



**JTJ**

中华人民共和国行业标准 **JTJ298—98**

---

# 防波堤设计与施工规范

**Code of Design and Construction  
of Breakwaters**

**1998—04—20 发布**

**1999—06—01 实施**

---

中华人民共和国交通部发布



中华人民共和国行业标准

# 防波堤设计与施工规范

JTJ298—98

主编单位：交通部第一航务工程勘察设计院

批准部门：中华人民共和国交通部

施行日期：1999年6月1日



## 关于发布《防波堤设计与施工规范》的通知

交基发〔1998〕217号

由我部组织交通部第一航务工程勘察设计院等单位修订的《防波堤设计与施工规范》，业经审查，现批准为强制性行业标准，编号为 JTJ298—98，自 1999 年 6 月 1 日起施行，《防波堤规范》(JTJ218—87)同时废止。

本规范的管理和出版组织工作由部基建管理司负责，具体解释工作由交通部第一航务工程勘察设计院负责。

中华人民共和国交通部  
一九九八年四月二十日

## 前 言

随着我国港口工程建设事业的发展和需要,1987年出版发行的《港口工程技术规范》,由于历时较长,需要进行补充和修订。

本次规范的修订是在原《防波堤规范》(JTJ218—87)基础上,通过大量的调查研究,总结和吸收了近10多年来国内、外防波堤工程的设计、科研和施工经验,对原规范作了补充和修改。计算方法向以分项系数表达的极限状态设计法转轨的过程中,进行了可靠度分析和校准工作,使本规范不仅安全可靠且便于操作。修订后的新规范内容充实、覆盖面较广,较充分地反映出我国在该项领域的技术水平,能较好地适应港口工程发展的需要。

本规范的修订,主要依据国家标准《港口工程结构可靠度设计统一标准》(GB50158—92)和行业标准《水运工程建设标准编写规定》(JTJ200—95)等;

本规范的主要内容除包括常用的斜坡式和直立式防波堤的设计、施工有关规定外,还包括某些新型式的防波堤,并对其计算原则和计算方法作了规定。

修订后的规范和原规范相比,设计计算部分全部改为以分项系数表达的概率极限状态设计法。斜坡堤设计,增加了抛石潜堤、宽肩台斜坡堤、新型护面块体、斜坡堤前的海底冲刷与防护等。正砌方块和矩形沉箱直立堤设计增加了墙前有人工块体掩护的直立堤断面型式、直立堤堤前海底的冲刷与防护等;同时还增加了其它型式防波堤设计的有关内容。此外,规定了防波堤施工期波浪重现期标准的确定。施工部分增加了用土工布、爆炸排淤法加固软基、直立堤抛石基床采用爆夯等新工艺、新技术和新方法;针对不同情况,适当地调整了防波堤的施工精度和允许偏差。



分8章、9个附录及条文说明。

交通部第一航务工程勘察设计院负责解释,在执行过程中请将发现的问题和意见及时向解释单位反映,以便今后修订时参考。

本规范如有局部修订,其修订内容将在《水运工程标准与造价管理信息》上刊登。

## 目 次

<b>1</b>	总则 .....	(8)
<b>2</b>	术语和符号 .....	(9)
2.1	术语 .....	(9)
2.2	符号 .....	(9)
<b>3</b>	一般规定 .....	(13)
<b>4</b>	斜坡堤设计 .....	(15)
4.1	斜坡堤断面尺度的确定 .....	(15)
4.2	斜坡堤计算 .....	(18)
4.3	斜坡堤构造 .....	(28)
4.4	抛石潜堤设计 .....	(30)
<b>5</b>	正砌方块和矩形沉箱直立堤设计 .....	(32)
5.1	直立堤断面尺寸度的确定 .....	(32)
5.2	直立堤计算 .....	(34)
5.3	直立堤构造 .....	(40)
<b>6</b>	其它型式防波堤设计 .....	(43)
6.1	开孔消浪沉箱直立堤 .....	(43)
6.2	座床式圆筒直立堤 .....	(45)
6.3	桩式直立堤 .....	(45)
6.4	透空式防波堤 .....	(45)
<b>7</b>	斜坡堤施工 .....	(47)
7.1	砂垫层与土工织物垫层 .....	(47)
7.2	堤身抛填块石和方块 .....	(47)
7.3	预制和安放护面块体 .....	(49)
7.4	安放块石和砌石护面 .....	(50)



胸墙 .....	(51)
厚度 .....	(52)
<b>8 直立堤施工 .....</b>	<b>(54)</b>
8.1 基础施工 .....	(54)
8.2 方块和沉箱的预制 .....	(55)
8.3 方块和沉箱的安装 .....	(55)
8.4 直立堤上部结构 .....	(57)
8.5 竣工尺度 .....	(58)
附录 A 常用护面块体形状尺寸图 .....	(59)
附录 B 护面块体的稳定重量、护面层厚度、人工块体 个数和混凝土量计算图 .....	(64)
附录 C 坦波情况下斜坡堤护面块体稳定重量的确定 .....	(73)
附录 D 斜坡堤前的海底冲刷计算 .....	(74)
附录 E 削角直立堤压力计算 .....	(77)
附录 F 明基床基肩和坡面块体稳定重量计算图 .....	(78)
附录 G 直立堤前的海底冲刷计算 .....	(80)
附录 H 开孔消浪沉箱波压力的计算 .....	(84)
附录 J 本规范用词用语说明 .....	(86)
附加说明:本规范主编单位、参加单位和主要起草人 名单 .....	(87)

## 1 总 则

**1.0.1** 为使防波堤工程的设计与施工,达到技术上先进,经济上合理以及确保结构的安全性、适用性和耐久性,制订本规范。

**1.0.2** 本规范适用于海港工程中防波堤,包括抛石潜堤的设计与施工,其它承受波浪作用的水工建筑物可参照执行。

**1.0.3** 防波堤的平面布置、水位、波浪和波浪力,应按现行行业标准《海港总平面及工艺设计规范》(JTJ211)和《海港水文规范》(JTJ213)的有关规定执行。此外,尚应符合国家现行有关强制性标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

肩台——斜坡堤坡面上的平台或称戗台。

护面块体——斜坡堤护面的块石或人工块体。

压载层——又称为反压台。坡脚处用以压载的棱体。

水下棱体——支承护面及加强对坡脚防护的棱体。

块体容许失稳率——计算水位上、下各一倍设计波高的护面范围内,允许被波浪打击移动和滚落的块体个数所占的百分率。

抛石潜堤——高潮时淹没,低潮时出水的抛石斜坡堤。

正砌方块直立堤——墙身由预制的混凝土方块逐层砌筑而成的重力式直立堤。

沉箱直立堤——墙身由钢筋混凝土沉箱构成的重力式直立堤。

开孔沉箱直立堤——外壁开孔,内设消浪室的沉箱直立堤。

座床式圆筒直立堤——墙身由大直径圆筒置于抛石基床上的防波堤。

透空式直立堤——堤身支撑在桩或墩上,下部透水的防波堤。

桩式直立堤——由桩构成的直立式防波堤。

堤头——防波堤的端部。

堤根——防波堤与岸相接处。

### 2.2 符 号

$A$ ——护面层平均面积

栏板的长边

- $B$ —— 堰身或堰底宽度
- $b_0$ —— 栅栏板的短边
- $bc$ —— 消浪室的宽度
- $C$ —— 块体形状系数
- $D_{15}$ —— 块石粒径分布曲线上与累积频率 15% 相对应的粒径
- $D_{50}$ —— 砂粒的中值粒径
- $D_{85}$ —— 块石粒径分布曲线上与累积频率 85% 相对应的粒径
- $d$ —— 堤前水深
- $d_1$ —— 直立堤明基床顶面水深
- $E_b$ —— 被动土压力标准值
- $e$ —— 堤底合力作用点的偏心距
- $f$ —— 摩擦系数的设计值
- $G$ —— 自重力标准值
- $g$ —— 重力加速度
- $H$ —— 波高
- $H_R$ —— 反射波高
- $H_T$ —— 堤后传递波高
- $H_{max}$ —— 最大波高
- $H_{1\%}$ —— 累积频率为 1% 的波高
- $H_{5\%}$ —— 累积频率为 5% 的波高
- $H_{13\%}$ —— 累积频率为 13% 的波高,也称为有效波高
- $h$ —— 护面层厚度
- $h_c$ —— 堤顶在计算水位以下的深度
- $K_D$ —— 块体稳定系数
- $K_{md}$ —— 与斜坡的  $m$  值和  $d/H$  值有关的系数
- $K_t$ —— 传递波高系数
- $K_b$ —— 波坦系数
- $L$ —— 波长
- $L_p$ —— 与谱峰周期  $T_p$  相应的波长

$M_G$ ——重力标准值产生的稳定力矩

$M_W$ ——平波浪力标准值产生的倾覆力矩

$M_U$ ——波浪浮托力标准值产生的倾覆力矩

$M_E$ ——被动土压力标准值产生的稳定力矩

$m$ ——坡度系数

$n$ ——人工块体个数

$N_D$ ——潜堤护面块石的稳定系数

$n$ ——块体容许失稳率

$n'$ ——护面块体层数

$P$ ——水平波浪力标准值

$P_U$ ——波浪浮托力标准值

$P'$ ——护面块体空隙率

$p_S$ ——静水面处波浪压力强度标准值

$p_d$ ——水底处波浪压力强度标准值

$Q$ ——人工块体混凝土量

$R_u$ ——波浪在斜坡上的爬高计算值

$S_b$ ——块体材料重度与水重度的比值

$T$ ——波浪的平均周期

$T_p$ ——谱峰周期

$t$ ——基床厚度

$t_0$ ——挡板的入水深度

$U_{max}$ ——节点处最大波浪底流速度

$U_{cr}$ ——底砂的起动流速

$V$ ——人工块体的体积

$V_{max}$ ——堤前最大波浪底流速度

$W$ ——护面块体的稳定重量

$W'$ ——潜堤护面块石的稳定重量

$W_Z$ ——静水面以下深度大于  $0.7H$  时护面块体的稳定重量

$X_c$ ——相对粗砂型冲刷剖面曲线的水平坐标值

$X_f$ ——相对细砂型冲刷剖面曲线的水平坐标值

$z_{mc}$  粗砂型冲刷剖面曲线的垂直坐标值

$z_{mf}$  细砂型冲刷剖面曲线的垂直坐标值

$Z_{mc}$ ——相对粗砂型冲刷谷的最大深度

$Z_{mf}$ ——相对细砂型冲刷谷的最大深度

$\alpha$ ——斜坡坡面与水平面的夹角

$\beta$ ——沙质海底冲刷形态的判别参数

$\gamma$ ——水的重度

$\gamma_b$ ——材料的重度

$\gamma_0$ ——结构重要性系数

$\gamma_p$ ——水平波浪力分项系数

$\gamma_u$ ——波浪浮托力分项系数

$\Delta$ ——沙粒的相对密度

$\mu$ ——开孔率

$\xi$ ——堤底面合力作用点至后踵(波谷作用时为前趾)的距离

$\sigma_{max}$ ——基床顶面的最大应力

$\sigma_{min}$ ——基床顶面的最小应力

$\sigma'_{max}$ ——地基表面的最大应力

$\sigma'_{min}$ ——地基表面的最小应力

$\omega$ ——沙粒的静水沉降速度

### 3 一般规定

**3.0.1** 防波堤的纵轴线由一段或几段直线组成,各段之间应以圆弧或折线相连接。防波堤纵轴线宜向港内拐折,避免堤轴线向港外拐折形成凹角,造成波能集中。如堤轴线必须向外拐折时,则两段堤轴线的外夹角不宜小于  $150^{\circ}$ 。

**3.0.2** 根据水深、波浪和地质条件的变化,应对防波堤进行分段,采用不同的断面尺度或不同的结构型式。

对于防波堤的结构选型,应根据自然条件、材料来源、使用要求和施工条件等,经技术经济比较确定。

斜坡堤适用于地基较差和石料来源丰富的情况;正砌方块和矩型沉箱直立堤,适用于水深较深和地基较好的情况;当采用其它型式直立堤,如透空沉箱、圆筒式、桩式、透空式等时,应通过模型试验或专门论证。

**3.0.3** 抛筑防波堤的石料,应满足下列要求:

(1) 在水中浸透后的强度:对于护面块石和需要进行夯实的基床块石不应低于  $50\text{MPa}$ ;对于垫层块石和不进行夯实的基床块石不应低于  $30\text{MPa}$ ;

