

水工钢筋混凝土结构

下 册

水利电力出版社

水工钢筋混凝土结构

下 册

华东水利学院 大连工学院 西北农学院

水利电力出版社

内 容 提 要

《水工钢筋混凝土结构》一书分上下两册出版。本书为下册，主要介绍挡土墙、水管、桥、渡槽、水闸和水电站厂房等结构计算方法和有关构造，并附有一些设计实例及计算图表以供参考使用。本书可供从事中小型水利水电工程设计同志参考。

水工钢筋混凝土结构

下 册

华东水利学院 大连工学院 西北农学院

*

水利电力出版社出版

(北京德胜门外大街)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

七二一九工厂印刷

*

1975年10月北京第一版

1977年10月甘肃第二次印刷

印数53761—86825册 每册2.85元

书号 15143·3158

目 录

第十三章 挡土墙	1
13-1 挡土墙的类型及其稳定	1
13-2 悬臂式挡土墙	8
13-3 扶壁式挡土墙	10
13-4 重力式挡土墙	13
13-5 连拱空箱式挡土墙	21
第十四章 圆形水管与涵洞	31
14-1 概 述	31
14-2 作用于圆管上的荷载	33
14-3 圆管的计算	41
14-4 钢筋混凝土圆管的构造和接头	57
14-5 预应力钢筋混凝土压力水管	60
14-6 镇墩的计算	72
14-7 涵洞的构造与计算	81
第十五章 渡 槽	90
15-1 渡槽的构造概述	90
15-2 渡槽结构的计算荷载	100
15-3 矩形断面梁式渡槽	101
15-4 U形断面薄壳渡槽	120
15-5 石拱渡槽	140
15-6 肋拱渡槽	157
15-7 双曲拱渡槽	169
15-8 拱式渡槽的施工及施工验算	179
15-9 渡槽的下部结构	185
15-10 钻孔桩排架(基础)	208
第十六章 钢筋混凝土公路桥	229
16-1 概 述	229
16-2 桥梁的设计荷载与外力	232
16-3 钢筋混凝土受弯构件的计算	239
16-4 钢筋混凝土板桥	247
16-5 钢筋混凝土梁式桥	263
16-6 钢筋混凝土梁(板)式桥的支座	282
16-7 拱 桥	286
第十七章 水 闸	301
17-1 水闸的组成和稳定计算	301

17-2	工作桥及支架	306
17-3	胸 墙	315
17-4	闸 墩	318
17-5	平底板	331
17-6	倒拱底板	347
17-7	钻孔桩基础底板	359
17-8	小型水闸	373
第十八章	闸 门	386
18-1	概 述	386
18-2	梁板式平面闸门	386
18-3	钢丝网水泥波形面板闸门	390
18-4	立拱闸门与圆柱体短壳闸门	395
18-5	预应力混凝土闸门	401
18-6	双曲扁壳闸门	412
18-7	其他结构型式的闸门	436
18-8	闸门的辅助部件	443
第十九章	水电站厂房结构	456
19-1	厂房的结构型式尺寸	456
19-2	发电机层和安装间楼板的计算与构造	464
19-3	水电站厂房的吊车梁	467
19-4	主厂房构架计算	481
19-5	机墩结构计算	487
19-6	蜗壳计算	512
19-7	尾水管结构计算	521
附录Ⅲ	公路桥涵标准车辆等代荷载	
	三角形影响线等代荷载表	533
附录Ⅳ	按容许应力法计算单筋矩形截面的计算系数表	537
附表Ⅳ-1	$n = \frac{E_s}{E_h} = 8$ 时, C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 及 μ 值	537
附表Ⅳ-2	$n = \frac{E_s}{E_h} = 10$ 时, C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 及 μ 值	538
附表Ⅳ-3	$n = \frac{E_s}{E_h} = 15$ 时, C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 及 μ 值	539
附录Ⅴ	铰接板(梁)桥荷载横向分布影响线竖标计算表	539
附录Ⅵ	弹性基础梁计算表(郭氏表)	553
附表Ⅵ-1	短梁受匀布荷载($t \leq 50$)	553
附表Ⅵ-2	短梁受集中荷载($t \leq 10$)	555
附表Ⅵ-3	短梁受力偶荷载($t \leq 10$)	566
附录Ⅶ	弹性基础梁边荷载计算表	576
附录Ⅷ	单孔固端圆拱梁承受均布荷载q及中间截面受集中荷载P的系数表	587

附录Ⅹ 环形板计算表587

附表Ⅹ-1 决定环形板(外周固定、内周自由)由匀布荷载所引起的径向弯矩(M_r^q)用的
系数 K_r^q 泊桑比: $\mu=1/5$; $M_r^q=qa^2K_r^q$ 587

附表Ⅹ-2 决定环形板(外周固定、内周自由)由匀布荷载所引起的切向弯矩(M_θ^q)用的
系数 K_θ^q 泊桑比: $\mu=1/5$; $M_\theta^q=qa^2K_\theta^q$ 588

附表Ⅹ-3 决定内周为自由端的环形板在下列荷载作用下,内周边转角和挠度的系数表588

附表Ⅹ-4 决定环形板(外周固定、内周自由)沿内周边上作用强度为 P 的集中荷载时的
径向弯矩(M_r^p)用的系数 K_r^p 泊桑比: $\mu=1/5$; $M_r^p=pbK_r^p$ 588

附表Ⅹ-5 决定环形板(外周固定、内周自由)沿内周边上作用强度为 P 的集中荷载时环形
板中的切向弯矩(M_θ^p)用的系数 K_θ^p 泊桑比: $\mu=1/5$; $M_\theta^p=pbK_\theta^p$ 589

附表Ⅹ-6 决定环形板(外周固定、内周自由)由作用在内周边上的弯矩 M 所引起的径向
弯矩 M_r^M 用的系数 K_r^M 泊桑比: $\mu=1/5$; $M_r^M=MK_r^M$ 589

