

工程地质与水文地质

The background of the slide features a series of parallel diagonal stripes in various shades of blue, creating a modern, geometric pattern that extends from the top right towards the bottom left.

本课程主要内容:

- 地质学基础部分
- 水文地质部分
- 工程地质部分

教学要求:

- 掌握基本的基础理论知识
- 初步学会分析工程地质条件、评价和解决工程地质问题的方法，能正确运用工程地质资料进行工程设计和施工；能进行简单的灾害类别分析
- 对常用的应对灾害措施有相应了解

第一章 地球的基本知识

第一节 地球的构造

- 地球的基本参数
- 地球的圈层构造
- 地球表面的地形

第一节

地球的基本参数

- 极半径为 6 356.8km
- 赤道半径为6 378.2km
- 平均半径为6 370km
- 赤道一带稍微凸出，南北半球也不对称，加上表面凹凸不平，地球是一个不规则的旋转椭球体
- 基本上仍是一个圆球

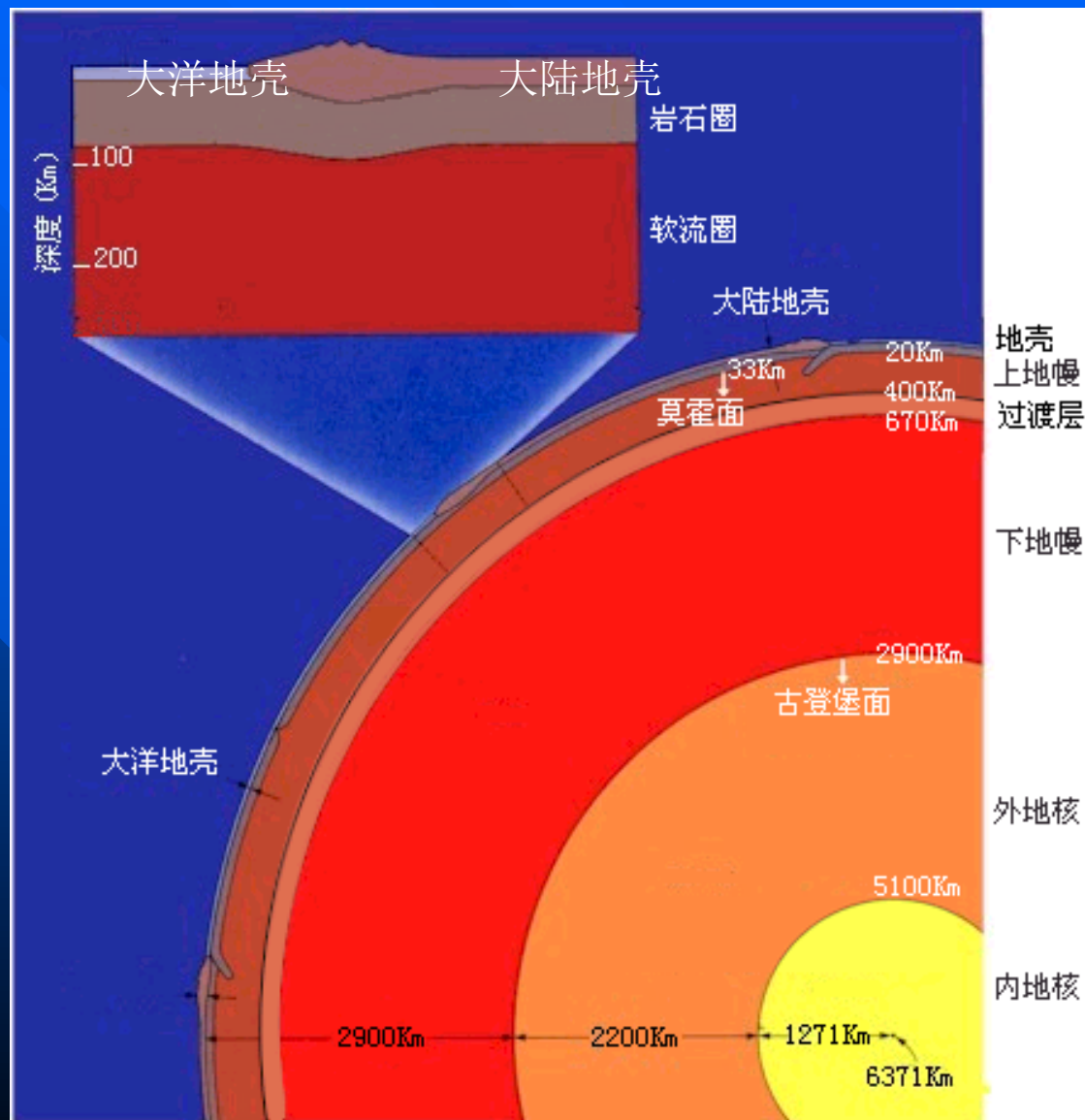
地球的圈层构造

- 地球的内部圈层
- 地球的外部圈层

地球的内部圈层

地震波在地球内部传播时，有两个明显的波速突界面，这两个地球内部界面分别称为：**莫霍面**和**古登堡面**。

根据莫霍面和古登堡面，可将地球内部分为三个 I 级圈层：**地壳**、**地幔**、**地核**。



地球的内部圈层

- **地壳：**是莫霍面以上的地球表层。其厚度变化在5-70 km之间。其中大陆地区厚度较大，平均约为33km；大洋地区厚度较小，平均约7 km；总体的平均厚度约16km。地壳物质的密度一般为2.6-2.9g/cm³。大陆地壳（上地壳）主要为富硅铝的硅酸盐矿物所组成，常称为硅铝层；大洋地壳（下地壳）主要为富硅镁的硅酸盐矿物所组成，常称为硅镁层，因其比重较大，主要分布洋底地壳或大陆地壳的下部。

