

高等学校教学参考书

给水排水工程施工

(新 一 版)

徐鼎文 常志续 编



中国建筑工业出版社

高等学校教学参考书

给水排水工程施工

(新 一 版)

徐鼎文 常志续 编

中国建筑工业出版社

目 录

第一章 土石方工程	1
第一节 土的性质及分类	1
第二节 沟槽与基坑断面的选择及土方量计算	13
第三节 沟槽与基坑开挖	15
第四节 沟槽支撑	22
第五节 土方回填	27
第六节 石方爆破	29
第二章 施工排水	36
第一节 概述	36
第二节 明沟排水	37
第三节 人工降低地下水位	38
第三章 土的加固	49
第一节 概述	49
第二节 换土	52
第三节 浅层加固	53
第四节 深层加固	55
第五节 土的脱水加固	63
第六节 土的注浆加固	64
第七节 土的热加固	72
第四章 钢筋混凝土工程	75
第一节 概述	75
第二节 模板工程	75
第三节 钢筋工程	85
第四节 水泥	93
第五节 砂石骨料	100
第六节 混凝土	103
第七节 外加剂	118
第八节 装配式预应力水池的施工	121
第九节 混凝土的水下浇筑	128
第十节 冬期施工	132
第五章 砖石工程	138
第一节 砌筑材料	138
第二节 砂浆	139
第三节 砖石工程施工	142
第六章 室外地下管道开槽施工	144
第一节 下管与稳管	144
第二节 管材及管道接口	148
第三节 质量检查与验收	168

第七章 室外地下管道不开槽施工176

第一节 概述176

第二节 掘进顶管法176

第三节 挤压土顶管202

第四节 管道牵引不开槽铺设205

第五节 盾构法施工205

第八章 管道水下铺设217

第一节 概述217

第二节 水下沟槽开挖217

第三节 水下管道的材料、接口和防腐219

第四节 管道水下铺设方法221

第九章 沉井工程228

第一节 井筒的构造228

第二节 下沉计算229

第三节 井筒制作230

第四节 井筒下沉231

第五节 井筒下沉的质量检查与控制235

第六节 沉井的抗浮239

第七节 井筒封底240

第十章 地下构筑物防水241

第一节 地下排水措施241

第二节 防渗措施241

第十一章 给水排水容器和卷焊钢管的制作246

第一节 碳钢容器和管节的现场制作246

第二节 耐腐蚀非金属容器制作255

第十二章 基本建设程序263

第一节 概述263

第二节 建设任务的确定263

第三节 初步设计阶段265

第四节 技术设计阶段和施工图设计阶段267

第五节 确定建设总进度268

第六节 施工前的技术准备269

第七节 工程施工与安装269

第八节 试车、验收和投产270

第九节 建设项目的委托270

第十三章 基本建设定额和预算272

第一节 基本建设定额的种类272

第二节 基本建设工程的概算和预算276

第十四章 给水排水工程施工组织设计283

第一节 施工组织设计的分类和编制原则283

第二节 施工组织总设计284

第三节 单位工程施工组织设计289

第四节 工地临时设施292

第一章 土石方工程

第一节 土的性质及分类

一、土的三相图及物理性质

(一) 土的三相图

土是岩石风化后经搬移、堆积而成的。由矿物固体颗粒、水分和空气组成，称为土的三相组成，其中：固相是矿物颗粒及有机质；液相是水；气相是空气。矿物固体颗粒有大小不等的粒径和形状，自漂石至细微的粘土颗粒。粒径大小称为粒度。相近粒度的颗粒划为一组。

矿物颗粒可分成不同粒组。自然土都是由邻近的几种粒组的矿物颗粒混合组成的。矿物固体颗粒由各种矿物组成，是土的主要成分，也是决定土性质的主要因素。在土木工程中，把整片岩石也视为承受荷载的地基土。矿物颗粒构成土的骨架。颗粒之间有孔隙。水与空气填充骨架间的孔隙。土中水分为自由水、薄膜水和吸着水。自由水可在土的孔隙间流动，一般又称为自由地下水或简称地下水。吸着水是紧附在颗粒表面的一层水，没有出水性，其性质接近于固体，不冻结，土受压时不移动，在105℃以上蒸发。薄膜水在吸着水的外层，离颗粒表面愈远，愈从固态转变为自由水。土中水还以水汽状态存在。由于土的三相是混合分布的（图1-1a），矿物颗粒间又有孔隙，因此，土具有碎散性、压缩性、颗粒间可以相对移动性和透水性。土中三相组成的比例，反映了土的状态和物理性质。为了阐述和标记方便，取一土样，将土样中三相的各部分集合起来，画出土的三相图（图1-1b）。

