

第5章 土的工程性质

主要内容

- 5.1 土的物质组成
- 5.2 土的物理性质
- 5.3 土的水理性质
- 5.4 土的力学性质
- 5.5 土的工程分类
- 5.6 各种土的工程性质

5.1 土的物质组成

主要内容

- 5.1.1 土的粒度成分
- 5.1.2 土的矿物成分
- 5.1.3 土中的水和气体
- 5.1.4 土的结构和构造

5.1.1 土的粒度成分

1.土的粒组及划分

粒 组		分界粒径 (mm)	特 征
漂石或块石		>200	透水性大，无粘性，无毛细作用
卵石或碎石		200~20	
圆砾或角砾	粗	20~10	透水性稍大，无粘性，毛细作用很小
	中	10~5	
	细	5~2	
砂粒	粗	2~0.5	透水性中等，无粘性，毛细作用随粒径变大而减小，毛细上升不大
	中	0.5~0.25	
	细	0.25~0.1	
	极细	0.1~0.05	
粉粒	粗	0.05~0.01	透水性小，湿时稍有粘性，毛细上升高度中等，有水作用时易发生流砂、冻胀
	细	0.01~0.005	
粘粒	粗	0.005~0.002	透水性极小至不透水，结合水作用显著，粘性 及可塑性大，毛细水上升高度大，但速度慢， 遇水有胀缩性、冻胀性
	中	0.002~0.001	
	细	<0.001	

2. 粒度成分与粒度分析

粒度成分——土中各个粒组的相对含量。以各粒组土粒的质量占该土总质量的百分数来表示土的粒度成分。

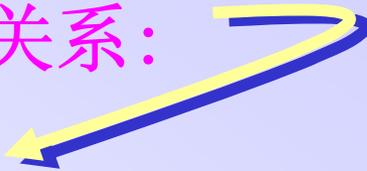
工程意义——可作为土的分类依据
可判别土的工程性质
选择填方土粒等

2. 粒度分析

粒径 $> 0.075\text{mm}$ 筛分法。

粒径 $< 0.075\text{mm}$ 静水沉降分析法。

根据大小不同粒径的假想圆球(土粒)在静水中的下沉速度不同，建立起沉速—粒径的关系：

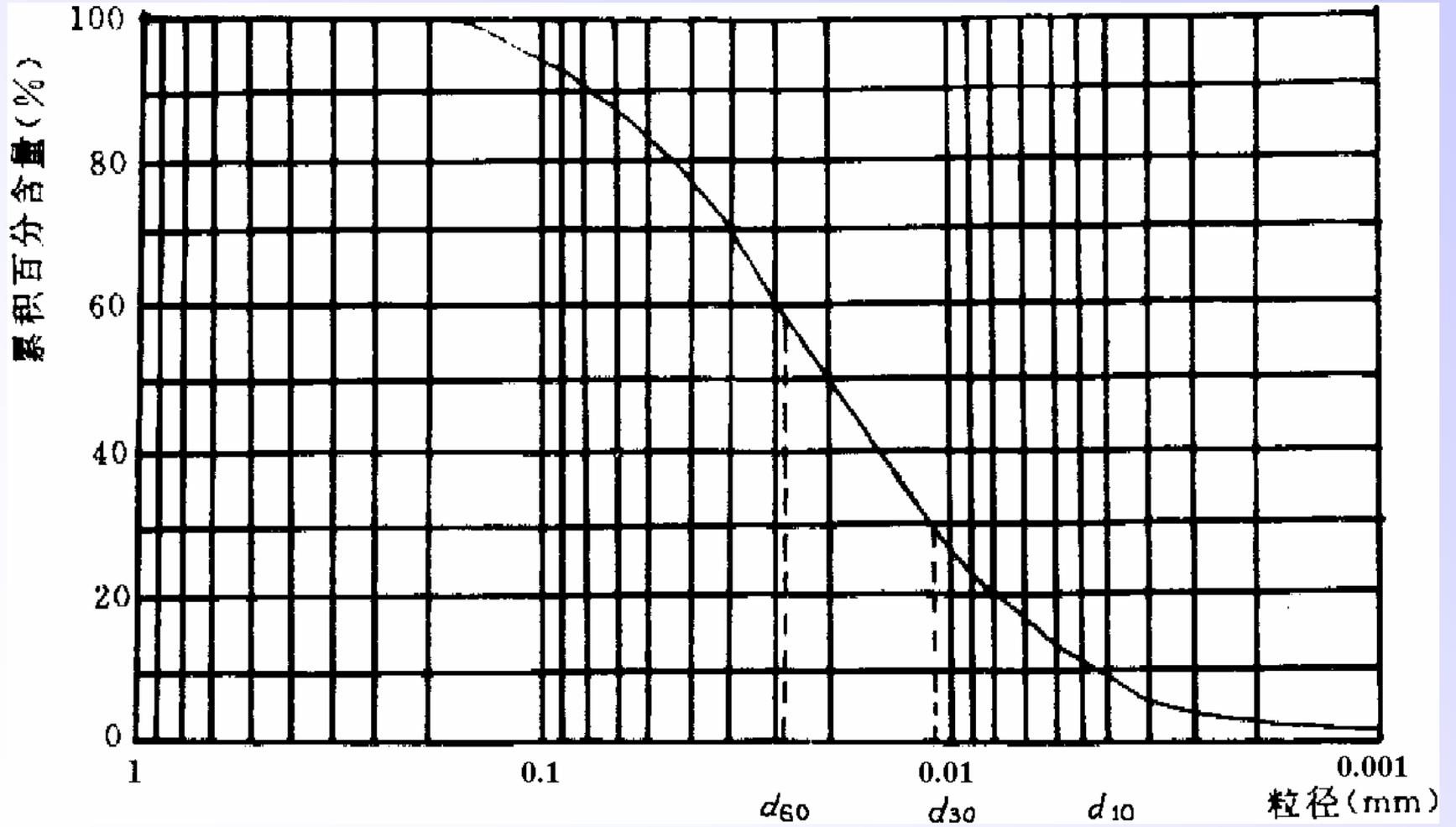
$$D = \sqrt{\frac{18\eta}{(G-1)\gamma_w}} \cdot \sqrt{\frac{L}{t}}$$


D —粒径， L —沉距， t —时间， G —土粒比重， η —水的动力粘滞系数， γ_w —水重度

3 颗粒分析成果表示

粒径范围(mm)	百分含量(%)	颗粒直径(mm)	累积百分含量(%)
>0.1	4.0	>0.1	4.00
$0.1\sim 0.05$	16.9	<0.1	96.00
$0.05\sim 0.005$	69.2	<0.05	79.10
$0.005\sim 0.002$	5.9	<0.005	9.90
$0.002\sim 0.001$	1.0	<0.002	4.00
<0.001	3.0	<0.001	3.00

