

给水排水工程施工

徐鼎文 常志续 王佐安 编



成都科学技术大学图书馆

基本藏书



中国建筑工业出版社

52

52

2820

2820

高等学校教学参考书

给水排水工程施工

徐鼎文 常志续 王佐安 编

91

中国建筑工业出版社

本书共十四章，前十一章主要叙述给水排水工程常用的施工技术方法，后三章概略叙述有关基本建设以及施工组织与管理。

主要包括：土石方工程、施工排水、土的加固、钢筋混凝土工程、室外地下管道开槽施工和不开槽施工、管道水下铺设、沉井工程、地下构筑物防水、给水排水容器和卷焊钢管的现场制作、给水排水构筑物和容器的防腐蚀隔绝工程、基本建设的程序、施工与安装工程的定额和预算、给水排水工程施工组织设计。

本书供高等学校给水排水专业师生使用，亦可供有关施工技术人员参考。

高等学校教学参考书

给水排水工程施工

—徐鼎文 常志续 王佐安 编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：19 字数：459千字

1983年7月第一版 1983年7月第一次印刷

印数：1—20,400册 定价：1.95元

统一书号：15040·4357

前 言

本书是按照有关高等院校《给水排水工程施工》教材编写大纲的要求进行编写的。

本书共分十四章，前十一章为给水排水工程常用的施工技术方法，后三章概略叙述有关基本建设以及施工组织与管理的工作。其中第一、二、五、八章由北京建筑工程学院给排水教研室常志续、王佐安编写；其余各章由清华大学环境工程教研室徐鼎文编写，并担任全书主编，太原工学院给排水教研室郑达谦担任主审。

为了提高本书质量，曾邀请原国家城建总局天津市政工程设计院、北京市政工程局、北京工业大学、西安冶金建筑学院、哈尔滨建筑工程学院、重庆建筑工程学院、兰州铁道学院、山西省建委、太原市建委、太原市自来水公司等单位的有关同志，进行了审查。在编写过程中还得到了其他有关单位的大力协助，在此一并致谢。

编 者

一九八二年八月

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 沟槽断面的选择与土方量计算	10
第三节 沟槽与基坑的开挖	11
第四节 沟槽支撑	18
第五节 土方回填	21
第六节 土石方爆破	23
第二章 施工排水	30
第一节 概述	30
第二节 明沟排水	31
第三节 人工降低地下水位	31
第三章 土的加固	45
第一节 概述	45
第二节 换土垫层	47
第三节 地基浅层压实加固	47
第四节 地基深层加固	51
第五节 排水加固	56
第六节 土的注浆固结	57
第七节 土的热加固	61
第八节 土冻结临时加固	66
第四章 钢筋混凝土工程	72
第一节 概述	72
第二节 钢筋工程	72
第三节 模板工程	77
第四节 水泥	87
第五节 砂、石骨料	93
第六节 混凝土	94
第七节 混凝土外加剂	102
第八节 混凝土施工基本顺序	106
第九节 混凝土质量检查与补强	117
第十节 装配式预应力钢筋混凝土水池施工	120
第十一节 现场浇灌钢筋混凝土管沟施工	127
第十二节 混凝土水下浇灌	130
第十三节 冷天混凝土现场浇灌施工	132
第五章 室外地下管道开槽施工	137

第一节 下管与稳管	137
第二节 管材及管道接口	139
第三节 管道工程质量检查与验收	164
第六章 室外地下管道不开槽施工	169
第一节 掘进顶管	169
第二节 挤密土层顶管	191
第三节 盾构法施工	192
第七章 管道水下铺设	202
第一节 水下沟槽开挖	202
第二节 水下管道的材料、接口、防腐和比重调节	203
第三节 管道的水下铺设方法	205
第八章 沉井工程	211
第一节 概述	211
第二节 沉井下沉计算	212
第三节 井筒制备	213
第四节 沉井下沉	214
第五节 井筒下沉的质量检查与控制	219
第六节 沉井封底	222
第九章 地下构筑物防水	223
第一节 地下排水措施	223
第二节 防渗措施	223
第十章 给水排水容器和卷焊钢管的现场制作	227
第一节 碳钢容器和管节的现场制作	227
第二节 耐腐蚀非金属容器制作	238
第十一章 给水排水构筑物和容器的防腐蚀隔绝工程	245
第一节 腐蚀理论概述	245
第二节 表面处理	246
第三节 涂膜隔绝层	248
第四节 防腐蚀衬里隔绝	249
第十二章 基本建设的程序	254
第一节 概述	254
第二节 建设任务的确定	254
第三节 初步设计	255
第四节 技术设计	257
第五节 确定建设总进度	258
第六节 施工前的技术准备	258
第七节 工程正式施工	259
第八节 试车、验收和投产	259
第十三章 施工与安装工程的定额和预算	260
第一节 施工与安装工程的定额	260
第二节 施工与安装工程的预算	265
第十四章 给水排水工程施工组织设计	268