附表Ⅹ-7 决定环形板(外周固定、内周自由)中由作用在内周边上的弯矩 M 所引起的切
向弯矩 M_θ^M 用的系数 K_θ^M 泊桑比: $\mu=1/5$; $M_\theta^M=MK_\theta^M$ 589

附录Ⅺ590

附表Ⅺ-1 考虑剪切变形时杆件的载常数(固端弯矩 M 及固端剪力 Q)计算公式表590

附表Ⅺ-2 考虑剪切变形时杆件的形常数计算公式表593

附录Ⅻ594

附表Ⅻ-1 承受均布荷载和自重的单跨简支(正方形)深梁594

附表Ⅻ-2 承受均布荷载的两端固定的单跨深梁596

附表Ⅻ-3 承受均布荷载的多跨深梁597

附录ⅩⅠ 等截面框架内力计算公式600

附表ⅩⅠ-1 门式刚架内力计算公式600

附表ⅩⅠ-2 单孔箱形框架内力计算公式601

附表ⅩⅠ-3 双孔箱形框架内力计算公式602

附录ⅩⅡ 钻孔桩计算用表605

附表ⅩⅡ-1 按“ K 法”计算的 m 、 n 值605

附表ⅩⅡ-2 按“ K 法”计算的 $F_1(\alpha_1x)$ 、 $F_2(\alpha_1x)$ 、 $F_3(\alpha_1x)$ 和 $F_4(\alpha_1x)$ 值605

附表ⅩⅡ-3 按“ m 法”计算用表606

附录ⅩⅢ 等截面圆弧无铰拱计算用表607

附表ⅩⅢ-1 弹性中心荷载内力计算系数表607

附表ⅩⅢ-2 半跨拱圈荷载在1/4拱弧及拱脚的内力计算表608

附录ⅩⅣ 等截面悬链线无铰拱计算用表609

附表ⅩⅣ-1 拱轴坐标 $\frac{y_1}{f}$ 表($y_1=[\text{表值}]\times f$)609

附表ⅩⅣ-2 $1000\frac{l}{f}\text{tg}\varphi$ 值($\text{tg}\varphi=[\text{表值}]\times\frac{f}{1000l}$)609

附表ⅩⅣ-3 不考虑弹性压缩时,由于荷载产生的水平推力 H_0 及垂直反力 V_0 表($H_0=K_0\frac{g_d l^2}{f}$,
 $V_0=K_0'g_d l$)610

附表XXIV-4	弹性中心位置 $\frac{y_s}{f}$ 值表 ($y_s=[\text{表值}] \times f$)	610
附表XXIV-5	θ 值表 $\left(\int_s \frac{y^2 ds}{EI} = \theta \frac{lf^2}{EI}\right)$	610
附表XXIV-6	$\frac{1}{\nu_1}$ 值	611
附表XXIV-7	$\frac{1}{\nu}$ 值	611
附表XXIV-8	计算拱圈自重作用下的弯矩用系数 $\bar{V}_1$ 值	611
附表XXIV-9	计算拱圈自重作用下的水平力用系数 $\bar{V}_2$ 值	612
附表XXIV-10	等截面悬链线拱由于半拱悬臂自重合力 P ,及其对跨径1/4点力矩(M_p)与拱脚力矩(M_s)表	612
附表XXIV-11	等截面悬链线无铰拱在均布荷载作用下拱顶弯矩系数 K_1	613
附表XXIV-12	等截面悬链线无铰拱在均布荷载作用下拱顶水平推力系数 K_2	613
附录XXV	变截面悬链线无铰拱计算用表	613
附表XXV-1	确定拱轴各点矩形截面厚度用 C 值表	613
附表XXV-2	弹性中心位置 $\frac{y_s}{f}$ 值表 ($y_s=[\text{表值}] \times f$)	614
附表XXV-3	θ 值表 $\left(\int_s \frac{y^2 ds}{EI} = \theta \frac{lf^2}{EI_d}\right)$	614
附表XXV-4	ν_1 值表	614
附表XXV-5	ν 值表	615
附表XXV-6	变截面悬链线无铰拱在均布荷载作用下拱顶弯矩系数 K_1	615
附表XXV-7	变截面悬链线无铰拱在均布荷载作用下拱顶水平推力系数 K_2	615
附录XXVI	圆弧、弓形、拱波形、内边圆曲线形的几何特性表	616
附录XXVII	混凝土、砖石及混凝土预制块砌体的许可应力、弹性模量	618
附表XXVII-1	砖石及混凝土预制块砌体受压弹性模量(公斤/厘米 ²)	618
附表XXVII-2	混凝土许可应力(公斤/厘米 ²)	619
附表XXVII-3	石料许可应力(公斤/厘米 ²)	619
附表XXVII-4	砖石及混凝土预制块砌体的许可轴心受压应力 $[\sigma_a]$ (公斤/厘米 ²)	619
附表XXVII-5	砖石及混凝土预制块砌体许可直接剪应力、弯曲拉应力和拉应力 (公斤/厘米 ²)	620
附表XXVII-6	规则块材许可直接剪应力 $[\sigma_s]$ (公斤/厘米 ²)	621
附表XXVII-7	小石子混凝土砌体的许可轴心受压应力 $[\sigma_a]$ (公斤/厘米 ²)	621
附表XXVII-8	小石子混凝土砌体许可直接剪应力和弯曲拉应力(公斤/厘米 ²)	621
附表XXVII-9	片石混凝土砌体许可应力(公斤/厘米 ²)	622
附表XXVII-10	各种荷载组合情况下材料许可应力提高系数	622

第 十 三 章

挡 土 墙

13-1 挡土墙的类型及其稳定

1. 挡 土 墙 的 型 式

挡土墙是阻止土壤崩坍的建筑物，在水利工程中应用极为广泛。依据结构外型与所采用的建筑材料的不同，它的型式是多种多样的。在工程中常用的主要有：重力式、悬臂式、扶壁式、空箱式、板桩式或装配式等几种。