(2) 不成片状,无严重风化和裂纹。

注:对堤心石和填料,可根据具体情况适当降低要求。

**3.0.4** 防波堤的混凝土和钢筋混凝土构件,应按现行行业标准《港口工程混凝土结构设计规范》(JTJ267)的规定选定抗冻等级。对于无抗冻要求的防波堤,混凝土强度等级不应低于表 3.0.4 的规定。

对于浆砌块石结构,其石料在水中浸透后的强度不应低于  $50\text{MPa}$ ;水泥砂浆的强度等级不应低于 M10,当有抗冻要求时不

]缝水泥砂浆的强度等级不应低于 M20。

混凝土强度等级

混凝土构件	钢筋混凝土构件
C20	C25

**3.0.5** 防波堤结构应进行模型试验验证,当有类似条件下的试验资料时,可不再进行试验。

**3.0.6** 沿防波堤纵轴线应设置一定数量的永久观测点。在施工和使用期间,对防波堤的沉降、位移和倾斜应定期进行观测。有条件时,可进行波浪爬高和波浪力等原体观测。

**3.0.7** 对于施工过程中未成型的防波堤堤段,应根据实际情况考虑采取必要的防浪措施。

## 4 斜坡堤设计

### 4.1 斜坡堤断面尺度的确定

#### 4.1.1 斜坡堤的主要断面型式如下：

**4.1.1.1** 当护面采用抛填块石,安放块石或混凝土人工块体时,断面的一般型式如图 4.1.1a)所示,港外侧宜设置水下抛石棱体以支支护面,对地基较好的情况,也可不设置抛石棱体。

**4.1.1.2** 当水上部分的护面采用干砌块石、干砌条石或浆砌块石时,断面的一般型式如图 4.1.1b)所示,在施工水位附近设置肩台,用以支承水上的护面,肩台部分可安放大块石或混凝土方块。

**4.1.1.3** 当施工时期波浪经常较大、石料缺乏,且有足够起重能力时,可采用抛填块体的断面,如图 4.1.1c)所示。

**4.1.1.4** 当堤顶作通道或堤内兼作码头时,宜在堤顶设置胸墙,如图 4.1.1d)所示。胸墙的型式有 L 型、反 L 型和弧型等。

**4.1.1.5** 当石料来源丰富,利用块石作护坡,且采用陆上推进法施工时,可采用宽肩台抛石斜坡堤,如图 4.1.1e)所示。

注:当护面块体采用规则安放如四脚空心方块、栅栏板等型式时,应设置抛石或方块水下棱体。

#### 4.1.2 斜坡堤的堤顶高程应符合下列规定：

(1) 对允许少量越浪的斜坡堤,宜定在设计高水位以上不小于 0.6~0.7 倍设计波高值处；

(2) 对基本不越浪的斜坡堤,宜定在设计高水位以上不小于 1.0 倍设计波高值处；

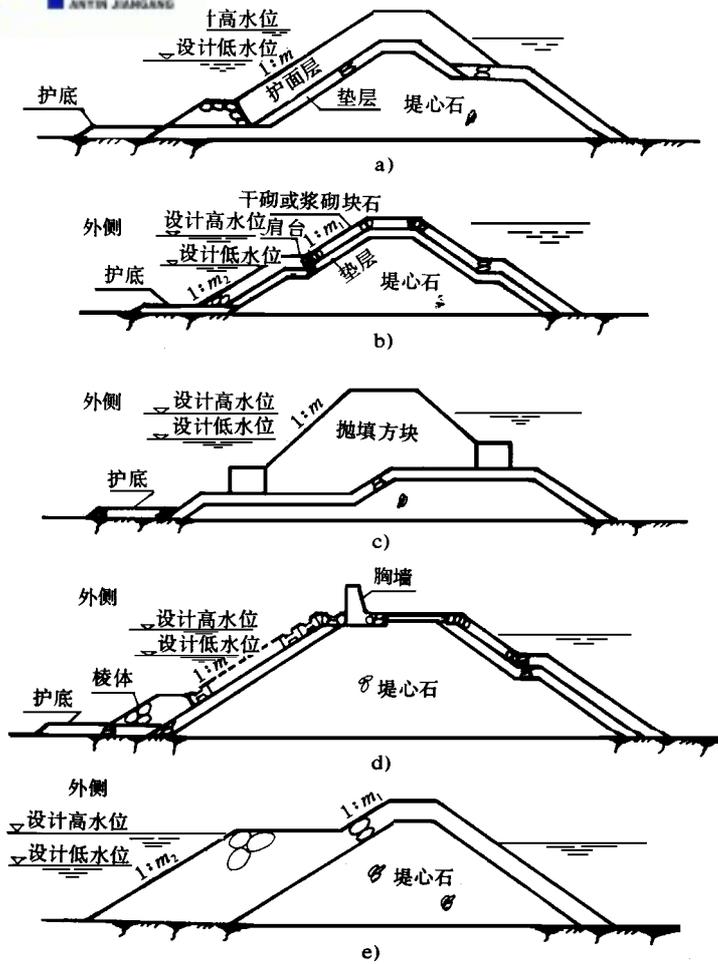


图 4.161 斜坡堤断面型式

- a) 人工块体护面斜坡堤;
- b) 砌石护面斜坡堤
- c) 抛填方块斜坡堤;
- d) 堤顶设胸墙的斜坡堤;
- e) 宽肩台斜坡堤

音设计波高值处。当堤顶不兼作通道时，胸墙的顶低。

注：①本章中的设计波高，除特别注明者外均按现行行业标准《海港水文规范》确定；

②对块石护面的堤顶高程可取条文中的较高值，对人工块体护面可取较低值；

③对防护要求较高的斜坡堤，宜按波浪爬高计算确定其堤顶高程。

**4.1.3** 斜坡堤的堤顶宽度，可取 1.10~1.25 倍设计波高值，且在构造上至少应能安放两排或随机安放 3 块人工块体。对采用陆上推进法施工的斜坡堤，尚应考虑施工机械对顶宽的要求。

**4.1.4** 对港外侧设置水下抛石棱体的断面，棱体的顶面高程宜定在设计低水位以下约 1.0 倍设计波高值处；棱体的顶面宽度不宜小于 2.0m；棱体的厚度不宜小于 1.0m。

**4.1.5** 对设置肩台的断面，肩台宽度不宜小于 2m，肩台顶高程应根据施工条件确定。

**4.1.6** 对抛填块体的断面，堤身在设计高水位处的宽度不宜小于 3 倍设计波高值。

**4.1.7** 对堤顶设置 L 型胸墙或反 L 型胸墙的断面，其坡顶高程和坡肩宽度应符合下列规定：

(1) 当胸墙前斜坡护面为块石或单层块体时(图 4.1.1d)，其坡顶高程可定在设计高水位以上 0.6~0.7 倍设计波高值处；墙前坡肩宽度不应小于 1.0m，且在构造上至少应能安放一排护面块体；

(2) 当胸墙前斜坡护面为扭工字块体或四脚锥体时，其坡顶高程不宜低于胸墙顶高程，且在墙前坡肩范围内应能安放两排两层护面块体，如图 4.1.7 所示。

**4.1.8** 宽肩台斜坡堤的肩台顶高程，可定在设计高水位以上 1.0m~3.0m 处；肩台宽度  $b$ (见图 4.1.1e)宜取 2.3~2.9 倍设计波高值，且不宜小于 6.0m。

**4.1.9** 斜坡堤的边坡坡度可按表 4.1.9 采用。

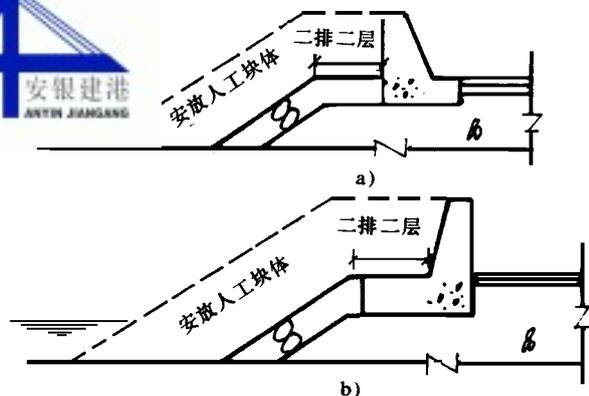


图 4.1.7 堤顶胸墙  
a) L型胸墙;b)反 L型胸墙

斜坡堤坡度 表 4.1.9

护面型式	坡度
抛填或安放块石	1:1.5~1:3
干砌或浆砌块石	1:1.5~1:2
干砌条石	1:0.8~1:2
安放人工块体	1:1.25~1:2
抛填方块	1:1~1:1.25

注:对宽肩台斜坡堤,肩台以上和以下的边坡斜坡度可分别取 1:1.5~1:3 和 1:1~1:1.5

## 4.2 斜坡堤计算

### 4.2.1 斜坡堤设计应计算以下内容:

- (1) 护面块体的稳定重量和护面层厚度;
- (2) 栅栏板的强度;
- (3) 堤前护底块石的稳定重量;
- (4) 胸墙的强度和抗滑、抗倾稳定性;

与整体稳定性；  
沉降(确定堤顶预留高度)。

**4.2.2** 斜坡堤承载能力极限状态设计时,应以设计波高及对应的波长确定的波浪力作为标准值,并应考虑以下三种设计状况及相应的组合。

**4.2.2.1** 持久状况,应考虑以下的持久组合:

(1) 设计高水位时,波高应采用相应的设计波高;

(2) 设计低水位时,波高的采用分为以下两种情况:当有推算的外海设计波浪时,应取设计低水位进行波浪浅水变形分析,求出堤前的设计波高;当只有建筑物附近不分水位统计的设计波浪时,可取与设计高水位时相同的设计波高,但不超过低水位时的浅水极限波高;

(3) 极端高水位时,波高应采用相应的设计波高。极端低水位时,可不考虑波浪的作用。

**4.2.2.2** 短暂状况,应考虑以下的短暂组合:

对未成型的斜坡堤进行施工期复核时,水位可采用设计高水位和设计低水位,波高的重现期可采用2~5年。

**4.2.2.3** 偶然状况,在进行斜坡堤整体稳定计算时,应考虑地震作用的偶然组合,水位采用设计低水位,不考虑波浪对堤体的作用,其计算方法应符合现行行业标准《水运工程抗震设计规范》(JTJ225)的有关规定。

**4.2.3** 计算堤顶胸墙抗滑和抗倾稳定性时,应按下列方法进行。

**4.2.3.1** 沿墙底抗滑稳定性的承载能力极限状态设计表达式如下:

$$\gamma_0 \gamma_p P \leq (\gamma_G G - \gamma_u P_u) f + \gamma_E E_b \quad (4.2.3-1)$$

式中  $G$ ——胸墙自重力标准值(kN);

$P$ ——作用在胸墙海侧面上的水平波浪力标准值(kN);

$P_u$ ——作用在胸墙底面上的波浪浮托力标准值(kN);

$E_b$ ——胸墙底面埋深大于等于1m时,内侧面地基土或填



石的被动土压力(kN),可按有关公式计算并乘以折减系数 0.3 作为标准值;

- $\gamma_0$ ——结构重要性系数;
- $\gamma_p$ ——水平波浪力分项系数;
- $\gamma_u$ ——波浪浮托力分项系数;
- $\gamma_G$ ——自重力分项系数,取 1.0;
- $\gamma_E$ ——土压力分项系数,取 1.0;
- $f$ ——胸墙底面摩擦系数设计值。

**4.2.3.2** 沿墙底抗倾稳定性的承载能力极限状态设计表达式如下:

$$\gamma_0(\gamma_p M_p + \gamma_u M_u) \leq \frac{1}{\gamma_d}(\gamma_G M_G + \gamma_E M_E) \quad (4.2.3-2)$$

- 式中  $M_p$ ——水平波浪力的标准值对胸墙后趾的倾覆力矩(kN·m);
- $M_u$ ——波浪浮托力的标准值对胸墙后趾的倾覆力矩(kN·m);
- $M_G$ ——胸墙自重力标准值对胸墙后趾的稳定力矩(kN·m);
- $M_E$ ——土压力的标准值对胸墙后趾底面的稳定力矩(kN·m);
- $\gamma_d$ ——结构系数,取 1.25。

**4.2.3.3** 在抗滑、抗倾稳定性极限状态设计表达式中,各分项系数  $\gamma_0$ 、 $\gamma_p$ 、 $\gamma_u$  和  $f$  可分别按表 4.2.3-1、表 4.2.3-2 和表 4.2.3-3 采用;对持久状态中的极端高水位组合情况,其分项系数可采用短暂组合时的数值。

结构重要性系数 表 4.2.3-1

安全等级	一级	二级	三级
$\gamma_0$	1.1	1.0	0.9

分 项 系 数 表 4.2.3—2

情况		水平波浪力分项系数 $\gamma_b$	波浪浮托力分项系数 $\gamma_u$
持久 组合	抗滑	1.3	1.1
	抗倾	1.3	1.1
短暂 组合	抗滑	1.2	1.0
	抗倾	1.2	1.0

摩擦系数设计值 表 4.2.3—3

材 料		摩擦系数
混凝土与混凝土		0.55
浆砌块石与浆砌块石		0.65
堤底与 抛石基床	堤身为预制混凝土或钢筋混凝土结构	0.60
	堤身为浆砌块石结构	0.65
抛石基床 与 地基土	地基为细砂~粗砂	0.50~0.60
	地基为粉砂	0.40
	地基为砂质粉土	0.35~0.50
	地基为粘土、粉质粘土	0.30~0.45

注：混凝土胸墙与有伸出钢筋的预制件之间的摩擦系数可采用 1.0。

4.2.4 在波浪正向作用下,且堤前波浪不破碎,斜坡堤堤身在计算水位上、下一倍设计波高之间的护面块体中,单个块体的稳定重量可按下列公式计算:

$$W=0.1 \frac{\gamma_b H^3}{K_D (S_b - 1)^3 \text{ctg } \alpha} \quad (4.2.4-1)$$

$$S_b = \frac{\gamma_b}{\gamma} \quad (4.2.4-2)$$

式中  $W$ ——单个块体的稳定重量(t);  
 $\gamma_b$ ——块体材料的重度(kN/ m<sup>3</sup>);  
 $H$ ——设计波高(m);

块体稳定系数；  
水的重度( $kN/m^3$ )；

$\alpha$ ——斜坡与水平面的夹角( $^\circ$ )。

对宽肩台斜坡堤护面块石的重量,可取抛填块石稳定重量的 $1/20 \sim 1/5$ ,其粒径级配  $D_{85}/D_{15}$ 可取  $1.25 \sim 2.25$ 。

4.2.5 各种护面块体的稳定系数可按表 4.2.5 采用。

稳定系数  $K_D$  表 4.2.5

护面型式		$n(\%)$	$K_D$	说明
护面块体	构造型式			
块石	抛填两层	1~2	4.0	
	安放一层	0~1	5.5	
方块	抛填两层	1~2	5.0	
四脚锥体	安放两层	0~1	8.5	
四脚空心方块	安放一层	0	14	
扭工字块体	安放两层	0	18	$H \geq 7.5m$
		1	24	$H < 7.5m$
扭王字块体	安放一层	0	18~24	

注:①  $n$  为护面块体容许失稳率;

②当设计波高大于 4m 时,不宜选用四脚空心方块护面型式。

4.2.6 对斜向波,当波峰线与斜坡堤轴线间的夹角小于  $45^\circ$  时,可近似作为正向作用;当夹角大于  $45^\circ$  时,宜通过模型试验确定人工块体的稳定重量。

