downarrow$   $\text{CO}_2$  逸出， $\text{CaCO}_3$  在裂隙附近沉淀下来。

**晶洞与晶簇**：地下水中所含的矿物，沿着岩石的空洞周围结晶，此等矿物成群的结晶称为晶簇。如结晶簇未完全填满，其中间仍保留圆形或椭圆形的空洞称为晶洞。

**石化作用**（置换作用）：地下水中溶解的矿物质与掩埋在沉积物内的生物体之间的物质交换，矿物质交换了生物体的有机质。如硅化木就是被  $\text{SiO}_2$  石化（交代、置换）的树干，其中有些植物纤维构造、树的年轮依然可见。

**温泉沉积：**泉华、钙华、硅华等。

附：

是非题：

1. 粘土的孔隙度（20-90%）比砾石层的孔隙度（25-45%）大，所以粘土的透水性比砾石层好。
2. 地下水的渗透流速随深度的加大而变小。
3. 岩土中的孔隙直径愈大，其分水岭处潜水面就愈接近地表。
4. 地表起伏愈大的地方，其分水岭处潜水面就愈接近地表。
5. 地下水与地表水之间常常可以互相补给。
6. 地下水中 CO<sub>2</sub> 的浓度与局部的围压成正比，与温度成反比。
7. 一般说，火成岩和变质岩只含裂隙水而不含孔隙水。
8. 当钻孔打穿层间含水层上复的不透水层后，如该处层间含水层的承压水头高于该处地面标高时，则可获得自流水。
9. 一个地区地下水的多少只决定于该地区雨量的多少。
10. 某地夏季最高气温达+38° C，冬季最低气温达-30° C，如该地有一泉，其水温为+10° C。因此，该泉在夏季可称“冷泉”，在冬季可称“温泉”。
11. 由于地下水水位的急剧升降变化，因而形成了多层溶洞。
12. 溶沟、溶芽、石林是岩溶发育过程中形成于同一阶段的地貌景观。
13. 海水中溶解物质大部分是来自陆地上地表水溶解作用的产物。
14. 陆地上地表水的分布要比地下水广泛。
15. 一般民用井水中的水位可以代表该地区的潜水水位。
16. 孔隙度大的岩土，其孔隙也大。

17. 在地下水循环较通畅的部位，常常可形成低矿化水。
18. 地下水是位于地表下进行潜蚀作用的，所以地下水潜蚀不会改变地表面貌的。
19. 只要有可溶性岩石存在的地区就会产生喀斯特作用。
20. 潜水面的分布状态，在空间上是随地形起伏而起伏，在时间上是随其变化而变化的。
21. 石笋只能形成在潜水面以下的溶洞内。
22. 饱水带与包气带的界面就是饱水带的自由表面。
23. 喀斯特地形的形成除了地下水的溶蚀作用外，风化作用和地面流水的侵蚀作用也起了重要的作用。

选择题：

- 1 下列岩土中孔隙度最大的是（ ）。  
a. 砾石层 ; b. 砂层 ; c. 粘土 ; d. 黄土。
- 2 一个地区潜水面坡度与下列因素有关的是（ ）。  
a. 旱季 ; b. 雨季 ; c. 地形坡度大 ; d. 地形坡度小 。
- 3 我国喀斯特（岩溶）最发育的省区是（ ）。  
a. 云南省; b. 贵州省 ; c. 广西壮族自治区 ; d. 广东省 。
- 4 高矿化度水所含的主要离子是（ ）。  
a.  $Cl^-$ 、 $Mg^{2+}$  ; b.  $Cl^-$ 、 $Na^+$ 、 $K^+$  ; c.  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $HCO^-$ ; d.  $Ca^{2+}$ 、 $SO_4^{2-}$  。
- 5 喀斯特发育第一阶段所形成的主要景观是（ ）。  
a. 溶沟、溶洞、溶盆、落水洞 ; b. 溶斗、石林、孤峰、溶蚀洼地 ;  
c. 石芽、溶沟、溶斗、落水洞 ; d. 石芽、溶洞、溶原、残
- 6 下列物质中主要由地下水交代作用形成的是（ ）。

a. 结核 ; b. 泉华 ; c. 硅华木 ; d. 石盐假晶 。

7 将雨过程中，潜水面升到最大高度的时间是（ ）。

a. 将雨开始;b 将雨达到一定程度后;c 将雨停止时;d 将雨停止一段时间后

8 在下列各类岩石中相对最易溶解的是（ ）。

a. 石灰岩 ; b. 泥灰岩 ; c. 白云岩;d. 不纯石灰岩 。

9 下列最有利于农作物生长的地下水是（ ）。

a. 毛细管水 ; b. 潜水 ; c. 承压水 ; d. 上层滞水。

10 当地下水温度升高，其渗流速度是（ ）。

a. 恒定 ; b. 减慢 ; c. 加快 。

11 下列岩石能成为良好的隔水层是（ ）。

a. 粉砂岩; b. 页岩; c. 粗砂岩 ; d. 粘土岩 。

12 影响岩石孔隙度大、小的因素是（ ）。

a. 颗粒大小的均匀程度;b 颗粒的形状;c 胶结物数量;d. a 、 b、 c 均有影响。

## 第十二章 海水的地质作用(课件)

### §1. 海洋概述

1 海洋面积占整个地球面积的 **70.8%**。海洋是一个巨大的宝库，它拥有人类所必需的大量食物和丰富的矿产资源。海洋是**沉积作用的最主要场所**，大量来自陆的碎屑物质被搬运到海洋沉积。这些沉积物中保存着人类用来认识地球演变历史的丰富资料。海水具有**强大的动力**，不断雕塑着不同的海岸，对沿岸进行破坏。

#### 2 海与洋：

(1) 海洋是海与洋的总称，粗略地说，近陆为海，远陆为洋。海及洋的水体相互沟通，都是海水（含盐 33‰ ~38‰ ）。

(2) 海底为陆壳：硅铝层+硅镁

洋底为洋壳：仅有硅镁层

#### 3 海水的化学成分

(1) **含盐度**：是指海水中全部溶解固体与海水质量之比，通常用每千克海水中所含克数表示。盐度受降水、蒸发，入海径流的影响而发生变化，一般 35‰ 。

(2) **主要成分**：氯化物、硫酸盐、碳酸盐

(3) **微量元素**： Au、Ag、Ni、Co、Mo、Cu、Zn、U 、Br、I 等。

(4) **溶解气体**：O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、影响 Ph、Eh 值，并控制了化学沉积。