颗粒级配累积曲线



★ 不均匀系数

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

★ 曲率系数

$$C_q = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \cdot d_{60}}$$

d_{60} —限制粒径，相应于累积百分含量为60%的粒径，mm；

d_{10} —有效粒径，相应于10%的粒径，mm；

d_{30} —相应于30%的粒径，mm。

一般当 $C_u \geq 5$ 及 $C_q = 1 \sim 3$ 时的土为级配良好的土。

5.1.2 土的矿物成分

土的矿物分类

原生矿物：碎石、砂—石英、长石、

云母

次生矿物：黏土矿物、次生

SiO_2 、

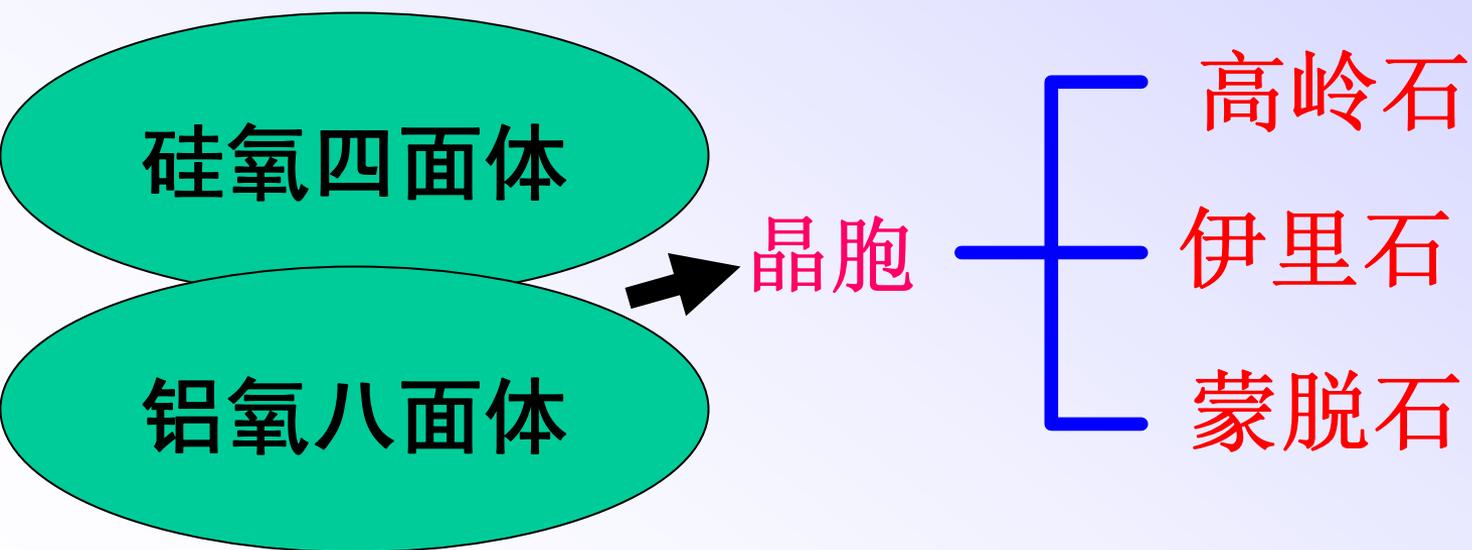
Al_2O_3 、 Fe_3O_4 等

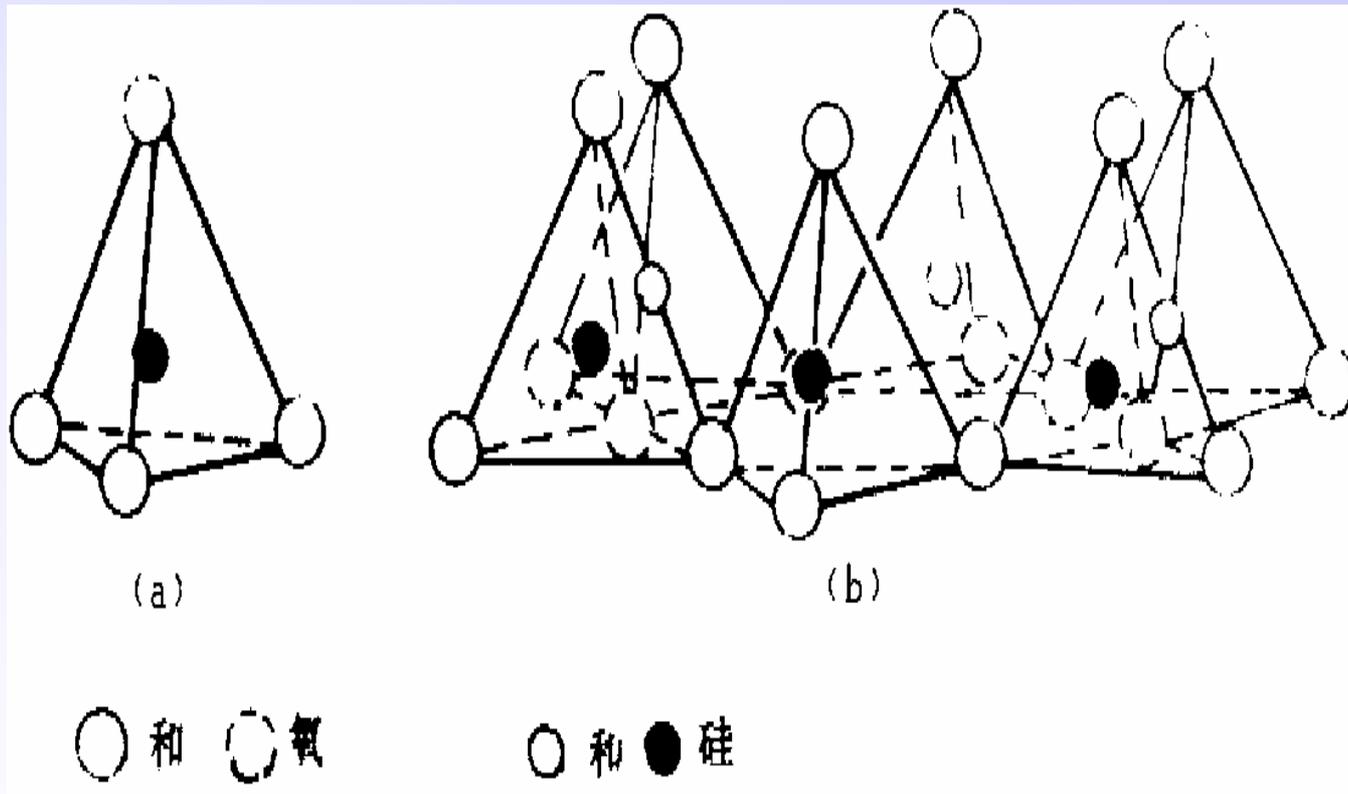
有机物：动植物残骸和微生物

某些化学物质

黏土矿物——一种具有层状构造的次

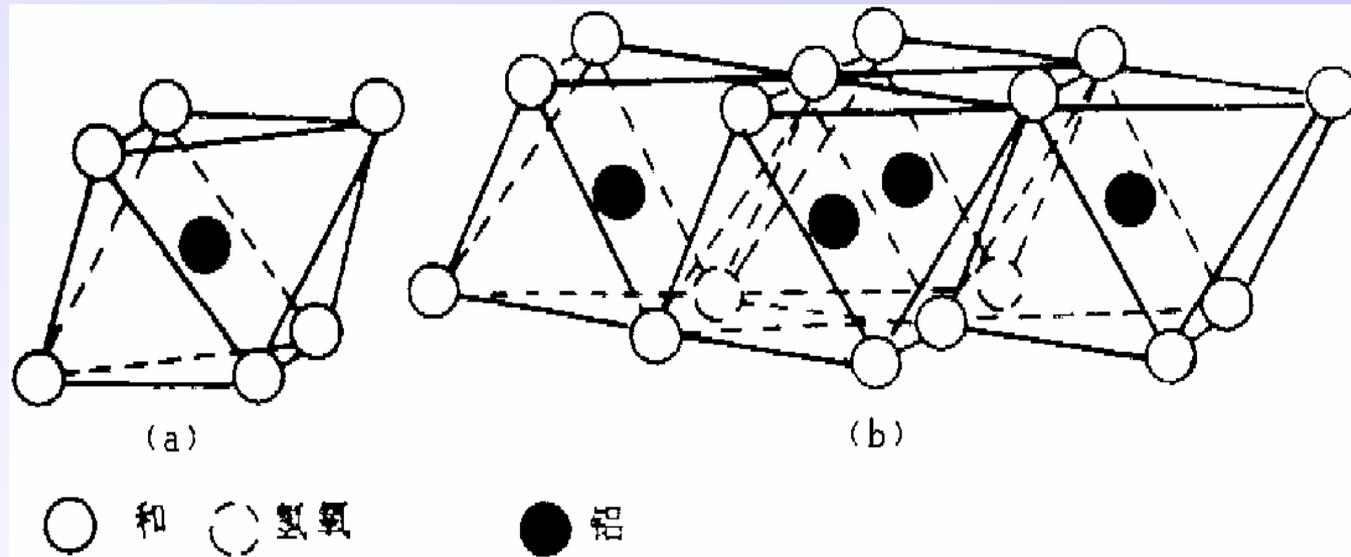
生硅酸盐类矿物，颗粒微细。电子显微镜下可见到晶形呈针状、叶片状、鳞片状等。



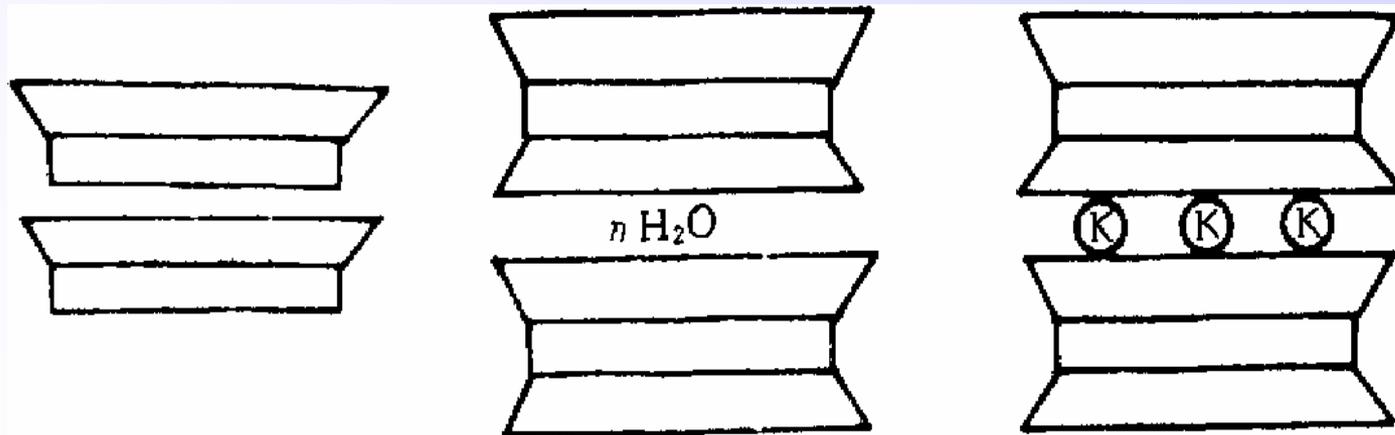


(a) 单独的铝氢氧八面体

(b) 八面体排列成晶片



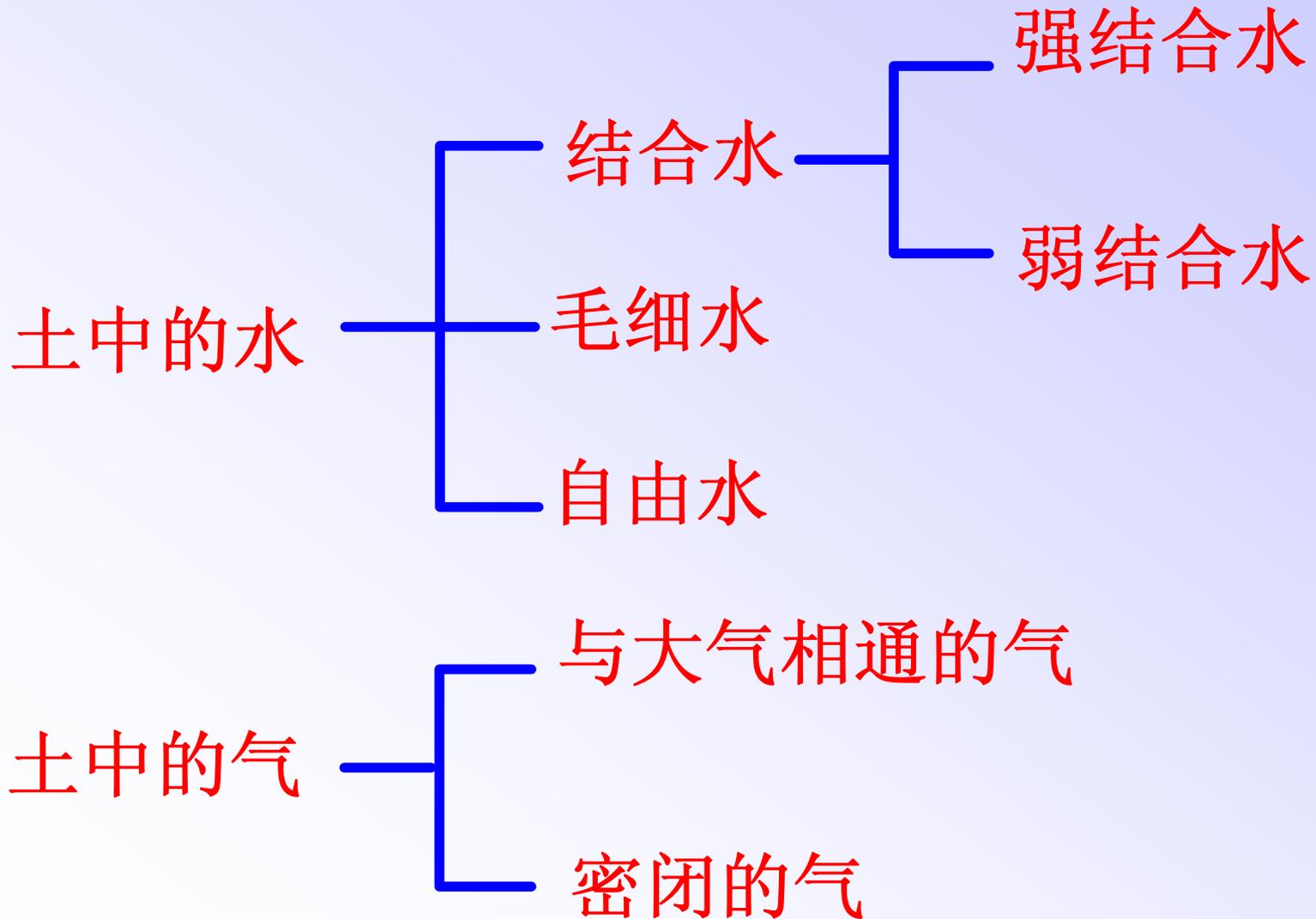
(a) 单独的铝氢氧八面体 (b) 八面体排列成晶片



(a) 高岭石 (b) 蒙脱石 (c) 伊里石

粘土矿物结构单元示意图

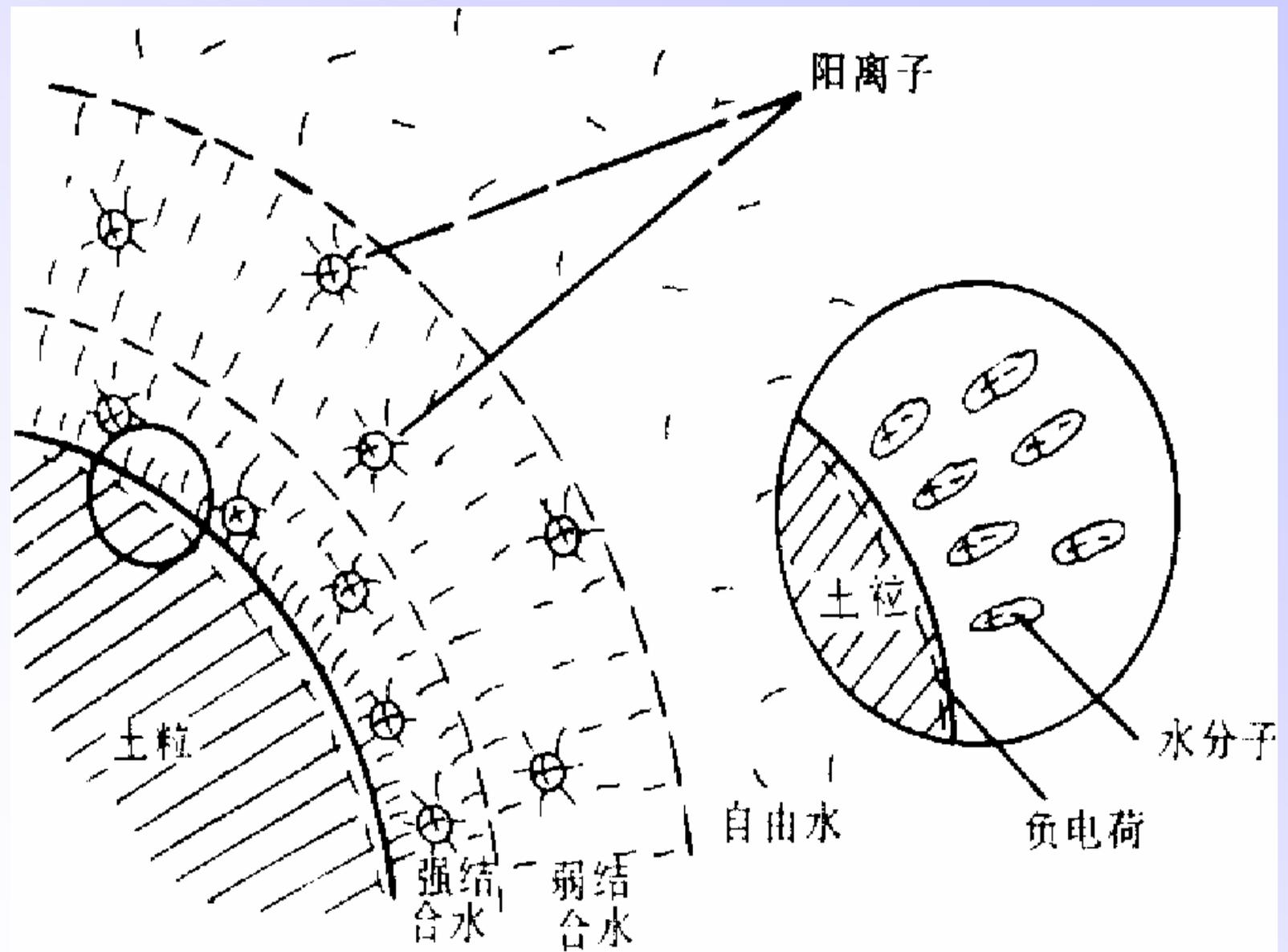
5.1.3 土中的水和气体



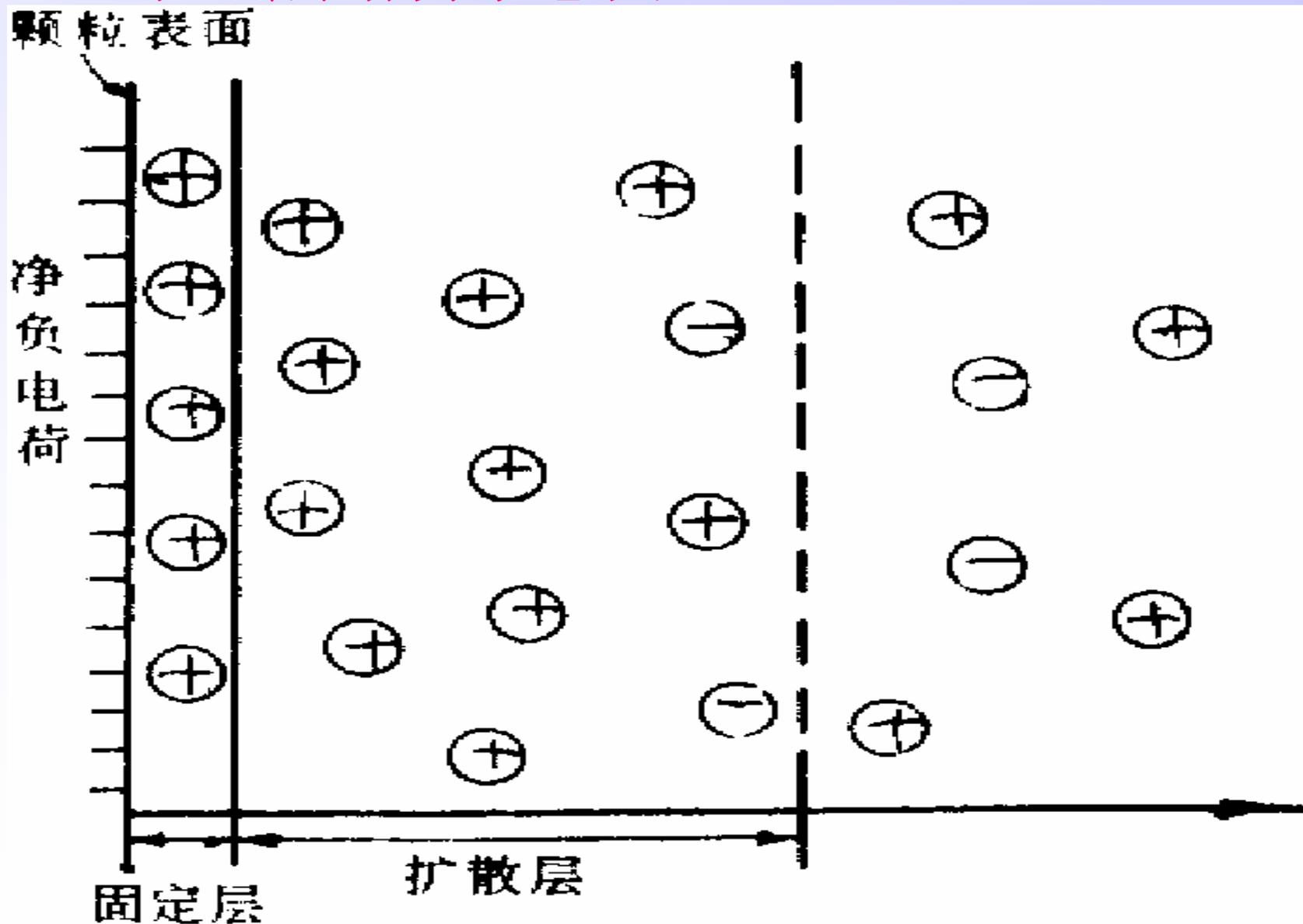
结合水：

细小的粘土颗粒常带负电荷，它能有选择地吸附水溶液中的阳离子，在土粒表面形成静电引力场，形成一层牢固吸附于表面的水膜——称为结合水。

土粒表面结合水示意图



双电层结构示意图:



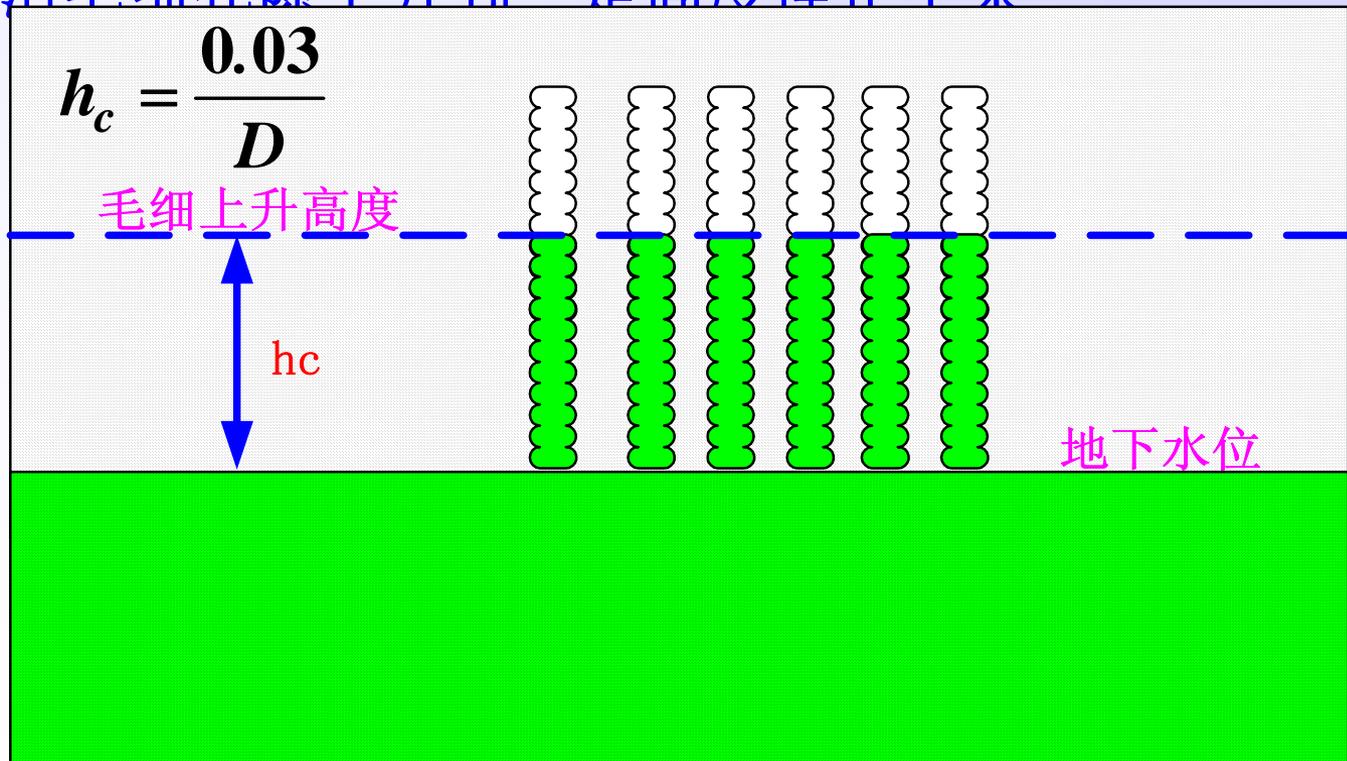
强结合水	固定层中的结合水厚度小	1.2-2.4 g/cm ² 冰点-78度	有极大的黏滞性、弹性和抗剪强度	不能传递静水压力	只有强结合水时黏土呈现固态
弱结合水	扩散层中的结合水厚度大	1.2-1.74 g/cm ² 冰点低于零度	有较强的黏滞性、弹性和抗剪强度	不能传递静水压力有向薄水膜移动特点	使黏土具有可塑性，抗剪强度减小