上述第一种型式属于混凝土或砖石的大体积结构，后几种型式则属于钢筋混凝土轻型结构的范畴。

无产阶级文化大革命以来，我国工人阶级遵照毛主席关于“人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进”的教导，还创造了连拱空箱式、空心重力式，以及一些新型的装配式挡土墙，在江苏、山东等地的水利工程中广泛采用。这些新型结构具有材料省、施工方便、造价低等特点，这对加快施工进度，多快好省地建设水利工程有其重大的意义。

现将各种类型挡土墙的特点简要说明如下：

1. 重力式挡土墙

重力式挡土墙主要依靠其自重来保证土压力作用下的稳定性。由于结构体积和重量都较大，在软基上它的建筑高度往往受地基承载力的限制而不能筑得太高；在岩基上虽不受地基承载力的限制，但太高了耗费材料较多，也不经济，因此常在挡土高度不大时采用。

重力式挡土墙可用砖、石或混凝土建造而成，一般做成简单的梯形截面(图13-1, *a*)，它的优点是可以就地取材，施工方便。为了节约材料，不少地区的小型水利工地，常在挡土墙内做若干矩形或圆形空洞(图13-1, *b*)，在其中填土夯实以达到稳定的目的。当墙较高时，可做成半重力式(图13-2, *a*、*b*)和衡重式(图13-2, *c*、*d*)挡土墙，半重力式挡土墙墙身截面较小，常用混凝土建造，并在强度不够的地方配置钢筋；衡重式挡土墙可利用减重台上的填土重增加墙身的稳定，并使地基应力分布比较均匀，在材料用量上后者要比简单的梯形截面减少10~20%。

2. 悬臂式与扶壁式挡土墙

悬臂式与扶壁式挡土墙是钢筋混凝土挡土墙中最常用的两种型式，墙体的本身稳定性主要依靠底板上的填土重量来保证，它们都属于轻型结构。根据一般经验，挡土高度在8米以下时采用悬臂式(图13-3, *a*)较为有利，挡土高度大于9~10米时，则扶壁式(图

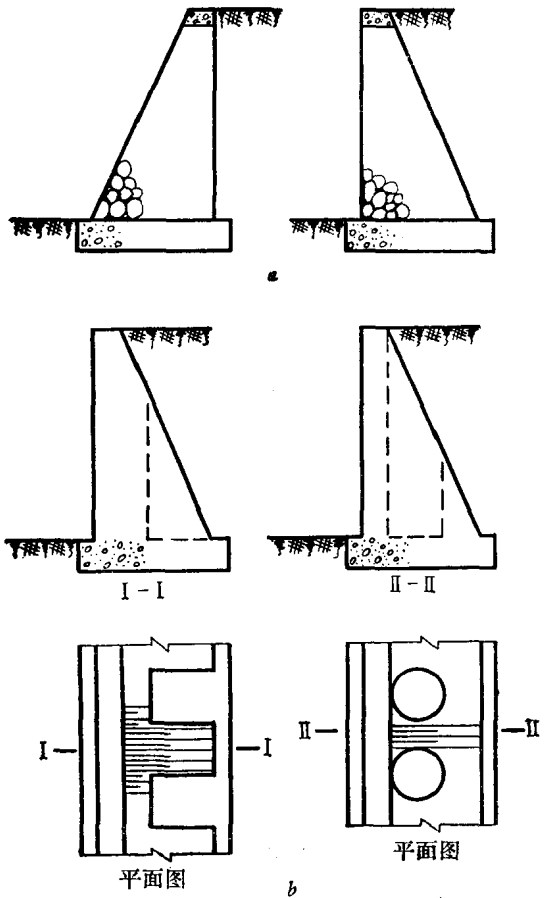


图 13-1 重力式挡土墙

不用帽梁、拉杆和锚板，其稳定性直接由打入下层地基中的板桩保证。板桩式挡土墙的特点是：构造形式简单，构件可以预制，并可采用预应力。这种型式常用于船闸闸室的岸壁及船坞坞墙与翼墙等处。

13-3, b) 更为经济。

3. 空箱式挡土墙

空箱式挡土墙是扶壁式挡土墙的特殊型式，即在挡土的立板之外，再建造一道或几道立板，在内外立板与扶壁（亦称隔墙）之间形成若干舱格，有如空箱形式，通常称它为空箱式挡土墙，其结构型式如图13-4所示。

空箱式挡土墙具有底板宽度大，墙外水位剧烈变化时地基反力分布比较均匀等特点。解放初期，在淮河流域及长江下游等平原地区内，曾有不少水闸的岸墙、翼墙、船闸闸首之岸墙，采用了这种结构型式。但是空箱式挡土墙结构复杂，施工期长，其工程量远比普通扶壁式挡土墙为多，造价较高，故用者日少，无产阶级文化大革命以来，钢筋混凝土空箱式挡土墙几乎多为连拱空箱式挡土墙所代替。