地球的内部圈层

- **地幔：**莫霍面与古登堡面之间的一个巨厚圈层。其厚度约2850km。平均密度为 4.5g/cm^3 。根据次级界面可分为上地幔和下地幔。**上地幔：**从莫霍面至地下1000km，平均密度为 3.5g/cm^3 ，成分主要为含铁镁质较多的超基性岩。在上地幔的上部100-350km存在一个由柔性物质组成的圈层称为**软流圈**（地震波的低速带）。此**软流圈**之上的固态岩石圈层称为**岩石圈**。**下地幔：**地下1000km至古登堡面之间，平均密度增大为 5.1g/cm^3 ，成分仍为含铁镁质的超基性岩，但铁质的含量增加。

地球的内部圈层

- **地核：**古登堡面以下地心的一个球体。半径为3480km。地核的密度达9.98～12.5g/cm³。其成分以铁镍物质为主。根据其状态可分为外核和内核。**外核：**物态为液态，其成分除铁镍外，可能还有碳、硅和硫；**内核：**物态为固态，其成分为铁镍物质。

地球的外部圈层

在固体地球之外还存在另外三个圈层，它们是大气圈、水圈和生物圈。

地球的外部圈层

水圈：是指地球表层由水体构成的连续圈层。其物态有固、液、气三种状态。水体的形式有河、湖、海、冰川（盖）水蒸气、地下水等，并形成一个包裹着地球的完整圈层。地表上直接被液态水体覆盖的区域占地表面积的**3/4**。在太阳能、重力的作用下，使得水圈中的水体周而复始的运动，形成水循环。

水循环的方式有：海洋与大陆间的循环；地表与地下间的循环；生物体与周围空间的循环；水圈与大气圈间的循环。

地球表面的地形

- 陆地地形
- 海底地形

陆地地形

按照高程和起伏特征，陆地地形可分为山地、丘陵、平原、高原、盆地和洼地等类型。

山地 海拔高程在500米以上地形起伏较大，相对高程大于200米的地区。海拔500米-1000米称为低山；1000米-3500米称为中山；大于3500米称为高山。线状分布的叫山脉。

