



西安交通大学 · 土木工程系
Department of Civil Engineering
Xi'an Jiao Tong University

土木工程地质

电子课件

廖红军

H. J. Liao



全国高等院校土木工程类系列教材

土木工程地质

赵树德 主编
廖红军 副主编



科学出版社
www.sciencep.com



简介

西安交通大学 · 土木工程系
Department of Civil Engineering
Xi'an Jiao Tong University

本电子课件为科学出版社全国高等院校土木工程类系列教材《土木工程地质》（赵树德主编、廖红建副主编）的配套课件。基于作者长期主讲《土木工程地质》的电子教案编制而成。限于编者水平，难免存在不妥之处，恳请大家批评指正。



第四章

第四纪地层和地貌

H. J. Liao



4.1 第四纪的概念及第四纪地层划分

4.1.1 第四纪的概念

第四纪指地球发展史中最近的一个时期

P86 表4.1

现代第四纪概念是综合性的，这一时期地球上有着显著的气候波动，出现人类及其物质文明发展，哺乳动物兴盛，各种陆相沉积发育。现代人类活动可以影响这一时期的地质进程，而这一时期自然条件的任何改变，都将对人类产生巨大影响



第四纪的下限界距今约200~300万年。分为更新世和全新世，更新世又分为早、中、晚三个世，其划分及绝对年代见表4.1

表4.1 第四纪地质年代

相对年代		绝对年代 /百万年	
纪	世		
第四纪	全新世Q4	0.01	
	更新世	晚更新世Q3	0.10
		中更新世Q2	0.73
		早更新世Q1	2.0



4.1.2 第四纪的划分

划分第四纪地层的主要依据有：

1. 岩性对比法
2. 地貌
3. 气候
4. 古生物
5. 古人类的进化等



4.2 第四纪的研究内容与意义

4.2.1 第四纪的研究内容

- 1) 第四纪新构造运动
- 2) 第四纪沉积物
- 3) 第四纪地层序列及划分
- 4) 环境与气候变迁第四纪气候学
- 5) 人类起源与演化
- 6) 矿产与其他资源
- 7) 动植物演替



4.2.2 第四纪研究的意义

- 1) 开发矿产
- 2) 水文地质问题
- 3) 工程地质和工程安全
- 4) 新构造运动与环境问题



4.4 第四纪的沉积物

由原岩风化产物经各种外力地质作用而成的沉积物，**至今其沉积历史不长**，所以只能形成未经胶结硬化的沉积物，也就是“**第四纪沉积物**”或“土”

不同类型的第四纪沉积物，各具有一定的分布规律和工程地质特性，以下介绍几种类型



1、残积物

出落地表的岩石经风化、剥蚀之后，其中的一部分**残留**在原处，这些残余于**原处的岩石风化碎屑物质**称为残积物。在广阔的分水岭上，由雨水产生的地表径流速度小，风化产物易于保留，残积物就比较厚，在平缓的山坡上也常有残积物覆盖

