**地 质 学 科 基 础 课 程**

**各 专 业 通 用**

**普通地质学**

**PHYSICAL GEOLOGY**

**舒良树**

## 南京大学地球科学与工程学院 School of Earth Sciences and Engineering Nanjing University

### 第一章 绪论

**普通地质学 (Physical Geology)**

**目 录**

第一节 地球科学的研究对象 第二节 地球科学的重要性

第三节 地球科学的内容与分科 第四节 地球科学的研究方法 第五节 当代地质学的特点与最新进展 第六节 地球科学的任务

第七节 中国的若干地学优势：青藏高原、大别高压-超高压变质带、黄土高原、云贵岩溶、辽西热河动 物群、云南澄江动物群、陆相成油理论、华南花岗岩与矿藏，等等

### 第二章 矿物

第一节 若干基本概念:晶体、准晶体、非晶质体；矿物、准矿物、非矿物、矿物基本特征 第二节 矿物的物理性质 第三节 矿物的鉴定 第四节 矿物用途 **第三章 岩浆作用与火成岩**

第一节 国内外若干著名的火山活动介绍 第二节 喷出作用与喷出岩 第三节 熔岩类型及其特征 第四节 火山喷发的阶段性

第五节 世界火山岩的分布 第六节 侵入作用与侵入岩

第七节 火成岩的结构与构造 第八节 火成岩的主要类型 第九节 岩浆的形成机制

### 第四章 外力作用与沉积岩

第一节 引起外动力作用的因素外力地质作用的类型 第二节 沉积岩的特性 第二节 沉积岩的构造 第四节 四类沉积岩 **第五章 变质作用与变质岩**

第一节 变质作用的因素 第二节 变质作用中原岩的变化 第三节 变质作用类型及其代表性岩石 第四节 岩石的演化

### 第六章 地质年代

第一节 相对年代的确定 第二节 同位素年龄的测定

第三节 地质年代表 第四节 生物大爆发与生物大绝灭 **第七章 地震及地球内部构造**

第一节 我国近期的几次大地震 第二节 地震的基本概念

第三节 地震波与地震仪 第四节 地震的分布

第五节 地震预报与预防 第六节 地球的内部构造 **第八章 构造运动与地质构造**

第一节 地壳运动 第二节 褶皱、断裂与其它变形构造 第三节 地层的接触关系 **第九章 板块构造**

第一节 大地构造基本概念 第二节 大陆漂移与板块构造

第三节 板块的边界 第四节 全球板块划分、地体构造 **第十章 风化作用**

第一节 风化作用的类型 第二节 控制岩石风化的因素 第三节 风化作用的产物 **第十一章 河流及其它地质作用**

第一节 河流概述 第二节 河流的侵蚀作用 第三节 河流的搬运作用 第四节 河流地貌 第五节 河流的去均夷化作用 第六节 河流发育同地质构造的关系 第七节 准平原化作用 **第十二章 冰川及其地质作用**

第一节 冰川的形成与运动 第二节 冰川的类型 第三节 冰川的剥蚀作用与冰川地貌 第四节 冰川搬运作用与沉积作用 第五节 冰水沉积物及其地貌 第六节 冰川作用及其原因 **第十三章 地下水及其地质作用**

第一节 地下水的基本概念 第二节 地下水的类型 第三节 地下热水 第四节 地下水的地质作用 第五节 地下水的开发利用

### 第十四章 海洋的地质作用

第一节 概况 第二节 海水的运动及其地质作用

第三节 海底沉积物 第四节 全球海平面的上升与下降 **第十五章 湖泊及沼泽的地质作用**

第一节 湖泊概况 第二节 湖泊的地质作用 第三节 沼泽及其地质作用 **第十六章 风的地质作用**

第一节 风的剥蚀作用 第二节 风的搬运作用 第三节 风的沉积作用 第四节 荒漠、沙漠与黄土 **第十七章 块体运动**

第一节 块体运动发生的因素 第二节 块体运动的类型 **第十八章 行星地质概述**

第一节 太阳系及其起源 第二节 类地行星 第三节 类木行星及其卫星 **第十九章 地球的演化**

第一节 地球的年龄与演化过程 第二节 天文时期 第三节 隐生宙时期 第四节 显生宙时期 第五节 古地理变化

### 第二十章 人类社会与地质环境

第一节 环境地质学的一般概念 第二节 城市兴衰与地质环境 第三节 人体健康与地质环境 第四节 废物处置的地质环境 第五节 人为地质灾害

**课程计划 要求**: 了解地球科学的基本理论和知识,为专业课打基础

**专业配置**：构造，岩石，古生物, 矿物, 矿床, 地球化学，水文，工程，信息 **专业培养流程**：普地→专业课→野外实习→毕业论文

**毕业去向**：考研, 科研单位，高校, 管理部门, 其它 **教学安排**: 教学 18 周(复习 1 周)；周学时 6（讲课 4,实验 2） **学分**:4

**考绩计分**:考试 60%+实验 20%+期中考试 15%+专业表现 5%

**教学方式**: 1.讲课+实习；2.经典+现代；3.理论+图象**实验课**：1.分班(30-40 人/班)；2.时间(第 二周开始；先领取放大镜与罗盘)；3.普地实验室

### 其他安排：课间野外实习 1 天；课堂讨论；看录象片等 (临时通知)

**主要参考文献**

1. Jolivet L, Nataf H-C. 2001. Geodynamique. Paris: DUUNOD.
2. Jean DERCPURT, Jacques Paquet. 1999. Geologie objets et methodes. Paris: DUUNOD, 1-456
3. Andre BRAHIC, Michel HOFFERT, Andre SCHAAF, Marc TARDY, Jean-Yves DANIEL. 1999. Sciences de la Terre et de l’Univers. Paris: Vuibert, 1-634

4．David Lambert, Diagram Group. 2006.The field guide to Geology.Facts on file,1-304.

1. Tony Waltham, Anthony Waltham.2001.Foundations of Engineering Geology.Taylor & Francis Group,1-104.
2. Charles Lyell, James A. Secord. 2006. Principles of Geology.Penguin Books, 1-528.
3. Stanly Chernicoff, Donna Whitney.2006. Geology: An Introduction to Physical Geology.Prentice Hall, 1-744.
4. Mark A.S. McMenamin.2007.Sciences and Geology. Collins,1-224.
5. Edward J. Tarbuck, Frederick K. Lutgens, Dennis Tasa. 2004. Earth: An Introduction to

Physical Geology.Prentice Hall, 1-736.

1. Robert Bakewell, Benjamin Silliman.1839.An Introduction to Geology,Kessinger Publishing, 1-652.
2. David A. Rothery. 2008. Teach yourself Geology.McGraw-Hill,1-288. 1. 舒良树主编. 2010. 普通地质学（全彩第三版).北京：地质出版社，1-292

2. 舒良树，2006. 普通地质学讲义

3. 吴泰然，何国琦. 2003. 普通地质学.北京：大学出版社,1-3455.

4. 陶晓凤，吴德超. 2007. 普通地质学.北京：科学出版社,1-2806.

5. 成都地质学院,1983.动力地质学原理.地质出版社，1-359

6．李叔达. 1983. 动力地质学原理. 北京： 地质出版社，1-358

7．孙鼐，1943.普通地质学（1953 年第三次修订）**.** 商务印书馆，1-243 （中国最早的普通地质 学版本 之一）

8. 夏邦栋，1995.普通地质学（第二版).北京：地质出版社，1-283

9. 赵懿英等,1990.现代地质学讲座.南京大学出版社,1-171

## 第一章 绪论

**第一节 地球科学的研究对象** 地球科学是研究地球的科学,重点研究地球表层的物质、结构与构造。 **1. 研究对象**: 地球；地球的时、空、源。

① 地球的结构：层圈状的地球（slide）。

② 地球的构造：指地球各个部分之间关系及其它们的分布规律及演化。如大气圈、水圈、岩石圈、 地幔、地核；壳幔作用；山脉-盆地；大陆-海洋。

③ 地质事件：地壳运动在地表反映。任务是预测和预防将来发生的地质事件。如地震、火山。

④ 物质：各种元素-矿物-岩石-矿床-地层,它们的分布及其迁移富集规律。 **2.为什么要学习普地，重视普地？**

● “上天、下海、入地”是人类远古以来的梦想。**最难的是入地。** 地球科学参与“上天”（航天、遥感，气候环境），主持下海（海洋地质、深海钻探），主攻入

地（地质各科）。

● 为了了解地球的起源（包括生命起源），了解地球的过去、现在和未来。

● 为了从地球上获取人类生存必需的各类资源。

● 为了与危害人类生存的各种地质灾害作斗争（地震、火山、滑坡、洪灾、荒漠化、环境污染）。

● 为了人类的持续生存与繁衍，为了改善人类生存环境,提高生活质量，经济可持续发展。 “人类只有一个地球, 应使之清洁、安全、富有”。

### 3. 学习意义

● 地球科学是现代科学的重要组成:天、地、生、化、物密不可分(材料)。

● 在国民经济建设和急需目标中有举足轻重的地位（国土资源部,国家地调局,水利部，国家地震 局，石油天然气总公司,交通建设部,中国科学院）。

● 是高科技研究领域的重要组成。

-地球科学家是遥感与宇航的决策者之一。

-地球科学家参与了历次 ERTS 的发射与研究(Earth Resources Technology Satellite)。

-NASA(美国家宇航局)中有大批地球科学家。

-参与了 Apollo 登月计划、火星“旅行者”计划的决策，负责月球样品分析。

-我国的多种卫星以及资源遥感飞机等技术设备均为世界一流。

● 是科技进步的主要动力之一。

-对资源的需求使世界各国不惜代价、不择手段，发展技术，发射资源卫星、间谍卫星。但解译 均少不了地球科学家。

-应用侧视雷达来掌握资源情报。

● 受目前科技水平的限制，目前的研究仅限于地壳及上地幔上部。

-地球平均半径 6371.229 km; 地壳平均厚度 33 km（大陆 20-70 km，海洋 7-10 km）。

-中国大陆超深钻 CCSD(江苏东海): 5000 m,“深入地球深部的望远镜”。

-钻孔最深 10 km: 俄罗斯地台,德国,东海深钻。

-其他部分只能通过分析地震波、重力、磁力等间接推测其物质组成及存在状态。

### 第二节 地球科学的内容与分科

**根据研究内容分为四大类。 1.研究地球的物质组成及其迁移富集规律的分科** a.矿物学（Mineralogy）:矿物形态、成分、结构构造。 b.岩石学(Petrology): 岩石类型、成因、年龄。 c.矿床学(Economic Geology): 矿体的形成条件、机制、过程。

d.地球化学(Geochemistry): 元素迁移富集过程、地质作用的化学过程。 2**.研究地球结构构造的分科（branches）**

a.构造地质学（Structure Geology）

研 究 地 壳 岩 石 - 变 质 变 形 （ Metamorphism-deformation ） - 运 动 学 (Kinematics)- 地 球 动 力 学 (Dynamics)-地质历史。

b.地球物理学（Geophysics） 研究地球重力、地磁、电性、地震波传播特性； 与构造地质结合，研究地球深部的成分、结构、构造。

1. 自然地理学（Physical Geography)
2. 大气学（Aerology) **3.研究地球历史的分科**

a.地史学(Historical Geology): 地球历史上的重大事件。 b.古生物学(Paleotology): 研究地质时期地球上的生物及其演化。 **4.地球科学应用的分科**

a.水文地质学(Hydrology Geology): 地下水的分布、活动规律。 b.工程(Engineering Geology): 研究基岩的稳定性（路基、大坝、厂址、核电站）。 c.遥感地质学(Remote Sensing Geology): 空间对地观测。 d.放射性地质学(Radiological Geology）、

1. 经济地质学(Economic Geology)

**第三节地球科学的研究方法 1.收集资料**:了解现有研究成果，确定研究方案。

**2.现场考察**:验证前人结果，采集样品，记录测量结果和现场分析结果。

**3.分析化验**:确定样品中元素含量、样品的年龄。

**4.模拟实验**:野外地质现象再现。

**5.综合分析**:各种资料汇总-实事求是合乎逻辑的分析-科学解释-演化模型的建立-结论。

**6.将今论古（历史比较法）**:用现在发生的地质作用去推测过去的过程。

●如螺蚌，现在是水生动物；如在岩石中找到其化石，可知该岩石形成于有水的环境。

●至今人们对生物习性的变化仍知之甚少：深海-浅海。

●人类历史中尚未发生的仍靠推测：恐龙的灭绝（全球火山？外星撞击？）。

### 7.现代技术的广泛应用

**a.高新技术** GPS,RS，GIS,CS：Global position system, Remote system, Geography information system（储存、分析大量的地球科学信息）,Communication system。

**b.分析测试技术**：正确、全面的测定成分；可观察超微结构(TEM,SEM)。 **c.高温、高压、模拟实验**：>100km 处,30 千巴，近 2000 度；正常结构石英变为紧密堆积柯石英;

碳变为金钢石。 **d.计算机应用**：各种专门应用软件（复杂运算、模拟），各种文字处理和绘图软件。

**8.新理论、新技术、新方法 科学的特点**:不失一般性；可检验与重复；定量性；预见性。

目前,地球科学正处在一个多学科交叉、跨学科联合的新时代;各学科相互渗透，不断发生着从定性 朝定量的质的飞跃，使地学进入崭新的阶段；并形成了一系列新的边缘学科生长点。

**第四节 当代地质学的特点与最新进展** 当今地学理论突飞猛进,知识更新速度很快。

● 激光、遥感、数字系统、高分辨分析测量仪器等高新技术进入地学领域。

● 服务目标日益和城市建设、生存环境、地质灾害、气候变迁、能源矿产等紧密联系。

●近年国际上取得了一系列重大的理论突破和学科进展,如地球内外核间的旋转、大陆深俯冲、太 空新发现、臭氧层空洞、盆地分析、计算机数字模拟、韧性剪切带与构造运动学等，大大拓宽了地 学的科学内涵，推进了地学界的前进步伐，并带动了其它学科的发展。

**第五节 地球科学家的任务** 1.寻找急缺资源：水,黄金,油气,富铁,地热。

2.对地质灾害进行预测预报:地震,火山,海平面变化,洪灾,滑坡。

-79-8-24,(意)Vesuvius 火山爆发,埋没了 Pompeii 城和 Herculaneun 城。

-1902-5-8 夜,Pelee 火山爆发,200 km/h 下泻,St.Pierre 市 2.8 万人死亡,仅 2 人幸存,形成 1397m 高的火山岛。

-1998 年中国洪灾,损失数百亿元;1976-8,唐山 8 级大地震,数十万人死亡;99 年 9 月台湾 7 级地震, 日月潭被严重破坏；

-2008.5.12 八级大地震，十多万人遇难，经济损失数千亿元； 3.为工程建设提供可靠的地质资料（成渝铁路；沪宁高速公路；长江大桥；黄河小浪底；三峡大坝; 高楼地基）。 4.为解决重大理论问题提供线索（材料力学，长时间变形结果分析，高压高温实验,矿物岩石形成 条件模拟实验）。 5.普及地学知识，让全人类都来关心地球家园（黄河断流、三峡库区、黄山、华山滑坡问题）。

**第六节 中国的地学优势** 1.中国地域广大，地球各个演化时期信息丰富，物质记录齐全。

2.有地球上最古老和最年轻的造山带、有突特的盆地构造、有巨大面积的花岗岩、有丰富的能源矿 产，吸引着各国学者竞相来华，合作研究。

### 3. 我国具有独特的地学优势：

1）独一无二的青藏高原;

2）全球最大面积的西北黄土高原;

3）世界罕见的大别-秦岭-昆仑高压-超高压变质带;

4）震惊世界的辽西热河动物群：中华龙鸟(dragon-bird)（北票，长羽毛的恐龙, 1.6 亿 ～ 1.4 亿年）、中华神州鸟（义县，早白垩世,真正会飞的恐龙），改写了鸟类的进化史;

“20 世纪最惊人的发现之一”： 全球最典型的云南澄江早寒武世密集生物群(5.4 亿年；生命大爆 炸 Big Explosion of Life）；

5) 国际金钉子剖面和点位。全球共有 67 枚，我国已拥有 11 枚，排名全球第一，标志着我国在年 代地层学领域的全球领先地位；

6）陆相成油理论；

7）滇黔桂喀斯特地貌；

8）华南花岗岩与矿藏；等等。 其成果均为国际领先水平，一直是国际上的研究热点，并带动了其它学科的发展。

**本 章 重 点** 1.地质学的研究对象、内容 2.地质学的研究方法 3.地质学科的分支领域

4. 中国的地学优势 5. “将今论古”、“以古论今、论将来”、“活动论”的地质学思维方法论

# 第二章 矿物 MINERAL

### 第一节 若干基本概念 1.地壳由岩石组成；岩石由矿物组成；矿物由元素组成。

**2.元素是构成地球的最基本物质,由同种原子所组成。**

2.1 **元素**(Element):周期表共有 118 种,天然界存在 92 种。

93-118 号元素许多来自实验室发现，大多极短寿命。

2.2 **同位素**:是中子数不同（质量数不同）的同种元素的变种。即，原子序数相同但质量数略有不

同的元素系列。其物理化学性质基本相同。总共有 300 余种。

2.3 可分放射性和稳定两种同位素

**放射性同位素**:主要有 U238,U235,U234,Th232,Rb87,K40 等。 **稳定同位素**：主要有 O16,O17,O18,C12,C13,S32,S33,S36,H1。

2.4 **半衰期** (Half-Life)：放射性元素蜕变到其原来数量的一半所需时间.

半衰期: Rb87-Sr87 : 500 亿年, Th232-Pb208: 139 亿年, U238-Pb206 45 亿年,

K40-Ar40 :15 亿年, U235-Pb207 :7.13 亿年, C14-N14 : 5692 年

**放射性同位素主要用来测定火成岩石的绝对年龄; 稳定同位素主要用来确定岩石形成环境与来源**，如地壳,地幔,水圈,气圈,生物圈,月球,陨石等。

2.5 同位素研究是当代倍受重视的国际前沿,地化专业主攻。

3.**克拉克值:**中上地壳中 50 种元素的平均含量.美国科学家克拉克采集了世界各地的样品 5159 个； 用取得的化学分析数据,求出了 16km 厚的地壳内 50 种元素的平均百分重量,后人称克拉克值.国际 通用. 单位 **ppm=10-6, 即克/吨**。目前还用 **ppb=10-9**

克拉克值（地壳内 50 种元素的平均百分重量）≠**克拉（宝石衡量单位） 1 克=5 克拉**

3.2 地壳中各元素的含量差别很大

其中, O,Si,Al,Fe,Ca, Mg,Na, K, Ti,H 10 元素占 99.96%;

而 O, Si, Al, Fe, Ca 5 元素占了 91.26%。

4. **晶体(Crystal)定义**：内部原子或离子在三维空间呈周期性平移重复排列的固体. 或晶体是具有 晶格构造的固体。普通晶体只有二次、三次、四次、六次对称性。

这种固态物质称结晶质(晶质);晶质构成的物体即**晶体**。 习惯上，将具有几何多面体外形的物体称为**晶体**;将不具几何多面体外形的晶体称为**晶粒**。 **存在两种晶体：**

① 天然晶体（绝大多数）； ②人造晶体（少，如人造石英和金刚石） **非晶质体**：内部原子或离子在三维空间不呈规律性重复排列的固体.如火山玻璃。自然界极少。

在一定条件下，非晶质体可向晶质体转化。如火山玻璃→玉髓。

**准晶体** quasicrystal **定义**：是一种其内部结构由多级呈相似的配位多面体在三维空间作长程定 向有序分布的固体。以色列的丹.舍得曼在快速冷却的铝锰合金中发现此现象,无平移周期性但有位

置序,在布拉格衍射图中，具有五次对称性。2011 年获诺贝尔奖。 为一种新的凝聚态固体，但其内部原子既不像非晶质体那样成完全无序的分布，又不具有像晶体

那样的三维周期性排列有序。

**5 矿物定义**：由地质作用形成的、在正常情况下呈结晶质的元素或无机化合物固体（Nickel,1995），

是组成岩石和矿石的基本单元。自然界广泛分布，超过 3300 种,99%分布于地壳中。 **准矿物** Mineraloid: 在产出状态、成分和化学组成等方面均具有与矿物相同的特征，但不具有

标准结晶构造的均匀固体。自然界很少，主要有蛋白石(SiO2 胶凝体)、水铝英石、玛瑙(SiO2 变胶 体)。在万倍电子显微镜下，表现出一定的有序结构，故称隐晶质。

### 6 矿物的六项基本特征

**特征 1.** 最基本特征: 地质作用、有序结构、无机、固体。 塑料、玻璃不是(非地质作用、无规则结构)；煤不是(有机)、水不是(非固体)、石油与天然

气也不是(有机、非固体)。冰是矿物。

**特征 2**. 自然界绝大多数矿物都是晶体。准矿物很少，蛋白石属之 。 肉眼常见的：石英、长石、云母、方解石、橄榄石、辉石、角闪石；黄铁矿、磁铁矿等。

**特征 3.** 矿物的化学成分基本稳定，但多含有杂质。

**特征 4.** 矿物具有同质多象 (polymorphism；成分相同、晶体结构不同) 和类质同象（空间被性质 相似的离子替代但结构不变 Ca MgCO3）现象。

**同质多象定义**:化学成分相同、但质点的排列方式不同（结构不同）的现象。结果是，形成不 同的矿物。如：C 元素 石墨-富勒烯 Fullerene(常压)→金刚石(超高压);SiO2 石英→柯石英(超高 压)；LT 红柱石→ MT 蓝晶石→ HT 矽线石

**富勒烯 C60：**属于单质碳矿物。由 60 个碳原子构成的稳定分子;其组成及晶体结构已经被质谱、 X 射线分析等实验所证明。

具有 60 个顶点和 32 个面，12 个为正五边形,20 个为正六边形。 因其结构封闭，形似足球（如前图),故又名**足球烯**。

足球烯是英国化学家 Kroto H W 和美国 Smalley 等人于 1985 年提出的。他们用大功率激光束 轰击石墨使其气化，用 1MPa 压强的氦气产生超声波，使被激光轰击的气化碳原子通过一个小喷嘴 进入真空膨胀，并迅速冷却形成新的碳原子，从而得到了 C60。

在室温下为紫红色固态晶体(半导体），掺杂后可变成临界温度很高的超导体。具有广泛应用前 景：用于增强金属、新型催化剂、作光学材料等。

**石墨烯：**只有一个碳原子厚的单层石墨称为石墨烯(单层石墨剥离的最小极限 0.335nm)。厚度 如留在纸上的铅笔字迹。**人类在碳方面的研究新发现，已经产生了两次诺贝尔奖。**

一、(美)科尔、(英)克罗托和(美)斯莫利因发现富勒烯，1996 年获物理学诺贝尔奖。 二、（英）曼彻斯特大学俄裔安德烈²海姆(1958-)和康斯坦丁²诺沃肖诺夫(1974-)，因为在石

墨烯方面的研究成果，2010-10-05 获物理学诺贝尔奖。 以往制备石墨烯的工作均以失败告终。2004 年,上述 2 人以极大的耐心加运气(用透明胶带对石

墨反复撕开与粘帖),制备出石墨烯,并发表论文。 **成果意义**

① 打破了二维晶体无法真实存在的理论预言；

② 发现特殊新材料：即世界上最强、最硬、最韧、最薄且导电、导热性能特好的材料。 强度比钢大 100 倍；致密，最小原子氦也不能穿透它；比金刚石还硬；具 20%拉伸幅度；材料薄，

20 万片叠加才头发粗，可制造太空电梯；可代替硅，制造超级计算机。

### 石墨烯中非规超导电性（能量传送零损耗）：全球震惊的新突破

只要将两层石墨烯旋转到 1.1 度的“魔法”角度叠加,就可零阻力传导电子。由中国年轻学者 曹原团队发现，2018-3-5 在全球顶级刊物《Nature》连发 2 篇论文。

**特征 5**. 可分为 5 类矿物。

1 **自然元素**: Au 金，Cu 黄铜矿, C 石墨,金刚石。自然界较少。

2 **硫化物**: FeS2 黄铁矿。

3 **卤化物(氟化物与氯化物)**: CaF2 萤石, NaCl 石盐。

4 **氧化物**: SiO2 石英, Al2O3 刚玉。

5 **氢氧化物**: Mg(OH)2 水镁石。

6 **复杂含氧盐矿物** 主要包括四种:

**硅酸盐**: 种类多,含量高,分布广,占地壳总重量 75%。如 K(Mg,Fe)3[SiO3AlO10](OH,F)2 ,

KAl2[Si3AlO10](OH)2 白云母、黑云母、 长石、角闪石、辉石、橄榄石等 **碳酸盐**:CaCO3 方解石, MgCO3 白云石，大量分布于地表。 **硫酸盐**:CaSO4 硬石膏

**磷酸盐**: Ce,La)[PO4] 独居石

**特征 6**. 符合特定条件（色泽鲜艳、折光率高、透明度高、硬度高、化学性质稳定、自然界稀少） 的矿物，可成为宝玉石。

**7.岩石:由一种以上矿物构成的固体。** 按形成方式，岩石可分三大类：

火成岩: 占地壳岩石体积 64.7%; 沉积岩: 占地壳岩石体积 7.9%，地表面积 75%; 变质岩:占地壳岩石体积 27.4%。

1. **外形**(Shape)

1.1 **单晶体**(Single crystal)

### 第二节 矿物的物理性质

一向延伸：呈针状柱状,如辉锑矿 Sb2S2 (Stibnite); 二向延伸：呈板状、片状,如长石, 云母;

三向延伸：呈菱面体、八面体、立方体、复合体,如方解石,萤石,角闪石,辉石,黄铁矿,金刚石。 1.2 **集合体**(Aggregate): 矿物微粒聚集体。

一向的呈纤维状,如石棉; 二向的呈鳞片状,绢云母; 三向的呈粒状,橄榄石。

1.3 **特殊集合体**: 放射状,如硅灰石 CaSiO3; 钟乳状, 如钟乳石; 晶族状,如石英; 鲕状、葡萄状、 肾状,如赤铁矿。

1. **光学性质**(Optical)

2.1 **透明度**(Transparency):矿物薄片(厚 0.03 mm)能透过光线者,称**透明矿物**。 如石英,云母,长石,方解石等；**反之,称不透明矿物**。**所有金属矿物都是不透明矿物**。

2.2 **光泽**(Luster): 矿物的反光能力。

**金属光泽**: 反射很强,所有金属矿物均此光泽。 **非金属光泽**:反射较弱，透明矿物的光泽。

可细分金刚光泽(金刚石),玻璃光泽(长石),油脂光泽(石英断口), 丝绢光泽(绢云母),珍珠光 泽(白云母),土状光泽(高岭石)6 种。

### 2.3 颜色(Color)与条痕(Streak)

● 颜色:白,蓝,红,黑,浅绿,紫红等。

● 自色(Diochromatic): 被化学成分和内部结构所决定的矿物本色。 如方铅矿的铅灰色。

● 他色(Allochromatic):混入杂质后的矿物颜色。

如石英(无色)→Fe 多,紫晶(紫色)→Fe 少，蔷薇石英(淡红色)→含 Mn,烟水晶(茶色)

● 假色:表面氧化或吸附他物后的颜色。如褐色黄铁矿。

● 条痕色: 矿物粉末的颜色。 用瓷板划之,紫红的赤铁矿呈樱红色,金黄的黄铜矿呈墨绿色。

**3 力学性质**(Mechanical):在外力下的表现。

3.1 **硬度**(Hardness):抵抗外力的强度。 记牢以下 10 种不同硬度的矿物摩氏硬度记:

**1 滑石,2 石膏,3 方解石,4 萤石,5 磷灰石,6 长石,7 石英,8 黄晶 9 刚玉 10 金刚石** 指甲为 2-2.5,小刀为 5-5.5,玻璃 6。**硬度大的可刻动小的**。

3.2 **解理**(Cleavage): 外力下矿物的定向开裂。

极完全解理(云母)-完全(方解石)-中等(角闪石)-不完全(橄榄石) 3.3 **断口**: 解理不发育矿物在外力下的不规则裂开。

贝壳状(石英), 锯齿状(石膏), 参差状(黄铁矿), 平坦状(高岭土)。 3.4 **弹性**:受力后能恢复原状的。如云母。

3.5 **挠性**:受力后不能恢复原状的,又称范性变形。如蛭石。

3.6 **延展性**:可用外力任意改变其形状的。 **延:一维; 展:二维(黄金)**

### 4 其它物理性质

4.1 **比重**(Specific gravity):与同体积 40C 水的重量比。 轻:<2.5;中:2.5-4;重>4(方解石 2.7,黑钨矿 7.5,金 19.3)。 4.2 **磁性**:本身有磁性或能被磁铁吸引。如磁铁矿。

4.3 **发光性**:外光照射后能发光。 **荧光**:切断光源后,发光消失。 **磷光**: 切断光源后,仍发光一时。

白钨矿、；萤石(紫外光下)-浅蓝荧光; 金刚石(X 射线下)-天蓝荧光。 4.4 **双折射**:冰洲石。 4.5 **导电**: 石墨。 4.6 **滑感**:滑石。

**第三节 矿物的鉴定 常规鉴定：**看(外形,色,光泽)-掂(比重)-敲(硬度)。

**精确鉴定：**偏光显微镜,化学成分分析, 激光探针，SEM （Scan Electric Microscope）, TEM (Transmission Electric Microscope)。

**常见的：**方解石 CaCO3, 石英 SiO2, 长石、云母。 **偏光镜下常见的**: 长石,石英,云母,辉石,角闪石,方解石。

**第四节 矿物用途** 1 **贵重的矿物**：金刚石 C, 金 Au, 银 Ag。

2 **工艺品矿物：**玛瑙 SiO2 ，红宝石、蓝宝石 Al2O3（刚玉）。

3 **工业原料矿物**：赤铁矿 Fe2O3, 磁铁矿 Fe3O4, 铜矿 CuFeS2。

4 **药用矿物**：辰砂 HgS, 雄黄 As4S4。

5 **环境示踪矿物**

HP/LT 矿物：蓝闪石、多硅白云母、红帘石(俯冲碰撞带)。 UHP 矿物：柯石英、金刚石(陆内深俯冲,>100km 深度)。

### 本 章 重 点

一、重要概念 Important conception 放射性同位素；稳定同位素；克拉克值；矿物；晶体，准晶体；同质多象；条痕，解理，断口；摩 氏硬度计；矿物集合体