(二) 土的主要物理性质指标

1. 土的密度 γ

土在自然状态下单位体积的质量，称土的密度，即

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (1-1)$$

单位体积内干土颗粒质量称为土的干密度 γ_d ，即

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \quad (1-2)$$

土孔隙充水饱和的单位体积土的质量称为饱和密度，即

$$\gamma_s = \frac{W_s + V_v \gamma_w}{V} \quad (1-3)$$

式中 γ_w 为水的密度，10kN/m³。

土密度与土压密程度有关，土愈密实，土的密度愈大。

2. 土的天然含水量 W 和土的饱和度（润湿度） S_r

土的天然含水量 w 又称质量含水量，是一定体积的土内水质量与颗粒质量之比的百分

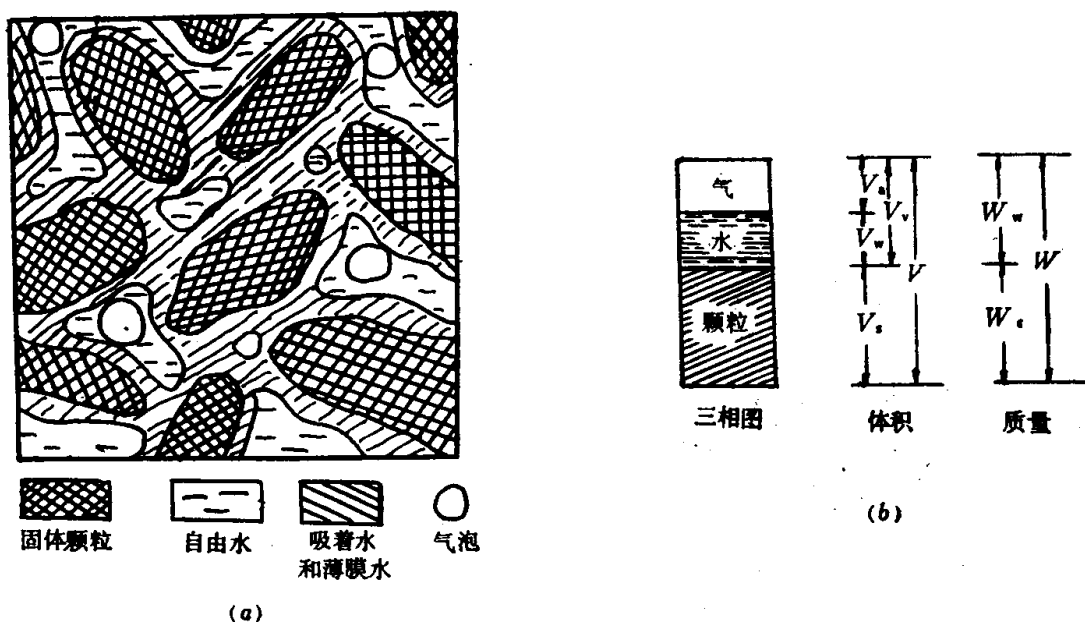


图 1-1 土的组成及三相图

(a)土的组成；(b)土的三相图

V —土样的体积； V_s —土样中固体颗粒的体积； V_v —土样中孔隙的体积； V_w —土样中水的体积； V_a —土样中气体的体积； W —土样的质量； W_s —土样中固体颗粒的质量； W_w —土样中水的质量

数。

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (1-4)$$

土的天然含水量变化范围很大，与土颗粒的矿物性质、埋藏条件等因素有关。

土的饱和度 S_r 又称土的相对含水量，表示土的孔隙中有多少部分充满了水，即土内水的体积与孔隙体积之比：

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \quad (1-5)$$

完全干的土， $V_w = 0$ 、 $W_w = 0$ ，则 $S_r = 0$ ；完全饱和的土， $V_w = V_v$ ，则 $S_r = 100\%$ 。工程上根据饱和度不同，把土分为稍湿土、湿土和饱和土3种。按地基基础设计规范规定，饱和度在50%以下的土称稍湿土，饱和度在50%~80%为湿土、饱和度在80%~100%为饱和土。

3. 土中固体颗粒的相对密度 d_s

土的固体颗粒单位体积的质量与水在4°C时单位体积的质量之比称土中固体颗粒的密度，简称颗粒的相对密度。即

$$d_s = \frac{W_s}{V_s \cdot \gamma_w} \quad (1-6)$$

式中 γ_w ——4°C时水的单位体积质量为10kN/m³。

土颗粒相对密度取决于土的矿物和有机物组成，粘土颗粒相对密度一般为27~27.5，砂土颗粒相对密度一般为26.5。

4. 土的孔隙度 n 和孔隙比 e

孔隙度和孔隙比都是表明土的松密程度的指标。孔隙度表示土内孔隙所占的体积，按百分数表示；孔隙比为土内孔隙体积与土粒体积之比值。两者的关系式为：

$$n(\%) = \frac{V_v}{V} \times 100 \tag{1-7}$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} \tag{1-8}$$

但是，土样的孔隙度在土样被压缩前后是会变化的。孔隙度无法表示压缩量多少，因为土被压缩后，土的总体积改变了，土的孔隙体积也变了。压缩量 Δh 用孔隙比 e 表示。

$$\Delta h = \frac{e_1 - e_2}{1 - e_1} h \tag{1-9}$$

式中 Δh ——压缩量；
 e_1 ——压缩前土的孔隙比；
 e_2 ——压缩后土的孔隙比；
 h ——压缩前土层厚度。

孔隙度和孔隙比是根据密度、含水量和相对密度实验的结果，经计算求得。

二、土的状态指标

土的状态指标就是土的松密程度和软硬程度的指标。标准贯入试验锤击数是非粘性土（砂、卵石等）的松密程度指标。砂类土密实程度标准如表1-1所列。

砂 土 的 密 实 度				表 1-1
密 实 度	松 散	稍 密	中 密	密 实
标准贯入试验锤击数 N	$N \leq 10$	$10 < N \leq 15$	$15 < N \leq 30$	$30 < N$