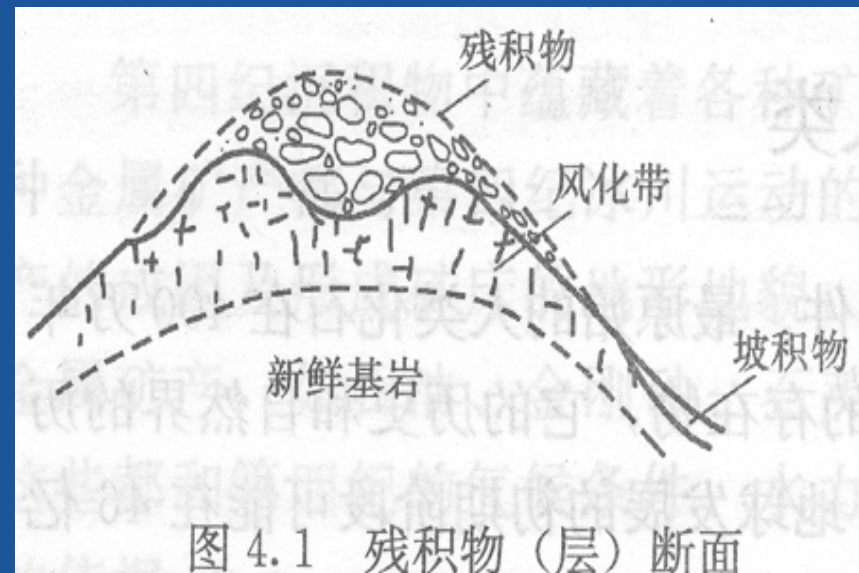
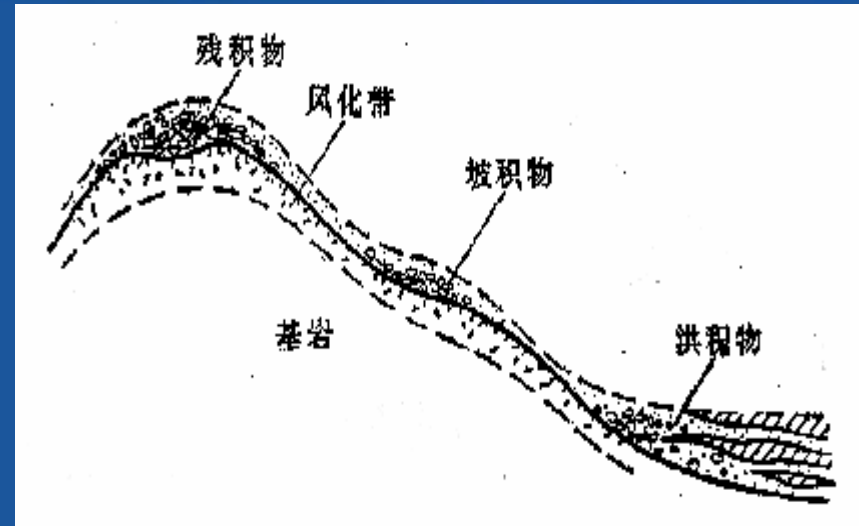
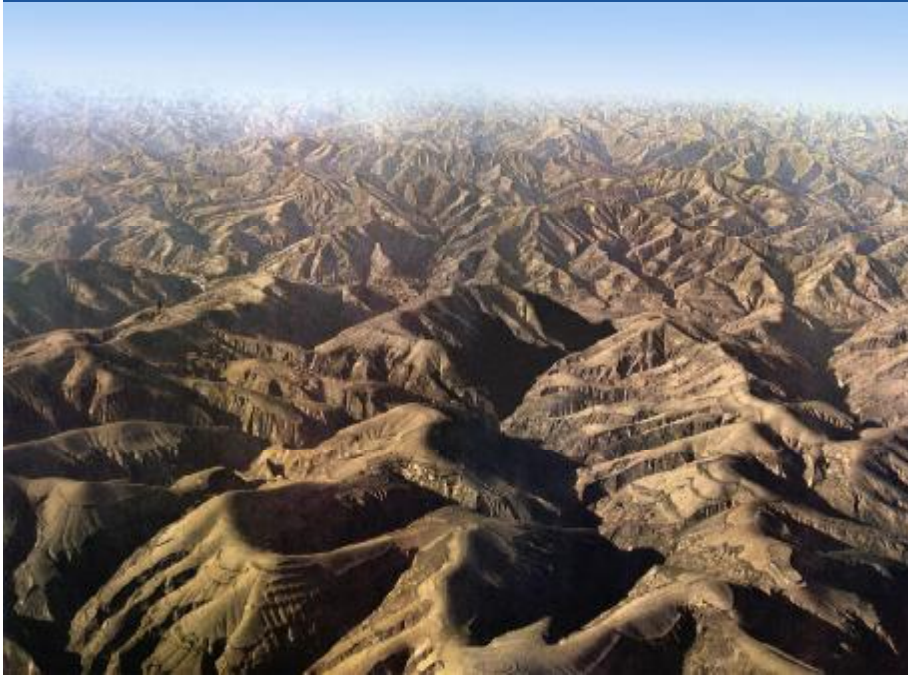


图 4.1 残积物（层）断面



雨蚀作用 { 机械作用: 降雨时雨滴以加速度冲击地面
化学作用: 雨水的化学溶蚀作用

H. J. Li ao



工程特点:

残积物与基岩之间没有明显的界限，通常经过一个基岩风化层（带）而直接过渡到新鲜岩石。残积层有时与强风化层很难区分。没有层理构造，均质性很差，土的物理力学性质很不一致；同时多为棱角状的粗颗粒土，其孔隙度较大，但作为**建筑物地基承载力很高**

鉴定的主要依据:

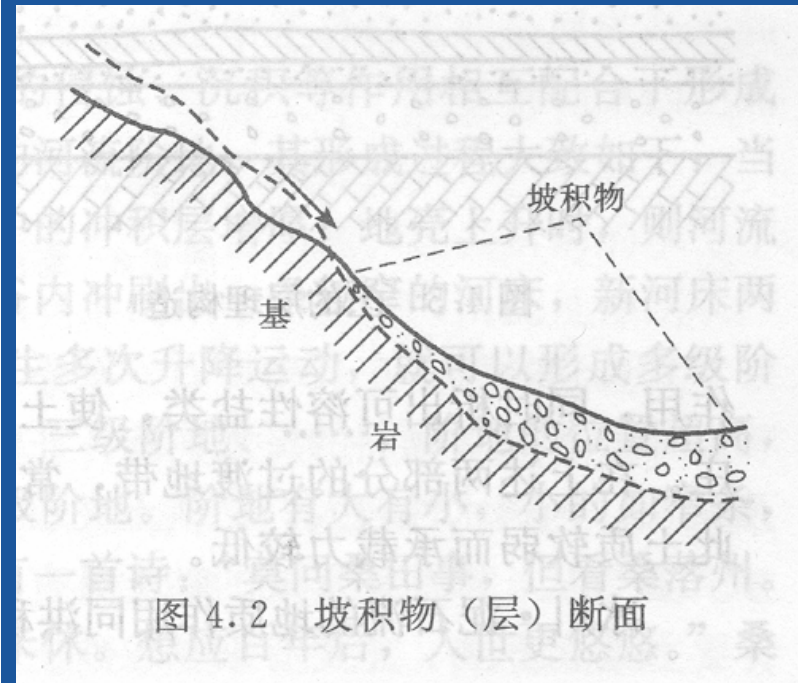
残积物中残留碎屑的矿物成分很大程度上与**下卧基岩相一致**



2、坡积物

坡积物是山坡上的岩石风化产物在重力、细流水作用下，被缓慢流动的雨雪水流的地质作用从高处缓慢地冲刷剥蚀，并顺着斜坡向下逐渐移动，最后沉积在较平缓的山坡上而形成的沉积物

一般分布在山腰上或坡脚下，其上部与残积物相连





分选性: 碎屑颗粒粗细均匀程度

工程特点:

1. 坡积物底部的倾斜度决定于基岩的倾斜程度，而表面倾斜度则与生成的时间有关
2. 坡积物随斜坡自上而下呈现由粗而细的分选性
3. 矿物成分与下卧基岩无直接关系，**这是它与残积物的明显区别**
4. 常常发生沿下卧基岩倾斜面滑动
5. 组成物质粗细颗粒混杂，土质不均匀，厚度变化大，**压缩性高，沿倾斜基岩面易渗水和滑动**



片流的地质作用也称为洗刷作用
即片流沿整个斜坡把细小的松散颗粒冲洗至斜坡下部

H. J. Liao



坡积物的工程问题

组成物质结构松散、孔隙率高、压缩性大、抗剪强度低、在水中容易崩解。当粘土质成分含量较多时，透水性较弱；含粗碎屑石块较多时，则透水性较强。当坡积层下伏基岩表面倾角较陡，坡积物与基岩接触处为粘性土而又有地下水沿基岩面渗流时，则易发生**滑坡**

在山区的河谷谷坡和山坡上，坡积物广泛分布，这对基坑开挖、开渠、修路等危害很大。在坡积物上修建建筑物时，还应注意地基的不均匀沉降问题。当线路通过坡积物时，应查明其厚度及物理力学性质，正确评价建筑物的稳定问题

崩积物 岩堆



工程实例介绍

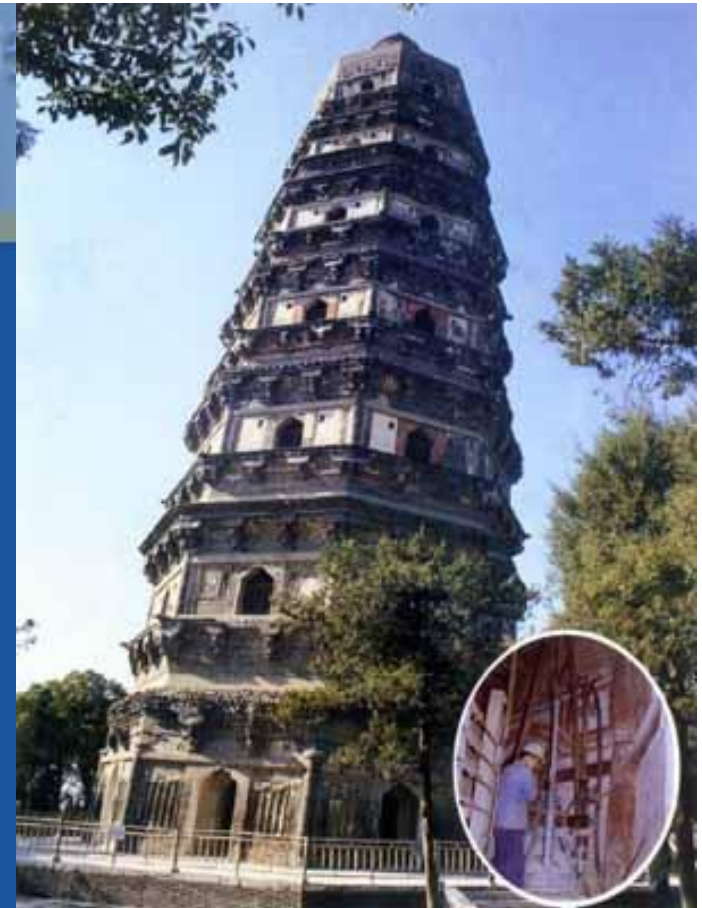
1. 虎丘塔

虎丘塔位于苏州市西北虎丘公园山顶，距今有1000多年历史。全塔七层，高47.5m。塔的平面呈八角形，由外壁、回廊与塔心三部分组成。虎丘塔全部砖砌，外型完全模仿楼阁式木塔，每层都有八个壶门，拐角处的砖特制成圆弧形，十分美观