4.2.7 四脚锥体、四脚空心方块、扭工字块体和扭王字块体的形状和尺寸可按附录 A 确定。

4.2.8 各种护面块体的稳定重量、护面层厚度和人工块体的个数与混凝土量可按附录 B 确定。

4.2.9 对于设计波浪周期较长或  $H/L \leq 1/30$  的坦波,  $L$  为波长,其堤身护面块体的稳定重量可按附录 C 确定。

4.2.10 斜坡堤干砌块石、浆砌块石和干砌条石护面层应按厚度

分别按下列公式确定。

砌块石或浆砌块石的厚度可按下列公式计算：

$$h=1.3 \frac{\gamma}{\gamma_b - \gamma} H (K_{md} + K_s) \frac{\sqrt{m^2 + 1}}{m} \quad (4.2.10-1)$$

$$m = \text{ctg}\alpha \quad (4.2.10-2)$$

式中  $h$  ——块石厚度(m)；

$H$  ——计算波高(m)；当  $d/L \geq 0.125$  时，取  $H_{5\%}$ ；当  $d/L < 0.125$  时，取  $H_{13\%}$ ；

$K_{md}$  ——与斜坡的  $m$  值和  $d/H$  值有关的系数， $d$  为堤前水深(m)；

$K_s$  ——波坦系数；

$m$  ——坡度系数；

$\alpha$  ——斜坡角度( $^\circ$ )。

$K_{md}$  和  $K_s$  可分别按表 4.2.10—1 和表 4.2.10—2 确定。

系 数  $K_{md}$  表 4.2.10—1

$d/H$	$m$		
	1.5	2.0	3.0
1.5	0.311	0.238	0.130
2.0	0.258	0.180	0.087
2.5	0.242	0.164	0.076
3.0	0.235	0.156	0.070
3.5	0.229	0.151	0.067
4.0	0.226	0.147	0.065

系 数  $K_s$  表 4.2.10—2

$L/H$	10	15	20	25
$K_s$	0.081	0.122	0.162	0.202

4.2.10.2 对  $d/H=1.7\sim 3.3$  和  $L/H=12\sim 25$  的情况，干砌条石护面层厚度可按下列公式计算：

$$\frac{\gamma}{\gamma_b - \gamma} \frac{\sqrt{m^2 + 1}}{m + A} (0.476 + 0.157 d/H) H \quad (4.2.10-3)$$

式中  $h$ ——干砌条石护面层厚度,即条石长度(m),  
 $\gamma_b$ ——护面条石的重度(kN/m<sup>3</sup>);  
 $A$ ——系数,斜缝干砌可取 1.2,平缝干砌可取 0.85;  
 $m$ ——坡度系数,取 0.8~1.5。

注:①设置排水孔的浆砌块石护面层可采用与干砌块石相同的厚度;

②对  $m$  为 2~3 的加糙干砌条石护面的厚度也可按式(4.2.10-1)计算,但应乘以折减系数  $a$ 。当平面加糙度为 25%,即沿建筑物轴线方向每隔三行凸起一行,条石凸起高度等于截面尺度  $a$  时,即凸起条石厚度为  $h+a$ ,  $a$  通常为  $h/3$  左右,  $a$  可取为 0.85。对加糙干砌条石护面的波浪爬高值,也应乘以 0.7 的折减系数。

**4.2.11** 当水下抛石棱体的顶面高程在设计低水位以下约 1.0 倍设计波高值和 1.5 倍设计波高值时,棱体的块石重量可分别按式(4.2.4-1)确定的块石重量的 1/5 和 1/10。

**4.2.12** 外坡在设计低水位以下 1.0~1.5 倍设计波高值之间的护面块体重量可取按式(4.2.4-1)确定的块体重量的 1/5。

**4.2.13** 外坡护面垫层块石的重量可取按式(4.2.4-1)确定的块体重量的 1/20~1/10。当有困难时,其重量不得小于 1/40。对于四脚空心方块和栅栏板护面,其垫层块石按不超过护面空隙尺度确定。

**4.2.14** 内坡护面块体的重量应符合下列规定:

(1) 当允许少量波浪越过堤顶时,从堤顶到设计低水位之间的内坡护面块体重量,应与外坡护面的块体重量相同;设计低水位以下的内坡护面块体,宜采用与外坡护面垫层相同重量的块石,但不应小于 150kg~200kg,且应按堤内侧波浪进行复核;

(2) 当不允许波浪越过堤顶时,内坡护面应按堤内侧波浪进行计算,一般情况下可采用与外坡护面垫层块石相同的重量。

**4.2.15** 堤顶块体的重量,一般情况下应与外坡的块体重量相同。当堤顶高程在设计高水位以上不足 0.2 倍设计波高值时,其重量

块体重量的 1.5 倍。

堤头部分的块体重量,可按式(4.2.4-1)计算的 0%。位于波浪破碎区的堤身和堤头的块体重量,均应相应再增加 10%~25%,必要时可通过模型试验确定。

4.2.17 当斜坡堤采用栅栏板护面时,栅栏板的平面尺度、厚度及波压强度设计值,应符合下列规定。

4.2.17.1 栅栏板的平面形状宜采用长方形(图 4.2.17),其长边与短边的比值可取为 1.25。栅栏板的平面尺度与设计波高的关系可按下列公式计算:

$$a_0 = 1.25H \quad (4.2.17-1)$$

$$b_0 = 1.0H \quad (4.2.17-2)$$

式中  $a_0$ ——栅栏板长边,沿斜坡方向布置(m);  
 $b_0$ ——栅栏板短边,沿堤轴线方向布置(m)。

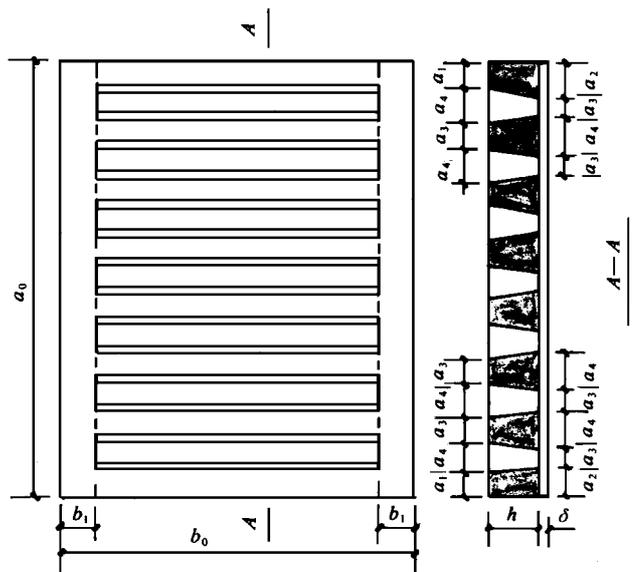


图 4.2.17 栅栏板结构图

4.2.17.2 栅栏板的空隙率  $P'$ 宜采用 33%~39%,当  $P'=37\%$

可按下列公式计算：

$$a_1 = \frac{a_0}{15} = \frac{h}{16} \quad (4.2.17-3)$$

$$a_2 = \frac{a_0}{15} = \frac{h}{16} \quad (4.2.17-4)$$

$$a_3 = \frac{a_0}{15} = \frac{h}{8} \quad (4.2.17-5)$$

$$a_4 = \frac{a_0}{15} = \frac{h}{8} \quad (4.2.17-6)$$

$$b_1 = 0.1 b_0 \quad (4.2.17-7)$$

式中  $h$ ——栅栏板的厚度(m)。

**4.2.17.3** 当需调整栅栏板的平面尺度时,长边与短边的比值保持不变,宽度  $b$  每增加或减少 1m,厚度  $h$  可相应减少或增加 50mm。 $\delta$  按构造至少取 100mm。

**4.2.17.4** 当斜坡堤的坡度系数  $m=1.5\sim 2.5$  时,栅栏板的厚度可按下列式计算：

$$h = 0.235 \frac{\gamma}{\gamma_b - \gamma} \frac{0.61 + 0.13 d / H}{m^{0.27}} H \quad (4.2.17-8)$$

**4.2.17.5** 作用于栅栏板面上的最大正向波压强度设计值可按下列式计算：

$$P_M = 0.85 \gamma H \quad (4.2.17-9)$$

式中  $P_M$ ——作用于栅栏板面上的最大正向波压强度(kPa)。

**4.2.18** 斜坡堤护面层厚度、人工块体个数、混凝土量可按下列式计算：

**4.2.18.1** 护面层厚度可按下列式计算：

$$h = n' c \left( \frac{W}{0.1 \gamma_b} \right)^2 \quad (4.2.18-1)$$

式中  $h$ ——护面层厚度(m),

$n'$ ——护面块体层数;

$c$ ——块体形状系数。

**4.2.18.2** 人工块体个数可按下列式计算：

$$N = An'c(1 - P') \left( \frac{0.1 \gamma_b}{W} \right)^{2/3} \quad (4.2.18-1)$$

式(4.2.18-1)中：  
 $N$ ——人工块体个数；  
 $A$ ——垂直于厚度的护面层平均面积；  
 $P'$ ——护面层的空隙率(%)。

4.2.18.3 块体形状系数和块体空隙率可按表 4.2.18 确定。

块体形状系数  $c$  和护面块体空隙率  $P'$  表 4.2.18

护面块体	构造型式	$c$	$P'$ (%)	说 明
块石	抛填两层	1.0	40	—
	立放一层	1.3~1.4	—	—
四脚锥体	安放两层	1.0	50	—
扭工字块体	安放两层	1.2	60	随机安放
		1.1	60	规则安放
扭王字块体	安放一层	1.36	50	随机安放

4.2.18.4 人工块体混凝土量可按式(4.2.18-3)计算：

$$Q = N \frac{W}{0.1 \gamma_b} \quad (4.2.18-3)$$

式中  $Q$ ——人工块体混凝土量( $m^3$ )。

注：①扭王字块体，安放一层的护面厚度约为其边长的 0.9 倍；  
 ②护面层厚度人工块体个数和混凝土量也可按附录 B 确定。图中水的重度采用  $10.25kN/m^3$ 。

4.2.19 斜坡堤护面的块石垫层厚度不应小于按式(4.2.18-1)计算的两层块石的厚度。

4.2.20 斜坡堤前最大波浪底流速可按式(4.2.20)计算：

$$V_{max} = \frac{\pi H}{\sqrt{\frac{\pi L}{g} \operatorname{sh} \frac{4\pi d}{L}}} \quad (4.2.20)$$

式中  $V_{max}$ ——斜坡堤前最大波浪底流速( $m/s$ )。

4.2.21 护底块石的稳定重量，可根据堤前最大波浪底流速按表 4.2.21 确定。

堤前护底块石的稳定重量 表 4.2.21

	W(kg)	$V_{max}$ (m/ s)	W(kg)
2.0	60	4.0	400
3.0	150	5.0	800

4.2.22 斜坡堤顶部胸墙稳定性的验算,应符合下列规定:

(1) 当胸墙前有块体掩护且掩护的宽度和高度满足并列两排和两层时,作用在胸墙上的水平波浪力和波浪浮托力可乘以折减系数 0.6;

(2) 当胸墙埋入堤顶的深度大于 1m 时,应考虑填石的有利作用。

4.2.23 非岩基上的斜坡堤,其整体稳定性可采用圆弧滑动面方法计算,有软土夹层等情况时,尚宜用非圆弧滑动面方法计算。

注:整体稳定性计算时,可不计波浪的作用。

4.2.24 斜坡堤的软基加固可采用下列方法:

(1) 当地基为淤泥且厚度较小时,可采用抛石挤淤法;

(2) 当淤泥厚度小于 5m 时,可采用排水砂垫层或铺设土工布法,砂垫层的厚度可取 1m~2m,其宽度应大于堤底宽度;

(3) 当软土层较厚时,宜采用排水砂井或排水板法;

✓(4) 当淤泥较厚,且采用陆上推进填石的施工方法时,可采用爆炸排淤法。

### 4.3 斜坡堤构造

4.3.1 斜坡堤的堤心石,可采用 10kg~100kg 块石。对工程量较大,石料来源缺乏的地区,经论证可采用开山石、石碴或袋装砂土等代用材料。代用材料与垫层块石间宜有足够厚度的 10kg~100kg 块石。

开山石应有适当的级配。开山石和石碴的含泥量应小于 10%。

4.3.2 可冲刷地基上的斜坡堤,堤前护底块石层的设置应符合下列要求:



是护底块石层的宽度,视堤前水深和流速大小,堤身-10m,堤头段可采用 10m~15m;

(2) 护底块石可采用 1~2 层,厚度不宜小于 0.5m。对砂质海底,在护底块石层下宜设置厚度不小于 0.3m 的碎石层;

(3) 斜坡堤前沙质海底的护底范围根据其冲刷形态和冲刷深度可按附录 D 确定。

4.3.3 可冲刷地基上的斜坡堤,其护面块体或水下棱体的大块石均不应直接抛于海底面上,而应在海底面上设置一层厚度不小于 0.5m 的 10kg~100kg 块石垫层。

4.3.4 对采用两层扭工字块体护面的斜坡堤,其港外侧构造应符合下列要求:

(1) 当随机安放两层扭工字块体时,其上层应有 60% 以上的块体保持垂直杆件在堤坡下方,水平杆件在堤坡上方的形式,见图 4.3.4;

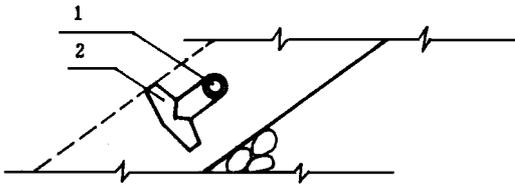


图 4.3.4 两层扭工字块体安放示意图

1—水平杆件,2—垂直杆件

(2) 当为规则安放扭工字块体时,应使全部块体保持垂直杆件在堤坡下方,水平杆件在堤坡上方。

4.3.5 当扭工字块体重量大于 20t、四脚锥体重量大于 40t 时,应考虑配置钢筋或采取其它加强措施。

4.3.6 浆砌块石护面层,应设置纵、横变形缝和排水孔。变形缝的纵向间距可取 5m~10m,横向间距可取 5m 左右。排水孔的纵、横向间距可取 2m,孔径不宜小于 100mm。

4.3.7 斜坡堤堤头段的构造应符合下列要求:

(1) 堤头段的长度可采用 15m~30m,对水深较大的斜坡堤

宿窄口门宽度的要求时，斜坡堤的堤头段可采用直立结构；

(3) 堤头段护面块体的重量应大于堤身外坡护面块体重量，也可将堤头段两侧的坡度适当放缓；

(4) 堤头段的护底块石重量也应适当加大。

**4.3.8** 斜坡堤与直立堤段的连接处，斜坡堤外侧坡度应适当放缓。

**4.3.9** 当堤根段出现波能集中时，应对堤根段和相邻的海岸段采取加强措施。

**4.3.10** 当堤轴线向外拐折形成凹角，造成波能集中时，应采取加强措施。

#### 4.4 抛石潜堤设计

**4.4.1** 抛石潜堤的传递波波高系数可按图 4.4.1 确定，其传递波高应按下式计算：

$$H_t = K_t H \quad (4.4.1)$$

式中  $H_t$ ——堤后的传递波高(m)；

$K_t$ ——传递波高系数。

**4.4.2** 抛石潜堤护面块石的稳定重量，宜由模型试验确定。当潜堤外坡的坡度系数  $m = 1.2 \sim 1.5$  时，可按下列公式计算：

$$W' = 0.1 \gamma_b \left( \frac{\gamma}{\gamma_b - \gamma} \right)^3 \frac{H^2 L_p}{N_D^3} \quad (4.4.2-1)$$

$$T_p = 1.2 T \quad (4.4.2-2)$$

$$N_D = 5.95 - \frac{1}{0.4} \ln \left( \frac{d + h_c}{d} \right) \quad (4.4.2-3)$$

式中  $W'$  ——潜堤护面块石的稳定重量(t)；

$L_p$  ——与谱峰周期相应的波长(m)；

$T_p$  ——谱峰周期(s)；

$N_D$  ——潜堤护面块石的稳定系数。

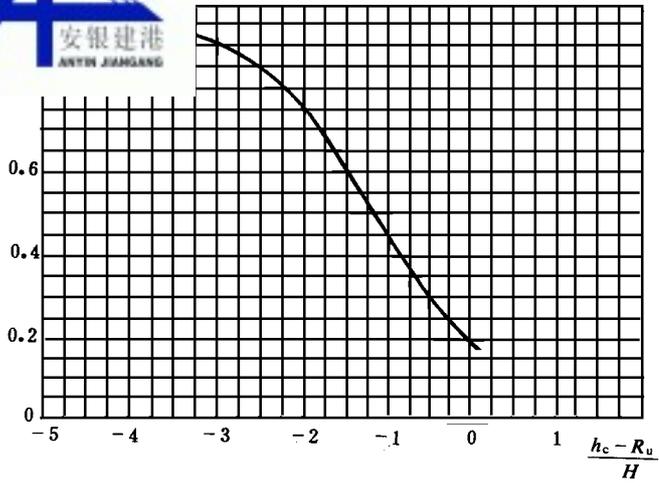


图 4.4.1 潜堤传递波高系数计算图

注： $h_c$  为堤顶在计算水位以下的深度(m)；

$R_u$  为波浪在斜坡上的爬高计算值(m)，按现行行业标准《海港水文规范》的有关规定确定。

**4.4.3** 当潜堤护面块石稳定重量  $W'$  大于相同条件下的出水堤的护面块石稳定重量  $W$  时，可取  $W' = W$ 。

## 5 正砌方块和矩形沉箱 直立堤设计

### 5.1 直立堤断面尺度的确定

**5.1.1** 钢筋混凝土矩形沉箱和正砌混凝土方块直立堤,其墙身结构可采用钢筋混凝土沉箱、混凝土方块或空心方块;上部结构可采用现浇或装配整体式混凝土结构,其港外侧的外形可采用立面、削角斜面或弧面(图 5.1.1);抛石基床可采用暗基床、明基床或混合基床。

注:对堤前破碎波浪较大,易产生巨大的破碎波冲击压力或对已有直立堤需加固修复时,可采用有消浪块体作掩护的直立堤,如图 5.1.1d)所示。

**5.1.2** 直立堤的堤顶高程应符合下列规定:

(1) 对允许少量越浪的直立堤,宜在设计高水位以上 0.6~0.7 倍设计波高值处;

(2) 对基本不允许越浪的直立堤,宜在设计高水位以上 1.0~1.25 倍设计波高值处。

注:①直立堤的设计波高,除特别注明外均指重现期为 50 年、波高累积频率为 1% 的波高  $H$ ,但不超过浅水极限波高;

②对上部结构为削角型式的直立堤,其堤顶高程宜取高值。

**5.1.3** 沉箱或最上层方块的顶高程,宜高出施工水位 0.3m~0.5m。

**5.1.4** 直立堤明基床外肩和内肩的宽度,可分别取墙身计算宽度的 0.6 和 0.4 倍。明基床的边坡坡度,外侧可采用 1:2~1:3,内侧可采用 1:1.5~1:2。

暗基床底宽度不宜小于直立堤墙底宽度加两倍的基床厚度。

注:高基床直立堤的外肩宽度通过模型试验可适当减少。

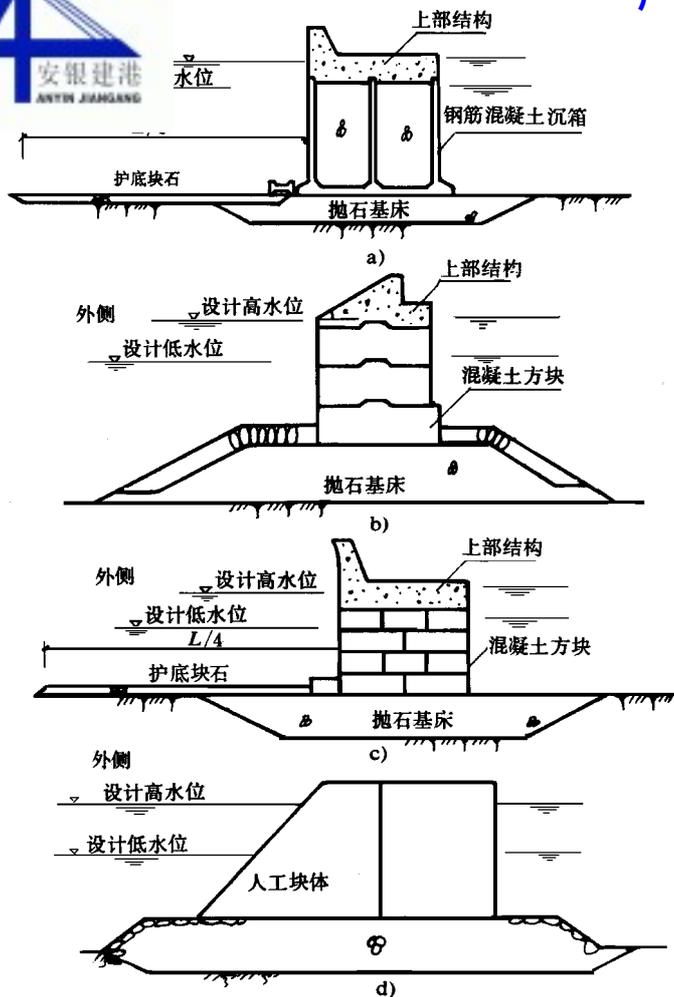


图 5.1.1 重力式直立堤断面图

a) 沉箱式直立堤; b) 削角方块直立堤;

c) 正砌方块直立堤; d) 水平混合式直立堤

5.1.5 在非岩石地基上的抛石基床厚度应由计算确定,但对粘土地基厚度不应小于 1.5m,砂土地基不应小于 1.0m(含碎石垫层 0.3m)。岩石地基的抛石基床,厚度不应小于 0.5m。

## 5.2 直立堤计算

重力式直立堤承载能力极限状态设计时,应以设计波高及对应的波长确定的波浪力作为标准值。

**5.2.2** 对重力式直立堤,承载能力极限状态应考虑以下三种设计状况及相应组合。

**5.2.2.1** 持久状况,应考虑以下的持久组合:

(1) 设计高水位时,波高采用相应的设计波高;

(2) 设计低水位时,波高的采用分为以下两种情况:当有推算的外海设计波浪时,应取设计低水位进行波浪浅水变形分析,求出堤前的设计波高;当只有建筑物附近不分水位统计的设计波浪时,可取与设计高水位时相同的设计波高,但不超过低水位时的浅水极限波高;

✓(3) 设计高水位时,堤前波态为立波,而在设计低水位时,已为破碎波,尚应对设计低水位至设计高水位之间可能产生最大波浪力的水位情况进行计算;

(4) 极端高水位时,波高应采用相应的设计波高。极端低水位时,可不考虑波浪的作用。

**5.2.2.2** 短暂状况,应考虑以下的短暂组合:

对未成型的重力式直立堤进行施工期复核时,水位可采用设计高水位和设计低水位,波高的重现期可采用5~10年。

**5.2.2.3** 偶然状况,在进行重力式直立堤地基承载力和整体稳定性计算时,应考虑地震作用的偶然组合。水位采用设计低水位,不考虑波浪与地震作用的组合,其计算方法应符合现行行业标准《水运工程抗震设计规范》的有关规定。

注:直立堤的稳定性计算,可不考虑堤内侧波浪与堤外侧波浪相组合,即将堤内侧的水面作为静水面。

**5.2.3** 重力式直立堤设计应进行以下内容:

(1) 沿堤底和堤身各水平缝及齿缝的抗倾稳定性;

(2) 沿堤底和堤身各水平缝的抗滑稳定性;

(6) 地基沉降；

(7) 明基床的护肩块石和堤前护底块石的稳定重量。

注：对上部结构为削角型式的直立堤，其斜面上的波压力可按附录 D 确定。

#### 5.2.4 沉箱结构尚应进行下列计算：

(1) 沉箱的吃水、干舷高度和浮游稳定性；

(2) 沉箱外壁、隔墙、底板和底板悬臂的承载力和裂缝宽度。

注：①具体计算按现行行业标准《重力式码头设计与施工规范》(JTJ290)的有关规定执行；

②计算外壁时，应考虑使用时期箱外为波峰或波谷压力，箱内为填料侧压力的组合情况。隔墙作为外壁的支座应进行受拉的断面核算；

③计算底板时，应分别考虑堤身在波峰或波谷作用下的基床反力与箱内填料垂直压力的组合；

#### 5.2.5 沿堤底和堤身各个水平缝及齿缝(如图 5.2.5 中的 *abcd*

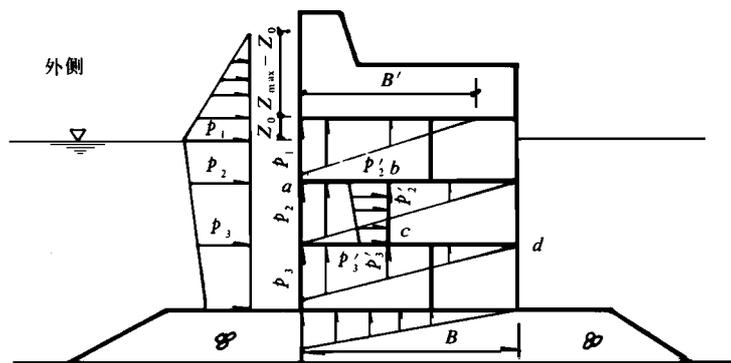


图 5.2.5 方块堤身齿缝计算示意图

缝)的抗倾稳定性极限状态设计表达式如下：

$$\gamma_0(\gamma_p M_p + \gamma_u M_u) \leq \frac{1}{\gamma_d} \gamma_G M_G \quad (5.2.5)$$

式中  $M_G$ ——堤身自重力的标准值对计算面后踵(波峰作用时)



- 或前趾(波谷作用时)的稳定力矩(kN·m)；
- 水平波浪力的标准值对计算面后踵或前趾的倾覆力矩(kN·m)；
- $M_u$ ——波浪浮托力的标准值对计算面后踵或前趾的倾覆力矩(kN·m)；
- $\gamma_0$ ——结构重要性系数；
- $\gamma_p$ ——水平波浪力的分项系数；
- $\gamma_u$ ——浮托力的分项系数；
- $\gamma_d$ ——结构系数,取 1.25。

上式中的分项系数  $\gamma_p$ 、 $\gamma_u$  可

按表 5.2.5—1 采用。对持久 抗倾稳定计算的分项系数 表 5.2.5—1

组合中的极端高水位情况,其抗倾稳定性极限状态设计表达式中的各分项系数,可采用短暂组合时的分项系数值。

组合情况	$\gamma_p$	$\gamma_u$
持久组合	1.3	1.3
短暂组合	1.2	1.2

**5.2.6** 沿堤底和堤身各水平缝及齿缝的波浪压力分布可按下列方法确定。

**5.2.6.1** 作用在整体式或装配整体式上部结构底面下的波浪浮托力,其有效作用宽度可按下列式计算:

$$B' = B \frac{Z_{\max} - Z_0}{Z_{\max}} \quad (5.2.6)$$

- 式中  $B'$  ——有效作用宽度(m)；
- $Z_{\max}$  ——波峰在静水面以上的高度(m)；
- $Z_0$  ——上部结构底面在静水面以上的高度(m)。

波浪浮托压力标准值沿  $B'$ 可作为三角形分布,其最大压强等于同一高程处的水平波浪压力标准值。

**5.2.6.2** 波峰作用的水下部分方块缝中的波浪浮托压力标准值,沿堤身宽度  $B$ 可作为三角形分布,其最大压强等于同一高程处的水平波浪压力标准值。图 5.2.5 中作用在  $bc$  缝上的水平波浪压力标准值,对  $b$ 、 $c$  点分别采用同一点的浮托压力标准值, $b$ 、 $c$  两点可作为直线分布。



作用时水下部分方块缝中的波浪浮托力,可按波峰原则进行计算。

5.2.6.4 堤底面上的波浪浮托力,应根据堤前波浪形态,按现行行业标准《海港水文规范》中的有关公式计算。

5.2.7 沿堤底和堤身各水平缝的抗滑稳定性极限状态设计表达式如下:

$$\gamma_0 \gamma_p P \leq (\gamma_G G - \gamma_u P_u) f \quad (5.2.7)$$

式中  $G$ ——作用在计算面上的堤身自重力标准值(kN);  
 $P$ ——计算面以上的水平波浪力标准值(kN);  
 $P_u$ ——作用在计算面上的波浪浮托力标准值(kN);  
 $f$ ——沿计算面的摩擦系数设计值。