这种分类方法简便。但是没有考虑砂土颗粒级配对砂土状态分类可能产生的影响。密实度反映土的承载能力。用孔隙比 e 值来表示砂土的密实程度时，可能会因颗粒形状而导致不能正确反映。例如，颗粒均匀的密砂， e 较大；而颗粒不均匀的松砂，则 e 较小。因此，应该把天然状态砂土 e 与最松状态 $e_{\max}$ 与最密状态 $e_{\min}$ 作相对比较，用相对密实度 D_r 表示砂土的密实状态。土的相对密实度 D_r 为：

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \tag{1-10}$$

式中 e ——砂土的天然孔隙比；
 $e_{\max}$ ——砂土的最大孔隙比；
 $e_{\min}$ ——砂土的最小孔隙比。

一般规定， $D_r \leq 0.33$ ，为松散状态； $0.33 < D_r < 0.67$ ，为中密状态； $D_r \geq 0.67$ ，为密实状态。

天然状态下粘性土的软硬程度取决于含水量多少：干燥时呈密实固体状态；在一定含水量时具有塑性，称塑性状态；在外力作用下能沿力的作用方向变形，但不断裂也不改变体积；含水量继续增加，大多数土颗粒被自由水隔开，颗粒间内摩擦力减小，土具有流动性，力学强度急剧下降，称流动状态。根据含水量的变化，粘性土可呈4种状态：流态、塑态、半固态和固态。流态、塑态、半固态和固态之间分界的含水量，分别称为流性界限（又称液限 w_L ）、塑性界限（又称塑限 w_P ）和收缩界限 w_y 。

粘性土的塑限一般采用人工滚搓方法测得。将粘土样用手在毛玻璃片上搓成直径约3

mm, 长度约8~10mm, 表面开始出现裂纹的细土条。此时细土条的含水量为塑限含水量, 即为塑限。

粘性土的液限可用锥式液限仪测得, 见图1-2所示。将调成浓糊状试样装入盛土杯中, 刮平表面, 将质量为76g和锥角为30°的圆锥体置于试样表面。锥体由于自重而下沉。当下沉终深恰为10mm时, 此时试样的含水量为液限含水量。

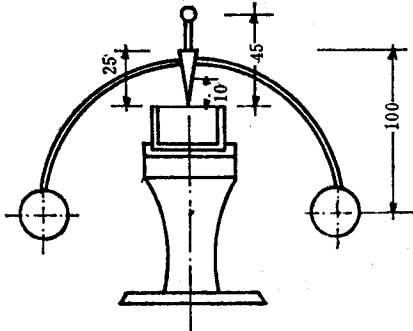


图 1-2 锥式液限仪

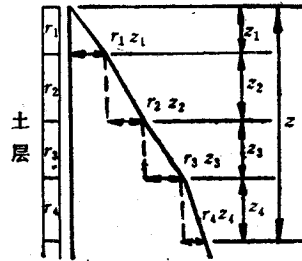


图 1-3 土中自重应力分布

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4$ —不同土层土的重度; z_1, z_2, z_3, z_4 —不同土层各层厚度; z —土层总厚度

土的组成不同, 塑限和液限也不同。单用土的含水量无法说明土的软硬程度, 而需用液性指数 I_L 来表示:

$$I_L = \frac{w - w_P}{w_L - w_P} \quad (1-11)$$

式中 w ——土的天然含水量;

w_P ——土的塑限;

w_L ——土的液限。

当 $I_L \leq 0$ 时, 土处于固态或半固态; 当 $0 < I_L \leq 1$ 时, 土处于塑态; 当 $I_L \geq 1$ 时, 土处于流态。如果土中的粘土颗粒较多, 则土颗粒的比表面积较大, 需有较大的含水量才能使土呈塑态和流态, 因而流限和塑限都要高些。

在土的流限和塑限之间, 土都呈塑性状态。流限和塑限之差称塑性指数 I_P , 即:

$$I_P = w_L - w_P \quad (1-12)$$

塑性指数表示粘性土处在可塑状态时, 含水量的变化范围。塑性指数愈大, 土吸附的水量愈多, 即土的颗粒愈细或矿物成分吸水能力愈大。粘性土的结构和状态相似, 则塑性指数相近, 力学性质相似。塑性指数是一个反映土的粒径级配、矿物成分和溶解于水中的盐分等土组成情况的指标。因此, 粘性土可按塑性指数值来分类, 即粉质粘土: $10 < I_P \leq 17$; 粘土: $I_P > 17$ 。

三、土中应力及其分布

构筑物未修建前, 由于土体本身质量引起的土中应力, 称自重应力。距地表 h 深处的颗粒 M 受到上层土质量作用而产生的自重应力 σ 为:

$$\sigma = \gamma \cdot h \quad (1-13)$$

式中 γ ——土的重力密度。

当地基土各层的土质不同(图1-3), 则自重应力 σ 为:

$$\sigma = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i \quad (1-14)$$

式中 n ——土层数;
 γ_i ——第 i 土层的土重度;
 h_i ——第 i 土层的厚度。

这样计算时，是假定没有侧向变形和剪切变形，只产生垂直变形。由于土的覆盖面积很大，实际状况基本符合这样的假设。

构筑物荷载作用于地基，导致地基土产生应力，这种荷载称附加荷载，这种应力称附加应力。当地基受到集中荷载作用时，距地表以下某一深度的附加应力分布如图1-4所示。在地基的不同深度，附加应力的分布如图1-5所示。但应力值随深度增加而减少。