二、基本特征 Basic features

1.矿物的五项基本特征 2.矿物的常规鉴定 3.矿物有哪些物理、力学和光学性质

**第三章 岩浆作用与火成岩（Magmatism and Igneous Rock） 引 言**

**1 火山**（Volcano）,常伴有地震,是一种严重危害人类生存的地质灾害。

### 2 100 年前世界著名的火山喷发

● 1902.5.8 夜,西印度群岛 Pelee(培雷)火山爆发,200km/h 倾泻 而下,倾刻之间，St.Pierre（圣 佩尔市）毁于一旦，2.8 万人死亡,仅 2 人幸存,形成 1397 米火山岛。

● 79.8.24,意 Vesuvius(维苏威)火山爆发,烟柱达 13km 高;火山灰厚 7m,埋没了 Pompeii（庞贝） 等三座城市。现为著名旅游胜地。

● 1883.5.20-28 日,印尼爪哇岛与苏门答腊之间的喀拉喀托火山爆发,火山灰柱 27km 高、总量 18 立方 km,落灰遍布全球；将 75 平方 km 的海岛炸掉 50 平方 km。

● 富士山火山：最近一次喷发 1707 年。位于日本本州中南,高 3776 米。山下樱花、山顶积雪,自 然景色优美。

### 3 近期喷发的火山

● (美)圣海仑斯：1983 年,2450 米高。

● 夏威夷基拉韦尔：共 8900 米高,水下 4900 米,火山锥在水面之上 4000 米, 全球最高。1920 年 又喷发。

● 阿留申岛博各斯洛夫：1796-1907 年,高出洋底 1600 米。

● 日本九州中部阿苏：1980 年,1592 米高。

● 东京附近三宅岛：00.8.10-18, 火山黑烟柱高达 3000m。 **4 我国的火山**

● 北疆乌苏县 SW45km,N84o23’,E44o11’,2002 年 8-9 月泥火山喷发。在 200x80m 范围内,共 80 多个活火山口。产在 J 和 N2 交接带。

● 南疆于田县卡儿达西火山群:1951.5.27 爆发,伴有烟柱喷出,锥顶 4900 米。是我国最近的火山 活动记录。

● 白头山天池：1597 年和 1702 年二次喷发。火山口东西 3km、南北 4km,周长 11.3km,水深>200m, 最深 370m。为游览胜地。

● 黑龙江五大连池和南京六合县方山：均为 5 万年来形成的碱性玄武岩火山,是典型的破火山口。 **第一节 喷出作用与喷出岩 (Extrusion and Eruption)**

1.**规模** 火成岩占地壳岩石体积的 64.7% 。

2.**岩浆**（MAGMA）**定义**：形成于地下深处的、具有较大粘性的高温熔融流体物质。

● **岩浆成分**:硅酸盐+1-8%以水为主的挥发物质;

● **源区**:地表之下 50-200km；

● **岩浆条件**:温度 800-1200°C；压力 10 千巴大气压（40km）。 3.**岩浆作用**：岩浆发育、运动、固结成火成岩的作用。岩浆喷出地表的过程,称**火山作用**。早期爆 炸喷出,晚期地表溢**流。**未到达地壳而在地下某深处冷凝结晶固结的过程,称为**侵入作用**。 由于岩浆高温、高压，具有潜在的活动能量，能沿早先地壳活动中形成的薄弱带（如断层带）向低 压方向运动。

### 4.两类火成岩

● **侵入岩**：地下深处冷凝结晶的岩浆岩。

● **火山岩**：岩浆喷到地表、气体逃逸、落地冷凝而成的岩石。 又可细分为**火山碎屑岩**（喷到空中炸碎的岩浆与围岩碎块,落下堆积而成）和**熔岩**(未脱离地面、岩 浆直接在地表溢流而冷凝形成)两种。

### 5.喷出作用

● 喷出与否与地壳的活动有关。 有地壳活动才能打破岩浆的平衡,地壳产生断裂岩浆才能顺之上涌。

● 喷出强度与岩浆的粘性有关(viscosity) **岩浆由二部分构成：**硅氧四面体或硅铝氧化物、金属阳离子。

[SiO4]-4、[AlSi3O8]- + K，Na，Ca，Mg，Fe，前者含量高，则岩浆粘性大,呈酸性,难流动,故

多为爆发相;反之,粘性小,呈基性,易流动,气孔多，多表现为喷溢相。

### ● 火山喷发物质的构成

a. **气体**：水汽、二氧化碳、硫化物等。

**b．固体**: 围岩及早先冷凝的岩浆岩，被岩浆喷出,脱离地表在空中炸碎后冷凝成固结体,称火山 碎屑岩。

**火山灰** <2mm 单独成岩 凝灰岩 **火山砾** 2-50mm 火山灰胶结 火山角砾岩

**火山块** >50mm 火山灰胶结 火山集块岩、火山弹（喷出炸碎后冷凝固结的岩浆块） **火山渣** 数十厘米 快速冷凝的不规则岩浆块 **浮岩**：蜂窝状熔岩，比重很小，可上浮水面

tuff:凝灰岩, Lava:熔岩, volcanic breccia:火山角砾岩,volcanic agglomerate:火山集块岩 **c．熔融体**：熔岩（熔岩流、熔岩被;多面形分布）表面具柱状节理（冷凝收缩而成的六边形柱体），

总与流面垂直。 **6 喷发方式**

**裂隙式喷发**：岩浆沿断裂溢出，固体喷发物较少。 **中心式喷发**：形成盾形火山锥,坡度小（2-4 度,小于 150）。 **7 喷发强度**

a.强烈爆发。 b.宁静喷溢:地中海斯特龙特利火山(天然的“海上灯塔”)。

**8 火山通道**：岩浆流出的地方。

● 在近地面冷凝的岩浆形成火山颈，岩石称次火山岩。

● 可确定火山作用的时间、空间、成因。

● 复式火山锥：火山碎屑与熔岩互层。

● 火山机构：岩浆房、火山颈（通道）、火山口、火山锥、破火口；次火山岩、熔岩、火山碎屑岩。 **9 熔岩类型及其特征**

● 按 SiO2 含量%的分类(国际通用)

### 超基性:<45%; 基性:45-52%; 中性:52-65%;酸性:>65%。

**10 各类代表性熔岩介绍**

10.1 **超镁铁熔岩**(ultramafic): 科马提岩(komatiite)

● 分布于南非和澳大利亚

●具鬣刺结构:快速冷凝而成的长条状橄榄石骸晶集合体,常充填于橄榄岩或辉石岩裂隙中。

10.2 **基性熔岩**(basic):玄武岩(basalt)。

● 黑色,致密,比重大,粘性小,有柱状节理。喷发宁静 （气体易溢出）。

● 海底喷发形成枕状构造（Pillow lava）,顶突底平。

● 著名产地：印度德干高原，厚 3000 米，面积 100 万平方 km。我国峨眉山玄武岩（P）。

● 矿产：Cu、Fe、铸石材料。

10.3 **中性熔岩**: 中性岩浆粘性较大、爆炸喷发,多形成复式火山锥。 安山岩（Andesite）：浅色、有气孔(vesicular,泡)、杏仁体(amygdaloid)。

● 分布：南美安第斯山。

● 著名矿产：墨西哥银矿、台湾金瓜石金矿、山西五台龙须沟铜矿,日本黑矿。 **10.4 酸性岩浆:**粘性大,强烈爆炸喷发,形成复式火山锥。

流纹岩（rhyolite）: 浅色,具流纹构造(冷却慢)。

● 分布：浙江、福建、广东沿海,宁镇地区。

● 矿产：Au,Ag,Cu,U,W,Sn,Mo 等，浙江青田玉、鸡血石（印章）、熔结凝灰岩（蟾石）。 **11 火山喷发的阶段性**

● 火山喷发是断断续续的，有的一、二次（南京方山），有的若干次（圣海仑斯）。

● 不同喷发期岩浆的成分要改变一般演化规律：基性-中性-酸性。

● 喷发后期常下陷，形成破火山口(火山湖)。

● 活火山指人类历史时期有过活动，否则称死火山。 **12.世界火山岩主要分布在板块构造的边界**

● **洋脊火山带**：太平洋、大西洋、印度洋洋脊。

● **环太平洋火山带**：主要是中酸性火山岩，多为安山岩。 **安山岩线**：环太平洋大陆及岛屿为安山岩，大洋内部为玄武岩，二者界线称为安山岩线。

● **地中海-印尼火山带。** 红海与东非有 22 座活火山:均在地壳裂谷处。

### ● 红海沿岸-东非裂谷带。

**第二节 侵入作用与侵入岩**

**1.1 侵入作用**(intrusion)

● **侵入岩**（侵入体）:岩浆在向上运动的侵入过程中逐渐冷凝结晶形成的岩石。可分为： **深成侵入岩**(深成岩):>10km 深处形成；**中深成侵入岩**(中深成岩):3-10km 深处形成； **浅成侵入岩**(浅成岩):<3km 深处形成； **超浅成侵入岩**(次火山岩):<1.5km 深处形成。

● **围岩**:被岩浆侵入的岩石。 **1.1 同化作用、混染作用**

● **同化**：热岩浆对冷围岩的吞噬与化学作用，最终使围岩成为火成岩的一部分。**围岩<<岩浆体积。**

● **混染**：岩浆体积不够大,不足以完全吞噬围岩,导致围岩与岩浆化学反应,改变岩浆的成分。

● **捕虏体：**岩浆上升过程中，由通道四壁崩落入岩浆中的围岩碎块；多出现在岩体边部。

● **顶垂体：**岩浆上升，使上覆围岩整体抬升，因围岩体积大，未被岩浆完全同化吞噬，整体出现 在岩体之上的围岩残留体。

### 1.2 结晶分异作用

定义: 岩浆在冷凝过程上，按一定规律依次结晶出不同矿物的过程。熔点高比重大的矿物先结晶， 导致岩浆成分不断改变。

**1.3 鲍温反应系列**：美国岩石学家鲍温根据结晶分异原理，用富含橄榄石的玄武岩实验得出的结 晶规律。 分为:

**(1) 连续反应系列：**化学成分连续变化；内部结构无根本变化；为浅色矿物所独有。

●(高温的)基性斜长石(拉长石,培长石,钙长石 Ca[Al2Si2O8])→中性斜长石(中长石)→酸性斜 长石(钠长石 Na[AlSi3O8],更长石)→钾长石→白云母→(低温)石英。

● 端员成分为钠长石与钙长石,二者能以任何比例混溶。 **(2)不连续反应系列**：化学成分有差异；内部结构有显著变化；为暗色矿物或铁镁矿物所独有。

● (高温的)橄榄石→辉石→角闪石→黑云母→钾长石→白云母→(低温的)石英。 **1.3 岩浆结晶出的岩石顺序**

超镁铁岩(橄榄岩)→镁铁岩(辉长岩)→中性岩(闪长岩)→酸性岩(花岗岩)→伟晶岩。 **1.4 伟晶岩**：残余岩浆结晶而成。

● 温度 500 度到 800 度。 ● 挥发分高，主要是长英质。

● 结晶缓慢，形成粗大晶体。 ● 富含成矿物质：Au,Ag,Cu,W,Zn,Mo,U。

**1.5 单一原始岩浆的观点是不全面的！** 鲍温反应系列的核心是“单一原始岩浆的观点”。据此,100 分原始岩浆只可结晶出 5-10 分花岗

岩，但是，陆地上的花岗岩>>玄武岩；而大洋中只有玄武岩而无花岗岩。因此，鲍温实验得出的结 晶顺序规律是对的,而单一原始岩浆的观点是不全面的。

**2. 侵入岩的产状:**侵入岩的形态、大小、与围岩的关系 **(1)岩脉(dyke)：分岩墙与岩床二种。**

● 岩墙(dyke)-与地层层理垂直，岩浆沿围岩的裂缝挤入。

● 岩床(sill)-与地层层理平行，岩浆沿层间的空隙挤入。 **(2)岩体：分岩株与岩基二种。**

● 岩株(stock):出露面积在 10-100 平方 km。

● 岩基(batholith):出露面积大于 100 平方 km。

**第三节 火成岩的结构与构造** 1.**火成岩的结构**(texture):指矿物的结晶程度、晶粒大小、晶体形态和晶粒间的相互关系。 (1) 按 **结晶程度**：全晶质（花岗岩）、玻璃质（黑曜岩）、半晶质（浅成岩）。

(2) 按**晶粒大小**：

粗粒结构： 晶体粒径 5mm 中粒结构： 晶体粒径 5-1mm 细粒结构： 晶体粒径 1-0.1mm(肉眼可辨 0.1-0.2mm) 微粒结构： 晶体粒径 0.1mm

（3）按**晶体的完整程度**：

自形:缓慢结晶，晶形规则; 它形:速冷，晶形不规则; 半自形。

（4）按**晶体的相对大小**：

● 等粒结构, 不等粒结构。

● **似斑状结构** porphyroid（侵入岩）: 基质为显晶质,成分与斑晶相同。反应稳定、缓慢结晶 的环境。

● 斑晶（phenocryst）：粗大的晶体;

基质 （matrix）: 斑晶周围细小的颗粒。以石英大小为标准，分粗、中细和显晶质、隐晶质 和玻璃质等。

● **斑状结构** （porphyritic）：基质为隐晶或玻璃质。（火山岩的典型结构）。

● **鬣刺结构** 快速冷凝而成的长条状橄榄石骸晶集合体,常充填于橄榄岩或辉石岩裂隙中。**科马 提岩所独有！**

**2. 火成岩的构造(**structure): 指矿物集合体的形态、大小、空间排列。 能反映其形成条件。

● 气孔构造、杏仁状构造。

● 流动构造(flow):柱状、片状矿物或俘虏体定向排列。

● **流纹构造**(rhyotaxitic)：不同的矿物成分、不同的颜色、拉长的气孔相互线状或弯曲状平行 排列。流纹岩所特有。

● **枕状构造**（Pillow structure）：水下喷发，一边滚动一边快速冷却-收缩而成。特征：顶凸 底平；外壳为玻璃质，向内逐渐变为显晶质；具放射状或同心圆状龟裂缝。

### 水下喷发的玄武岩、安山岩所独有！

● **晶洞构造**：岩浆冷凝收缩形成的浑圆状空洞,内常生长有晶族。不同于气孔。为不均质的碱性 花岗岩(A 型)典型构造。

● **球状构造**：由不同矿物组成的同心圆壳围绕中心分布而成。 **特征**：各圈中的矿物呈放射状分布。 成因：岩浆中的某些组分脉动式过饱和结晶而形成。

● 层状构造(bedded):熔岩-沉积夹层-熔岩平行排列。

● 块状构造(massive structure)：宏观上各向同性；矿物排列无规律；岩石呈均匀块体。火成 岩所特有。

**第四节 火成岩的主要类型 分类标准**：成分、色率、结构、构造。

● 色率反映岩石中暗色矿物的含量。

● 结构构造：喷出岩-气孔、杏仁体、流动、枕状；

浅成岩-斑状、隐晶; 深成岩-似斑状、全晶质。 **注意：超镁铁岩中无石英矿物；岩石命名主要取决于其标准矿物。**

### 火成岩的 SiO2 含量分类表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **岩石 SiO2 含量 %** | **超镁铁岩**  **<45** | **基性岩 45-52** | **中性岩 52-65** | **酸性岩**  **>65** |
| **喷出岩** Eruptive | **科马提岩** Komatiite | **玄武岩** Basalt | **安山岩 粗面岩**  Andasite Trachyte | **流纹岩** Phyolite |
| **浅成岩** Hypabyssal | **金伯利岩** Kimberlite | **辉绿岩** Diabase | **闪长玢岩 正长玢岩** Diorite porphyry Syenite porphyry | **花岗斑岩** Granite P. |
| **深成岩** Plutonic | **橄榄岩** Peridotite | **辉长岩** Gabbro | **闪长岩 正长岩**  Diorite Syenite | **花岗岩** Granite |
| **标准矿物** Minerals | 橄榄石，辉 石，角闪石 | 辉石，角闪石， 钙长石 | 角闪石，黑云母，中长石  角闪石，黑云母，碱长石 | 钾、钠长石 石英，黑云母 |

**第五节 岩浆的形成与地球内热**

**一. 岩浆的形成**

1．物质来源：地壳岩石和地幔顶部的物质。

2．物理因素：与温度、压力（小，利熔）、水分（高，有利熔）有关。

3．不同岩浆的成因 ● 超镁铁岩与镁铁岩: 地幔顶部岩浆分熔（分异）。

● 中酸性岩: a. 同超镁铁岩(岩浆分熔) b. 地壳部分熔融。 二. 地热及其成因

1.地热：来自地下的热流。

（1）表现方式：a.深部为对流方式；b.浅部通过岩石传导。

● 称“大地热流” Heat Flow，单位为 HFU:微卡/cm2²秒（微卡，百万分之一千卡）。

● 洋底：>1。47（HFU），平均：1。47（平均热流值）。

常温层，地表下 10 多米，与当地年平均气温相当；与海拔、纬度有关。 增温层，平均 3°C/百米，称地热增温率；按此计算地心温度 19 万度！ 太阳中心温度：1500 万度。 压力：2500 亿个大气压。

**（2）地热分布：略** a.沿水平方向分布有差异；

b. 地热高的地方，低温梯度也高； c.地下深处，由于压力高，密度极大，物质不会全部熔化。

（3）意义:有助于研究石油等的生成；有助于寻找地热（温泉、热泉、沸泉）。 2. 地热成因

● 余热：炽热的星云物质聚集-收缩（地球由热-冷放热）。

● 重力分异：地球内部物质按比重分异，位能转成热能：地球由冷-热,产生热。

● 放射热：放射性物质衰变产生热（地球由冷-热）。放射性物质主要在地壳中，可解释增温率变 化原因。

● 撞击热：行星与地球撞击产生热（地球由冷-热）。

地球究竟由冷-热，还是由热-冷，尚是探索的课题。

### 本 章 重 点

一、术语

岩浆作用；火成岩的结构，构造；科马提岩，鬣刺结构；斑状结构,似斑状结构；枕状构造；柱状 节理；安山岩线；两种喷发方式；结晶分异作用，鲍温反应系列；同化,混染；岩浆黏度；捕虏体 二、基本特征

1.叙述火成岩的产状

2.火成岩的分类表（SiO2 的含量）

3.叙述岩浆的基本特征

4.世界火山分布的三大地带

# 第四章 外动力作用与沉积岩

### 地球动力学可分外动力与内动力二种。

a. **外动力**：风化、剥蚀、搬运、沉积、成岩。 意义：解释沉积岩成因，阐述地质发展史，寻找沉积矿产(煤、石油、铁等)。

b.**内动力**：火山、地震、构造运动产生的变形等。意义：解释火成岩、变质岩成因，阐述构造运 动学、地球动力学。

**第一节 大气圈、水圈、生物圈、岩石圈 1. 大气圈**：地表最稠密，无明确的上界;大气≈N2+O2+Ar+CO2。 从地面到高处: **对流层→平流层→中间层→热成层→外逸层**。

● 对流层:顶面距地面高度 10-16km,每上升 1km 降温 6.5 度(oC)；温度来自地面辐射的太阳能。

● 平流层:顶面距地面高度 55km。其顶部为**臭氧层**。温度随高度增加而增加；可至 0 度以上。 不受地表热辐射或对流大气的影响。 此高度之下的地质作用最重要。

● 大气的流动：全球范围的有大气环流（有一定路线与型式）。局部产生东、南、西、北风及龙 卷风。

● 大气的地质作用 a.氧、二氧化碳等是进行地球化学作用的重要物质。 b.大气是生命的保护层（臭氧层能吸收紫外线）。

c.使地球表面具有适宜的温度；产生各种气候现象，导致外动力地质作用的发生。 d.运动的大气（风）是塑造地面形态的动力。 e.环境污染已开始破坏人类生存的保护层。

直接的有飞沙走石，如内蒙-北京-东北的春天沙尘暴，几乎每年都要持续 1-2 个月。 间接的为大气温室效应（工业二氧化碳排放使大气升温）、臭氧层空洞（发生在南极上空。臭氧

层的保护作用受到严重破坏，紫外线的长驱直入将使人类健康每况愈下）。 **2．水圈**

水圈=海洋+湖泊+河流+冰雪+岩石中的裂隙水。为一连续的层圈。 **2.1 科里奥利效应**

● 由于地球自转，而使地表运动物体改向的力（取决于不同的纬度和线速度）。

● 在北半球，顺着物体运动方向看，科氏力作用向右偏移。

● 大气、河流均受此影响。 北半球:物体向北运动；顺着运动方向看，作用力向右；物体向南运动；顺着运动方向看，作

用力向右。

南半球:物体向南运动；顺着运动方向看，作用力向左；物体向北运动；顺着运动方向看，作

用力向左。

**2.2 水圈的作用** a.破坏岩石：机械破坏(干寒带)、化学破坏（CO2）(温湿带)。 b. 搬运岩石：通过水的循环过程完成。

### 3. 生物圈

a.破坏岩石： 机械破坏（根劈）、化学破坏（生物有机酸分解矿物） b.本身成矿:石油、煤;形成生物岩(有机地化研究领域）

### 4. 岩石圈

岩石圈=地壳+上地幔。其顶部的刚体部分是地球科学家研究的主要内容。 **5. 沉积环境** (见图解)

### 6.外动力作用与三大类岩石之间的演化关系：见图解。

**第二节 沉积岩的特性 一. 沉积物质的来源、特性、搬运与固结**

● **沉积物来源**：母岩风化物、生物、火山物质、宇宙物质。

● **沉积岩主要特性**：层理、含化石。

● **岩石的剥蚀**:离开原来位置（但基本是原地）、刨蚀（冰）、潜蚀（地下水）、侵蚀（河流）。

● **沉积物的搬运**: **机械、化学（真溶液或胶体状态）、生物等方式。** (1) 滚动方式沿水流底部搬运:>2mm,砾岩;

(2) 跳跃搬运:2-0.1 mm,砂岩;

(3) 悬浮状态搬运:0.1-0.01 mm,粉砂岩;

(4)凝聚态搬运:< 0.01 mm,粘土岩(沉积岩的分类主要根据上面的碎屑物水力学行为进行) 。

● **沉积物固结**：压固→胶结→重结晶→新矿物生长 **二. 沉积岩中的矿物**

1.**三大类岩石中共有的 8 种造岩矿物**: 石英、长石、云母、辉石、角闪石、方解石、高岭土、 绿泥土。

**2.岩浆岩与沉积岩特有的主要矿物： 岩浆岩：**橄榄石、辉石、角闪石、黑云母（共有的：石英、斜长石、白云母）。 **沉积岩：**方解石、白云石、石膏、石盐（共有的：石英、斜长石、白云母）。 **三.沉积岩的结构: 颗粒的大小,磨圆度,颗粒间关系**

● **大小**：砾>2mm、砂 2-0.1 mm、粉砂 0.1-0.01 mm、泥< 0.01 mm (肉眼→放大镜→显微镜→电子显微镜)

● **磨圆度**:圆、次圆、次棱角、棱角。

● **填隙物(基质)**:砂→细砂→粉砂。 生物及火山碎屑等。

● **胶结物(肉眼分不出大小)**：Si,Fe,Ca,泥。

● **碎屑结构**:岩石中的颗粒是机械沉积的碎屑物。

对具有 1-2 个数量级的碎屑岩，碎屑结构=碎屑+填隙物(比碎屑小 1-2 粒级)+胶结物。 **碎屑岩**:砾岩→砂岩→细砂-粉砂岩； **粘土岩**：泥岩（页岩）

● **非碎屑结构**:

-为生物岩、生物化学岩所特有

-岩石中的颗粒由化学沉积或生物化学沉积作用形成。

-无碎屑和填隙物及胶结物之分。

● **晶质结构:**全由近等大的沉积晶体组成。如灰岩为方解石。

● **生物结构**:由丰富的生物化石碎屑组成。

**四、沉积岩的原生构造 原生沉积构造定义**：沉积岩在形成过程中产生的构造,是各组成部分的空间分布与排列方式。 **1.层理**（Layer,bedding）：沉积岩的成层性。

● 与颗粒性质有关：颗粒粗细、硬度不同就形成了层理。

● 与气候有关：颜色变化也形成层理。 **a.平行层理**：不同沉积层顶底面平行。沉积岩在安静的介质环境中形成。

**b.交错层理** Cross Bedding：不同沉积层顶底面不平行。沉积岩形成于动荡的介质环境中。 **根据“顶截底切”原理，可判断地层的顶底。**

**c. 层的厚度**：巨厚>1m、厚层 1-0.5m、中厚 0.5-0.1、薄层 0.1-0.01m、微层<0.01m **2.递变层理** graded bedding：同一层内，碎屑粒级由下而上逐渐变小。

● 形成环境：水体运动可由强到弱或由弱到强。如水介质环境周期性变化，在重力沉积下就形 成了“韵律层”。

● 用途：确定地层的顶底

**3.波痕** ripple mark：波浪弯曲的层面。反映沉积环境动荡。

● 水介质定向运动形成不对称波痕:可确定流向(从缓坡向陡坡),但不能确定顶底。

● 水介质往复运动形成对称波痕:不能确定流向,但可确定地层顶底(尖头朝顶)。 **4.泥裂** mud crack：层面上多边形，剖面上楔形。

● 成因：滨海、滨湖沉积物暴露出水面，失水→变干→收缩而成；填充物与上复岩层相当。

● 用途：(1)确定地层的顶底；(2)指示古气候（干燥）；(3)确定沉积相（陆相、海岸相）。 **5．缝合线** Stylolite：岩层中的锯齿状曲线，与层面平行（但有例外）。区别“Suture”。

● 分布：石灰岩、砂岩中（如五通石英砂岩）；

● 成因：大型的缝合线示沉积作用的短暂停顿；小的示压溶作用;含二氧化碳淤泥沿层面循环时， 溶解二侧物质所致。

● 用途：确定地层产状（须结合其它标志才能确定地层的正常或倒转）。 **6.结核** Nodule,concretion

● 定义：沉积岩中，某种不同物质聚积而成的核状体。

● 分布：石灰岩（栖霞组灰岩 P1、高骊山组砂页岩 C1）、硅质页岩（孤峰组 P1）。

● 变化：结核脱水收缩，形成网状裂隙，称“龟背石”。

● 用途：a.划分对比地层（有无结核）b.推测地层形成环境（CCD，碳酸盐岩沉积补偿线） **7.冲刷痕** Scour mark(印模)、sole mark(底模)

● 定义：沉积岩层的底面起伏突起。

● 分布：砂岩,页岩中；成因：冲刷;荷重。 **8.雨痕（冰雹痕）、假晶、虫迹、同生褶皱、叠层构造等**。

**9.次生构造**：沉积岩形成后产生的构造。

**第三节 四类沉积岩 一.碎屑岩** Clastic rock：碎屑+填隙物+胶结物

**1.砾岩** Conglomerate

● 粒径：> 2mm (> 10mm 为巨砾)。

● 砾石成分：石英岩、砂岩、髓石岩、石灰岩、火成岩、变质岩。 **2.砂岩** Sandstone

● 粒径：粗砂岩 2-0.5mm、中砂岩 0.5-0.25mm、细砂岩 0.25-0.1mm。

● 成分：石英长石居多。 **3.粉砂岩** Siltstone

● 粒径：0.1-0.01mm。 ● 成分：石英、长石、云母。 **二、化学岩**

**1.硅质岩** Silliceous rock

● 成分：SiO2。

● 成因：生物骨骼堆积而成（如：硅藻土）；火山作用或风化作用使 SiO2 凝聚。

● SiO2 结晶：水晶(宋代:“此乃千年老冰”)→乳石英（气泡多）、紫石英（Fe 多）、蔷薇石英（Fe 少）、烟水晶（含 Mn）。

● 隐晶：玉髓、蛋白石、碧玉（西湖葛岭山保叔塔含 Fe2O3,呈暗红）。 不同色的隐晶 SiO2 若具同心圆构造称为**玛瑙** Agate；其中水胆玛瑙极珍贵！ 珍贵的蛋白石，95%产于澳洲，称 **Opa1** 澳泊(欧泊、澳宝)。

**2.石灰岩** Limestone 石灰岩是重要的建筑材料;蝙蝠虫为三叶虫，蝙蝠虫灰岩是艺术品。 广西桂林、云南路南的岩洞与石林风景优美,植被低矮。

**a.非碎屑结构的石灰岩**:很细小很致密的方解石颗粒，由化学作用形成。分亮晶、泥晶 2 种。 **b.碎屑结构的石灰岩（福克分类）**

(1)内碎屑:已沉积的 CaCO3 被海水冲击破碎(内碎屑灰岩)。 (2)生物碎屑:动物的骨骼(珊瑚礁灰岩)。

(3)CaCO3 凝聚:海水中的 CaCO3 围绕质点凝聚(鲕粒、球粒、团块灰岩)。 (4)填隙物(基质):