2. 工程事故

1980年6月虎丘塔现场调查，当时由于全塔向东北方向严重倾斜，不仅塔顶离中心线已达2.31m，而且底层塔身发生不少裂缝，成为危险建筑而封闭、停止开放。仔细观察塔身的裂缝，发现一个规律，塔身的东北方向为垂直裂缝，塔身的西南面却是水平裂缝

地基不均匀沉降造成的严重倾斜——苏州市虎丘塔





3. 事故原因分析

经勘察，虎丘山是由火山喷发和造山运动形成，为坚硬的凝灰岩和晶屑流纹岩。山顶岩面倾斜，西南高，东北低。虎丘塔地基为人工地基，由大块石组成，块石最大粒径达1000mm。人工块石填土层厚1-2m，西南薄，东北厚。下为粉质粘土，呈可塑至软塑状态，也是西南薄，东北厚。底部即为风化岩石和基岩。塔底层直径13.66m范围内，覆盖层厚度西南为2.8m，东北为5.8m，厚度相差3.0m，这是虎丘塔发生倾斜的根本原因。此外，南方多暴雨，源源雨水渗入地基块石填土层，冲走块石之间的细粒土，形成很多空洞，这是虎丘塔发生倾斜的重要原因。由于当时树叶堵塞虎丘塔周围排水沟，大量雨水下渗，加剧了地基不均匀沉降，危及塔身安全。

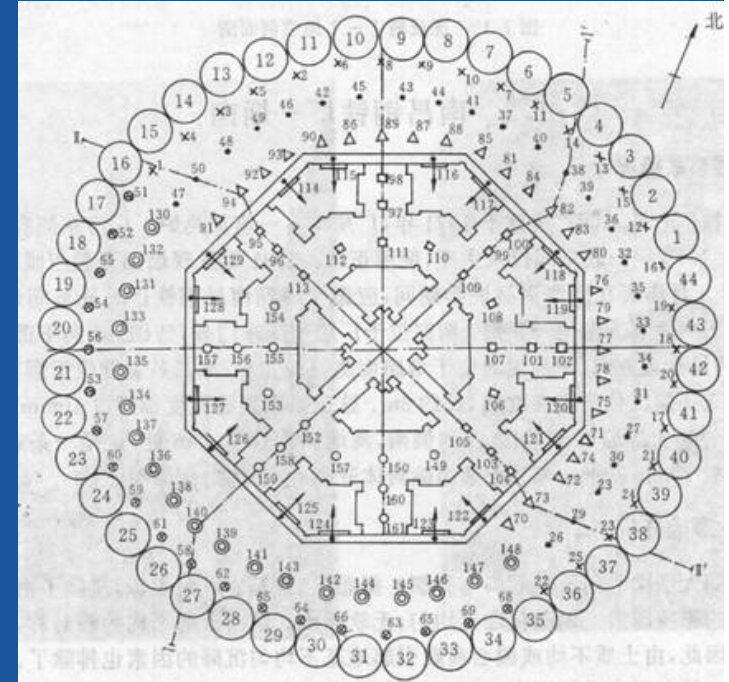
从虎丘塔结构设计上看，没有做扩大的基础，砖砌塔身垂直向下砌八皮砖，即埋深0.5m，直接置于上述块石填土人工地基上。估算塔重63000kN，则地基单位面积压力高达435kPa，超过了地基承载力。塔倾斜后，使东北部位应力集中，超过砖体抗压强度而压裂



4. 事故处理方法：加固地基

第一期加固工程是在塔四周建造一圈桩排式地下连续墙

其目的为减少塔基土流失和地基土的侧向变形。在离塔外墙约3m处，用人工挖直径1.4m的桩孔，深入基岩50cm，浇筑钢筋混凝土。人工挖孔灌注桩可以避免机械钻孔的振动。地基加固先从不利的塔东北方向开始，逆时针排列，一共44根灌注桩。施工中，每挖深80cm即浇15cm厚井圈护壁。当完成6-7根桩后，在桩顶浇筑高450mm圈梁，连成整体



第二期加固工程进行钻孔注浆和树根桩加固塔基

钻孔注水泥浆位于第一期工程桩排式圆环形地下连续墙与塔基之间，孔径90mm，由外及里分三排圆环形注浆共113孔，注入浆液达26637m³。**树根桩**位于塔身内顺回廊中心和八个壶门内，共做32根垂直向树根桩。此外，在壶门之间8个塔身，各做2根斜向树根桩。总计48根树根桩，桩直径90mm，安设3Φ16受力筋，采用压力注浆成桩