丘陵 高低不平，相对高程在200米以下的小山丘。

平原 宽广平坦或略有起伏的地区。

高原 海拔高程在600米以上表面平坦或略有起伏的地区。

盆地 四周是高原或山地中央低平（平原或丘陵）的地区。

洼地 陆地上高程在海平面以下的地区（如新疆鲁克沁洼地为-155m）

海底地形

大西洋的海底地形

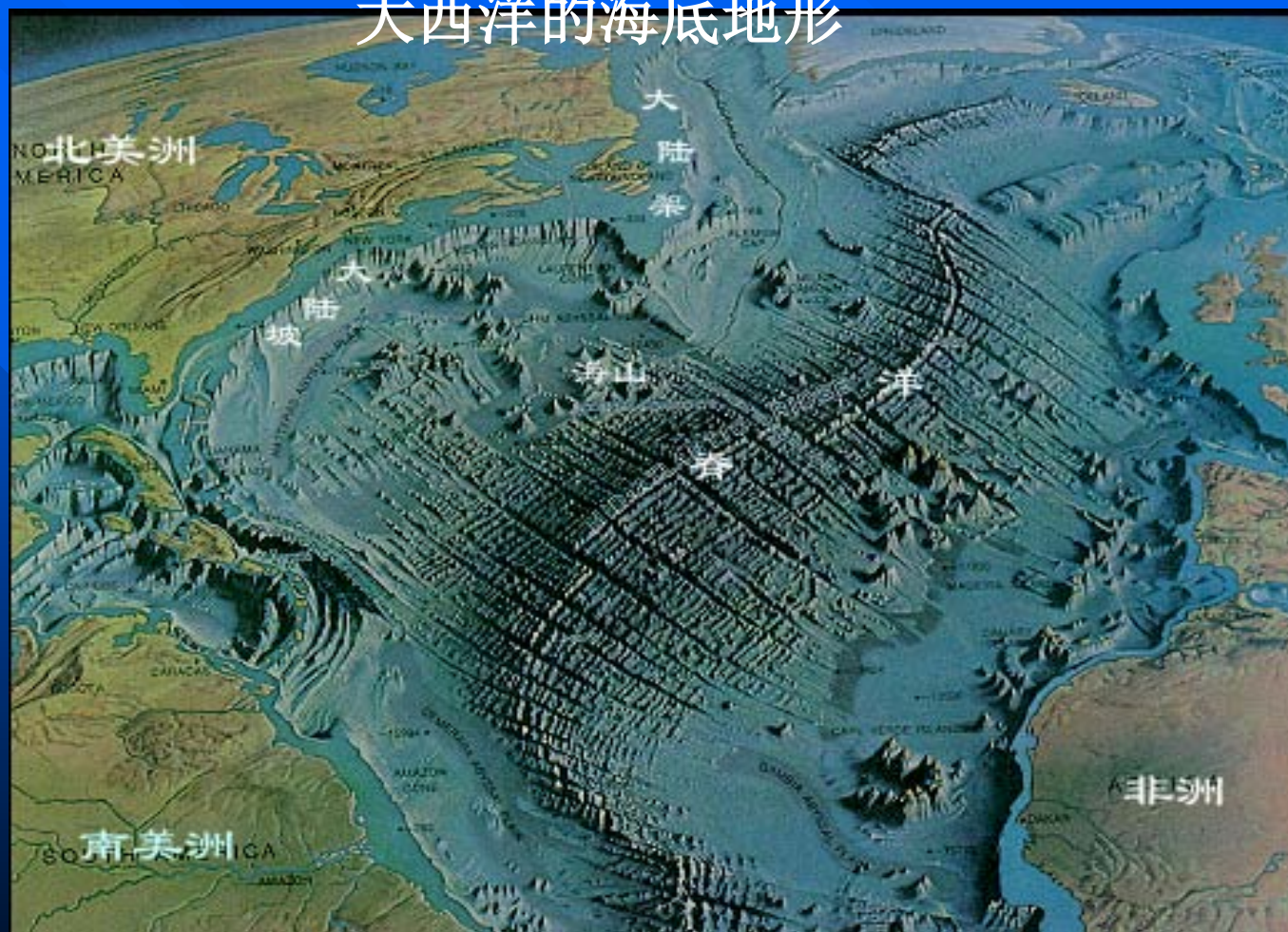
海底地形和大陆地形一样复杂多样，可为大陆架、大陆坡、海沟、洋脊、海山。

大陆架：与陆地连接的浅海平台。

大陆坡：大陆架外缘的斜坡。

海山：大洋底孤立的隆起高地。

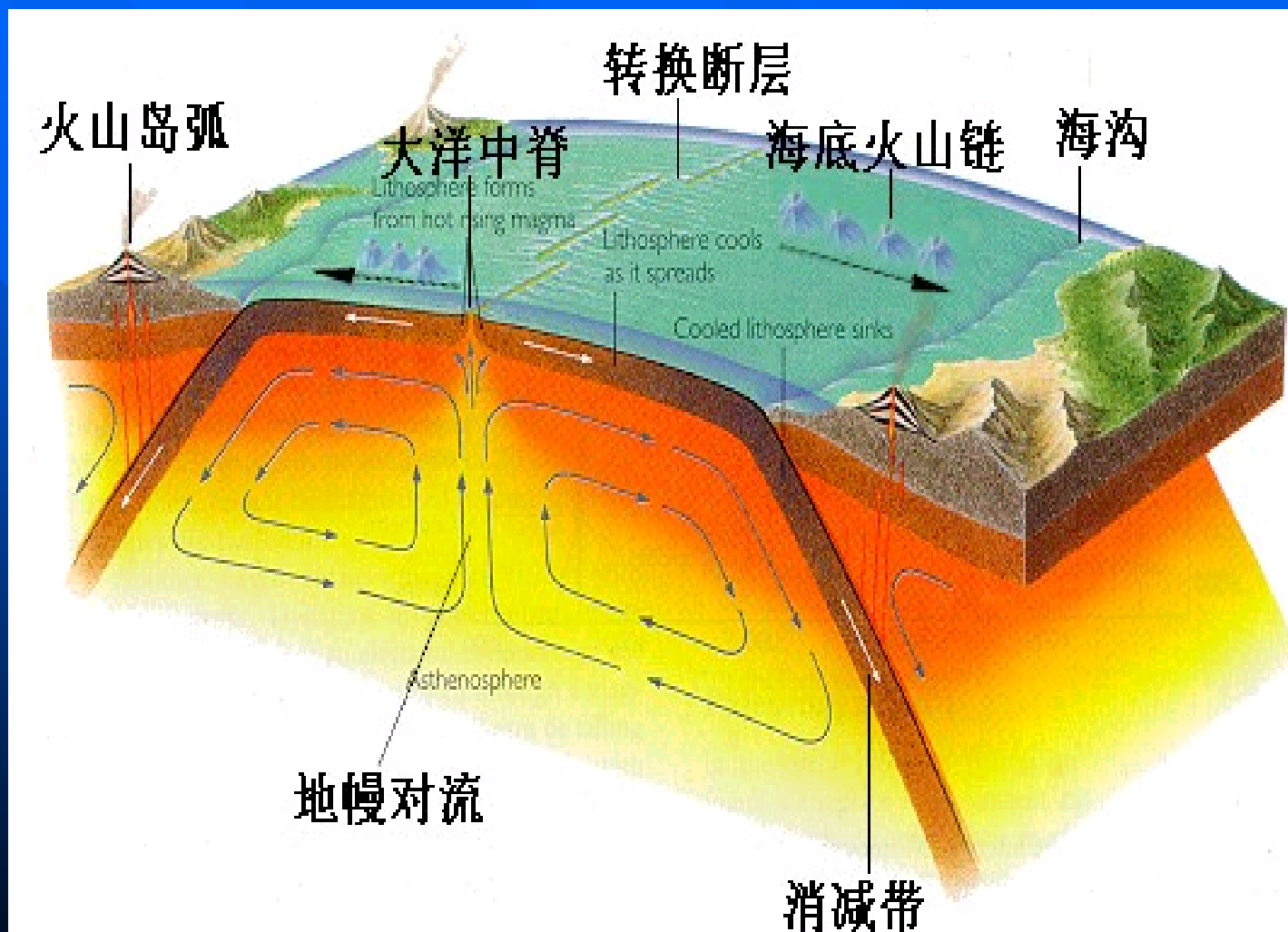
洋脊：贯穿大洋中部的巨大海底山脉。



海底地形

海沟：大洋边缘紧邻大陆的长条形洼地。

海沟多为板块的结合部位，是由于大洋板块向大陆板块下俯冲造成的。大洋中最深的海沟为马里亚纳海沟，其深度为**11km**。



第二节

地壳的物质组成

- 元素
- 矿物
- 岩石

元素

构成地壳物质的基本单元就是化学元素。地壳物质中包括了元素周期表中的绝大部分元素，但其含量极不均匀。其中氧、硅、铝、铁、钙、镁、钠、钾八种元素占了地壳物质重量的98%以上。