亮晶,粒径>0.01mm，常是透明的方解石颗粒。 泥晶:粒径 < 0.01 mm，机械混入物。

(5)胶结物：CaCO3。 **3.白云岩** Dolomite

● 组成：白云石,马鞍状晶体 MgCa[CO3]2。

● 与石灰岩区别：用 10%稀盐酸，不强烈冒泡;野外露头上具黑色刀砍状熔沟。 **三、粘土岩** Clay （原来一直划归碎屑岩类）

● 粒径：< 0.01 mm。

* 成分：粘土矿物（高岭土 China Kaolinite、澎润土、蒙脱石 Montmorillonite、水云母）。

● 成因：粘土矿物经搬运沉积而成。固结无层理的称泥岩，成层好的称页岩 Shale。

● 性质及用途：1．可塑性，2．吸水性（蒙脱石吸水后体积增大 5-20 倍），3．吸附性，4．烧结 性（瓷器的控温烧结），5．耐火性。

**四、生物化学岩:** 硅藻岩,放射虫岩等。自然界很少。

### 本 章 重 点

一、术语 Term 科里奥利力；砾岩的碎屑结构、非碎屑结构；递变层理、交错层理、斜层理、冲刷构造、波痕、缝 合线、泥裂构造；鲕状灰岩

二、思考题

1 外动力地质作用的一般特征 答：1）外力地质作用的三因素(大气圈、水圈(科里奥利效应）-生物圈),

2）外力地质作用的能源(太阳热能、重力能、日月引力能),

3)外力地质作用的类型或沉积岩的形成过程(风化作用-剥蚀作用-搬运作用-沉积作用-固结作 用包括压固、胶结、重结晶、新矿物的生长)

2 沉积构造的研究意义 答：确定形成环境、岩层顶部、成岩过程

3 沉积岩与岩浆岩主要矿物成分比较

4 四类沉积岩的基本特征

分别答碎屑岩-化学岩-生物化学岩-粘土岩的基本特征

**第五章 变质作用与变质岩** Metamorphism and metamorphic rock

● 分布:占地壳总体积的 27.4%; 主体在中、下地壳,地表较少。

● 大别山超高压变质矿物的发现，改写了经典板块构造理论。

● 研究目的：

**了解地球深部地质过程**（HP 的蓝闪石、红帘石，UHP 的柯石英、金刚石）； **恢复原岩**;

**阐明变质作用机制和过程; 寻找矿产资源**(“玉自变质来”；部分名贵宝石，原料来自变质岩。多数金属矿产，都经历过变

质，变质使矿变富变大。前寒武纪含铁石英岩型铁矿占世界铁储量 70%, 我国的鞍山式铁矿属此类 型。我国缺金铜铁铀)。

### 第一节 变质作用基本特征

**一.变质作用的定义**: 由于温度（T）、压力（P）的改变和化学活动性流体的作用，使固态岩石的矿 物成分、化学成分、结构构造都发生了变化，这种地质作用叫变质作用。

● 变质作用主要发生在地壳深部，一般>10 km。

● 变质三要素:T,P,流体, 温度最重要。但陨石撞击及高压变质，主导因素则是压力。

● 热源主要来自地球内部（岩浆热能与放射热能）。

● 通过变质作用形成的岩石叫变质岩。

●正、副变质岩 原岩为火成岩的叫正变质岩；原岩为沉积岩的叫副变质岩。 **二.变质作用的三大因素**

### 1. 温度

● 变质温度（150°C-900°C）：低于 150°C 为常温，高于 900°C 则地壳岩石熔化。

● 温度的作用：非晶体→结晶体; 结晶体→重结晶; 物质与结构重组，一种矿物→另一种矿物。

● 变质温度四来源：地热增温（1°C/33m）、构造运动热、岩浆热、放射热。 **2.压力**

● 静压力(垂或侧):由上复岩石重量引起，随深度增加而增加

● 流体压力:**封闭系统**的流体压力等于上复岩石的静压值；**开放系统**的流体压力等于流体本身的重 量。流体是物质成分进行交换的自由市场。

### 压力单位换算

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Bar (巴)** | **Pa(帕斯卡)** | **Mpa 兆帕** | **GPa 吉帕** |
| **1** | **105** | **10-1** | **10-4** |

1atm=101325Pasca≈105Pa=0.1Mpa（兆帕） 1Gpa=103Mpa=10Kbar=109Pa, 1Mpa=106Pa, 1Kb=100Mpa

1 巴≈1atm（100 万因达/cm2=0．986923 标准大气压）

1Pa=1 牛顿（≈100 克/m2）=100 克/10000 cm2=0.01 克/ cm2

● 蓝片岩：蓝闪石+钠长石组合,产在地壳上部，但压力很大,为 LT/HP 产物，为古俯冲-碰撞带的 重要标志。

● 榴辉岩：镁铝榴石+绿辉石组合,产在地下大约 40km±深处,压力为 10Kb=10 吨/cm2!（参见 P.124,

Hamblin;10Kb=109Pa=107 克/cm2）

● 超高压岩：含柯石英、金刚石的榴辉岩,压力更大,埋藏更深（30Kb,>100km）。全世界只有中国 大别山、法意边境西阿尔卑斯极少数地区被保存。诞生了大陆深俯冲的科学新理论。 **3.具化学活动性的流体**

a.成分:以 H2O、CO2 为主，并含其它易挥发和易流动物质。 b.流体分布:存在于岩石粒间或裂隙中的主要是 H2O；矿物结构中的是 H2O、CO2；从岩浆分逸出来 的是 K,Na,S,F,H2O,CO2,SiO2 等。

C.岩浆流体:深部岩浆上升至浅部,T、P 降低,分逸出易挥发和易流动的物质 K、Na、S、F、H2O、CO2、 SiO2 等。

### 一.化学成分的变化 1. T、P 变化时

**第二节 变质作用中原岩的变化**

● 岩石通过释放或获得某些挥发分而达到平衡，形成新的矿物。如 高岭土(吸热)→红柱石+石英

+水（高岭土脱水）方解石+石英(吸热)→硅灰石（放射状）+CO2↑(脱碳酸）

● 体积大、密度小的矿物变为体积小、密度大的矿物。(1)橄榄石 + 钙长石→石榴子石

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 42.6 | 101.0 | 119 | （分子体积） |
| 3.3 | 2.76 | 3.52 | （比重） |

(2)石英→（30Kbar）柯石英→(120Kbar)斯石英

2.65 2.93 4.35 (比重)

**2. 交代作用：**固态下，岩石中物质成分进出的交换作用。

例:中酸性岩浆侵入冷的灰岩时,其 SiO2、Al2O3 等热流体就会进入灰岩,并从灰岩中将 CaO、MgO 带 出,于是在接触带形成矽卡岩。

**3.重结晶作用** Recystalization 定义：小晶体在温度升高的情况下长成更大晶体的作用。

● 石灰岩 CaCO3→大理岩 CaCO3（质纯、洁白的称汉白玉）

● 石英砂岩(加温)→石英岩 **4.变质分异**：岩石从均匀构造到不均匀条带构造的变质。

**5.韧性剪切作用**：发生在地壳中深部位较高温度和定向应力条件下的一种变质变形作用。

● 其结果是矿物在被软化的塑性状态下发生不对称旋转和剪切,形成新的岩石和组构。其岩石称糜 棱岩。

● 最终可形成大型韧性剪切带，盛产大中型糜棱岩型金矿。 **韧性剪切带定义**：由高度应变过的岩石构成的线性变质变形带。从该带一侧进入另一侧,岩石被

扭曲,两侧岩块发生了明显剪切位移,但无明显断面。透入性构造贯穿全带(拉伸线理、剪切面理、 组构)。

**二. 矿物的变化**片理和变质矿物是变质岩的两大重要特征！ 变质矿物：在变质作用过程中形成的独有矿物。 **主要有:兰闪石、红帘石、红柱石、蓝晶石、矽线石、十字石、堇青石、硅灰石、柯石英、金**

**刚石(罕见)。 三.变质岩的结构**：指矿物、变斑晶自身特征、形态、大小,与邻近颗粒的关系。

1.**变晶结构**：原岩发生重结晶或交代作用而形成新矿物的结构（前者有大理岩;后者有石榴石片岩 (有新生矿物石榴石)。 2.**变余结构**：尚残留部分原岩结构者称之，为浅变质结构（如板岩特有的变余泥质结构、砂质结构）。 **四.变质岩的构造**：指矿物之间的关系、空间排列方式。 1．**变成构造**：原岩构造（如层理）消失，形成变质岩特有的构造。如片理、片麻理等。

随变质程度加深: 斑点状(spotted)→板状构造(slate)→千枚状构造（phyllite）→片状构造

（schist）→片麻状构造（gneiss）→块状构造(quartzite，矿物无明显定向)。 2.**变余构造**：变质岩中残留有原岩的构造。如变余层状、气孔、条带构造等。

### 第三节 变质作用类型及其代表性岩石

（类型：接触交代、区域、动力、混合岩化）

**一.接触变质**（包括接触交代、接触热变质） **定义**：火成岩侵入围岩而造成的变质作用,形成新岩石。

如砂岩→石英岩;石灰岩→大理岩; 泥岩→角岩（Hornstone,灰黑坚硬致密;如苏州横山所见）

● 矽卡岩：发生在中酸性岩浆与冷围岩之间,通过流体交代、物质成分的交换而形成的变质岩。

● 变质矿物: 硅灰石、石榴石、黄铜矿、闪锌矿、白钨矿。

● **外带**：碳酸钙高,有方解石； **内带**：二氧化硅高,有石英。

### 二.区域变质

1．定义:在 T、P、流体的综合作用下,区域范围内发生的变质。

2. 岩石序列：板岩(赣北-浙西瓦板岩)→千枚岩→片岩→斜长角闪岩→片麻岩→麻粒岩→榴辉岩。

3. 代表性矿物：

超高压、高温: C→金刚石 diamond 高压、低温:角闪石、钠长石→兰闪石 glaucophane

高温、低压:黏土矿物→红柱石(Al2SiO5 )Andalousite 高温、高压:黏土矿物→矽线石(Al2SiO5 )Sillimanite 中温、中压:黏土矿物→兰晶石(Al2SiO5 )Disthene

4.变质程度：不同的变质岩，原岩可能是同一个,称等化学系。

如 黏土岩或页岩→板岩→千枚岩→片岩→片麻岩 (世界著名的巴罗变质带)。 **三.混合岩化作用** migmatization and migmatite

●定义:区域高级变质岩进一步变质，发生高温部分熔融（酸化）。

● 现象：形成基体+脉体的特殊变质岩石（混合岩）

● **基体**：变质岩(暗色)；**脉体**：熔融体（长石,石英，浅色）

● 原岩经彻底改造，熔化结晶→花岗岩，称混合花岗岩。具复杂扭曲构造。如闽北蒲城县、新疆 青河县, 极其典型。

● 如交代不彻底：基体>脉体→肠状、条带状；

脉体>基体→浅色>深色,混合岩化花岗岩。 四．**韧性剪切变形** （80 年代开始形成的地质学新理论）

● 定义: 伴随构造活动而产生的变质作用(构造角砾岩不是动力变质岩)，以韧性剪切变质变形 为代表。形成动力变质岩。

● 糜棱岩 Mylonite：韧性剪切变形条件下形成的变质岩。本质是位错 Dislocation。特点：片 理发育，强波状消光，细粒化、核幔构造，不对称组构、亚颗粒（矿物边界发生迁移而成，而非研 磨粉碎）。

### 本 章 重 点

一、术语与概念

变余结构，变晶结构；变成构造；片麻构造; 接触交代、热力重结晶、区域变质、动力变质；基体, 脉体

二、重要内容

1. 影响变质作用的因素(温、压、流体)

2. 变质作用的方式及其代表性岩石 (大理岩,矽卡岩；板岩,千枚岩,片岩,蓝片岩,片麻岩(长石+石英>50%, 长石>石英),麻粒岩，榴辉 岩；混合岩；糜棱岩)

3.记住 6-8 种特征变质矿物和代表性的高压与超高压矿物：蓝闪石，硬玉，柯石英，金刚石

4.叙述变质作用-混合岩化作用-岩浆作用的异同点

5.三大类岩石的形成与演化关系

# 第六章 地质年代 Geologic Time

● 地质学家的任务之一：确定地质事件的发生时间、岩石与地层的形成时间（上下顺序、新老 关系）。

● 有二种定时方法：

(1)按先后顺序-相对年龄；(2)按距今时间-绝对年龄。

● 两件最轰动全世界的科学新发现 **重大意义**：这两项重大的科学成果，确立了中国古生物学界在全球的领导地位，带动了全球古生

物学界的迅猛发展。

**第一件 举世闻名的“澄江动物群”**（张文堂、侯先光，1985；舒德干等，1993）：证实了早寒 武世生命大爆炸的科学命题。

澄江县距昆明市区南 55km。昆明地区地球早期生命演化研究历史悠久，可分三个阶段： 1）1909-1910 年，法人 J. Deprat 和 H. Mansuy 最早研究该区地质和古生物 (Mansuy, 1912)。

2）30-40 年代，国人王曰伦、王鸿祯、王竹泉、卢衍豪、何春荪在此区开展系统剖面和化石 研究，创立了下寒武统的筇竹寺组，沧浪铺组，龙王庙组（卢衍豪，1941），很长时间被用作地层 细分和整个莱德利基虫系的对比标准。

3）70 年代以来，新发现达到高潮，震惊全球。在澄江动物群中首次出现的类群繁多，个体大， 代表寒武纪生命辐射的最高潮时期。

### 第二件 鸟的祖先“中华龙鸟”。 意义：完成了龙与鸟之间的过渡演化历史。

在辽宁北票上园乡四合屯，首次在下白垩世义县组凝灰岩下部发现鸟的祖先“中华龙鸟”(季 强,1996),是恐龙与原始祖鸟之间的过渡生物属种。

继之又于 2002 年在锦州义县下白垩世九佛堂组中首次发现原始鸟类的新属新种“中华吉祥鸟” 及 “中华神州鸟”(初鸟类;季强, 2002a, 2002b)。

人类对龙和鸟的研究历史：

恐龙类，1842 年→兽脚龙类(恐龙) ，1881 年→虚骨龙类(恐龙)，1914 年→手盗龙类(恐龙) ， 1986 年→始祖鸟，1870 年→初鸟类，1986 年→中华龙鸟，1996 年→中华神州鸟，2002 年→中华 吉祥，2002 年→孔子鸟。

● 地球形成于 60 亿年前,而原始地壳才形成在 46 亿年左右。

● 在地质作用下,地壳遭受破坏,完整的地壳变得支离破碎。

### 第一节 相对年代的确定

**1. 基本概念 岩层**:成层的岩石。 **层序**:岩层形成的先后关系。

**地层**:一定时期内形成的岩层的总称.具时间概念。 **古生物**：文字记载前（12000 年）就已生活在地球上的生物。

**古生物化石**：岩层中已经被石化的古生物遗体和遗迹;猛犸象于 1710 年在西伯利亚冻土中被发 现。

**生物演化规律**：低等→高等；简单→复杂；不可逆！ **2.层序建立的三原则：**

① 地层由下而上形成；

② 原始产状是水平的；

③ 岩层形成后只经历过整体上下运动,岩层倾斜必须<90。 **3.*地层层序律*（仅适用于沉积岩）**:下老上新。

**4.*生物层序律*:** ①生物简单而原始,反映所在地层较老;生物复杂而高级,反映所在地层较新.②同 一地区,相同时期的地层化石类型和组合应相同,不同时期的则不同。

**5. 标准化石**：演化快、数量多、分布广、特征明显,能可靠的确定岩层的时代。

6. **活化石**：从远古到现在一直存活的生物如银杏、珊瑚等。

7. **假化石**：岩层表面铁、锰质风化痕迹,形状酷像动植物形体。 **真假化石的区别**: 假化石只见于表面,无内部构造。

8. **地层切割律**: 被切割、穿插、包裹的老。(见图)

**第二节 同位素年龄的测定 1 同位素年龄(绝对年龄)**：地质体形成的距今时间。

### 2 用于测定地质年代的放射性同位素必须具备三个条件:

① 具适宜的半衰期:不能太短，也不能太长。

Th、碘 I, 半衰期 6.7 年, 太短, 不能用于测定；

碳 14C6→14N7 稍长,半衰期 5568 年,用于测考古材料；

碲 130Te52→130I53,半衰期 1.4×1021 年,太长,可探索太阳系元素成因。

② 要有足够的含量（现代技术可将该元素从岩石中分离并测定出来）。

③ 子体同位素易于富集并能保存下来.

**3 常用地质测年方法:** K-Ar,Rb-Sr,U-Pb,Sm-Nd,39Ar/40Ar。

**4 存在问题**：测量误差问题、子体同位素的丢失以及过剩问题。

**5 发展趋势：**古地磁测年、裂变径迹测年 fission track、光释光测年(目前只能测 100 万年以内)、 U-Th-He 测年。

### 第三节 地质年代表 Geology Time Scale 1 地质年代表：地质历史的系统编年

**显生宙三代**：新生代 Cz: **E、N、Q** （古-始-渐,中-上,更-全） 中生代 Mz: **T、J、K**

古生代 Pz: **∈、O、S；D、C、P 元古宙三代**：新元古代 Pt3、中元古代 Pt2 、古元古代 Pt1

**太古宙四代**：新太古代 Ar3 、中太古代 Ar42 、古太古代 Ar1、 始太古代 Ar0

Cenozoic, Mesozoic, Paleozoic, Proterozoic, Archean (Neo-,Meso-,Paleo-, Eo) **2 地质年代单位(国际通用地质年代): 宙-代-纪-世-期-时； 年代地层单位(国际通用年代地层): 即生物地层单位。宇-界-系-统-阶-时间带；** Geological time unit: aeon-era-period-epoch-age-chron

Time-stratigraphic : aeonthem- erathem- system- series- stage-chronozone **3 岩石地层单位(地方性地层单位):群-组-段-层；**

### Rock-stratigraphic unit: group-formation-member-bed 4 地质年代单位的起源及含义(略)

**国际地层年龄（单位:Ma）** Q(0→1.81)→N(1.81→5.3→23.0)→E(23.0→33.9→55.8→65.5)→K(65.5→99.6→145.5)→ J(145.5→161.2→175.6→199.6)→T(199.6→228.0→245.0→251)→P(251→260.4→270.6→299)

→C(299→318.1→359.2)→D(359.2→385.3→397.5→416)→S(416→418.7→422.9→428.2 → 443.7)→O(443.7→ 460.9→471.8→488.3)→∈(488.3→501→510 → 521→542)→NeoPt (542→

630→850→1000) →MesoPt (1000→1200→1400→1600)→PaleoPt(1600→ 1800→2050→2300→

2500)→Archeen（2500->4000) (据国际地层委员会，2008) **记牢显生宙五代十二纪。记牢地质年代与年代地层的区别。 记牢新生代 7 个世的名称。**

**第四节 生物大爆发与生物大灭绝** 在地球表层系统地质演化过程中，有两类重大的生物事件是不能忽视的，这就是生物大爆发和

生物灭绝。正是这两类全球生物事件的存在，使显生宙地球充满生机与活力，使活跃的生命繁衍和 生物地质作用成为可能，使相对地质年代的编年依据-标准化石与标准化石带种类繁多且全球广泛 发育，也才使人类的诞生成为现实。

### 一、生物大爆发

发生在寒武纪初期(542-530Ma)的全球重大生物事件。在此时间段之前,除少许低等生物外(藻 类),全世界几乎没有动物活动。然而，一到达此时间段,大量海洋生物突然涌现,且种属繁多,个体 较大。其中,小壳动物群出现在寒武纪初始阶段，紧随之后的是澄江动物群。

以我国科学家上世纪 70 年代在我国云南省澄江县下寒武统最早发现的云南“澄江动物群”为 标志，表明寒武纪早期出现了规模巨大的生物诞生事件。在澄江动物群中大量出现的首次生物类群 包括：①裂肢动物, ②叶足动物, ③奇虾类, ④水母状动物, ⑤触手冠动物及内肛动物, ⑥鳃曳动 物和其它蠕形动物, ⑦脊索动物, ⑧古虫动物门,⑨其它少量和分类位置不定类群。这些古生物化 石，准确标定了生命大爆发的时间底界。震惊全球。

生物大爆发的原因尚不清楚。 **二、生物灭绝**

由于气候与环境突变等原因,地球上的生物丧失了赖以生存的条件，或无法适应新的环境,最后 导致大量种属的死亡与灭绝。物种竞争、自然选择引发的灭绝是一种正常的自然现象。若有些时期 大量生物类群在很短的时间内消亡，而且波及全球，造成突然灭绝的现象，称大灭绝。显生宙期间， 至少发生过五次全球生物大灭绝。

1 奥陶纪末期 发生在距今 4.4 亿年前，属于地球史上第三大规模的物种灭绝事件。该事件 导致了当时生物界的 85%物种灭绝。绝大部分三叶虫物种惨遭灭绝。其原因复杂，推测主要是全球 气候突变所致。资料表明，此时期发生了全球冰川事件，导致气候变冷，大部分生物物种无法适应， 难以生存，遂致物种灭绝。

2. 泥盆纪后期 发生在距今 3.6 亿年前,历经两大高峰，中间间隔 1000 万年。是地球史上 第四大规模的物种灭绝事件。该事件导致了笔石、三叶虫等生物物种的灭绝。具体原因尚不清楚。

3. 二叠纪末期 发生在距今 2.5 亿年前,是地球史上最大规模的物种灭绝事件。该事件导致 了当时生物界的 96%物种灭绝。使长期占领海洋领域的生物物种的大部分遭受灭绝，从而使生态系 统获得一次较彻底的更新，为恐龙类等爬行动物的进化铺平道路。其原因目前也不清楚。

4. 三叠纪末期 发生在距今 2.05 亿年前,是地球史上第五大规模的物种灭绝事件。该事件 导致了当时生物界的 76%物种灭绝，海洋生物的物种基本灭绝。原因可能与气候、环境变化有关。 5. 白垩纪末期 发生在距今 6500 万年前,是地球史上第二大规模的物种灭绝事件。该事件 导致了当时生物界的 75%-80%物种灭绝，使陆地上的恐龙时代终结，海洋中的菊石类灭绝。从而为 哺乳类及人类的最后登场提供了条件。一般认为，该事件的原因与陨石撞击、气候突变、环境变化

等诸多因素有关。 **建议进一步阅读的文献**

Gradstein F.M, Ogg J G, Smith A G, Bleeker W and Lourens L J. 2004. A new geologic time scale with special reference to Precambrian and Neogene. Episodes, 27: 83-100.

季强等， 2002，地质通报，21（7）； 季强等， 2002，南京大学学报，38（6）

### 本 章 重 点

一、术语与概念

相对年龄与绝对年龄，标准化石; Smith 化石层序律，生物层序律，地层层序律，切割律；地质 年代单位，年代地层单位，岩石地层单位；生命大爆发，生物大绝灭。

二、重要内容

1. 地质年代表中的三宙、前寒武纪二宙七代、显生宙三代十二纪的名称、各纪代号

2. 澄江动物群发现的重大科学意义

3. 五次全球生物灭绝事件

4. 早古生代与晚古生代的界限

5. 早中生代与晚中生代的界限

6. 新生代的七个世：古-始-渐-中-上-更-全

# 第七章 地震(Earthquake)及地球内部构造

地震,是危及人类生存的一大地质灾害！预警：我国近期的几次大地震。

（1） 1976.7.28,3:48’54’’a.m., 唐山,震级 7.8,烈度 11,整个城市毁于一旦,死亡数十万人。 政府极大重视,成千上万孤儿得以生存,城市得以快速恢复。

历史照片：火车站与房屋倒塌,桥梁毁坏,地面水平位移、错开与张裂,工厂烟囱左行扭动，地面 下陷、喷沙等。

（2） 1999.9.21,1:47a.m.,台湾中部,震级 7.6。近 S-N 向的车龙铺断裂活动，南投-埔里房屋倒 塌,桥梁毁坏,街面波浪起伏,死亡数千人。山林火灾,青山变秃山,日月潭变脏潭。

美 Princeton 大学 John Suppe 院士认为系断裂推复成因。 夏门地震学家 98.10 早已预测到该次 地震,但当时李登辉的”两国论”妨碍了两岸的学术交流，错失防震良机。

1999.10.22,10:18a.m.,台湾嘉义-南投,震级 6.4,房屋庙宇倒塌,火灾频繁,261 人受伤.震前异 象不断:毛毛虫、老鼠乱窜,鱼浮水面(嘉义,宜兰),古井水变混浊(嘉义民雄乡),清溪水冒硫磺味， 冒泥浆气泡(嘉义水上乡),干稻田喷黑砂水(台南后壁乡)。台人迷信,愚不可及，震停便集众拜佛, 不顾生危，负伤乃至住院,仍口中喃喃念佛。

（3） 2008.5.12 川西汶川 8 级大地震 **地质学家的任务**

1.预测预报地震；

2.为城建、桥梁、铁路、水库工程等建设把关。多大安全系数?能抗多大地震?库水会不会引发地震?

3.了解地球的结构构造（人工地震、COCOP、核爆）。

### 第一节 地震学 Seismology 基本概念

一. **定义**: 地震是地壳的快速颤动。由地球内部的不平衡运动(内动力地质作用)所产生,是一种经 常发生的、有规律的自然灾害地质现象。

**二. 10 个名词解释 1.震源**（B）:引发地震、释放深部能量的源区。

**2.震中**（E）：震源(B)在地表的垂直投影。

**3.震源深度**(h):震源到震中的距离(BE)。

**4.震中距**(Δ):地震台到震中的水平距离(ES)。

**5.震源距（d）**：震源到地震台的距离(BS)。

### 6. 海啸(tsunami)

1） 定义:海底突然局部变动，引起海水大幅度升降，形成巨大波浪的现象.地震可以产生海啸。

2） 特征：1937 年前苏勘察加半岛,浪高达 64 米、波峰距 100km、速度 700-800km/小时。

3） 破坏：破坏力极大。 1960 年智利地震产生海啸，700km/小时传至日本，冲进海港，将码头淹 没，房屋冲跨，将 “开运丸”号轮船冲上陆地，压倒民房。

4） 原因：海底断裂活动，引起地震; 或海底火山口崩塌,或海底斜坡上沉积物的大规模滑动。

5） 地点：与地形、构造环境有关. 海岸临近深海,大能量的海水汹涌上岸（智利、日本）;喇叭形 海湾、四周都是海洋的地方如夏威夷，极易受海啸影响。

6）我国：影响较小. 一是近岸有宽阔的大陆架，摩擦作用大,海啸能量被消耗,二是岛屿起屏障作 用。

注意: 钱塘江大潮与潮汐有关,不是海啸！ **7. 等震线**：地表裂度相等的点的连线。

**8. 地震烈度(intensity)**：指建筑物的破坏程度。**Mercall（意**）根据建筑物破坏程度将其分成 12

个等级，即 12 度地震烈度。我国采用了这一分类法,并根据我国情况建立了 12 度地震烈度表(P79)。

**9. 震级(magnitude)**：衡量地震绝对强度的级别。 由地震释放能量的大小所决定，一次地震只有 一个震级。

**9.震级确定:**一般取距震中 100km 处标准地震仪记录的地震波最大震幅的对数值确定之。 **里氏震级：**里氏震级是美国加州理工学院的 Richer C F 于 1935 年研究加州地震时，以地震释放

的能量为依据，依次确定出震级与能量的关系。规定标准地震仪在震中距 100km 处所测得的水平向 最大记录振幅（以微米计，μm）的常用对数为该地震的震级。

例如，水平向最大震幅为 10mm=10000μm 时，其对数值为 4，则该地震的震级为 4 级。6 级震幅 为 1m，7 级震幅为 10m，8 级震幅为 100m，9 级震幅为 1000m。（放大器的放大结果，实际为 1/1000）。 如最大震幅为 1μm,则震级为零级。零级地震的能量为 6.3³1011 尔格。包括我国在内的许多国家

### 采用里氏震级作为地震的衡量单位。

● 零级地震的能量：6.3³1011 尔格. 3.5 级以上为有感地震。

● 有感无感，取决于物体离震源和震中的距离、二者之间的物质影响地震波传递的程度大小。 一般来讲震级大烈度也大,但无绝对的对应关系。如摩洛哥阿加迪市 1960.2.29 发生的地震仅

5.8 级，但震源浅,破坏力大，烈度达到 9-10，造成 Saada 四层以上旅馆全部倒塌。反之，烈度小

≠震级小。如日本海沟深源地震,地表烈度就小。 **10.震源波**: 以弹性振动的方式从震源发出并传播的弹性波。

刚性岩块一旦破裂就会引起弹性振动,产生地震。地震发生多有个能量积累的前奏。 **固体潮**：地壳的慢速运动，表现为固体潮特点。

**三. 地震的类型**（成因、震源深度、震中距、震级、发震时间） **1 按成因** 分三种: 构造、火山、陷落地震。

● 构造地震:由构造运动产生的地震.规摸大,浅源,破坏性强。 弹性回跳说:岩石受力弯曲→产生断裂→岩层回弹-地震→弯曲消失。中、深源：与板块活动有

关,区域或全球规模,对地表破坏性并不强。

**活动断层：**10 万年以来发生的断裂、褶皱等变形构造。

● 火山地震：与火山活动有关；局部规模。

● 陷落地震：与溶洞崩塌有关；局部规模。 **2 按震源深度**分三种:

浅源（0-70km）, 中源（70-300km）, 深源（300-700km）。 破坏性最大的地震都属于浅源地震，它约占全球地震总数的 90%，而且其震源多集中在地表以下 5

—20km 的深度范围内。 **3 按震中距 分 3 类**

<100km, 地方震（local earthquake） 100—1000km, 近震（near earthquake）

>1000km, 远震（distant earthquake）

### 4 按震级大小 分 4 类：微震、弱震、中强震和强震。

< 3 级, 微震；3-4.5 级, 弱震；4.5-6 级, 中强震； > 6 级, 强震 **5 按发震时间 分 3 类:** 现代、历史、古地震(0.5-4 万年) 现代地震一般是指人类能用仪器记录并测定出其震中、震级的地震。

历史地震是指发生在人类历史时期并通过各种史料文字记载下来的地震。 古地震则指发生在没有文字记录的史前、其地震遗迹（破坏的矿物岩石结构构造、构造形迹等）被 保存在岩石或其他物体中的地震。古地震研究难度大，资料很少。

一. **地震波**：由地震产生的弹性波。 **按传播方式分二类三种：**

### 第二节 地震波与地震仪

1.**体波(**body wave)：地震时从震源发出并能在地球内部各方向传播的弹性波.它包括地震纵波和横 波.

