



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。



第一章 矿物和岩石

1.1 地球与地壳的概念

地球是一个不规则的扁球体，赤道半径略长，极地半径略短，平均半径约为**6371km**。它是由不同状态、不同物质的圈层构成的。



地球的内部

由**地壳**、**地幔**和**地核**三个圈层组成



一、地壳

地球表面固体的薄壳，平均厚度为**33km**。人类的工程活动多在地壳的表层进行，一般不超过1~2km的深度，但石油、天然气井钻探深度可达7 km以上。

二、地幔

位于地壳与地核之间的中间构造层，主要为富含铁镁的硅酸盐物质，其下限距地面的平均深度约为**2891km**。

三、地核

位于地幔以下，是地球的核心部分。其半径约为**3489 km**，靠近地幔的外核主要由液态铁组成；内核由在极高压下结晶的固体铁镍合金组成，其刚性很高。



1.2 地壳运动与地质作用

1.2.1 地壳运动

地壳运动又称构造运动，指主要由地球内力引起岩石圈产生的机械运动。它是使地壳产生**褶皱、断裂**等各种地质构造，引起海、陆分布变化，地壳隆起和凹陷，以及形成山脉、海沟，产生火山、地震等的基本原因。

古构造运动 晚第三纪以前

新构造运动 晚第三纪以后

现代构造运动 人类历史时期发生的构造运动



一、地壳运动的基本形式

1. 水平运动

指地壳沿地表切线方向产生的运动，主要表现为岩石圈的水平挤压或拉伸引起岩层的褶皱和断裂，可形成巨大的褶皱山系、裂谷和大陆漂移等

2. 垂直运动

指地壳沿地表法线方向产生的运动，主要表现为岩石圈的垂直上升或下降，引起地壳大面积的隆起和凹陷，形成海侵和海退等

水平运动和垂直运动是紧密联系的，在时间和空间上往往交替发生



二、地壳运动成因的主要理论

地壳运动的成因理论，主要是解释地壳运动的力学机制有：

1. 对流说

认为地幔物质已成塑性状态，并且上部温度低，下部温度高，在温差作用下形成缓慢对流从而导致上覆地壳运动。

2. 均衡说

地幔内存在一个重力均等的均衡面，当地表出现剥蚀或沉积时，重力发生改变，均衡面上的物质运动以弥补地表的重力损失，从而导致地壳运动。



3. 地球自转说

认为地球自转速度产生快慢的变化导致了地壳运动。自转速度加快导致地壳物质向赤道方向运行，且由西向东运动；当自转速度减慢时则相反

4. 板块构造说

地壳由六大板块构成，由大洋中脊和海沟分开，地球内部高热点热能通过大洋中脊的裂谷得以释放，导致了板块之间的相互运动



1.2.2 地质作用

地质作用是指由自然动力引起地球的物质组成、内部结构和地表形态发生变化的作用。主要表现为对地球的矿物、岩石、地质构造和地表形态等进行的破坏和建造作用

引起地质作用的能量来自地球本身和地球以外，故分为**内能**和**外能**。内能主要包括旋转能、重力能、热能。外能主要包括太阳辐射能、日月引力能和生物能，其中太阳辐射能主要引起大气环流和水的循环



按照能源和作用部位的不同，地质作用又分为内力地质作用和外力地质作用

1. 内力地质作用

由内能引起的地质作用称为**内力地质作用**，主要包括构造运动、岩浆活动和变质作用

2. 外力地质作用

由外能引起的地质作用称为**外力地质作用**，主要有风化作用、风的地质作用、流水的地质作用、冰川的地质作用、湖海的地质作用、重力的地质作用等



1.3 地质年代

地史学中，将各个地质历史时期形成的岩石，称为该时代的地层。各地层的新、老关系在判别褶皱、断层等地层构造形态中有着非常重要的作用

确定地层新、老关系的方法有两种

1. 绝对地质年代法
2. 相对地质年代法



1.3.1 绝对地质年代

通过确定地层形成的年代，依此排列出各地层新、老关系的方法

测定地层形成的年代的方法：

1. 放射性同位素法
2. 古地磁法
3. 碳-14法



1.3.2 相对地质年代

通过比较各地层的沉积顺序，古生物特征和地层接触关系来确定其形成先后顺序的一种方法

一、地层层序法

沉积岩能清楚地反映岩层的叠置关系。一般情况下，先沉积的老岩层在下，后沉积的新岩层在上。只要把一个地区所有地层按由下向上的顺序衔接起来，就可确定其新老关系

二、古生物法

在地质历史上，地球表面的自然环境总是不停地出现阶段性变化。地球上的生物为了适应地球环境的改变，也不得不改变自身的结构。因此，可依据岩石中的化石种属来确定岩石的新老关系



1.3.3 地质年代表

根据地层形成顺序、生物演化阶段、构造运动、古地理特征以及同位素年龄测定，对全球性地层进行划分和对比，综合得出地质年代表

地质历史划分为太古宙、元古宙和显生宙三大阶段，顺序为宙->代->纪->世。每个地质时期形成的地层，又赋予相应的地层单位，即宇->界->系->统，分别与地质历史的顺序相对应

教材P6, 表1.1



1.4 矿物学简论

目前人类已发现的**矿物**有3800多种，其中构成岩石主要成分、明显影响岩石性质、对鉴定岩石类型起重要作用的矿物称为**主要造岩矿物**

常见的主要造岩矿物有**20**余种
书上P8-10



矿物的物理性质

形态、颜色、条痕、光泽、透明度、硬度、解理、断口、密度等都是肉眼鉴定矿物的依据

其它方面

如磁性、压电性、发光性、弹性、挠性、脆性与延展性等



1. 矿物的形态

绝大多数矿物呈固态，只有极个别的矿物呈液态，如自然汞（Hg）等

2. 颜色

矿物的颜色是多种多样的，主要取决于矿物的化学成分和内部结构

3. 条痕

矿物在白色无釉的瓷板上划擦时留下的粉末痕迹色，称为条痕



4. 光泽

矿物表面反射光线的的能力。根据矿物平滑表面反射光的强弱分为：

1) 金属光泽

2) 半金属光泽

3) 非金属光泽

(a) 金刚光泽

(b) 玻璃光泽

(c) 油脂光泽

(d) 珍珠光泽

(e) 丝绢光泽

(f) 土状光泽



5. 透明度

矿物透过可见光的程度,可分为透明矿物、半透明矿物和不透明矿物

6. 硬度

矿物抵抗外来作用的能力

7. 解理

在外力敲打下沿一定结晶平面破裂的固有特性成为解理分为:

- | | |
|----------|----------|
| 1) 极完全解理 | 2) 完全解理 |
| 3) 中等解理 | 4) 不完全解理 |



8. 断口

不具有解理的矿物，在锤击后沿任意方向产生不规则断裂，其断裂面成为断口

9. 密度

矿物的密度取决于组成元素的相对原子质量和晶体结构的紧密程度



1.4.3 黏土矿物

为次生矿物，它是由原生矿物经反复风化和搬运后，在陆地或水环境中形成的极细粒的物质。主要有三种

1. 高岭石

水稳性好，具有很强的可塑性和耐火性

2. 伊利石

遇热膨胀、隔热、隔声性能良好

3. 蒙脱石

高度的亲水性膨润土高膨胀性



造岩矿物 构成岩石的矿物

一种或几种造岩矿物按一定方式结合而成，部分为火山玻璃或生物遗骸

岩石

按成因分岩浆岩、沉积岩、变质岩三大类



1.5 岩石学简论

1.5.1 岩浆岩（火山岩）

一. 成因

由岩浆冷凝固结而形成的岩石

根据岩浆运动特征分**侵入岩**和**喷出岩**

二. 主要矿物成分

石英、正长石、斜长石、云母、角闪石、辉石、橄榄石等

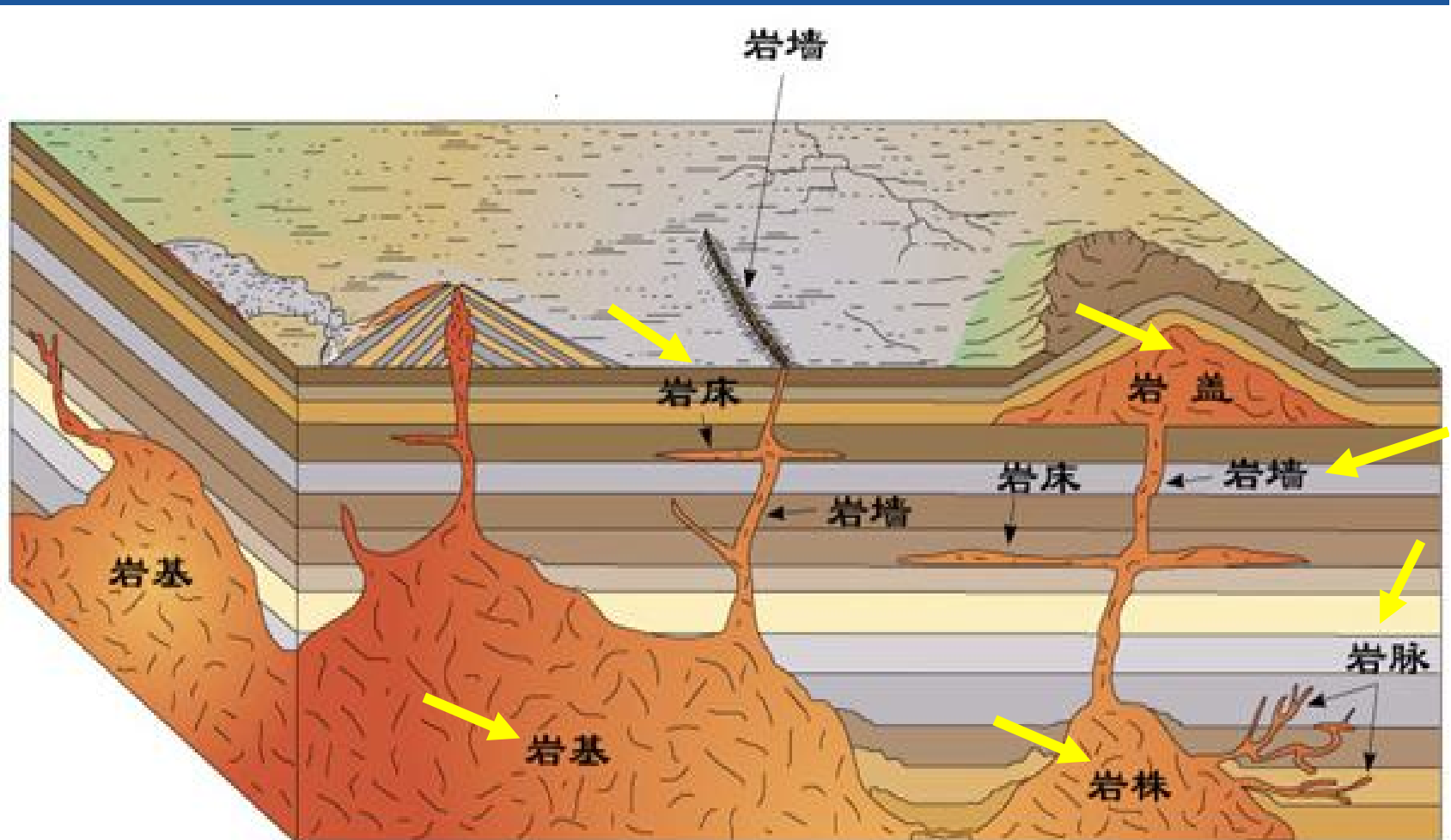
三. 产状

指岩浆岩体的形态、大小及其与围岩的关系



侵入岩的产状

1. 岩基
2. 岩株
3. 岩盘
4. 岩床
5. 岩墙和岩脉

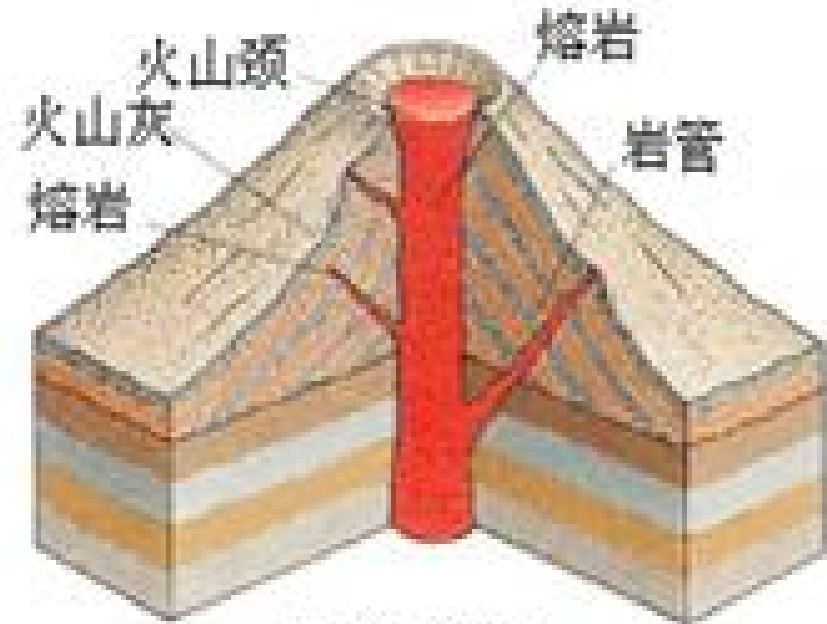


H. J. Liao

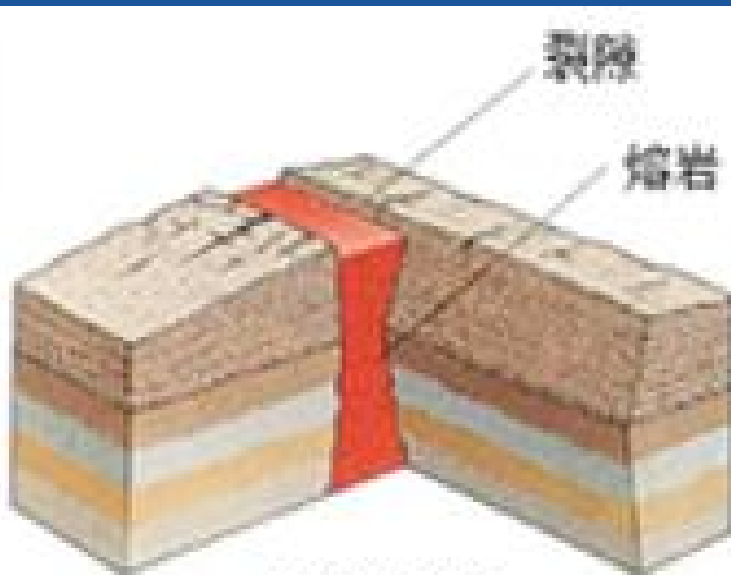


喷出岩的产状

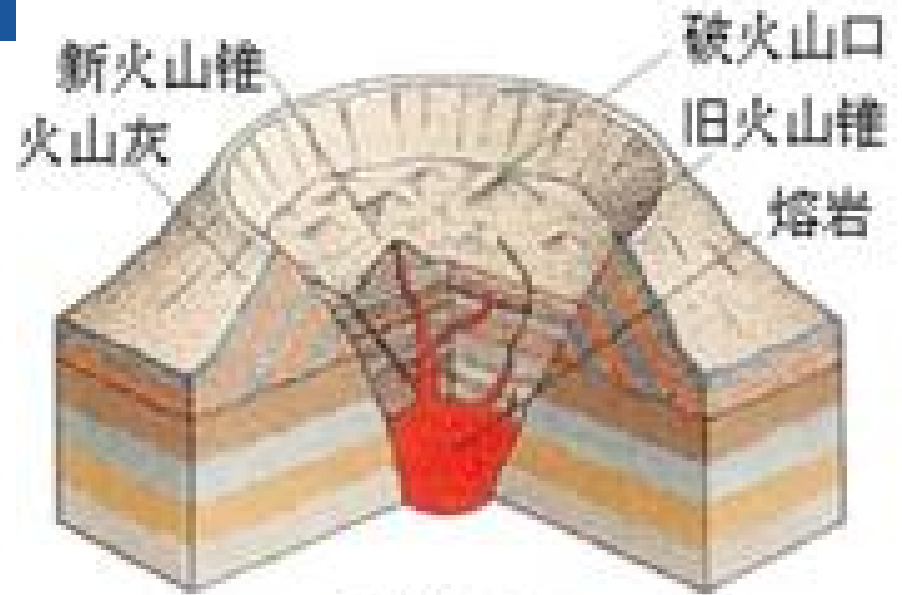
1. 熔岩流
2. 火山锥(岩锥)及熔岩台地



中心式喷发



裂隙式喷发



破火山口

H. J. Li ao



四. 岩浆岩的结构

是指岩石中矿物的结晶程度、晶粒的大小、形状及它们之间的相互关系

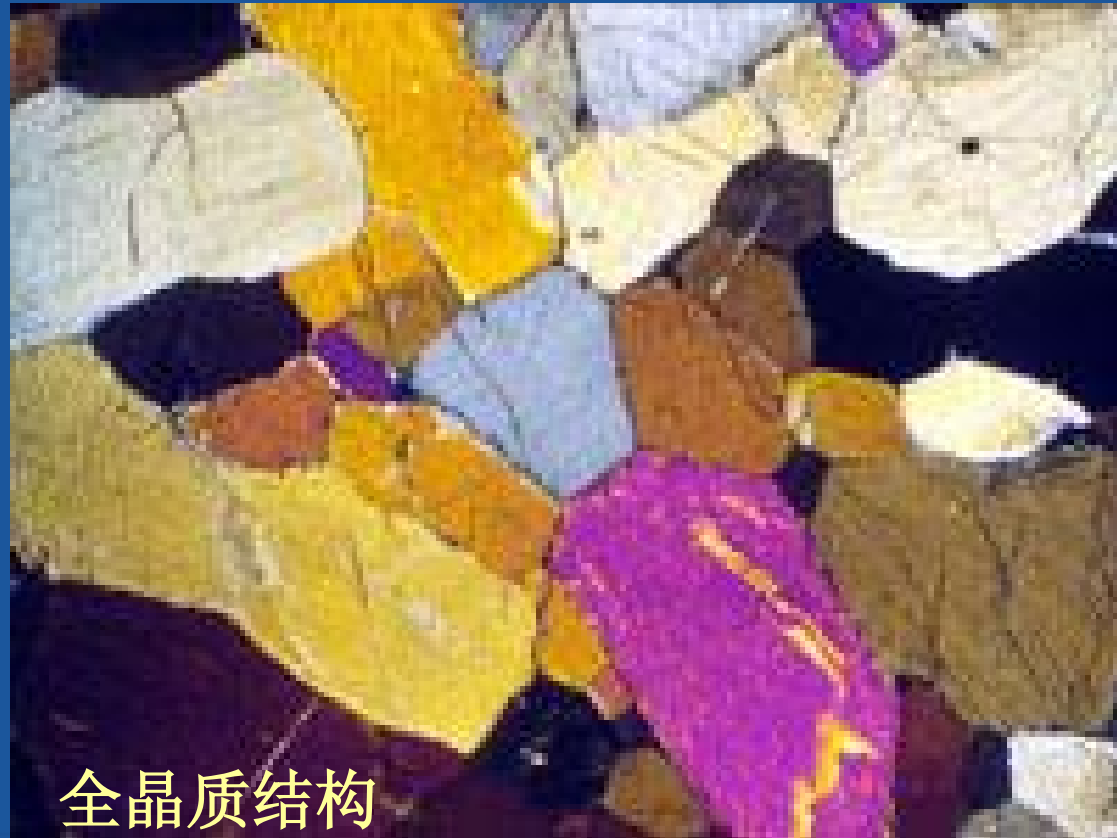
岩浆岩的结构特征与岩浆的化学成分、物理化学状态及成岩环境密切相关，岩浆的温度、压力、粘度及冷凝的速度等都影响岩浆岩的结构
按综合特征可分为