毛细水： 分布于固、液、气三相交界处，是土中既受重力作用又受表面张力作用的水。主要存在于直径为0.002-0.5毫米的毛管孔隙中；

毛细上升高度： 分布土中存在着许多大小不同的相互连通的弯曲孔道，地下水将沿着这些孔道被吸引迁移，在地下水位以上形成一定高度的毛细水带，这一高度称为毛细上升高度。

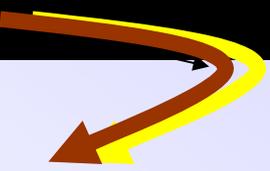
★毛细性——土的毛细性指的是土中的水，在毛细张力（负压）作用下，沿毛细孔隙**0.002-0.5mm**向各个方向运动的性能。

★毛细上升高度——在地下水面以上，水在毛细张力作用下，沿毛细孔隙上升到一定高度停止下来

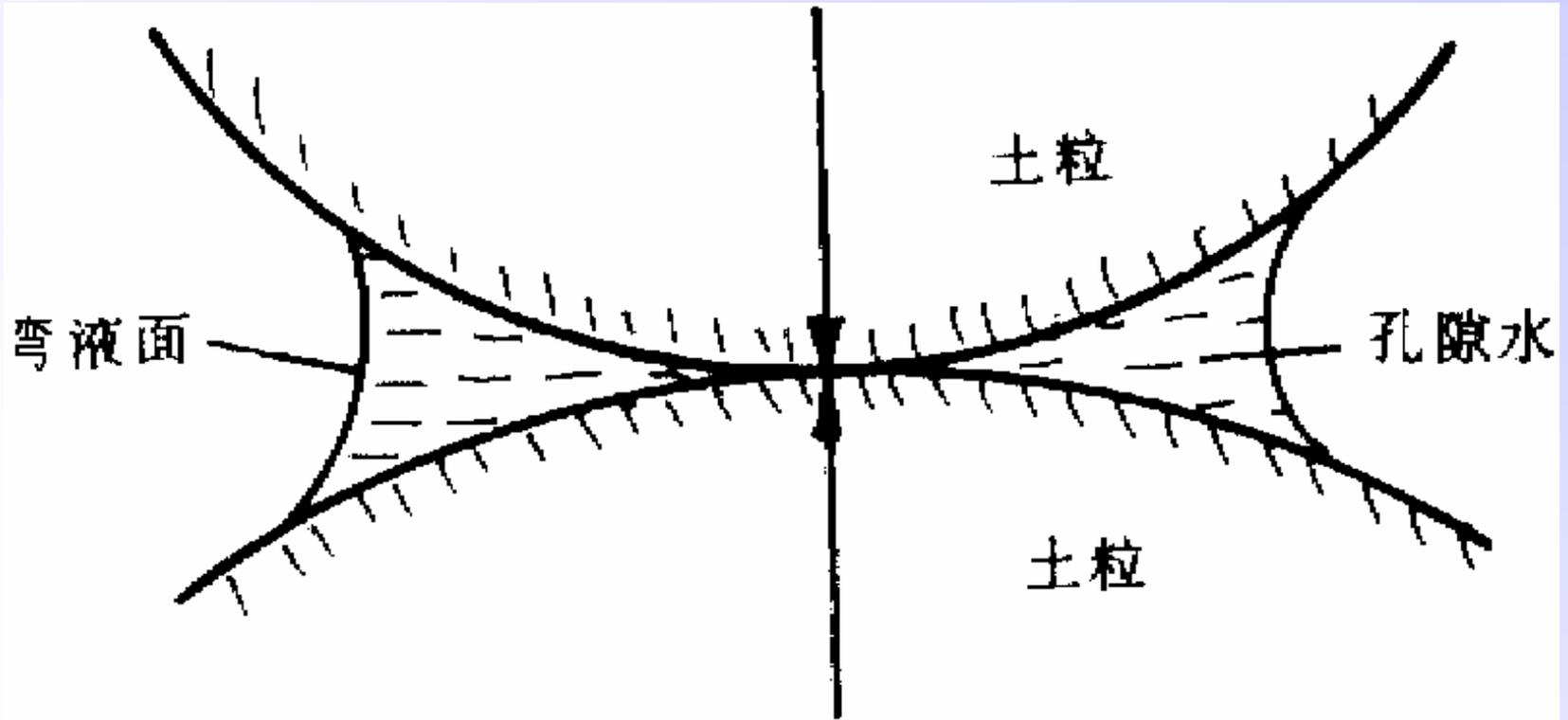


毛细压力：在潮湿的粉细砂中，毛细水只存在于土粒接触点周围，即毛细管的角边部位，彼此不连续，可称为毛细角边水。这时，毛细水弯液面和土粒接触处的表面张力将对土粒产生一种向内的、使相邻土粒挤紧的力，这个力称为**毛细压力**

增加了粒间错动的摩擦阻力



毛细压力示意图



工程意义：

毛细水的上升对建筑物地下部分的防潮措施和地基土的浸湿、冻胀等有重要影响。此外，在干旱地区，地下水的可溶盐可随毛细水上升，再经蒸发，盐分就积聚于近地表处形成盐渍土。

重力水

重力水是在重力和水头差作用下在土中流动的自由水，它存在于地下水位以下的透水土层中。重力水与普通水一样，不能抗剪，能传递静水和动水压力，具有溶解能力。

工程性质:

土中重力水对土粒有浮力作用，使土中应力状态发生变化，对基坑开挖及修筑地下构筑物都有很大影响。

重力水在流速较大的情况下，产生的动水压力可能将土中细小颗粒冲走，或者溶蚀并带走土中物质，使土层产生机械或化学的“潜蚀”。

土中气体的工程性质：

1土中密闭气体的存在将使土的弹性变形增加。

2密闭气泡还能阻塞土内渗流通道使土的透水性减小。

3会使土层在自重作用下长期得不到压密，成为高压缩性土层。

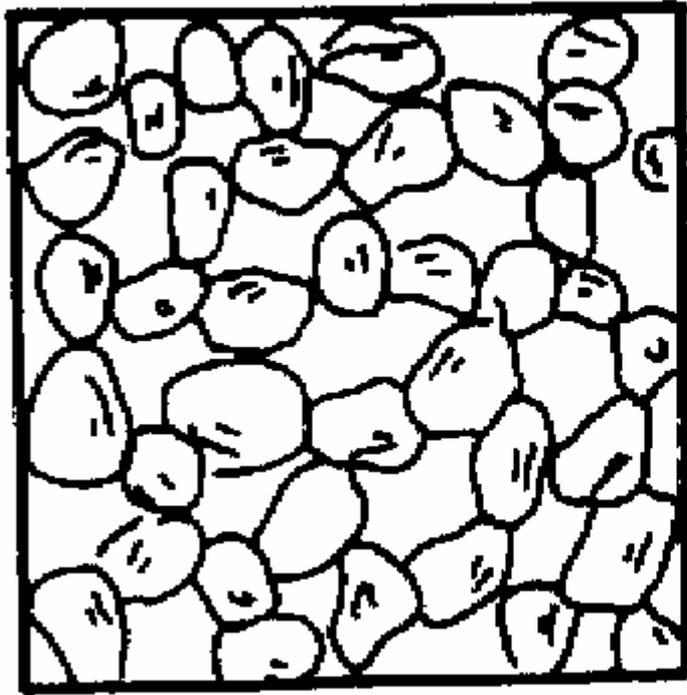
4在压力作用下突破土中薄弱的地方，则将造成土体变形、断裂。

5.1.4 土中的结构和构造

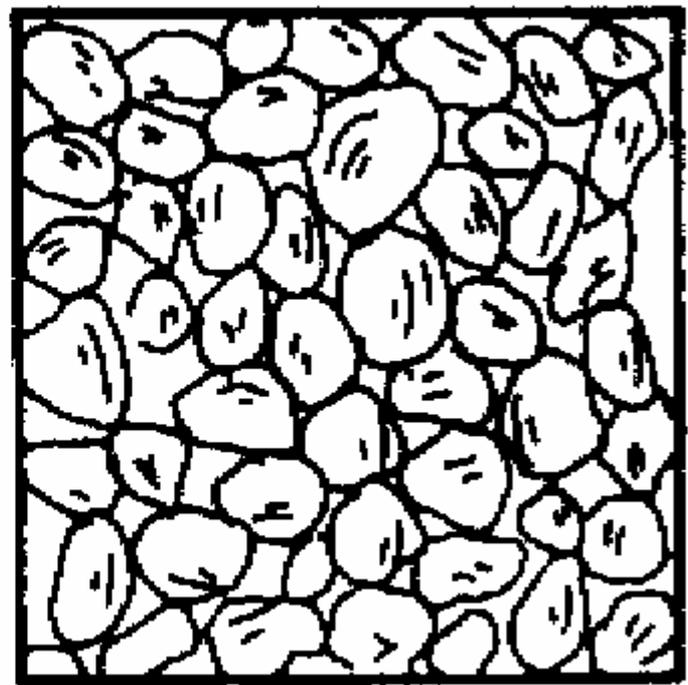
研究意义：土的工程性质不但与土的物质组成有关，还与它的结构构造有关。研究表明，土受力作用后，其化学矿物成分变化不大，而土的结构却会发生各种各样的变化。土的强度、变形等力学特性在很大程度上是与其结构构造有关的。