1.1 **纵波**(P 波): 为**推进**波(push wave),如弹簧,质点振动方向与波的传播方向一致;在固、液、气 体中均可传播;它通过介质体积的变化而传播,速度快,最先到达震中,引起地面最先发生上下振动。 但破坏性较弱。

1.2 **横波**(S 波): 为剪切波(shear wave),如抖绳,质点振动方向与波的传播方向垂直;只能在固体 中传播；它通过介质形态的变化而传播,速度较慢,晚于纵波到达震中,引起地面前后左右振动。破 坏性较强。

**2.面波（L 波）**:S 波和 P 波在地表相遇激发产生的一种弹性波。仅沿地表面或弹性分界面传播,不 能传入地下。特点是：波长大、振幅大、传播慢、破坏性最大。

**二. 地震仪**(seismograph): 记录地震波的仪器。

**1.东汉张衡**（公元 132 年）发明侯风地动仪(P77)。青铜，直径八尺,形如酒坛.中心设中轴,四周为 八条杠杆机制的龙,龙口各含一铜球,下有一蛤蟆张口承接。受某方地震波冲击,立杆失去平衡,侧向 震波方向,使此方龙口张开,铜球落入蛤蟆口中,便知此方发生了地震。

**特点: 只能验震,不能记录。 2.地震仪**：依据摆的原理设计。仪器分二部分：拾震器(接受振动)、记录器(记录震动)。

附件有:放大器,时钟,报警器。 **特点: 既能验震,又能记录。**

**三.地震谱:** 地震仪记录下来的起伏震动的曲线。曲线上 S-P 为时差(纵、横波到达地震台的时间差)。 1 利用 S-P 时距曲线,可求出震中和震中距Δ。（P77,图 7-5）

如有三个台站，则可利用测得的三个震中距（XA、XB、XC）,用交会法可求得震中:以 XA、XB、 XC 为半径作圆,可得交点。

2 利用走时表，也可求震中。

每个 S-P 时间均对应有一个Δ;三点求震中方法同上。 3 根据出射角求震源深度。

4 震级公式：M=0.58I0+1.5（I0 为震中烈度）。

### 第三节 地震的分布

**一. 世界地震的分布**

**1.环太平洋带**:集中了世界上 80%浅源、90%中源、100%深源地震。

新西兰-印尼-台湾-日本-勘察加半岛-阿留申群岛-阿拉斯加-美国西海岸-墨西哥-安第斯山-马 尔维拉斯群岛-南乔治亚岛。

**2.地中海-印尼带**：地中海、喜马拉雅、印尼。 集中了世界上 15%的地震，主要是浅源、中源地震。

**3.洋中脊地震带**：位于全球洋脊的轴部,全为浅源小地震。

**4. 陆内变形带：**板内大断裂、板块碰撞影响带 **二.我国地震的分布 1.邻近环太平洋地震带**:东北,华北,华南,台湾,华东沿海。

● 为中-浅源地震,但东北有深源地震。

● 华北为古老刚性地壳,不震则已,一震则大震. 华南为较年青破裂型地壳,能量不易集中,故大 震极少.

**2.西北-西南地震带:**塔里木、喜马拉雅、川西-滇东。

● 为新构造强烈活动区,属地中海-印尼带。

● 多发生在盆地与高山的交接带。

● 为中-浅源地震,震级较大,5-7 级常见。

**一.中长期预报** 1.根据地震活动规律预测

### 第四节 地震预报与预防

（地震预报三要素：时间、地点、震级）

1011-1076:活跃 65 年→1077-1289:平静 212 年→1290-1368:活跃 78 年→1369-1483:平静 114 年→

1484-1730:活跃 246 年→1731-1811:平静 80 年→1812-现在:已经活跃近 200 年。规律:活跃期越来 越长，平静期越来越短。

2.地震地质调查预测 确定地震危险地带（活断层带）。

### 二. 近震预报：至今没有解决的世界难题

● 地面变形测量（卫星激光距离测量）

● 地应力测量

● 地球物理测量

a 地磁场：岩石的压磁效应出现的地磁场变化。

b 电阻率：岩石承受力达到破坏所需力的一半时，会产生裂隙，使体积增加。造成扩容,电阻 率增加。

● 地声地光。

● 地下水变化、水面变化、井水化学成分变化;泥砂上喷;氡气量变化。

● 动植物异常（竹林开花,鸡飞狗叫,鼠虫乱窜）。

● 地震规律：小震后有大震、大震后有余震。 **三. 地震预防**

● 增加建筑物的防震强度

● 灌水（减小摩擦力）

● 通过一系列无破坏的小震释放能量

● 制造平衡（地基用钢珠） **四.地震利用**

1 地震层析:宽频带高分辨率地震波接收仪,研究深部构造。

2 地震勘探,寻找石油。

3 地震能量能否应用的研究。

### 第四节 地球的内部构造 一 地球内部构造及主要界面

**确定依据：地震波波速的变化。**

P、S 波在地球内部的传播与物质成分、物理状态有关：密度越高速度越快;介面处要发生反射 和折射;液体介质中 S 波不能通过,P 波则要降低速度。

### 二 地球内部重要界面

**1.康拉德面**(Si-Al/Si-Mg 界面):～10km 深处。

**2.莫霍面**：～33km 深处。

**3.岩石圈/低速带或软流圈：**洋 60-250km 之间; 陆 150-400km 之间。

**4. 200 间断面:**软流圈底界。球面震中距 413km。相变过渡带,过后密度和波速增加。

**5.上下地幔界面**:670km 深处。

**6.古登堡面(幔核界面；D”层)**:2898km。

7． **莱曼面(固内核-液外核间过渡带**):4703-5154km。 **三.地球内部各圈层的物质成分及其状态 1.地壳**(Crust):大洋厚 7-8km;大陆平均 35km,喜山最厚 70km。

● Si-Al 层（A’层）:大陆地壳。 成分相当于花岗岩（沉积岩、火成岩、变质岩）; P 波 6/秒;密度 2.7。 陆壳变形复杂，陆核形成很老。2 亿年前的地层大都分布在陆壳中。

——————————**康拉德面**：**Si-Al 层与 Si-Mg 层界面**——————————

● Si-Mg 层（A’’层）：大洋地壳

成分相当玄武岩（辉长岩）；P 波 7/秒；密度 2.9；缺少花岗岩。

———————————33km（**莫霍面：壳幔面**）——————————————————

**2.地幔**(Mantle):成分相当于为超镁铁岩。

2.1 上地幔: B’层,固态,～30km 厚。 **A’+A’’+B’=岩石圈**铁镁钙含量高; P 波速度为 8km/秒。

火山岩中的包裹体和模拟实验得出: **橄榄石 55%+辉石 35%+石榴子石 10% = “辉石橄榄岩”(与上 地幔相同)。**

——————**岩石圈底界：**60km（大洋圈） 或 150km（大陆圈）————————————— B’’层,平均 60km -250km（大洋岩石圈）、150km -410km（大陆岩石圈）,此 200km 为**软流圈,玄 武岩浆源**;P 波速 7.8km/秒。1-10%的物质呈熔融状态，强度小、波速低、可缓慢流动。

——**震中距 200 间断面**: **413km 深**，相变过渡带,密度和波速增加,**软流圈底界**———C’层: 固相 带,密度更大,使橄榄石分解为 FeO、SiO、MgO。

C’’层, 成分和物相无变化,密度和波速随深度加大而加大。

——————————690 km（**上、下地幔交接面**）————————————————

2.2 下地幔:铁镁含量更高 D’层,除波速密度外，情况不明。 D’’层,除波速密度外，情况不明。

—————————2898km（**古登堡面：幔核交接面**）————————

**3.地核** 占地球质量的 1/3；密度极大（10-11）；成分推测为铁与少量镍、硫混合物。 E 层(外核):液态（P 波阴影区是由于界面折射,而 S 波阴影区是由于不能通过横波）。

———————F 层(**来曼面:内外核过渡带**)———————— G 层(内核):固态

——————————6371km(地心)———————————

**D“层**，由 MgSiO3 的高压相-后钙钛矿组成。是一个位于下地幔底部、古登堡面之上的物质层，厚 约 200km，即地球的硅酸盐地幔和液态铁-镍外核的边界（核幔边界）。

随着压力的升高，MgSiO3 将经历顽火辉石→钙钛矿→后钙钛矿的相变。 日本东京技术研究所学者 2004 年高温高压实验取得成功。发表了 4 篇国际顶级刊物论文。 **地球内部结构构造小结**

1 **地球的内部形态 层圈状：**地壳+上地幔顶部=岩石圈→软流圈→固相上地幔→固相下地幔→液 态外核→固态内核**七个界面**:康拉德面→莫霍面→岩石圈底界-→200 间断面（软流圈底界**）**→上-

下地幔界面→古登堡面→来曼面。

2 **物质成分**： 地壳（硅铝+硅镁） 地幔（铁镁硅酸盐(上);硅-硫-氧化物+Fe-Ni(下)） 地核（铁+镍+硫）

**3 物理状态**:密度、震波**均衡原理**

1.地表高低不平，如何能保持平衡？ 陆地平均高 840 米，最高山 8848.3 米;

荷兰平均-5 米，故称低地国;我国最低处土鲁番艾丁湖-154 米； 海洋平均深-3800 米。最深海沟-11033 米,为**马里亚纳海沟**。

2.艾利地壳均衡说（山根说, Aily G B,1855） 山体、平原区的岩石密度相同，山体下沉深而平原下沉浅;由于下沉的深度不同而保持平衡。 特点: 无水平底界。

3.均衡补偿（Holmes A,1978）

●原理:高山下面地壳厚,平原下面地壳薄.地势的起伏与莫霍面起伏呈镜像反映,称均衡现象。

●原因:地幔顶部有一平面,叫补偿基面。在此面以上各柱体的物质总重量相等,故能保持重力的平 衡。

●均衡面≠莫霍面

●平衡是暂时的!

内力作用下,地壳加厚,平衡破坏; 外力作用下,山体剥蚀,低地和海洋沉积,平衡破坏。

### 本 章 重 点

**一、重要术语与概念** 挤压波、剪切波、面波、震级确定、裂度、震中、 震源、 海啸;震波 **二、重要概念与特征**

1. 三种震波在介质中的传播特点（P 波最快、S 波不能过液体、面波破坏最大）

2.地震特点（突发性、毁灭性、连锁性）

3.地震预报三要素（时间、地点、震级）

3.海啸基本特征（定义、 破坏、 地点、 实例、 原因、 我国）

4.地震的分类(成因 4 、深度 3 、震级 4 、震中距 3、时间 3)

5.全球地震的分布（4）

6.地球的内部构造及其主要特征：

1）层圈状：地壳(Si-Al 层,Si-Mg 层)+上地幔顶部=岩石圈→软流圈→固相上地幔→固相下地幔→ 液态外核→固态内核

2）7 个界面:康拉德面→莫霍面→岩石圈底界→（200 间断面）软流圈底界→ 上-下地幔界面→ 古登堡面→来曼面

3） 物质成分：地壳（硅铝+硅镁）；地幔（铁镁硅酸盐(上);硅-硫-氧化物+Fe-Ni (下)）；地核（铁

+镍+硫）；4） 物理状态:密度、震波。

### 一. 基本概念

**第八章 构造作用与地质构造**

Tectonism and geologic structures **第一节 地壳运动 Crustal movement**

1.地球是一层圈体,各层圈之间无休止地作相互运动。地核间的差异旋转是地壳运动的内因(发动 机);地壳运动与人类活动关系密切,是形成地表万象、大千世界的原因。 2.地壳时刻在运动,水平岩层的褶皱弯曲与破裂,都是地壳运动产物。只有急剧的地震才会被人们感

觉到，缓慢的、深部的运动只能被大地测量、天文测量记录到。 3.古地壳运动的证据记录在岩石中，现代地壳运动的证据记录在岩石和毁坏的建筑物中。 二、**地壳运动的方式**: 垂直运动、水平运动。以水平运动为主。形成褶皱、破裂两大种类的构造形

迹。

● 地球运动：自转 1700km/小时；公转 107244km/小时。

● 垂直运动：同一地点、不同时间，升降交替；有升必有降。

● 水平运动：同一地点，有时挤压，有时拉伸，有时走滑。可以复合。

● 大量证据表明，水平运动是主导的，垂直运动是次要的、派生的。 **三.地壳运动的实例**

**格陵兰**：与欧洲之间的距离在 47 年中（1823-1870）增加了 420 米。

**意大利**：导致海平面升降。那不勒斯海岸升降，导至塞拉比斯神庙毁坏（公元前 2 世纪罗马建筑），

现仅残留三根 12 米高的大理石柱。

**喜山**：300 万年上升 6000 米，在北坡 4000 米处发现海洋鱼龙化石。 **天山**：滨海沼泽处形成的煤层，500 万年以来被抬升到 4000m 的高处。 **泰山**：100 万年升高了 500 多米，平均 1mm/2 年。

**天津**：100 万年来下降数十米，使永定河、海河经天津汇入渤海。 **宁-镇**：几多风雨，沧海良田。

### 第二节 岩石的变形构造

**一、一般概念**

1.**Structural geology 定义**：是研究岩石的变形、分析外力作用方式的专门科学。 2.**褶皱与断裂**:岩石在外力作用下,产生永久变形,形成各种形态的弯曲(褶皱)和不同方向的破裂 (断裂).外力为各向不均匀力;各向均匀的外力只改变体积,不改变形态。 **3.构造变形与岩石力学性质 (弹性与塑性、脆性与韧性、刚性与粘性)关系密切。**

**弹性** elastic:受力变形,撤力回复原态,如弹簧。 **塑性** Plastic:撤力后不回复原态,如页岩。

**脆性** brittle:<5%弹性变形便很快破裂,多在上地壳。

**韧性** ductile：破裂前可承受>10%的塑性变形,发生在中、下地壳。 **刚性** rigid：岩石不易变形弯曲的性质。

**粘性** viscous：岩石容易流动变形的性质。

**4.空间位置** 由岩层的走向、倾向、倾角(产状三要素)所确定。 a.走向 strike：层面与假想水平面的交线方向。

b.倾向 dip：倾斜线在水平面上的投影；倾斜线即层面上与走向垂直的线（指向下方）。 c.倾角 dip angle：层面与假想水平面的最大夹角(真倾角)。视倾角小于真倾角。

**5.岩层厚度** thickness：岩层顶底面之间的垂直距离(真厚度);非垂直距离为假厚度（大于真厚度）。

●倾斜岩层才有走向、倾向、倾角。

●水平岩层的走向、倾向、倾角均为零。

●垂直岩层无倾向,用走向描述。

●火成岩：层状侵入体有走向、倾向、倾角；厚度即二边界之间的距离（无所谓顶底）。 非层状火成岩形态复杂,其产状据其延伸方向确定。

### 二.褶皱 fold

**1 定义**: 在应力作用下岩层发生各种形态的弯曲现象。 上凸的叫背斜(核部地层最老)anticline,下凹的叫向斜(核部地层最新)syncline。

### 2 褶皱的几何要素

a.翼 limb：褶皱的二坡。

b.核 core：褶皱的中心（分布最老或最新时代的地层）。 c.轴面 axial plane：褶皱二翼近视的对称面。

d.枢纽 hinge：褶皱轴面与层面的交线。或,沿单个褶皱走向，由一系列最大转折点（弧尖）构成 的连线。

e.弧尖 crest:褶皱横切面与枢纽的交线(横切面上最大转折点)。 f.轴线 axial line：轴面与地面的交线。

g.轴迹 axial track :枢纽在地面的垂直投影。

几何关系：每个褶皱横切面上可确定-弧尖,弧尖的连线为枢纽,若干枢纽组成轴面。 3 **褶皱分类**

（1）根据**轴面划分**：直立、倾斜、倒转、平卧（躺）褶皱。

（2）根据**剖面形态划分**

a 箱形褶皱：轴部开阔、二翼陡立。 b.扇形褶皱：轴部开阔、二翼倒转。 c.单斜：岩层向同一个方向倾斜，它可以是同斜倒转。

（3）根据**枢纽产状划分** a.水平褶皱：枢纽水平、层面露头线平行。 b.倾伏褶皱：枢纽倾伏、层面露头线形成弧状合围。

（4） 根据**褶曲的长宽比例** a.线状褶皱: 长/宽>10:1 b.短轴褶皱: 长/宽 3:1-10:1 c.穹盆褶皱: 长/宽<3:1

**4 褶皱的构造组合类型隔档式**（背斜窄、向斜宽）；**隔槽式**（向斜窄、背斜宽）。

### 5 褶皱的野外识别标志

a. 地层对称、重复出现。 b.产状变化

● 背斜：中间老、二侧对称变新（3-2-1-2-3）。

● 向斜：中间新、二侧对称变老（1-2-3-2-1）。

**地形倒置：**地貌山-谷与褶皱凸凹相反的现象。背斜成谷，向斜成山。 原因：原始地形背斜山、向斜谷；因背斜顶部处于张应力状态，容易剥蚀；向斜核部处于压应

力状态，剥蚀速度慢，故而倒置。

**6 褶皱形成的时代**褶皱体的最新地层形成之后，未褶皱体的最老地层形成之前。

### 7 研究褶皱的意义

● 了解并确定地壳变形的性质及地壳缩短量(率)

● 确定地层正常与倒转

● 寻找油气矿产的富集部位,指导找油气找矿

● 确保工程建设质量 **三、断裂构造**

**1.定义:**岩石中沿不同方向发生的破裂构造。 破裂面二侧岩石有明显位移的为断层；无明显位移的为节理。 **2． 断裂要素**

● 断层面：走向、倾向、倾角三要素。

● 层盘：断层二侧的岩块分上盘与下盘（根据所处位置）、上升盘与下降盘（根据动向）、东盘与 西盘（断面直立）等。

● 断层线：断层面与地面的交线（与本身形态有关、与地形起伏有关）。

● 断层位移：P97 图 8-13，总滑距、水平分量、倾向分量。 **3 断层分类**

(1) **根据两盘动向**,分 3 种: a.正断层 normal fault:上盘下降。

b.逆断层 reverse fault(反断层):上盘上升。

倾角<25 度称为逆掩断层 overthrust，形成推覆构造。

c. 平移断层 Wrenching Fault, strike-slip Fault: 二 侧 岩 块 水 平 滑 动 ， 断 面 近 直 立 。 有 sinistral,dextral 二种。

复合性质：平移-正断层、平移-逆断层、正-平移断层、逆-平移断层。 **(2)根据断层走向和地层走向关系**，3 种:

a.走向断层：纵断层，断层走向和地层走向平行。 b.倾向断层：横断层，断层走向和地层走向垂直。 c. 斜向断层：斜断层，断层走向和地层走向斜交。

**(3) 根据断层组合**，4 种:

● 阶梯状：一系列走向平行的正断层。

● 叠瓦状：一系列走向平行的逆断层。

● 地堑 Graben 与地垒 Horst：二条以上断层，断层面走向平行，倾向相反，共同盘下降为地堑； 共同盘上升为地垒。

### 4 断层规模

● 小的，手标本可见，为袖珍断层；大的，延伸几千 km。如郯城-庐江断层。

● 浅的，几十米；深的，地壳断裂，岩石圈断裂。

● 位移小的，数米；位移大的，480km,美国 San Andress Fault。 **5 判别断层的存在及其形成年代**

(1) 断层证据 a.相当层错开（相当层：地层、矿层） b.层的重复或缺失（不对称重复，区别于褶皱）

### 性质 地层与断层倾向相反 地层与断层倾向相同

地层>断层 地层<断层

正断层 重复 重复 缺失

逆断层 缺失 缺失 重复 c.擦痕和镜面 slickenside, mirror plane 岩块相互运动时，由于摩擦而在断层面上形成的痕迹。 擦痕：平行而密集的沟纹. 镜面：铁、锰等物质组成的光滑而平整的曲面.

d. 阶步和反阶步

● 阶步：陡坡倾斜方向指示对盘动向。

● 反阶步：压性裂隙,亦称羽裂,陡坡倾斜方向指示本盘动向;张性裂隙，R 面，陡坡倾斜方向 指示对盘动向。

e. 拖曳褶皱 drag fold, 牵引构造。 断层使二侧岩层发生变薄和弯曲；弧形突出的方向指示本盘动向。

f.断层泥、断层角砾

● 断层泥：碾磨而成的泥状物质。

● 断层角砾：碎块较大，一般呈棱角状；泥质胶结，为断层角砾岩。

● 断层磨砾：碎块较大，一般呈圆-半圆形；泥质胶结，为断层磨砾岩。 根据碎块成分可判断断层切穿了那些地层及其断层的动向。 g.密集的节理：进一步发展便成断裂；先成节理常控制断层的延伸方向。 h.其他证据

● 山区、平原的平直界线；地形上的陡崖；三角面山（时代较新）。

● 矿化带和泉水（断层是矿液和地下水的通道和储集场所，如汤山温泉）。

（2） 断层的规模和时代 a.规模：用断层的长度、深度、位移量来衡量. b.时代：根据断层与地层的关系确定相对时代。断层形成年代晚于被切割的最新地层的时代,

老于不整合复盖其上的最老地层。

● 用热释光法确定绝对时代

● 测定断层过程中新形成的矿物年龄（如多硅白云母） **6． 研究断层的意义**

● 是研究和恢复地壳结构的一把钥匙。

● 为工程建设服务:密云水库、南京长江大桥、三峡水库、黄河小浪底。

● 找矿、找水：NWW290 度新构造断层裂隙找水。

● 前沿动向：断裂力学、3D 模型和能量损耗。

● 断层的系统研究，包括：产状、规模、时代；派生构造、组合特征、力学性质；与变形变质、 矿产资源、岩浆活动、地震作用、活动性。

**四.节理 joint1. 定义**:岩块发生破裂,但二侧无明显的位移。 节理是应力作用下岩石破裂的原始记录。岩石变形越强烈，节理也越发育；岩石越老，保留的节 理也就越多。

分**构造节理**（构造作用所形成的破裂）； **风化节理**（外动力作用所形成的破裂，如卸载节理）； **柱状节理**及**横节理**（火成岩冷凝收缩形成的节理）。

2. **节理的种类**：**张节理、剪节理、破劈理**（密集的挤压破裂面）

3.**节理的空间位置**：走向、倾向、倾角；节理与岩层的关系：斜交、平行、垂直

4.**共轭节理**: 属于剪切性质。材料力学上称为吕德线 Ridle，又称“X”节理;表现为互相切割。 a.平面“X”节理、剖面“X”节理。 b.构造力主要是水平方向的作用力，因此早期“X”节理和层面相垂直、晚期“X”节理和地面或

水平面相垂直。

### 第三节 六种地层接触关系

**一.整合接触 Conformity**

1.特征：新老层产状一致；岩性、古生物演化连续、渐变；无沉积间断。

2.条件：盆地稳定地接受沉积(地层的形成与古气候、古化学环境、沉积物来源不同有关)。 **二.平行不整合 Parallel Unconformity** 1.特征：新老地层产状一致;但其间有沉积间断;岩性古生物演化发生突变。

2.条件：地壳稳定上升，沉积物高出沉积基准面而遭剥蚀，然后地壳又稳定下降，接受沉积。 **三.不整合接触 Unconformity** 1.特征：新老地层角度相交，有沉积间断，岩性、古生物演化突变，存在剥蚀面、风化壳、

底砾岩。 2.条件：地壳运动强烈，老地层褶皱、破裂并遭风化、剥蚀，而后地壳下降接受沉积(不整合面总 是与上复岩层产状一致)。

**四.侵入接触：**火成岩与围岩的接触关系。 **五.沉积接触：**火成岩遭风化剥蚀后，其上又形成新的沉积岩，例如赣南龙回岩体的假花岗岩砾石。

**六.断层接触**：二个地质体之间为断层。

一、Terms

### 本 章 重 点

1 褶皱、断裂、节理；单斜山、单面山、猪背岭；地堑、地垒；倾伏褶皱，拖曳褶皱；地形倒置 二、 Basic Features

１构造活动的二种基本方式及其关系

２简述褶皱要素及其分类（剖面、平面、合围转折、组合）

３画六个图以便判断断层的性质

４褶皱的识别标志

５简述断裂要素及其分类

６断层的识别标志

（岩层错开、地层重复缺失、擦痕、派生构造、角砾岩、三角面山、温泉、矿产等） ７地层的六种接触关系

# 第九章 板块构造 Plate Tectonic

**第一节 大地构造基本概念 1.定义**：研究全球性地壳运动的学问称 Tectonism。包括沉积作用、构造变形、岩浆活动、变质作 用、成矿规律等。

### 2.主要学说

槽台学说：1930-1960 年代统治全球地学理论。 地质力学：李四光创立。 断块学说：张文佑创立。 地洼学说：陈国达创立。 波浪镶嵌：张伯声创立。

板块构造:伟大的地学革命! 1965-1968 年理论成熟。有突出贡献的人物：国际级的 Wilson, Le Pichon,上田诚也，都城秋穗；中国 70-80 年代以尹赞勋，李春昱,郭令智为代表。

**槽台学说:** 认为地壳运动以垂直运动为主，大陆、大洋的位置不变，即垂直运动论、固定论。 将地表分为地槽活动区（Geosyncline）、地台稳定区（Platform）。

### （1）地槽特征

● 1857 年美国耶鲁大学丹纳 Dana、霍尔 Hall 在研究阿帕拉契山时提出地槽概念。

● 指沉降很深、狭长条形延伸的凹地：长数百到上千 km，宽数十到上百 km。

● 位于陆-陆之间或洋-陆之间。

● 长期连续沉降与堆积：时间达数亿年，厚度大于一万米。

* 有火山岩的叫优地槽 Eugeosyncline；无火山岩的叫冒地槽 Miogeosyncline；两者成对出现。

● 后期地壳运动使巨厚的沉积物强烈变形，形成一系列紧闭的线形褶皱和大规模的挤压推覆构造。 同时发生广泛的区域变质作用，形成混合岩，并伴随中酸性岩浆活动和矿产。

● 褶皱地层急剧上升，形成山脉，凹地遂转变为造山带。此作用称**造山作用**。**其高大山系称造山 带或地槽褶皱带**，如 Himalaya、Alps、秦岭、天山、昆仑山。

**地槽学说**已经被板块理论坚决抛弃 throw away！

### （2） 地台基本特征

● 奥地利学者 E.Seuss（休斯或徐士）于 1885 年提出。

● 指地壳上稳定的、形成后不再褶皱变形的地区。

● 具双层结构：变质的褶皱基底和水平的沉积盖层。

盖层：沉积薄；面形分布；地层平缓倾斜到水平；边界为正断层；区域变质极弱;无火山岩；煤、 石油、沉积铁矿等矿产发育。

● 与地槽的关系：地槽褶皱上升-剥蚀夷平-活动性减弱并趋向稳定-正断层使之下降-缓慢地接受 沉积（地台阶段）。

● 古老地台：以前寒武系（Precambrian）为基底；年轻地台：以古生界（Cambrian-Permian）为 基底。

**地盾 Shield：**基底之上无沉积盖层（无沉积或沉积薄被剥蚀）的古老基底出露区，具有盾形地貌， 故称之。

●世界著名的地台：北美地台、非洲地台、澳洲地台、西伯利亚地台、俄罗斯地台、扬子地台、华 北地台、塔里木地台。

● 克拉通 Craton ：刚性强的稳定地台。**一直被板块理论采用**。

**（3） 槽台论的大陆生长观:** 台边缘形成新地槽,大陆向海洋方向扩大，海洋缩小；大陆内部会发生开裂，如东非裂谷，但

海洋不会消亡。

**（4）槽台论的地壳发展旋回性，**也称构造旋回。周期性地产生新一代地槽；地槽后期的褶皱造山 运动标志着旧地槽的消亡,新地槽的孕育。

### 第二节 大陆漂移与板块构造 Continental drift and Plate Tectonic 1 海洋地貌单元

大陆架：坡度平均 0．1 度，水深小于 200 米,宽度大。 大陆坡：坡度平均 3-6 度，水深 1400 米到 3200 米。 大陆隆：坡度小于 1/400，为过渡区。 大洋盆：深海平原，非常平坦；水深多大于 4600 米。 大洋脊：洋盆内部的海底巨大山脉，常分布于大洋盆的中部。

2.**板块构造定义**：在软流圈上作大规模水平运动的岩石圈块体。 板块构造理论：系统研究岩石圈板块运动学、动力学的学说。 **3.板块构造存在的主要证据:地形、地质、地球物理、深海钻探**

**1）. 地形证据**：全球的大陆可以按一定方式拼合在一起；特别是南美和非洲的海岸线及其 相似，用计算机可以精确的将它们拼合。

### 2）. 地质证据

a. 洋中脊：洋中脊的横截面呈平缓的等腰三角型,二侧呈地垒状隆起，中间呈地堑状陷落（裂 谷）。洋脊处沉积物最薄;裂谷带为火山岩,缺失海洋沉积物。洋脊是火山喷发带, 因此也 是高热流带,>1．47HFU。洋脊也是地震带，特点是震级低、震源浅、地震频繁。