一)、按结晶程度分三类

1. 全晶质结构

岩石全部由结晶矿物组成，岩浆冷凝速度慢，有充分的时间形成结晶矿物，多见于深成岩，如花岗岩

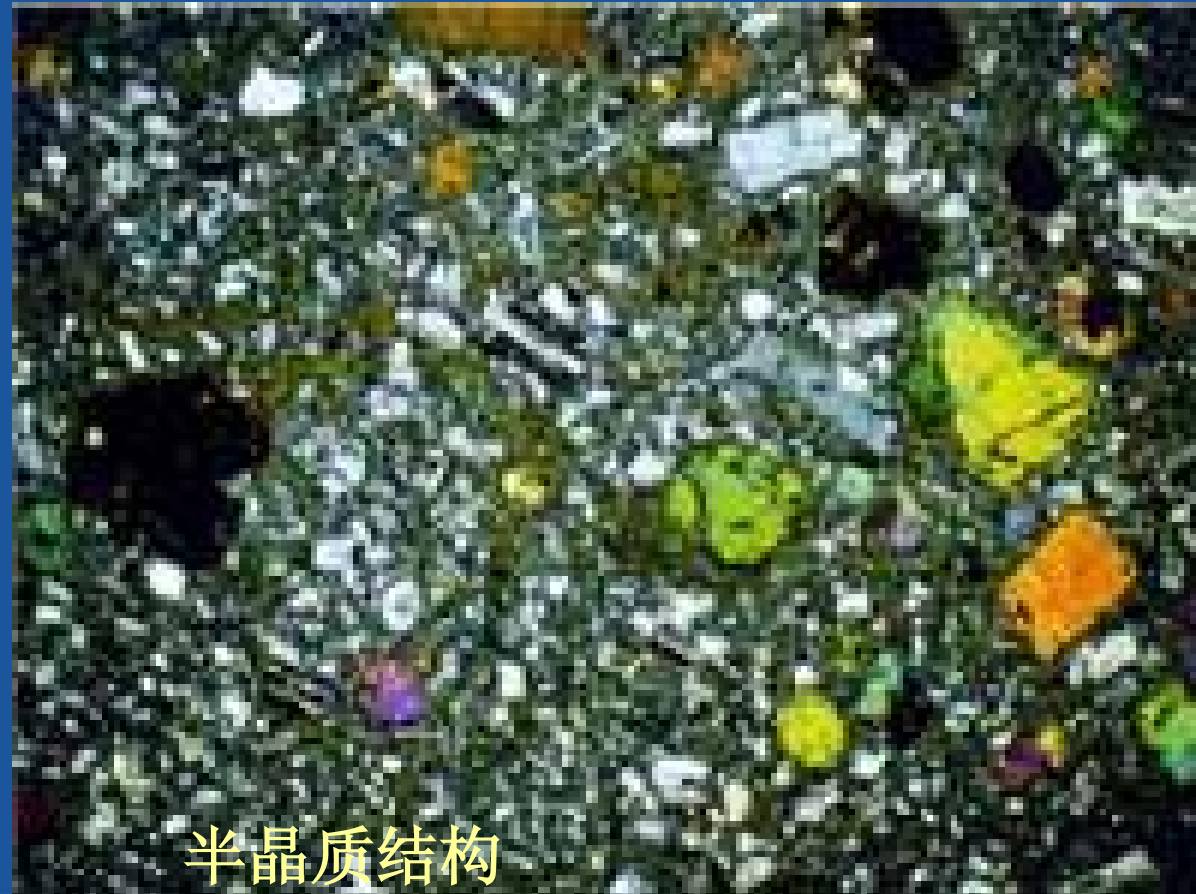


全晶质结构



2. 半晶质结构

同时存在结晶质和玻璃质的一种岩石结构，常见于喷出岩，如流纹岩



半晶质结构

H. J. Liao



3. 玻璃质结构

岩石全部由玻璃质组成，是岩浆迅速上升到地表，温度骤然下降至岩浆的凝结温度以下，来不及结晶形成的，是喷出岩特有的结构，如黑曜岩、浮岩等



玻璃质结构



二)、按矿物颗粒的绝对大小分两类

1. 显晶质结构

矿物结晶颗粒粗大，用肉眼或放大镜能够分辨。
按颗粒的直径大小，可将显晶质结构分为：

- (1) 粗粒结构 (颗粒直径 $> 5 \text{ mm}$)
- (2) 中粒结构 (颗粒直径为 $1 \sim 5 \text{ mm}$)
- (3) 细粒结构 (颗粒直径为 $0.1 \sim 1 \text{ mm}$)
- (4) 微粒结构 (颗粒直径 $< 0.1 \text{ mm}$)

2. 隐晶质结构

矿物颗粒细微，肉眼和一般放大镜不能分辨，但在显微镜下可以观察矿物晶粒特征，是喷出岩和部分浅成岩的结构特点



三)、按矿物晶粒的相对大小分三类

1. 等粒结构

岩石中的矿物颗粒大小大致相等



H. J. Li ao

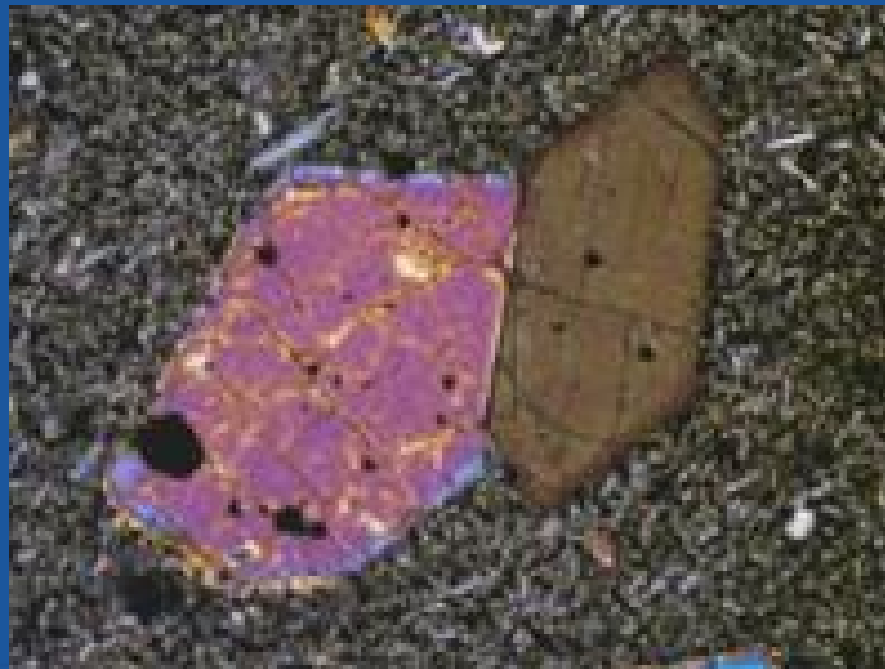


2. 不等粒结构

矿物颗粒大小不等，但粒径相差不很大

3. 斑状结构

两类矿物颗粒大小相差悬殊，大晶粒矿物(斑晶)分布在大量的细小颗粒(基质)中。基质为显晶质时，称为似斑状结构；基质为隐晶质或玻璃质时，称为斑状结构。似斑状结构为浅成岩和部分深成岩的结构，斑状结构是浅成岩和部分喷出岩的特有结构。