第一节	施工组织设计内容	268
第二节	施工顺序的确定与施工方法的选择	269
第三节	施工计划的编制	272
第四节	施工与安装的技术资源供应	289
第五节	施工平面图	293

第一章 土石方工程

第一节 土的性质及分类

一、土的三相草图及物理性质

(一) 土的三相草图

土的三相组成是：固相——矿物颗粒及有机质；液相——水溶液；气相——空气。矿物颗粒构成土的骨架，空气与水填充骨架间的孔隙。土中三相组成的比例，反映了土的物理状态。取一土样，土的三相本来是混合分布的（图1-1a），但为了阐述和标记方便，将土样中三相的各部分集合起来，画出土的三相草图（图1-1b）。

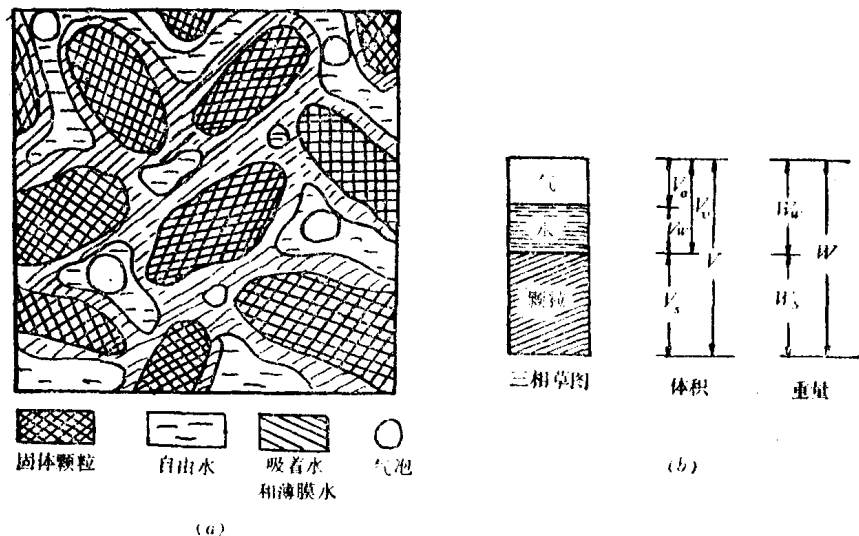


图 1-1 土的组成及三相草图

(a)土的组成；(b)土的三相草图

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 —土样的重量； W_s —土样中固体颗粒的重量； W_w —土样中水的重量

(二) 土的主要物理性质

1. 土的容重 γ

土在自然状态下单位体积的重量，称为土的容重。

单位体积内干土粒重量称为干容重，即 $\frac{W_s}{V}$ 。充水饱和的单位体积的土重量称饱和容重，即 $\frac{W_s + V_v \gamma_w}{V}$ ， γ_w 为水容重 1000 公斤/立方米。

土的容重与压密程度有关，土愈密实，容重愈大。

地下水位以下，土受浮力作用，单位体积土的容重称浸水容重或浮容重，其值为以

吨/立方米为单位的饱和容重值减1。

2. 土的天然含水量 W 和土的饱水度(润湿度) S_r

天然土内含有一定量的水分。水分以结合水、自由水和水汽三种状态存在于土内。土的天然含水量 W 又称重量含水量, 是一定体积的土内水重与颗粒重之比的百分数: $W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$ 。

土的饱水度 S_r 又称土的相对含水量, 表示土的孔隙有多少部分充满了水, 即土内水的体积与孔隙体积之比, $S_r = \frac{V_w}{V_v}$ 。

工程上根据饱水度不同, 把土分为稍湿土、湿土和饱和土三种。按地基基础设计规范规定, 饱和度在0.5以下的土称稍湿土, 饱和度在0.5~0.8为湿土, 饱和度在0.8~1为饱和土。