#### 4 海水的物理性质

(1) **密度**：比纯水大，约 1.022——1.028。它是温度、盐度以及压力的函数；

(2) **压力**：随深度而增加；

(3) **颜色**：反射蓝、绿光，也受海洋生物和泥砂颜色影响；

(4) **温度**：表层水受纬度控制， 决定于海水热量收支状况，太阳辐射是其最主

要的热量来源，海水的温度有明显的季节变化和日变化，季节变化取决于太阳辐射、季风和洋流的季变化；日变化则主要受太阳辐射日变化的控制。深层水稳定在 2 ~ 3 度。

## 5 海洋中的生物

- (1) 底栖生物
- 固着：珊瑚、腕足动物、海草
  - 爬行：三叶虫、虾、螃蟹
  - 钻孔：蠕虫、双壳

**浮游生物：**随水飘移，有孔虫、放射虫、笔石、藻类

**游泳生物：**各种鱼类

(2) 大洋中生物，一方面生活活动改造环境，一方面许多动物壳  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  成为沉积物来源，如礁体，生物灰炭、硅藻土。

## 6 海洋环境分区（根据海水深度及运动情况）：

- (1) **滨海带：**海陆界线附近狭长地带，一般指低潮线与最大高潮线之间的海域。属海、陆交互的环境。**潮坪** —— 波浪作用弱，潮汐影响大的滨海地带。
- (2) **浅海带：**滨外带至水深 200 米的范围，一般包括大陆架地形部分。
- (3) **半深海——深海带：**半深海 200 -- 2000 米水深(大陆坡地形)；深海 > 2000 米水深(大陆盆地和洋中脊)。

## §2. 海水的运动及其地质作用

1 海水运动的**最主要动能：太阳能**，其次为地球自转和太阳及月亮对地球的吸引力等。海水的运动对地质作用较重要者可分为二种：

- (1) 海岸附近的海水运动：包括波浪、沿岸流、和潮汐流等。
- (2) 深洋的海水运动：包括表面洋流及浊流等

2 **波浪**：海水作有规律的波状起伏。是海洋中海水经常性普遍存在的运动形式

(1) 波浪的**形成**  $\left\{ \begin{array}{l} \text{风摩擦海水表层} \\ \text{海底地震} \end{array} \right.$

水面上大气压剧烈变化

潮 汐

(2) 波浪**四大要素**：波长、波高、波的周期、波速。

(3) 波浪中**水质点的运动**：波浪是一种振荡波, 振荡波的特点就是质点不随波形前进, 而只是在原地往复的圆周运动。波峰处水质点处于圆周的顶点, 波谷处水质点处于圆周的最底点。水面向下水质点运动的圆周直径逐渐减小, 波浪则趋地平缓, 这是由于随深度增加, 水内质点之间的磨擦力增大的原因(质点动能减小)。

(4) 波浪近海岸时, 水深变浅, 由于海底磨擦前面的波浪较后来的波浪速度慢, 两波浪间距离减小, 多余的能量使波高加大波峰前倾形成**卷浪**。卷浪前端悬空很快成为**破浪**。破浪被碎后, 水质点不作圆周运动, 而迅速涌向海岸成为**拍岸浪**(激浪)。

(5) 拍岸是**海水破坏海岸的主要动力**：波浪**斜交**海岸推进时：斜向海岸的波浪到达岸边后, 一部分以底流回到海中, 另一部分成为沿岸流。带动沉积颗粒移动。

(6) 波浪的**地质作用——剥蚀作用**

1) 海水通过自己的动力对海岸和海底进行破坏, 分为：**海浪冲击作用**；**海浪的磨蚀作用**；**海水溶蚀作用**。机械剥蚀作用为主, 化学溶蚀作用次要(只存在于易溶岩石处)。

2) **主要发生**在海陆界线附近的狭长地带。海水直接冲击海岸或携带的砂砾磨蚀海底。

3) **海蚀作用形成的地貌**：海岬、海湾、海蚀崖、海蚀洞、海蚀凹槽、海蚀平台、海蚀平衡剖面、海蚀阶地等等。

(7) 海浪的搬运和沉积作用：实际上是上述两种运动的叠加。

① **横向运动**，垂直海岸线的泥沙运动，进流和退流作用使泥沙向海或向岸运移，中立带上，泥沙仅有往返运动，而无实质上的运移。

② **纵向运动**，平行岸线的泥沙运动。

③ **形成的地貌**，产生沙滩、砂堤、砂坝、泻湖（由砂咀、砂坝等将近岸的一部分水域与外海隔离开来转变成的湖泊）。

### 3 潮汐

(1) **潮汐**：海平面发生周期性升降的现象。

(2) **潮汐形成的原因**：月地引力及月地系统围绕其质量中心旋转而产生的离心力的共同作用（也有日地系统的影响）。涨潮的部位：向月和背月处。落潮的部位：距离向月点 90 度角的部位。

(3) 潮汐的**周期**：月球绕地球旋转一周为 24 小时 51 分，故同一地点每隔 12 小时 25 分有一次涨潮或落潮（半日潮）。

**大潮**：月日地三者同一直线时（新月和满月之后 1-2 天），太阳引力与月球引力叠加，引起大潮；

**小潮**：月地连线与日地连线相垂直时（上弦月或下弦月以后 1 ~ 2 天），引起小潮。

(4) **潮流**：由潮汐引起的海面高度变化使海水作大规模水平运动。

(5) **潮流的地质作用**：对某一个地区来说，潮流是固定的、周期性的水平流动的海水，具有较大动能，因而有很大的剥蚀和搬运力。潮流引起的紊流可使大量的

碎屑物处于悬浮状态，在退潮时的急流把它们搬向海中。主要发生于近岸和海湾区。

(6) **潮汐形成的地貌**：潮滩（泥滩）—由淤泥组成的向海缓倾斜的海滩。往返的潮水尤其在喇叭口处，不断强烈的剥蚀，冲刷搬运作用，形成“三角港”。

#### 4 洋流

(1) **洋流**：大洋海水作大规模的水平运动。

(2) **原因**：信风 --- 表层洋流；表层海水温差 --- 暖流和寒流；海水密度差 --- 上升流和下降流。

(3) 洋流的**控制因素**：盛行风的方向；科氏力；大陆轮廓；岛屿；海底地形；等。

(4) 洋流的**地质作用**：洋流流速缓慢，主要是搬运作用，搬运极细粒物质，但洋流尤其是深海环境对海水深处搅动，带入氧气，把深处矿物质带上表层，间接地影响生物沉积作用。