上式中的分项系数  $\gamma_p$ 、 $\gamma_u$  可按表 5.2.7-1 采用。

5.2.8 沿基床底面的抗滑 抗滑稳定计算的分项系数 表 5.2.7-1

稳定性,应按下列方法确定。

组合情况	$\gamma_p$	$\gamma_u$
持久组合	1.3	1.3
短暂组合	1.2	1.2

5.2.8.1 对明基床,沿滑动面  $ABD$  (图 5.2.8-1)的抗滑稳定性极限状态设计表达式如下:

$$\gamma_0 \gamma_p P \leq [\gamma_G (G + g_1) - \gamma_u P_u] f \quad (5.2.8-1)$$

式中  $G$ ——作用在堤底面上的堤身自重力标准值(kN);  
 $g_1$ —— $ABCD$  间基床的水下自重力标准值(kN);  
 $P$ ——堤底面以上的水平波浪力标准值(kN);  
 $P_u$ ——作用在堤底面上的波浪浮托力标准值(kN);  
 $f$ ——抛石基床与地基土间的摩擦系数设计值。

注:当基床宽度较大时,应考虑在基床内部滑动(图 5.2.8-1 中  $AD$  面)的可能性。

5.2.8.2 对暗基床,沿滑动面  $ABDE$  (图 5.2.8-2)的抗滑稳定性极限状态设计表达式如下:

$$\gamma_0 \gamma_p P \leq [\gamma_G (G + g_2) - \gamma_u P_u] f + \gamma_E E_b$$

式中  $G$ ——作用在堤底面上的堤身自重力标准值(kN);  
 $g_2$ —— $ABDK$  间基床的水下自重力标准值(kN);



KD 面地基土的被动土压力(kN),可按有关公式计算并乘以折减系数 0.3 作为标准值,当基床较薄或地基土层较弱时,可忽略不计。

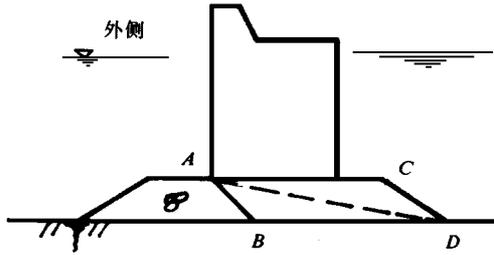


图 5.2.8-1 明基床滑动面示意图

对持久组合中的极端高水位情况,其抗滑稳定性极限状态设计表达式中的各分项系数,可采用短暂组合时的分项系数值。

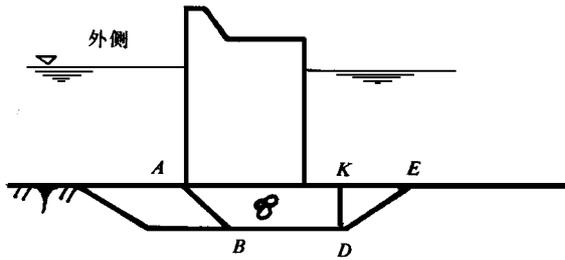


图 5.2.8-2 暗基床滑动面示意图

**5.2.9 直立堤基床顶面应力应按下列方法确定。**

**5.2.9.1 基床承载力验算符合下式要求：**

$$\gamma_0 \gamma_\sigma \sigma_{\max} \leq \sigma_r \quad (5.2.9-1)$$

式中  $\gamma_\sigma$  ——基床顶面最大应力分项系数,取 1.0;

$\sigma_{\max}$  ——基床顶面最大应力标准值;

$\sigma_r$  ——基床承载力设计值,可取 600kPa,有充分论证时可适当提高,但不应大于 800kPa。

**5.2.9.2 当  $\xi$  大于或等于  $B/3$  时,按下列公式计算：**

$$\sigma_{\max} \text{ 或 } \sigma_{\min} = \frac{G'}{B} \left[ 1 \pm \frac{6e}{B} \right] \quad (5.2.9-2)$$

$$G' = G - P_u \quad (5.2.9-3)$$

$$e = \frac{B}{2} - \xi \quad (5.2.9-4)$$

$$\xi = \frac{M_G - (M_P + M_u)}{G'} \quad (5.2.9-5)$$

式中  $\sigma_{\max}$  或  $\sigma_{\min}$  ——分别为基床顶面的最大或最小应力(kPa);

$B$  ——堤底宽度(m);

$e$  ——堤底面合力作用点的偏心距(m);

$\xi$  ——在堤底面上,合力作用点至后踵(波谷作用时为前趾)的距离(m)。

5.2.9.3 当  $\xi$  小于  $B/3$  时,基床顶面应力按下列公式计算:

$$\sigma_{\max} = \frac{2G'}{3\xi} \quad (5.2.9-6)$$

$$\sigma_{\min} = 0 \quad (5.2.9-7)$$

5.2.10 在直立堤的堤底面上,合力作用点至后踵(波谷作用时为前趾)的距离。不应小于堤底宽度的  $1/4$ 。

5.2.11 地基表面应力应按下列公式计算:

$$\sigma'_{\max} = \frac{B_1 \sigma_{\max}}{B_1 + 2t} + \gamma_b t \quad (5.2.11-1)$$

$$\sigma'_{\min} = \frac{B_1 \sigma_{\min}}{B_1 + 2t} + \gamma_b t \quad (5.2.11-2)$$

$$e' = \frac{(B_1 + 2t)(\sigma'_{\max} - \sigma'_{\min})}{6(\sigma'_{\max} + \sigma'_{\min})} \quad (5.2.11-3)$$

$$B_1 = \begin{cases} B, & \text{当 } \xi \geq \frac{B}{3} \text{ 时} \\ 3\xi, & \text{当 } \xi < \frac{B}{3} \text{ 时} \end{cases} \quad (5.2.11-4)$$

式中  $\sigma_{\max}$  或  $\sigma_{\min}$  ——分别为地基表面的最大和最小应力(kPa);

$t$  ——基床厚度(m);

$\gamma_b$  ——基床块石的重度( $\text{kN/m}^3$ );

$e'$  ——抛石基床底面合力作用点的偏心距(m)。



基上的直立堤,其整体稳定性宜采用圆弧滑动面方  
二夹层时,尚宜用非圆弧滑动面方法计算。

注:整体稳定性计算应计入波浪力的作用。

5.2.13 地基沉降计算应按现行行业标准《港口工程地基规范》  
(JTJ250)的有关规定执行,但可不考虑由于水平力引起的沉降值。

5.2.14 直立堤断面的平均沉降量不应超过下列数值:沉箱结构  
为 350mm,方块结构为 300mm。

注:直立堤顶面高程预留沉降量,可根据地基和施工情况确定。

5.2.15 明基床的基肩和坡面块体的稳定重量可按附录 F 确定。

5.2.16 直立堤前最大波浪底流速按下列方法确定。

5.2.16.1 堤前波态为立波时,最大波浪底流速可按下式计算:

$$V_{\max} = \frac{2\pi H}{\sqrt{\frac{\pi L}{g} \operatorname{sh} \frac{4\pi d}{L}}} \quad (5.2.16-1)$$

式中  $V_{\max}$  ——最大波浪底流速(m/s);

$H$  ——波高累积频率为 5%的波高(m)。

5.2.16.2 堤前波态为远破波时,最大波浪底流速可按下式计算:

$$V_{\max} = 0.33 \sqrt{g(H+d)} \quad (5.2.16-2)$$

5.2.16.3 堤前波态为近破波时,最大波浪底流速可按公式(4.  
2.20)计算。

堤前护底块石的稳定重量可按表 4.2.21 确定。

5.2.17 直立堤护底块石层的宽度,可采用 0.25 倍设计波长,但  
当有充分论证时,可按附录 J 计算以适当减少其宽度。

### 5.3 直立堤构造

5.3.1 抛石基床可采用 10kg~100kg 的块石。基床宜用重锤夯  
实,也可采用爆夯。

5.3.2 直立堤前护底块石可采用 1~2 层,其厚度不应小于 0.5m。

量大于 100kg 时,或当地基为砂土时应在护底块石于 0.3m 厚的碎石垫层。

5.3.3 直立堤的上部结构应有足够的刚度和良好的整体性,并与墙身结构连接牢固。上部结构的厚度不宜小于 1.0m,嵌入沉箱的深度不宜小于 0.3m。

注:根据波浪和施工条件,可在沉箱上部用混凝土封顶。

5.3.4 混凝土方块的重量可根据起重设备能力确定,但不宜小于表 5.3.4 中的数值。当不能满足方块重量的要求时,可在预留孔洞中间灌筑水下混凝土。

√ 直立堤方块的最小重量 表 5.3.4

设计波高(m)	方块重量(t)	设计波高(m)	方块重量(t)
2.6~3.5	30	5.6~6.0	60
3.6~4.5	40	6.1~6.5	80
4.6~5.5	50	6.6~7.0	100

5.3.5 对于堤身混凝土方块,应减少其尺寸的种类。方块的长边尺寸与高度之比不应大于 3.0;短边尺寸与高度之比不宜小于 1.0,个别方块不应小于 0.8。

5.3.6 当上层方块的稳定性不够或当方块墙的层数超过 7 层时,可在预留孔洞中灌筑钢筋混凝土。

5.3.7 对有抗震要求的方块直立堤应采取整体加强措施。

5.3.8 方块间垂直缝的宽度可采用 20mm。方块间的垂直缝应互相错开,错缝的间距不应小于表 5.3.8 中的数值。

方块错缝间距(mm) 表 5.3.8

错缝位置	方块重量	
	≤40t	>40t
在横断面上	800	900
在纵剖面或平面上	500	600

注:特殊情况下,在纵剖面或每层平面上错缝间距允许减少到 400mm,但其数量均不得超过相应总缝数的 10%。

β结构型式采用削角斜面时，其坡角宜采用  $25^{\circ}\sim$

**5.3.10** 沉箱间垂直缝的宽度可采用 50mm。沉箱间可采用平接或对接。当采用对接时，其空腔宽度可采用 0.3m~0.5m，腔内可抛填块石。

**5.3.11** 沿直立堤的长度方向应设置变形缝。变形缝应做成上下垂直通缝，其宽度可采用 25mm~50mm。变形缝的间距应根据气温情况、结构型式、地基条件和基床厚度等确定，方块结构可采用 10m~30m 沉箱结构可利用沉箱间的垂直缝作为变形缝。

**5.3.12** 直立堤堤头段的构造应符合下列要求：

- (1) 堤头段的长度可取堤身宽度的 1.5~2.0 倍；
- (2) 堤头段明基床的边坡应比堤身段的边坡适当放缓；
- (3) 堤头段的基肩，可采用方块、四脚空心方块或栅栏板予以加强；
- (4) 堤头段的护底块石重量也应比照堤身适当加大。

## 其它型式防波堤设计

### 6.1 开孔消浪沉箱直立堤

6.1.1 开孔消浪沉箱直立堤,适用于为减少墙前反射波和冲击波压力的作用以及越浪引起的传递波等情况。

6.1.2 开孔沉箱消浪室的相对宽度  $b_c/L$  宜采用 0.125~0.25, 当前仓格宽度较小时,可将前后仓格连通。

6.1.3 消浪室前墙和隔墙的开孔型式,可采用圆孔、方孔、横条孔和竖条孔。齐孔的型式及尺寸应便于施工,结构合理。

6.1.4 开孔率即开孔部位的开孔面积占该部位总面积的百分比,可取 20%~40%。开孔部位宜控制在设计高水位上、下一倍波高范围以内,下限不宜超过设计高水位以下 2.0 倍设计波高。当消浪室的顶板偏低时应开设泄压孔,见图 6.1.4。

6.1.5 开孔消浪沉箱波压力的计算,可按附录 H 确定。

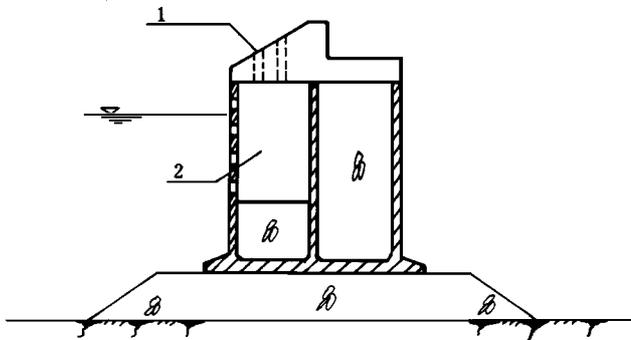


图 6.1.4 开孔消浪沉箱直立堤

1—泄压孔;2—消浪室

6.1.5 开孔消浪沉箱波压力的计算,可按附录 H 确定。

## 6.2 座床式圆筒直立堤

座床式圆筒直立堤(图 6.2.1)适用于地基较好的情况。

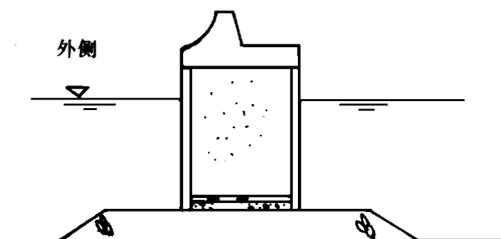
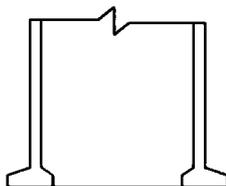


图 6.2.1 座床式圆筒直立堤

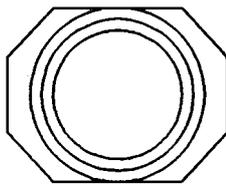
6.2.2 圆筒宜由钢筋混凝土制成,其直径应大于 3m,壁厚可取 200mm~400mm。圆筒筒身宜为整体,当必须分节预制时,分节高度不宜太小且应保证上、下两节接触良好。