美国化学家克拉克根据大陆地壳中的5千多个岩石、矿物、土壤和天然水的样品分析数据，于1889年首次算出元素在地壳中的平均含量数值(重量百分比)。后人为了纪念克拉克，将元素在地壳中的重量百分比称为克拉克值。

矿物

矿物:天然产出的自然元素（单质）和化合物。

矿物分类:

自然元素矿物:如金，金刚石、石墨、硫磺、铜、银、汞

卤化物矿物:如石盐、钾盐、萤石等

硫化物矿物:黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、雄黄等

氧化物和氢氧化物矿物:如赤铁矿、磁铁矿、石英等。

硫酸盐矿物:石膏、芒硝、重晶石等

碳酸盐矿物:如方解石、孔雀石

硅酸盐矿物:如云母、长石、角闪石、辉石、橄榄石等

其中硅酸盐矿物种类繁多，约占已知矿物种数的1/4，占地壳总重量的85%，最常见的就是长石、云母、辉石、角闪石、橄榄石等几种。

岩石

岩石：矿物的天然集合体。是直接构成地壳的主要组分。由一种或多种矿物，或其他岩石碎屑所组成的集合体。

后面详述

第三节 地质作用

- 塑造地壳面貌的自然作用称为地质作用。地质作用的动力来源，一是由地球内部放射性元素蜕变产生内热；二是来自太阳辐射热，以及地球旋转力和重力。
- 地质作用实质上是组成地球的物质以及由其传递的能量发生运动的过程。考虑动力来源部位，地质作用常被划分为内力地质作用与外力地质作用两大类。

内动力地质作用

- 内动力地质作用：动力来自地球本身，指地球自转、重力和放射性元素蜕变等能量，在地壳深处产生的动力对地球内部及地表的地质作用。

A. 构造运动：指地壳的机械运动；当发生水平方向的构造运动时，常使岩层受到挤压产生褶皱，或是使岩层拉张而破裂；垂直方向的构造运动使地壳发生上升或下降，如青藏高原最近数百万年以来的隆升是垂直运动的表现。

内动力地质作用

B. 岩浆作用：指岩浆沿地壳软弱破裂地带上升造成火山喷发形成火山岩或是在地下深处冷凝形成侵入岩的过程。

C. 变质作用：指构造运动与岩浆作用过程中，使原有的岩石受温度、压力和化学性质活泼的流体作用，在固体状态下发生物质成分和特征的改变，转变成新的岩石，即变质岩的形成过程。

D. 地震：接近地球表面岩层中构造运动以弹性波形式释放应变能而引起地壳的快速颤动和震动。

外动力地质作用

- 外动力地质作用：指来自地壳以外的能量，如太阳辐射能等的影响下产生的动力在地壳表层所进行的各种地质作用。

A. 风化作用：暴露于地表的岩石，在温度变化以及水、二氧化碳、氧气及生物等因素的长期作用下，发生化学分解和机械破碎。

B. 剥蚀作用：河水、海水、湖水、冰川及风等在其运动过程中对地表岩石造成破坏，破坏产物随其运动而搬走，例如海岸、河岸因受海浪和流水的撞击、冲刷而发生后退；斜坡剥蚀作用是斜坡物质在重力以及其它外力因素作用下产生滑动和崩塌，又称块体运动。

外动力地质作用

C. 搬运作用：风化与剥蚀造成的破坏产物被搬运到它处。

D. 沉积作用：搬运物在适宜场所堆积。

E. 固结成岩作用：刚堆积的物质是松散多孔的并富含水分，被后来的沉积物覆盖埋藏后，在重压下排出水分，孔隙减小并被胶结，松散堆积物渐变为坚硬的岩石，即沉积岩。

第四节 地质年代及地层时代

- 地质年代指地球发展的时间段落。
- 岩层的地质年代有绝对地质年代和相对地质年代两种表示方法，表示地质事件发生的先后顺序为相对年代，表示地质事件发生至今的年龄称为绝对年代（同位素年龄）。相对地质年代不能说明岩层形成的确切时间，但能反映岩层形成的自然阶段，从而说明地壳发展的历史过程，故在地质工作中，一般以应用相对地质年代为主。

地质年代划分方法

使用范围	地质年代单位	地层单位
国际性	代 纪 <u>世</u>	<u>界</u> 系 统
全国性或 大区域性	(<u>世</u>) 期	(统) 阶 带
地方性	时 (时代, 时期)	群 组 段 (带)