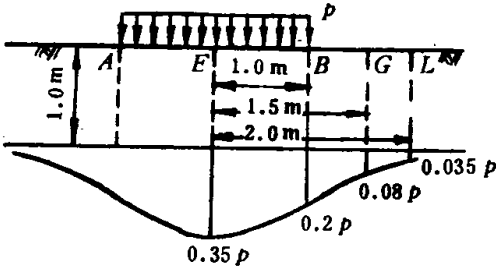


图 1-4 地表下1m的附加应力分布
A、E、B、G、L—地基的各点； p —荷载

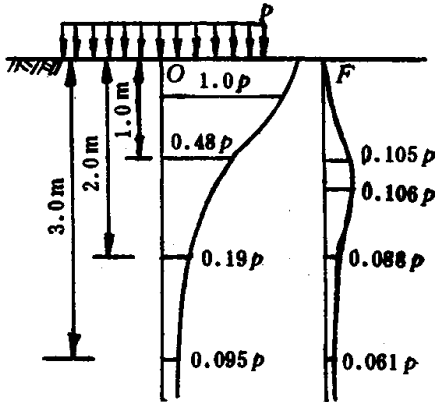


图 1-5 地基的不同深度处附加应力分布
O、F—地基的各点； p —荷载

四、土的压缩性

土颗粒之间有孔隙。土受压力作用后，孔隙体积被压缩，这是土的压缩性。与土中孔隙相比，土中颗粒和水可以认为是不被压缩的。因此，土体压缩可以认为只是土中孔隙被压缩，孔隙体积 V_v 减少。压力愈大，孔隙体积减少愈多。被水充盈的土孔隙，只有当水被排走后才不会被压缩。土在压力作用下，土内孔隙水排出，孔隙体积减少，土的骨架与孔隙水所受的压力逐渐调整，三者同时进行，是一个排水、体积减少和压力传递的过程。在一定压力作用下，这个过程从起始到终结要经历一定时间。因此，土压缩是一个时间过程。压缩过程时间的长短，随土质、压力和含水量的不同而不同。

五、土的抗剪强度

土的抗剪强度是土抵抗剪切破坏的性能。

如图1-6所示，土样放在面积为 A 的剪力盒内，并受垂直压力 N 和水平力 T 作用，此时，在土样内产生法向应力 σ ：

$$\sigma = \frac{N}{A} \tag{1-15}$$

而在剪切面上产生剪应力 τ ：

$$\tau = \frac{T}{A} \tag{1-16}$$

τ 随 T 的增大而增大。但 T 在一定限值内并不会导致土样剪切破坏。这是因为在剪切面上产生的剪应力小于土的抗剪强度时，土样就不会被剪坏。当 T 增加到 T' 时，在剪切面发生土颗粒相互错动，土样破坏。土样开始破坏时，剪切面上的剪应力称土的抗剪强度 τ_f ：

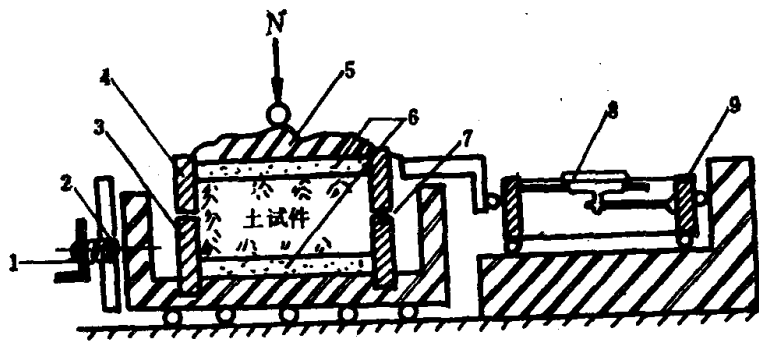


图 1-6 土的剪应力实验装置示意

1—手轮；2—螺杆；3—下盒；4—上盒；5—传压板；6—透水石；7—开缝；8—测微计；9—弹性量力环

$$\tau_f = \frac{T'}{A} \quad (1-17)$$

T' 随 Δ 的增大而增大。

土的抗剪强度由剪切试验求得。以不同的 N 和 T' 进行3~5次试验，求出各次的 σ 、 τ 值，在直角坐标纸上将各个 σ 、 τ 点连接成一直线，该连线称土的抗剪强度曲线。如图1-7所示为砂土抗剪强度曲线，连线通过原点，则：

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (1-18)$$

式中 φ ——土的内摩擦角。

砂是散粒体，颗粒间没有相互的粘聚作用，砂的抗剪强度来源于颗粒间摩擦力。由于摩擦力来源于土内部，称内摩擦角。

粘性土抗剪强度组分，除了内摩擦力外，还有一部分粘聚力。粘性土颗粒粒径很小，粘聚力来源于土颗粒间产生电分子吸引力和土中天然胶结物质对土粒的胶结作用，粘性土的抗剪强度曲线如图1-8所示。即：