6.2.3 作用于圆筒上的波压力可近似按直墙计算。座床式圆筒直立堤,其抗滑和抗倾稳定性计算,可采用第 5.2 节的方法。但在抗倾计算时,应扣除部分填料重量。

6.2.4 当圆筒顶部受力较大或在使用、施工中有特殊要求时,可采用圈梁等加强措施。对座落在基床顶面上的圆筒,为提高抗倾稳定和减少基底压力,可增加底部面积,见图 6.2.4。



6.2.5 当有防砂要求时,相邻圆筒之间宜采用榫槽对接型式。



6.2.6 座床式圆筒内部填料应密实。填料宜采用级配较好的石料、中粗砂或含泥量小于 10%的石渣。对内部填砂的座床式圆筒,应在圆筒底部设置倒滤层;对分节装配式

图 6.2.4 圆筒底部加强图

圆筒,应在圆筒底部设置倒滤层;对分节装配式圆筒,应在圆筒上、下节的接缝处设置倒滤层或采用其它防漏砂措施。

### 6.3 桩式直立堤

6.3.1 桩式直立堤适用于水深不大,地基较差和砂石料来源缺乏的情况。

6.3.2 单排桩直立堤(图 6.3.2)由直桩、斜桩、帽梁和联结构件等组成。

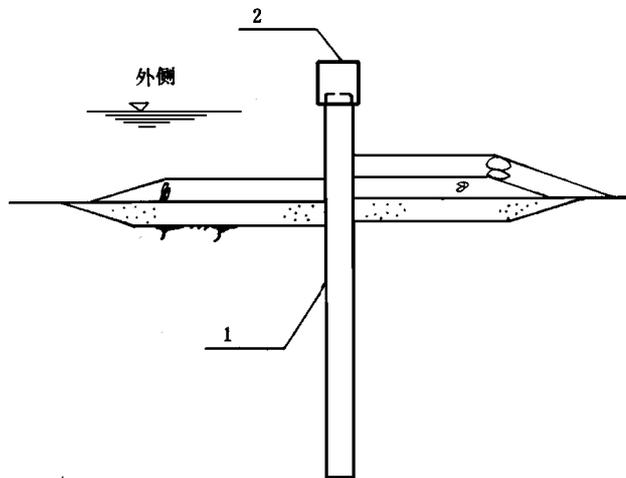


图 6.3.2 单排桩直立堤

1—桩;2—帽梁

6.3.3 单排桩直立堤其桩的入土深度及桩的强度等计算,应符合现行行业标准《水运工程桩基规范》(JTJ254)和《板桩码头设计与施工规范》(JTJ292)的有关规定。

### 6.4 透空式防波堤

6.4.1 透空式防波堤适用于水深较大、波高较小而波陡较大( $d/H \geq 2 \sim 3$ 、 $d/L \geq 0.25$ ),且水流和泥砂对港内水域影响不大的情况。

透空堤(图 6.4.2)由栈桥式高桩梁板结构和设在其单浪结构组成。

6.4.3 桩基透空堤的透浪系数可采用下列公式近似计算

$$K_t = \frac{H_t}{H} = \sqrt{\frac{(1-\xi) \operatorname{sh} \frac{2\pi}{L}(d-t_0) \operatorname{sh} \frac{2\pi}{L}(2d-t_0)}{\operatorname{sh} \frac{2\pi}{L} \operatorname{sh} \frac{4\pi d}{L}}} \quad (6.4.3-1)$$

$$\xi = \frac{H}{H+0.5L} \exp\left[-\frac{t_0}{2(d-t_0)}\right] \quad (6.4.3-2)$$

式中  $K_t$ ——透浪系数；  
 $H_t$ ——透射波(m)；  
 $H$ ——入射波(m)；  
 $L$ ——波长(m)；  
 $d$ ——堤前水深(m)；  
 $t_0$ ——挡板的入水深度(m)；  
 $\xi$ ——系数。

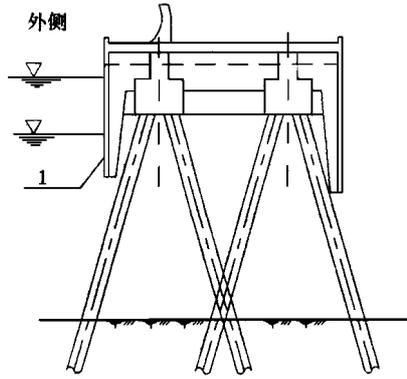


图 6.4.2 桩基透空堤  
1—挡板

6.4.4 当采用单侧挡板透空堤时,宜取堤宽与波长之比  $B/L \geq 0.25$ 、挡板入水深度与水深之比  $t_0/d = 0.3 \sim 0.5$ 。

6.4.5 当挡浪板的入水深度确定后,桩基透空堤各部位的波压力应由模型试验确定。桩基透空堤的结构设计可按现行行业标准《高桩码头设计与施工规范》(JTJ291)的有关方法确定。

## 7 斜坡堤施工

### 7.1 砂垫层与土工织物垫层

**7.1.1** 斜坡堤砂垫层抛填时,应考虑水深、水流和波浪等自然条件对砂粒产生漂流的影响,可通过试抛确定抛砂船的驻位。当水深较深、流速较大时,宜采用泥驳抛砂或其他措施。

**7.1.2** 抛砂应分段施工,砂垫层抛填后应及时用块石等覆盖。分段的长度应根据自然条件和施工条件确定。

**7.1.3** 砂垫层的质量应符合下列要求:

(1) 砂垫层的顶面高程不高于设计高程 0.5m,不低于设计高程 0.3m,砂垫层厚度不小于设计厚度;

(2) 砂垫层的顶面宽度不小于设计宽度,每侧超宽不大于 3m,当有基槽时不超出已挖基槽宽度;

(3) 砂的粒径应符合设计要求,含泥量不宜大于 5%。

**7.1.4** 当采用铺设土工布方法处理软土地基时,应符合现行行业标准《土工织物应用技术规程》(JTJ/T239)的规定。

### 7.2 堤身抛填块石和方块

**7.2.1** 抛填块石应根据设计要求、施工能力、潮位和波浪等影响,确定分层和分段的施工顺序。

**7.2.2** 软土地基上的抛石顺序应符合下列要求:

(1) 当堤侧有块石压载层时,应先抛压载层,后抛堤身;

(2) 当有挤淤要求时,应从断面中间逐渐向两侧抛填;

(3) 当设计有控制抛石加荷速率要求时,应按设计要求设置沉降观测点,控制加荷间歇时间。

抛填块石,应根据水深、水流和波浪等自然条件对块的影响,确定抛石船的驻位。

**7.2.4** 当采用陆上推进法抛填堤心石时,堤根的浅水区可一次抛填到顶,堤身和堤头视水深、地基土的强度和波浪影响程度可一次或多次抛填到顶。

**7.2.5** 当采用爆炸排淤法处理软土地基时,应符合现行行业标准《爆炸法处理水下软基技术规程》(JTJ/T258)的规定。

**7.2.6** 每段堤心石抛填完成后,应及时理坡并覆盖垫层块石及护面层。堤心石抛石的暴露长度宜控制在 30m~50m。

**7.2.7** 护面块石、垫层块石和护底块石的厚度不宜小于设计厚度。抛填护面块石的实际坡度不应陡于设计坡度。

注:对于边坡坡度的要求,也适用于安放和砌筑护面块体的情况。

**7.2.8** 块石抛填的实际断面线与设计断面线间的允许高差应符合表 7.2.8 的规定。

抛石允许高差 表 7.2.8

抛石重量(kg)	允许高差(mm)	抛石重量(kg)	允许高差(mm)
10~100	±400	300~500	±700
100~200	±500	500~700	±800
200~300	±600	700~1000	±900

**7.2.9** 抛填块石表面理坡和安放块石的实际断面线与设计断面线间的允许高差应符合表 7.2.9 的规定。

理坡和安放块石的允许高差 表 7.2.9

名称	块石重量(kg)	允许高差(mm)
理坡	10~100	±200
	100~200	±300
安放	200~300	±400
	300~500	±500
	500~700	±600
	700~1000	±700

块和栅栏板垫层块石的允许高差，水上部位不应大于 100mm，水下部位不应大于 150mm。

安放方块前应先安放压边方块。实际边线与设计边线间的偏差不应大于 300mm。

### 7.3 预制和安放护面块体

**7.3.1** 预制人工块体的模板，宜采用钢模板或拼装式混合模板。

**7.3.2** 对采用封闭式的钢模板预制人工块体，宜在混凝土初凝前用原浆压实抹光其外露部分。

**7.3.3** 预制人工块体重量的允许偏差为±5%，其尺寸允许偏差和表面缺陷的允许值应符合表 7.3.3 的规定：

人工块体的尺寸允许偏差和表面缺陷允许值 表 7.3.3

项 目		允许偏差允许值	适 用 条 件
尺寸	断面尺寸(长、宽、或直径)	±10mm	扭工字块体 扭王字块体,四脚锥体
	长度(横、竖杆或脚)	±15mm	
尺寸	断面尺寸(长或宽)	±10mm	栅栏板 四脚空心方块
	空格尺寸	±10mm	
	长度(整体)	±10mm	
	对角线	±20mm	
表面缺陷	边棱残缺	≤5000mm <sup>2</sup>	人工块体
	麻面深度	<5mm	
	横板交接处错牙	≤15mm	

**7.3.4** 安放人工块体前，应检查块石垫层的厚度、块石重量、坡度和表面平整度，不符合要求时，应进行修整。

**7.3.5** 人工块体应自下而上安放，底部的块体应与水下棱体接触紧密。

**7.3.6** 扭工字块体的安放，应满足下列条件：

(1) 采用定点随机安放时，可先按设计块数的 95% 计算网点的位置进行安放，完成后应进行检查或补漏；

(2) 采用规则安放时，应使垂直杆件安放在坡面下面，并压

上,横杆置于垫层块石上,腰杆跨在相邻块的横杆上

**7.3.7** 扭王字块体的安放可采用扭工块体的定点随机安放方法。

块体在坡面上可斜向放置,并使块体的一半杆件与垫层接触,但相邻块体摆向不宜相同。

**7.3.8** 四脚空心方块和栅栏板的安放,块体间应互相靠紧使其稳固,但不宜用二片石支垫,坡面与坡肩连接处的三角缝可用块石等填塞。

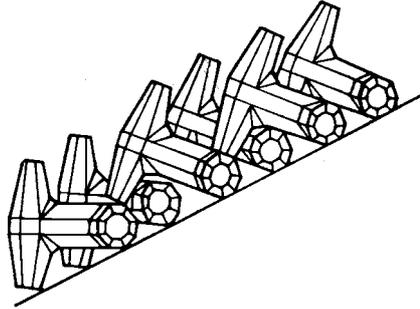


图 7.3.6 扭工字块体规则安放示意图

**7.3.9** 人工块体安装的允许偏差应满足下列要求：

(1) 对扭工字块体和四脚锥体,其安放的数量与设计数量的偏差为 $\pm 5\%$ 。对扭王字块体,其安放的数量不宜低于设计要求。

(2) 对四脚空心方块和栅栏板的安放,其相邻块体的高差不应大于 150mm,砌缝的最大宽度不应大于 100mm。

#### 7.4 安放块石和砌石护面

**7.4.1** 护面块石的长边尺寸不宜小于护面层的设计厚度,块石的重量不应小于设计重量。

**7.4.2** 安放一层块石护面层的质量,应符合下列要求：

(1) 块石间应互相靠紧,其最大缝隙宽度不大于垫层块石最小粒径的  $2/3$ ;

(2) 坡面上不允许有连续两块块石以上垂直于护面层的通缝。

**7.4.3** 干砌块石护面层的石料长边尺寸不应小于护面层的设计厚度。砌筑时长边应垂直于坡面。

**7.4.4** 干砌块石护面宜采用  $45^\circ$ 斜向自下而上分层砌筑或正向水平分层砌筑,干砌块石应紧密嵌固、相互错缝,块石与垫层相接处

应用二片石填紧,不应从坡面外侧用二片石填塞块

**7.4.5** 干砌块石和条石护面层的允许偏差,应符合表 7.4.5 的规定。

干砌块石和条石护面层允许偏差 表 7.4.5

项 目	允许偏差(mm)	项 目	允许偏差(mm)
砌缝宽度	30	通缝长度	1000
三角缝宽度	70	相邻块顶面高差	30
表面平整度	40(30)		

注:表中括号内数字指条石。

**7.4.6** 浆砌块石护面层宜采用座浆法砌筑。块石间不应直接接触,砌缝应填满砂浆,并应勾缝。

**7.4.7** 浆砌块石护面层宜一次砌到顶,当需分次砌筑时,应缩短间隔时间。

**7.4.8** 浆砌块石护面层的允许偏差,应符合表 7.4.8 的规定。

浆砌块石护面层允许偏差 表 7.4.8

项 目	允许偏差(mm)	项 目	允许偏差(mm)
砌缝宽度	40	块石表面平整度	40
三角缝宽度	80	相邻块顶面高差	30
通缝长度	1000		

**7.4.9** 干砌条石护面层,其所用石料应外型平直和棱角分明。菱形或绞丝形者不得使用。石料的长边尺寸不宜小于设计厚度,尺寸允许偏差为±20mm。

**7.4.10** 干砌条石宜采用正砌、斜砌或加糙安砌。砌筑时长边应垂直于坡面,自下而上分层砌筑,条石与坡脚棱体要靠紧,条石间紧密嵌固,相互错缝,条石底面及条石间的空隙应用二片石塞紧,不允许从外侧填塞。

## 7.5 斜坡堤胸墙

**7.5.1** 斜坡堤胸墙,应在抛石堤身和地基沉降基本完成后施工。

混凝土胸墙的模板,应考虑施工期波浪作用。胸墙与抛石堤身接触处应防止漏浆。

**7.5.3** 对掺块石混凝土胸墙,应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ 268)的有关规定。

**7.5.4** 浆砌块石胸墙,宜采用分层座浆砌筑。块石应上下错缝,内外搭砌,砌筑砂浆应饱满。勾缝应密实牢固。浆砌块石胸墙的施工缝,应留阶梯形接茬,其台阶高度不宜超过 1.2m。

**7.5.5** 现浇混凝土和浆砌块石胸墙的允许偏差应符合表 7.5.5—1 和 7.5.5—2 的规定。

现浇混凝土胸墙允许偏差 表 7.5.5—1

项 目	允许偏差(mm)	项 目	允许偏差(mm)
顶面高程	±30	两侧平整度	±20
临水面与准线	±30	相邻段错牙	20

浆砌块石和毛料石胸墙允许偏差 表 7.5.5—2

项 目	允 许 偏 差 (mm)	
	浆砌块石	浆砌毛料石
顶面高程	±40	±20
临水面与准线	±30	±30
正面平整度	40	20
断面尺寸	±50	±40
正面竖向倾斜	前倾	0
	后倾	$h_0/100$