- 第四Q
- 晚第三N
- 早第三E
- 白垩K
- 侏罗J
- 三叠T
- 二叠P
- 石炭C
- 泥盆D
- 志留S
- 奥陶O
- 寒武 ϵ
- 震旦Z

代	纪		世	距今年代 (百万年)	主要地壳运动	主要现象	
新生代 K _z	第四纪 Q		全新世 Q ₄ 更新世上 Q ₃ 更新世中 Q ₂ 更新世下 Q ₁	2~3	喜马拉雅运动	冰川广布, 黄土形成, 地壳发育成现代形势, 人类出现、发展	
	第三纪 R	晚第三纪 N	上新世 N ₂ 中新世 N ₁	25		地壳初具现代轮廓, 哺乳类动物、鸟类急速发展, 并开始分化	
		早第三纪 E		渐新世 E ₃ 始新世 E ₂ 古新世 E ₁	70	燕山运动	地壳运动强烈, 岩浆活动
	中生代 M _z	白垩纪 K		上白垩世 K ₂ 下白垩世 K ₁	135		印支运动
侏罗纪 J		上侏罗世 J ₃ 中侏罗世 J ₂ 下侏罗世 J ₁	180	华北为陆, 华南为浅海, 恐龙、哺乳类动物发育			
三叠纪 T		上三叠世 T ₃ 中三叠世 T ₂ 下三叠世 T ₁	225	海西运动 (华力西运动)	华北至此为陆, 华南浅海, 冰川广布, 地壳运动强烈, 间有火山爆发		
二叠纪 P		上二叠世 P ₂ 下二叠世 P ₁	270		华北为陆, 华南浅海, 陆生植物繁盛, 珊瑚、腕足类、两栖类动物繁盛		
古生代 P _z	上古生代 P _{z2}	石炭纪 C	上石炭世 C ₃ 中石炭世 C ₂ 下石炭世 C ₁	350	加里东运动	华北为陆, 华南浅海, 火山活动, 陆生植物发育, 两栖类动物发育, 鱼类极盛	
			泥盆纪 D			上泥盆世 D ₃ 中泥盆世 D ₂ 下泥盆世 D ₁	400
		志留纪 S		上志留世 S ₃ 中志留世 S ₂ 下志留世 S ₁		440	华北为陆, 华南浅海, 局部地区火山爆发, 珊瑚、笔石发育
	下古生代 P _{z1}	奥陶纪 O		上奥陶世 O ₃ 中奥陶世 O ₂ 下奥陶世 O ₁	500	海西运动	海水广布, 三叶虫、腕足类、笔石极盛
		寒武纪 ϵ		上寒武世 ϵ_3 中寒武世 ϵ_2 下寒武世 ϵ_1	600		浅海广布, 生物开始大量发展, 三叶虫极盛
		震旦纪 Z _z		震旦纪 Z _z	700		吕梁运动
元古代 P _t	青白口纪 Z _q		1000	五台运动	海水广布, 构造运动及岩浆活动强烈, 开始出现原始生命现象		
	蓟县纪 Z _j		1400±50				
	长城纪 Z _c		1700±				
	早古元代 P _{t1}		2050±				
太古代 Ar				2400~2500	鞍山运动		
				3650			
地球初期发展阶段				6000			

绝对地质年代的确定方法

■ 同位素法

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

相对地质年代的确定方法

- 古生物法
- 岩性对比法（标准剖面法）
- 岩层接触关系法
- 切割关系法

生物层序律

沉积岩中保存的地质时期生物遗体和遗迹称为化石，化石的成分常常已变为矿物质，但原来生物骨骼或介壳等硬件部分的形态和内部构造却在化石里保存下来。在漫长的地质历史时期内，生物从无到有、从简单到复杂、从低级到高级发生不可逆转的发展演化。因此不同地质时代的岩层中含有不同类型的化石及其组合，而在相同地质时期的相同地理环境下形成的地层，含有相同的化石，这就是生物层序律。注意寻找和采集古生物化石标本，尤其是那些对确定地质年代有决定意义的标准化石，就可以依据古生物地层学方法确定岩层的地质年代。

岩性对比法（标准剖面法）

将未知地质时代的地层的岩性特征与已知地质时代的地层的岩性特征进行对比。

地质学上的“金钉子”实际上是全球年代地层单位界线层型剖面和点位（GSSP）的俗称。金钉子是国际地层委和地科联，以正式公布的形式所指定的年代地层单位界线的典型或标准。是为定义和区别全球不同年代（时代）所形成的地层的全球唯一标准或样板，并在一个特定的地点和特定的岩层序列中标出，作为确定和识别全球两个时代地层之间的界线的唯一标志。