4. 板桩式挡土墙

板桩式挡土墙是由板桩、帽梁、拉杆和锚板等构件组成（图13-5）。其稳定性主要由锚板来保证。当挡土墙不高时，可

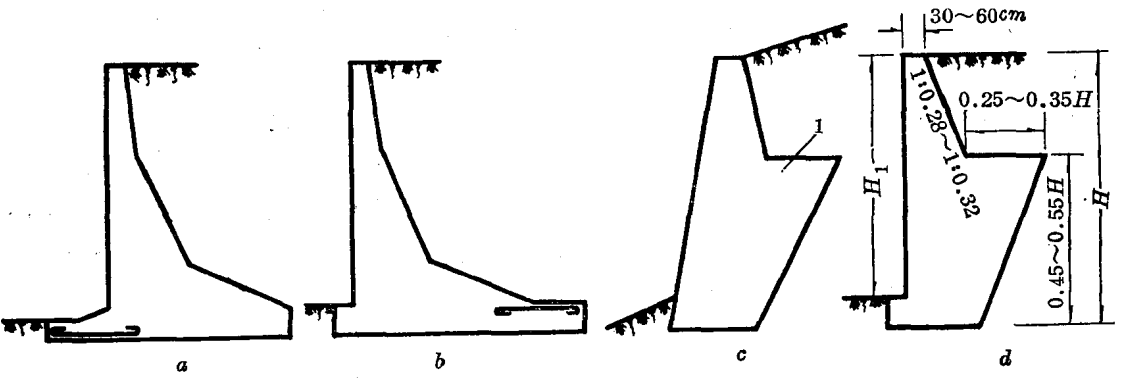


图 13-2

a、b—半重力式挡土墙；c、d—衡重式挡土墙；1—减重台

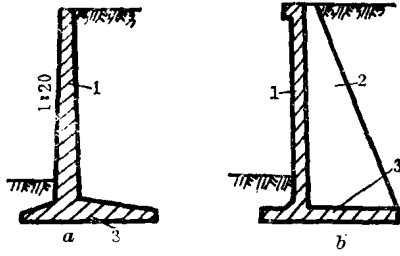


图 13-3 悬臂式及扶壁式挡土墙
1—立板；2—扶壁；3—底板

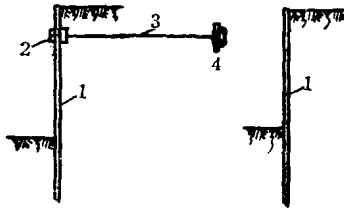


图 13-5

1—板桩；2—帽梁；3—拉杆；4—锚板

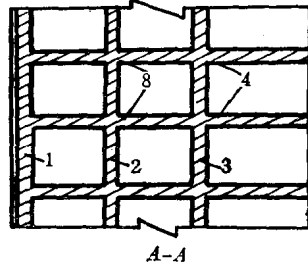
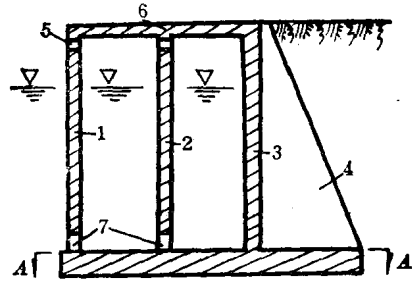


图 13-4 空箱式挡土墙

1—外立板；2—中立板；3—内立板；4—扶壁；5—气孔；6—顶盖；7—排水孔；8—隔墙

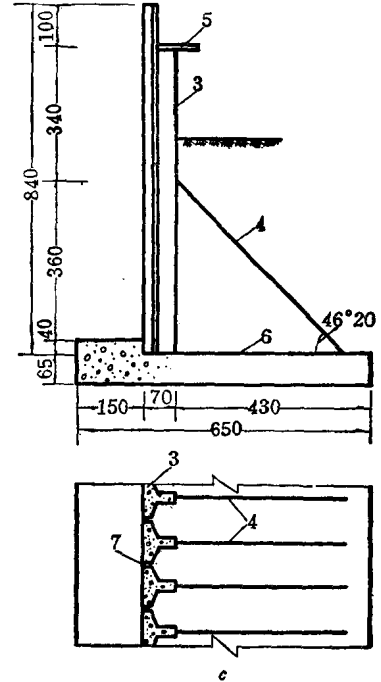
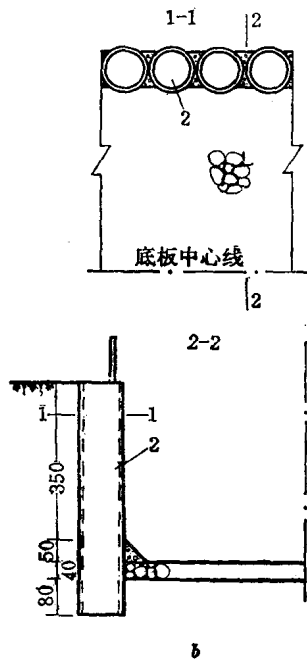
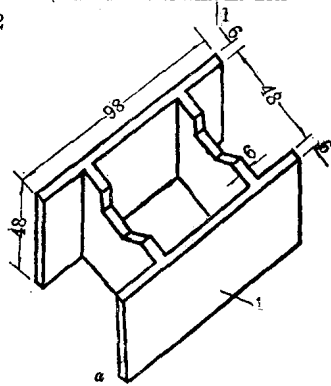
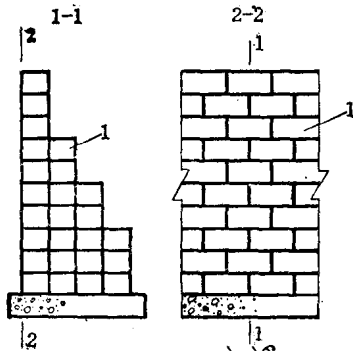


图 13-6

1—混凝土预制块；2—混凝土管；3—预制立板；4—预应力拉杆；5—人行道板；6—现浇底板；7—沥青填缝

5. 装配式挡土墙

装配式挡土墙是将预先制作好的构件运至施工现场拼装而成，它的优点是施工速度快。图13-6, a所示为空心混凝土预制块拼装而成的重力式挡土墙。施工时应逐层进行，当第一层铺好后，应在孔中填土夯实，再将混凝土表面清洗干净，然后座浆铺设第二层，铺设时

和砌砖一样，层与层之间的混凝土块应该错缝，以保证挡土墙的整体性。图13-6, b所示涵管装配式挡土墙，适宜作为小型水闸及船闸的岸墙和翼墙，施工时先将预制的（也可现浇）圆管埋入地下70~100厘米，然后在两管之间浇混凝土使之成为整体。此种挡土墙以闸室底板为支撑，因此常在底板与挡土墙的交界处做贴角。墙背填土后，圆管承受了土压力，位于闸底板以上部分的圆管承受主动土压力；而低于闸底板以下部分的圆管承受被动土压力。涵管式挡土墙最大的特点是，它本身不需用底板，仅借助于闸底板的支撑，并充分利用混凝土圆管的强度，来保证它的稳定。因此总造价较低，根据某些地区的统计，涵管式挡土墙造价可比浆砌石挡土墙节约投资约40%。