土的结构——是指土粒和土粒集合体的大小、形状、表面特征、相互排列及粒间连接关系。一般分为单粒结构、蜂窝状结构和絮状结构三种典型的类型。

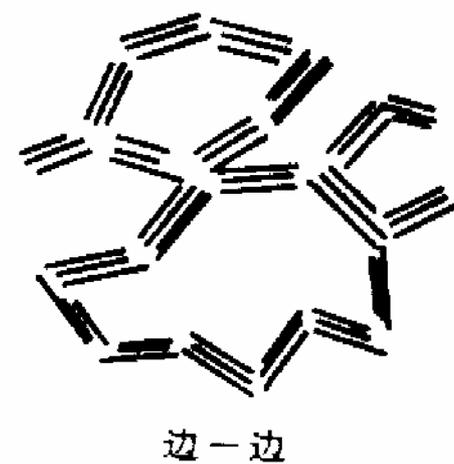
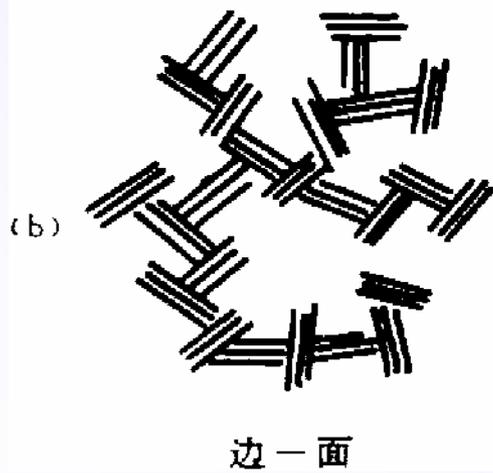
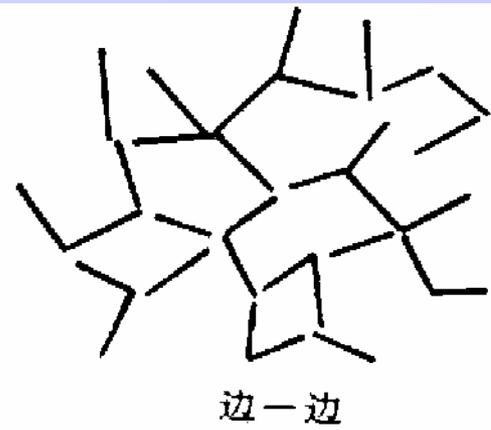
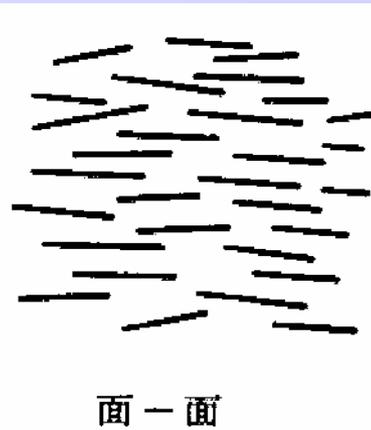
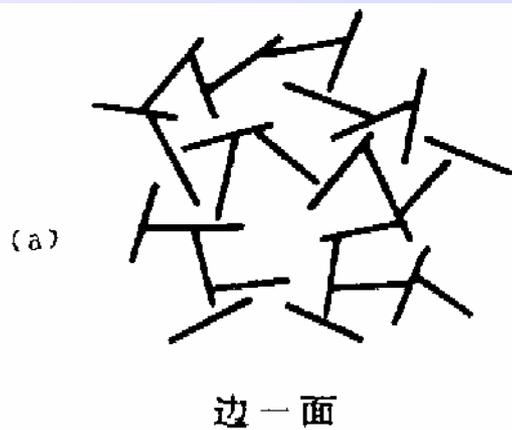
碎石土与砂土的结构类型——单粒结构



松散单粒结构

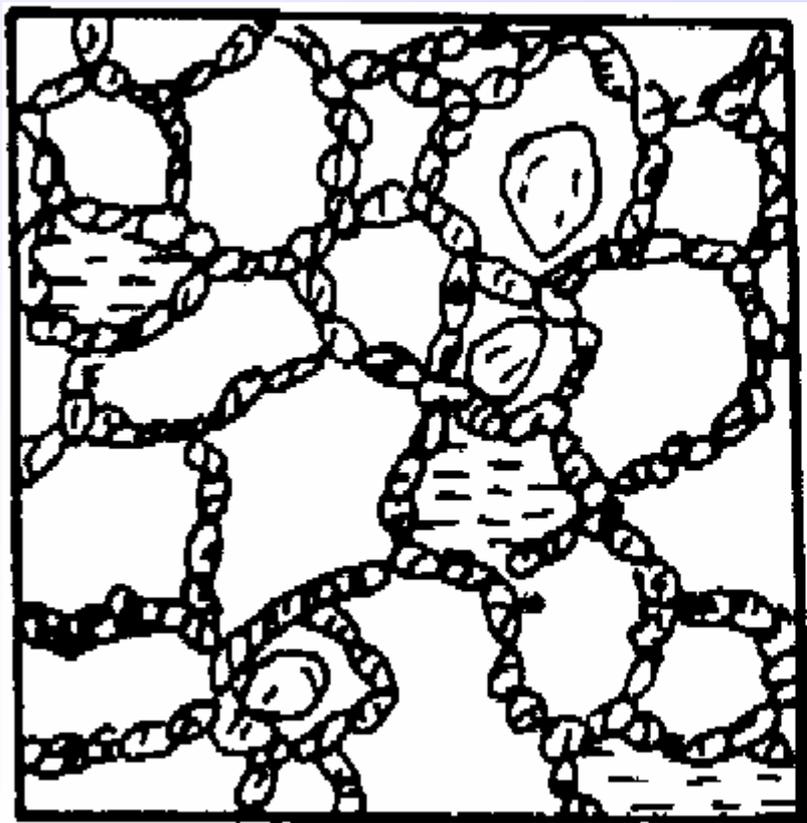


紧密单粒结构

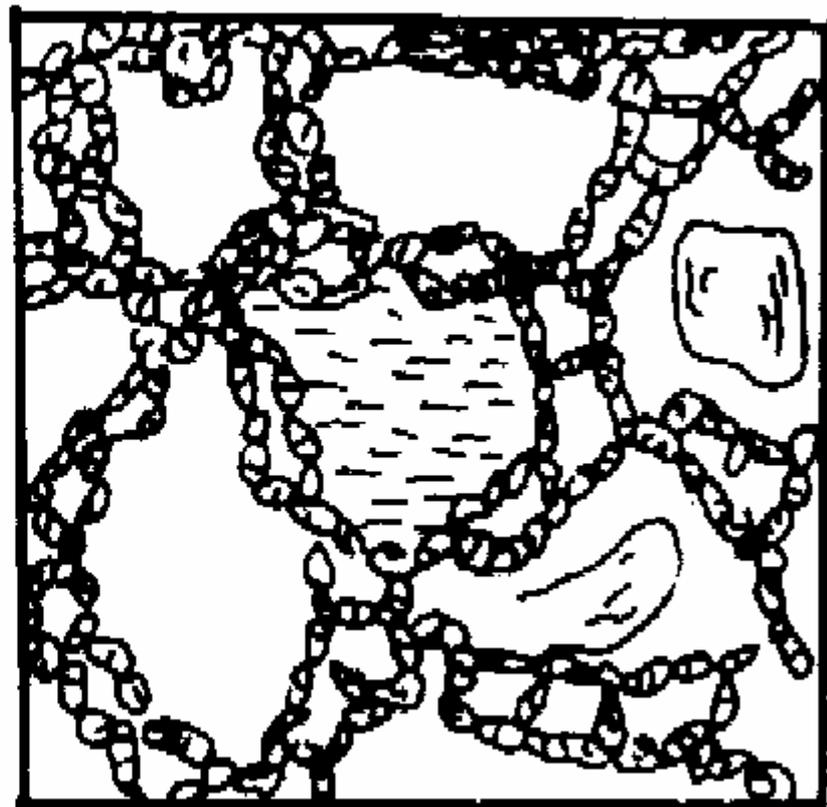


黏粒及叠片体的接触方式

粘性土的结构类型



蜂窝状结构

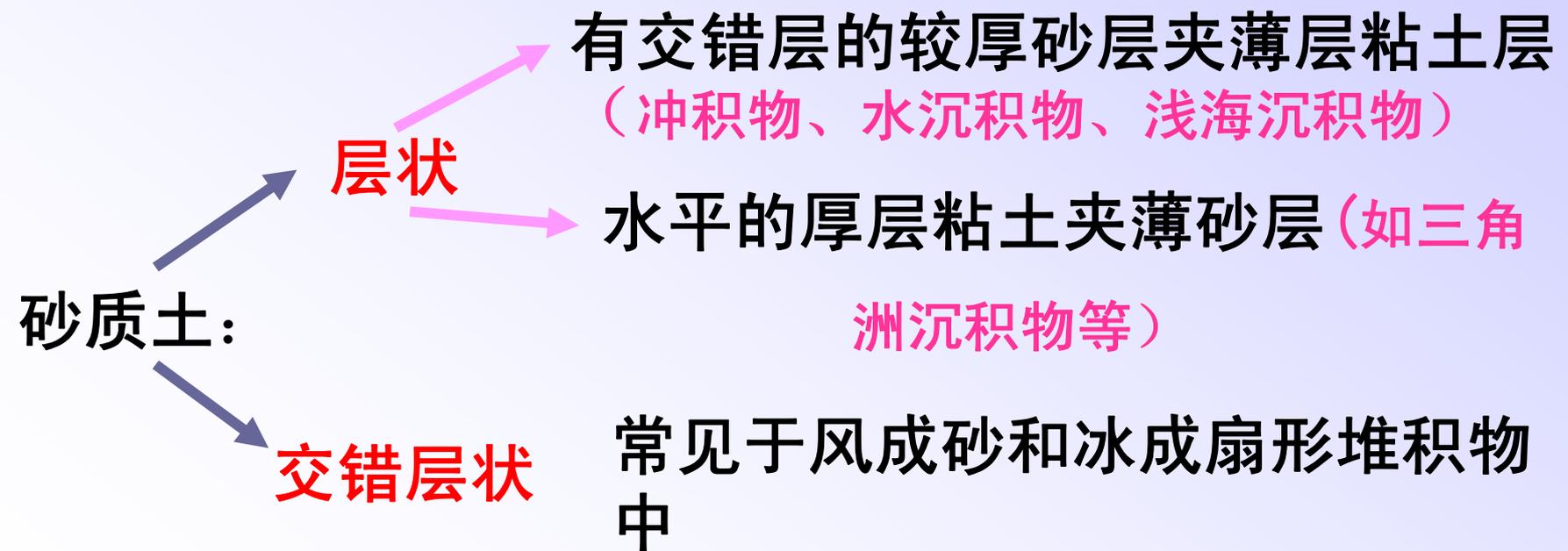
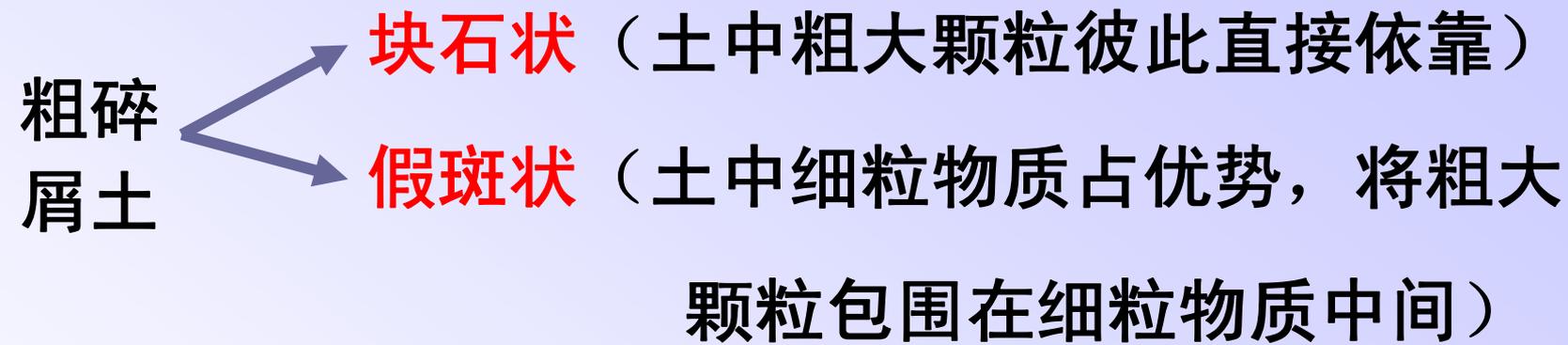