#### 5 浊流

(1) **浊流**：含有大量悬浮物质的海水水流，比重大于海水，由重力作用驱动沿斜坡向下高速运动的水体。

(2) 浊流**比重**介于 1.2 ~ 2.0 之间，常携带大量粘土、砂及砾石。

(3) 浊流**一般形成于**大陆架外缘、大陆坡上部或河口三角洲前缘，因那里的海底坡度较大，且有大量未固结的沉积物。

(4) 浊流多由地震、火山**等因素引发**，在重力的作用下常以巨大的惯性“一泻千里”地穿过大陆坡，直达深海平原，其流速可达 20 ~ 30m/s，因而具有较大的剥蚀、搬运能力。

(5) **发生的地区**：大陆架，河口前缘；

(6) 浊流的**形成条件**：大量堆积的沉积物和触发因素；

(7) 浊流的**地质作用**：浊流的密度大，在流动过程中，紊流强烈，具有极强的搬运力，可以将其大量的砾石和沙级碎屑搬到半深海、深海区产生沉积。

### § 3 .海底沉积物

1 海洋是一个巨大的**储水盆地**。陆地上的河流、地下水所携带的剥蚀产物源源不断地汇集到大海。海洋本身除在滨海带巨有**强烈的动力条件外**，绝大部分海域动力条件均较弱，**因此**海洋是产生沉积作用的主要场所，而且机械沉积作用、化学沉积作用和生物沉积作用均较发育。海洋的环境差异很大，因而**不同的海洋的环境其沉积类型也有差异**。

2 海底沉积物的**来源**：陆源物质；生物物质；岩浆物质；溶滤物质；宇宙物质。

3 海洋的沉积作用**可分为**滨海、浅海、半深海及深海**环境**。

#### 4 滨海沉积：

(1) **滨海带**：浪基面以上的近岸水域。

(2) **环境特点**：动荡，阳光、氧充足，生物丰富

(3) 以机械沉积为主，一般仅平缓的海岸地区才有较多的沉积物，且常以粗砂、砾为主。

(4) **形成地貌形态**：

**砾滩**：在山区的河流入海口及基岩海岸附近的海滩，其沉积物主要由砾石组成，砾石的磨圆度高，长轴大多与海岸平行。

**沙滩**：主要由砂组成的海滩。沙滩在波浪的长期作用下，砂粒分选良好的，磨圆度高，以石英砂最为常见。

(5) **滨岸沉积物特点**：碎屑分选好，磨圆好，砾石呈扁园状，向海洋方向倾斜。

砂质成分较单一，通常以石英砂为主，少量贝壳砂。有些化学性质稳定，密度较大的矿物可富集形成滨海砂矿，如钛铁矿、金、金刚石等。砂质沉积物中常见的交错层理和不对称波浪等。

(6) **低平海岸的机械沉积特征**：以泥质和碳酸盐沉积为主，形成泥滩，常见砂质透镜体，也有以砂质为主的沙滩；具有水平纹层结构，常见交错层理；可发展成为滨海沼泽，并形成大规模的煤田。我国华北 C—P 层煤矿多属于此类。

## 5 浅海沉积作用

(1) **浅海沉积环境**：浅海是水深小于 200 米的大陆架主体的水体，宽度不一。

(2) **环境特点**：海流、波浪作用明显，光氧较充足，盐度较正常，生物较丰富。

(3) **沉积物特点**：

① **碎屑沉积**：浅海上部有砂、粉砂，交错层理、波痕；下部有泥质、水平层理；均含生物化石；

② **化学沉积**：富含 SiO<sub>2</sub> 的 Al、Fe、Mn 的鲕状胶体沉积；磷酸钙

③ **碳酸盐沉积**：生物石灰岩：生物礁，以珊瑚礁为代表；岸礁、堡礁、环礁及其成因；碎屑石灰岩：生物碎屑、内碎屑；白云岩：古代浅海多见，化学沉积或交代成因；

④ **矿产**：石油、天然气、碳氢水合物、磷酸钙。

(4) **浅海机械沉积特征**：

①碎屑物质主要来源于陆地，部分来自海蚀作用产物；

②沉积物颗粒比滨海沉积细，砾石极少见。由近岸到浅海处，沉积物由粗到细：粗砂—>中砂—>细砂—>粉砂（粉砂质粘土）。

③具有良好的水平层理，常含有较完整的动物遗体、贝壳。

### （5）浅海化学沉积特征：

- ①化学沉积物来自海水溶蚀物质以及河流地下水带来的溶解物质和胶体物质。
- ②上述物质在不同的环境下形成不同的化学沉淀物：
  - a. 呈胶体状态的 Fe、Al、Mn 的氧化物首先沉积下来，可形成鲕状、豆状、肾状赤铁矿、铝铁矿、锰质矿等。
  - b. 其次是低价铁硅酸盐和铁的碳酸盐沉淀，形成海绿石和菱铁矿等。
  - c. 最后是碳酸盐类沉积，形成石灰岩、白云岩等。

### （6）浅海生物沉积特征：

- 1) 由于浅海中生物大量繁殖和死亡，它们的骨骼和外壳就在适宜的环境下沉淀下来，形成生物沉积岩。
- 2) **主要有：**贝壳灰岩、有孔虫灰岩硅藻岩等，最常见的是珊瑚礁灰岩（有岸礁、堡礁、环礁）。