3. 土中固体颗粒的比重 G

土的固体颗粒单位体积的重量与水在4°C时单位体积的重量之比称土颗粒的比重:

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

式中 γ_w ——4°C时的水的单位体积重量1000公斤/立方米。

土的比重取决于土的矿物和有机物组成, 粘土颗粒比重一般为2.7~2.75, 砂土颗粒比重一般为2.65。

4. 土的孔隙度 n 和孔隙比 e

孔隙度又称孔隙量, $n = \frac{V_v}{V} \times 100\%$ 。

孔隙比又称孔隙率, $e = \frac{V_v}{V_s}$ 。

孔隙度 n 和孔隙比 e 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, 例如孔隙度为20%, 表示土体积内有20%的体积是孔隙。但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:

$$\Delta h = \frac{e_1 - e_2}{1 - e_1} h \quad (1-2)$$

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, 是根据容重、含水量和比重的实验结果, 经过计算求得。

5. 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。孔隙比 e 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。

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

砂类土密实度等级

表 1-1

土 的 名 称	密 实 度			
	密 实	中 密	稍 密	松 散
砾砂、粗砂、中砂、	$e < 0.60$	$0.60 < e \leq 0.75$	$0.75 < e \leq 0.85$	$e > 0.85$
细砂、粉砂	$e < 0.70$	$0.70 \leq e \leq 0.85$	$0.85 < e \leq 0.95$	$e > 0.95$

体积，含水量继续增加，大多数土颗粒被自由水隔开，颗粒间摩擦力减少，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，粘性土可呈四种状态：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_s 。

土的组成不同，塑限和流限也不同。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：

$$I_L = \frac{W - W_p}{W_L - W_p} \quad (1-3)$$

式中 W ——土的天然含水量；

W_p ——土的塑限；

W_L ——土的流限。

当 $I_L \leq 0$ 时，土处于固态或半固态；当 $0 < I_L \leq 1$ 时，土处于塑性状态；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：

$$I_p = W_L - W_p \quad (1-4)$$

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，即轻亚粘土 $3 < I_p \leq 10$ ，亚粘土 $10 < I_p \leq 17$ ，粘土 $I_p > 17$ 。

6. 土的渗透性

用渗透系数 K 表示。土的渗透系数大小决定于土的结构、土颗粒大小和粒径级配状况、土的密实程度等。同一种土的渗透系数是随土的紧密程度而变化的。土的渗透系数见表 1-2。但为了精确起见，渗透系数一般是实测求得。

7. 土的可松性和压密性

土经挖掘后，颗粒间的连接遭到破坏，在把土回填到沟槽内时，其体积一般也要比开挖前自然体积增大一些。土体积增加归因于土的可松性。土经挖掘后体积增加值用最初可松性系数 K_k 表示：

$$K_k = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-5)$$

土的渗透系数 K 值

表 1-2

土 的 名 称	K (米/昼夜)	土 的 名 称	K (米/昼夜)
粘 土	<0.005	粗 砂	25~75
亚 粘 土	0.005~0.4	砾 砂	50~100
亚 砂 土	0.2~0.7	砂 卵 石	75~100
粉 砂	1~2	卵 石	100~200
细 砂	2~10	砾 石	>200
中 砂	10~25		

土经回填后，体积增加值，用最后可松性系数 K'_k 表示：

$$K'_k = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-6)$$

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密实度 D 表示，即：

$$D = \frac{\gamma}{\gamma_{max}} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中 γ ——压实土的干容重；

γ_{max} ——土的最大干容重。

土的密实度和土的含水量有关。土中水没有排除，孔隙比不会减小。但是，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容重的含水量，称为土的最佳含水量。

土的最大干容重和最佳含水量的关系用击实试验求得。取一组土样，各个土样的含水量以10%或20%递增，作击实试验，测得各土样干容重，绘制干容重-含水量曲线（图1-2）。与最大干容重 γ_{max} 相应的含水量 W 即为