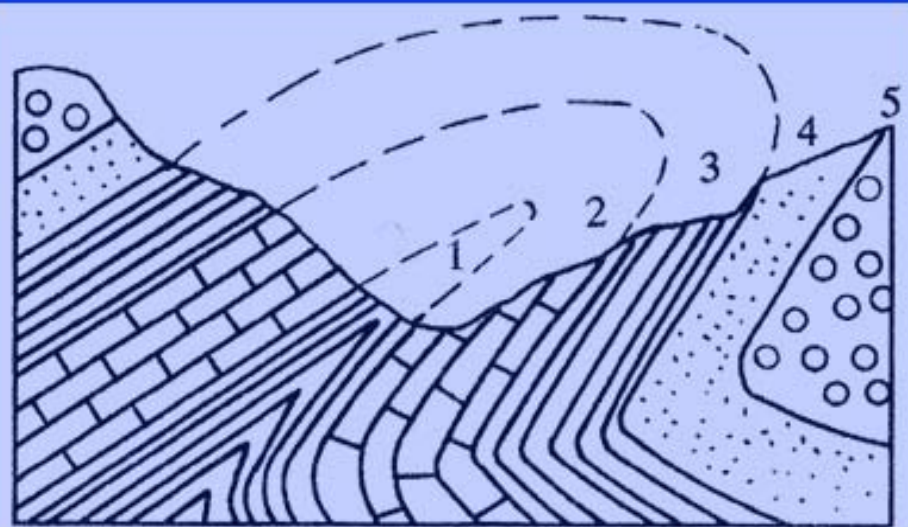
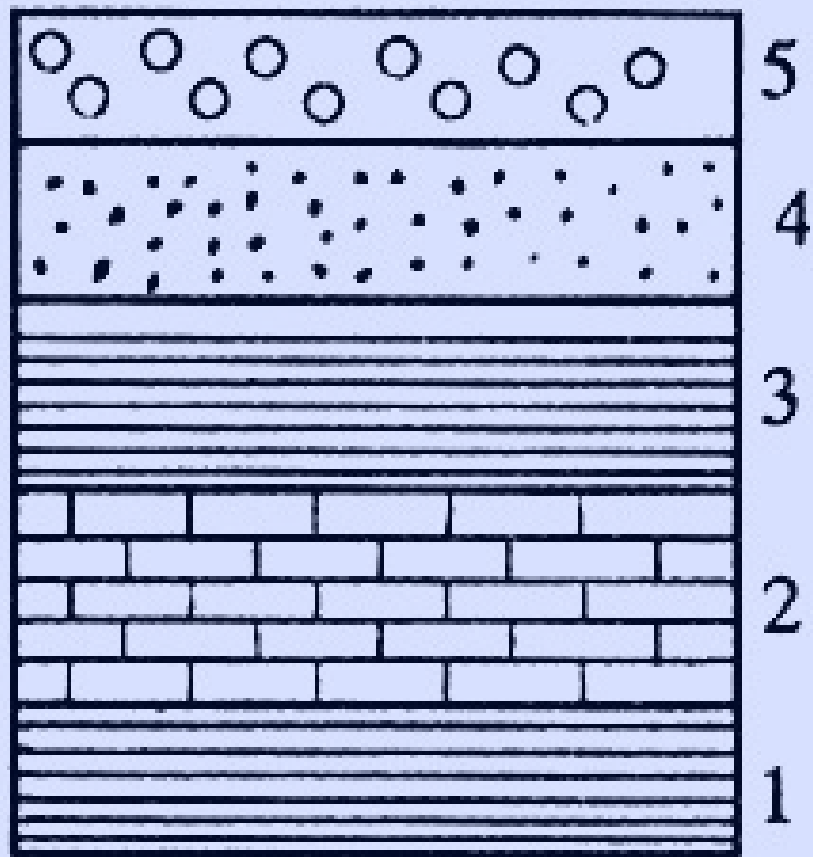
全球地层年表中一共有“金钉子”110颗左右，截止2013年4月，已经正式确立的有65颗，中国10颗。

- 浙江省常山县黄泥塘达瑞威尔阶“金钉子”，即黄泥塘金钉子。
- 长兴灰岩金钉子，将浙江长兴煤山发现的“牙形石化石”作为划分古生界和中生界的标准化石。
- 花垣排碧金钉子，湖南省花垣县排碧乡的金钉子，全球寒武系的首枚金钉子。
- 蓬莱滩金钉子，广西，二叠系。
- 古丈金钉子，湖南，寒武。
- 王家湾金钉子，宜昌第一，奥陶。
- 黄花场金钉子，宜昌第二，中和下奥陶统及奥陶系第三个阶的金钉子。
- 长兴阶金钉子，二叠系长兴阶底界。
- 碰冲金钉子，广西柳州，石炭纪维宪阶金钉子。
- 寒武系金钉子，江山，寒武系江山阶“金钉子”。

岩层接触关系法

未经过构造运动改造的层状岩层大多是水平岩层，水平岩层的层序为每一层都比它下伏的相邻层新而比它上覆的相邻层老，为下老上新，即具有地层层序律。但岩层因构造运动而发生倾斜但未倒转时，倾斜面以上的岩层新，倾斜面以下的岩层老，此时应要仔细研究沉积岩的泥裂、波痕、递变层。