图13-6, c为辽宁某工程的挡土墙，底板为现浇混凝土，立板用预制的T形截面构件，拉杆用预应力钢筋混凝土，采用了现浇和预制相结合的方式，该型式挡土墙比悬臂式及扶壁式更为节省，但缺点是接缝多，对水下结构需要采取特殊措施。

6. 连拱空箱式挡土墙

连拱空箱式挡土墙（图13-7）由前墙、隔墙、拱圈和底板组成，一般前墙和隔墙采用砌石，拱圈采用预制混凝土拱片，底板则多采用混凝土。从结构型式上说它与钢筋混凝土空箱式挡土墙属于同一类型，但将受弯的内立板改为以受压为主的立拱，使其受力更为合理，并根据结构不同部位的受力特点，用砌石和混凝土代替了钢筋混凝土，这样不但节约材料，而且施工方便。

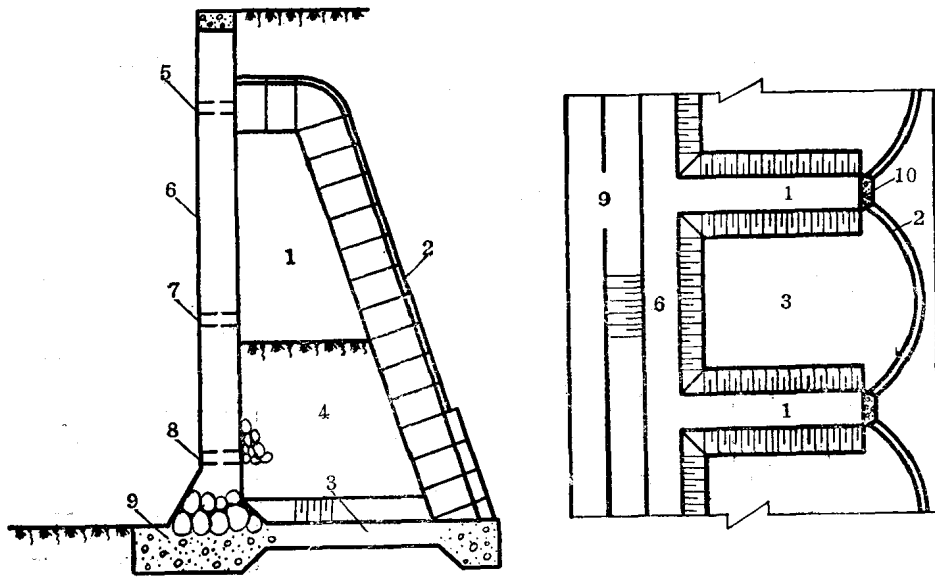


图 13-7 连拱空箱式挡土墙

1—隔墙；2—预制混凝土拱圈；3—底板；4—填土；5—气孔；6—前墙；7—进水孔；8—排水孔；9—前趾；
10—100#现浇混凝土填塞

上述各种类型的挡土墙（板桩式除外），在侧向土压力及水压力作用下，需先验算抗滑、抗倾稳定性，然后验算挡土墙本身的强度，要求挡土墙在各种条件下不遭破坏。对于特别重要的水闸岸墙及船闸闸首，还要验算墙的变形，以免沉降及倾斜过大，影响闸门启闭。

2. 挡土墙的稳定计算

1. 土压力

土压力是挡土墙承受的主要荷载，它的大小与土壤性质、含水量、填土质量以及挡土墙型式等因素有关，迄今尚未取得很完善的解决办法。目前工程设计中所习用者有库伦和朗肯土压力理论，试验证明，库伦土压力理论的主动土压力计算结果比较接近实际，但计算较繁琐。当填土表面水平、内摩擦角小、墙背垂直而光滑的情况下，朗肯土压力理论的计算结果亦能接近实际，现将两种计算土压力的公式简列如下：

(1) 库伦公式

墙顶 a 点水平土压力强度 (图13-8, a)

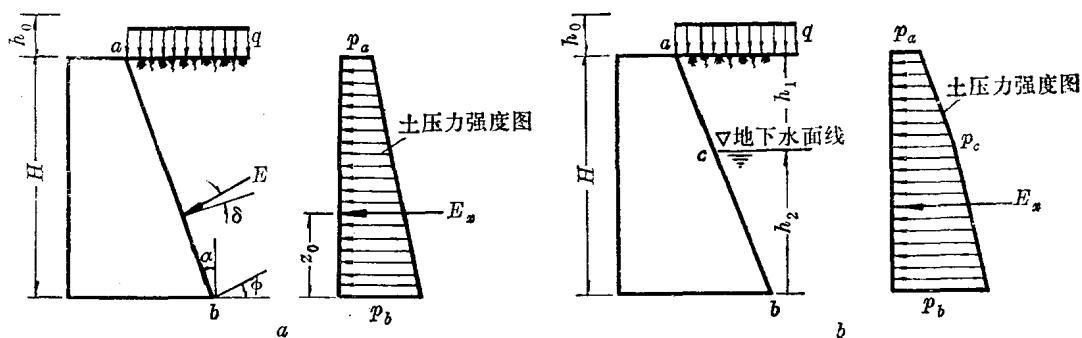


图 13-8

$$p_a = \gamma h_0 K \cos(\alpha + \delta) \quad (13-1)$$

墙底 b 点水平土压力强度

$$p_b = \gamma(H + h_0) K \cos(\alpha + \delta) \quad (13-2)$$

水平土压力合力

$$E_x = \frac{1}{2} \gamma H (2h_0 + H) K \cos(\alpha + \delta) \quad (13-3)$$

水平土压力合力距墙底 b 点的垂直距离

$$z_0 = \frac{H}{3} \frac{2p_a + p_b}{p_a + p_b} \quad (13-4)$$

上列诸式中，系数 K 由下式得出

$$K = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin \phi}{\sin(90^\circ - \alpha - \delta) \cos \alpha}} \right]^2 \sin(90^\circ - \alpha - \delta) \cos^2 \alpha}$$