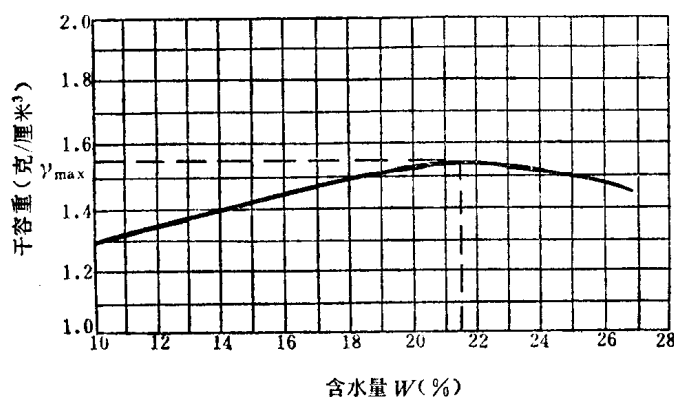


图 1-2 土的干容重与含水量关系

土样在该击实条件下的最佳含水量。

当试验的锤击次数不同，即输入压实能量不同，所绘制的干容重-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，回填土前要注水渗浸。土的自然含水量过高，应在夯实前晾晒。

8. 土的抗剪强度

如图1-3所示，土样放在面积为 A 的剪力盒内，受水平力 T 作用，在剪切面产生剪应力 τ 。 τ 随 T 的增大而增大。 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_i ；

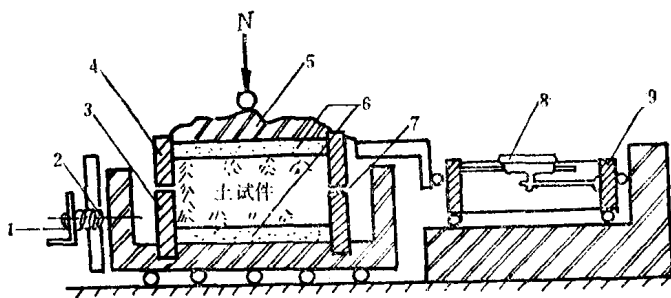


图 1-3 土的剪应力实验装置示意

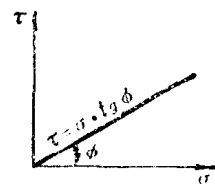


图 1-4 砂土的抗剪强度曲线

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

$$\tau_f = \frac{T'}{A} \quad (1-8)$$

如果在剪力盒上有垂直压力 N 作用，则在土样内产生法向应力 σ ：

$$\sigma = \frac{N}{A} \quad (1-9)$$

τ 与 σ 成正比。

砂是散粒体，颗粒间没有相互的粘聚作用。因此砂的抗剪强度即为颗粒间的摩擦力。

由试验求出各个 σ 、 τ 值，在直角坐标纸上将各个 σ 、 τ 点连线。连线将通过原点，如图1-4，而

$$\tau = \sigma \cdot \tan \varphi \quad (1-10)$$

φ 称为内摩擦角。

粘性土颗粒粒径很小，由于颗粒间的胶结作用和结合水的连锁作用，产生粘聚力。

粘性土抗剪强度的组成。除了内摩擦力外，还有一部分粘聚力。因此粘性土的抗剪强度为（图1-5）：

$$\tau = \sigma \tan \varphi + c \quad (1-11)$$

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

表1-3所列为砂土和粘土的内摩擦角 φ 和粘聚力 c 的经验值。

完全松散的砂土自由地堆放在地面上，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1-6。

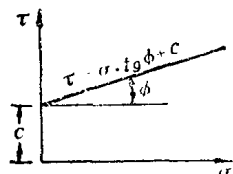


图 1-5 粘性土的抗剪强度曲线



图 1-6 挖方边坡

$$n = \frac{a}{h} \quad (1-12)$$

n 称为边坡率。对于砂土，边坡与地平面的夹角应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，使土颗粒间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，颗粒间内摩擦力减少，亦不宜采用陡坡。当沟槽上荷载较大时，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。

9. 侧土压力

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，以及其它各种挡土结构，都受到土的侧向压力（图 1-7）。这种土压力称侧土压力，或称挡土墙土压力。

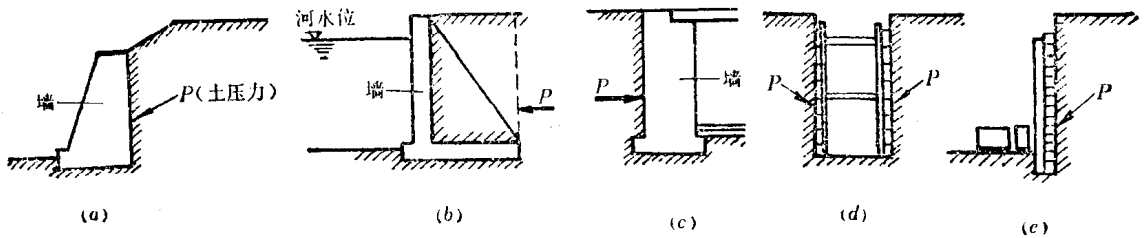


图 1-7 各种挡土结构

(a) 挡土墙；(b) 河堤；(c) 池壁；(d) 支撑；(e) 顶管工作坑后背

侧土压力 P 可由下式确定：

$$P = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot k \quad \text{公斤/米} \quad (1-13)$$