### 6 半深海沉积：大陆坡以上的水体

- （1）**环境特点：**较静水，常为还原环境，底栖生物少，碎屑来源少；
- （2）**沉积物：**由悬浮物质缓慢沉积的含细粉砂和细小生物介壳的泥质，并含不等量的碳酸钙，有时含有火山灰。其中含有蓝泥和青泥（含氧化亚铁和有机质）、红泥（大陆红色黏土）、绿泥（含海绿石）及珊瑚泥。

### 7 深海沉积：大洋底之上的水体。

- （1）**沉积环境：**深海底水体平静，沉积物供应量少，沉积速度一般十分缓慢。
  - （2）**沉积类型：**软泥沉积；浊流沉积；金属泥。
- 1) **软泥沉积：**常见的深海沉积，主要是由浮游生物的遗骸及少量洋流搬运来的悬浮物质形成的一些泥质沉积。按软泥的化学成分和所含生物种类分：

**钙质软泥：**有孔虫介壳含量 $>30\%$ 的碳酸钙软泥；

**硅质软泥：**硅藻和放射虫遗骸堆积而成的；

**红色粘土：**富含 Fe、Al 质粘土沉积，生物含量小于 30%的软泥沉积常呈红褐色。

2) **浊流沉积**是由砂、粉砂等细碎屑物与泥质物组成韵律交互层，具有清楚的递变层理及印模等构造，固结而成浊积岩。太平洋四周的海沟中都充填着浊流沉积，并形成巨大的海底平原。

**典型浊积岩：**

鲍马序列是一种浊流沉积的典型层序，由自下向上变细的五个层段组成，最底部由具递变层理的杂砂岩组成（a 段），底面具有槽模，沟模等冲刷铸模，往上为 b 段，具有平行层理的砂岩；c 段为具小波痕交错层理，变形层理的粉砂岩，d 段为具有水平纹理的粉砂岩，粉砂质泥岩，最顶部 E 段，为块状泥岩。

3) **金属泥和锰结核**

**金属泥：**富含重金属元素的泥状沉积物。

**锰结核：**深圆状结核，直径 0.5—20 cm、个别可达 1 米，结核呈红褐色，软而多孔，比重（1.82—3.1）

**成因：**锰质以碎屑物为核心，绕其作同心层状沉淀而成。

**锰结核**是地球巨大的潜在资源，除 Mn、Fe、Ni、Cu 外，Mo、Ti、V、Sr、Zr、Ag 共有 30 余种金属元素，开发出来可供人类服务。

## § 4. 海水的进退

1 **海进：**海平面上升，海水向大陆漫进，海岸线向陆地迁移。

2 **海退：**海平面下降，海水向外海后撤，海岸线向外海迁移。

3 **海进、海退的原因：**

1) **构造运动**：全球性：板块运动使陆块的隆起与下降；板块运动使海盆容积变化；地球的自转速度变化。局部：断层间地块的差异性升降。

**地壳运动：**

地壳上升，海平面下降，海退；

地壳下降，海平面上升，海进。

2) **海水量的变化**：火山喷发的岩浆水；冰川作用期的水量变化。

**海水量的变化**：冰期，海退

间冰期，海进

附：

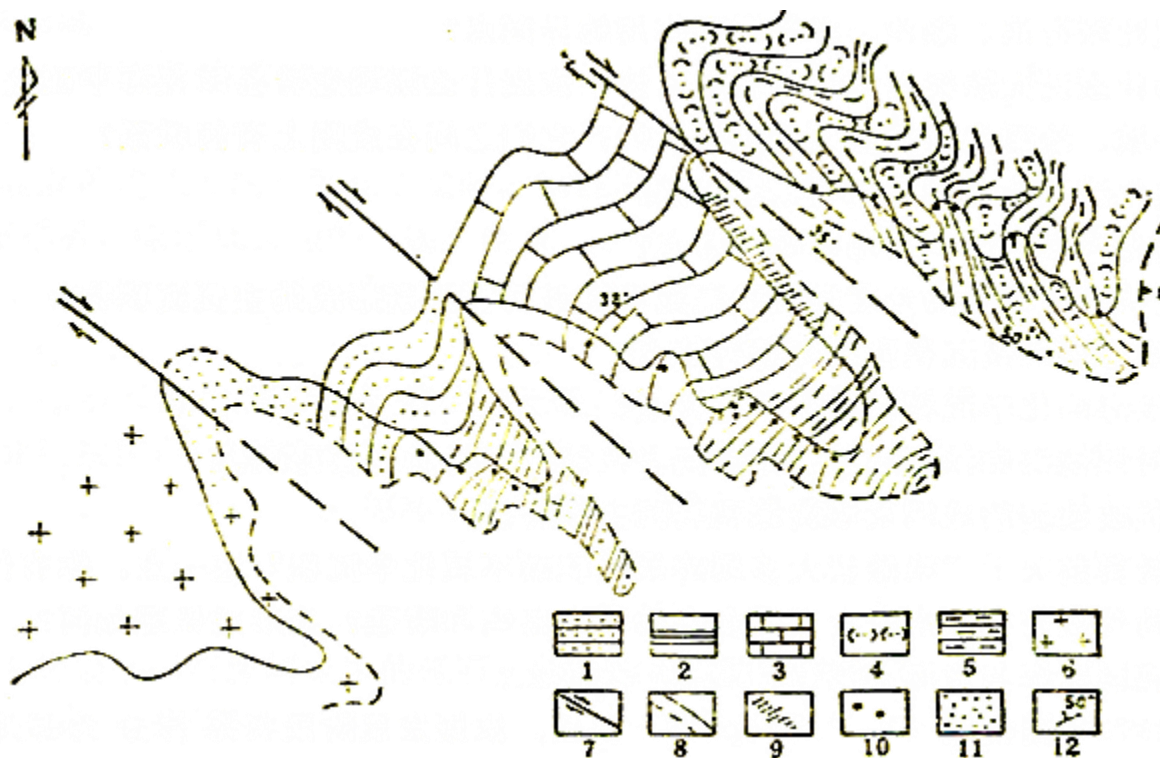
1 图所示为一条由不同岩性组成的曲折海岸线，其总体呈 NE-SW 方向延伸；其所形成的港湾多为 NW 向展布；每个港湾中，其 NE 岸的波切台、海蚀崖、海蚀洞均比 NW 岸发育；且该地区常以西南风为主，仅在春、夏季时偶有从 SE 向 NW 方向侵入的地风。请根据上述情况，讨论以下几个问题：