**推理：洋中脊是大洋地壳物质的源区。** b.古生物：三叠纪一种小的浅水爬虫中龙，本身不能远涉重洋；但同种化石却在相距 6000km 的非洲和南美同时出现。二叠纪的热带植物化石舌羊齿，现在出露在寒带和非洲、南美、澳大 利亚等地。

### 推理：上述不同地区原先是连在一起的。

c.构造：挪威-苏格兰的加里东期造山带,越过大西洋后，在西岸的北美加拿大和美国再次出现。 特 征相似的二叠系，同时在南非的开普顿山和南美布宜诺斯艾利斯出现。

### 推理：在大西洋形成之前，它们是连在一起的地质体。

d.冰川：石炭纪、二叠纪高寒带的冰川遗迹, 现在 却分布在温带和热带的印度、澳大利亚、非洲、 南美、南极等地。

**推理：这些不同地区原先是连在一起的。因此，1912 年魏格纳提出大陆漂移说。 引伸**：**泛大陆** 或**联合古陆** Pangaea：2 亿年前的超大陆。

根据植物化石和冰川分布，认为 2 亿年前时有两个古大陆。 劳亚古陆（北半球）Laurasia Land； 冈瓦纳古陆（南半球）Gondwana Land;

**泛大洋 或特提斯海** Tethys ：位于两个古陆之间、开口朝东、呈平躺 V 字型的古大洋。 **3）地球物理证据**

### a．洋中脊二侧,海底岩石的正、负磁异常条带对称分布。

●洋中脊处形成的岩石，冷却时被磁化，记录了当时的磁场方向。由于地磁南北极的多次转向,导 致海底岩石对称的正、逆向磁异常条带。

●现在-69 万年为布容正向,69 万年-243 万年为松山反向,242 万年-332 万年为高斯正向, 332 万年 前为吉尔伯特反向。

### b.地热、重力

● 放射热的不均匀聚集,使地幔下层物质受热上升（形成脊推力）,海沟处冷的致密物质下沉,形成 消减带，组成循环系统，驱使板块运动。

●部分陆壳物质被带到俯冲带，受热熔化，上升喷发成安山岩；另外一些物质被带到 100km 以下， 形成含金刚石榴辉岩,尔后折返到浅部地壳。

●海沟处，部分陆壳物质被铲刮拼贴在大陆边缘，形成俯冲型增生楔。 **c.地震**

根据浅源、中源、深源地震集中分布在环太平洋边缘带,证明海洋板块与大陆板块在不同深度的摩 擦与破裂作用是有规律的。

### 4).深海钻探（包括深潜器）成果

**● 证实了洋底确切地貌、洋中脊高热流、枕状熔岩的存在。**

● **钻探发现蛇绿岩套 Ophiolite，同冰岛所见相同，完善了洋壳剖面。**

A 沉积岩、枕状熔岩，B 席状岩脉+堆晶层序的镁铁岩-超镁铁岩系； C 地幔橄榄岩

●海洋地质调查表明,海底没有比中生代更早的岩石，海底岩石以洋中脊为中心，向二侧依次对称 变老。

**引伸：海底扩张** 地幔物质从洋中脊涌出，推动原来的物质向二侧对称运移（Wilson, 1965）。 **主要特征：**

1.洋底扩张速度平均 2cm/年，二亿年洋底更新一次，所以洋底无中生代以前的岩石。

2.洋底沉积物最厚处 600 米，相当于一亿年中堆积的厚度。

3.存在一连串的海底平顶山。 **平顶山成因**：地幔物质上涌到岩石圈底部，然后分熔成中基性岩浆从洋中脊喷出，形成海底火山； 热点的位置（洋中脊）固定，而海底板块在移动，所以可形成一连串的火山；火山开始时位置较高， 山头容易被波浪削平，最后成为海底平顶山。 **地幔热点：**从地幔深处通过岩石圈上涌到地壳表面的幔源火山柱。成分为基性岩浆岩。地幔柱的位 置固定，而板块在移动，所以可形成一系列火山链。

**5).转换断层:** 相邻板块剪切错动，但不产生增生与消亡的一种特殊海底断层。

● 只有 bc 产生剪切,有地震。过 bc,无剪切,与洋脊错开同向。

● bc 断层动向与洋脊错开方向相反。

● 扩张速度相同，bc 不会变大。

● 洋脊的错开是由扩张速率差异造成。 **4.板块理论建立的三大支柱：**

**海底磁异常条带；转换断层；地幔对流（板块驱动力假说）**:霍尔姆斯最早提出。

**第三节 板块的边界类型** 1. 板块只有**大陆板块、大洋板块**二类。

2. **板块划分依据：** 蛇绿岩套、高压变质带、岩浆活动、地震活动、构造变形、变质作用、区域断裂、成矿作用。

**3.边界类型**： 离散边界:洋中脊。 剪切边界:转换断层。

敛合边界: 1.板块俯冲带，形成沟、弧、盆体系，为地震、火山高发带，存在对变质带。

2.陆-陆碰撞带，印度与欧亚两个大陆碰撞,形成双地壳厚度的世界屋脊：青藏高原。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 接合单元 | 离散 | 敛合 |
| 洋壳-洋壳 | 大西洋中脊 | 阿留申海沟 |
| 洋壳-陆壳 | ---------- | 南美西海岸、日本海沟 |
| 陆壳-陆壳 | 东非 | 喜马拉雅、阿尔卑斯 |

### 4. 活动大陆边缘

1).太平洋型：沟、弧、盆复合体系。

2).安第斯型：海沟-山弧构造体系。

**5.稳定大陆边缘(大西洋型)**: 无海沟和火山活动的大陆边缘。

**第四节 全球板块划分 （Le Pichon (法)方案，1968）与地体构造 1.六大板块:**美洲板块、太平洋板块、欧亚板块、非洲板块、澳大利亚-印度板块、南极洲板块(面

积都大于 108 平方 km；仅太平洋板块全由洋壳组成)。

**2.六个次级板块**:加勒比板块、可可板块、纳滋卡板块、富克板块、菲律宾板块(面积大于 106 平方 km)，如果红海（特点：高热流、高盐度）裂成大西洋，则还有 Saudi Arabia 板块。

**3.地体构造 （构造地层地体 Tectono-stratific terrane） 定义：**指的是以区域断裂为边界的，具有区域性延伸的、与相邻地体具完全不同地质发展历史的地 质实体（Howell 等，1983）。 在成因学与运动学上，地体是曾经作为洋底高原或岛屿的岩石圈碎 块或地壳碎块随板块运移到活动大陆边缘的增生体（卢华复等，1990）。

**（2） 增生作用**：指的是地体合并于大陆的前缘，形成大陆地壳的新增部分,使大陆边缘不断扩大 的过程。这种增生是高效率的,不是一点一点地铲刮,而是把一个一定规模的地体整块地拼贴到大陆 边缘上。

**（3） 拼贴作用**：指的是增生之前，二个或二个以上地体可首先合并成联合地体，此种作用称之。 **它与增生作用差别**：1) 它发生在增生之前, 2）拼合产生的效应只限于联合地体内；而增生产

生的效应可波及到大陆边缘相当深入的地带。

**（4） 离散作用**：地体增生后的地壳运动可使地体被剪切成碎片而位移，或通过拉伸作用再次脱离 大陆边缘而运动，此作用称之。例如日本的米侬 Mibo 、飞禅 Hida、中国的台湾、海南岛等地体。 现代大陆轮廓本质上是由增生作用和离散作用联合而成的。

### 地体构造理论是板块学说的最新进展和重要补充。

**板块-地体学说不仅解释了地壳运动现象，而且冲击了人们的思想，摆脱了旧思想的束缚，证明 地球是一个活动强烈、充满生机的星体，“新陈代谢”非常活跃。**

**本 章 重 点**

一、Terms

蛇绿岩套（洋壳剖面), 海底平顶山；大陆漂移，海底扩张；冈瓦纳大陆，特提斯；海底磁异常条 带，转换断层,地幔对流；威尔逊旋回；地体构造，增生作用，拼贴作用，离散作用。

二、Basic features

1 三种板块边界（压：俯冲带、造山带；张：洋中脊；剪：转换断层）

2 活动陆缘（太平洋：沟-弧-盆；沟-弧）

3 被动陆缘（大西洋：陆-架-棚-坡-洋盆，无海沟）

4 全球六大板块

5 板块构造三大理论支柱（刚体绕球面的运动或地幔对流、海底磁异常、转换断层）

6 海底扩张理论的六方面证据

1）地形吻合性；2）地质（洋中脊；古生物；构造；冰川；平顶山；洋中脊二侧岩石年龄变化的对 称性）；3）地球物理（海底岩石的正、负磁异常条带对称分布；地热、重力；浅源、中源、深源地 震集中分布在环太平洋边缘带）；4）深海钻探（包括深潜器）证实了洋底确切地貌、洋中脊高热流 和枕状熔岩的存在。5）发现蛇绿岩套，完善了洋壳剖面。6）大洋中转换断层的发现。

7 (板块构造的理论精髓)威尔逊旋回六阶段特征

(1)定义,(2)6 阶段:萌芽阶段(东非裂谷)-幼年阶段(红海)-成熟阶段(大西洋)-收缩阶段(太平洋)-

结束阶段(地中海)-碰撞阶段(喜山),(3)各阶段应力,(4)沉积,(5)火成岩,(6)变质等特征

# 第十章 风化作用 Weathering

停留原地的风化为离开原地的剥蚀创造了条件，为去伪存真恢复变形地壳的原貌提供科学依据。若 无风化会带来一系列麻烦（全是高山峻岭）。

### 第一节 风化作用的类型

**一．物理风化** 1.定义：地表岩石在外力（大气、水、生物）作用下发生的机械破碎作用或化学分解作用。

2.特征:

● 机械风化与破碎。

● 不能改变化学成分,不会形成新矿物。

● 温差大的沙漠、戈壁及干寒地区表现明显。 3. 物理风化四方式 (1)**热涨冷缩**（温差大的沙漠、戈壁）

● 岩石里外受热不一致,在表面温度大于 50 度时，就会产生鳞片状层层剥落。

● 矿物的膨胀系数不同，石英 31³10-6，长石 17³10-6，使内部构造破坏,完整的岩石不断松散 破碎。

● 昼夜温差大于季节性温差时,物理风化的表现就特别明显。

★ 夏季新疆沙漠地区、冰达坂的实例(昼夜温差达 60-70 多度)。 **(2)冰劈作用 (干寒区)**

● 岩石裂隙中的水结冰后体积会增大，达到一定限度后岩石就会崩解滚落。

● 条件：a.岩石有贯通的裂隙，可使水渗入并流动（封闭空隙如气孔不行）； b.有足够的水分；

c.温度常在冰点上下波动。

★ 干寒区（乌市）的马路、道路与经济发展。

**⑶ 层裂或卸载作用** fracture & unloading 深部岩石上升减压会造成向上或向外的膨涨,产生与地面平行的膨胀节理.

★没有层理的黄山花岗岩区;新疆花岗岩地区;南方采石场。

### ⑷ 盐分结晶撑裂作用

●岩石中多含盐类,这些盐分在晚上因吸收大气水分会潮解,并渗入岩石内部，溶解所经岩石中盐 分。白天烈日照晒,使地下水沿岩石裂隙上升蒸发, 岩石中盐分饱和结晶、撑裂岩石。

●如此反复,使岩石崩解。

●发生在蒸发量大于降水量的半干旱地区（哈密）。 **二．化学风化作用**

### 1. 特征:

●不仅破坏岩石，而且使其化学成分变化、并形成新矿物。

●岩石在水、氧、二氧化碳作用下,产生化学分解。

●温湿的南方地区表现明显。 **2. 化学风化五种方式**

**(1)溶解作用**：使矿物发生部分溶解分化的作用。

● 易溶物质的流失将导致岩石空隙加大,加速剥蚀。

● 大多数矿物可溶解于水，但溶解度不同。 每公斤 25 度的纯水中，可溶解：

1/340g 云母,1/115g 滑石,1.5/100g 方解石,2.1g 硬石膏,32g 盐

● 影响溶解度的因素：温度、压力、PH 值。

### ⑵ 水化作用

● 矿物加水会形成含水矿物(CaSO4+2H2O=CaSO4²2H2O), 从而使体积膨胀、硬度降低。

● 有些矿物能吸收一定水参加到矿物品格中，形成含水分子的矿物。

### ⑶ 水解作用

● 弱酸强碱盐或强酸弱碱盐,遇水会解离成带不同电荷的离子，这些离子分别与水中的 H+、OH- 发生反应，形成含 OH-的新矿物，称为水解。

● 水解：钾长石→高岭土(富集)+SiO2(带走)+K(OH)(带走) 进一步水解：高岭土→铝土矿(耐火材料富集)+SiO2(带走)

**⑷ 碳酸化作用：**含 CO2 的水溶液和某些矿物中 K、Na、Ca 等金属阳离子结合,可形成随水迁移的碳 酸盐矿物。如 钾长石+H2O+CO2→高岭土（富集）+8SiO2+2K2CO3

●斜长石易碳酸化,可使很硬的花岗岩被瓦解！

●碳酸钾有利于植物生长,因而花岗岩地区(富长石)植被发育。

⑸ **氧化作用** 矿物被氧化后可形成新矿物；在地表富氧条件下某些矿物中的元素可从低价变为高价。 如 黄铁矿或磁铁矿→褐铁矿

●松散褐铁矿及反应中产生的硫酸,导致岩石破坏。

●地表褐铁矿常是地下大矿的表层标志,称为铁帽。

●含黄铁矿较多的岩石不宜作建筑、装潢材料。

●暗色矿物黑云母、角闪石含量高的花岗岩，容易风化，不是好的建筑材料。 **三．生物风化: 生物活动引起的岩石物理与化学变化**

1. **植物的根劈作用**

苏州天平山花岗岩中的根劈、天山雪莲的根劈 snow lotus。 2. **生物分泌的有机酸**

### 3.生物腐烂分解的有机酸

4. **人类的破坏**：矿山滥采和爆破、长江沿岸化工厂的污水排放，导致环境污染，严重危害人类生 存条件，同时也对岩石起着破坏改造作用。

### 第二节 控制岩石风化的因素

**一．气候**

北方:花岗岩(低山、圆滑的山头);灰岩(高山) 南方:花岗岩(高山峻岭),灰岩(低山溶洞)

### 二．地形 高度(高易遭风化),起伏(易带走风化物), 坡向(南坡易风化） 三．岩石性质

1． 成分：单矿物岩石抗风化强，如石英,膨胀、收缩系数相同；

2． 早结晶者易风化：火成岩中矿物的风化能力与鲍曼反应系列中的晶出顺序一致。

3．结构： 疏松的结构易风化(雨花台砾石层);坚硬的岩石抗风化力强(硅化带)。

4．节理发育者易风化: 试剑石、石桌(苏州虎丘），鲫鱼背（黄山） **四、球状风化**

节理包围的碎块，在化学风化（水溶液）、物理风化（温度变化）下，棱角消失，圆化成 球状；以化学风化为主。花岗岩、闪长岩、辉长岩、厚层砂岩,块状、等粒岩石易形成球状风化; 与结核的区别是成分是否一致。

**一．风化产物的类型** 1.不同的岩石有不同的风化产物

2.风化产物构成

### 第三节 风化作用的产物

a.碎屑:机械风化的碎块。 b.易溶物质：Ka，Na，Ca，Mg。 c. 难溶物质：Fe，Al。 3.研究风化产物的目的: 推测母岩的性质、寻找原生矿体 Au,Cu,Ni 等。 **二．残积物**：岩石风化后残留原地的物质,以风化壳为标志。 1.基岩上由风化产物组成的不连续的薄层叫风化壳。

2.典型特征：没有层理、底界起伏、结构松散，代表不整合面(造山事件结束)。

3.风化壳典型剖面:Ⅰ土壤(粘土、细小石英颗粒、植物的根)→Ⅱ残积物→Ⅲ半风化岩→Ⅳ基岩

4. 五种气候带的风化壳类型：寒带（碎屑型）、温带（硅铝粘土型）、亚热带（富硅铝即红 土型）、热带（硅铝-碳酸盐型）、干热带硅铝氯化物、硫酸盐型）

５. 古风化壳能帮助恢复古气候和寻找地下水。

**第四节 风化地貌** 1.定义：由风化+侵蚀作用塑造而成的地形。

2.形态：千姿百态，形态各异，可构成重要的旅游资源。

3.控制因素：岩石性质、地层产状、构造发育程度。

### 4. 常见的风化地貌

◆ **四种常见风化地貌区： 花岗岩区、垂直节理发育的红色碎屑岩区、垂直节理发育的杂色砂岩区、X 节理发育的岩石区**

◆ 在花岗岩发育区，以圆滑的石蛋地貌为特征，如黄山、三清山、厦门鼓浪屿所见； 在垂直节理发育的红色碎屑岩区，以秀丽的丹霞地貌为特征。南方非常普遍，如广东丹霞山、

江西龙虎山； 在垂直节理发育的杂色砂岩区，多形成壮观的**土林地貌**。如云南元谋、湖南张家界； 在发育 X 节理的砂岩区，常出现摇摆石、洋葱石等地貌景观。

**3.丹霞地貌：**该名称源于“丹霞层”。是冯景兰 1928 年在广东仁化县丹霞一带地质调查时所创的 地层名称。由红色砂砾岩、砂岩、粉砂岩组成，其时代为晚白垩世到古近世。

丹霞地貌是指层厚大、产状平缓、节理发育、铁钙质胶结不匀的红色碎屑岩系，在流水侵蚀和 风化作用下，通过重力崩塌、侵蚀、溶蚀等作用，形成城堡状、宝塔状、柱状、棒状、方山状、园 山状、峰林状地貌景观。该地貌在广东仁化县的丹霞山最典型，故名。此外，在广东南雄、福建永

安、泰宁、武夷山、江西龙虎山、浙江永康方岩、四川灌县、河北承德，此地貌都很发育。现均已 辟为旅游景区。

### 本 章 重 点

**1 概念：**风化、 侵蚀、 剥蚀；机械风化、化学风化、生物风化；热胀冷缩、冰劈、卸载、盐分结 晶撑裂；溶解、水化、水解、碳酸化、氧化；根劈；球状风化，差异风化；残积物，风化壳。

### 2 基本特征

1）机械风化特征

2）化学风化特征

3）风化壳特征与研究意义

### 3 思考

1）三种风化作用（机械、化学、生物）之间是如何联系的

2）我国南方风化特征与北方风化特征、差别和原因

3）常见的风化地貌区与控制因素

# 第十一章 河流及其地质作用

● 河流养育了人类,人类的生存与发展离不开水;河流又威胁着人类的生存,在全球自然灾害中,水 灾排行第一位。

● 千百年来, 河流让人类费煞心机,显著改变着人类的命运。尽管洪水有时会将村庄人畜一卷而光, 但由于饮水和工业用水,人类和河流又难分难解。石器时代,古人沿河而居,捕鱼为生;旅行时,河流 既是他们的主要路线,同时又是他们的旅行障碍。

● 古代埃及人靠春季尼罗河的洪水而获得可耕土地，稍后又学会了储水灌溉。

● 古代大禹治水,是疏而不是堵的先进技术。

● 公元前 250 年,四川郡守李冰父子筑都江堰,引岷江水入川西平原,使川西平原“水旱从人,不知 饥谨,时无荒年,天下谓之天府”。都江堰的科学原理:深淘滩,低筑堰,遇弯截角。

### 第一节 河流概述

一.有关概念

1.河流: 地表上具经常性流水的线形凹地。 河流形成过程:片流→洪流→大河。

2.片流:大气降水沿地表自然斜坡均匀流动,无固定流向的地表流水。 片流通过洗刷作用将山坡上细小的、松散的残积物搬运至山坡的凹入部位，形成坡积物；山麓地

带的坡积物连成一片称为坡积裙。

3.洪流 沿地表斜坡上的沟槽定向流动的水体。

●沟的发展：沟槽→沟谷→大沟谷；沟分为沟头、沟口、沟壁、沟叉。从源头→下方侵蚀，使沟加 深、拓宽、伸长。无雨则干涸。

●形成季节性洪积物（分选性差、磨圆度差）→洪积扇、洪积锥（沟口粗、开阔带细）→若干洪积 扇在山前连成片则为洪积平原(如大青山前的包头)。

●“V”形谷为幼年期河流标志 我国第一大峡谷（Gorge）长江上游云南金沙江**虎跳峡**；**第二大峡谷为长江三峡**(Three Gorges)= **瞿塘峡（川）+ 巫峡（川鄂神女峰）+ 西陵峡（鄂）**。

● “U”形谷只与冰川作用有关；碟形谷（“平底锅”）则形成于平原地区(湖北城陵矶)。 二．河流的动能

动能 E=1/2QV2（Q 流量，V 流速） 1.影响流速三因素：坡度、河床宽度（宽则流速小，因水体与河床的接触面大）、滚石负荷状况（克 服内部摩擦要消耗能量）。

2.影响流量三因素：W(Width)、d(depth)、V (Velocity)。 3.同一条河流,上游坡度动能大;下游虽水量大,但流速小,动能可能反而小。

4.动能大，搬运力就大；搬运力>搬运量，则河流侵蚀；搬运力<搬运量，则河流沉积。 **第二节 河流的侵蚀作用 Erosion**

一. 侵蚀作用三方式：溶蚀(溶解矿物岩石)、水力冲蚀、磨蚀（带岩块的水体）。 二.侵蚀作用三方向:下蚀、旁蚀、溯源侵蚀。

1.下蚀 bottom erosion:使河床加深的作用。 a.原因:河流垂直分量造成下蚀;流水中因沙砾的跳跃搬运撞击而下蚀;旋涡的涡穴下蚀。 b.侵蚀基准面:即海平面。入海河流的下蚀作用绝对不会低于海平面。 c.局部侵蚀基准面:即湖面。为入湖河流的侵蚀基准面。 d.河流的纵剖面:从源头到河口,河流剖面呈线状;其曲线总体下凹,起伏受岩性构造控制。长江的重 庆-武汉-南京-南通段，武汉以上为侵蚀区,以下为沉积区。 e.均夷化:削去突出部位、填平凹坑的河流作用。发育在长时间无地壳运动、海平面和气候变化不 大的河流区段。

f.河流的平衡剖面 均夷化后的河流纵剖面就是一平滑的曲线，称河流的平衡剖面。

●急流 torrent：河床突然变窄变陡的地方。

●瀑布 Water-fall：发生在断崖、悬谷、岩层软硬相间处的急降水流。

●瀑布的后退,是由于水位差大、动能大,使下部岩石掏空,上部岩石崩塌。 实例：贵州黄果树瀑布落差 75 米；云南漓江玉龙关瀑布；黑龙江镜泊湖吊水楼瀑布；黄河壶口瀑 布；庐山瀑布；黄山瀑布;纽约州西 Niagara 瀑布,宽 900 米,落差 48 米；它在 3 万年中后退了 10.4km, 每年 0.3 米;黄河壶口每年后退 5cm。

●喷泉:人造流水现象,如著名的巴黎 Fontaine bleue。

2.旁蚀（侧蚀）lateral erosion: 河流对河床二侧及谷坡的侵蚀，其结果是使河床和谷底加宽。 旁蚀的动力学原因是弯道离心力与科里奥利力。

1）弯道离心力：河流开始是直的。变弯的原因是由于河流中心的障碍物增大了摩擦力与粘滞力； 流水在河流弯曲部位因惯性作用而产生离心力。

●该力作用于河流的凹岸→使河流的主流线（流速最大的点的连线）偏向凹岸→使凹岸的水面提 高，凸岸的水面降低,产生横向比降→产生从凹岸向凸岸的横向力，该力作用方向是凸岸。

●弯道离心力和横向力的联合作用，造成河流凸岸堆积、凹岸侵蚀（物质搬运至凸岸，能量减弱 而沉积，形成点沙坝）。

●镇江码头建在凸岸为错举。

●南京长江大桥的北岸为凹岸。 2）**科里奥利力**：北半球，河流由南向北流，科氏力作用于右岸（东岸）；南半球，河流由北向南流， 科氏力作用于左岸（西岸）。

●**离心力、科氏力与旁蚀作用的关系**(图 11-14) 3)河床的变化:凹岸的垂直下蚀、横向旁蚀，使河流弯道向下游迁移，成蛇形河。

●**自由河曲**： 平原上弯道可以自由发展的河流；其结果是使河流长度增加、坡度降低、流速降低。

●截弯取直： 洪水期间，截弯取直，废弃的原河道变成牛轭湖（Oxbow Lake）。

●我国曲流最发育的地方：湖北石首-湖南岳阳。

河长 240km，直线仅 87km；经常发生截弯取直。如 1910 年，形成尺八口牛轭湖；1970 年形成六合

垸(yuan)牛轭湖，20km 截弯成 1km。

●小的截弯取直形成了许多诗情画意的“新月湖”（New Moon Lake），如安庆大龙山。 3 **溯源侵蚀** Up stream erosion: 朝源头加长的侵蚀。

● 发生在沟头处：片流在此集中，流量、流速增加，侵蚀力加强，发生溯源侵蚀。

● 若河口处侵蚀面下降,也会发生溯源侵蚀。

● 溯蚀、下蚀总是相伴而生，下蚀必导致溯蚀。

● 溯源侵蚀使河流变大、变长，并且把许多支流连成一片。

●**主流+支流=水系，分布区称流域**(如长江流域)

●**分水岭**：流域与流域之间的高地. 秦岭-巴颜克拉山是长江、黄河的分水岭。 二侧河流的溯源侵蚀会降低分水岭高度。**如果二侧溯源侵蚀能力相同，分水岭仅降低高度，位置 不变；如果溯源侵蚀能力不同，分水岭向着侵蚀能力弱的一侧迁移**（图 11-18）。

● **河流袭夺**：由于溯源侵蚀，一条河流将另一条河流上游的水截夺过来。在二条流向垂直的河流 之间最易发生。

**第三节 河流的搬运作用** 一．流水质点的两种运动方式

1.层流：流体流动时，质点不互相混合，流动的层与层之间不交错。在水浅、流速慢、河床平滑的 河段,可成层流。

2.紊流：流动层交错，质点互相混合。河流主体表现为紊流运动。 二．物质的三种搬运方式

1.**拖运(底运)**: 物质粗大者多在河床底运。当流速变小时很容易发生沉积。

2.**跳跃搬运:** 物质较粗者，水急则悬于水中搬运，水缓则下沉，如此往复，朝前运动。

**3.悬运:**物质较细者,则呈悬浮状态搬运。如粘土。

4.**溶运**:物质极细者，便呈溶液状态搬运，溶运物主要有 Ca、Mg、碳酸盐等。 三.河流的沉积作用：专指河流范围内的沉积。 **1.沉积的原因**：流速降低、流量减小、搬运物增多（搬运力小于搬运量）。

### 2.河流沉积物（称为冲积物）的五大特征

(1) 分选性好 长时间稳定的河流水动力，可使各种粒级的物质充分分开

⑵ 磨圆度好 长距离搬运，使岩块变圆滑。

⑶ 成层性好 二个周期变化因素：洪水期，粗，枯水期，细；夏季，颜色淡，冬季，颜色深。

⑷ 韵律性好 形成递变层理。河流的一次侧向摆动，由下到上可形成：河床沉积（粗）、河漫滩沉 积（中）、牛轭湖沉积（细）。

⑸具流水成因的原生构造 冲刷痕，波痕，砂丘（Dune，大的波痕），交错层，前积层等。 四.沉积作用形成的地形

1．**心滩**：河流开阔处流速变小→产生双向环流 →粗碎屑沉积在河流中部→不断淤积成心滩。 心滩在洪水期淹没、枯水期露出水面。

2．**江心洲**：心滩进一步扩大为江心洲。 江心洲的特点是：洲头侵蚀、洲尾沉积、向下游迁移。一般洪水不会淹没。如移向河边，则和河 漫滩会合。如南京八卦洲、湘江橘子洲。 3．**边滩**:凸岸的堆积体。洪水期淹没；由单向环流形成。

### 4．河漫滩与冲击平原

●边滩加宽、加高，面积加大，形成河漫滩。

●洪水期淹没、枯水期露出水面。

● 宽广的河漫滩可形成平原或丘陵地区。

### ●河漫滩的二元结构：下部为河床砂砾沉积；上部为河漫滩泥质粉沙质沉积。

●自然堤：洪水溢出河岸，流速骤降，大量泥沙沉积，形成自然堤。如长江芜湖与安庆之间的 自然堤；多为一般年份阻挡洪水的天然屏障。

### ●冲积平原：河床连续摆动，河漫滩连片扩大，形成冲积平原；主要由河流冲积物组成. 区别：洪积平原。

5．**三角洲 Delta:** 在河口部位，因流速降低，动能减小，形成的大规模沉积体平面上呈三角 形，称之。进一步发展则形成三角洲平原。

### ● 三角洲的形成条件：1．有充足的沉积物来源；2．河口处坡度较小，易于沉积（日本东部不能 形成）；3．水动力较小，沉积物易于保存。

●三角洲的形态：1．**鸟嘴状**（一条河流入海者，如长江）；2．**鸟足状**（若干条河流入海者， 如密西西比河）；3．**扇形**（许多条河流入海着，如黄河）。

●唐时扬州位于长江口，是个重要出海港口。唐天宝十二年（753 年），中国的鉴真和尚从这里 东渡日本。现时的上海是公元十世纪才露出海面形成陆地的。元朝至元二十八年（1219 年）才 设县，1850 年才成为商埠。当时的扬州，地位相当于今日上海，“舟樯栌比，车谷鳞集”，交 通繁忙，手工业很发达，所产铜镜久负盛名，首饰玉雕制作精湛，造船业兴旺。

●

### 第四节 河流的去均夷化作用

1.均夷化：河流削去突起河底、填平凹地，达到平衡的过程称之。

2.去均夷化：当侵蚀基准面下降,陆地上升时,或气候变暖冰雪融化、海平面上升,流量增加时,平衡 被破坏，河流重新下蚀，此过程称之。

3.可以形成：

(1)深切河曲: 切入基岩的河流。 (2)**河流阶地**:

**河流阶地五点特征**：a.原谷地残留在新的谷坡之上;b.形态上具平坦的表面和陡坎,陡坎向河；c. 沉积物为泥、沙、砾；d.可对称也可单侧；e.洪水季节也不淹没；f.形成多级阶地，底新顶老。 **4. 三种河流阶地类型**

I 级:近河床的堆积阶地（沉积物）；II 级: 基座阶地（沉积物+基岩）；III 级: 远河床的侵蚀阶地

（基岩）。雨花台为浦镇组 Np 堆积阶地,故雨花石多。 **一种阶地可以有许多级，如火焰山 7 级阶地（照片）。**

**第五节 准平原化与地貌演化** 1.**准平原化**：使高山变成平原的地质作用称之。地貌演化与河流的关系极大。

2.**夷平面**:当后期地壳抬升时,海拔高出平原,河流再下蚀,起伏增大；导致原先被松散河积物复盖的 地区被抬升，形成一系列起伏的山地。其相邻的平坦山顶位于同一高度,代表当时的准平原表面, **称作夷平面**。

3.**夷平面的年龄**：a.保存最老的夷平面不超过 130Ma（白垩纪 K）; b. 越高越老(天山夷平面往往 大于 2000 米高度)。

4．地貌的三期演化

●幼年期地貌：以下蚀为主，形成高山峡谷,V 字形河谷。

●壮年期地貌：以旁蚀为主，形成宽广的河谷和低山丘陵。

●老年期地貌：形成准平原。地表微弱起伏,存在少数孤立残山。如淮北准平原。

### 第六节 河流发育同地质构造的关系

1． 具体的河流与局部构造有关；2.型式反应隐伏的构造；3.区域河流分布与区域构造有关。

### 本 章 重 点

一、 概念：河谷横剖面形态要素； 侵蚀方式：溶蚀、水冲力、 磨蚀；

侵蚀方向：1) 下蚀：取决于流速、水中泥砂量、河床岩石性质及地质构造等；2)旁蚀；3) 塑源侵蚀；

三种侵蚀产物；V 型河谷；侵蚀基准面；横向环流、截弯取直、河流袭夺； 搬运方式（拖运、悬运、溶运）；

沉积原因; 沉积作用形成的地形； 去均夷化及其产物； 河流地貌的三期演化。

二、基本特征

1 河流沉积物（冲积物）的 5 点特征

2 三级河流阶地特征

3 夷平面特征

4 河流三角洲沉积特征与形成条件

5 河漫滩的二元结构

6 河流阶地 6 点特征

7 三级河流阶地特征

# 第十二章 冰川及其地质作用

冰 ice, 冰川 glacier,地质作用 geological action

● 冰的结构与石英很相似,为六面体。

● 封冻的河流称冰河；但它并不是冰川。

● 冰川：分布于雪源区，由积雪压实而成的巨大冰体，是高纬度区主要的外动力作用因素。

● 它在重力作用下可由雪源区向外长期缓慢运动。

●古冰川是研究地球演化、地壳运动的一把钥匙，也是大陆漂移与板块构造理论建立的支柱基础。

● 乌鲁木齐南 80km 的冰达坂为现代山岳冰川。 中科院兰州冰川研究所取得了重大成果。 **冰川的形成与运动** Formation and movement of glacier

### 一、冰川的形成

**1.雪源区**: 终年积雪区;一年之内积雪不会全部溶化或升华的地区。

● 终年积雪区的下部界限为雪线。

● 雪线的分布与下述因素有关： a．气温（纬度或海拔高,冷,雪线低；反之,如赤道肯尼亚乞力马扎罗山,雪线就高）； b．较大的降雪量（雪量小不能形成冰川）；

c．湿度（干冷、干燥地区雪线高）； d．地形（平缓易保存、背阳易保存）。 **2．积雪成冰**：不是水成冰！

●需经四个阶段：雪花(Snow flakes)→（温度压力→局部熔融→排掉部分空气→重结晶）→粒雪 (Grainy snow,白色的压实冰晶 0.5-5mm)→（再压实→重结晶长大→进一步排去空气）→粒状冰 (Grainy ice,乳白色)→（重结晶→增粗→变致密）→冰川冰(Glacier ice,兰色,比重 0.9)。

● 通常，积雪厚度达 50 米时，底部积雪就可转变为**冰川冰**；冰川冰由高向低运动,就成为**冰川**。

● 以雪线为界划分：冰川积累区(温带高山者称粒雪盆) 和冰川消融区(温带高山者称冰舌)两类。 积累>消融蒸发：冰川冰量增加，扩展延长;

积累<消融蒸发：冰川冰量减少，冰川退缩;

积累=消融蒸发：冰川物质平衡。冰雪携带有大量古气候、古环境的信息! 研究冰雪可了解：

● 气候的变化历史(**最老冰盖有 100 万年**)。

● 不同时期大气的气体成分、压实程度、干扰大气层的因素、大气层的化学成分（主、稀土、 微量元素、同位素、温室气体 Greenhouse gases、无机+有机物）与大气化学过程。

● 人类历史以来的火山活动及其特征(一次大火山爆发,一般要 1-3 年、有时 4-5 年才能降落到 南极冰雪上)。

● 生物化学循环与生物进化过程。

● 美苏核大国 60 年代进行的频繁核试验均被南极冰雪所记录。 在南极,一般采用钻孔取冰芯的方法(在冰川流动很小的古山顶平台)，辅以井槽探测。

### 二、冰川的运动特征

●冰川与河冰及其它自然冰的区别：是否运动。

●冰床坡度大、冰的厚度大，冰川的运动速度就快。

●流速不匀: 冰川底部和二侧的流速,小于中间和上部的流速。

●可形成裂隙、褶皱、断裂：运动冰川的变形可用应力应变来分析。

●冰川所携带的岩石碎块称为**飘砾**；冰川消融时，飘砾变成**冰蘑菇**；飘砾跌落，形成**冰牙**；冰 牙扩大则形成**冰塔**。

若见上述现象,则表明冰川已流到雪线以下。

### 第二节 冰川的类型

**一.大陆冰川**

● 范围广、厚度大、面形分布

● 向四周运动，可越过较大地形障碍

● 现代大陆冰川：格陵兰；南极

**二.山岳冰川：**分布在中低纬度的高山地带 1. 冰斗冰川: 靠近雪线的凹地、冰坎

2. 山谷冰川: 冰斗冰川扩大、溢出，顺着山谷流动 复式山谷冰川: 具有多个粒雪盆的山谷冰川

3.平顶冰川(高原冰川):由山谷冰川向大陆冰川的过渡类型。

4.山麓冰川: 许多山谷冰川汇合成更广阔的冰川;由山谷冰川向大陆冰川的过渡类型。

**第三节 冰川的剥蚀作用与冰川地貌 一、冰川的剥蚀（刨蚀）**：包括挖掘、磨蚀

1. **挖掘作用**：冰的巨大压力把基岩压碎并掘起带走的作用。裂隙发育更有利于挖掘;冰床基底突起 易被挖掘。 2.**磨蚀作用**：冻结在冰川底部的岩石碎块，在运动中与冰川一道对基岩与谷底进行刮削,其本身也 被磨蚀。

### 二、冰蚀地貌

1. **冰斗**: 积雪半圆形洼地。

●通过挖掘而加深；高度在雪线附近。

●冰川冰在底部流出,易产生雪崩,是登山危险地带

2. **鳍脊（刃脊）与角峰:**前者是冰川的分水岭；三个以上冰斗的溯源侵蚀便形成角峰(如珠峰)。

3. **冰蚀谷**: “U”形谷.山谷冰川被挖掘、磨蚀形成的谷地.冰川消失后才可以看到。

● 谷底、谷坡可见冰川摩擦的痕迹. 4.**冰悬谷**:支流冰川侵蚀慢于主流冰川而形成。二者会合后,支流冰川谷底高悬于主流冰川谷底之 上。

5.**羊背石**:流动的冰川冰磨蚀基岩，形成椭圆状的小丘，貌似羊背，称之。其长轴平行冰川流向, 冰川从缓坡向陡坡流动。如庐山的羊背石。我国有 23000 亿立方米冰川冰储量。

### 第四节 冰川的搬运作用与沉积作用

**一、冰川搬运作用**

**1.搬运形式**: 推运、载运、冰山搬动

2.**产物：底碛 A、侧碛 B、内碛 C、表碛 E、中碛 D 表碛**是二侧山上崩塌落下的碎屑。**中碛**是两冰川汇合后几个侧碛的合并体,位于大冰川中间。

**3.冰川搬运与流水搬运的区别** (1)搬运物边角在搬运中难以被改造；

(2)大岩块(漂砾 drift boulder)能被带到深海区沉积。 **二、冰川沉积的原因与冰碛物特点** 1.冰川沉积的原因：冰融

2.冰川沉积的产物：冰碛物 moraine

**3.冰碛物的 8 特点**: 1）.全是碎屑物质；2）无分选；3）碎屑排列杂乱；4）不成层；5）磨圆度差；

6）碎屑表面有磨光面和钉子形擦痕；7）SEM 下石英颗粒表面有碟形凹坑、贝壳断裂、平行陡坎； 8）内有寒冷型生物化石。SEM: Scan Electric Microscope。

**三、冰碛地貌** 1.**冰碛丘陵**：冰融后，底、中、侧碛合并成一个丘陵状起伏提体，称为**基碛**。

2.**侧碛堤**：冰川冰行进途中挖掘基岩形成的碎屑顺冰川流向分布在冰川的两侧，形成似河流阶地状 的山谷冰川侧碛，称之。**它平行冰川流动方向；数条侧碛堤则表示冰川面的下降数次。**

3. **终碛堤**：冰川碎屑物在冰川前缘堆积而成的堤状体。

●为冰川补给与消融的平衡部位（交接带）；

●大陆冰川者高 30-50 米,长数百 km;

●山谷冰川者高几十到几百米,长数百米。

4. **鼓丘**：大陆冰川终碛堤内形成的椭圆形高地，由冰碛物组成。 可具基岩核心；迎冰面坡度陡,背冰面缓。

### 第五节 冰水沉积物及其地貌

**（冰水沉积物：glacioflurial deposits）**

1. 冰水沉积物：冰川融化后的水流沉积，具有层理和分选性。如乌鲁木齐河。

2.冰水扇：指终碛前缘无固定河床的细小水流形成的扇形沉积物。

3.**纹泥、季候泥**：冰水入湖时形成的纹层状堆积物。

● 层理细而薄，一年一轮回，如同树木年龄，可计算沉积物时代。

### ● 夏季碎屑粗、氧化强、色浅；冬季碎屑细、氧化弱、色深。

4. 蛇形丘： 在冰水作用下，冰川底部融化隧道中的冰碛物被冲刷、搬运、堆积而成的砾石粗砂高 地。发育在大陆冰川区。**其特点是二坡对称、坡陡，呈狭长而曲折状延伸**。 北美蛇形丘长达 400km。

### 第六节 冰川作用及其原因 一.地球上大规模的三大冰期

1.震旦纪大冰川 距今 6-7 亿年。

2.石炭、二叠纪大冰川 距今 2．5-3 亿年，主要分布在冈瓦纳地区。

3.第四纪大冰川 距今 200 万年-现在。 **二、第四纪的四次亚冰期**

1.鄱阳亚冰期(200 万年前开始)→大姑亚冰期→庐山亚冰期→大理亚冰期(1.1 万年前开始退缩,目

前仅格陵兰和南极持续着)。

2.现在为小间冰期:生存大量的喜暖动植物 3.第四纪冰期阿尔卑斯山研究最好。

4.中国的第四纪冰川为山谷和山麓冰川,发育在庐山,台湾,新疆,黑龙江等地。 **三、冰川作用的影响**

1.对地壳：冰压下陷,冰融回升,引起地壳的均衡调整；

2.对气候：引起海平面变化；

3.对地表：引起水系变化；

4.对生物：喜冷者存，喜暖喜热者亡. **四、冰川作用的原因** (自学)

1. 天文说：强调外因。太阳强幅射时地球温度升高，冰川融化；反之,降温成冰。

2. 大气成分变化说：强调内因。C02 含量增高时大气升温,冰川融化；反之,降温成冰。

3．洋流变化说

**本 章 重 点** 1.概念：雪源区；冰川冰；大陆与山岳冰川；冰斗；角峰；冰悬谷；冰川剥蚀（刨蚀、磨蚀）；中 碛；羊背石；冰碛物；冰川构造（冰裂隙、磨光面、钉子形擦痕)；侧碛堤；蛇形丘；冰碛岩；季 候泥

2.基本特征

1）冰川的搬运方式（推运、载运）及其特征

2）冰川沉积物的八点特征及其与冲积物的异同

3）山岳冰川的地貌特征（冰斗、鳍脊（刃脊）、角峰、U 形谷、羊背石）

4）三大冰期的发生时间及其分布范围

# 第十三章 地下水及其地质作用

（地下水 underground water， 水文 Hydrology）

**定义**: 赋存在地表以下岩层空隙中的水。是水资源重要的组成部分。地下水与生命密切相关；水是 社会文明的标志。

### 第一节 地下水的基本概念

一. 地下水的赋存条件

1.**岩石空隙度**：孔隙(松散沉积物或沉积岩颗粒之间的空间)；裂隙(岩石中的破裂)；洞穴(Cave 可 溶性岩石溶蚀后形成的空洞)。

**孔隙度η=Vn/V³100%** η，孔隙度(孔隙的数量)；Vn，孔隙体积；V，沉积物或岩石总体积。 **影响孔隙度的 4 因素：颗粒粗则η低、颗粒形态不规则则η低、分选性差则η低、胶结好则η低。** 2.**岩石的透水性** perviousness :岩石的透水能力取决于空隙大小与贯通程度（能否自由透水）以 及空隙大小（透水多少）。

●透水层：水能自由通过的地层。

●隔水层：(不透水层)水不能自由通过的地层

●含水层：饱含地下水的隔水层。 3.地下水面:某地区内地下彼此连通连续的水面,为饱水带顶面。

●地下水位：地下水的出露高度(不同地方地下水位高度并不同，与地表起伏无关)。

●**包气带**：地下水面以上部分岩层空隙中的气体与大气相通，含不饱和液态水。

●饱水带 saturated zone ：地下水面以下的部分,岩石空隙中充满了水。 **二．地下水的化学成分**

1.自然界中绝大多数元素在地下水均被发现。

2.O K Na Ca Mg Cl 等以离子状态大量存在于水中。

● O K Na Ca Mg 克拉克值大,溶解度也大，水中含量就高。

● Cl 克拉克值小,但溶解度大,故水中含量高。

● Si，Fe 克拉克值大,但溶解度小,故水中含量就小。

3.矿化度 degree of mineralization:地下水中诸元素的总量,单位:克/升。

●矿泉水（mineral water）：含有对人体有益矿物质的地下水。

● 如地下水中含无益的矿物质，则会形成人体结石（类似于玛瑙）和马宝（动物体内结石）。 **三.地下水的补给与排泄** 1.含水层失去水量称排泄(drainage)，含水层从外界获得水称补给(recharge)。

●流动的地下水称地下径流(run off）。它从补给区向排泄区流动。 2.补给来源：大气降水、地表水。

3.地下水的露头：地下水的人工露头为井 well，天然露头为泉 spring（上升急喷的泉即喷泉，重 力向下者为下降泉）。

台湾和云南有“蝴蝶泉”;南京有“珍珠泉”、“江南第二泉”(南宋陆游题);济南有“趵(bao) 突泉”。

### 第二节 地下水的类型

**一.根据埋藏条件分类**

1.**包气带水**：包括气态水、结合水、毛细管水、过路重力水、上层滞水(局部隔水层中蓄的水) 2.**潜水**(phreatic water)：地面下第一个稳定隔水层上的饱和水(saturated water)。 潜水层厚度=潜水面至下伏隔水层顶板的距离

潜水埋藏深度=潜水面至地表的距离 潜水面的特征：波状起伏、随季节而变化。

3.**承压 confined 水**：充满于二个隔水层中间的含水层中的地下水。承受着一定的静水压力，形成 环境主要为向斜盆地（图 13-7）。

### 二.根据含水层空隙性质划分的类型 1.孔隙 pore 水

2.**裂隙 fissure 水**（裂隙发育贯通性好者为层状裂隙水；裂隙稀疏局部贯通者为脉状裂隙水。 3.**喀斯特 karst 水**

### 第三节 地下热水

**1.低温** 20-40 度, **中温** 40-60 度, **高温** 60-100 度,过热>100 度。 高温热泉需具备较大的空隙、较热的岩体、通向地表的不规则裂隙系统。

**2. 地下热水分布区常是地热异常区；出露地表即成为温泉（hot spring）** 西藏羊八井、南京汤山、西安临潼华清池；冰岛、新西兰、美国黄石 Yellow Stone 老实泉(Old

Faithful)。 3**.地下热水的成因**：与断裂有关、与地热有关、与水文地质条件有关。

### 第四节 地下水的地质作用

**一.地下水的剥蚀作用及喀斯特** 1.**剥蚀**(潜蚀 suffosion)：

机械冲刷 scour(水冲力小,故颗粒细);

化学溶蚀 chemical corrosion(对象是可溶性岩石)。

### 2.喀斯特 karst：含二氧化碳的地下水对灰岩进行的以化学溶蚀为主、机械冲刷为辅的地质作用及 其地貌称之。 中国译为岩溶。

喀斯特地区，风景优美，石林壮观。所拍电影赏心悦目:阿诗玛,刘三姐。

**以下内容自学** a.**溶沟、石牙**：表面溶蚀冲刷，形成沟槽（溶沟）、突起（石牙，发育成石林）。

b.**落水洞**：近直立的洞穴，下连地下河，二组直立裂隙交会处最易形成。 c.**溶斗(漏斗)**：深度较小的凹坑，可连地下河。d.干谷、盲谷：河床中的落水洞，使下游断流成干 谷；上游下蚀且流水入洞成为盲谷。

e.**峰丛、峰林、孤峰** f.**溶洞**：石灰岩地区的地下洞.层面、节理面、断裂面最易发育。

地壳上升→潜水面下降→溶洞干涸。 溶洞一般形成于大片石灰岩分布区，如瑶林仙境、灵山幻境、宜兴善卷洞（上洞、中洞为干洞，

下洞有水可通舟楫）。 g**.溶蚀谷地、天然桥**：地下暗河暴露地表,为溶蚀谷地.未塌陷部分叫天然桥。 h.**喀斯特洼地、喀斯特平原**：溶斗扩大形成洼地，进一步发展则成为喀斯特平原（地壳稳定、侧向 溶蚀充分）。 岩溶（karst，喀斯特）

**3.影响岩溶（karst）发育的因素** a.气候：潮湿、降雨量大、常年气温高。 b.岩石：可溶性岩石，纯的石灰岩更好。 c.构造：断层、节理发育有利于 karst 的形成。 d.流水：溶蚀性强、流动性好，有利于 karst 的形成。 e.环境：地质环境稳定,有利于 karst 的形成。 **二.地下水的搬运作用** 1.搬运：在地下进行。其余与河流无异。

2.沉积：机械沉积、化学沉积，后者重要。

2.1 引起化学沉积的因素：压力降低、水温降低、水分蒸发，CaCO3 浓度增加而沉淀。

2.2 沉积方式 孔隙→沉积产物像胶结块。 裂隙→具梳状构造的方解石脉。

溶洞→钟乳石，石钟乳:同心环状的空心体。 →石笋:同心环状实心体。 →流水中的 CaCO3 沉淀→ 石帘、石瀑布。 温泉→泉华，包括钙硅华即石灰华、硅华。

### 第五节 地下水的开发利用

1.寻找更多更好的地下水。

2.要求科学开采（上海过量开采，造成地面下降；后向地下注水，地面回升）。

3.主要研究单位: 中科院桂林岩溶研究所、中科院水文研究所

### 本 章 重 点

一、基本概念 孔隙度；矿化度；地下径流；盲谷、落水洞；包气带水、潜水、承压水、裂隙水、Karst 水 二、基本特征

1 影响水质的因素、影响孔隙度的四因素; 2 水的富集、运移特征;

3 温泉和地热水的形成条件: 构造、地热、水文地质; 4 影响岩溶（karst）发育的因素

### 一.性质

**第十四章 海洋的地质作用 Ocean & Sea**

**第一节 概况**

1.海洋和陆地,是二大截然不同的地理单元:陆地占地表面积 29%,海洋 71%。

2.海水总体积:13.7 亿立方 km；如把地表夷平，则地球上海底变浅为 2745 米深度(中深海;现平 均>3600 米)。

3.海水含丰富的 氯化物、硫酸盐、碳酸盐等，含盐量 33‰ -38‰。0-200 米水域富含 O2(海洋 植物的光合作用),较深水域动物吸入 O2,呼出 CO2;且有机物腐烂要消耗 O2,故深水域缺 O2 富 CO2。 海水中 CO2 随压力及盐度增大而增大。

4.海洋是一个巨大的热交换器;没有海洋调节作用,任何一种生物都不能适应强烈的温度变化。

5. 0-200 米水域有大量可供人类食用的生物(鱼类、海带等)。世界上每年从海洋中捕捞的鱼 6500

万吨。照此计算，海洋提供的食物可供 300 亿人口食用。但是，滥捕滥杀使许多生物面临绝境；近 代海洋污染，使大量底栖生物、浮游生物、游泳生物难能生存。

6.海水有丰富的资源：Au Ag Cu Fe Sn Al 矿；NaCl 4 亿亿吨;铀 41 亿吨;重氢 46³1012 吨，约

等于 3．6³1024 吨煤(可供 50 亿人类使用 7000 亿年);石油天然气;潮汐还可发电。 7.**三大类海洋生物**:底栖 benthos 类(bryozoan 苔藓, coral, brachiopoda)、游泳 nekton 类(鱼)、

浮游 plankton 类(algae,radiolarian,有孔虫 foraminifera,conodont 牙形刺)。

**此三大类海洋生物在整个地史中均存在。** 海洋生物骨骼成分: CaCO3 和 SiO2(硅藻,放射虫,硅质海绵等)。

8.海水的物理性质：密度（1.02-1.03，略大于蒸馏水）、压力（每下降 10 米增加一个大气压，

岩石每 3.7 米增加一个大气压）；海水温度（底部稳定 2-3 度，表面随纬度变化而变化，洋流除外）。 二、**我国的海洋**：内海渤海（庙岛群岛）、边缘海黄海（东营黄河口）、东海（含台湾海峡、吴凇长

江口）、边缘海南海(南沙群岛)。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **太平洋** | **大西洋** | **印度洋** | **北冰洋** | **渤海** | **黄海** | **东海** | **南海** |
| **面积(104km2)** | **18130** | **9430** | **7410** | **1230** | **8** | **38** | **77** | **350** |
| **平均水深(m)** | **3940** | **3575** | **3840** | **1117** | **18** | **44** | **370** | **1212** |
| **最大水深(m)** | **11034** | **8750** | **7450** | **5180** | **70** | **140** | **2719** | **5559** |

### 三、海与洋的 4 点区别

1.时代新(<50Ma 至今);2.基底多为陆壳(日本海与南海除外);3.面积小,水深小(日本海与南海除 外);4.含盐度低、水温略高。

**四、海的别名：**1 “西游记“中的南海，实为宁波普陀山；2 以海命名的湖：中南海、北海，实为 断裂湖；3 没有水的海：云海、沙海；4 消失的海：Tethys (古地中海)。

### 第二节 海水的运动及其地质作用

要点: 1.海水运动造成海岸及海底岩石的剥蚀、搬运与沉积，是重要的外动力作用源。 2.海水的运动表现为：波浪 wave、潮汐 tide、浊流 turbidity curren t、洋流 ocean current

### 一.波浪(高低起伏的海水)特点

**1.波浪的 4 点起因：**风摩擦海水、月球引力、海底地震、大气压变化。

**2.波浪四要素**：**波长**（相邻波峰间距离;数十至 800 多米）；**波高**（波峰波谷间的垂直距离;1-4 至

15-30 米）；**波的周期**（相邻二波峰传经同一点所间隔的时间）；**波速**（波形在单位时间内前进的距 离）。波峰 wave crest,波谷 trough,波长 length,波高 high,波的周期 period,波速 velocity **3.波浪的大小与风速、刮风的持续时间有关**

●波浪运动时，看似汹涌澎湃，滚滚向前，但如在某一峰点作一个记号，便可见其只是作上下运动。

●海洋天气预报主要是风力、风向、浪高,以确定什么吨位船可以出海。

●在波浪影响的范围内,从上而下,水质点作圆周运动的半径减小,以至消失。 原因:水的内摩擦作用。

**浪基面** wave base=1/2 波长(波浪运动停止面),**故波浪向下变小且传导的深度只能<1/2 波长！** 靠岸处,因水深小于 1/2 波长,水运动受到海底磨擦,底部水质点运动由圆→椭圆→扁圆,水体只

能前后运动,不能上下运动;此时,上层水流速大于下层,波长变小,波高加大,故波峰变尖，最后翻卷 成破浪 breaker（或卷浪，白的水花）。拍击海岸时则叫激浪 surf。

### 二.波浪的地质作用

**1.浪蚀** wave erosion: 岸边岩石在巨大能量的海水作用下，节节后退。抵抗力强的岩石突出成为 **海岬** strait；抵抗力弱的岩石凹入成为**海湾** gluf,海岸线岬湾交错）；沿断裂带则形成**海蚀沟谷** marine canyon,如普陀山观音洞。

●岸边后退，伸入海中的岩石可形成海蚀柱 marine stack、海蚀桥 marine bridge 等地貌景观。

●在水平方向上，激浪和石块对陡崖的冲击，先形成**海蚀洞穴**～cave→**海蚀凹槽**～trough, 继之**凹 槽上的陡崖崩塌,原凹槽的底变成海蚀平台** submarine platform 和**新陡崖** cliff。

### ●海蚀平台称为波切台 wave cut，崩塌的碎屑在水下堆积成的平台叫波筑台 wave built platform。

●**海蚀平台发展停止后的海岸剖面叫海蚀平衡剖面 marine balanced section。**

●**洞穴、凹槽、平台应位于海浪作用的高度。如它们高于该高度,则表明地壳有过上升；反之下降。**

● 波浪运动使海水在岸边反复前进称**进流** intergression～、后退称**回流** reflux,形成磨圆度与 分选性好的碎屑。粗的形成**海滩 beach、砾滩；细的形成砂坝 sand bar、砂堤～barrier**。

●如果波浪运动与海岸斜交，可形成与岸平行的**沿岸流** longshore current;在海岸凹入处,沿岸流 携带的物质沉淀成**沙嘴** sand spit。被沙嘴隔离在近陆的封闭海域称为**泻湖** lagoon。 **三、潮汐及其地质作用**

**1.潮汐 tide**：月球引力作用下造成的海平面周期性升降现象。

● 潮汐作用使海水大规模水平运动，形成潮流 tidal current。潮汐影响小的地方河口形成三角 洲 delta；潮汐作用大的地方，河口强烈冲刷，形成三角港 triangular harbour。

●海宁盐官镇,钱塘江潮,宽 10km。中秋节后 2-3 天，浪高 3-5 米，推进 10 米/秒；大潮极其壮观。

**●潮汐条件**:a.狭窄的河道；b.向海张开的漏斗状河口；c.河口处的水下砂堤（抬升浪高）；d.强东 南风。 ●沿海地区利用海进、海退来运输。 ●潮汐带沉积物中含有丰富的石油。 **四、洋流及其地质作用**

**1.洋流 ocean current:**定向流动的广海海水。

● 控制因素：定期的信风 trade wind(中纬度的西风流)、海水的温差、含盐度的不同(密度流)、 科里奥利效应、大陆和岛屿的位置、海底地貌。

● 表层洋流影响深度<100m;深部洋流可达海底。

● 按温度有暖流、寒流。

● 洋流流速:0.5-1.5 米/秒，对海底有轻微冲刷、搬运、沉积能力。

● 沿陆坡等深线低速流动的深部洋流称等深流。 contour current,3-30cm/s,见于大西洋陆隆。 **2.浊流 Turbidity Current**

### (1) 浊流定义: 发生在大陆架斜坡上的高密度(1.5- 2.0g/cm3)、高速度向下流动的水体,属密度流。

●产物：海底泥石流、浊积岩(具有很大厚度的沙、泥、砾沉积,含浅水生物碎片)。沉积物与海水 搅拌在一起，以 19.1 米的高流速向下运动，能量大、破坏力强,可将陆缘物质搬运至深海，重塑海 底地貌；可冲断海底电缆。

●规模: 在北大西洋西部水深 5400m 处,一个海底滑塌扇展布面积达 40000km2，滑塌体长度达 54km。

●原因：地震产生的海底滑坡。

**复理石：**相当于一种韵律状沉积岩。特点是粗细颗粒层反复交替排列。 **浊积岩：**由浊流作用形成的沉积岩。

### （2）浊流的地质作用

●浊流的侵蚀可形成海底峡谷 submarine canyon:与大陆架、大陆坡方向相垂直并终止于陆隆的浊 流通道。

●海底峡谷的前锋是巨型扇状沉积体称海底冲积堆或深海扇,分布在陆坡-陆隆交界带。 submarine alluvial cone, deep sea turbidity fan

●陆隆是浊流的终结处(由陡的陆坡变缓的陆隆处必然沉积)，因此认为陆隆是浊流沉积形成的；陆 隆上的浊流沉积体为向洋变薄的楔状体（可用来判别海陆位置极性）。

●更细的物质可漂至深海平原。

### 第三节 海底沉积物

**一.海底沉积物来源**

1.陆缘物质 terrigenous material、2.生物物质 biologic～、3.火山物质 volcanic～、4.被溶滤 的海底岩石 solved submarine-rocks, (海水沿岩石裂隙下渗并被加温→热水溶解-淋滤途经的物 质→溶滤物质被折返上升，以热泉的方式溢出海底)、5.宇宙物质 universal ～。