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c \quad (1-19)$$

式中 c ——粘土的粘聚力。

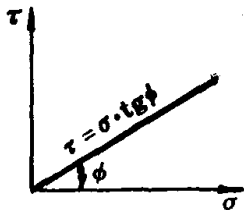


图 1-7 砂土的抗剪强度曲线

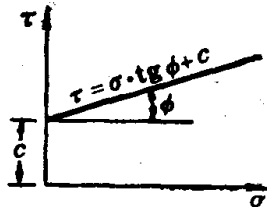


图 1-8 粘性土的抗剪强度曲线

表1-2所列为砂土和粘土的内摩擦角 φ 和粘聚力 c 的经验值。

土的密实度、含水量、抗剪强度试验的仪器装置和操作方法，都影响 φ 和 c 值。工程中需用的砂土 φ 值，粘土 φ 值和 c 值，都应取土样由剪切试验求得。

剪切试验的方法可归为3类。

正压力施加后立即进行剪切，并规定从加荷到土样剪坏在3~5 min内完成，这种方法称快剪。

正压力施加后使土体充分固结，固结终了立即进行剪切，并规定土样剪切破坏过程。

正压力施加，土样充分固结后，进行慢速剪切，使土样在加压剪切过程有充分时间排水、体积变形，这种方法称慢剪。

表 1-2

砂 土 与 粘 性 土 的 c 、 φ 参 考 值

土 的 名 称	塑限含水量 (%)	土 的 指 标	孔 隙 比																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
			0.41~0.50					0.51~0.60					0.61~0.70					0.71~0.80					0.81~0.95					0.96~1.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			饱 和 和 状 态 含 水 量 (%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
14.8~18.0		18.4~21.6		22.0~25.2		25.6~28.8		29.2~34.2		34.6~39.6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							

采用不同剪切方法是由于地基土的性质不同。非粘性土排水速度很快，因此，快剪可使土样排水固结。粘性土由于排水速度较慢，不同剪切方法会得出相应不同的抗剪强度。对于正常固结的粘土，快剪抗剪强度 τ_q 最小，固结快剪抗剪强度 τ_{cq} 增大，慢剪抗剪强度 τ_s 最大。

应该根据地基土的性质，采用相应的剪切方法。

饱和软粘土的内摩擦角值很小，约为 $0^\circ \sim 5^\circ$ 。当 $\varphi = 0^\circ$ ，则抗剪强度值即为粘聚力值。

室内试验和工程实践证明：在一般压力范围内， $\sigma-\tau$ 呈直线关系，但当高压作用下，就不再是简单的直线关系，而是向下弯曲的曲线。

完全松散的砂土自由地堆在地面上，砂堆的斜坡与地平面构成的夹角 α ，称为自然倾斜角（或安息角）。

为了保持土壁的稳定，必须有一定边坡。边坡以 $1:n$ 表示，如图1-9所示， n 值为：

$$n = \frac{a}{h} \tag{1-20}$$

n 称边坡率。对于砂土，边坡与地平面的夹角接近于土的自然倾斜角。含水量大的土，土颗粒间产生润滑作用，使土的内摩擦力或粘聚力减弱，因此，应留有较缓的边坡。含水量小的砂土，颗粒间的内摩擦力减少，亦不宜采用陡坡。当沟槽上方荷载较大时，土体会在压力下产生滑移，因此边坡应缓，或采取支撑加固。深沟槽的上层槽应为缓坡。

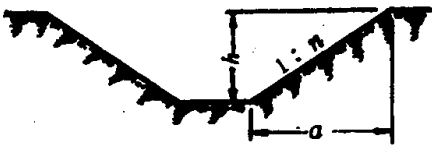


图 1-9 挖方边坡

六、土压力

各种用途的挡土墙，地下给水排水构筑物的墙壁和池壁，地下管沟的侧壁，工程施工中沟槽的支撑，顶管工作坑的后背，以及其他各种挡土结构，都受到土从侧向施加的压力（图1-10）。这种压力称土压力，又称挡土墙土压力，或称侧土压力。