式中 $h_0 = \frac{q}{\gamma}$;

q ——地面的均布荷载 (吨/米²);

γ ——土壤容重 (吨/米³) ;

α ——墙背与垂直线的交角;

δ ——土壤与墙背的摩擦角, 一般选取 $0^\circ \sim 15^\circ$, 墙背光滑时取 $\delta = 0$;

ϕ ——土壤内摩擦角, 砂及砂卵石 $\phi \geq 35^\circ$, 粘性土的内摩擦角 ϕ 值变化幅度较大, 并考虑凝聚力 c 的影响, 为计算方便, 常将 c 值折算为等值内摩擦角 ϕ_D , 对于中小型挡土墙, 一般采用 $25^\circ \sim 30^\circ$, 设计高的挡土墙以及重要建筑物中的挡土墙时, ϕ 值常由试验决定。

在水利工程中, 如水闸、船闸闸室的岸墙、翼墙, 墙后有地下水 (图13-8, b), 这种情况地下水以下的土压力计算与上列各式略有不同。

$$p_a = \gamma h_0 K \cos(\alpha + \delta) \quad (13-5)$$

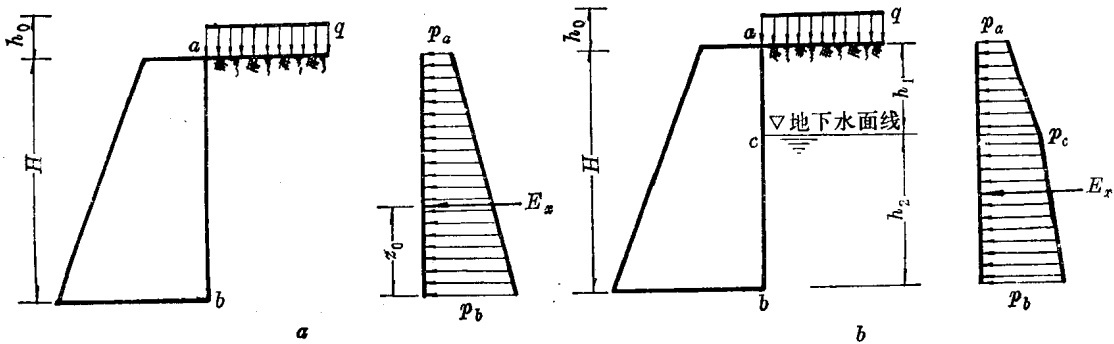
$$p_c = \gamma(h_1 + h_0) K \cos(\alpha + \delta) \quad (13-6)$$

$$p_b = \gamma_{\text{浮}}[(h_1 + h_0) \frac{\gamma}{\gamma_{\text{浮}}} + h_2] K \cos(\alpha + \delta) \quad (13-7)$$

式中 $\gamma_{\text{浮}}$ ——土壤浮容重。

(2) 朗肯公式

墙顶 a 点水平土压力强度 (图13-9, a)



$$p_a = \gamma h_0 \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (13-8)$$

墙底 b 点水平土压力强度

$$p_b = \gamma(h_0 + H) \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (13-9)$$

水平土压力的合力

$$E_x = \frac{1}{2} \gamma H (2h_0 + H) \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (13-10)$$

当挡土墙墙后有地下水时 (图13-9, b)

$$p_a = \gamma h_0 \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (13-11)$$

$$p_c = \gamma(h_0 + h_1) \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (13-12)$$

$$p_b = \gamma_{\#} \left[(h_0 + h_1) \frac{\gamma}{\gamma_{\#}} + h_2 \right] \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (13-13)$$

从上述两种计算理论可知,用朗肯公式计算主动土压力比较简单,但它有很大的近似性。

2. 挡土墙的稳定计算

一般钢筋混凝土挡土墙靠其自重及墙后底板上部的填土重来保证其稳定。作用于挡土墙上的荷载可分解为垂直向 ΣG 与水平向 ΣE 两组力。垂直向荷载 ΣG (图 13-10) 包括: 墙自重 G_1 、墙后填土重 G_2 (包括地面活荷载 q)、墙后地下水水重 G_3 、墙基下浮托力和渗透压力的合力 G_4 、土压力的垂直分力 E_y 等; 水平向荷载 ΣE 包括: 墙后填土的水平土压力 E_1 (包括地面活荷载 q 的影响)、墙后水压力 E_3 、墙前填土压力 E_2 (因数值较小,同时对结构稳定产生有利的影响,一般不予计算)、墙前水压力 E_4 等。

在计算稳定时,应考虑上述荷载的各种最不利的组合。

(1) 抗倾稳定 设 M_0 为各力 (包括 E_1 、 E_3 、 G_1) 对墙前缘 A 点 (图 13-10) 的力矩,称为倾复力矩,倾复力矩使墙身倾复; M_y 为各力 (包括 G_1 、 G_2 、 G_3 、 E_4 、 E_y) 对 A 点的抗倾力矩,抗倾力矩起抵抗墙身倾复的作用。因此,为保证墙不倾复,必须满足:

$$\frac{M_y}{M_0} \geq k_0 \quad (13-14)$$

式中 k_0 ——抗倾安全系数,在基本荷载组合下一般取用 1.2~1.3,如为特殊荷载组合, k_0 可降低到 1.05~1.1。

(2) 抗滑稳定 挡土墙的抗滑稳定是依靠墙与地基间的摩阻力来保证的。若墙底与地基之间的摩擦系数为 f ,则须满足:

$$\frac{f \cdot \Sigma G}{\Sigma E} \geq k_c \quad (13-15)$$

式中 k_c ——抗滑安全系数,取值同 k_0 ;

$$\Sigma G = G_1 + G_2 + G_3 + E_y - G_4;$$

$$\Sigma E = E_1 + E_3 - E_2 - E_4;$$

f ——摩擦系数,可参考表 17-1 选用。

若抗滑与抗倾不能满足时,一般可采取下列几种措施: a) 加宽墙底板,增加底板上的有效重量; b) 采用墙后排水,减少侧向水压力及土压力; c) 墙后填以摩擦角较大的