不等粒结构——斑状结构



四. 岩浆岩的构造

是指岩石中矿物的空间排列和充填方式，
常见有：

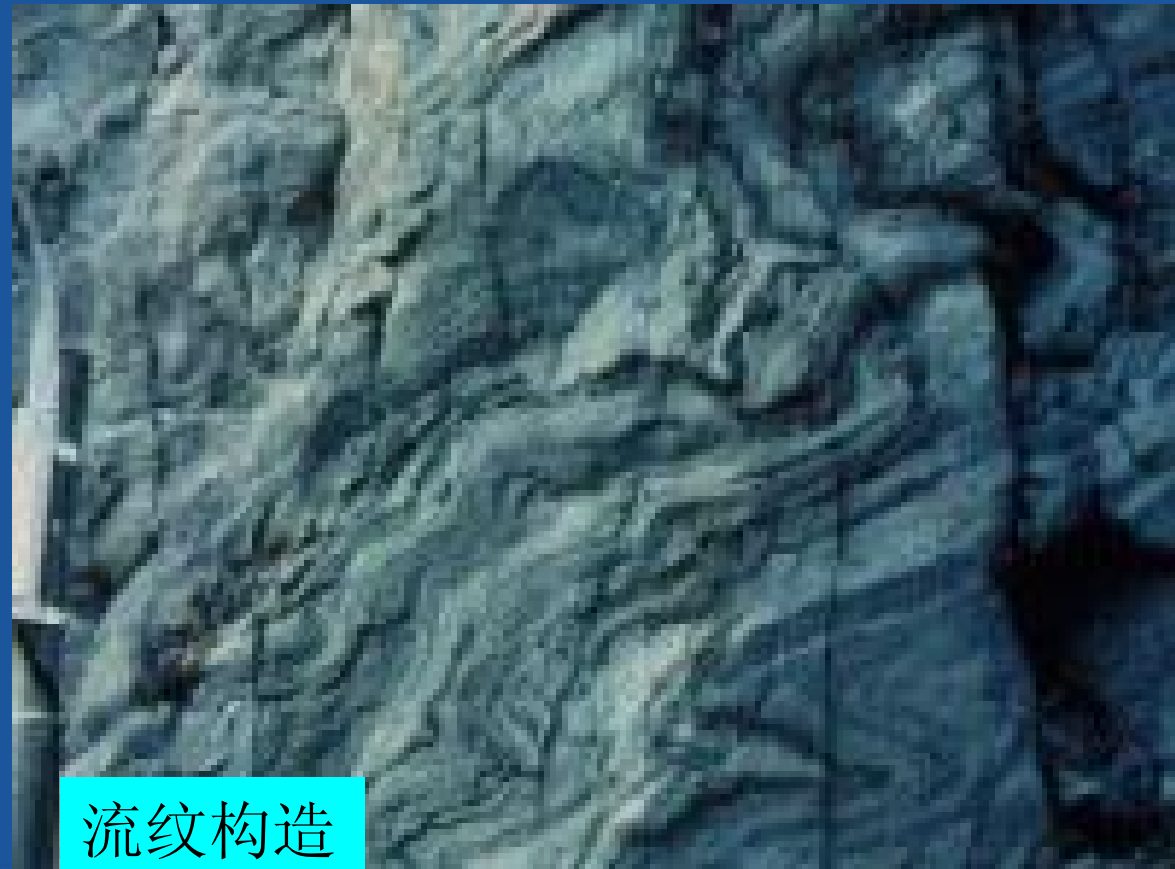
1. 块状构造

矿物在岩石中分布均匀，无定向排列，结
构均一，是岩浆岩中常见的构造



2. 流纹构造

岩浆在地表流动过程中，由于颜色不同的矿物、玻璃质和气孔等被拉长，熔岩流动方向上形成不同颜色条带相间排列的流纹状构造，常见于酸性喷出岩



H. J. Li ao

流纹构造



3. 气孔状构造

岩浆岩喷出后，岩浆中的气体及挥发性物质呈气泡逸出，在喷出岩中常有圆形或被拉长的孔洞，称为气孔状构造



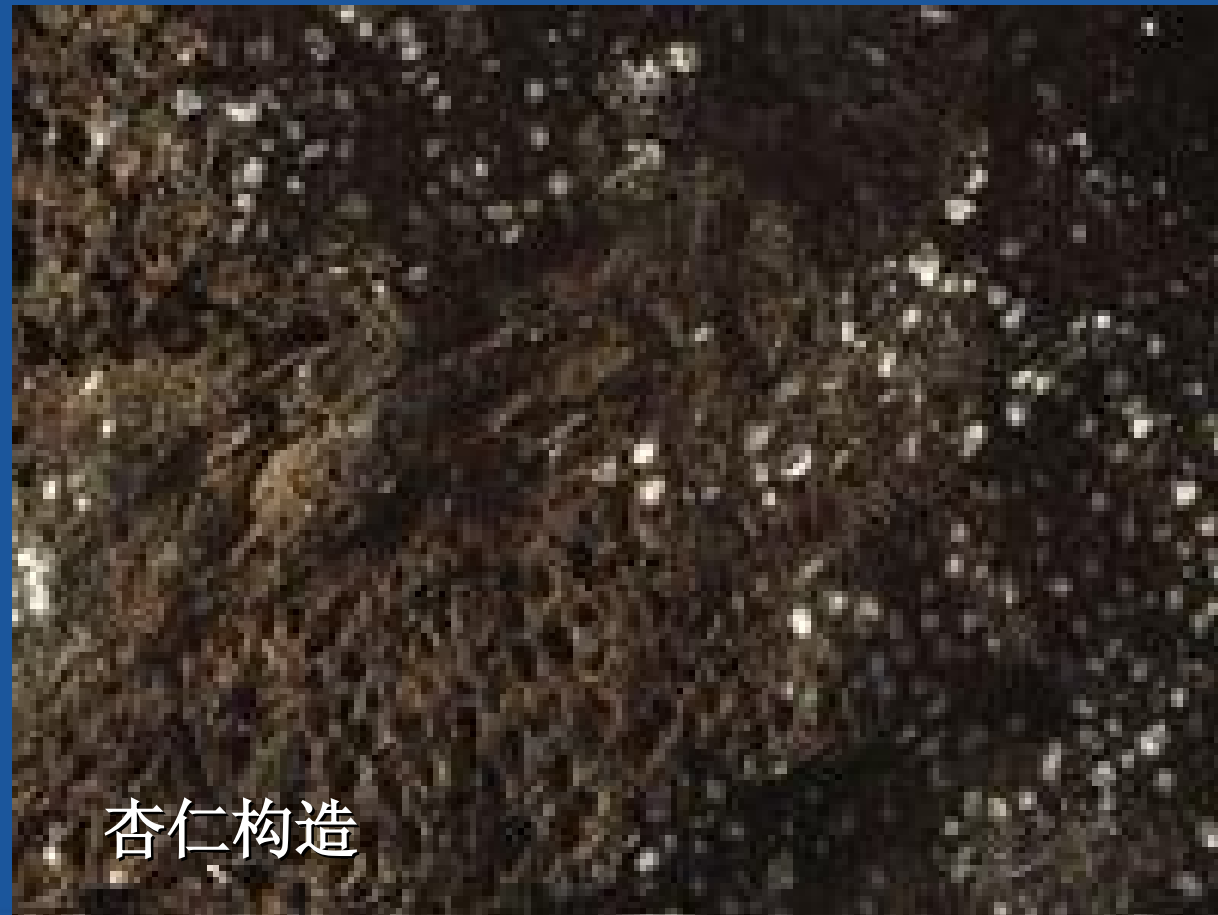
H. J. Liao

气孔构造



4. 杏仁状构造

具有气孔状构造的岩石，若气孔后期被方解石、石英等矿物充填，形如杏仁，称为杏仁状构造



杏仁构造

H. J. Li ao



五. 岩浆岩的化学成分和矿物成分

一)、岩浆岩的化学成分

SiO_2 含量最多，它的含量大小直接影响岩浆岩矿物成分的变化，并直接影响岩浆岩的性质

按 SiO_2 的含量分:

1. 酸性岩 ($\text{SiO}_2 > 65\%$)
2. 中性岩 ($\text{SiO}_2 = 52\% \sim 65\%$)
3. 基性岩 ($\text{SiO}_2 = 45\% \sim 52\%$)
4. 超基性岩 ($\text{SiO}_2 < 45\%$)



二)、岩浆岩的矿物成分

组成岩浆岩的主要矿物有30多种，但常见的矿物只有10几种

按矿物颜色深浅可划分为两类：

浅色矿物：富含硅、铝，有正长石、斜长石、石英、白云母等

深色矿物：富含铁、镁物质，有黑云母、辉石、角闪石、橄榄石等

长石含量占岩浆岩成分的60%以上，其次为石英，所以**长石和石英是岩浆岩分类和鉴定的重要依据**



根据造岩矿物在岩浆岩中的含量及其在岩石分类命名中所起的作用，可为三类

1. 主要矿物

是岩石中含量较多，对划分岩石大类、鉴定岩石名称有决定性作用的矿物

2. 次要矿物

在岩石中含量相对较少，对划分岩石大类不起决定性作用，但在本大类岩石的定名中起重要作用

3. 副矿物

在岩石中含量很少，通常小于1%，它们的有无不影响岩石的类型和定名



六. 岩浆岩的分类及主要特征

一)、岩浆岩的分类

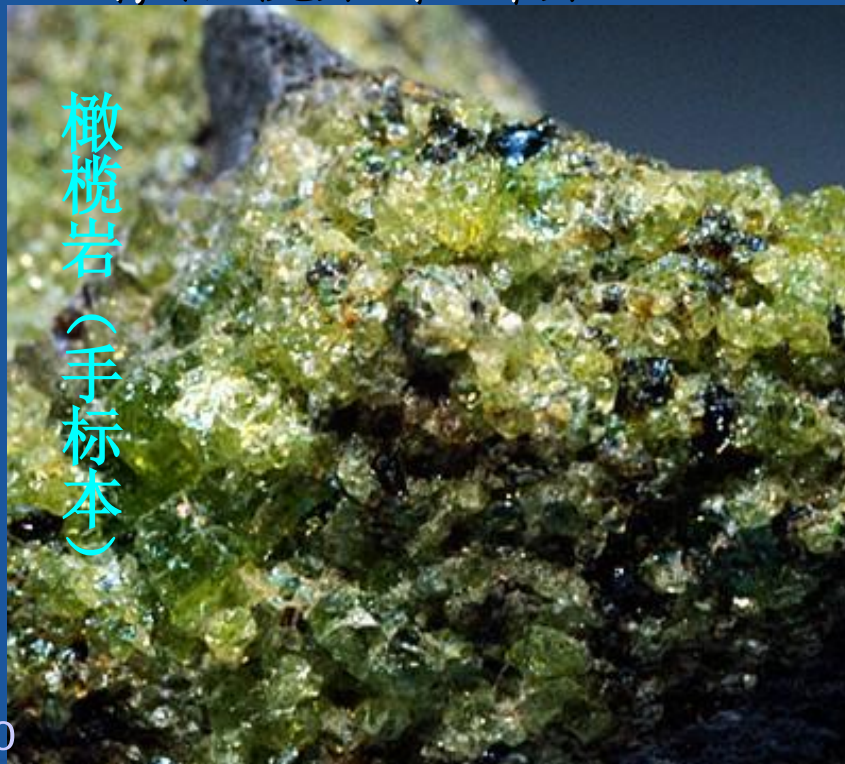
依据岩浆岩的化学成分、产状、构造、结构、矿物成分及其共生规律等特征，以岩石标本肉眼鉴定为基本前提，将岩浆岩分类。