絮状结构

土的构造——是指土体构成上的不均匀性特征的总合。



构造分类

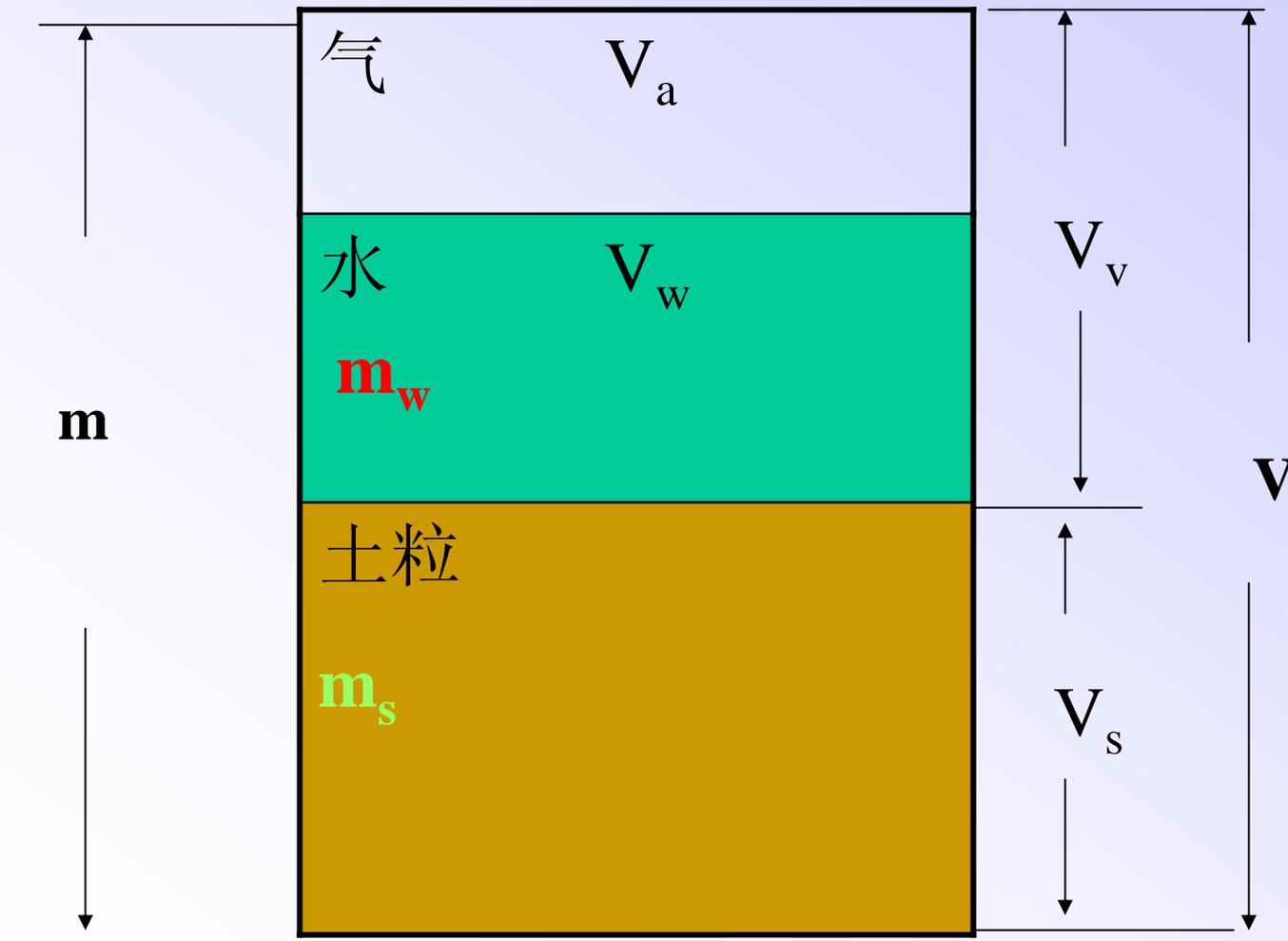


5.2 土的物理性质

主要内容

- 5.2.1 土的重量
- 5.2.2 土的含水性
- 5.2.3 土的孔隙性
- 5.2.4 土的指标换算关系

5.2.1 土的重量



土的三相图

1 土粒密度和相对密度

土粒密度(ρ_s) ——

是干土粒的质量 m_s 和其体积 V_s 之比。由下式表示：
$$\rho_s = m_s / V_s \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

土粒相对密度 (G) ——

过去称比重是指土粒密度与其同体积 V_s 纯水在4°C时的密度之比，其值与土粒密度相同，但无量纲。

土粒密度主要取决于土矿物成分，而与土的孔隙大小和含水多少无关

土粒相对密度参考值

土的名称	砂土	粉土	黏性土	
			粉质黏土	黏土
土的相对密度	2.65-2.69	2.70-2.71	2.72-2.73	2.74-2.76

2 土的密度和重度

- **土的密度**：是指单位体积土的质量（ g/cm^3 ）。一般土的密度为**1.60-2.20** g/cm^3 。
- **土的重度**：当用国际单位制计算重力**W**时，由土的质量产生的单位体积的重力称为重力密度 γ ，简称重度；重力等于质量乘以重力加速度，则重度由密度乘以重力加速度求得，其单位是 **KN/m^3** 。但在工程上为简化计常用其密度乘以**10**。

根据土的饱水和受力情况有以下 几种土的密度和重度

- (1) 土的干密度(ρ_d)是土的固相质量与土得总体积之比,

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} (g / cm^3)$$

- 土的干密度越大, 土越密实, 强度就越高, 水稳定性也好。
- 干密度常用作填土密实度的施工控制指标。

(2) 土的饱和密度(ρ_{sat}), 指土孔隙全部充满水时土的密度, 即全部充满空隙的水的质量与固相质量之和与土的总体积之比:

$$\rho_{sat} = \frac{m_s + m_s}{V} (g / cm^3)$$

当用干密度或饱和密度计算重力时, 应乘以10 变换为干重度或饱和重度。根据

(3) 浮重度(γ') 当土浸没在水中时, 土的固相受到水的浮力作用, 土体的重力也应扣除浮力。计算地下水位以下土层的自重应力时应当用有效重度, 有效重度是扣除浮力以后的固相重力与土的总体积之比 (又称浮重度)

$$\gamma' = \frac{10m_s - V_s\gamma_w}{V} (kN / m^3)$$

γ_w 为水的重度, 纯水在4°C时的重度等于9.81kN/m³, 在工程上化整为10kN/m³

5.2.2 土的含水性

(1) 土的含水量(w)

含水量是指土中所含水的质量与土中所含固体颗粒质量的比值，用百分数表示，即

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100 \%$$

(2).土的饱和度(S_r)

土中所含水体积与土孔隙体积的比值，称土的饱和度，用百分数表示，即：

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100 \%$$

当土中无水($V_w = 0$)时， $S_r = 0$ ；土中孔隙充满水($V_w = V_v$)时， $S_r = 100\%$ ，称饱和土。

5.2.3、土的孔隙性

1.土的孔隙度(n)

孔隙度又称孔隙率，系土中孔隙体积与土总体积的比值，用百分数表示，即

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100 \%$$

2.土的孔隙比(e)

土的孔隙比指土中孔隙体积与土中固体颗粒体积的比值，用小数表示，即

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

3.砂土的相对密度(D_r)

砂土最疏松状态的孔隙比和天然状态的孔隙比之差与砂土最疏松状态的孔隙比和最紧密状态的孔隙比之差的比值，称砂土的相对密度，是一个无因次的数值，即

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$$

式中 e_{\max} —最大孔隙比，

e_{\min} —最小孔隙比，

e —天然状态下的孔隙比。

5.2.4土 的指标换算关系

- 自己推导

5.3 土的水理性质

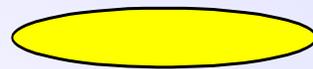
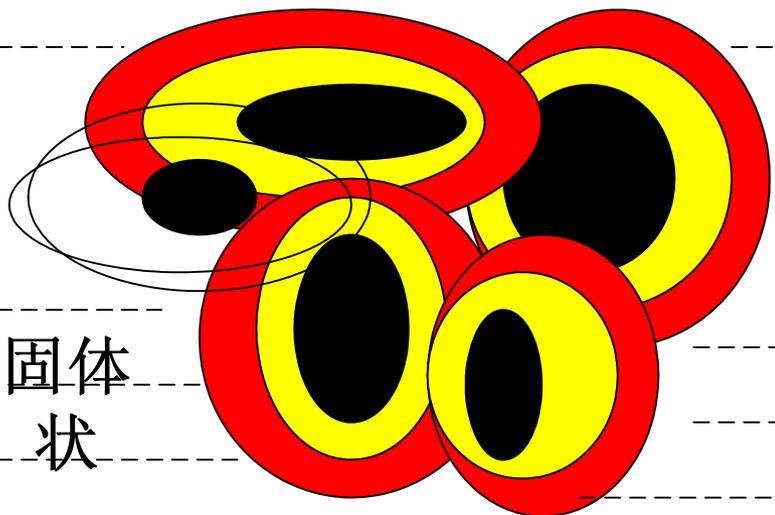
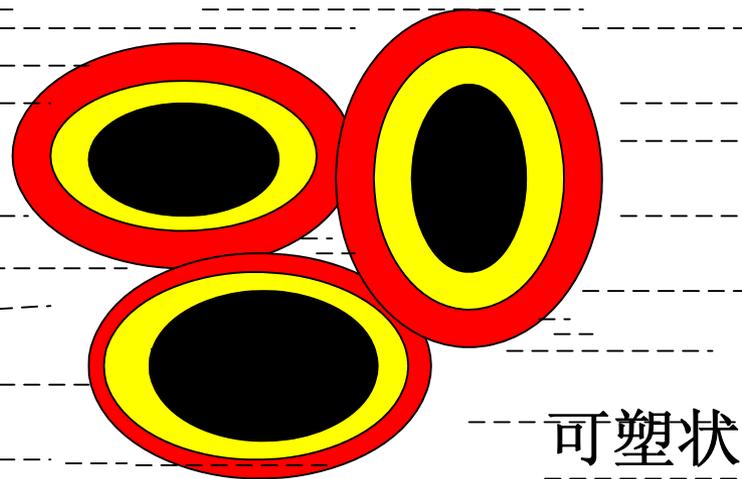
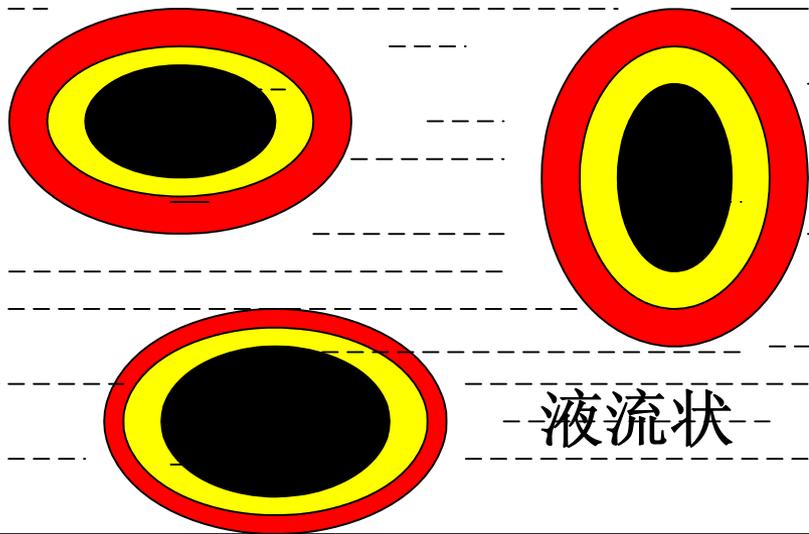
主要内容

- 5.3.1 粘性土的稠度
- 5.3.2 粘性土的抗水性
- 5.3.3 土的渗透性和毛细性

• 5.3.1 粘性土的稠度

水膜变化

- 1、**土的稠度**——粘性土因含水量变化而表现出的稀稠软硬程度。
- 2、**可塑性**——土在外力作用下，可以揉塑成任意形状而不发生裂缝，并当外力解除后仍能保持已有的形状，不回弹也不坍塌的这样一种性能。
- 3、**界限含水量**——随着含水量的变化，粘性土从一种稠度状态转变为另一种状态，相应于转变点的含水量叫做界限含水量。





- 可塑性——粘性土区别于砂、砾类土的一大特性。
- 界限含水量——粘性土的重要特性指标。



根据不同的界限含水量建立可塑性指标

1.液限 w_L

是指粘性土从流动状态转变为可塑性状态的界限含水量，也叫塑性上限或流限。

2.塑限 w_P

是指粘性土从可塑状态变为半固体状态的界限含水量，又叫塑性下限。

3. 塑性指数 I_p

指土的液限与塑限的差值，用不带百分号的数值表示。 $I_p = W_L - W_P$

I_p 值越大



可塑性越强



4.液性指数 I_L

土的天然含水量和塑限的差值与塑性指数之比称为液性指数，以小数表示，即

$$I_L = \frac{w - w_P}{w_L - w_P} = \frac{w - w_P}{I_P}$$

稠度状态	含水量减少方向	稠度特征	界限含水量	土的含水量
液态		流动、土无固定形状、	→ 液限	$W > W_L, I_L > 1$
塑态		塑性变形		→ 塑限
固态		不易变形或坚硬难变形 固体状		$W < W_P, I_L < 0$