(1) 为何该区的海湾均以 NW 向展布？

(2) 为什么海湾两侧的波切台、海蚀槽、海蚀洞、海蚀崖发育程度不同？

(3) 为什么在海湾 NE 一侧的沿岸地带，海蚀槽、海蚀洞的发育状况不均一？

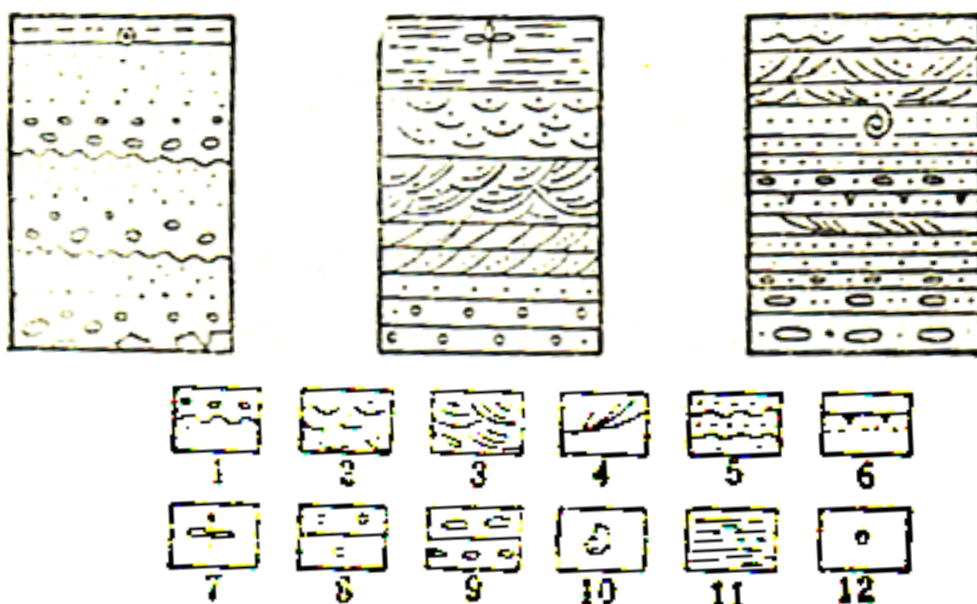
(4) 在同是由石灰岩组成的沿岸地带为什么有的部位以溶蚀作用为主，有的部位却以机械剥蚀作用为主？



1-砂岩；2-叶岩；3-石灰岩；4-石英岩；5-板岩；6-花岗岩；7-断层；8-海蚀涯及波切台边界；9-溶蚀作用为主；10-海蚀洞；11-沙滩；12-岩层产状

2 根据图中的三个岩层柱状资料，分析其各自形成的古地理条件。

1-冲刷印模；2-波纹交错层理；3-槽状交错层理；4-斜层理；5-波痕；6-干裂；



7-植物化石

石；8-圆度高砾石；9-圆度低砾石；10-浅海动物化石；11-具微细水平层理有机质高的粘土岩；12-放射虫化石

# 第十三章 地质灾害（课件）

## §1 概述

1 **地质灾害**：地质作用本身及其所引发的，致使人类生命和财产遭受损失的地质事件。包括**天然**的地质灾害如火山喷发、地震等，和**人为活动**所导致的**崩塌、滑坡、泥石流、地面沉陷**等。

2 **我国四个主要的地质灾害区域**：

(1) 以地面沉降、地面塌陷和矿井突水为主的东部地区；

成因：平原地形、经济发达、人口稠密需要大量水资源。

(2) 以崩塌、滑坡和泥石流为主的中部区；

成因：山峦起伏、地形复杂。

(3) 以冻融、泥石流为主的青藏高原区；

成因：海拔高、温度低。

(4) 以荒漠化为主的西部区；

成因：干旱少雨，自然环境恶劣。

3 **人为地质灾害日趋严重**：

人类每年消耗  $500 \times 10^8$  吨矿产物质，地球每年只能新生成  $300 \times 10^8$  吨岩石物质，河流每年只能搬运  $165 \times 10^8$  吨物质。地面建筑高度超过 400 米，地下开挖超过 3000m，最高人工边坡超过 600m，最大水库容量超过  $1500 \times 10^8 \text{m}^3$ ，人类建筑面积已经覆盖了地表 6~8%，中国目前有 8 万多个水库和水电站。**人类活动对自然界地质改造超过了流水、风力等自然作用。**

4 **地质灾害的严重性**

全国每年由于崩、滑、流灾害造成的死亡人员近千人；全国共有较大型崩塌 3000

多处，滑坡 2000 多个，中小规模的崩、滑、流达到 40 多万处；全国有 350 多个县，上万个村庄，100 余座大型工厂，55 座大型矿山，3000 多公里铁路受崩、滑、流威胁；全国几条山区干线铁路如宝成线、成昆线、宝兰线都受到了崩、滑、流的严重危害。如宝成铁路从 50 年代末至今，已出现了 50 年代末、80 年代初(1981)两次大规模崩、滑、流爆发，不仅由于摧毁铁路、列车和运输中断给铁路部门造成严重的经济损失(仅 1981 年用于宝成线修复铁路的资金就达 3 亿元以上)，而且由于停运给川陕两省乃至全国所造成的经济损失就更无法统计全国除京、津、沪、豫、甘、宁以外的各省都发现岩溶塌陷灾害，总数近 3000 处，塌坑 3 万多个，塌陷面积 300 多平方公里；黑龙江、山西、安徽、江苏、山东等省为矿山采空塌陷严重发育区，全国共发生矿山采空塌陷 180 处以上，塌陷坑 1595 个，塌陷面积达 1000 多平方公里；各种地质灾害带给人类社会一系列重大的人畜伤亡、财产损失和精神折磨。