二)、主要岩浆岩的特征

1. 超基性岩

SiO_2 含量 < 45%，不含或含很少长石，颜色深，几乎全由铁镁等深色矿物组成，相对密度较大（3.27以上），多见于侵入岩体的最深部。这类岩石抗风化能力差，风化后强度较低。典型岩石有橄榄岩和辉岩。



橄榄岩（手标本）



蛇绿岩（辉长岩）

H. J. Li ao



2. 基性岩

SiO_2 含量为45% ~ 52%，主要矿物为辉石和斜长石，其次含角闪石、黑云母和橄榄石，有时还含蛇纹石、绿泥石、滑石等次生矿物。基性岩是较常见的岩浆岩，特别是喷出岩中的玄武岩分布面积很广。典型的基性岩有辉长岩、辉绿岩和玄武岩



H. J. Li ao

辉长岩（手标本）



辉绿岩（手标本）



玄武岩（手标本）

斜长岩（手标本）

H. J. Liao



3. 中性岩

SiO_2 含量为 52% ~ 65%，与基性岩相比铁镁矿物相应减少，主要为角闪石，其次为辉石和黑云母。硅铝矿物增多，主要为中性斜长石，有时含少量钾长石和石英。颜色以灰色和浅灰色为主。主要包括：闪长岩、闪长斑岩、安山岩、正长岩、正长斑岩、粗面岩



H. J. Li ao

风化的正长岩



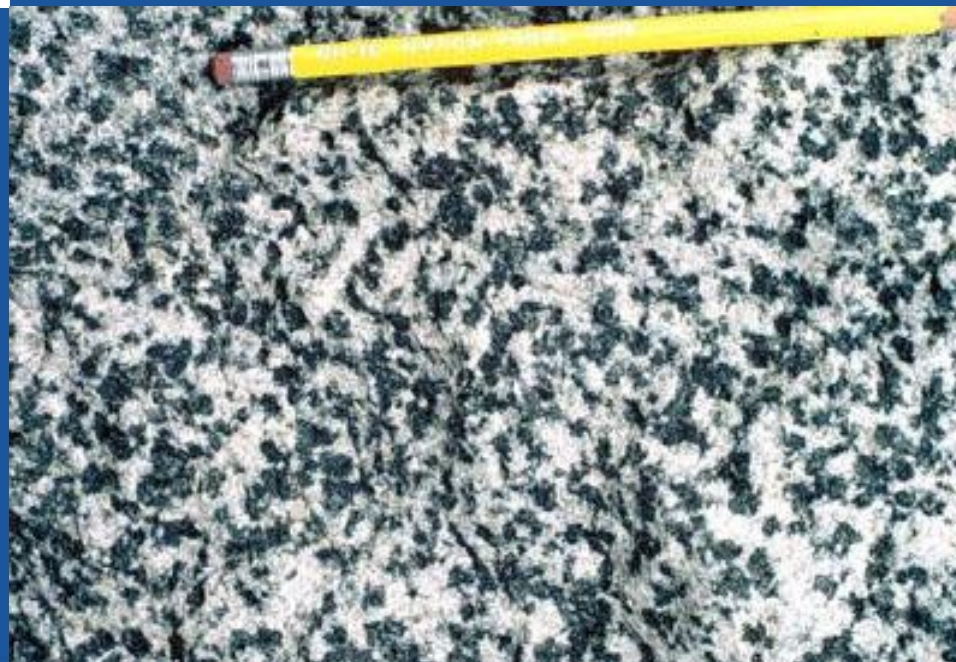
安山岩（手标本）



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

闪长岩（手标本）

粗面岩（手标本）



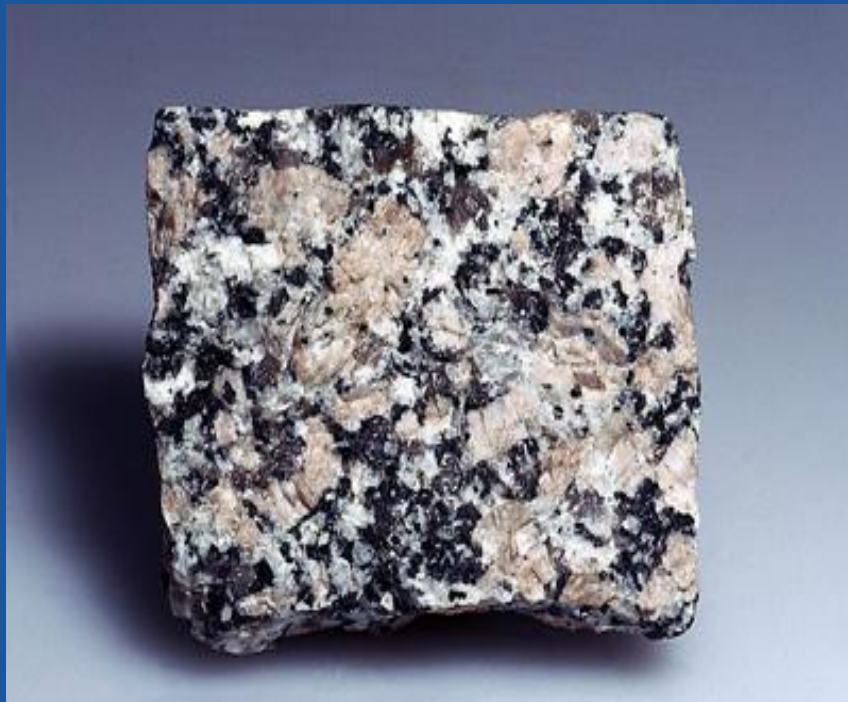
H. J. Liao



4. 酸性岩

SiO_2 含量 > 65%，为硅酸盐过饱和岩类。主要矿物为石英、钾长石和斜长石，次要矿物有黑云母、角闪石。分布广，酸性侵入岩多以岩基产出。

主要包括：花岗岩、花岗斑岩、流纹岩

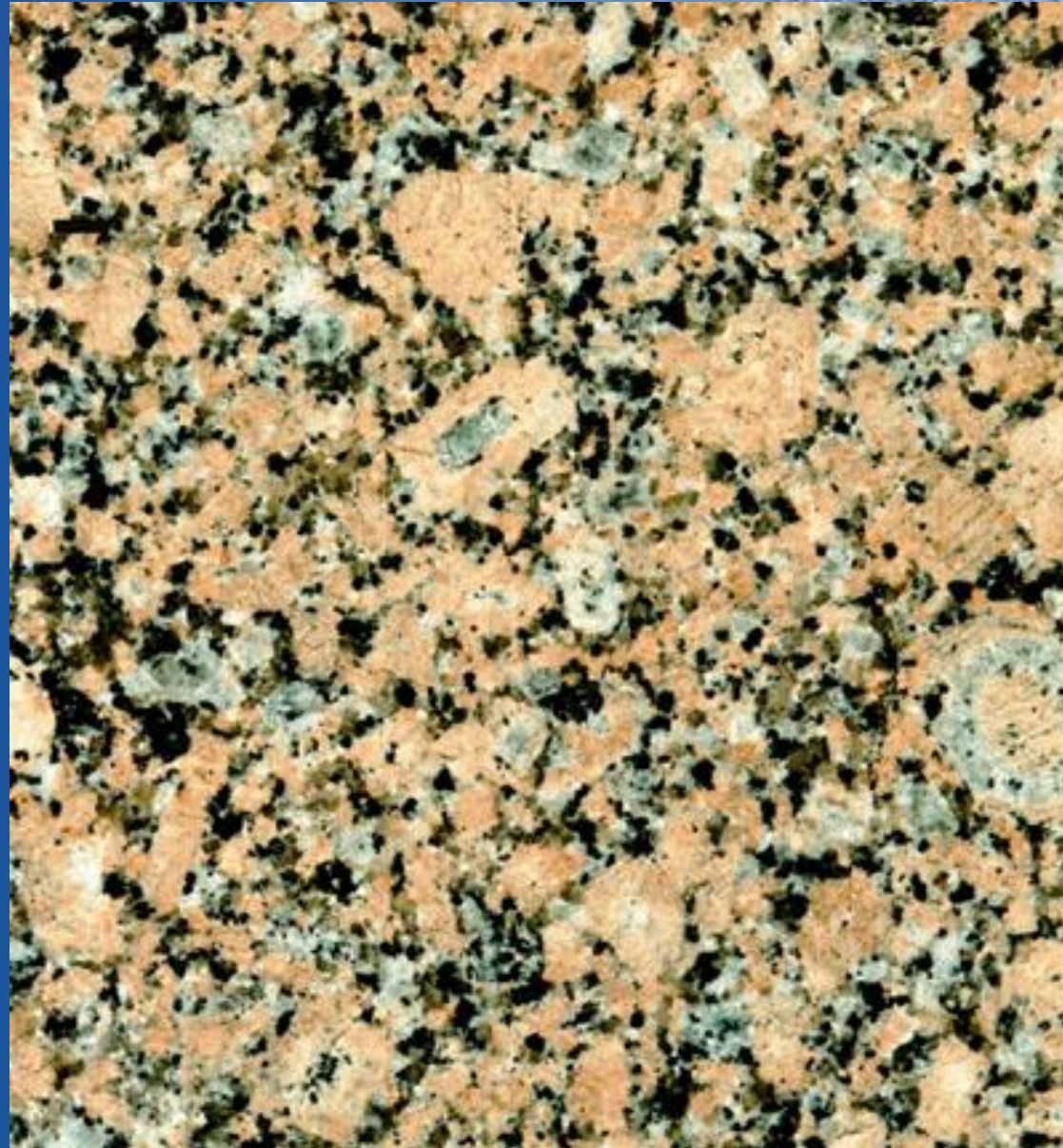


花岗岩(手标本)