5.3.2 粘性土的抗水性

粘性土受水发生胀缩、崩解程度，反映了粘性土抵抗因水变形破坏的能力，是土的重要工程性质。主要表现为：

土的膨胀性

土的收缩性

土的崩解性

1.土的膨胀性

膨胀率(e_p)是指土浸水后所增加的体积与原体积的比值，以百分数表示。

$$e_p = \frac{h - h_0}{h_0} \times 100\%$$

式中 h_0 —试验前土样的高度， h —浸水膨胀稳定后土样的高度。

2土的收缩性

体缩率 e_s 系指粘性土在温度 $100\sim 105^\circ\text{C}$ 下烘干至收缩稳定后所减少的体积与原体积之比，以百分数表示，即

$$e_s = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\%$$

V_0 —试验前土样的体积，

V —烘干收缩稳定后土样的体积。

相应地，线缩率(e_{SL})可表示为：

$$e_{SL} = \frac{h_0 - h}{h_0} \times 100\%$$

h_0 —试验前土样的高度，

h —烘干收缩稳定后土样的高度。

土的崩解性

粘性土在水中崩散解体的性能，称土的崩解性。崩解是膨胀的特殊形式及其进一步的发展，都是土粒表面水化膜增厚的结果。

5.3.3 土的渗透性和毛细性

1. 土的渗透性

土体是多孔的介质，常有连续的孔隙和裂隙，土体在上下水头差的作用下发生渗流。土体的透水能力称为渗透性。

2. 土的毛细性

水沿着毛细管上升的性质称土的毛细性。毛细性通常用毛细上升高度、毛细上升速度和毛细压力表示。

5.4 土的力学性质

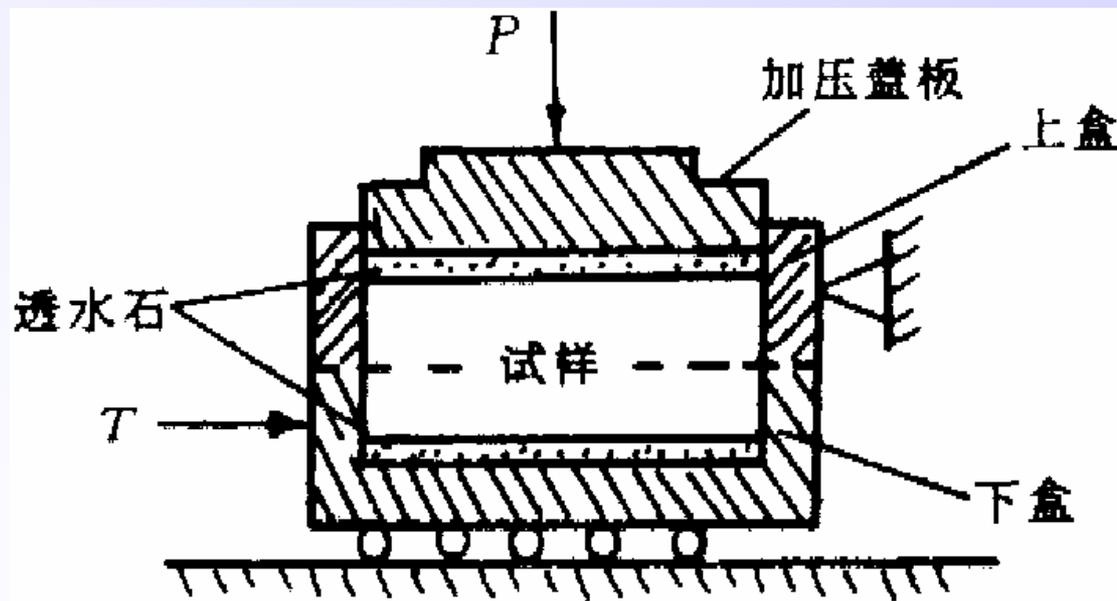
主要内容

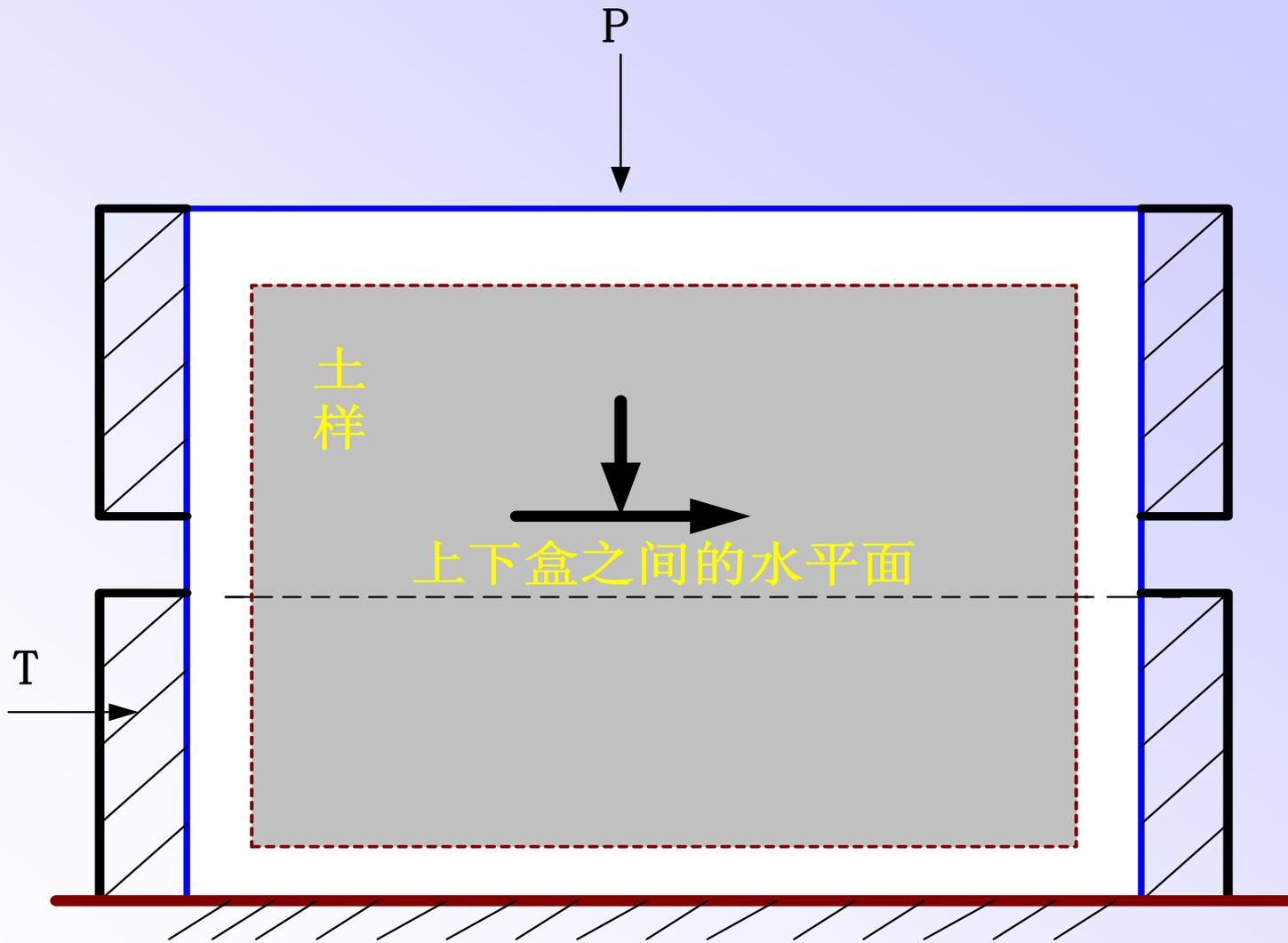
- 5.4.1 土的抗剪性
- 5.4.2 土的压缩性
- 5.4.3 土的动力压实性

5.4.1 土的抗剪性

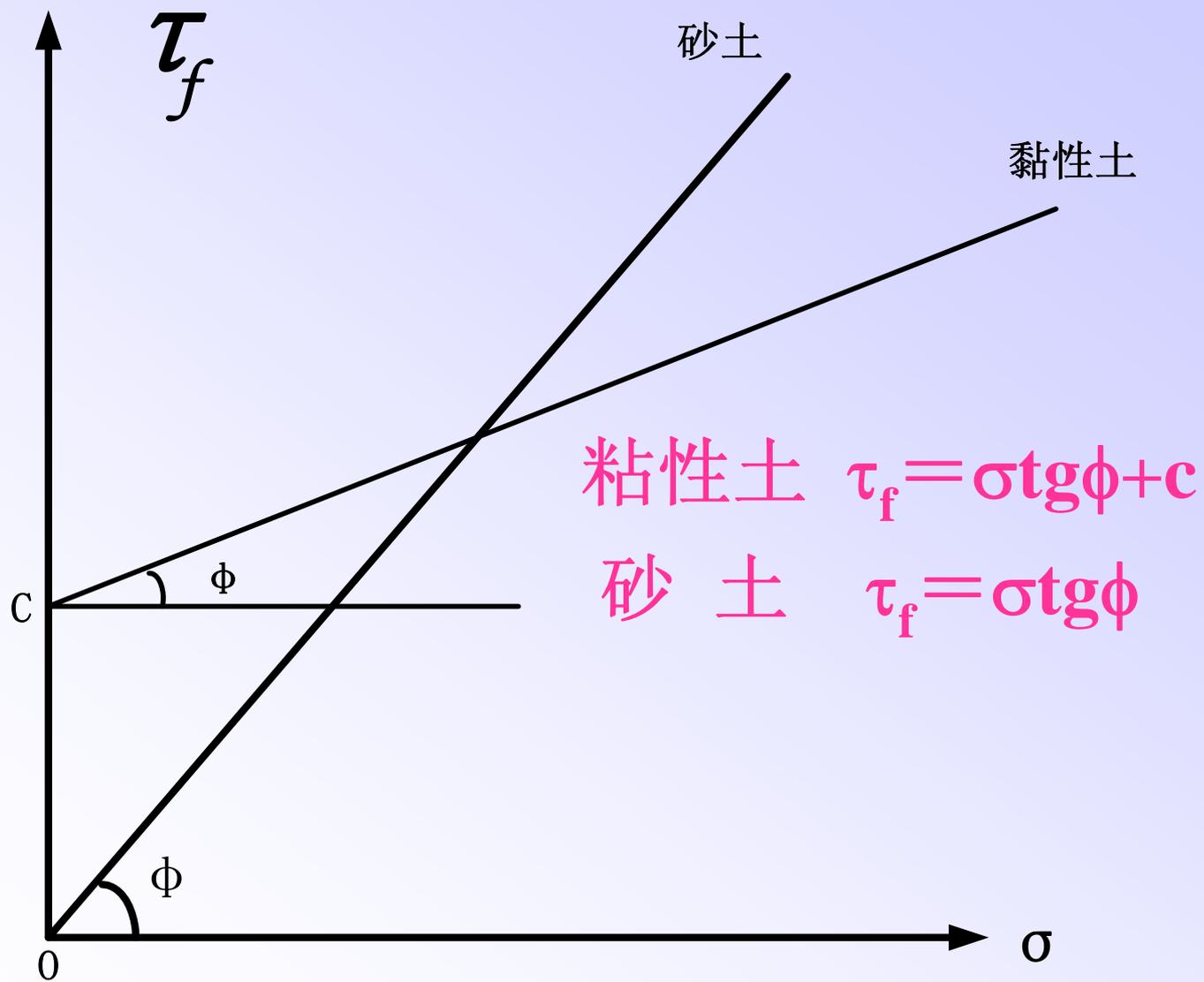
1. 土的破坏一般是由荷载在土体中产生的剪应力 τ 超过土体的抗剪强度 τ_f 产生的。
2. 抗剪强度指标：内摩擦角 ϕ 、内聚力 c ,
3. 用库仑公式表达 τ_f 与作用于土体的法向力 σ 的关系。

一般用四块土在不同的法向应力 σ_i ($i=1、2、3、4$)作用下，用水平剪应力 τ_i 使土体破坏，由四个点连线即得到其抗剪强度曲线 $\tau_i \sim \sigma_i$ ，从而得到 $\phi、c$ 值





剪切实验示意图



砂土液化的概念

广义地说，在一定条件下，原为固体的物质转化为流动状态的液体，这种现象叫做液化。

美国土木工程师学会土动力学委员会（1978）

“液化—任何物质转化为液体的行为或过程，就无粘性土而言，这种固体状态变为液体状态的转化是孔隙水压力增大而有效应力减少的结果。”

饱水的松散砂受到振动时砂体有变密趋势。如果砂粒很细，透水性不良，瞬时振动必然使砂体中孔隙水压力上升，使砂粒之间的有效正应力随之而降低。当孔隙水压力上升到使砂粒间有效正应力降为零时，砂粒就完全悬浮于水中，砂体也就完全丧失了强度和承载能力，这就是砂土液化。