式中 γ ——土的容重，公斤/米³；

h ——挡土墙高度，米；

k ——侧土压力系数。

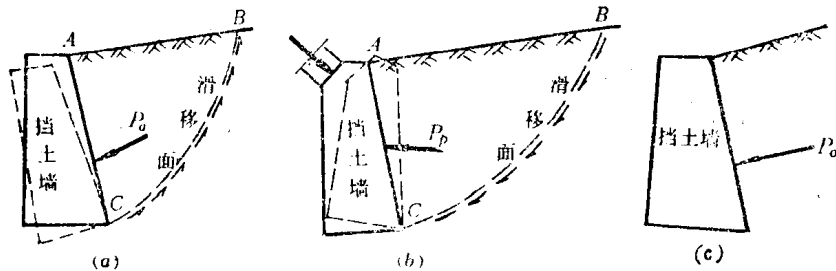


图 1-8 挡土墙位移和侧土压力作用

(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

如图 1-8 所示，在土推力作用下，挡土结构可能稍为向前移动，并绕墙角 C 转动。当挡土结构的位移量为 Δ ，导致土体 ABC 达到极限平衡状态，并将沿 BC 潜在滑移面向下滑移，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，侧土压力 P_a 称为主动土压力。假设挡土结构背是直立的，挡土结构背与土体之间

没有摩擦力，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。在这种情况下，砂性土对挡土结构的主动土压力值为：

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot k_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \text{ 公斤/米} \quad (1-14)$$

式中 γ ——土的容重，公斤/米³；

h ——挡土结构高，米；

φ ——土的内摩擦角；

k_a ——主动土压力系数。

粘性土的抗剪强度组成中还有粘聚力 c ，主动土压力 P_a 可由下式决定：

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot k_a - 2ch\sqrt{k_a} + \frac{2c^2}{\gamma} \quad (1-15)$$

式中 c ——粘土的粘聚力，公斤/米²；

其它符号意义同式 (1-14)。

挡土结构位移量在达到 Δ 过程中，潜在滑移面 BC 上的剪应力都有助于减弱土体对挡土结构的推力。

如果挡土结构在荷载作用下，推向土体 ABC ，当挡土结构的位移量达到 $-\Delta$ ，导致土体达到极限平衡状态，并将沿 BC 滑移面向上滑移，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，侧土压力 P_p 称被动土压力。砂性土对挡土结构的被动土压力值为：

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot k_p = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \text{ 公斤/米} \quad (1-16)$$

式中 k_p ——被动土压力系数；

其它符号意义同式 (1-14)。

粘性土的被动土压力值为：

$$\begin{aligned} P_p &= \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot k_p + 2ch\sqrt{k_p} \\ &= \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) + 2ch \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \end{aligned} \quad (1-17)$$

如果土体对挡土结构作用时，后者不产生位移，土体不产生滑移的趋势，亦不存在潜在滑移面，例如地下水池的池壁、地下泵房的墙壁等挡土结构所受的侧土压力称静止侧土压力 P_0 ：

$$P_0 = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot k_0 \quad (1-18)$$

式中 k_0 ——静止侧土压力系数，一般用下列经验公式求出：

$$k_0 = 1 - \sin \varphi \quad (1-19)$$

k_0 还可近似地按主动土压力系数取用，但选较小的内摩擦角 φ ；或者取用经验数值：砂土， $k_0 = 0.34 - 0.45$ ；亚粘土， $k_0 = 0.5 - 0.7$ 。

(三) 地基土的分类

按土的组成、生成年代和生成条件对土进行分类。我国《地基基础设计规范》把地基土分成五类。每类土又分成若干小类。

1. 岩石

在自然状态下颗粒间牢固连接，呈整体的或具有节理裂隙的岩体。

2. 碎石土

粒径大于 2 毫米的颗粒占全重 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、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	土的颗粒在干燥时占全部重量(%)
漂石 块石	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 200 毫米的颗粒超过全重 50%
卵石 碎石	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 20 毫米的颗粒超过全重 50%
圆砾 角砾	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 2 毫米的颗粒超过全重 50%