5 正确了解**地质灾害的本质和特性**，期以制定地质灾害的防患措施，并免除或减小灾害的发生。

## 6 主要造成地质灾害的地质作用：块体运动

(1)**块体运动**：斜坡上块体（含岩块、松散沉积物等）在重力作用下沿斜坡发生向下运动。

(2)**斜坡稳定性**：斜坡上的物体的稳定性取决于两种作用力的对比：

剪切应力 — 物体重力沿斜坡的剪切分力；

剪切强度 — 物体抵抗外力作用的阻力（块体的摩擦阻力、内部质点的聚合力、外来物体的固定作用等）。

安全系数  $S = \text{剪切强度} / \text{剪切应力}$

安全系数  $S < 1$  时，块体运动将发生

(3) 影响**块体运动**灾害的**因素**: 地形地貌; 地质构造与新构造活动; 地层岩性与岩体结构特性; 地下水; 暴雨和连续降雨; 人类活动; 边坡的高度、坡度。

#### 1) 地形地貌: 边坡的高度、坡度

**顺向坡**: 地层如为顺向坡时，一般要比逆向坡更容易产生块体运动。

**山体稳定性**: 长江、黄河上游山体稳定性差，山体切割深度超过 1000 米，坡度超过 30 度~60 度甚至直立，崩塌、滑坡灾害发育非常严重，中国西南，西北地区中高山区和大江大河两侧沟谷纵坡降较大，易发生泥石流。

#### 2) 地质构造与新构造活动

**地层的断裂构造**: 断裂的性质, 破碎带宽度, 节理裂隙的发育程度及其组合特性。

岩体越破碎，断裂越发育，山体稳定性越差，滑坡灾害越容易发生

**新构造活动、地震。**

岩体构造破碎、层状、散体;

有薄弱面，岩体沿着断层或者薄弱面成层状滑动;

存在透水和不透水的地下夹层，或者滑坡体底部有隔水的基岩下垫层。成为滑坡体的滑床。

#### 4) 地下水

软化岩石裂隙抗剪强度;

增加滑坡体重量;

软化土体强度;

空隙水压力降低有效应力；

降低摩擦阻力，类似于雨天汽车轮胎在路面上“浮起”的效果。

#### 5) 暴雨和连续降雨

诱发斜坡灾害的主要因素：

大量雨水深入地下引起地下水的动态变化，直接诱发斜坡灾害。

#### 6) 人类活动

破坏森林植被；

开挖坡脚，切断岩层原始构造诱发地下渗水；

堆砌尾渣矿渣；

爆破；

由采矿等人类工程活动所引发的崩、滑、流也非常普遍，反过来对人类工程设施构成严重的直接危害，采矿弃渣造成泥石流也非常普遍而且损失巨大。

(4) 中国块体运动灾害分布：不同地区崩、滑、流的发育规模有较大差别

1) 西部(西南、西北)地区的规模要远大于东部地区，一般在西部地区造成较严重危害的滑坡都在数十至数千万甚至数亿  $m^3$ ，而东部地区数千至数万  $m^3$  的滑坡就能造成严重的危害，大于百万  $m^3$  的非常少见；东部地区崩塌规模同样远小于西部，一般在 1 万  $m^3$  以下；虽然北京、辽宁等地经常发生泥石流灾害，但均为群发，单条泥石流的方量一般不大。

2) 从灾害点分布密度上看，也是西部大于东部，西部不仅崩、滑、流多发区面积大，数量多，而且多发区内的崩、滑、流个体密度也大于东部，一般达 30—100 个 / 千  $km^2$ ，局部地区甚至达到 1—2 个 /  $km^2$ (甘肃白龙江流域)，而东部地区多发区的密度一般在 10—30 个 / 千  $km^2$ 。

### （5）块体运动灾害的主要危害：

据不完全统计，在 1949 年至 1990 年的 42 年中，崩、滑、流灾害至少造成 9680 人死亡，其中滑坡、崩塌灾害致死 3635 人，泥石流灾害致死 6045 人。42 年中，平均每年死亡人数为 231 人，其中滑坡、崩塌灾害致死 87 人/年，泥石流灾害致死 144 人/年。从时间顺序来看，死亡人数呈增长趋势。

## §2 滑坡地质灾害及其防治

1 滑坡的定义：斜坡上的岩（土）体，受地表水和地下水的影响，在重力作用下沿一定的**软弱面整体下滑**的现象，其特征是整体性，沿一滑动面，滑动面呈弧形。

### 2 滑坡的形成条件：

#### （1）内在因素：

- 1) **岩土类型**：结构松软、抗剪强度和抗风化能力较低、在水的作用下其性质易发生变化的岩土。
- 2) **地质构造**：节理、裂隙、层理面、岩性界面、断层发育。
- 3) **地形地貌**：斜坡、前缘。
- 4) **水文地质条件**：软化岩石、产生动水压力、软化滑动面。

#### （2）外在因素：

- 1) **自然原因**：地震、降雨降雪、地表水的冲刷、浸泡。
- 2) **人为原因**：开挖坡脚；蓄水排水；堆填加载；破坏植被。

### 3 滑坡整治原则：

- （1）**以防为主，尽量避开**：尽量避开滑坡，尽量减少诱发滑坡的不利因素。
- （2）**区别情况，综合整治**：深入研究滑坡发生的原因和周边条件。

(3) **彻底根治，以绝后患**：避免重复出现，长远规划，连续整治。

#### 4 具体工程防治措施：挡，排，削，护，绕

(1) **截流排水**：滑坡体外的水避免进入滑坡体，滑坡体内的水要尽量排出。外围截水沟；内部排水沟；破面夯实防渗；排水孔和盲沟。

(2) **削坡减荷**：降低滑坡体的下滑力；减小滑坡体坡度；削去滑坡体后缘的土体；增加滑坡体前缘的重量。

(3) **岩质边坡防护**：抹面、喷浆、喷混凝土、片石护墙、锚杆喷浆护坡、挂网喷浆护坡；避免边坡滑落和冲刷。

(4) **土质边坡防护**：土质边坡防护；种草，降低水对边坡的冲刷，提高边坡土体的抗剪强度；砌片石框架或锚杆护坡；土工织物；土质改良：增加土体强度，防止土体破坏；添加材料改变岩土成分，灌浆法等。