流纹岩(手标本)

H. J. Liao



H. J. Li ao

花岗斑岩（手标本）



5. 脉岩类

呈脉状或岩墙产出的浅成岩，经常以脉状充填于岩体裂隙中。由于裂隙窄小又接近地表，其结构多为细粒、微晶或斑状结构。根据矿物成分和结构特征可分为伟晶岩、细晶岩和煌斑岩



煌斑岩（岩墙）



煌斑岩（手标本）

伟晶岩中的电气石（手标本）



伟晶岩





6. 火山碎屑岩

火山碎屑岩是由火山喷发的火山碎屑物质胶结或熔结而成的岩石，常见的有凝灰岩和火山角砾岩



H. J. Liao

月球熔融角砾岩(Apollo16)单偏光



1.5.2 沉积岩

沉积岩是在地壳表层常温常压条件下，由先期岩石的风化产物、有机质和其他物质，经搬运、沉积和成岩等一系列地质作用而形成的岩石

沉积岩在体积上占地壳的7.9%，覆盖陆地表面的75%，绝大部分海洋底也被沉积岩覆盖，它是地表最常见的岩石类型



一. 沉积岩的形成

可分为沉积物的**生成**、**搬运**、**沉积**和**成岩**作用四个过程

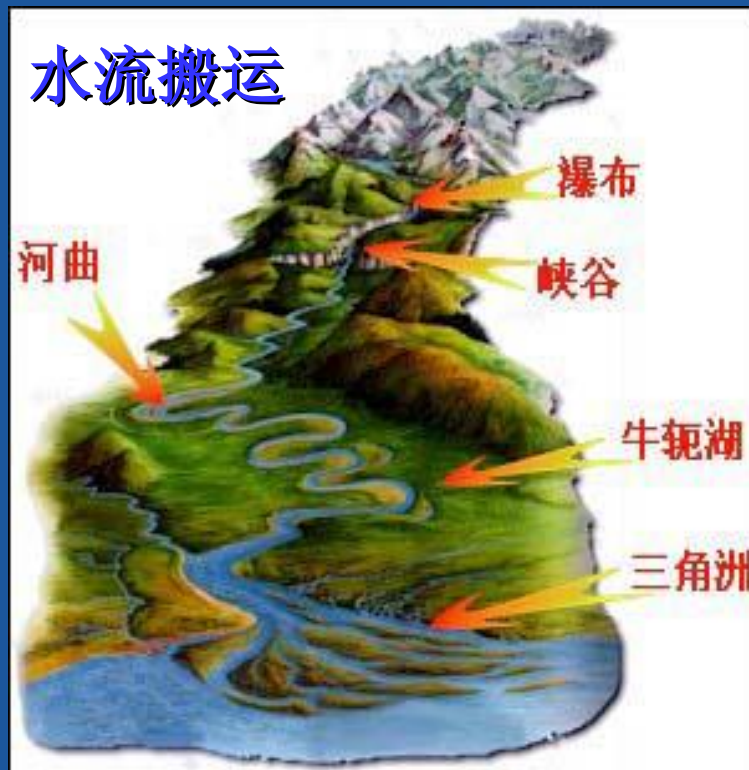
一)、沉积物的生成

沉积物的来源主要是先期岩石的风化产物，其次是生物堆积。然而，单纯的生物堆积很少，仅在特殊环境中才能堆积形成岩石，如贝壳石灰岩等



二)、沉积物的搬运

先期岩石的风化产物除小部分残留在原地，形成富含Al、Fe的残留物之外，大部分风化产物在空气、水、冰和重力作用下，被搬运到其他地方。搬运方式有机械搬运和化学搬运两种





三)、沉积物的沉积

当搬运介质速度降低或物理化学环境改变时，被搬运的物质就会沉积下来。通常可分为机械沉积、化学沉积和生物沉积



H. J. Li ao

海边沉积的海滩砂



四)、沉积物的成岩作用

由松散的沉积物转变为坚硬的沉积岩，所经历的地质作用叫成岩作用。硬结成岩作用比较复杂，主要包括固结脱水、胶结、重结晶和形成新矿物四个作用

1. 固结脱水作用

下部沉积物在上部沉积物重力的作用下发生排水固结现象，称为固结脱水作用

2. 胶结作用

胶结作用是碎屑岩成岩作用的重要环节，把松散的碎屑颗粒连接起来，固结成岩石



3. 重结晶作用

在压力和温度逐渐增大的条件下，沉积物发生溶解及固体扩散作用，导致物质质点重新排列，使非晶质变成结晶物质，这种作用称为重结晶作用，是各类化学岩和生物化学岩的重要组成部分

4. 新矿物的形成

在沉积岩的成岩过程中，由于环境变化还会生成与新环境相适应的稳定产物，如常见的石英、方解石、白云石、石膏、黄铁矿等



二. 沉积岩的构造

是指沉积岩的各个组成部分的空间分布和排列方式。

一)、层理构造

层理是指岩层中物质的成分、颗粒大小、形状和颜色在垂直方向发生变化时产生的纹理，每一个单元层理构造代表一个沉积动态的改变。由于沉积环境和条件不同，层理构造有下列不同的形态和特征：

1. 水平层理

是在稳定的或流速很小的流体波动条件下沉积形成的，层理面平直，且与层面平行



2. 波状层理

波状层理是在流体波动条件下沉积形成的，层理的波状起伏大致与层面平行

3. 单斜层理

由单向流体形成的一系列与层面斜交的细层构造。细层构造向同一方向倾斜，并且彼此平行，多见于河床和滨海三角洲沉积物中

4. 交错层理

由于流体运动方向频繁变化沉积而成，多组不同方向斜层理相互交错重叠



二)、层面构造

层面构造是指在沉积岩层面上保留有沉积时水流、风、雨、生物活动等作用留下的痕迹，如波痕、泥裂、雨痕等

三)、结核

结核是指岩体中成分、结构、构造和颜色等不同于周围岩石的某些矿物集合体的团块

四)、生物构造

在沉积物沉积过程中，由于生物遗体、生物活动痕迹和生态特征埋藏于沉积物中，经固结成岩作用，保留在沉积岩中，形成生物构造，如生物礁体、虫迹、虫孔等



三. 沉积岩的结构

是指组成岩石成分的颗粒形态、大小和连接形式。它是划分沉积岩类型的重要标志。常见的沉积岩结构有三种：

一)、碎屑结构

碎屑结构的特征主要反映在颗粒大小、颗粒形状以及胶结物和胶结方式上



1. 颗粒大小和磨圆度

按颗粒大小可划分为砾状结构和砂状结构两类：

(1) 砾状结构

碎屑颗粒大于2 mm。组成砾石磨圆度好的称为圆砾状结构，磨圆度差的称为角砾状结构

(2) 砂状结构

砂粒粒径为 0.005 ~ 2 mm。按粒径可分为：粉砂结构；细砂结构；中砂结构；粗砂结构



2. 胶结物和胶结方式

碎屑岩的物理力学性质主要取决于胶结物的性质和胶结类型。常见的有以下三种类型：

(1) 基底胶结

胶结物含量大，碎屑颗粒散布在胶结物之中，是最牢固的胶结方式，通常是碎屑颗粒和胶结物同时沉积的

(2) 孔隙胶结

碎屑颗粒紧密接触，胶结物充填在孔隙中间。这种胶结方式较坚固，胶结物是孔隙中的化学沉积物

(3) 接触胶结

碎屑颗粒相互接触，胶结物很少，只存在于颗粒接触处，是最不牢固的胶结方式



二)、泥状结构

几乎全由小于0.005 mm的粘土颗粒组成，典型岩石是粘土岩。其特点是手摸有滑感，断口为贝壳状

三)、化学结构和生物化学结构

化学结构主要是由化学作用从溶液中沉淀的物质经结晶和重结晶形成的结构，如石灰岩、白云岩和硅质岩等

生物化学结构几乎全部是由生物遗体所组成，如生物碎屑结构、贝壳状结构和珊瑚状结构等



四. 沉积岩的分类及主要沉积岩的特征

一)、沉积岩的分类

根据沉积岩的沉积方式、物质成分、结构构造等将沉积岩划分为碎屑岩、粘土岩和化学岩及生物化学岩三大类。



二)、主要沉积岩的特征

1. 碎屑岩类

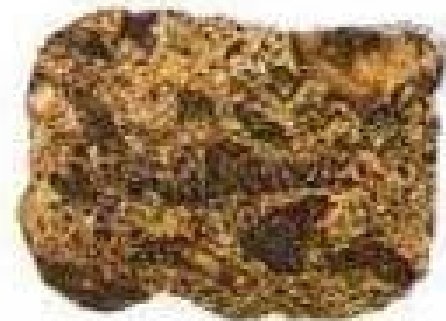
具有碎屑结构，由碎屑和胶结物组成。

(1) 砾岩和角砾岩

粒径大于 2 mm 的碎屑含量占 50% 以上，经压密胶结形成岩石。若多数砾石磨圆度好，称为砾岩；若多数砾石呈棱角状，称为角砾岩。砾岩和角砾岩多为厚层，其层理不发育。