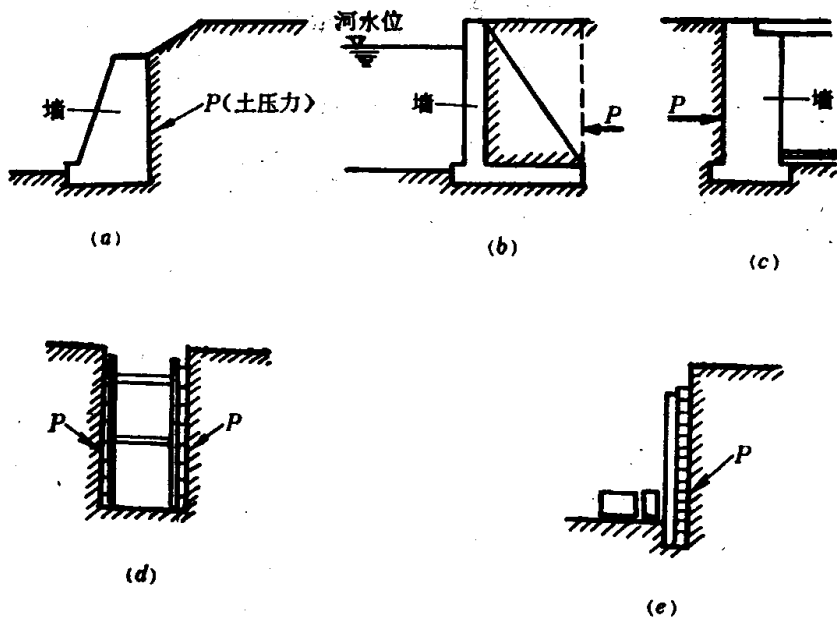


图 1-10 各种挡土结构
(a)挡土墙；(b)河堤；(c)池壁；(d)支撑；(e)顶管工作坑后背

土压力 E 可由下式确定

$$E = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot K \quad (1-21)$$

式中 γ ——土的重度;
 h ——挡土墙高度;
 K ——土压力系数。

挡土墙在土压力作用下,会产生位移。位移的性质不同,土压力系数 K 值也不同,从而导致不同类型的挡土墙压力的值不同。

如图1-11(a)所示,在土推力作用下,挡土结构可能稍微向前移动,并绕墙角 C 转动。当挡土墙的位移量为 Δ ,导致土体 ABC 达到极限平衡状态,并具有沿 BC 潜在滑移面向下滑移趋势,从而在滑移面上产生抗剪强度。抗剪强度有助于减弱土体对挡土结构的推力。在这种情况下,产生的位移称正位移,产生的极限状态称主动极限状态,产生的土压力 E_a 称主动土压力。

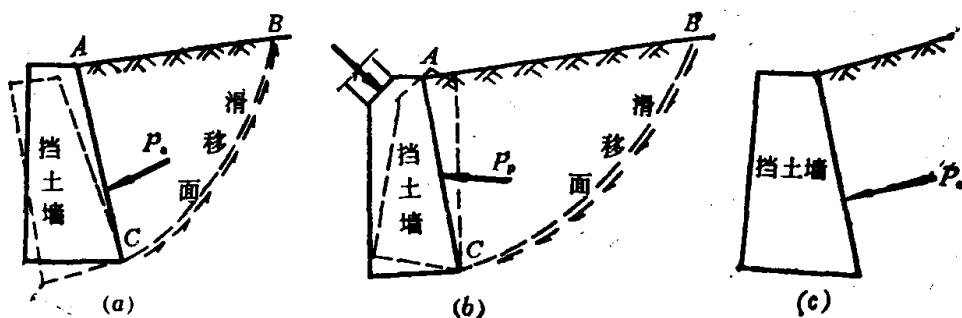


图 1-11 挡土墙位移和侧土压力作用

(a)挡土墙位移导致的主动土压力;(b)挡土墙位移导致的被动土压力;(c)挡土墙没有位移的静止土压力

如果挡土结构在荷载作用下,如图1-11(b)所示,推向土体 ABC ,使土体产生负位移。当挡土结构的位移量达到 $-\Delta$,导致土体 ABC 达到被动极限平衡状态,并有继续沿 BC 滑移面向上滑移趋势,从而在滑移面上产生抗剪强度。此时,土体对挡土结构的作用方向和 BC 面上剪应力的方向一致,抗剪强度使土体对挡土结构的推力增加。在这种情况下,土压力 E_p 称被动土压力。设挡土墙背是直立的,挡土墙背与土体之间没有摩擦力,墙后土体顶面是水平的,并与挡土结构顶是等高的,土体表面没有荷载,墙产生一定量位移,使墙后土体达到主动或被动极限状态,在这种情况下,砂性土对挡土墙的主动土压力值 E_a 为:

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma h^2 \cdot k_a = \frac{1}{2} \gamma h^2 \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (1-22)$$

式中 γ ——土的重度;
 h ——挡土墙高;
 φ ——土的内摩擦角;
 k_a ——主动土压力系数。

粘性土抗剪强度组分中还有粘聚力 c ,主动土压力 E_a 可由下式决定:

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot k_a - 2ch\sqrt{k_a} + \frac{2c^2}{\gamma} \quad (1-23)$$

海水的最主要用途是冷却用水。电力工业中的冷却水在直流系统中占90%以上，其次是冲灰水。这两部分水都可用海水代替。天津大港电厂使用海水作冷却用水，全年用淡水285万 m^3 ，用海水6890万 m^3 ，节约了大量淡水。淡水资源缺乏的沿海城市和地区，都应该采取措施充分利用海水作为冷却用水。此外，还应在使用海水或苦咸水淡化技术解决部分淡水问题进行试点，必要时利用淡化的海水或苦咸水作为电厂锅炉用水或许多用水的补充水源。

城市污水是一种稳定的水资源。城市用水中除产品带走、生产过程中的损耗和蒸发，大部分水量作为污水排出。污水经过适当处理后回用于农业、工业不仅可以减少污染，而且可以缓和缺水地区水源不足给城市供水带来的压力。世界上不少国家都在利用处理后的城市污水。缺水地区城市污水回用量更大。如南非Vaal河三角地带（包括约翰内斯堡）回用城市污水量占污水总量50%，其中14.4%回用于工业冷却。世界上许多火力发电厂都利用处理后的城市污水作为冷却用水。北京热电厂利用通惠河水作为电厂水源，除冷却用外，河水经石灰混凝沉淀、过滤、杀菌、离子交换等处理后，用作锅炉补充水。近年来河水水质越来越恶化，有机物含量增高，有的水质指标已超过二级处理的污水水质指标，给锅炉给水水处理带来很大困难。但采取一些措施后，用于冷却是可以的。经过二级处理的城市污水回用于冷却是完全可能的。经处理的城市污水还可用作城市杂用水，浇灌草地等。重点应放在回用于工业冷却系统。抓住了用水大户，才能把大量工业用新鲜水节省下来。