(5) **抗滑工程**：支撑滑坡体，阻止滑坡体在重力下发生滑动；挡土墙；抗滑桩；锚杆；支撑。

(6) **防御避让**：避开滑坡，施工防护结构；明硐和御塌棚；内移做隧和外移做桥。

4 **滑坡重要的异常现象**：地下水位异常活动；坡体出现裂缝；岩石开裂和挤压声响；滑坡体周围土体出现坍塌和松弛；位移明显加速；滑坡后缘裂缝急剧张开。

### §3 崩塌地质灾害及其防治

1 **定义**：斜坡上的岩体或土体，在重力作用下**快速而猛烈地**向下**倾倒、翻转、滚动**的现象。**下降速度快**，发生突然崩塌体**脱离母岩运动**崩塌体的垂直位

移大于水平位移

2 崩塌的**类型**：土崩；岩崩；山崩；岸崩；河流、湖泊、海洋岸边。

3 崩塌的**形成条件**：

(1) **内部条件**

1) **岩石类型**：坚硬的岩石会形成较大规模的崩塌；松散岩石会形成小型坠落和剥落。

2) **地质构造**：断层、节理、界面导致崩塌易于发生

3) **地形地貌**：大角度边坡，孤立山嘴或凹形陡坡

(2) **外部条件**：地震；降雨降雪，冻融；地表水冲刷，浸泡

崩塌的形成条件；不合理的人类活动：开掘矿产、切割边坡、水库蓄水、堆砌矿渣、剧烈振动。

4 **容易发生崩塌的情况**：降雨过后；强烈地震之中；开挖坡脚过程之中或者滞后一段时间；水库蓄水初期及河流洪峰期；强烈的机械振动或者大爆破之后。

5 **我国主要的崩塌分布区域**：西南地区；西北黄土高原的黄土崩塌；西藏、青海、黑龙江的冻融地区；秦岭一大巴山地区，宝成铁路沿线。

6 **崩塌和滑坡的区别**

(1) **斜坡坡度**：崩塌坡度常大于  $50^\circ$  。

(2) **运动本质**：崩塌：倾倒、坠落；滑坡：切向位移，崩塌后崩塌体破碎凌乱，滑坡体整体性好；崩塌脱离母体，滑坡很少脱离母体。

7 **滑坡和崩塌的关系**：崩塌和滑坡往往一同发生；崩塌可以转化为滑坡；崩塌、

滑坡在一定条件下可以相互诱发、相互转化。

8 崩塌的防治：遮挡；拦截；支挡；护坡、护墙；镶补沟缝；削坡；排水。

附：

试从地质的角度分析滑坡产生的原因。

## §4 泥石流地质灾害及其防治

1 泥石流的定义：由沉积物（泥、粉砂、砂、石块等松散物质）与水、空气组成的运动性流体。

2 泥石流为山区特有的突发性地质灾害。包含大量泥沙石块和巨砾的固液两相流体，呈粘性层流或稀性紊流等运动状态是地质、地貌、水文、气象、植被等自然因素和人为因素综合作用的结果

### 3 泥石流的基本特征

- (1) 泥石流具有土体的结构性，即具有一定的抗剪强度；
- (2) 泥石流具有水体的流动性，即泥石流和沟床面之间没有截然的破裂面；
- (3) 泥石流一般发生在山地沟谷中，具有较大的流动性。

### 4 泥石流的灾害

(1) 对居民点的危害：泥石流最常见的危害之一是冲进居民点，淹没人畜，毁坏土地，甚至造成村毁人亡的灾难。

(2) 对铁路、公路和航道的危害

1) 全国铁路运营历程共 5 万余公里，其中 3 万余公里位于山区；铁路沿线有泥石流 1386 条，威胁着 3000 多公里铁路线的安全；成昆、宝成、陇海、兰青、大秦等线都是泥石流灾害较集中的地区。

2) 对航道的危害：

**直接影响：**流入河道，阻塞航道或者形成险滩；

**间接影响：**增加河流含沙量，加速航道淤积；

(3) **对农田、矿山危害：**泥石流对农田的危害主要有冲刷危害和淤埋危害；扩大沟固、掩埋耕地、水土流失；摧毁矿山，淤埋坑道。

## 5 泥石流的地质作用

(1) **剥蚀和搬运**

(2) **堆积特征：**大小混杂，表面呈各种形态，分选差，层理不清，砾石上往往发育擦痕，擦痕粗大毛糙，可与冰碛物区别。

6 **泥石流形成的条件：**陡峭的，便于集水、堆积物的地形地貌；丰富的松散物质；短时间内有大量水源。

(1) **地形地貌特征：**山高沟深、地势陡峭、沟床纵坡大、流域便于形成水流汇集形成区，流通区和堆积区；三面环山、一面出口的瓢状或漏斗状、地形比较开阔、周围山高坡陡、植被生长不良，有利于水和碎散物质集中；中游地区为狭窄陡深的峡谷，谷床纵坡降大，使得泥石流可以迅猛直泻；下游为开阔的平原和河谷，使碎屑有堆积场所。

(2) **松散物质来源：**泥石流常常发生在地质构造复杂、断裂褶皱发育、新构造活动强烈、地震烈度较高的地区；破碎的岩层提供丰富的松散物质；矿石弃渣。

(3) **水源条件：**既是泥石流的组成部分，又是泥石流的重要激发条件和搬运介质。暴雨；冰雪融水；水库溃决。

(4) **人为因素：**破坏植被：毁林、开荒和陡坡耕作、过渡放牧；水库溃决；不合理的铁路、公路、水渠工程；不合理的弃土、弃渣、采石。

## 7 泥石流和滑坡、崩塌的关系

- (1) 地形地貌特性相似、泥石流还需要水源；
- (2) 崩塌滑坡物质是泥石流的重要固体物质来源；
- (3) 泥石流和崩塌、滑坡有着很多相似的促发因素。

## 8 泥石流的防治

- (1) **生物措施**：恢复地表植被；迟滞洪水；避免地表侵蚀。
- (2) **工程措施**：蓄水引水；支挡；拦挡泥石流；排导工程；储淤工程。

## §5 地面沉降及其防治

1 **地面沉降**又称为地面塌陷或地陷，主要是由于开采石油、煤、地下水等资源以及工程施工、灌溉等人工经济活动的影响，或造成人工地下空洞、或使地下松散土压缩固结，导致地面标高下降的现象。