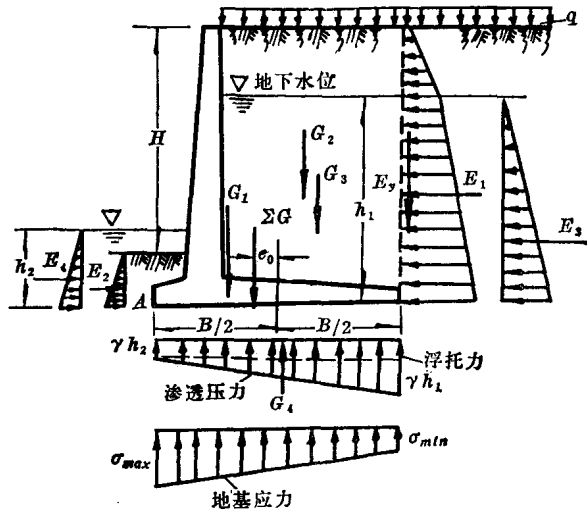


图 13-10

土料；d) 将底板做成倾斜面（图13-22）或锯齿形，提高挡土墙抵抗滑动的能力。

(3) 地基承载力的验算 最大地基应力常在使用时期墙内、外水位差最大时出现，也可能在刚竣工墙前无水时出现，由图13-11, a, 可以看出，外力合力作用点离开底板中心的偏心距

$$e_0 = \frac{B}{2} - a = \frac{B}{2} - \frac{M_y - M_0}{\Sigma G}$$

因此，单位长的墙在垂直压力 ΣG 作用下，墙底前后缘的地基应力为：

$$\sigma_{\max/\min} = \frac{\Sigma G}{B} \left(1 \pm \frac{6e_0}{B} \right) \quad (13-16)$$

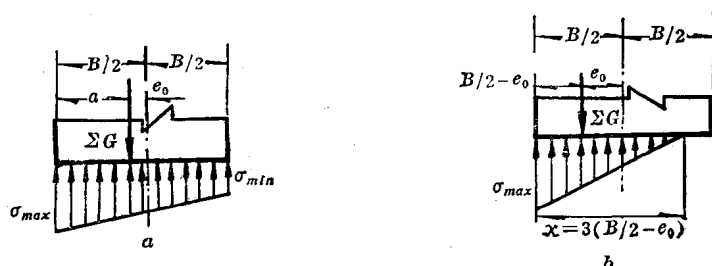


图 13-11

最大的地基应力应不大于地基允许承载力，最小地基应力应不小于零，即地基全部受压（此时 $e_0 \leq \frac{B}{6}$ ）。在大型挡土墙中，为了避免地基产生过大的不均匀沉陷，一般常限制 $\sigma_{\max}/\sigma_{\min} \leq 1.5 \sim 2$ （砂土地基）或 $\leq 1.2 \sim 1.5$ （粘土地基）。

只有在特殊荷载作用下或挡土墙属于建筑物的次要部位以及临时性挡土墙中，才允许 $e_0 > \frac{B}{6}$ （图13-11, b），但亦不能大于 $\frac{B}{4}$ 。当 $e_0 > \frac{B}{6}$ 时， $\sigma_{\max}$ 按下式计算：

$$\sigma_{\max} = \frac{2\Sigma G}{3(B/2 - e_0) \times 1} \quad (13-17)$$

13-2 悬臂式挡土墙

1. 悬臂式挡土墙的尺寸估计

悬臂式挡土墙由立板与底板两部分组成（图13-13）。立板顶端厚度一般不小于15厘米，以便浇筑混凝土；底端厚度由计算决定。为了便于施工，立板内面常做成垂直面，立板外侧可做成15:1~20:1坡面。在挡土墙高度不大时，立板也可做成等厚度。底板一般做成变厚度的，底面做成水平，顶面则自立板处向两边倾斜。底板靠立板处的厚度常取为墙高的1/10~1/14，底板前后边缘厚度一般不小于20厘米。

底板宽度 B 由稳定计算决定, 一般取为挡土墙高度 H 的 $0.6 \sim 0.8$ 倍, 墙后地下水位很高且地基软弱时, B/H 之比可能达到 1。底板伸出在立板以外的部分称为外底板。外底板长度 K (图13-12) 也由稳定计算决定, 一般 $K/B = 0.15 \sim 0.3$ 。位于立板以内的底板称为内底板。

挡土墙的高度为挡土高与墙的埋置深度之总和。埋置深度决定于气候条件和地基的好坏。必须将底板底面筑在冰冻线以下; 在软基上, 因表土常为耕土和松土, 基础埋置深度不宜小于 $80 \sim 100$ 厘米, 若基土较好或在岩基上, 埋置深度可适当减少。

2. 立板计算

立板为固定在底板上的悬臂板, 主要承受墙后土压力与地下水压力, 墙前埋置部分的土压力在计算中多不考虑, 立板自重可略去不计, 因此立板按受弯构件计算。除强度计算外, 立板底端还应验算裂缝开展宽度。

立板受力钢筋沿立板内侧垂直放置, 直径一般不宜小于 12 毫米, 底部的间距一般采用 $10 \sim 15$ 厘米。因立板承受的弯矩越往上部越小, 所以不必将全部受力钢筋伸至顶端, 而可在不同高程上分别计算几个截面所需的钢筋面积, 绘出钢筋面积与高程的关系曲线, 根据此曲线在一定高程切断部分钢筋, 切断的部位应在理论切断点加上钢筋锚着长度 $l_m = l_d - 5d$ (l_d 查表 1-10), 一般也可取为 $25d \sim 30d$ (见图13-13)。当墙较高时, 可将钢筋分别在不同高程切断二次, 仅将 $1/4 \sim 1/3$ 的受力钢筋延伸到板顶, 但伸到板顶的钢筋间距不应大于 50 厘米。在垂直于受力钢筋的方向, 应配置不小于 $\phi 6$ 的分布钢筋, 其间距不大于 $40 \sim 50$ 厘米, 面积不小于底端受力钢筋面积的 10%。