砾岩



角砾岩



(2) 砂岩

砂岩按砂状结构的粒径大小，可以分为粗砂岩、中砂岩、细砂岩、粉砂岩四种。可根据胶结物和矿物成分的不同给各种砂岩定名



粗砂岩



中砂岩



细砂岩



粉砂岩

H. J. Li ao



2. 粘土岩类

泥状结构，由小于0.005 mm的粘土颗粒构成。粘土岩类分布广，数量大，约占沉积岩的60%。常见粘土岩有两类：页岩和泥岩。粘土岩易风化，吸水及脱水后变形显著，常给工程建筑造成事故



黑色页岩



钙质泥岩

H. J. Liao



3. 化学岩及生物化学岩

是先期岩石分解后溶于溶液中的物质被搬运到盆地后，再经化学或生物化学作用沉淀而成的岩石。也有部分岩石是由生物骨骼或甲壳沉积形成的。常见的岩石有以下四种：石灰岩、白云岩、泥灰岩、燧石岩。



石灰岩



泥灰岩



1.5.3 变质岩

一. 变质作用因素及类型

一)、变质岩的概况

为了适应新的地质环境和物理化学条件，先期的结构、构造和矿物成分将产生一系列的改变，这种引起岩石产生结构、构造和矿物成分改变的地质作用称为变质作用，在变质作用下形成的岩石称为变质岩。由岩浆岩形成的变质岩称为**正变质岩**，保留了岩浆岩的产状；由沉积岩形成的变质岩称为**副变质岩**，保留了沉积岩的产状



二)、变质作用的因素

变质作用的主要因素有高温、高压和化学活泼性流体

1. 高温

高温是变质作用的最主要的因素。大多数变质作用是在高温条件下进行的。高温热源有：①岩浆侵入带来的热源；②地下深处的热源；③放射性元素蜕变的热源



2. 压力

(1) 静压力

能压缩岩体，使岩石变得密实坚硬，改变矿物结晶格架，使体积缩小，密度增大，形成新矿物

(2) 动压力

在动压力作用下，岩石和矿物可能发生变形和破裂，形成各种破裂构造。在最大压力方向上，矿物被压熔，伴随静压力和温度的升高，在垂直最大压力方向上，有利于针状和片状矿物定向排列和定向生长，并形成变质岩特有的构造，称为片理构造



3. 化学活泼性流体

在变质作用过程中，化学活泼性流体是岩浆分化后期的产物。它们与周围岩石接触，使矿物发生化学交替、分解，使原矿物被新形成的矿物取代，这个过程称为交代作用，例如方解石与含硫酸的水发生化学作用，可形成石膏



三)、变质作用类型

变质岩变质作用主要有四种类型:

1. 接触变质作用

主要是由于高温使岩石变质, 又称为热力变质作用, 通常是由岩浆侵入, 由于高温使围岩产生接触变质

2. 交代变质作用

是岩石与化学活泼性流体接触而产生交代作用, 产生新矿物, 取代原矿物



3. 动力变质作用

是由于地质构造运动产生巨大的定向压力，而温度不很高，岩石遭受破坏使原岩的结构、构造发生变化，甚至产生片理构造

4. 区域变质作用

在地壳地质构造和岩浆活动都很强烈的地区，由于高温、高压和化学活泼性流体的共同作用，在大范围深埋地下的岩石受到变质作用，称为区域变质作用，其范围可达数千甚至数万平方公里。大部分变质岩属于此类



二. 变质岩的矿物成分、结构和构造

一)、变质岩的矿物成分

岩石在变质的过程中，原岩中的部分矿物保留下来，同时生成一些变质岩特有的新矿物。这两部分矿物组成了变质岩的矿物。正变质岩中常保留有石英、长石、角闪石等矿物，副变质岩中保留有石英、方解石、白云石等，新生的矿物主要有红柱石、硅灰石、石榴子石、滑石、十字石、阳起石、蛇纹石、石墨等，它们是变质岩特有的矿物，又称特征性变质矿物



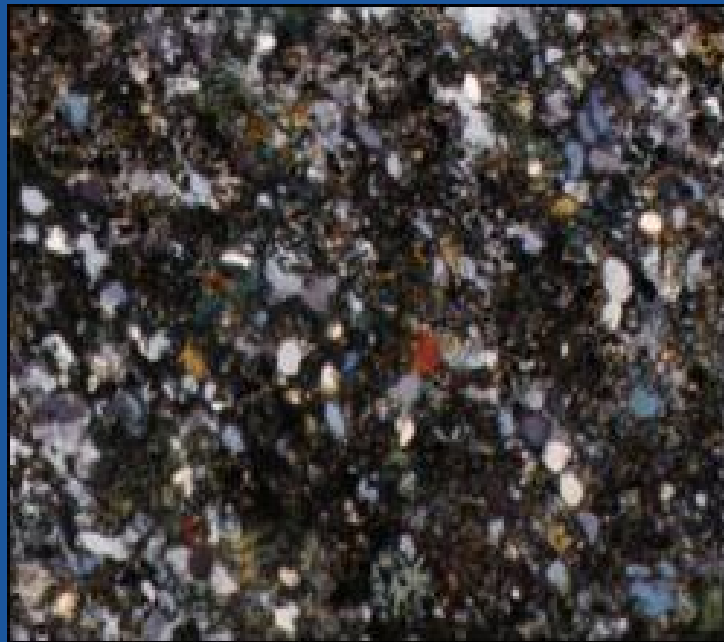
二)、变质岩的结构

变质岩的结构主要是结晶结构有三种

1. 变余结构

在变质过程中，原岩的部分结构被保留下来称为变余结构。这是由于变质程度较轻造成的

变余粉砂结构



变余辉绿结构





2. 变晶结构

是变质岩的特征性结构，大多数变质岩都有深浅程度不同的变晶结构，它是岩石在固体状态下经重结晶作用形成的结构。变质岩和岩浆岩的结构相似，为了区别，在变质岩结构名词前常加“变晶”二字，如等粒变晶结构和斑状变晶结构等