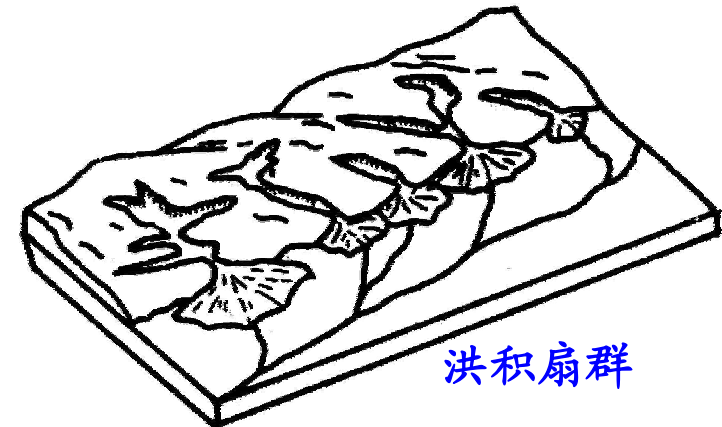
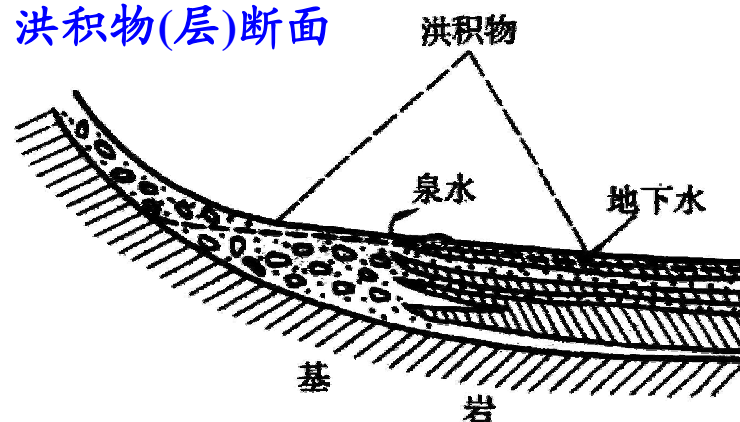


1 3、洪积物

由暴雨或大量融雪骤然集聚而成的**暂时性**山洪急流，具有很大的剥蚀和搬运能力。它冲刷地表，挟带着大量碎屑物质**堆积于山谷冲沟出口或山前倾斜平原**而形成洪积物

山洪流出沟谷口后面积增大、流速骤减，被搬运的粗碎屑物质大量堆积下来；离山渐远，洪积物的颗粒随之变细，分布范围逐渐扩大。其地貌特征，靠山近处窄而陡，离山较远宽而缓，平面上形如扇体，故称为**洪积扇**。由相邻沟谷口的洪积扇组成**洪积扇群**

洪积物(层)断面





工程特点:

1. 由于分选作用呈现随离山远近而变的现象
2. 由于搬运距离短，磨圆度仍不佳
3. 由于山洪是周期性发生的，每次大小不尽相同，堆积下来的物质也不一样。因此，洪积物常呈不规则的交替层理构造，具有夹层、尖灭或透镜体等产状

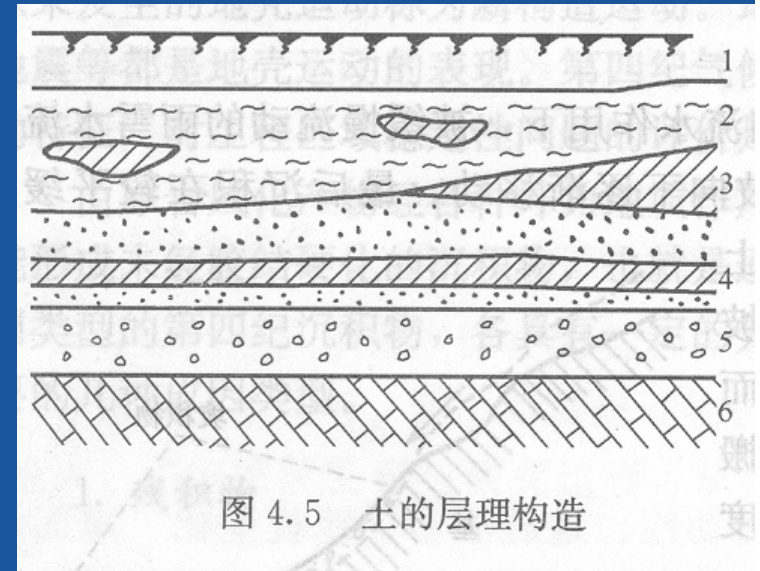


图 4.5 土的层理构造

作为建筑物的地基，一般认为是较理想的。尤其离山前较近的洪积物具有较高的强度，是良好的天然地基。离山较远地区，洪积物颗粒较细，成分均匀，地下水位较深，也属于良好的地基。但有时在上述两地段的中间地带，常因地下水溢出地表而形成沼泽地，作为地基时应慎重



4、冲积物

冲积物是河流流水的地质作用表现为侵蚀、搬运、沉积，将两岸基岩及其上部覆盖的坡积、洪积物质剥蚀后搬运、**沉积在河流坡降平缓地带**形成的沉积物

工程特点:

呈现明显的层理构造；碎屑物质形成亚圆形或圆形颗粒，其搬运距离越长，则沉积的物质越细

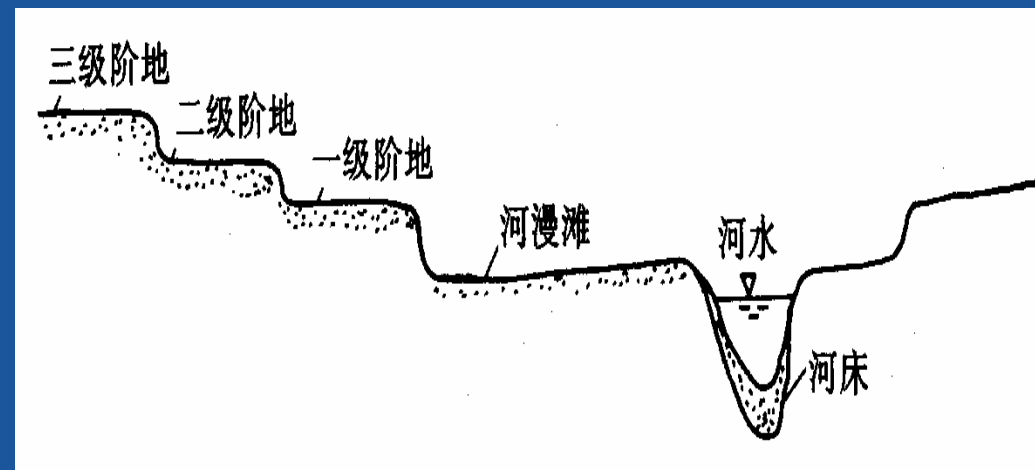


沿河流流向形成的地貌单元有

平原河谷冲积物、山区河谷冲积物、山前平原冲积物、河流入海口冲积物、河流入海口三角洲冲积物

沿河流横向形成的地貌单元有

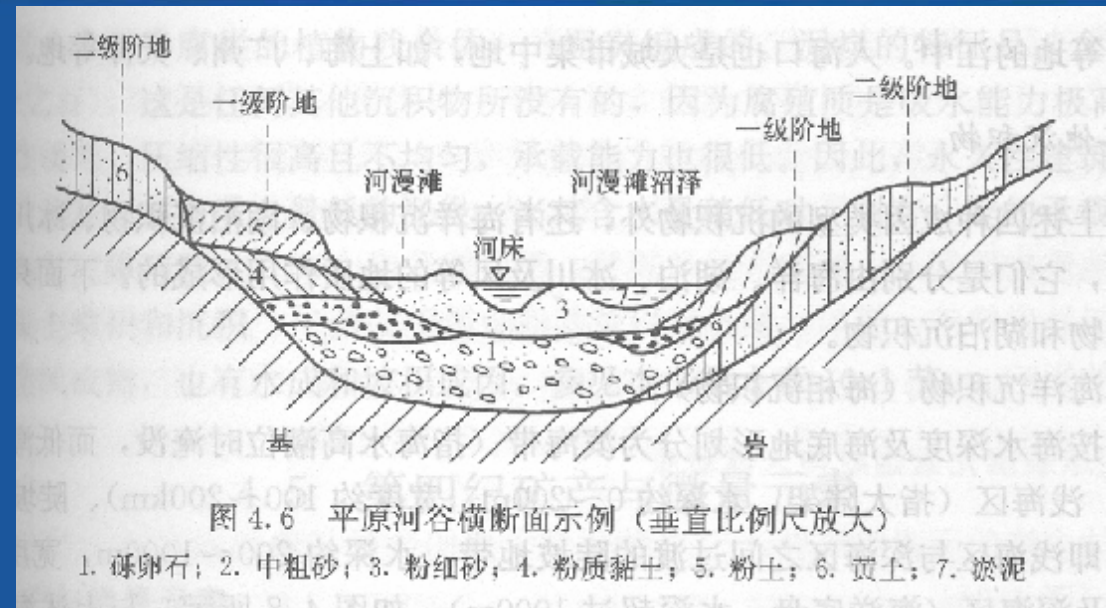
河床及河漫滩、低级阶地和高级阶地、山路地带等





(1) 平原河谷冲积物

平原河谷除河床外，
大多数都有河漫滩及