城市用水紧张，一部分是由于水资源短缺，但许多城市水紧张不是因为缺乏水源，而是因为供水能力不足，供水设施的建设跟不上用水增长的要求。在这种情况下，除了如上所述通过节约用水，大量压缩用水量，缓和供需矛盾，还需要增加供水投资，保证用于供水工程建设的投资在基本建设投资中占有一定比例。而且由于过去欠帐太多，投资比例还应该比正常情况加大一些，才能

实后其体积也要比开槽前自然体积增大一些。土体积增大归因于土的可松性。~~土经挖掘后~~ 体积增加值用最初可松性系数 $K_{\text{松}}$ 表示:

$$K_{\text{松}} = \frac{V_2}{V_1} \tag{1-28}$$

土经回填后的体积增加值, 用最后可松性系数 $K'_{\text{松}}$ 表示:

$$K'_{\text{松}} = \frac{V_3}{V_1} \tag{1-29}$$

式中 V_1 ——开挖前土的自然密实体积;
 V_2 ——开挖后土的松散体积;
 V_3 ——压实后土的体积。

土的压实或夯实程度用压实系数 λ_c 表示, 即

$$\lambda_c = \frac{\rho_d}{\rho_{\text{max}}} \tag{1-30}$$

式中 ρ_d ——土的控制干密度;
 ρ_{max} ——最大干密度。

土的密实度和土的含水量有关。土中水没有排除, 孔隙比不会减少。但如果没有适当含水量, 颗粒间缺乏必要润滑, 压实时能量消耗大。输入最小能量而导致土最大干密度的含水量, 称为土的最佳含水量。

土的最大干密度和最佳含水量关系用击实试验求得, 见图1-12所示。取一组土样, 各个土样的含水量以10%~20%递增, 作击实试验, 测得各土样干密度, 绘制干密度-含水量曲线(图1-13所示)。与最大干密度 γ_{max} 相应的含水量 w , 即为土样在该击实条件下的最佳含水量。

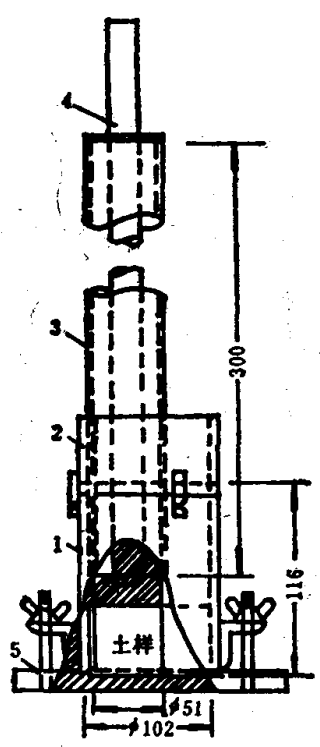


图 1-12 击实仪

1—击实筒, 2—护筒, 3—导筒, 4—击锤, 5—底板

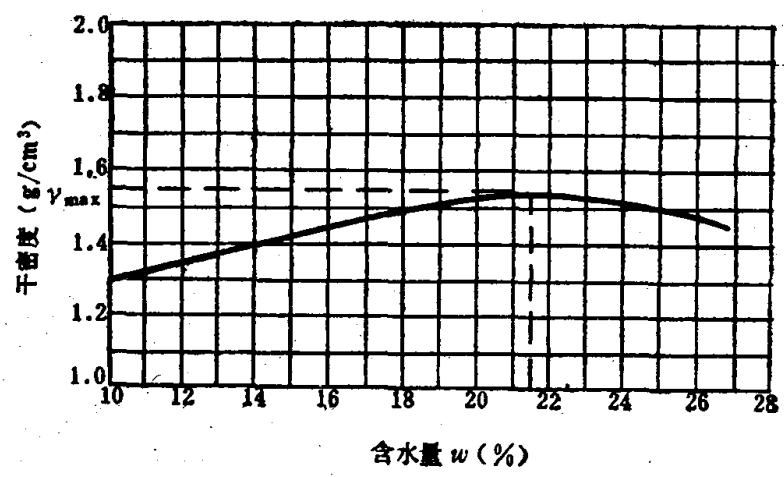


图 1-13 土的干密度与含水量关系

当试验的锤击次数不同，即输入的压实能量不同，所绘制的干密度-含水量曲线也不同。

沟槽回填时，回填土应具有最佳含水量，当土的自然含水量低于最佳含水量 2 % 时，土在回填前要注水渗浸。土的自然含水量过高，应在夯实前晾晒。

(三) 地基土的分类

土是由不同粒径颗粒混合组成的，因此，应对土进行分类。土可按矿物组成、生成年代和生成条件等划分进行分类。我国《建筑地基基础设计规范》把地基土分成 5 类。每类土又分成若干种。