5.4.2 土的压缩性

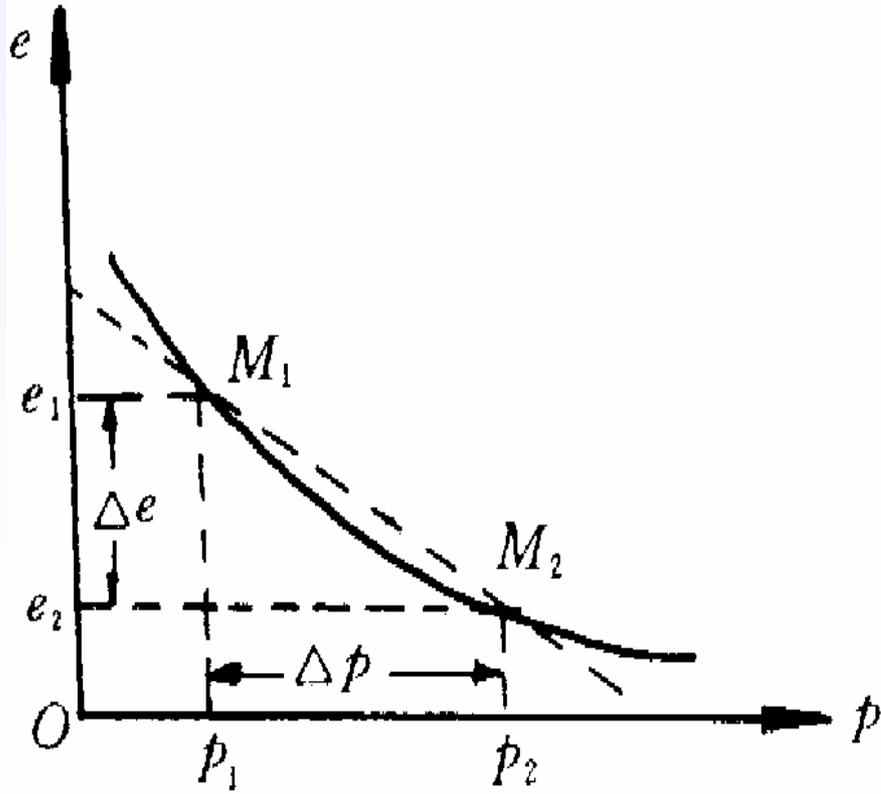
土的压缩性指什

么？
土在压力作用下，由于孔隙体积的减小或土粒间错位挤密，孔隙水、气排出，使土产生压缩变形。其中土粒(或水)的压缩是可以忽略不计的。

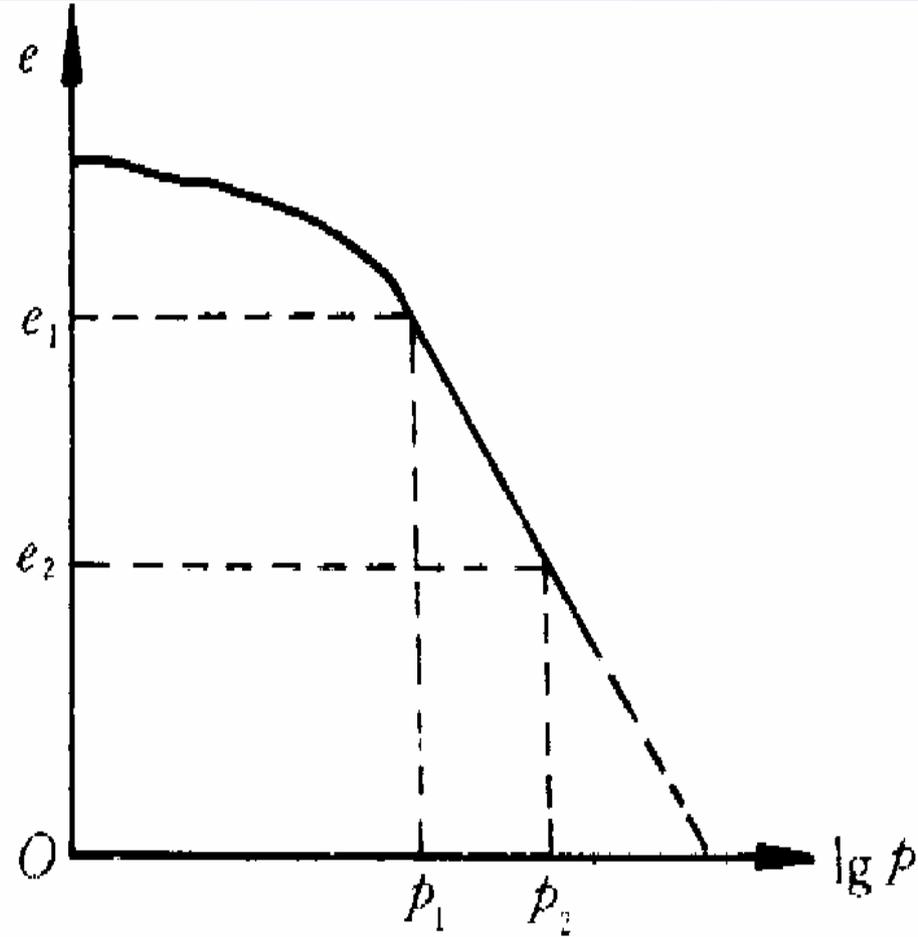
可由室内压缩实验和现场荷载实验测定

为了计算地基受荷后的压缩沉降量，常用**压缩仪**测定土的压缩性参数。

为什么用压力和空隙比的变化关系来确定压缩性？



• (a) e - p 曲线



(b) e - $\lg p$ 曲线

由 (a) 图得出压缩系数:

$$a_{1-2} = \frac{e_1 - e_2}{p_2 - p_1}$$

由 (b) 图得出压缩指数:

$$C_e = \frac{e_1 - e_2}{\lg p_2 - \lg p_1}$$

• 2.土的侧压力系数及侧膨胀系数

侧压力系数：土在无侧膨胀条件下压缩，由于土粒只能做铅直方向的移动，产生纵向变形，作用在土上的铅直压力将在土内引起侧向压力。

侧向压力的增加值 $\Delta\sigma_x$ 与铅直压力的增加值 $\Delta\sigma_z$ 之比值称为土的侧压力系数或静止侧压力系数 $\xi=\Delta\sigma_x/\Delta\sigma_z$ 。

- **侧膨胀系数**：土在无侧限条件下压缩，在产生铅直压缩变形的同时也产生侧向膨胀变形。土在无侧限压缩时侧向膨胀应变 ε_x (或 ε_y)与铅直应变 ε_z 之比，称土的侧膨胀系数，也称泊松比。

- $\mu = -\varepsilon_x / \varepsilon_z = -\varepsilon_y / \varepsilon_z$

- $\mu = \xi / (1 + \xi)$

- 变形模量 E_b :土在无侧限条件下, 由于侧向膨胀使铅直变形增大, 所以在这种情况下铅直压力与相应的压缩变形之比, 称为无侧限压缩模量或变形模量 E_b 。

$$E_b = \left(1 - \frac{2\mu^2}{1 - \mu}\right) E_s = \left(1 - \frac{2\xi^2}{1 + \xi}\right) E_s$$

3. 土的压缩模量 E_s

在侧限条件下，土的竖向压应力 σ 与土的竖向应变 ε 之比值称为土的压缩模量：

$E_s = \sigma / \varepsilon$ ，经换算有：

$$E_s = (1 + e_1) / a_{1-2}$$

e_1 为相应于压力 p_1 时的孔隙比。

$E_s \leq 4\text{MPa}$ 的粘土称高压缩性土， $4 \leq E_s \leq 15\text{MPa}$ 时称中等压缩性土，

$E_s > 15\text{MPa}$ 时称低压缩性粘土。

4.土的前期固结压力

土的前期固结压力是指该土曾经经受过
上覆土层的自重压力或其它外来荷载，在该
荷载下土层已经压密稳定，通常用 p_c 表示。

工程意义：前期固结压力可视为外荷作
用下压缩变形明显变化的临界指标。

目前的自重压力

$p_c < p_0$ 为欠压密状态，表明土在目前自重压力下尚未完成固结；

$p_c = p_0$ 为正常压密状态，表明土一直随自然沉积而固结，并在固结过程中没有受过侵蚀或其它卸荷作用；

$p_c > p_0$ 为超压密状态，表明土曾经在较大压力下压密稳定，但后由于侵蚀、剥蚀或古建筑拆毁等卸荷作用，使土密度已超过它目前自重压力下的相应密度。

土的前期固结压力是反映土的天然应力状态的一个指标。通常用超固结比**R**来定量地表征土的天然压密状态

$$R = p_c / p_0$$

R=1，土属正常压密状态；

R>1，土属超压密状态；

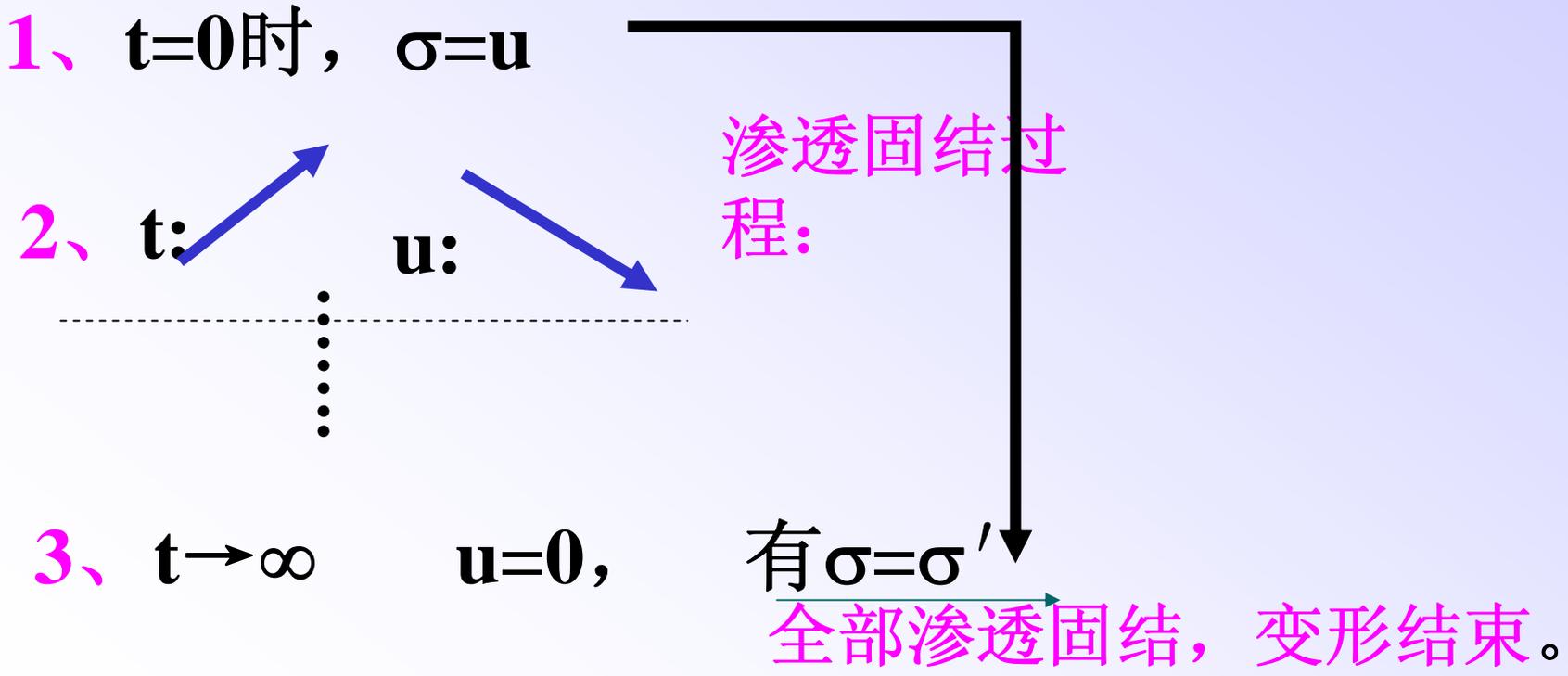
R<1，土属欠压密状态。

5.饱和粘性土的渗透固结

饱水土体的压缩是荷载作用下孔隙水从孔隙中排出的过程。对渗透性弱的土体，这一随时间的排水压缩过程称为渗透固结。

封闭的、不易排水的饱和粘性土，某一深度处的法向应力 σ 可表为： $\sigma = \sigma' + u$

σ —称总应力， σ' —土粒骨架承受的应力
 u —孔隙水压力。



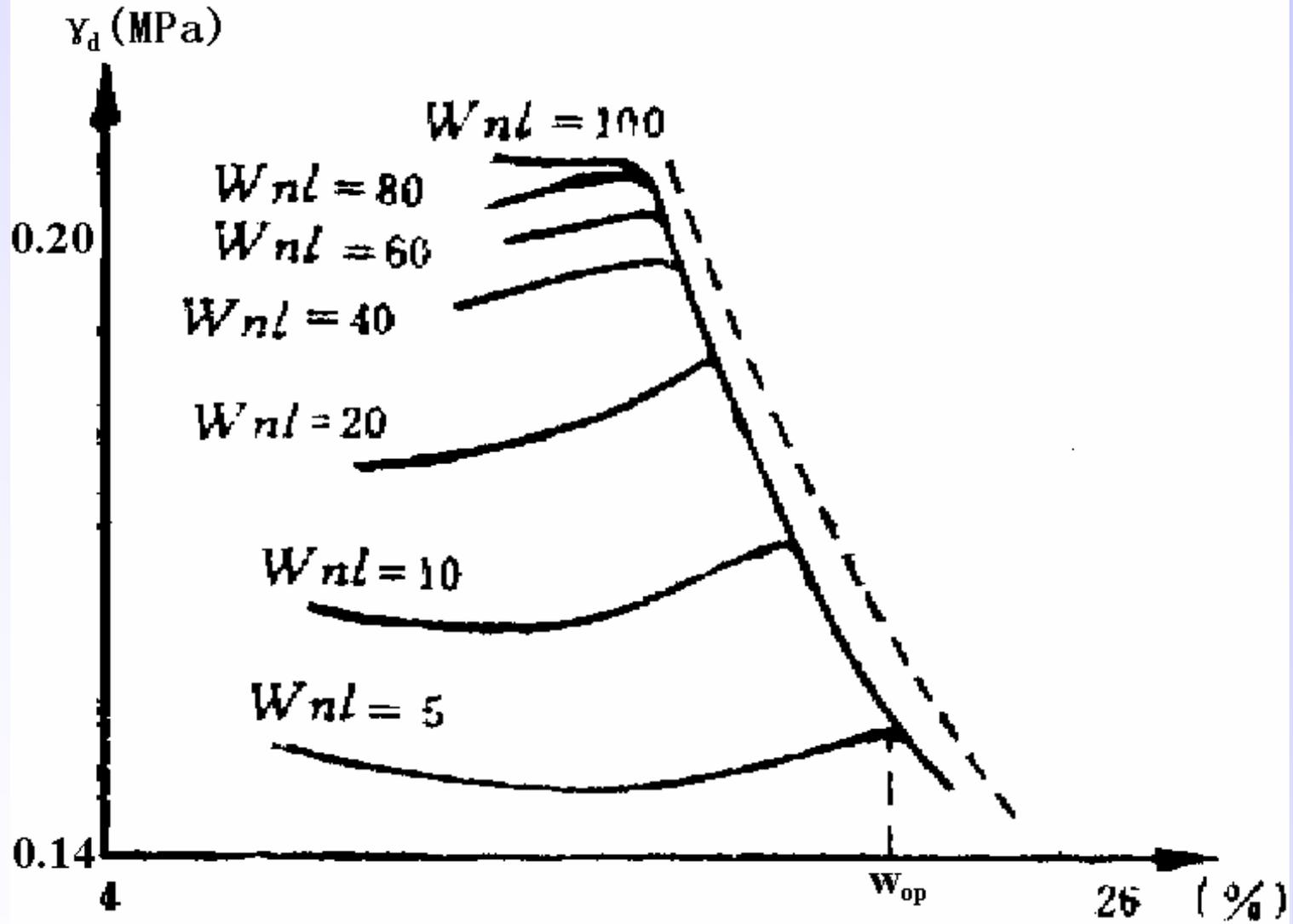
不同土的压缩特性

	砂土	黏性土
压缩变形	不大	取决于稠度状态，一般很大，
变形速度	较快	很慢。透水越小变形越慢
变形特征	永久变形，弹性变形部分很少	除永久变形外还有很大的弹性变形