注： $h_0$  为胸墙高度(mm)。

## 7.6 竣工尺度

**7.6.1** 斜坡堤竣工尺寸的允许偏差应符合表 7.6.1 的规定。

斜坡堤竣工尺寸的允许偏差

表 7.6.1

目	允 许 偏 差
堤顶高程	1.抛石斜坡堤 ±100
	2.人工块体斜坡堤 ±600
	3.有胸墙的斜坡堤 ±30
长度	$\pm \frac{l_0}{200}$ 但不应超过 ±4000
中轴线	200

注： $l_0$  为防波堤设计长度(mm)。

## 8 直立堤施工

### 8.1 基础施工

**8.1.1** 在易回淤的区段或基槽深度较大时,应分层分段开挖基槽,并及时抛填。

**8.1.2** 基槽开挖的尺寸不应小于设计规定。对非岩石地基,每边超宽不宜大于 3m,平均不大于 1.5m;超深不宜大于 0.8m,平均不大于 0.5m。

注:对抓斗容积大于 8m<sup>3</sup>的挖泥船,其超宽和超深数值可适当增加。

**8.1.3** 开挖基槽过程中,当发现土质与设计情况不符时,应及时研究解决。

**8.1.4** 基床抛石前,应进行验槽,当回淤较厚时,应及时研究处理。

**8.1.5** 基床的抛石与夯实,应符合现行行业标准《重力式码头设计与施工规范》的有关规定。

直立堤抛石基床复打一夯次的平均夯沉量不应大于 50mm。

**8.1.6** 抛石基床的整平应符合表 8.1.6 的规定。

水下基石整平范围允许偏差 表 8.1.6

整平种类	高程允许偏差 (mm)	适用部位	整平范围
细平	±50	堤身或压肩方块下的基床	压肩方块底边外加宽 0.5m
粗平	±150	基床的肩部	内外肩

注:当进行细平时,可用二片石填充整平。

**8.1.7** 堤前护底块石或人工块体应在墙身结构安装后及时抛填或安放。

## 8.2 方块和沉箱的预制

8.2.1 预制方块和沉箱,其底模上的隔离剂或隔离层,不得使用油毛毡等可导致降低摩擦系数的材料。

8.2.2 当沉箱分层浇筑时,施工缝不宜设在水位变动区和底板与立墙的连接处。

8.2.3 对掺块石的混凝土方块应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》的有关规定。

8.2.4 方块和沉箱尺寸的允许偏差应符合表 8.2.4 的规定。

方块和沉箱尺寸的允许偏差 表 8.2.4

构件名称	项 目		允许偏差(mm)
方块	边长	≤5m	±100
		>5m	±150
	对角线	短边长≤3m	±200
短边长>3m		±300	
	表面局部凹凸		±10
	吊孔或吊环位置		±40
沉箱	边长	≥10m	±0.25%/ l
		<10m	±25
	顶面对角线		±50
	分段浇筑相邻段错牙		±10
	壁、板厚		±10
	表面局部凹凸		±10
	外壁倾斜		0.2% h

注: h 为沉箱高度(mm); l 为沉箱外边长度(mm)。

## 8.3 方块和沉箱的安装

8.3.1 预制方块和沉箱起吊时,混凝土强度应符合设计要求。

8.3.2 沉箱的溜放及浮运,应符合现行行业标准《重力式码头设计与施工规范》的有关规定。



吊应使用专门的吊架,吊架的刚度和强度,应满足

**8.3.4** 沉箱吊点可为预留洞或预埋吊环。吊点附近的混凝土应用钢筋加强,预留洞与吊具接触面应用钢套管保护。吊点的实际位置与设计位置的允许偏差为±30mm。

**8.3.5** 沉箱的贮存场地应符合下列要求:

(1) 沉放贮存场地水底面应较平坦,有足够的承载力,水域受波浪和泥沙冲淤的影响不大,且足够的水深便于起浮。

(2) 漂浮存放时,应有可靠的系泊条件,且沉箱间以及沉箱与其他建筑物间应有足够的距离。

**8.3.6** 安装堤身方块时,应分段控制其长度。堤身方块的安装允许偏差,应符合表 8.3.6 的规定。

堤身方块安装允许偏差 表 8.3.6

项 目	允许偏差(mm)	项 目	允许偏差(mm)
砌缝宽度	40	相邻方块临水面错牙	30
砌缝最大宽度	100	相邻方块顶面高差	30
临水面与准线的偏差	70		

**8.3.7** 沉放法安装沉箱时,应符合下列要求:

(1) 落潮沉放时,应先灌水使沉箱下沉至沉箱底距基床面 300mm~500mm 时止,后调整沉箱位置,使沉箱随落潮坐落在基床上;

(2) 灌水沉放时,应控制沉箱底距基床面上的水深至少高出 100mm~200mm。调整沉箱位置,继续灌水使沉箱落在基床上。

**8.3.8** 采用起重船安装沉箱时,应先使其大体就位,箱底离基床面约 300mm,再作小范围调整后,下沉就位。

**8.3.9** 沉箱安装后,箱内应及时抛填。当抛填块石时,应采取保护措施,防止沉箱顶沿被块石砸坏。沉箱箱格内抛填应大致均匀,防止偏载。

**8.3.10** 沉箱安装允许偏差,应符合表 8.3.10 的规定。

沉箱安装允许偏差 表 8.3.10

	允许偏差(mm)	项 目	允许偏差(mm)
安装缝宽	40	临水面与准线的偏差	100
接缝最大宽度	150	相邻沉箱临水面错牙	80

#### 8.4 直立堤上部结构

8.4.1 现浇上部结构混凝土除应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》的规定外,尚应满足下列要求:

(1) 上部结构模板应考虑施工期波浪的作用。模板与堤身的接触部位应防止漏浆及发生淘刷;

(2) 当上部结构需分次浇注时,应减少水平施工缝;

(3) 浇筑混凝土,应赶潮施工始终保持浇筑层在水面以上,顶层混凝土在初凝前不宜被水淘刷。

8.4.2 现浇上部结构混凝土的允许偏差,应符合表 8.4.2 的规定。

现浇上部结构允许偏差 表 8.4.2

项 目	允许偏差(mm)	项 目	允许偏差(mm)
临水面与准线	30	相邻段临水面错牙	20
断面尺寸	±15	临水面表面局部凹凸	20
顶面高程	±30		

8.4.3 当上部采用预制拼装结构形式时,安装后的块体在施工期间的波浪作用下不稳定时,应采取临时固定措施。

8.4.4 上部结构预制块体安装的允许偏差,应符合表 8.4.4 的规定。

上部结构预制块体安装允许偏差 表 8.4.4

项 目	允许偏差(mm)
临水面与准线	70
相邻块体临水面错牙	30
顶面高程	±30



8.5 竣工尺度

直立堤竣工尺寸允许偏差应符合表 8.5.1 的规定：

直立堤竣工尺寸的允许偏差 表 8.5.1

项 目	允许偏差(mm)
堤顶高程与施工控制标高	±30
长 度	$\pm \frac{l_0}{200}$ 但不应超过±2000
中轴线	100

注： $l_0$  为防波堤设计长度(mm)。

## 常用护面块体形状尺寸图

A.0.1 常用的人工护面块体有四脚锥体、四脚空心方块、扭工字块体、扭王字块体,其形状尺寸见图 A.0.1~A.0.1-4。

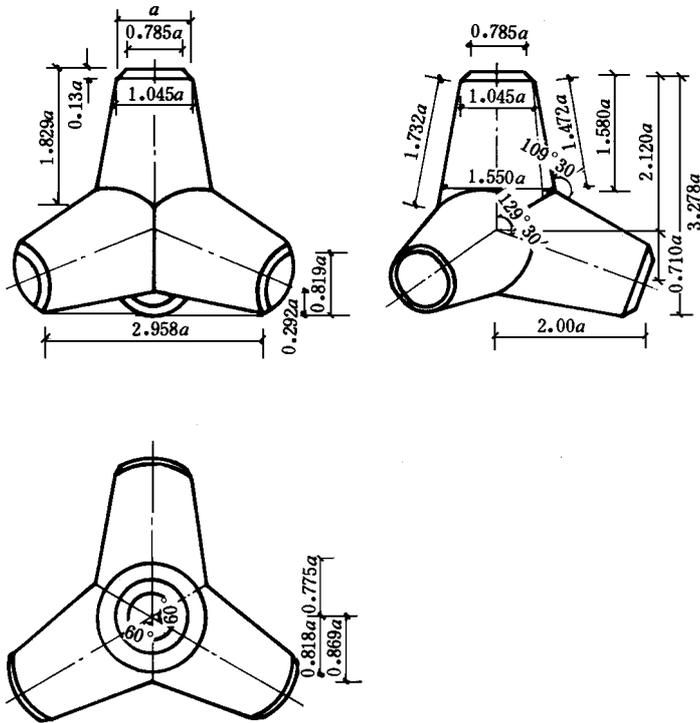


图 A.0.1-1 四脚锥体

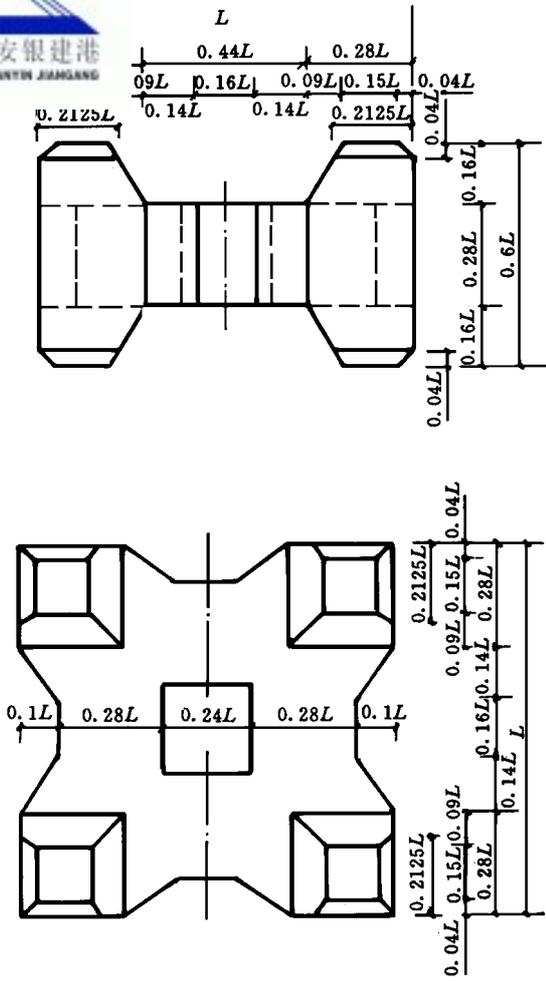
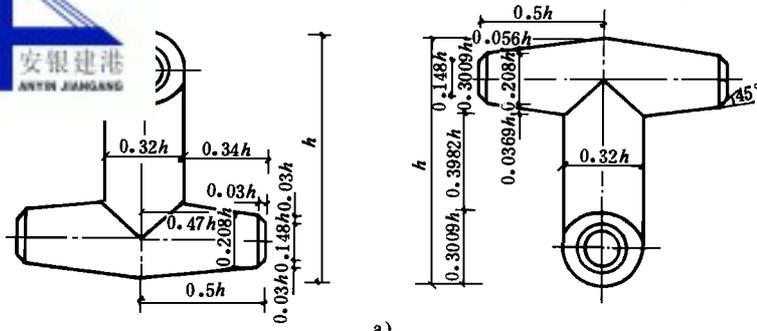
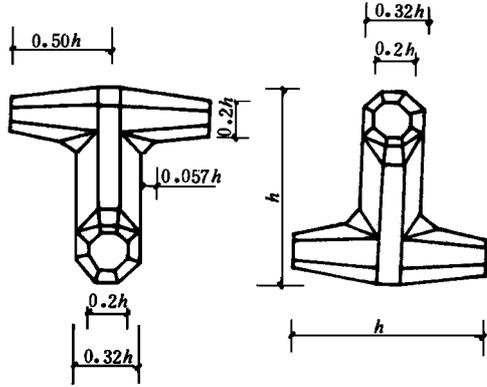


图 A.0.1-2 四脚空心方块



a)



b)