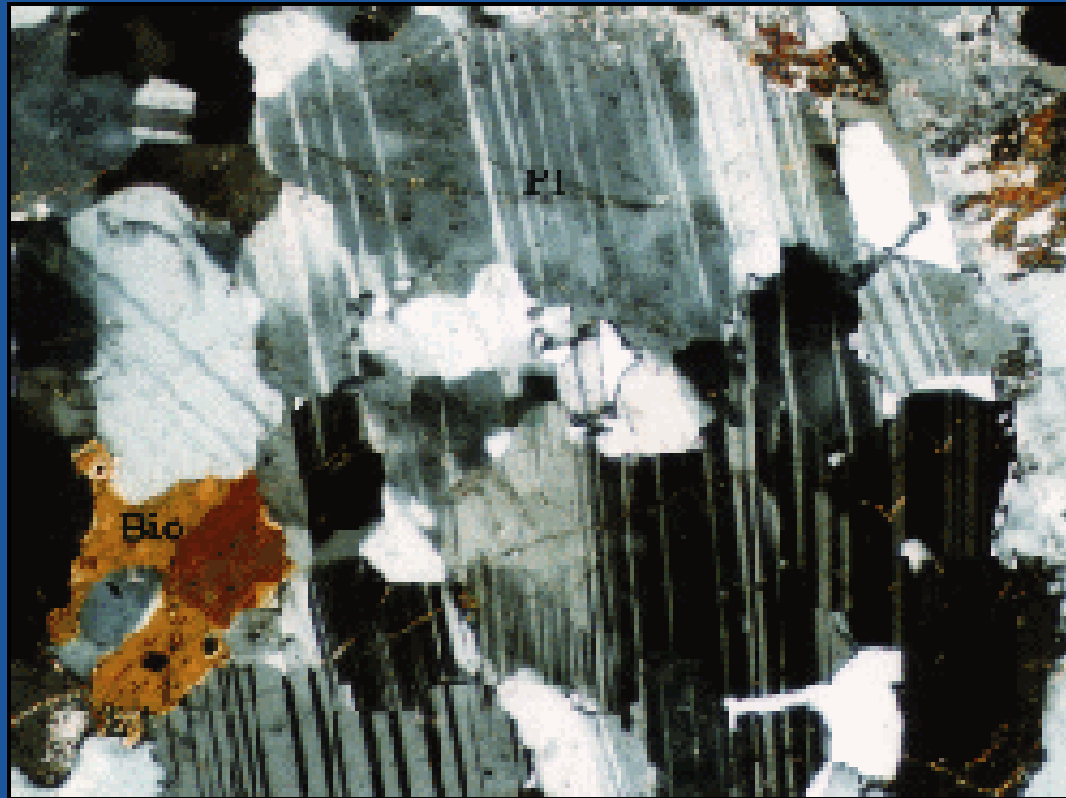


斑状变晶结构



3. 压碎结构

主要在动力变质作用下，岩石变形、破碎、变质而成的结构。原岩碎裂成块状称为碎裂结构，若岩石被碾成微粒状，并有一定的定向排列，则称为糜棱状结构。



碎裂结构

H. J. Liao



三)、变质岩的构造

1. 板状构造

泥质岩和砂质岩在定向压力作用下，产生一组平坦的破碎面，岩石易沿此裂面剥成薄板，称为板状构造。





2. 千枚状构造

岩石主要由重结晶矿物组成，片理清楚，片理面上有许多定向排列的绢云母，呈明显的丝绢光泽





3. 片状构造

重结晶作用明显，片状、针状矿物沿片理面富集，平行排列



片状构造



4. 片麻状构造

为显晶质变晶结构，颗粒粗大，深色的片状矿物及柱状矿物数量少，呈不连续的条带状，中间被浅色粒状矿物隔开，是变质最深的构造。



混合片麻状构造



变成片麻状构造



5. 块状构造

岩石由粒状矿物组成，矿物均匀分布，无定向排列。





三. 变质岩的分类及主要变质岩的特征

一)、变质岩的分类

根据变质岩的构造、结构、矿物成分和变质类型将常见变质岩分为三类。



二)、主要变质岩的特征

1. 板岩

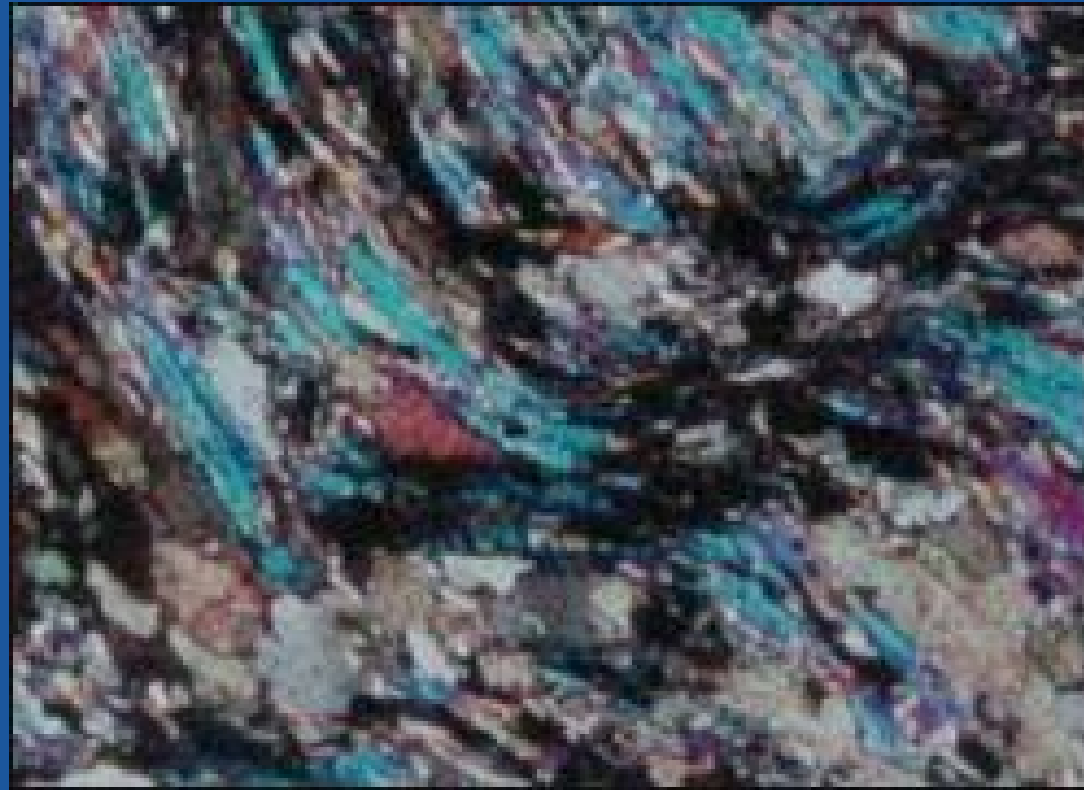
多为变余泥状结构或隐晶结构，板状构造，颜色多为深灰、黑色、土黄色等。





2. 千枚岩

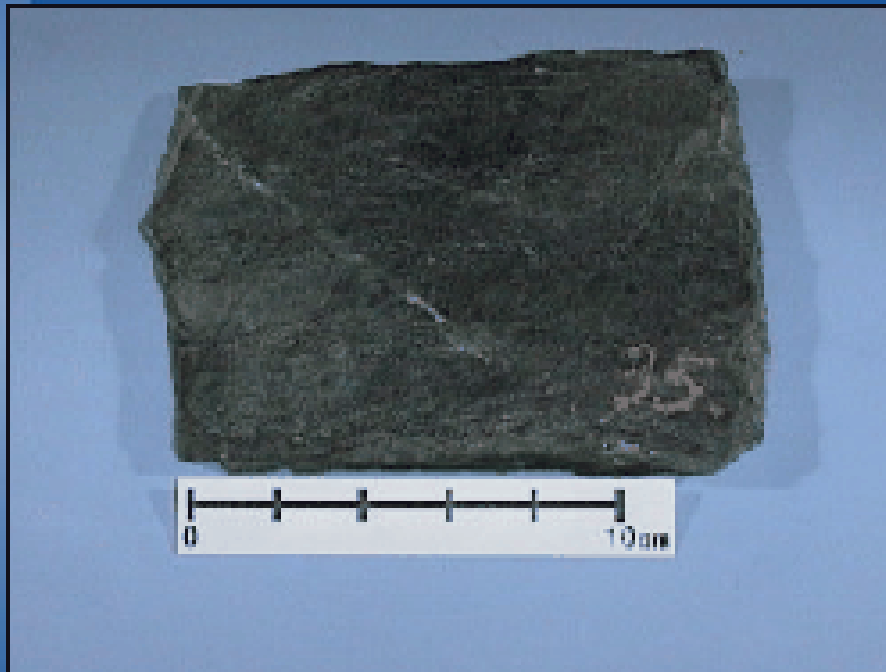
变余结构及显微鳞片状变晶结构，千枚状构造，通常为灰色、绿色、棕红色及黑色等





3. 片岩类

显晶变晶结构，片状构造。颜色比较杂，取决于主要矿物的组合。矿物成分有云母、滑石、绿泥石、石英、角闪石、方解石等，属变质较深的变质岩



角闪石片岩



蓝闪石片岩



4. 片麻岩

中、粗粒粒状变晶结构，片麻状构造，颜色较复杂，浅色矿物多为粒状的石英、长石，深色矿物多为片状、针状的黑云母、角闪石等



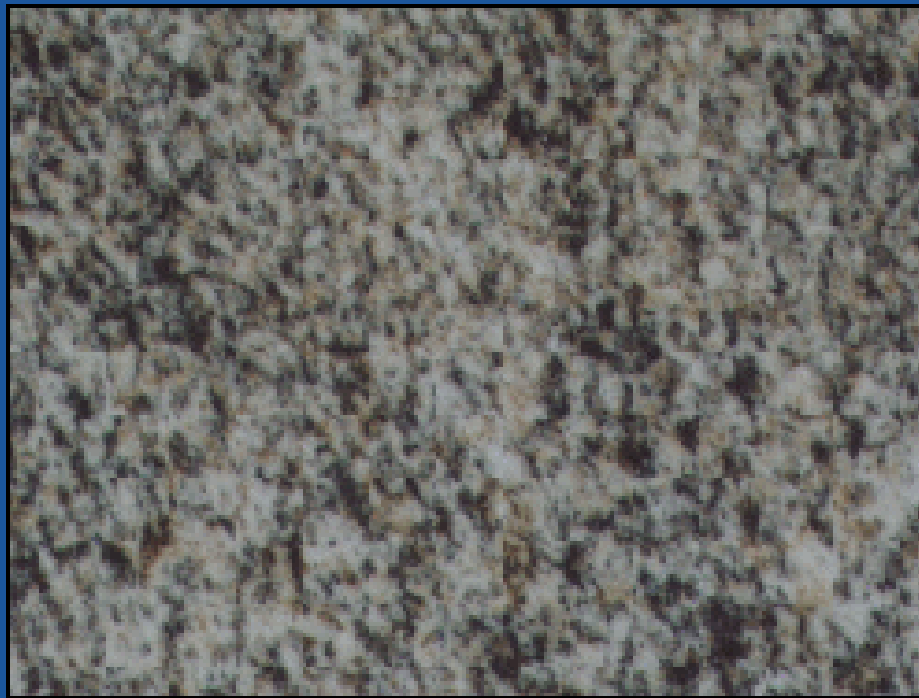
H. J. Liao

片麻岩



5. 混合岩类

多为晶粒粗大的变晶结构，多条带状眼球状构造，混合岩是地下深处重熔高温带的岩石，经大量热液、熔浆及其携带物质的高温重熔、交代、混合等复杂的混合岩化作用后形成的，是一种特殊类型的变质岩



H. J. Liao

混合花岗岩



6. 大理岩

粒状变质结构，块状构造，是由石灰岩、白云岩经区域变质重结晶而成



大理岩



7. 石英岩 粒状变晶结构，块状构造



H. J. Liao

石英岩



8. 蛇纹岩

隐晶质结构，块状构造，颜色多为暗绿色或黑绿色，风化面为黄绿色或灰白色，主要矿物为蛇纹石，含少量石棉、滑石、磁铁矿等矿物，是由富含镁质的超基性岩经接触交代变质作用而成。

蛇纹岩



H. J. Li ao



9. 构造角砾岩

角砾状压碎结构，块状构造，是断层错动带中的岩石在动力变质中被挤辗成角砾状碎块，经胶结而成的岩石。胶结物是细粒岩屑或是溶液中的沉积物





10. 糜棱岩

是粉末状岩屑胶结而成的糜棱结构，块状构造，矿物成分与原岩相同，含新生的变质矿物，如绢云母、绿泥石、滑石等。糜棱岩是高动压力断层错动带中的产物。