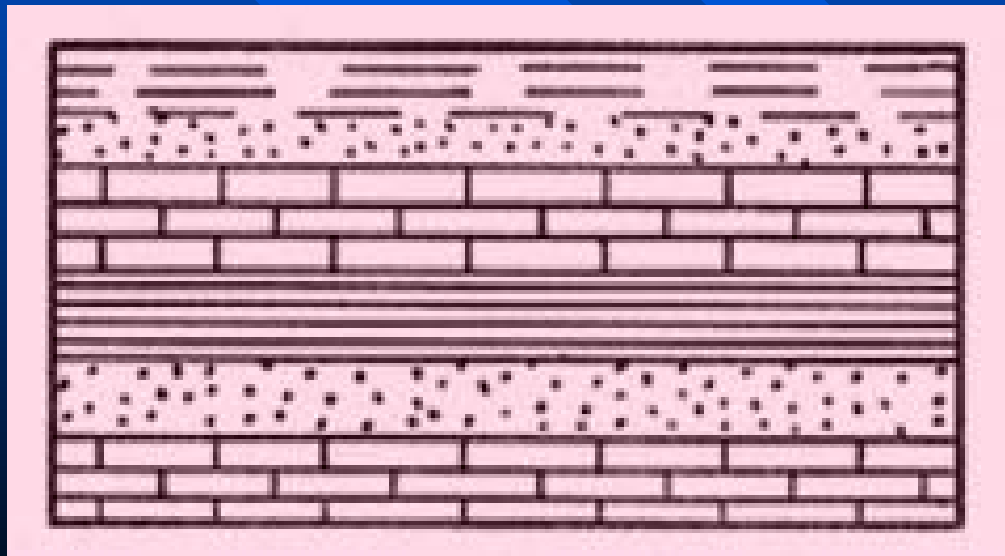
岩层接触关系法



1~5代表岩层由老至新

1. 整合接触

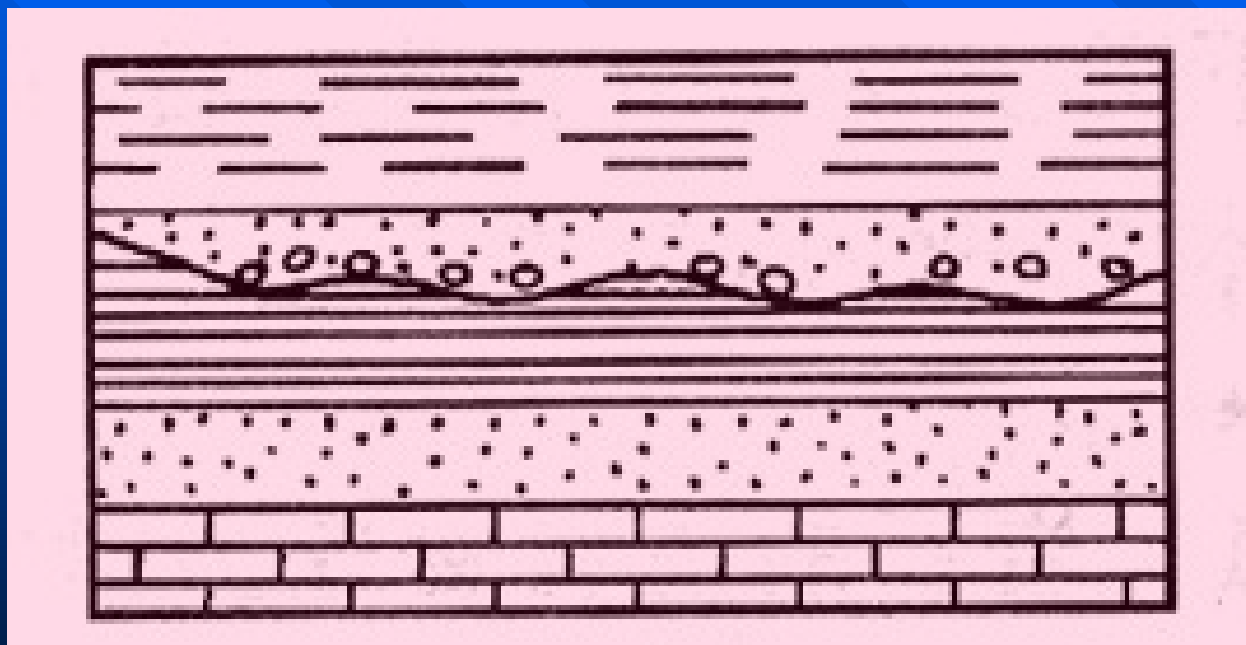
在地壳上升的隆起区域发生剥蚀，在地壳下降的凹陷区域产生沉积。当沉积区处于相对稳定阶段时，沉积区连续不断地进行着堆积，堆积物的沉积次序是衔接的，产状是彼此平行的，在形成的年代上是顺次连续的，岩层之间的这种接触关系称为整合接触。