1. 岩石

在自然状态下颗粒间牢固联接，呈整体的或具有节理裂隙的岩体。

2. 碎石土

粒径大于 2 mm 的颗粒占全重 50 % 以上，根据颗粒级配和占全重百分率不同，分为漂石、块石、卵石、碎石、圆砾和角砾，如表 1-4 所列。

碎 石 土 的 分 类 表 1-4

土 的 名 称	颗 粒 形 状	粒 组 含 量
漂 石 块 石	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于200mm的颗粒超过全重的50 %
卵 石 碎 石	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于20mm的颗粒超过全重的50 %
圆 砾 角 砾	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 2 mm 的颗粒超过全重的50 %

3. 砂土

粒径大于 2 mm 的颗粒含量小于或等于全重 50 %，干燥时呈无塑性或微塑性（塑性指数 $I_p \leq 3$ ）的土。

砂 土 的 分 类 表 1-5

土的名称	粒 组 含 量
砾砂	粒径大于 2 mm 的颗粒占全重 25 ~ 50 %
粗砂	粒径大于 0.5 mm 的颗粒超过全重 50 %
中砂	粒径大于 0.25 mm 的颗粒超过全重 50 %
细砂	粒径大于 0.075 mm 的颗粒超过全重 85 %
粉砂	粒径大于 0.075 mm 的颗粒不超过全重 50 %

砂土根据粒径和占全部质量的百分率不同，又分为砾砂、粗砂、中砂、细砂和粉砂，如表 1-5 所列。

4. 粘性土

塑性指数 I_p ，当 $10 < I_p \leq 17$ 时为粉质砂土；当 $I_p > 17$ 时为粘土。

5. 人工填土

按其形成有素填土、杂填土和冲填土。

(1) 素填土

由碎石土、砂土、粘性土组成的填土。经分层压实的统称素填土，又称压实填土。

(2) 杂填土

含有建筑垃圾、工业废料、生活垃圾等杂物的填土。

(3) 冲填土

水力冲填泥砂形成的沉积土。

土方工程施工中，还常按土的坚硬程度、开挖难易，将土石分为 8 类，如表1-6所列，

土 的 开 挖 难 易 分 类 表 1-6

土的分类	土的级别	土 的 名 称	用开挖方法表示土的坚硬程度	坚硬系数 (f)
一 类 土 (松软土)	I	砂；亚砂土；冲积砂土层；种植土； 泥炭(淤泥)	能用锹、锄挖掘	0.5~0.6
二 类 土 (普通土)	II	亚粘土；潮湿的黄土；夹有碎石、卵 石的砂；种植土；填筑土及轻亚粘土	用锹、锄挖掘，少许用镐翻松	0.6~0.8
三 类 土 (坚土)	III	软及中等密实粘土；重亚粘土；粗砾 石；干黄土及含碎石、卵石的黄土；亚 粘土；压实的填筑土	主要用镐，少许用锹，部分用 撬棍	0.8~1.0
四 类 土 (砂砾坚土)	IV	重粘土及含碎石、卵石的粘土；粗卵 石；密实的黄土；天然级配砂石，软泥灰 岩及蛋白石	整个用镐及撬棍，然后用锹挖 掘，部分用楔子及大锤	1.0~1.5
五 类 土 (软石)	V~VI	硬石炭纪粘土；中等密实的页岩；泥 灰岩；白垩土；胶结不紧的砾岩；软的 石灰岩	用镐或撬棍大锤挖掘，部分使 用爆破方法	1.5~4
六 类 土 (次岩石)	VII~IX	泥岩；砂岩；砾岩；坚实的页岩；泥 灰岩；密实的石灰岩；风化花岗岩；片 麻岩	用爆破方法开挖部分用风镐	4~10
七 类 土 (坚石)	X~XII	大理岩；辉绿岩；玢岩；粗、中粒花 岗岩；坚实的白云岩；砂岩；砾岩；片麻 岩；石灰岩；风化痕迹的安山岩；玄武岩	用爆破方法开挖	10~18
八 类 土 (特坚石)	XIII~XIV	安山岩；玄武岩；花岗片麻岩；坚实 的细粗花岗岩；闪长岩；石英岩；辉长 岩；辉绿岩；玢岩	用爆破方法开挖	18~25以上

第二节 沟槽与基坑断面的选择及土方量计算

一、沟槽断面形式

沟槽断面的形式有直槽、梯形槽、混合槽等。还有一种两条或多于两条管道埋设同一槽内的联合槽（图1-14）。

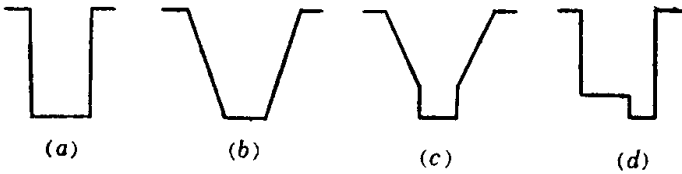


图 1-14 沟槽断面种类

(a)直槽；(b)梯形槽；(c)混合槽；(d)联合槽

正确选定沟槽的开挖断面，可以为管道施工创造方便条件，保证工程质量和施工安全，减少开挖土方量。选定沟槽断面通常应考虑以下因素：土的种类、地下水情况、施工