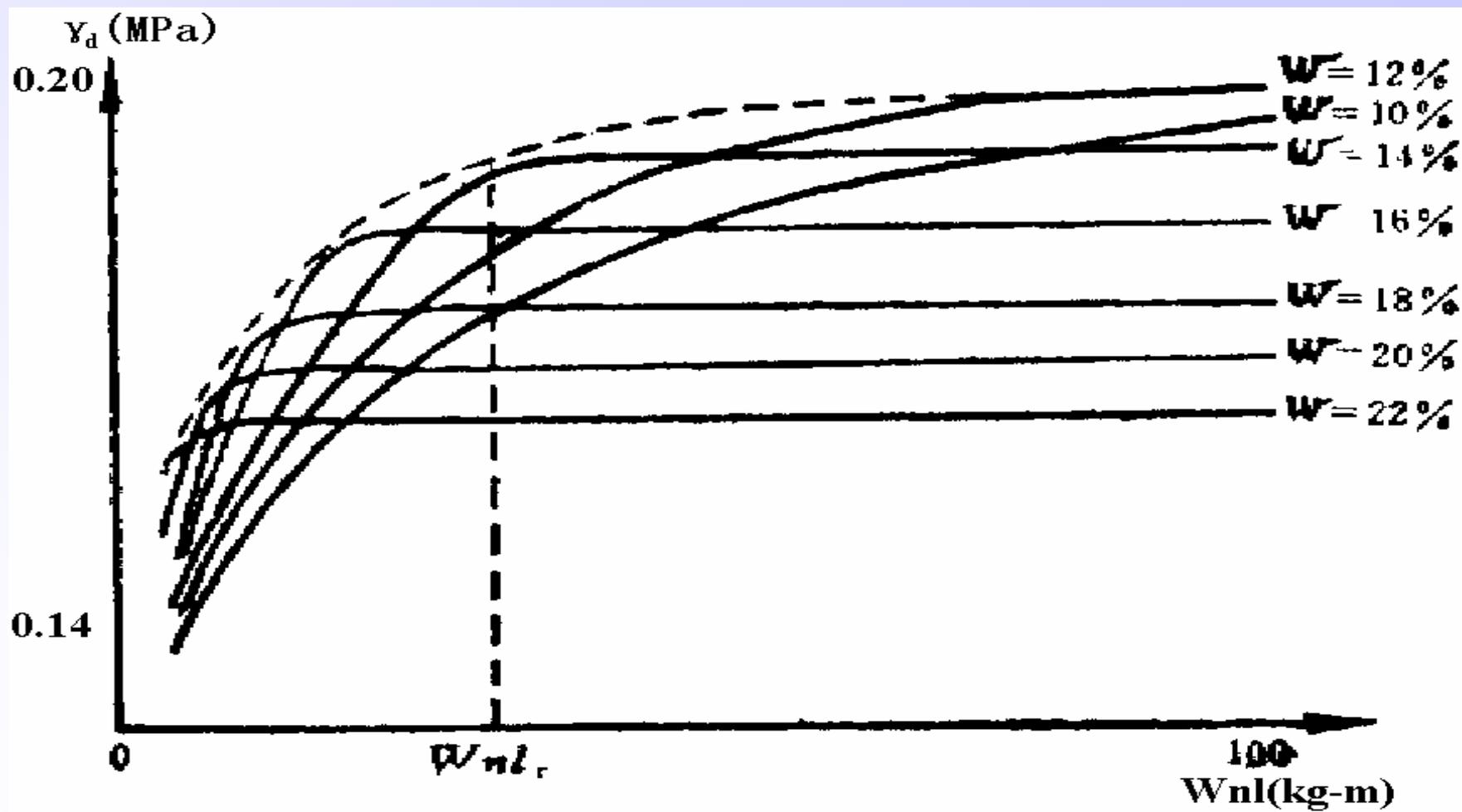
5.4.3 土的动力压实性

动压实意义：粘性土是路基、土堤、土坝、土屋、运动场等土质建筑物的主要建筑材料，为了满足这类建筑物稳定性的要求，当土填入其内时，须用夯实和碾压等方法把土压实，使土的密度增大，强度增高，变形减小，透水性降低。

目前主要采用夯实，即用锤击使土密度增大的方法。锤击能量的大小用击实功来衡量。例如一个重量为 W 的重锤，以距离 l 自由下落 n 次锤击土面，则击实功就等于 Wnl 。粘性土的击实效果一般用干重度(γ_d)来衡量。其动力压实性与所加的击实功大小和土的含水量(w)有关，它是击实功和含水量的函数 $\gamma_d = f(w, Wnl)$



含水量与干重度关系曲线



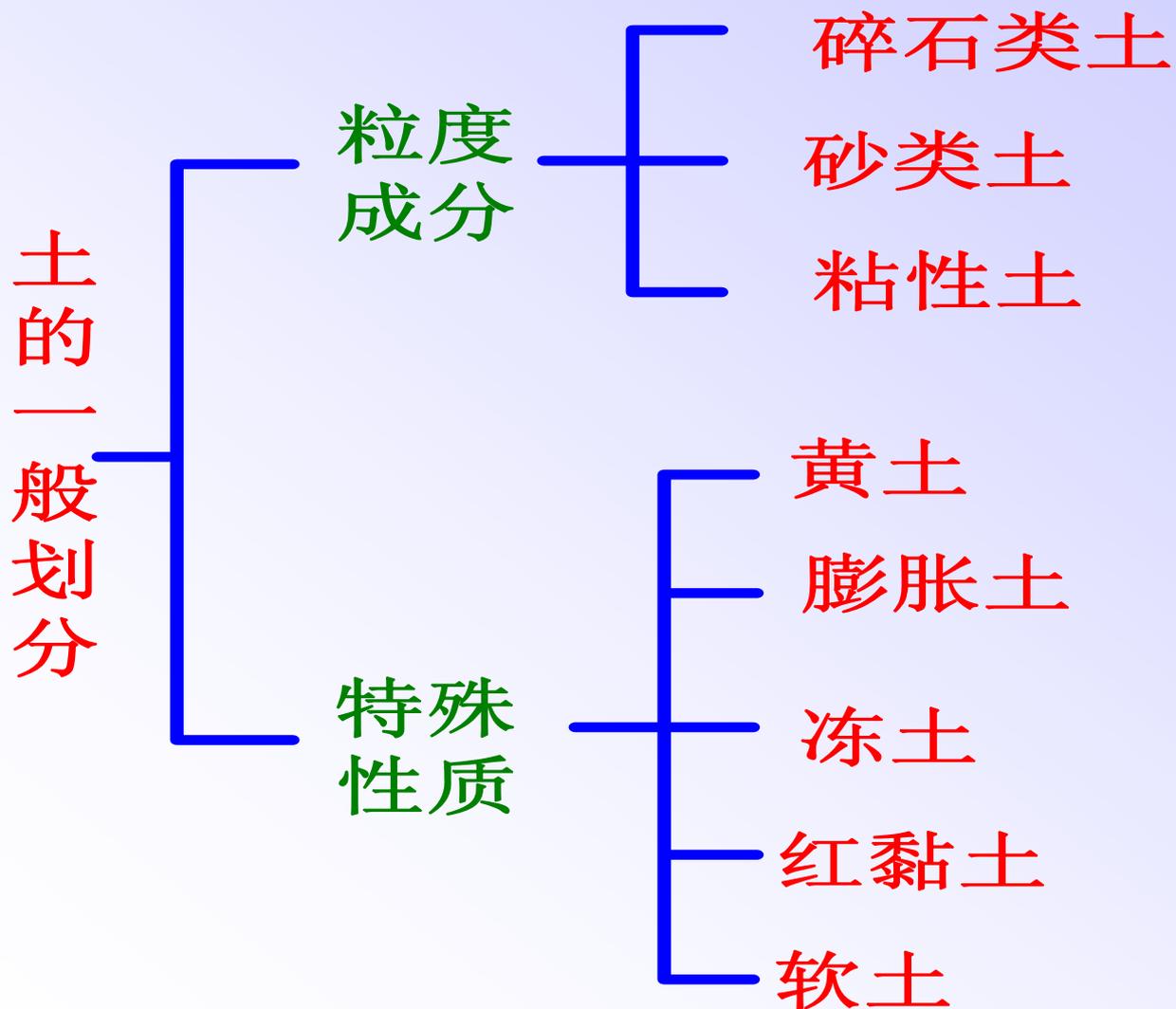
击实功与干重度的关系

由以上两个关系曲线（击实曲线）获知：

1、土的压实效果最好时的含水量称最优含水量，其值不等于最大含水量，亦不等于最小含水量。与击石功有关，击石功越大，最优含水量越小。

2、击石功超过临界功后，再增大时干容重不变；含水量越小，临界功越大。

5.5 土的工程分类



土的划分原则与标准

堆积年代划分

老堆积土
一般堆积土
新近堆积土

有机质含量

无机土 ($W_u < 5\%$)
有机质土 ($5\% \leq W_u \leq 10\%$)
泥炭质土 ($10\% < W_u \leq 60\%$)
和泥炭 ($W_u > 60\%$)

颗粒级配和塑性指数

碎石土、砂土、粉土和粘性土

地质成因

残积土、坡积土、洪积土、冲积土、湖积土、海积土、冰积土和风积土

特殊土

黄土、红粘土、软土、冻土、膨胀土、盐渍土、填土

碎屑土分类表

土的名称		颗粒级配
碎石土	漂石及块石土 卵石及碎石土 圆砾及角砾土	粒径大于200mm的颗粒超过全重50% 粒径大于20mm的颗粒超过全重50% 粒径大于2mm的颗粒超过全重50%
砂 土	砾砂土 粗砂土 中砂土 细砂土 粉砂土	粒径大于2mm的颗粒占全重25%–50% 粒径大于0.5mm的颗粒超过全重50% 粒径大于0.25mm的颗粒超过全重50% 粒径大于0.075mm的颗粒超过全重85% 粒径大于0.075mm的颗粒超过全重50%
粉 土	砂质粉土 粘质粉土	粒径小于0.005mm的颗粒不超过全重10% 粒径小于0.005mm的颗粒超过全重10%

5.6 各种土的工程性质

	组成特征	物理力学特性	基本工程性质
碎石类土	岩石碎屑、石英、长石，单粒结构块状和假斑状构造	孔隙大、透水性强、压缩性低、抗剪强度大	与粘粒的含量及孔隙中充填物的性质和数量有关。 一般构成良好地基 由于透水性强，常使基坑涌水较大，坝基、渠道渗漏。

流水沉积碎石类土：分选性好，孔隙中充填少量砂粒，透水性最强，压缩性最低，抗剪强度最大。

基岩风化碎石和山坡堆积碎石类土：分选较差，孔隙中充填大量砂粒和粉、粘等细小颗粒，透水性相对较弱，内摩擦角较小，抗剪强度较低，压缩性稍大

	组成特征	物理力学特性	基本工程性质
砂类土的工程性质	石英、长石、云母等原生矿物组成，单粒结构伪层状构造	透水性强、压缩性低、压缩速度快、内摩擦角较大，抗剪强度较高	与砂粒大小和密度有关 一般构成良好地基 为较好的建筑材料，但可能产生涌水或渗漏。 粉、细砂土的工程性质相对差，特别是饱水粉、细砂土受振动后易产生液化。

	组成特征	物理力学特性	基本工程性质
粘性土的工程性质	粘土矿物水胶连结和团聚结构结晶连结	常呈现不同稠度状态，压缩速度小，压缩量大，抗剪强度主要取决于凝聚力，内摩擦角较小。	取决于其连结和密实度，即与其粘粒含量、稠度、孔隙比有关从亚砂土到粘土，其塑性指数、胀缩量、凝聚力逐渐增大，而渗透系数和内摩擦角则逐渐减小。是工程上常用的涂料。

作业

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5