2 地层下陷**大多位于**海岸平原区、煤矿地区及石灰岩洞分布发达的地区。

### 3 地层下陷的原因

(1) **地下流体的超抽**：在石油的开采矿区以及地下水的过量抽取平原地区，由于含油气层及含水地层中的孔隙率急速减少，导致上覆地层产生陷落。

(2) **地盘下陷**：例如煤田区煤矿大量开采，以及石灰岩地区地下水的溶蚀，以致造成溶洞地区的支撑破坏，因而导致其上覆地层的下陷。

(3) **地壳运动**：其中以地震所造成的地层快速下滑，致而造成即时性的地层下陷。另外，一种盆地的区域不等量持续下降，导致地层产生下陷，此种下陷速度较缓慢。

### 4 地层下陷造成的灾害：

- (1) 建筑物及公共设施之破坏、龟裂及倾斜，甚至倒塌。
- (2) 使得地面标高降低、并带来次生灾害：天津地面下陷，防潮堤提高，土壤

盐碱化，泄洪能力下降，水管破损；北京破坏建筑物和道路，损坏井管，土壤盐碱化；本溪大量采空区下限。

(3) **盆地的下陷——海水倒灌**：如果滨海地区盆地或地层的持续下陷，也可能导致海水倒灌。例如屏东林边滨海地区，此不但使良好的桑田变为沧海，而甚至引发当地居民染上乌脚病的问题。

## 5 地面沉降的治理措施

(1) **表面治理措施**：修筑或者加高堤坝；人工填土加高地面；改建修复管线；修改城市规划，避开沉降区域；

(2) **根本治理措施**：人工补给地下水；限制开采地下水；停止开采压缩性大的表层地下水；限制或者停止开采一些固体矿物。

## 6 地震灾害

(1) 在地震灾害中，以**构造地震所造**的灾害最为普遍，而且**危害范围也最大**。

(2) **地震灾害类型**：地震灾害可分为**直接地震灾害**和**间接地震灾害**二类。

1) **直接地震灾害**为由地震造成的震动及地面断裂和变形，所引起的建建筑物倒塌和损坏，人畜伤亡及大量财物损失等。

2) **间接地震灾害**为指因强烈地震引起的山崩，土石流，水坝，河口堤决或海啸所造成的水灾，以及地震拉断瓦斯管线所引起的火灾等均属之。

### (3) 地震的破坏及灾害

1) **地震的产生的震动和破坏**：建筑物因水平摇动、共振，而直接破坏建筑等物的结构。此为地震主要的破坏。尤以顺向坡，及人工填方地区，地震的破坏力最大。

2) **地震常引起断层及地裂**，此等地面破坏常会直接破坏地面上的建筑物及农作物。

### (4) 基岩地质条件对震害的影响程度

1) **基岩层的固结程度**：一般而言，建于固结佳岩层上的破坏程度远较松散沉积物上为轻。

2) **松散沉积层的厚度大者**，破坏程度也会显著加大。

3) **土层性质与震害程度有关**。一般言之，其**抗震害程度由小到大依序为**：坚硬岩石 < 砂砾石 < 致密粘性土 < 饱和粉砂 < 淤泥、沼泽土、人工填土。

4) 震灾的破坏程度与**断层的位移量及破坏带的大小**有关。位移量愈大者破坏力愈大。

#### (5) 地震的防灾策略与对策

1) 地震发生时，以拯救人命及减少财产与经济损失为首要目标。因此各级政府及民间应妥善制定地震灾害之预防与地震区之规划。

2) 防震灾政策与措施：

I 逐步提高建筑物之防震标准。

II 工址的选择需考虑地质及地震危害程度：工程位址之选择应避免活动性断裂带和大断裂破碎带。避开不稳定斜坡或可能产生斜坡破坏效应的地段。大坝工程中，土石坝的建造以堆石坝较冲填土坝的抗震性能好。而混凝土坝中，以拱坝之抗震性较重力坝好为佳，但此又与两岸的地层结构有关。

#### 7 活动断层及灾害预防

(1) **活动断层**为指目前正在活动或短期内可能再活的断层。

(2) 一般活动断可区为**三类**：目前正在活动；近期曾有过活动；不久的将来可能重新活动的断层。

(3) 活动断层的**最佳例子**为美国加州圣安得烈(San Andreas)断层。

(4) 活动断层的**活动方式**可分为**二类**：因地震产生突然的滑动；连续缓慢的滑

动。

(5) **活动断层对工程建筑物之影响**：活动断层所产生的地面错动及其伴生的地面变形，可直接损害跨越断层上的建筑或建于其邻近的建筑物。活动断层发震所产生的地震波，会影响/破坏附近大范围内的建筑或工程。

(6) **活动断层之规模**：重大工程之评估、规划与设计，需要调查活动断层的长度及最大位移量。地震规模愈大，错动断层的长度愈长。

(7) **活动断层的防灾措施**

1) **工址选择原则**：活动度低者优于活动度高者；活动时代老者优于活动时代新者；全新世（11,000年）内无活动者优于全新世内曾活动者；尽可能避开主断层带；避开有强烈地表变形地区；避开有分支、副断裂发育的断层上盘。需要选在距离主断面数公里之外，应预估可能产生的地表变形及规模。

2) **大坝及核能发电厂等重大永久性建筑物**，决不能选在活动断层上或附近。

3) **铁公路、桥梁、隧道等线性工程**，必须跨越活动断层时，尽量以高角度与断层线相交，并且避开主断层。

(8) **活动断层的评估要件**（评估活动断层时必需考虑下列因素：）

1) **活动断层之类型**：**倾滑断层**：正断层及逆断层。

**走滑断层**：左移断层及右移断层。其中以走滑断层对工程的影响最大。

2) **活动断层的活动率与频率**。

3) **活动断层之继承性**，例如沿着断层再产生活动者。

整理人： 吴益冲惊

[wuyichongjing@163.com](mailto:wuyichongjing@163.com)

**内部资料，不允许用于商业用途！**