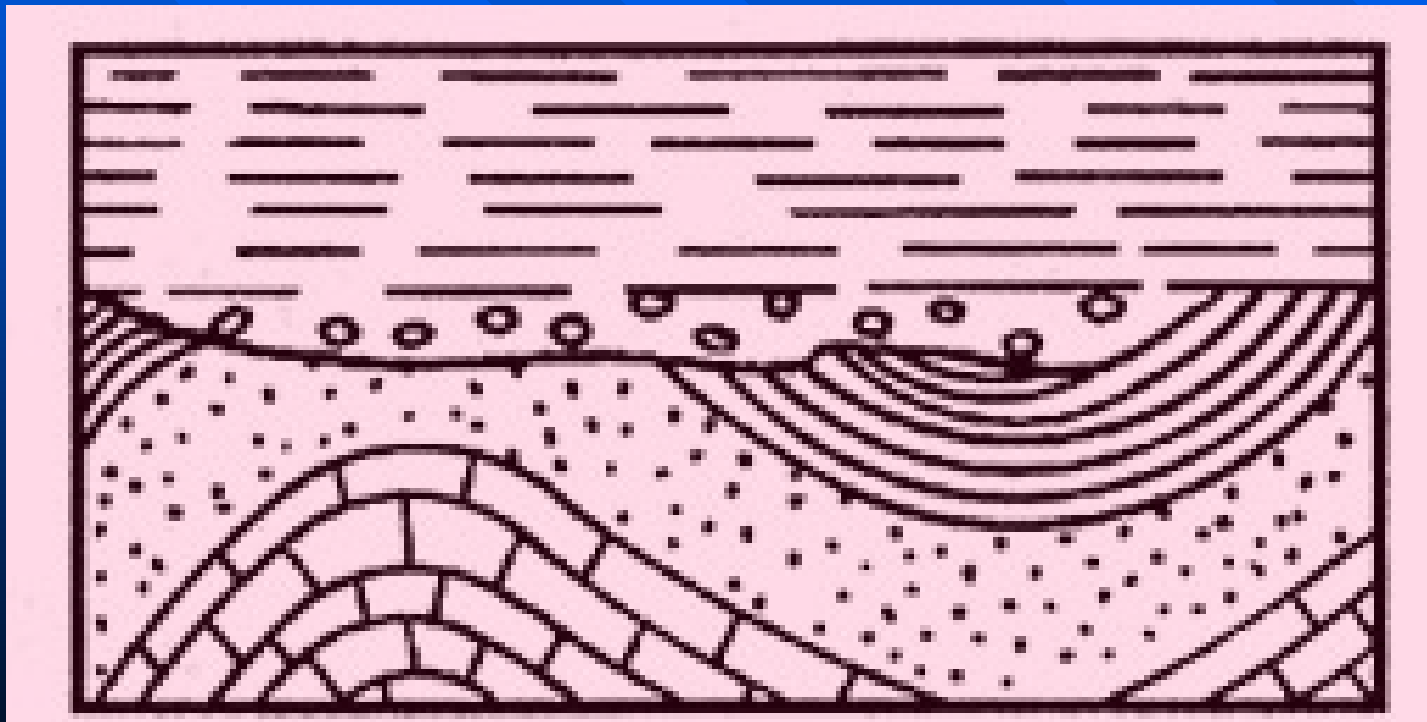
2. 不整合接触

在沉积过程中，如果地壳发生上升运动，沉积区隆起，则沉积作用即为剥蚀作用所代替，发生沉积间断，其后若地壳又发生下降运动，则在剥蚀的基础上又接受新的沉积。由于沉积过程发生间断，所以岩层在形成年代上是不连续的，中间缺失沉积间断期的岩层，岩层之间的这种接触关系，称为不整合接触。存在于接触面之间因沉积间断而产生的剥蚀面，称为不整合面。在不整合面上，有时可以发现砾石层或底砾岩等下部岩层遭受外力剥蚀的痕迹。

(1) 平行不整合：不整合面上下两套岩层之间的地质年代不连续，缺失沉积间断期的岩层，但彼此间的产状基本上是一致的，看起来貌似整合接触。



(2) 角度不整合：指不整合面上下两套岩层间的地质年代不连续，并且两者的产状也不一致，下伏岩层与不整合面相交有一定的角度。这是由于不整合面下部的岩层，在接受新的沉积之前发生过褶皱变动的缘故。

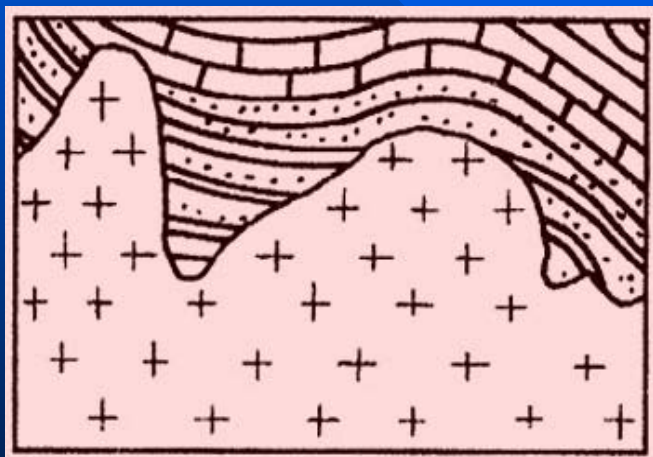


不整合的工程地质评价：

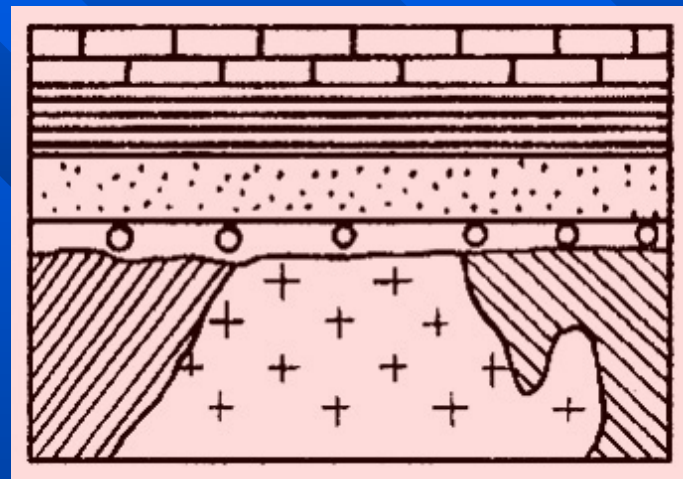
不整合接触中的不整合面，是下伏古地貌的剥蚀面，常有比较大的起伏，同时常有风化层或底砾存在，层间结合差，地下水发育，当不整合面与斜坡倾向一致时，如开挖路基，经常会成为斜坡滑移的边界条件，对工程建筑不利。

切割关系法

不同时代的岩层或岩体常被侵入岩侵入穿插，就侵入岩与围岩相比，侵入者时代新，被侵入者时代老，这就是切割律，即包裹者新，被包裹者老



侵入接触



沉积接触

切割关系法