特别重要的挡土墙, 在墙面有时也按构造配置少量钢筋或钢丝网, 提高混凝土表层抵抗温度变化和收缩的能力, 以防止混凝土表层出现过宽裂缝。

3. 底板计算

底板的内底板与外底板都是以立板底部为固定端的悬臂板。底板承受: 地基反力、地下水浮托力和渗透压力、板上填土重和水重、板自重等荷载。将上述各力迭加后即得出作用在底板上的荷载分布图形, 一般情况下, 底板荷载分布如图13-12所示。内底板所受的荷载向下, 底板顶面受拉, 受力钢筋放在上侧; 外底板则相反, 受力钢筋放在板下侧。底板计算原则与立板相同, 惟底板底部的钢筋保护层应不小于 7 厘米。

为了构造协调, 便于施工, 底板受力钢筋的间距最好取与立板钢筋的间距相同或为其整倍数。也可将立板底部受力钢筋的一半或全部弯过来作为外底板受力钢筋 (图13-13)。内底板钢筋也可在离固端一定距离处切断一半。立板与内底板连接处常做贴角加固, 并配以构造钢筋, 其直径和间距可与内底板钢筋一致。底板也应配置分布钢筋, 其要求与立板相同。图13-13为一悬臂式挡土墙配筋示意图。

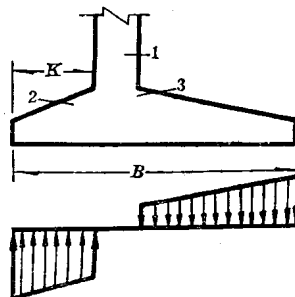


图 13-12

1—立板, 2—外底板, 3—内底板

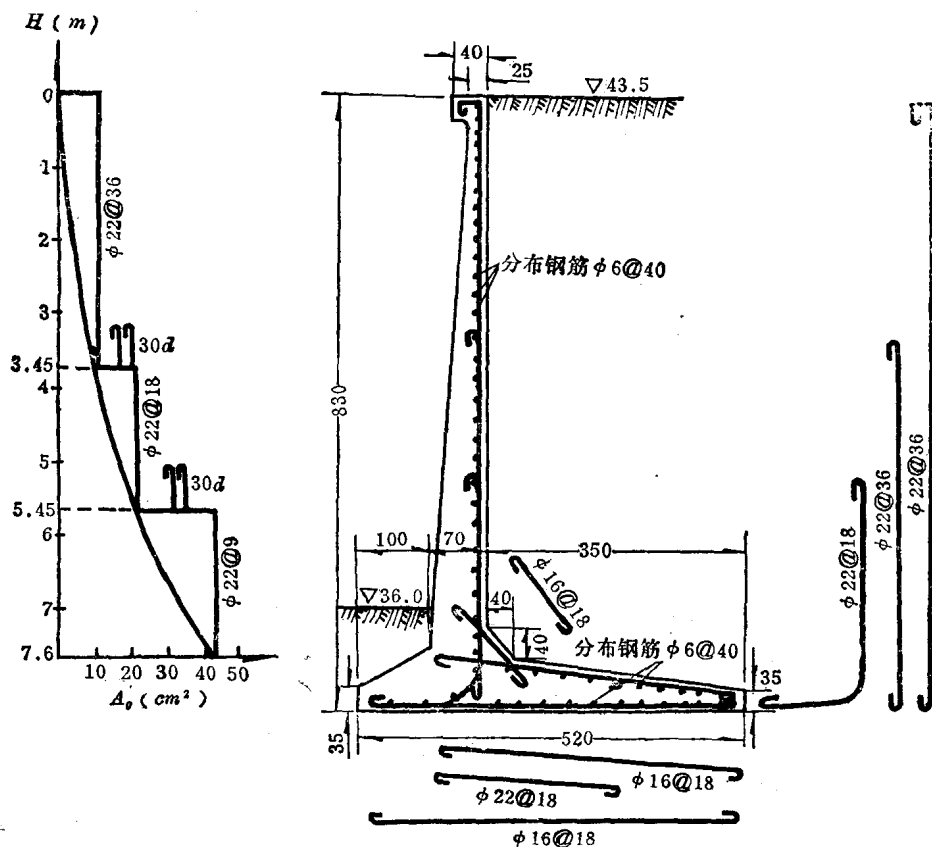


图 13-13 悬臂式挡土墙配筋图

尺寸单位：厘米

13-3 扶壁式挡土墙

1. 扶壁式挡土墙尺寸的估计

扶壁式挡土墙由立板、底板及扶壁三部分所组成（图13-14）。若挡土墙比较高，扶壁式挡土墙所耗材料要比悬臂式为省，一般墙高在9~10米以上时，多采用这种型式。为便于施工，扶壁间距不宜过小，一般在3~4.5米之间，扶壁厚度约为30~40厘米。扶壁式挡土墙的底宽 B 与挡土墙高度 H 之比，与悬臂式挡土墙一样，常在0.6~0.8之间，有地下水时则要适当加大。底板厚度由计算决定，在水利工程中常不小于40厘米。立板顶端厚度不小于20厘米，下端由计算决定。

2. 立板计算

作用于立板的主要荷载为水平土压力与水压力。计算时可在不同高程将立板划分为几个水平板带，以扶壁为支座按单向连续板计算，在每个板带上取水平向压力强度的平均值作为均布荷载，这样计算，忽略了立板下部与底板固接的影响，要配较多钢筋是偏于安全的。因此，可将立板划分为上下两部分，在离底板顶面 $1.5l$ （图13-14， b ）高度以下的立板，按三边固定一边自由的双向板计算（用附录Ⅷ表），在此以上的部分仍按单向连续