阶地等地貌单元



H. J. Li ao

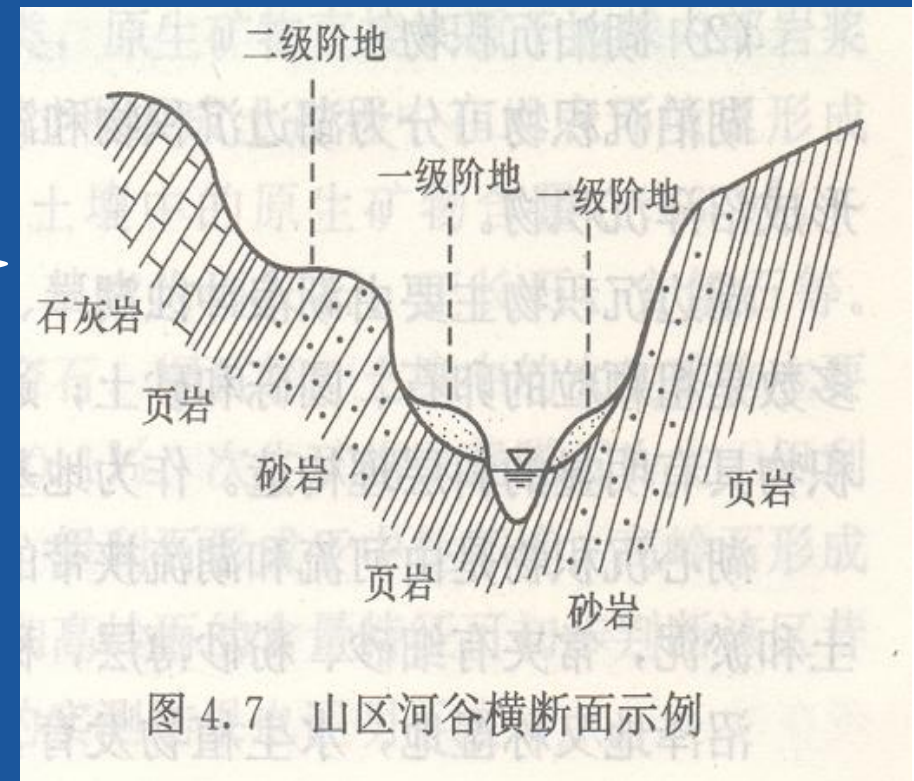


(2) 山区河谷冲积层

在山区，河谷两岸陡峭，大多仅有**河谷阶地**；地表水和地下水基本上都流向河床

(3) 沙洲

大江大河入海口处的**三角洲**





5、其他沉积物

1) 海洋沉积物 (海相沉积物)

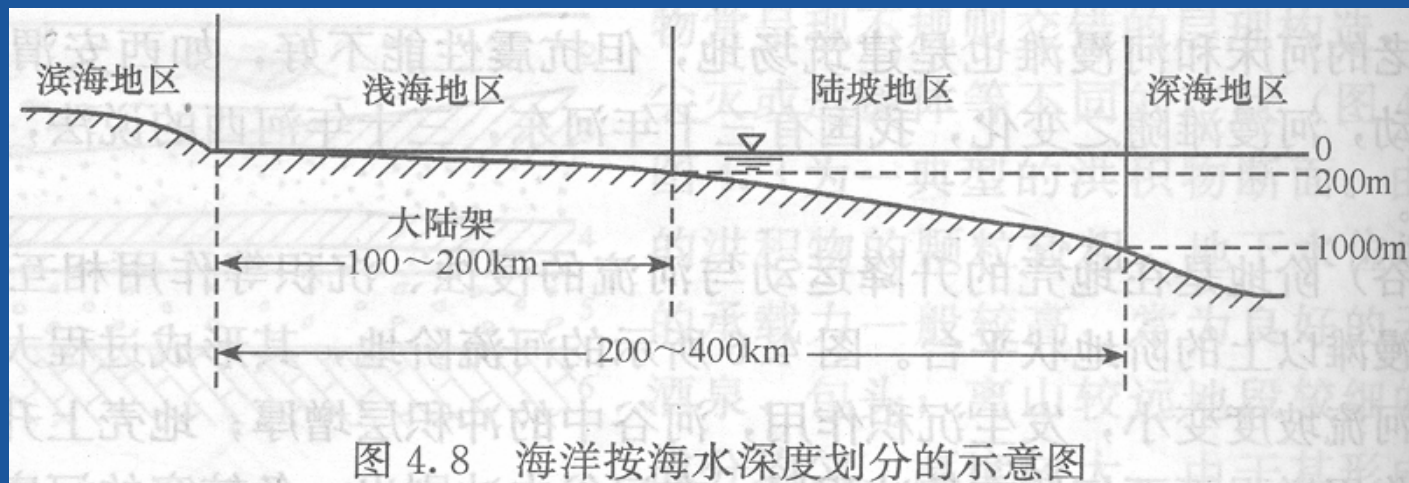
海洋按海水深度及海底地形划分为**海滨带**、**浅海区**、**陡坡区**及**深海区**