【影响海底沉积的四因素】课堂不讲，自学

**1.深度**：深度不同，海水物理性质、化学成分(盐与 CO2)、生物状况就不同，必然影响沉积物性质 和分布。CaCO3 在硷性溶液中沉淀,酸性溶液中溶解;CO2 含量影响着海水的酸硷度并控制着 CaCO3 的沉淀。深度加大，陆缘碎屑物必减小、粒度则由粗而细。

**2.气候**：1）温暖时，陆上有较多的 Fe Mn Al 可流入海洋,CaCO3 易沉淀形成石灰岩；代表生物为 珊瑚(生长温度 20 度左右)。 2）.寒冷时，有冰川沉积物形成；代表化石为硅藻（寒冷海水中生活）。 **3.陆地地形及其物质组成**

(1)海岸平坦则沉积物来源少（长江以北平原型海岸,如苏北与青岛）。 (2)海岸起伏则沉积物来源多（长江以南山地型海岸，如厦门鼓浪屿）。 (3)陆地物源物质：苏北第四系形成泥滩；青岛花岗岩则形成沙滩。

**4.海盆隔开**（如泻湖等） (1)如果隔开部分淡水注入量>海水蒸发量,则淡化，如西湖。

(2)如果隔开部分淡水注入量<海水蒸发量,则咸化。如约旦西部地中海与红海之间的死海。

●咸化海为还原环境；盐度增加,则沉积白云石、石膏、芒硝、盐。

●淡化海底部也是还原环境。如无垂直对流，则严重缺氧，不适应盐度变化的底栖生物必亡。 **二.滨海沉积**

**1.滨海** shore:(图 14-10)为波浪及潮汐强烈活动的近岸区,可达数 km 宽。

**1.1** 可分为**外滨** offshore（潮水下限带）、**前滨** foreshore (潮间带)、**后滨** backshore (潮水 上限带)三个带。

### 2.外滨(潮水下限带)、前滨(潮间带)5 特征:

a.水浅、动荡、氧气足、阳光充沛。 b.生物有绿藻、兰绿藻及海洋底栖生物。 c.沉积物分选性好、磨圆度好如砂、砾。 d.具交错层、波痕、干裂纹、雨痕、虫迹等原生构造。 e.动荡的海水导致竹叶状灰岩、鳊状灰岩的形成。

**后滨带(潮水上限带)**:近岸,水不畅,潮湿,适宜植物生长,易形成泥炭(marl),最后转变成煤。 **三.浅海沉积**

**1.浅海**：水深<200 米的连续水体区。除去滨海以外的大陆架(坡度 0.1 度)均是浅海区。为非常重 要的沉积区，绝大多数的沉积岩属于浅海沉积产物。

### 2.浅海沉积带的特征：

(1) 水动力作用较强,有动荡的海流作用。七级风就可影响至海底（波长 500 米，浪高 5 米，影响

250 米深）。

(2) 含氧高,光线充足。在无污染的情况下,光线可穿入 200 米；有利于生物生长。 (3) 生物丰富: 该带聚集了 90%的海洋生物。

底栖生物有：腕足类、珊瑚、红藻、硅藻； 中层水体生物有：鱼类和其它游泳生物，褐藻； 顶部生物有：漂浮生物，绿藻。

(4) 稳定的盐度:3.5‰。

### 3. 三类浅海沉积物特征

1.**碎屑沉积**：砂岩,细砂岩,粉砂岩，风暴岩。 **风暴岩沉积序列**

C.纹层状泥质-灰泥质层（平静环境） B.交错层状细砂粉砂岩(流向动荡浅水环境) A.递变层+冲刷面粗砂-细砂岩（快速堆积浅水环境） 上一旋回顶部 C.纹层状泥质-灰泥质层（平静环境）

**化学沉积**：Al→Fe→Mn 沉积(依次由陆向海沉积)→碳酸钙沉积(石灰岩,具鲕状结构;干燥条件下则 有白云岩沉积)→磷酸钙沉积(结核)。

● **鲕状结构定义(oolitic structure)：核心为石英、长石、生物碎屑；包壳为 Al Fe Mn 正胶体、 SiO2 负胶体；呈放射状或同心状;圈越多,表明搅动次数越多,水动力强、能量高。** 3.**生物化学沉积:**介壳灰岩;生物礁 Organic Reef(明礁:露出水面或可见者;暗礁:潜在水下)。

●**现代珊瑚礁形成的四个条件**：充足的阳光;20 度±；水清,不含泥沙；含盐度正常；水深小于 60 米（生长在基岩之上）。

● **生物礁类型**

⑴**岸礁** fringing reef:靠近大陆边缘的生物礁

⑵**堡礁** barrier Reef：与海岸平行分布，其间有浅水（泻湖）相隔。

【大堡礁】位于澳大利亚东北部的 Coral Sea，长 1800km,离岸 30-50km,泻湖深 30-60m；是世界著 名的旅游区。

⑶**环礁** atoll reef：绕着泻湖分布的环形珊瑚礁群。 **生物礁演化三阶段**:1.岛屿→珊瑚绕岛生长(岸礁)→2.下沉→珊瑚向上生长(堡礁)→3.下沉→珊瑚 绕岛生长(环礁)。(图 14-11)

**四.半深海 bathyal 沉积**(深 200-2000 米) 1.位置：大陆坡 (平均 4 度,底深 1400-3200 米)。

2.环境: 还原环境,生物较少,含火山物质。

3.八种主要沉积物

a.泥质（彩色）b.粉砂细砂质(悬浮质) c.蓝泥（氧化亚铁，有机质） d.红泥(来源于热带陆地氧 化产生的红土) e.绿泥(含有海绿石) f.火山泥(海区火山灰) g.珊瑚泥（珊瑚礁的海蚀产物） 五. **深海沉积**(水深>2000m,平均 4600-5500m)

**1.位置**：洋底

**2.环境特征**: 海水平静；生物稀少；沉积物少；悬浮粒级小于半深海（粉沙与泥之间）。

### 3.沉积物：软泥、金属泥锰结核、浊流沉积, 等深流沉积

**3.1 软泥**：来自陆地的风化产物，漂得很远且可以沉积下来的物质（更细的物质将永远悬浮在水中）。

A．生物软泥(含硅质骨骼+钙质骨骼 50%、生物碎屑 50%) B．含火山碎屑的红色粘土 **3.2 金属 泥:**洋脊中富含金属元素的泥状沉积物。

●成因 与地幔上升有关(岩浆分泌出含金属元素的热水溶液→海水与含金属元素的岩浆相互作 用)。 ●含重要的矿产资源 Cu-Pb-Zn-Cr-Mo-V。

**3. 3 锰结核**：胶体凝聚而成；核心为生物屑、岩屑；Mn 成皮壳状、同心圈状；直径可达 8cm；并 可吸附其它金属元素。

**3.4 浊流沉积：**浊积岩 turbidite,具 A-B-C-D-E 鲍玛序列。

**浊积岩的鲍玛层序 Bouma sequence** E. 块状泥岩,含远洋化石(陆隆环境)

D. 水平纹层状页岩,含生物化石(陆坡)

C. 丘状波纹层粉砂岩,前积层理（斜层理）发育(陆坡) B. 平行纹层状砂岩,具粒序性(陆坡)

A. 粗粒递变层砾-砂岩,冲刷面及印模发育 (陆坡) **3.5 等深岩**:在等深流作用下沿等深线沉积而成的岩石。

### 等深流是指大西洋西部陆隆上沿等深线方向流动的深部洋流。速度 3-30cm/秒；可冲刷、搬运、 沉积。

**等深岩特征**：分布于陆隆；细砂-粉砂-泥质互层；分选性好；水平层理发育。

### 4 碳酸钙沉积补偿线 CCD 定义:碳酸钙全部溶解不能沉淀的深度线，其深度>4500-5000 米。

● 这就是为什么钙质软泥沉积在浅部，硅质软泥在深部的原因：深度增加，CO2 含量增高，所 有碳酸钙质点下沉到该深度即被全部溶解。

●太平洋 4500 米，大西洋 5000 米。

●对确定古海洋的位置,形态,水深,海底升降有意义。

### 第四节 海水的进退

**1.海水的进退**

**海进特征**：海水大规模的向陆地漫进；陆相沉积物之上堆积海相沉积。 **海退特征**：海水大规模向外海后撤；海相沉积物之上堆积陆相或浅水沉积。 **原因：**1．地壳运动：地壳升降；2.板块扩张速度变化（快则海进，慢则海退）。 **2.海水的来源途径**:含水火山物,海水转冰。

A．岩浆含水 4%，火成岩含水 1%，即岩浆→岩浆岩可释放 3%水到海水中。 B．地幔物质含水 0.5%（原生水），其释放可使海水总量增加。 C．冰川消融可使海水量增加,海平面上升;反之则海平面下降。

### 本 章 重 点

一、重要术语 波浪、浪基面、泻湖、潮坪、波切台、波筑台、海蚀平衡剖面、潮汐、外滨、前滨、后滨、鲕状结 构、碳酸钙沉积补偿线 CCD、风暴岩、等深流、浊流

二、基本特征 1.海与洋的区别

2.波浪的 4 点起因

3.我国潮汐形成的 4 个条件

4 滨海带（外滨、前滨、后滨）的沉积特征

5.浅海沉积带的 4 点特征

6.形成珊瑚礁的 5 个条件

7.半深海的 7 种沉积物质

8.深海带的 4 种沉积物质

9.浊流沉积与鲍玛序列的基本特征

**第十五章 湖泊及沼泽的地质作用**

【**湖泊的称谓**】 湖(太湖、塞里木湖);潭(台湾日月潭);池(云南滇池,天山天池);九(宜兴西九);泊(新疆罗布泊); 海(中南海;哈萨克斯坦里海);大淖(苏北;汪曾琪:大淖纪事)。

【**湖泊的文学描述**】 五百里滇池飞来眼底,数千年往事涌上心头(云南昆明大观楼);湖光山色,绿水青山(西湖)；衔远山,

吞长江(湖南洞庭湖,喻水深);洞庭波涌连天雪(喻深水的波浪运动);鹿鸣翠谷,雕飞云盘（长白山天 池）; 洪湖水,浪打浪(浪高小,不到 1/2 波长)。

【**江南的历史名湖**】**太湖：**中国第三大的淡水湖。垂柳白帆,碧波荡漾”。 **中国内陆湖中第一大岛：西山岛。** “湖光秋月两相和，潭面无风镜未磨；遥望洞庭山水翠，白银 盘里一青螺山”。2003 年已辟为国家地质公园。

**太湖石（花石纲）**,具**“瘦、漏、透、皱、奇**”特色。石面崎岖,凹凸有致,涡洞相通,洁白圆润. 白居易称“石有聚族，太湖为甲”。产于太湖西山岛，由 C3 黄龙组、船山组灰岩溶蚀而成。太湖鼋 头渚 湖岸刻有“包孕吴越”。该湖流传着许多吴越故事。

**【江南的历史名湖】玄武湖**：古名桑泊，孙权引水入城成湖，称后湖（钟山之后）；东晋改名北 湖（建康之北）；六朝湖中见鳄鱼，改称玄武湖；北宋一度淤塞；元 1343 年疏浚，但湖面大缩；明 初为禁地（太祖朱元璋,即洪武帝；1911 年方辟为公园。

**长白山天池** 海拔 2185 米，面积 9.82km2，水深 370 余米，为我国大陆最高和最深的淡水湖。

### 第一节 湖泊的特征

**一．湖泊概况** 陆地上的蓄水洼地为湖泊；沼泽则是从湖泊演化而来。 **1.湖泊的特征** (1)湖水是水圈中比较宁静的水，所以在地质过程中以沉积为主。

(2)地质时代的湖泊可形成许多有用的矿产资源：煤、石油、盐碱、铁矿、薄层砂岩灰岩。 (3)现代湖泊是重要的水源（生活用水、工业用水）；提供淡水水产（太湖银鱼，洪泽湖大闸蟹）； 调节区域小气候（西湖、玄武湖、巢湖训练水军）。

### 二.湖水的来源、排泄及其化学成分

1. **湖水来源**：大气降水、地面流水、地下水。

2. **湖水排泄**：蒸发、流泻、渗漏。

3. **分类**：**泄水湖**、**不泄水湖**（根据湖泊有无出口）；**间歇湖**（湖水时有时无）；**迁移湖**（积 水中心定向移动，如罗布泊）。

4.**化学成分** 湖水中的盐：碳酸钠（苏打）→硫酸钠（芒硝）→氯化钠（石盐）、氯化钾（钾盐）→盐岩

各种离子：K Na Ca Mg Cl 各种气体：O2 CO2 生物因素：H2S、CH4

### 淡水湖与盐湖的划分

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **淡水湖** | **微咸湖** | **咸水湖** | **盐湖** |
| **<0.3‰** | **0.3‰-1‰** | **1‰-24.7‰** | **>24.7‰** |

**三．湖泊的 11 类成因**

**1.构造湖**：a.构造凹地,如玄武湖；b.地壳大面积沉降, 如洞庭湖,鄱阳湖；c.断层带,如滇池,东非 裂谷带的串珠湖；d.块断成因(四周均是断裂),如艾丁湖(-154 米)。 **2.火山口湖**：火山喷发、塌陷形成凹地成湖。 实例:吉林长白山主峰白头山天池。

3.河成湖:河流作用形成的湖泊.牛轭湖、三角洲湖。

**4.冰川湖：**冰川刨蚀成凹坑，冰川消融则成湖；呈串珠状。实例:苏必利尔湖(美-加交界) Superior Lake;新疆天山天池(冰川终碛阻塞山谷成湖)。 **5.海成湖**：在海水侵蚀作用下形成的湖，如西湖(已淡化)。

**6.溶蚀湖**、陷落湖：石灰岩、岩盐分布区，溶蚀作用下形成的湖。

**7.风蚀湖**：风蚀凹地积水成湖.如甘肃敦煌鸣沙山下的月牙湖。

**8.堰塞湖**：河谷被堵塞而形成的湖。

**9.人工湖**:水库(北京十三陵、新安江千岛湖、安徽佛子岭)。

**10.熔岩湖**:(黑龙江德都县五大连池;镜泊湖等)。

**11.冰盖湖**：近年才发现的一种特殊类型的湖。

● 分布在南极大陆冰川的巨大冰盖之下, 为巨大的液态水体，故称冰盖湖。

● 中含微生物。

● 测得冰盖湖的上覆冰盖底界年龄为 40 万年,表明冰盖湖形成于 40 万年以前。

● 成因机制尚不清楚。 **一种推测:巨大冰盖对下伏体产生压力,冰发生化学分解.若成立,则冰盖湖不一定老于上覆冰盖**

### 底界年龄。 四、太湖的成因假说（迄今尚无定论）

① **泻湖假说**（汪胡桢，1936）：发现湖底有海相生物化石。推测曾为泻湖，当时镇江是出海口。

② **断陷湖**：四周均发现有岩块下掉的证据。

③ **破火山口**：火山岩环绕太湖四周分布，火山爆发引起地面沉降。

④ **陨星撞击坑**（王尔康等，1994）：卫星影象、击变岩、击变矿物、冲击构造、放射状石英裂纹、 位错页理、冲击锥等。

**⑤ 穹隆构造**：根据地层的分布，推测当时下面有岩浆体强烈上涌。

### ⑥ 河流淤积说 四.我国的湖泊（自学）

**第二节 湖泊的地质作用**

**一.湖水运动的特征**

**1.机械动力**：**湖浪**(高仅几米.波阳湖,波高 1.5 米,波宽 15 米，8 米下为静水)、**湖流**(入湖处， n cm/sec)、**潮汐**(很弱)、**浊流**(规模小)。 2.**化学动力**：对流形成湖底的氧化环境，使某些物质入湖后沉积，有利生物繁殖。 **二.湖泊的剥蚀和搬运作用**（远比海浪作用弱） 1.湖水对周围岩石产生冲蚀、磨蚀、化学溶蚀；形成槽、崖、平台。

2.各种物质被湖流带到湖盆,在适宜的地方沉积。 **三．湖泊的沉积** 湖泊是陆地上的主要沉积场所，所以湖泊的寿命不会太长。

**1.机械沉积**：可形成砂坝、砂嘴、砂滩、三角洲；粗的在湖岸沉积,细的在湖心沉积。 因此，**湖泊沉积物具 a.同心带状沉积特征,近岸粗，远岸细；b.层理较好;c.具波痕、泥裂等原生 构造;d.夏季色浅粒粗；冬季色深粒细；e.挟砂量大，可在湖口处形成三角洲或三角洲平原。 2.化学沉积**：受气候影响很大。

**(1) 潮湿气候影响区化学沉积**：湖水沉积物中 K Na 早已流失;常见有易溶的 Ca 和难溶的 Mg、Fe、 Al、 Si，形成 Fe、Mn、Al 矿。形成湖铁矿即褐铁矿：

**化学沉积**：含铁岩分解的 Fe(OH)3 胶体+水中电介质→Fe(OH)3 **生物作用沉积**：Fe(HCO3)2+生物作→Fe(OH)3

**(2)干旱区气候影响区**：大湖消亡四阶段（湖区不断缩小咸化，溶解度小的先沉积）： 碳酸盐沉积(**方解石+白云石:咸湖**) →硫酸盐沉积(**石膏+芒硝:苦湖**) →氯化物沉积,(盐度>25‰, 称**盐湖**；**富集氯化钠和卤水，含 K、Mg、B 矿**) →盐湖干枯，盐层埋藏(盐矿)

**3.湖岩分带： 1)湖浅而小者**:碎屑相分带(砾岩-粗砂岩-砂岩-细砂岩-粉砂岩-泥页岩),

**2) 湖深而大者:**碎屑相→化学相分带(碎屑岩→化学岩即砾岩-粗砂岩-砂岩-细砂岩

-粉砂岩-泥页岩→灰岩-石膏-盐矿岩)。 **4.生物沉积**：以石油的形成为例

菌藻类遗体→随泥沙沉积于湖底→分解→蛋白质、脂肪、碳水化合物→厌氧细菌作用、分解→脂肪 酸、氨基酸、醇→相互作用→干洛根→60-120 度→石油→200 度→天然气

### 第三节 沼泽及其地质作用

1. 沼泽主要由湖泊、泻湖、局部海岸淤积而成。 2. 沼泽地潮湿积水,植物繁茂。 沼泽地质作用主要是生物沉积作用,形成泥碳、煤、石油。

### 本 章 重 点

1 湖泊的 11 种成因类型

2 淡水湖、微咸湖、咸水湖、盐湖的标准

3 湖泊沉积物的 5 点特征

4 干旱气候区湖泊消亡四阶段及湖深而大者的沉积分带规律（垂直剖面和水平分布）

5 潮湿气候区湖泊的化学沉积产物

6 比较湖泊沉积与海洋沉积的异同

# 第十六章 风的地质作用

● 风 wind 是运动的大气。

● 风向:风的来源方向。其表示与方位不同。如西南风;不可南西风。 风速 V (m/s)；风力 P(kg/m2)； 风力与风速的平方成正比：P=1/2CV2

●**1850 年,英国海军大将浦福将风力 P 划为 13 级(0-12)**,最大风力 12 级(32.7-36.9 m/s)。沿用至 今。

●有时为了研究的需要,将风力划为 18 级,最大 17 级风(56-61 m/s)。

●风速与地形的关系：江河、海面平坦,风速稳定,变化小;高度越大,风速也越大,越接近真实风速。 (黄山气象站、海岛气象站)。

●风在人类文明中起过重要作用：古代的风车动力、航海；现代的风力发电站。

●只有在戈壁草原上,才能真正认识到风的厉害（1998 年,哈密沙泉子,不能推开车门；在哈密七角 井山口,曾将吉普吹到空中）。

**第一节 风的剥蚀作用 一.风的剥蚀作用** aeolian erosion

1.**吹蚀** deflation 条件有二:风速大及适宜的地面状况(有产生涡流,形成上举力的地形条件；地 面干燥,颗粒之间维系力小;地表起伏小,阻力小)。

**2.磨蚀** abrasion:风对地表的摩擦与冲撞。

● 风棱石(windcut stone):风从多个方向对砾石磨蚀而成(风向改变、砾石滚动)。边角奇异,油光 滚圆。

● 风蚀洞:将软的地方磨损成坑,而后产生坑内旋风，磨损成洞。 **二．风蚀地貌（雅丹地貌 Yardan landform）** 1.风蚀洼地：风长期吹蚀，碎屑入不敷出。

2.风蚀谷、风蚀残丘：沙漠暴雨形成小冲沟→风将其改造成形状极不规则的谷地→谷与谷之间为基 岩残丘。

3.风蚀城堡：为一种特殊的风蚀残丘。 条件：岩层水平、软硬相间、垂直节理发育。如克拉玛依魔鬼城，塔里木方城。

4.风蚀蘑菇、风蚀柱：蘑菇状风蚀残丘(由于底部的风含沙高，磨蚀强而成)；风蚀柱(风蚀垂直节 理而成)。

5.蜂窝石：岩石各部分砾石、矿物，软硬各不相同，差异磨蚀而成。

### 第二节 风的搬运

**1.**风搬运与河流搬运的区别是风**可将碎屑物从低处运至高处**。

2.风的**搬运三方式**：悬移质悬浮搬运、跃移质跳跃搬运、推移质蠕动搬运。在风沙流的剖面上，悬 移质占 10%、推移质占 20%、跃移质占 70%。 3.悬移质虽少，但搬运距离可以很远，形成黄土地貌。如我国的黄土高原。

4.害处:北京风沙、水泥雨、沙尘暴。优点:可防紫外线

### 第三节 风的沉积作用

**一、风沉积物的 5 个特点：** (1)都是碎屑物(石英是主要的碎屑矿物)； (2)分选性好；磨圆度好;

(3)铁镁质矿物即不稳定矿物（辉石、角闪石、黑云母、方解石）可以在风积物中存在； (4)具大规模的交错层理，可达二十几米；

(5)以红色和黄色为主。

**风成碎屑与水动力碎屑的对比**:(1)风成碎屑粒度 0.03-0.04mm，小于水动力碎屑粒度 0.15mm;(2) 圆度小于水动力碎屑；(3)粗糙度大于水动力碎屑。

**二．风沙沉积** 1.风力减小：碎屑沉降堆积。

2.遇阻堆积：在轻缓起伏处，在背风坡堆积；遇阻(如树等)则在迎风坡堆积。

3.潮湿气流：碎屑之间凝聚力增强而下降（降尘现象）。

4.两股气流相碰而使碎屑下降。 **三.风积地貌**

1.沙堆: 下部有障碍物，具交错层理（图 16-6）。

2.砂丘: 由沙堆发展而成；此时无障碍核心，整体是松散堆积。最大休止角为 34 度；重力作用下 剪破，沙丘向前移动，背风坡上形成顺风向的斜层理。 a.新月型砂丘：平面上呈新月形(有对称沙角、涡流);若干相连成为新月型砂丘链。 b.横向沙丘：规模巨大的新月型砂丘链。与风向垂直,丘间开阔，称沙海。 c.纵向沙丘：二股大致平行的风，破坏横向条件，形成与风向平行的沙丘。 d.星状沙丘：风力相等的几个方向风的作用产物。

**第四节 沙漠与黄土 一.荒漠 desert:** 无人居住的荒凉土地

**1.岩漠**：基岩裸露、地表区域平坦,局部参差不齐，风化物很快被搬走。 戈壁滩 gobi 形成条件：干、冷、多风。

沙漠漆:黑-褐黑色光亮的铁锰氧化物薄膜。 **2.砾漠**:粗大的风成砾石。如新疆石河子农场。

**3.沙漠：**风沙沉积物的覆盖区。

**4.泥漠或盐漠:**具盐碱泥质地面的荒漠。 **二．现代沙漠的分布**

1.信风沙漠带：南北纬 15 度-35 度之间。信风狂吹、干热少雨。

2.大陆内部的温带、暖热带：干、冷、多风，形成戈壁、沙漠。

3.大陆沿岸的干冷、副热带冷洋流作用区。

4.沙漠化地区(自然与人为两种成因)。 **三．黄土 loess**

**1.定义**: 风将荒漠中的粉沙、尘土搬运到沙漠的边缘堆积而成的堆积物。 颜色：黄色到棕黄色；时代：第四纪；具垂直节理，质地均一，无层理；遇水易剥落；有钙质结核。 **2.矿物成分**：石英,长石,碳酸盐矿物为主。

**3.化学成分**：SiO250-60%、Al2O39-12%、CaO7-10%、MgO3%、Fe2O34-5%、K2O2%。

**4.黄土分布**：中纬度气候温暖地带。世界上黄土分布面积占整个陆地面积的 1/10。广见于乌克兰、 阿根廷、美国中部、捷克、苏丹。

**5.黄土的成因**：原生黄土系风对沙漠物质的搬运和沉积形成。 次生黄土为河流搬运沉积的产物。镇江地区的下蜀土堆积在河流阶地上，是造砖瓦的好材料。

**6.黄土地貌**：成片黄土分布区为黄土平原；黄土平原上升则成黄土高原。我国的黄土高原在世界上 独一无二。

**黄土地形**：塬-梁-峁 **塬**:流水下切形成的四边陡、顶上平的高地。 **梁**:长条状的黄土高地。

**峁**:具浑圆顶部的黄土小山包，俗称黄土高坡；是下伏地形的反映。 **四、我国黄土的分布**

我国是多黄土的国家，黄土的面积达 631000km2，约占我国陆地总面积的 6.6%。主要分布在 昆仑山—祁连山—秦岭—鲁东山区和辽东半岛一线以北的干旱和半干旱地带，即位于北纬 34°—35° 以北地区，包括东北、山东、河北、河南、山西、陕西、甘肃、青海、新疆等省，主要围绕沙漠由 西北到华北直到东北呈弧形带状展布。一般厚度为 20—30m，最大厚度达 200 余米。由西北向东南 厚度有变薄的总趋势。

我国有世界规模最大的黄土高原（loess plateau），其分布面积和厚度，均居世界之冠。矿 产丰富,[煤](http://baike.baidu.com/view/23985.htm)、[石油](http://baike.baidu.com/view/16263.htm)、天然气、铝土储量大。位于太行山以西、秦岭以北、乌鞘岭以东、长城 以南的广大地区，跨晋、陕、甘、青、宁、豫等省区，包括陇西高原、[陇东](http://baike.baidu.com/view/2128881.htm)—[陕北](http://baike.baidu.com/view/115898.htm)高原、[山](http://baike.baidu.com/view/523239.htm) [西高原](http://baike.baidu.com/view/523239.htm)、[渭河平原](http://baike.baidu.com/view/718190.htm)等，面积约 40 万 km2，海拔 1000—1500m。其厚度较大，50—80m 居多， 在陕西、甘肃一带，最厚达 150—180m。

在长期流水侵蚀下，形成塬（table land）、梁（ridge）、峁（shoulder）等黄土地貌。

### 本 章 重 点

一、术语 terms 风的剥蚀(吹蚀、磨蚀)、搬运、沉积；风棱石，沙漠漆；风蚀地貌，风积地貌；沙漠化 二、黄土的特征

1)定义, 2）特征,3)矿物成分;4)化学成分,5)黄土分布,6)黄土的成因(原生黄土系风对沙漠物质 的搬运和沉积形成;次生黄土为河流搬运沉积的产物)

三、风积物与冲积物有何异同 四、现代沙漠的分布

# 第十七章 块体运动

**定义**: 地表的岩石或松散沉积物在自身重量作用下而发生的运动。

**第一节 控制块体运动发生的因素** 重力、斜面和水是运动发生的直接因素; 地震、爆破则是触发因素。 **一.重力作用**: 促使块体从高向低处运动。

由于岩石性质、块体大小、破裂方位容易获知，因此可以用计算机模拟等各种方法将块体上力的 作用方式与大小搞清楚，从而采取防范措施，使块体在触发因素作用下仍然不运动。 **二.斜面的作用**:超过临界角(劣势面),块体将下滑。 **三.水的作用**：可减小块体间的摩擦力及内部质点的凝聚力，促使块体运动发生。

### 第二节 块体运动的类型

**一.滑坡、崩落、崩滑**

●原因:**山体崩塌是因为剪切应力超过了山坡物质的剪切强度!**

**1.滑坡**：整个山体向下滑动的作用；时间几分钟到七、八年。三峡库区曾有滑坡隐患。

**1.1 原因**:滑坡体之下存在滑动面（常为软、硬岩层的交界面或断层面）。 滑坡体移动最快的线为主滑线；F 重力，可分解成：N 正压力、Q 下滑力；f 为摩擦力、内部质点聚 合力或植物根固结力。

Q>f，剪切应力大于抗剪力，块体就沿斜面向下滑动。 Q<f，不发生滑坡。

●无知的悲剧：湖北某地几个乡滑动了 100 多米还无人知道，直至灾害发生。

**1.2 滑坡易于形成的地方**:软硬岩层交接面(坡向与倾向一致,坡角大于倾角);断层面;倾斜的不整 合面。

**1.3 滑坡防治**:排(水)、挡(滑)、减(重)、固(加固)。可根据卫星影象分析并预测滑坡。

**2.崩落**:基岩的一部分突然坠落的现象。其碎屑落在山麓的堆积体呈顶端朝上的锥形，称**倒石锥**。 如杭州牛皋庙倒石锥,见后图。

3.**崩滑**:岩块沿滑面快速下滑的现象,见后左图。 二. **沉积物流**

1.**泥石流** debris flow：滑坡形成的碎屑与水混合而成的流动体。稠度大者如混凝土,稠度小者如 泥浆水。可从滑坡体演变而来。破坏性极大。

●形成区(泥石流上游):三面山一面出口、地形陡、山坡不稳定、碎屑和水的集中区。

●流通区(泥石流中游):凹处侵蚀、凸处堆积;猛烈刻蚀沟床。

●堆积区(泥石流下游):位于山口开阔处;堆积体呈扇形；可具粗略的层理。

●泥石流可携带巨石。

● 1963 年西藏古乡泥石流,巨石 364m3,重 940 吨。

● 1717 年,法意边境 Mont Blanc 山发生的泥石流从 3601m 高处倾泻而下,时速超过 125km，2-4 分 钟滑移了 7200m。

● 1980 年美国圣海伦斯火山喷发引发泥石流，覆盖面积达 60km2 。

**2.粒流 g**ranular flow:不含水或含水少的碎屑物流，其它特征同泥石流。两并无不严格区分。

**3.蠕 移** creep: 运动速度极其缓慢的块体运动,发生在山坡的表层。如栖霞山的点头哈腰树、马刀 树。其他地区还有 醉 汉林。

●原因：反复冻融、干湿与冷暖交替等。

### 本 章 重 点

一、术语

滑坡，崩落，崩滑；泥石流，粒流，蠕 移。 二、基本特征

1.块体运动的条件 (重力、斜面和水是运动发生的直接因素; 地震、爆破则是触发因素)