注：定名时应根据表中粒径分组由大到小以最先符合者确定。

砂土的分类 表 1-5

土的名称	土的颗粒在干燥时占全部重量的(%)
砾砂	粒径大于 2 毫米的颗粒占全重 25~50%
粗砂	粒径大于 0.5 毫米的颗粒超过全重 50%
中砂	粒径大于 0.25 毫米的颗粒超过全重 50%
细砂	粒径大于 0.10 毫米的颗粒超过全重 75%
粉砂	粒径大于 0.10 毫米的颗粒不超过全重 75%

(3) 冲填土

水力冲填泥砂形成的沉积土。

(四) 土的开挖难易程度分类

土方工程施工中，常按土的坚硬程度、开挖难易，将土石分为 8 类 16 级，如表 1-6 所列。

土的工程分类 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
一类土 (松软土)	I	砂，轻亚粘土，冲积砂土层，种植土；泥炭(淤泥)	能用锹挖掘
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	用锹挖掘，少许用镐翻松
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，少许用锹挖掘，部分用撬棍

3. 砂土

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

砂土根据粒径和占全重的百分率不同，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 $I_p > 3$ 的土，按塑性指数 I_p 分为轻亚粘土、亚粘土和粘土。

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，又名压实填土。

(2) 杂填土

含有建筑垃圾、工业废料、生活垃圾等杂物的填土。

续表

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
四 类 土 (砂砾坚土)	IV	重粘土及含碎石、卵石的粘土；密实的黄土；砂土	整个用镐及撬棍，然后用锹挖掘，部分用楔子及大锤
五 类 土 (软石)	V-VI	硬石炭纪粘土；中等密实的灰岩；泥炭岩；白垩土	用镐或撬棍大锤挖掘，部分使用爆破方法
六 类 土 (次岩石)	VII-X	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
七 类 土 (坚石)	X-XIII	大理岩；辉绿岩；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
八 类 土 (特坚石)	XIV-XVI	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	用爆破方法开挖

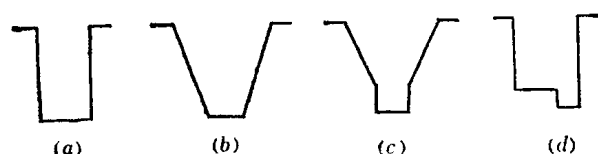


图 1-9 沟槽断面种类

(a)直槽；(b)梯形槽；(c)混合槽；(d)联合槽

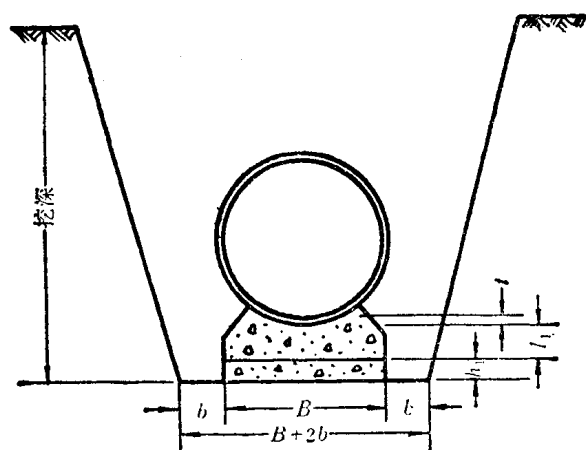


图 1-10 沟槽底宽和挖深

B—管基础宽度；b—槽底工作宽度；t—管壁厚；
 l_1 —管座厚度； h_1 —基础厚度

第二节 沟槽断面的选择与土方量计算

一、沟槽断面的确定

沟槽断面的形式有直槽、梯形槽和混合槽等。还有一种二条或多于二条管道埋设同一槽内的联合槽（图1-9）。

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、施工方法、施工环境、管道断面尺寸和埋深等。

沟槽底宽由下式决定（图1-10）：

$$W = B + 2b \quad (1-20)$$

式中 B——管道基础宽度，米；

b——工作宽度，米。

工作宽度可根据管径大小确定。

沟槽开挖深度按管道设计纵断面确定。