2) 湖泊沉积物

可分为湖边沉积物和湖心沉积物。湖泊如果逐渐淤塞，则可演变成沼泽，形成沼泽沉积物

3) 黄土堆积和沉积

黄土是风化物，也有水成和坡积成因





4.8 地貌学简论

4.8.1 地貌的定义

地貌的形态是由**地形面**、**地形线**和**地形点**三个基本要素构成。它们是地貌形态的最简单组合，决定了地貌形态的几何特征

自然界的地貌形态，在一些地区以单个形态出现，在一些地区则以**形态组合**的方式存在

地貌形态组合可以是简单的同年代同类型的地貌组合，也可以是复杂的不同年代不同成因的地貌组合



4.8.2 地貌的成因

1. 沉积环境对地貌的影响

沉积环境的不同常常会造成沉积物在成分、结构和构造等特征上的差异

海洋沉积物的结构和构造会因海侵和海退而形成水平和垂直方向上的变化

陆相沉积物与地貌的演变和分化、剥蚀、堆积作用的关系密切



2. 岩性对地貌的影响

不同的岩石具有不同的抗风化、剥蚀作用的能力，经受长期风化和剥蚀之后，一些岩性的地貌差别将趋于消失，故研究岩性对地貌的发育影响时，要考虑时间的因素

此外，同一岩性，在不同气候条件下，其抗风化、剥蚀作用能力也不相同



3、构造运动对地貌的影响

地质构造在地壳上升和剥蚀作用下显示出重要的地貌特征

1) 地貌对构造的适应性

地貌发育与构造线相一致或部分一致称为地貌适应构造，这是地质构造在剥蚀作用影响下显示其他地貌意义的一种普遍形式

2) 顺构造和逆构造地形

顺构造地形：各种正向构造与高地一致，各种负向构造与低地相一致

逆构造地形：各种正向构造与低地一致，各种负向构造与高地相一致



4.8.3 几种地貌单元

地形指的是地表形态的外部特征

从地质学和地理学观点考察的地表形态就叫做
地貌

在岩土工程勘察中，常按地形的成因类型，形态类型等进行地貌单元的划分



1. 山地

是地壳上升运动或岩浆活动等复杂演变过程形成的，同时也受到流水及其他外力的剥蚀作用，它们以较小的峰顶面积区别于高原，又以较大的高度区别于丘陵

分类：

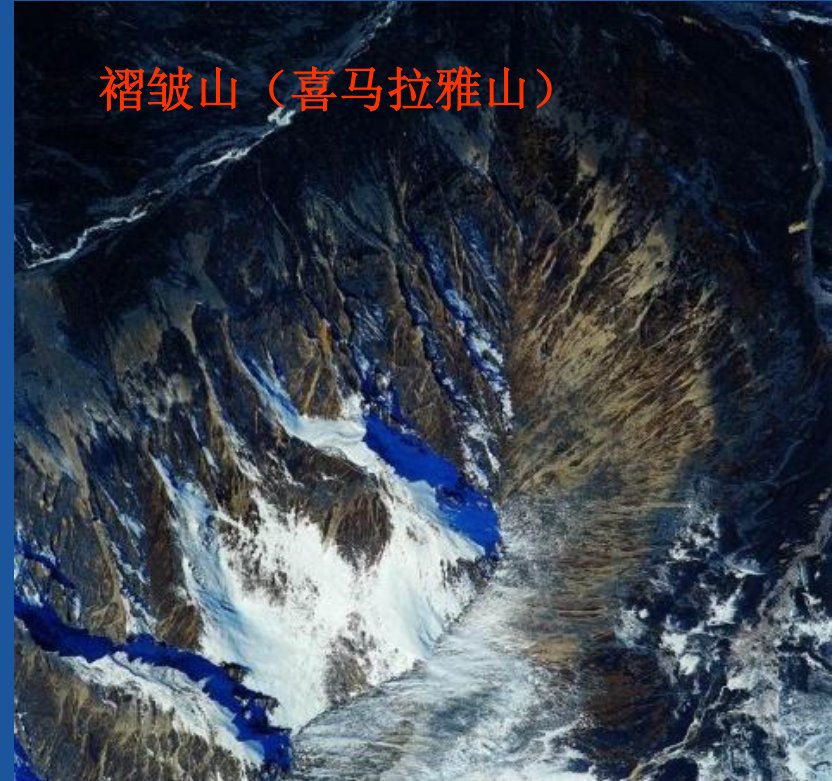
山地按构造形式分为**断块山**、**褶皱山**、褶皱断块山；按山的绝对高度和相对高度分为极高山、高山、中山和低山

特点：

山区的暂时性水流和河流，侵蚀山地形成冲沟和河谷，并在山坡、山麓和河谷对极了坡积物、洪积物和冲积物，从而形成了各种侵蚀和堆积地貌



断块山（庐山）



褶皱山（喜马拉雅山）

山地是大陆的基本地形，分布十分广泛。尤其是亚欧大陆和南北美洲大陆分布最多。我国的山地大多分布在西部，喜马拉雅山、昆仑山、唐古拉山、天山、阿尔泰山都是著名的大山

H. J. Li ao



2、丘陵

是山地经过外力地质作用长期剥蚀切割而成的地貌**低矮平缓的起伏地形**包括山麓和山前斜坡地带

特点:

基岩一般埋藏较浅，丘陵裸露，岩石风化严重，有时表层为残积物所覆盖；谷底则往往堆积有较厚的洪积物或坡积物；边缘地带则常堆积有结构疏松的新近坡积物





3、平原

高度变化微小，**表面宽广平坦**或者只有**轻微波状起伏**的地区，它以较小的起伏区别于丘陵

特点:

冲积平原的基岩一般埋藏较深，第四纪沉积层很厚，其中细颗粒的含量大，地下水位高，地基土承载力较低，但地势平坦，地层较均匀



H. J. Li ao



4、风成地貌和黄土地貌

主要指黄土高原及附近地区

5、岩溶地貌

岩溶地上、地下都有，如云南、贵州、四川、广西等省（区）