2. 泥石流与蠕移机制 3. 滑坡易于形成的五种场所

# 第十八章 行星地质概述

● 地球在宇宙中的大小只是太平洋中一滴水。

● 自古以来,人类从未间断过对太空奥秘的探索。如中国古代神话故事“嫦娥奔月”。

● 近四十年来的成果最为显著。前苏 1957 年第一颗卫星上天、首次载人飞行、首次建立空间站; 美国 1969 年首次登上月球、首次航天飞机飞行、航天器首次在火星、金星着陆。美俄竞争激烈： 和平目的与军事霸权并举。

● 空间技术研究范围：空间行走,释放卫星,研究晶体生长,生物发育,农业育种,军事用途, 地球资 源技术卫星 ERTS,与外星人联系。

**ERTS** :Earth Resource Technology Satellite；太空地质: 用光、电、遥感、遥测技术采集地 球陨石、月岩样、彗星尘埃等，研究宇宙的成分与构成。

### 第一节 太阳系及其起源

**一、太阳系**

**1.构成**:太阳（恒星）+ 八大行星（水金地火木土天海；木星最大，土星次之）。含 38 颗卫星(含月 球),10 万个彗星(如哈雷慧星),星际物质(尘埃,气体),电磁辐射,宇宙射线等。

**2. 重大研究进展** 2006-8-24 晚 9：30 国际 26 届天文学大会（IAU）3000 多名专家投票表决，一 致同意将冥王星清出太阳系，降级为矮行星。故，原教材和理论均需修改。

**将冥王星排除出太阳系的理由：**1 冥王星的发现基于一个错误的理论，且质量算错。 2 冥王星轨道和海冥王星轨道相交。

3 2005 年 7 月美国布朗发现一颗比冥王星更大、更远的天体“2003UB313”,昵称“齐娜”。 **IAU 关于三类太阳系天体定义的决议（2006-8-24）**

**行星定义 planet**：位于环绕太阳的轨道上、有足够大的质量来克服固体应力以达到流体静力 平衡的状态（近于球形）、已经清空了其轨道附近其他物体的天体。

**矮行星定义 dwarf planet：**位于环绕太阳的轨道上、有足够大的质量来克服固体应力以达到 流体静力平衡的状态（近于球形）、还没有清空其轨道附近其他物体、不属于卫星的天体。

**太阳系小天体 small solar system bodies**：其它所有环绕太阳运动的天体。**3. 太阳系大小**: 原先认定，太阳系以冥王星的轨道为边界，直径 118 亿 km（79 天文单位）；太阳光需 5.5 小时方可 穿出太阳系，但 8 分钟即到达地球。因**冥王星已排除出太阳系，故直径有变动。**

### 天文单位 A.U.=太阳-地球距离(1.496 亿 km)

**4.太阳系行星的 3 特征**

① **轨道共面性**:全部行星轨道近圆形，且几乎在同一轨道面上运动（偏心率不大的椭圆）,即近圆 的轨道。

② **转动同向性**:除金星外,大多数行星逆时针绕太阳公转,自转也都逆时针,大多数卫星亦逆时针绕 行星转动。

⑶ **物质一致性**:其它星球上发现的元素,地球上均存在。 **5.类地行星**(**水、金、地、火**)

**特点**: 体积小、密度大、质量小、旋转慢、卫星少。但类木行星（木、土、天、海），则反之。 **6.太阳 sun 的基本特征**

●太阳形成已有 46 亿年。直径 139 万千米。

●是太阳系中唯一的恒星,也是个高温巨球体。表面温度 5540 度,内部温度 1500 万度。通过 H-He 聚变放出热；总辐射 3.8³1033 尔格/秒,到达地球 1.6³1023 尔格/秒,即只有总辐射能量的 22 亿 分之一; 幅射波长为 0.48μ。

人体的幅射波长 9.6μ-红外线，温度 3100K （即 360C）。红外线技术的应用:目前测量误差小于 1/1000。医院测量体温;能透过假象，使部队伪装失效；

适于夜晚前线侦测等。

● 除能量之外,从太阳扩散出来到达地球的物质还有气体离子。气体离子会组成**日冕**，扩散出来的 粒子流叫**太阳风**，到达地球速度大到 450km/sec。

### 二．冲击作用 Impacting（撞击、击变）

**1. 冲击作用定义:天外物质对地球的超高速猛烈冲击作用。**

●天外星体的残骸称陨石。即流星超高速冲入地球大气层后，到达地表未被烧尽的部分。是宇宙地 质学的主要研究对象。

●陨石一般沿双曲线轨道运动，进入大气层后速度为 14.2km/sec。

●可分 石陨石、铁陨石、石-铁陨石等。

### 1.1 石陨石

●占所有陨石的 94%。

●密度 3-3.5g/cm3。

●多为硅酸盐矿物：橄榄石、辉石、斜长石；金属 Fe Ni 含量只占 20%。

### ●球粒陨石：由 1-2mm 直径的玻璃质小球粒所组成。地球岩石中无此结构。 1.2 铁陨石 （很少，比黄金更宝贵）

● 占所有陨石的 4.5%。

● 密度 8-8.5g/cm3。

● 成分：金属铁 80-95%;镍 5-20%。

**1.3 石-铁陨石**:成分介于两者之间,密度 5.5-6g/cm3。

### 通古斯爆炸仍为世纪之谜

1908 年 6 月 30 日，格林威治时间零时，一个巨大的天体拖着长长的烟火尾巴，伴随着排炮 似的轰鸣飞过东起勒拿河、西至叶塞尼河，直线距离约 1500km 的天空。随后，人们感到 3 次强 烈的爆炸，当量相当于 1000 至 1500 万吨 TNT 炸药。爆炸地区发现 3 个像月球火山口似的环形 爆炸坑和一片面积约 2000 平方 km 的被冲击波击倒的原始森林。爆炸地区土壤被磁化，树木年轮 中出现放射性异常，某些动物出现遗传变异。**60 吨大陨石坠毁西伯利亚**

2002 年 9 月 25 日凌晨 2 时，夜空中划过一道如同白昼的刺眼亮光,一颗重达 60 吨的天外陨石(“维 蒂姆亲斯基”陨星)坠毁在西伯利亚的伊尔库次克市 NE700 km 处森林区,发出一阵震耳欲聋的爆炸 声.连续几夜,森林上空都被一种明亮的“极光所笼罩”.当时,一颗美国间谍卫星在它最明亮时刻 捕捉到了它坠毁时的光芒,记录下了这颗神秘陨石飞向地球的痕迹,标定了陨石坠毁的位置.科学家 称它是 02 年最大的一次太空特别事件。 ------ 《现代快报》03-3-20 讯

### 2. 确定冲击坑 Impact crater 的依据（研究权威：美国 NASA 和 亚利桑那大学）

1). 击变矿物：柯石英。

2)．击变玻璃: 矿物从有序→无序转变。

3)．击变角砾岩: 猛烈撞击的喷射物；边缘遭受强烈熔化。 4)．击变构造: 放射状石英裂纹、冲击碎裂锥。 shatter cone 5)．地球物理:具明显的重力负异常。

6)．撞击坑:大小不一，有简单也有复杂的形态。

7)．有陨石分布:陨石表面有气孔，其内部具特殊的结构构造。**3. 世界著名的陨石坑** 1). 梅蒂尔坑 Meteor crater (美国亚利桑那 Arizona)研究最详细。

●坑直径 1220 米；深 180 米。

●见 Fe-Ni 陨石，总重约 20 万吨。

●发现柯石英；C14 测年该陨石为 2-4 万年 2).萨德伯理坑 Sudbury (加拿大安大略)

● 1883 年发现

●直径 50km

●是加拿大已知 20 个陨石坑中最大的一个.

●已产出数十亿美元的 Fe、Ni、Cu。

3).戈塞思布鲁夫坑 Gosses Bluff (澳，北方行政区):直径 20km,年龄 130Ma。**三．太阳系起源（至 少已有 46 亿年）**

1.Kant(德哲学家)微粒假说:行星和太阳同时形成，都是由星际物质所组成。

### 2.Laplace(法)星云假说:行星是从原始太阳分化出来的。一靠自身，二靠外力。

**3.J.H.Jeans(英天文家)气体潮生说 (外力说)**

**4.戴文赛教授星云收缩说**

**第二节 类地行星 一.水星**（直径 4880km,平均密度 5.4g/cm3）

●美“水手一号”在距离水星 23 万 4 千 km 时拍了一张它的全身照（见照片）。

● “水手 10 号”与它相遇三次,拍摄到许多照片。

●基本无大气；具有与月球相似的冲击坑;温度变化大(-1830C 到+4270C);内核为液态铁质;有微弱 磁场。

**二.金星**(启明星,黄昏星)

●“水手 10 号”拍摄了远距离图象;前苏联大气探测器和表面着陆器提供了金星大气资料和表面 资料。

●金星有许多特征与地球相似:稠密的大气圈, 主要是 CO2；存在温室效应，表面温度 5000C;对金 星作天然γ射线测量,其 U/Th 比值与地球相似;计算密度为 5.16;推测有岩浆分异作用(含 K),可能 有花岗岩。

### 三.月球

●地球唯一的卫星,已 46 亿年。

●月球上无大气。

●月球的公转周期=自转周期。 1.月球表面地貌特征

●月海：月面上巨大的低洼平原;肉眼看上去较暗的部分,无水。最大的月海为风暴洋，有 500 万平 方 km！

●月陆：月海边上明亮的部分;月陆上有月山。

●环形山：火山口、陨石冲击坑。分布广泛。

●**月球正面**：主要为月海、月陆、环形山。 **月球反面**:为布满环形山的月陆；月海少。

●此外月球上还有月谷、月溪。

**2.物质组成**：月球表面温度为-1800C 到+1500C；覆盖着一层月壤(月海处约 2-10 米，月陆处约 20 米)。月壤之下是基岩；包括玄武岩、苏长岩、角砾岩等。

●**月海玄武岩**：斜长石 25.3%、辉石-橄榄石 74.7%；与地球上的玄武岩相比,K Na 少。

●**苏长岩**:斜长石 94.4%、辉石 5.6%。

●**月球角砾岩** ：由 Apollo 16 号采得，样号 60215-13。

**3.*月球最老的岩石为 46.5 亿年；月海玄武岩的年龄为 31-39 亿年；环形山 39 万年-25 亿年。***

**4.月球内部构造** 月球具层圈构造:⑴月壳(0-65km)→⑵月幔（岩石圈 65-1000km）→⑶月核 (1000-1738km)。1000km 处有部分熔融。 **5.月球起源**：地球的一部分(分裂说);捕获说;双行星说（太阳系同一个部位同时吸收而成的二个行 星）。

### 四.火星

有一层薄薄的大气；”水手 4、6、7 号”时间、地点不理想，拍摄不佳。”水手 9 号”1971 年 5 月发射，同年 10 月 14 日进入轨道。尘暴结束后，在距火星 3000 多 km 处拍摄了大量的火星照片，

分辨率为 100 米；据此编制出版了火星地质图。

1.物理数据：直径 6787km;质量为地球 1/10;有大气,主要为 CO2;有季节性变化,使 CO2 干冰帽发生 周期性扩大与缩小。

2.环形构造：由 Olympus Mons 盾形玄武岩火山等所组成（底部直径 600km，高 27km；破火口直径

80km）。3.大峡谷：与运河水系极为相似。有些大的峡谷可能是被早期水流切割而成的。

4.极地冰盖：极地碟形凹坑中的 CO2 干冰，称极冠。早期认为是水冰。

5.风的作用：火星上风很猛烈（尘暴），常常席卷全火星。根据火星大气运动速度和尘暴前进速度，

估算出风速 70m/sec。 **五.类地行星比较 (自学)**

一、Terms

冲击构造, 陨石, 类地行星 二、Basic features

1 冲击构造及其识别标志

2 陨石的成分分类

3 月球的层圈构造及其特征

### 第3节 类木行星及其卫星（自学） 本 章 重 点

4 太阳系的构成、大小、三大特征

**地球的年龄：**约 4600Ma **演化过程：**

# 第十九章 地球的演化

• 地球的天文时期(astronomic stage)，4600Ma－3500Ma；

• 地球的隐生宙时期(Cryptozoic eon)，3500Ma－590Ma；

* 地球的显生宙时期(Phanerozoic eon)，590Ma－Recent。

### 第一节 天文时期

**特征：**地球的层圈构造初步形成。 **一、重力分异**

星云物质机械碰撞及地球内部放射性元素衰变产生大量的热能，使原始地球内部发生物质重 熔，并物质开始按比重分异。比重大而熔点低的铁、镍等元素最先分离并向地心集中，形成地核。 在重力分异中，还发生物质的未能向热能的转化。地球内部上层的岩石也相继发生熔融，较轻的铁 镁硅酸盐物质向上集中，形成原始地幔。原始地幔的表层同时失热、变硬，形成坚硬外壳，这就是 原始地壳。

**二、陨星的撞击** 早期的陨石坑受各种地质构造的改造而未留痕迹，但对月球及火星等行星的观察，在地球形成

的早期，陨石雨降落的频率是相当高的。 影响：原始地壳破裂，广泛发生火山作用。同时大量火山喷发物也增加了原始地壳的厚度，并

改变了原始地壳的物质成分和结构特点。 **三、热流值的迅速衰减**

地球平均热流值：1.47HFU。 地史早期，由于大量的短周期元素的衰变，地球的热流值要比现在高的多，随着短半衰期元素

的消耗，热流值急剧降低，并使得地幔物质的熔融程度降低，地幔由完全熔融转变为部分熔融，火 山作用由原先的超基性岩浆喷发转为基性与中酸性岩浆喷发。

**四、火山作用与地球外部层圈初成** 火山喷发的大量气体聚积在固体地球的外部，形成原始大气圈。从气体中聚集而成的水降落到

地面，形成原始的水圈。原始大气圈富含 H2O、CO、C2O、NH3、CH4，缺少氧。水蒸汽不断受太阳 紫外线的作用，逐渐分解出氢和游离氧，游离氧在原始大气圈的上层聚集，最终形成连续的臭氧(O3) 层，臭氧层吸收并发射大量紫外线，从而为地面出现生命创造条件。

原始水圈中除 H2O 外，还含有大量火山喷发的酸性物质(HCl、HF)等，这种酸性水融解能力强， 有利于原始地壳中的硅酸盐物质的分解，并从中析出各种元素和化合物，为地面撒谎那个出现多种 沉积作用和形成沉积矿物创造条件。

### 第二节 隐生宙时期

**约 3500Ma 前，地球上开始出现生命。**

**地球上最早的生命**：古球藻、似蓝藻，杆状细菌，都是单细胞的微生物。 **元古宙最主要的化石**：叠层石（由藻类生物生长形成）。 **隐生宙重要的生物群落：**

**1.埃迪卡拉动物群**：发现于澳大利亚，约 700Ma 前，包括叠层石、腔肠动物、蠕虫动物以及节 肢动物等。

**2.澄江动物群**（前寒武纪生物大爆炸）：发现于中国广西，现在所有的动物门类都出现了。 **一、大气圈和水圈成分的演化**

1. 藻类生物对原始大气圈成分的演化有着重要的影响，藻类光合作用以制造氧，形成 CO2 以 及 N2 等气体。

反应方程为：2CO＋O2→CO2

CH4＋2O2 →CO2＋2H2O 4NH3＋3O2 →2N2＋H2O

氧化生成的 N2 及多余的氧在大气中聚积，原始大气成分向现在大气成分转化。同时大气圈 中一部分 CO2 溶于水，使水中的碳酸盐含量增加，从而导致石灰岩和白云岩形成。而藻类的繁殖有 利于海水的 PH 值增加，碱性增强，促使硅酸盐类矿物的分解，析出 SiO2，导致硅质岩的形成。 **二、陆核和地盾的形成**

原始地壳表面没有陆地，被水淹没。约 3500Ma 前开始，地幔物质部分熔融，出现安山玄武质 岩浆活动。大量岩浆在海底喷发和堆积，形成由火山喷发物质构成的岛屿，这就是最早的陆地。

陆地开始风化剥蚀， 形成陆缘碎屑物质， 并在陆地周围海域堆积成为陆缘碎屑沉积岩 (terrigenous clastic rock)。这些最早的陆地后来形成大陆的核心，这就是陆核(continental nucleus)。

约 2500Ma 前开始，玄武质岩浆及由其结晶分异而成的酸性岩浆增多，这些火成岩与在陆核周 围堆积的各种沉积岩共同组成了新的地质体，并在后期的构造运动及岩浆活动作用下焊接到陆核的 边缘，使陆核扩大，形成更大面积的地块，这就是地盾(continental shield)。

### 第三节 显生宙时期

**一、生物的全面繁荣和快速演化 1.早期古生代**—海生无脊椎动物和低等植物的繁荣时代。 低等植物：菌藻植物。

海生无脊椎动物：三叶虫(寒武纪极盛，二叠纪末绝灭)、鹦鹉螺类(奥陶纪)、笔石(奥陶纪、志留 纪)、还有一些低等的腕足类（中华正形贝）、珊瑚。 奥陶纪出现原始的脊椎动物－无颌类（早期鱼形动物），泥盆纪兴盛。 **2.晚期古生代**－植物及脊椎动物登上大陆。

泥盆纪，早期菌、藻类登陆演化为裸蕨。 泥盆纪晚期，演化为高大的乔木，该时期植物出现原始的裸子植物。 无脊椎动物：腕足类、珊瑚、头足类。

原生动物门微体化石：蜓 (石炭纪、二叠纪)脊椎动物：鱼类大发展（泥盆纪被称为“鱼类时代）。 晚泥盆世，出现原始的两栖类。

石炭纪、二叠纪，为两栖动物时代。 晚石炭世、二叠纪，爬行类开始发展。

2. **中生代**－爬行动物和裸子植物时代；中生代是爬行动物时代或“恐龙时代” 三叠纪晚期开始:出现原始的哺乳动物及与哺乳动物类似的高等爬行动物(卞氏兽)。 爬行类向鸟类演化，如德国发现的始祖鸟，中国发现的“中华龙鸟”

**植物方面** 中生代早期，裸子植物占主要; 晚白垩世，被子植物开始占统治地位。 **4.新生代**－被子植物、哺乳动物和人类的出现。

a. 被子植物成为陆地主要的植物群。 b.大型的爬行类，如恐龙类绝灭。 c.哺乳动物成为新生代的主宰。

c. 人类出现。

**第四节 古地理变化**(pepeogeographic) 地质历史中的海陆变迁及气候变化 **研究古地理的基本途径**：分析和研究各时代的沉积岩层性质和古生物特征。

**沉积相**(sedimentary facies)：沉积环境的物质表现，它能综合反映沉积环境的沉积岩岩石特征和 古生物特征。

**沉积相的划分**：陆相、海相 陆相：河流相、沙漠相、冰川相、湖泊相、山麓相。 海相：浅海相、次浅海相、深海相。

**沉积相和古地理研究方法：** (1)**特征性矿物和岩石**：某些沉积成因的矿物和岩石对沉积环境和气候条件有指示作用。 (2)**特征性的生物**：许多生物对环境有很强的选择性。指相生物(facies fossil)：能够指示沉积环 境的生物。

### 需要区分原地生长并原地埋藏的生物 (autochthonous) 与 经 过 搬 运 后 异 地 埋 藏 的 生 物 (heterochthonous)。

(3)**特征性的沉积构造和结构**：特定环境下生成的沉积构造和结构

(2) **沉积岩的地球化学**：不同自然地理环境下形成的沉积岩在其所含的元素组合特征方面有差异。

### 第二十章 人类社会与地质环境 环境、人口及能源是当代世界面临的三大难题！

人类的生存环境本质上是地质环境，其包括大气圈、水圈、生物圈和岩石圈四个相互联系和制 约的统一整体。

南极上空的臭氧层空洞是人类生存环境恶化的标志,温室(greenhouse)效应导致了全球气温和 海平面的升高,频繁的地震和火山活动,洪灾与干旱,已经对人类的生存环境构成了严重威胁。

臭氧层空洞特征：1.面积大，2.太空紫外线长驱直入，是构成生命威胁的巨大污染源。 2. 出现在每年春季，持续时间约 2 周，

3. 规模和形状可变化，一般为一个不规整的园洞，但 2002 年出现双洞。

3. 成因机理尚未搞清楚。**温室(greenhouse)效应**: 1）.已经使近年全球气温上升了 1-2 度，2）. 和剧增的人类城市化及其工厂烟囱的热体排放、车辆尾气排放、人口剧增、人类用气用电等有关,3）. 也是人类生存环境恶化的一个主要的人为因素。

中国一号冰川的后退数字以及全球海平面变化规律表明，显著的全球温室效应是从 1977 年或

1978 年开始的，一直持续到今天。平均每年后退 1m。但 2006 年后退 7m!

全球大气中 S04 成分监测表明，北纬区人口多，大气污染 pollution 严重且持续上升；南纬区 人口少，大气污染不明显，平滑稳定。

必须高度重视环境恶化问题，善待地球就是善待人类自己。

### 第一节 环境地质学的一般概念

**一、环境与地质环境**

环境(environment)是指人类赖以生存的周围事物—大气、水、土地、岩石、矿产、森林、山

脉、动物和植物等的总称。

地质环境(geological environment)是指大气圈、水圈、生物圈和科学技术研究可及的岩石圈 之总称。又称为自然环境。

**二、环境地质学的研究内容** 环境地质学是研究人类经济活动与地质环境之间相互作用、相互影响的学科。 环境地质学研究的主要内容：1）主要由自然地质作用引起的原生地质环境(original geological environment)(或第一地质环境)。2）主要由人类活动造成的次生地质环境(secondary geological environment)(或第二地质环境问题)。

### 三、环境地质学的分支学科和研究方向

1. 城市地质学(urban geology)
2. 灾害地质学(hazardous geology) (3)资源地质学

(4)废物处置地质学

(5)医学地质学(medical geology ; geomedicine) (6)旅游地质学

(7)军事地质学(military geology) (8)环境法规(environmental law)

**第二节 城市兴衰与地质环境 一、城市兴衰的地质因素**：城市的兴衰与地质环境有着密切的关系。 1）地质环境变化较小，稳定兴盛的城市特征。

2）随地质环境演变而变迁的城市特征。

3）随地质环境变化多次兴衰并重建的城市特征。

4）因地质环境巨变而衰亡的城市特征。

5）因发现丰富的地质资源而诞生的现代化城市特征。 **选择新城址要考虑到新城址的区域地质稳定性、资源供给以及地形地貌。**

**二、城市规划的地质因素** 城市用地选择是城市规划地重要工作内容，地质环境又是决定城市用地选择的主要因素。 1）岩、土体类型

2）水文地质条件

3）地形及地貌条件

4）城市地质作用 **三、城市建设的地质因素** 1） 地基选择

2）城市地下空间的开发利用

3）城市地质灾害防治

4）城市废物处置

5）城市供水

6）建筑材料供给

**一、人体的元素组成** 构成人体生命的元素可分三类：

### 第三节 人体健康与地质环境

**1)生命机体不可缺少的宏量元素**：氧、碳、氢、钾、钠、钙、镁、硫、磷和氯，占人体重量 99.95％。

**2)生命机体所必需，稍有过剩或不足将有损健康的元素**(主要是微量元素)(<0.01%)：钼、铁、锌、 铜、锰、钴、碘、钒、铬、氟、硅、硒、溴、铝、锗、镓、锡等。

**3） 生命机体不需要，但易被人体吸收的有害元素**：镉、汞、铅、钛、铀、钍等。 **二、微量元素的生理功能**

1）某些微量元素可以协组给人体输送宏量元素。

2）微量元素是构成人体多种酶的组分或激活剂，一旦失去或缺乏，酶就丧失活力。

3）某学微量元素是构成人体激素和维生素的重要成分和活性组分，一旦缺少，这些激素和维生素 就难以合成。

**4）** 影响核酸代谢。 **三、地方病的环境地质致因**

地方病又称水土病，其分布具有鲜明的区域性，与一定的地质环境有关。克山病及大骨节病： 以心肌坏死和骨骼关节病变为主要症状。跟土壤和主粮中贫 Sc 贫 Mo 有关。

甲状腺肿(粗脖子)病：人体缺碘或过量摄取碘所造成。 氟病：过量吸收氟元素引起的一种全身慢性中毒症。 心血管病：其发病受环境水文地球化学因素制约，此外还与气候、经纬度、社会经济因素、血

型以及工业污染等诸多因素有关。

癌症：环境地质致因。1）岩石类型 玄武岩、安山岩及富腐殖质岩土分布区内居民的食管癌 发病率高，石灰岩分布区肝癌高。

2）地貌 由山区向平原，食管癌发病率逐渐降低。

**5）** 环境水文地质特征 饮用富含腐殖质及有机质的沟、塘水可致癌。 **四、地质药物**

包括古生物药物、矿物药物和岩石药物三类。 **古生物药物**：由化石构成，如哺乳动物的骨骼化石。 **矿物药物**：由天然矿物构成，如朱砂(辰砂)、雄黄(雄黄)、自然铜(黄铁矿)、赭石(赤铁矿)、磁石 (磁铁矿)、白石英(石英)、紫石英(萤石)、大青盐(石盐)等。 **岩石药物**：由岩石构成，如钟乳石(钙华)、花蕊石(含蛇纹石大理岩)、海浮石(多孔状喷出岩)等。

**第四节 废物处置的地质环境废物** 工农业生产或生活中的废弃物，俗称垃圾 **按物理状态可分为**：固体、液体、气体； **按来源分**：城市废物、矿石选冶废物、工业废物、农业废物、疏浚废物等；

**按危险性分**：危险性废物和非危险性废物；按有无放射性分：放射性废物和非放射性废物。 废物处置场址的合理选择是安全处置的首要因素，如何选择就是环境地质学的研究课题。 **一、城市废物处置的地质环境**

城市固体废物处置方法：地表填埋法处置。 **选址应注意的场地水文地质条件：**

1) 地下水潜水面应较深，至少低于场地基底 10-15m；

2) 前曾潜水流动方向不至于污染附近供水水源；

3) 尽量使填埋场原理当地地下水含水层位；

4) 地形较高，排水条件较好；

5) 在场地附近不存在灰岩溶洞；

6) 场地基底不存在断裂、滑坡、泥石流、崩塌等潜在危险；

7) 宜选择粘土、致密页岩作废物掩埋介质；

8) 场地决定岩石中裂隙不发育；

9）场地地下水流速小于 30cm/a。

10）城市生活污水处置：污灌、斜地漫流或快速入渗，对于危害较大的工业废液，则先净化处理 再浓缩残浆固化后作为固体废物处置。

**二、放射性废物处置的地质环境 核废物的分类：**按放射性比活度核毒性大小，分低放废物、中放废物、高放废物；

按物理状态，分固体、液体、气载废物。 **处置方法：**将气载及液体废物转为固体废物，再加以陆地浅埋或深埋处置。 **核废陆地处置场的选址原则：**

1） 地质构造稳定；

2） 处置介质的透水性差；

3）场地的地下水不丰富；

4）处置场远离供水水源、地表水体核地下含水层；

5）远离城镇和人口聚居地。 **高放核废海洋处置海域的要求**：海底地质构造稳定、海底粘土沉积厚度较大、海水较深

（>4000m），此外还要注意人类活动、洋流方向、流速、海浪、风力、风向等因素。

**第五节 人为地质作用 由人类地质活动造成的环境恶化。主要表现如下： 一、地面沉降**：局部地表的缓慢降低，主要是过量抽取地下水以及地下矿藏采空后，地下静压力失 去平衡而造成上覆岩层下层。 **二、咸水入侵**：因地下水位下降或咸水侵入地下淡水层，使地下淡水咸化，称为咸水入侵(saltwater intrusion)，包括地下淡水层与咸水层串层和海水入侵。 **三、地下水污染**：地下水水质因认为因素而恶化称为地下水污染(groundwater pollution)。 **四、海平面上升**

**海平面上升的人为因素**：1）温室效应使全球气温升高，2）过量开采地下水及地下矿产造成沿 海城市地面下降，3）人类经济活动造成大量陆地岩土碎屑随水流进入海域，4）海水因温度升高而 体积膨胀。 **五、土地沙漠化：**过度农垦、过度放牧及过度樵柴，破坏生态平衡，导致和加剧土地的沙漠化 (desertification)。

**六、土壤盐碱化**：盐和碱在土壤表层迅速积累的过程称为土壤盐碱化。 **七、水土流失：**土壤被风、流水侵蚀和冲刷而去，称为水土流失。

后果：农田肥力下降、河湖淤积、洪水泛滥以及生态环境恶化。可分为自然致因和人为致因。 **八、诱发地震：**由人类活动诱发的地震称为诱发地震，如水库蓄水、采矿、废液深井处置和核爆炸 等。 **九、矿产资源枯竭：**矿产资源是有限的、不可再生的，随着人口的快速增长，矿产资源面临枯竭的 危险。

**十、块体运动**：泥石流灾害，山体滑坡等。