图 A.0.1-3 扭工字块体

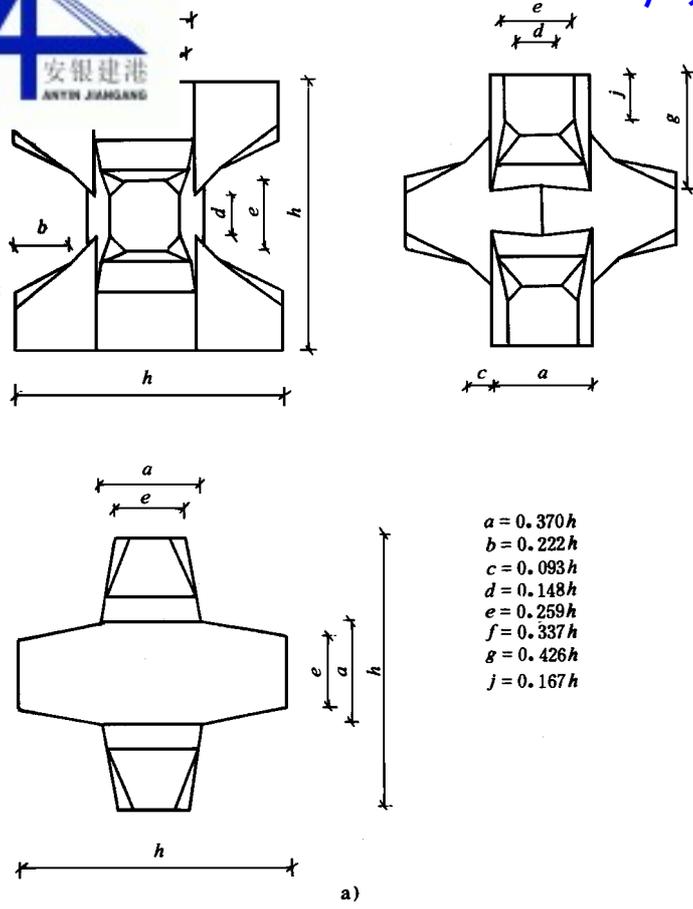


图 A.0.1-4

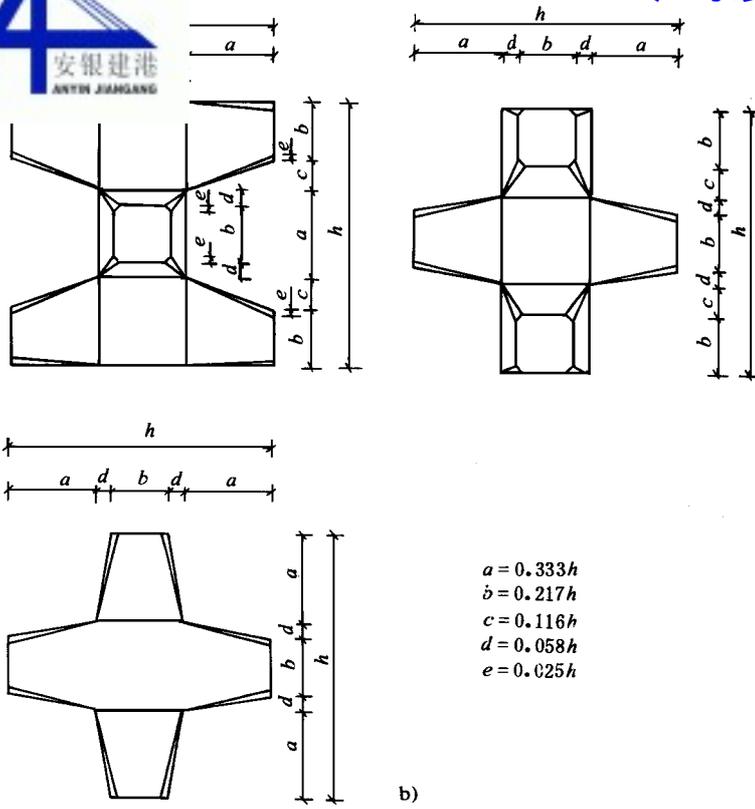


图 A.0.1-4 扭王字块体  
注：b)型扭王字块体重量宜用于 10t 以内

**A.0.2 常用护面块体的体积可按表 A.0.2 确定。**

护面块体体积 表 A.0.2

块体	四脚锥体	四脚空心方块	扭工字块体		扭王字块体	
			(a)	(b)	(a)	(b)
$V(m^3)$	$9.925 a^3$	$0.299 L^3$	$0.142 h^3$	$0.160 h^3$	$0.330 h^3$	$0.265 h^3$

注：表中  $a, L, h$  的含义见图 A.0.1-1~A.0.1-4

## 护面块体的稳定重量、护面层厚度、人工块体个数和混凝土量计算图

**B.0.1** 抛填两层块石和安放即立放一层块石的稳定重量可按图 B.0.1-1 和 B.0.1-2 确定。

**B.0.2** 四脚锥体的稳定重量、护面层厚度、块体个数和混凝土量可分别按图 B.0.2-1、B.0.2-2、B.0.2-3 和 B.0.2-4 确定。

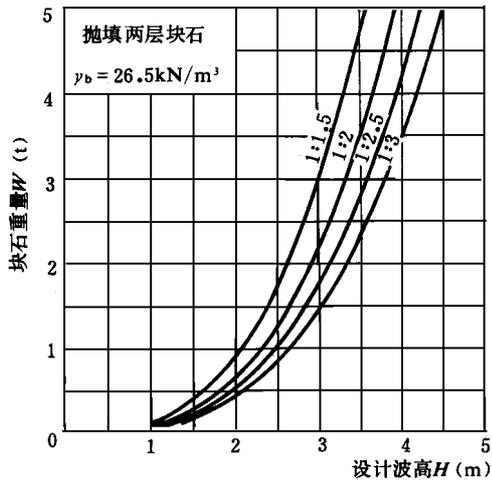


图 B.0.1-1 抛填两层块石的稳定重量  $W$

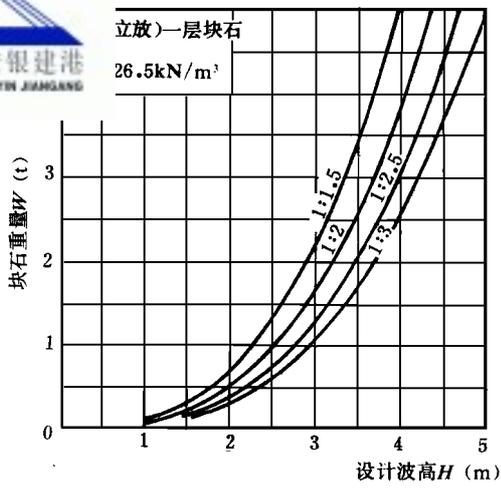


图 B.0.1-2 安放(立放)一层块石的稳定重量 W

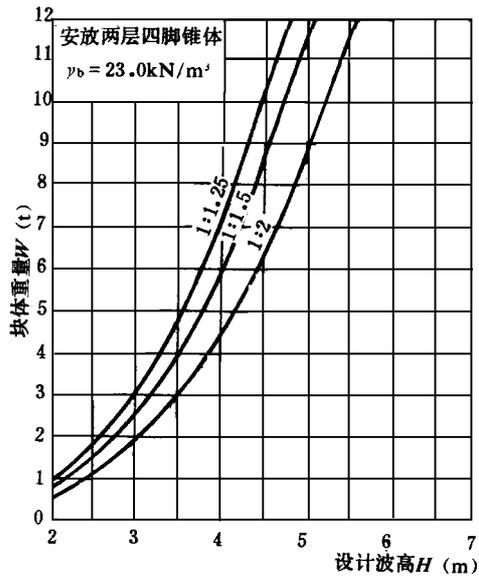


图 B.0.2-1 四脚锥体的稳定重量 W

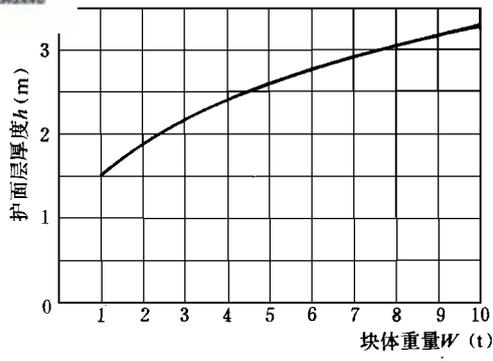


图 B.0.2-2 四脚锥体的护面层厚度  $h$

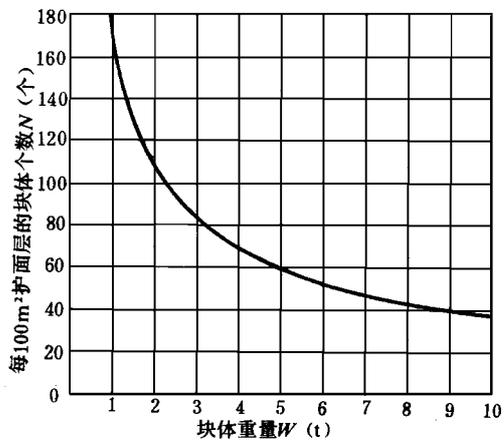


图 B.0.2-3 四脚锥体的块体个数  $N$

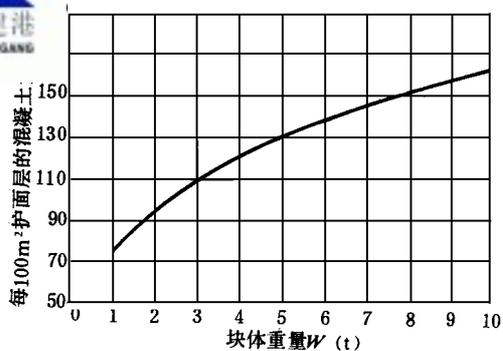


图 B.0.2-4 四脚锥体的混凝土量  $Q$

**B.0.3** 四脚空心方块的稳定重量、护面层厚度、块体个数和混凝土量可分别按图 B.0.3-1、B.0.3-2、B.0.3-3 和 B.0.3-4 确定。

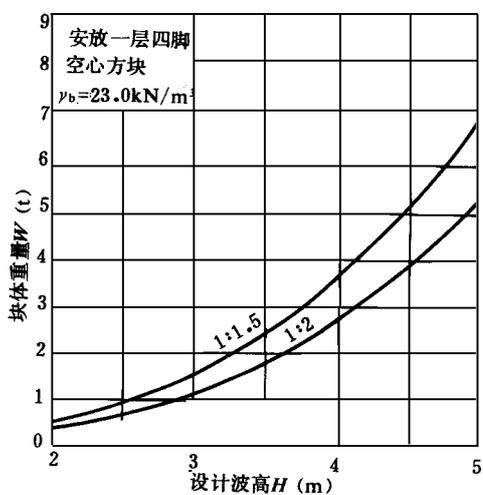


图 B.0.3-1 四脚空心方块的稳定重量  $W$

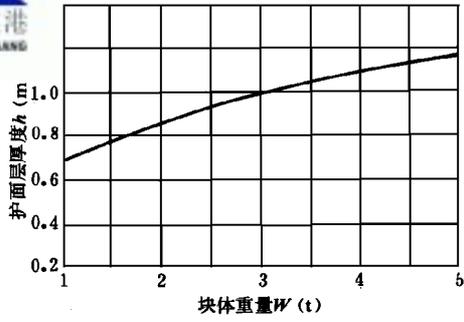


图 B.0.3—2 四脚空心方块护面层厚度  $h$

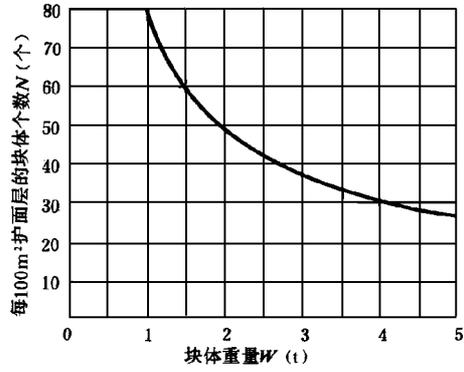


图 B.0.3—3 四脚空心方块块体个数  $N$

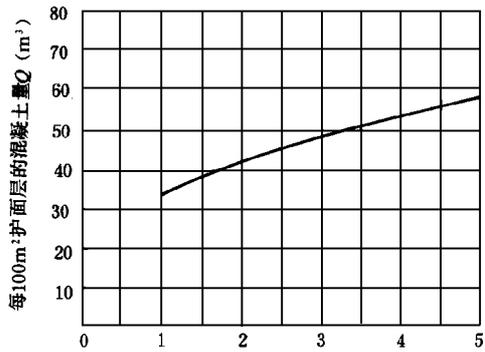


图 B.0.3—4 四脚空心方块混凝土量  $Q$

本的稳定重量、护面层厚度,块体个数和混凝土

.4-1、B.0.4-2、B.0.4-3 和 B.0.4-4 确定。

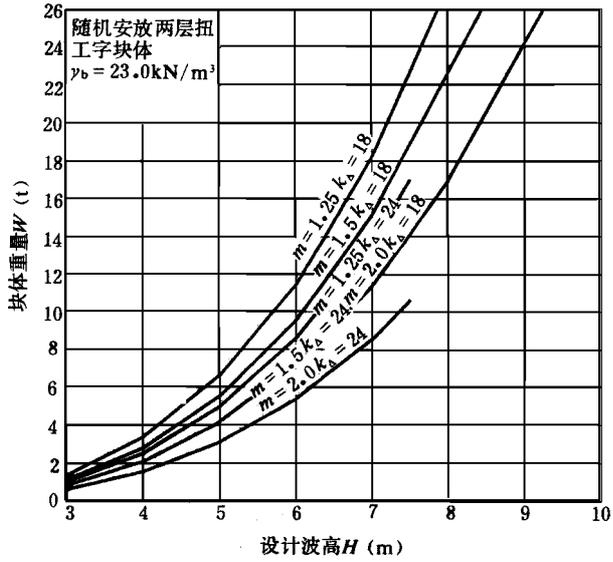


图 B.0.4-1 扭工字块体的稳定重量  $W$

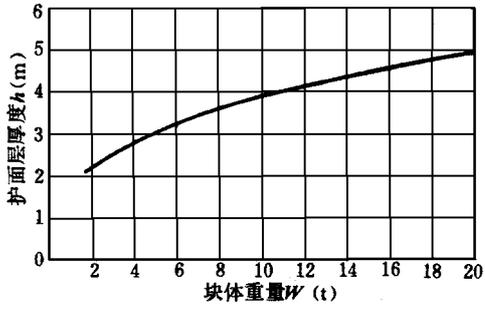


图 B.0.4-2 扭工字块体的护面层厚度  $h$

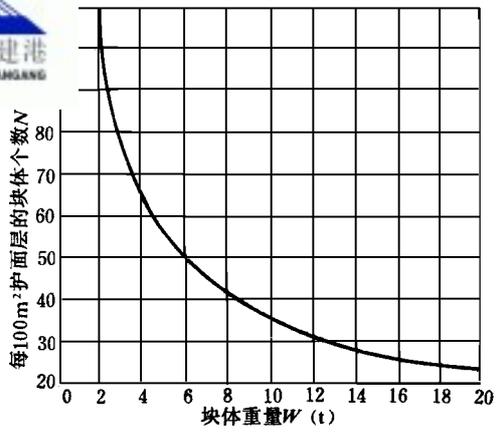


图 B.0.4-3 扭工字块体的个数  $N$

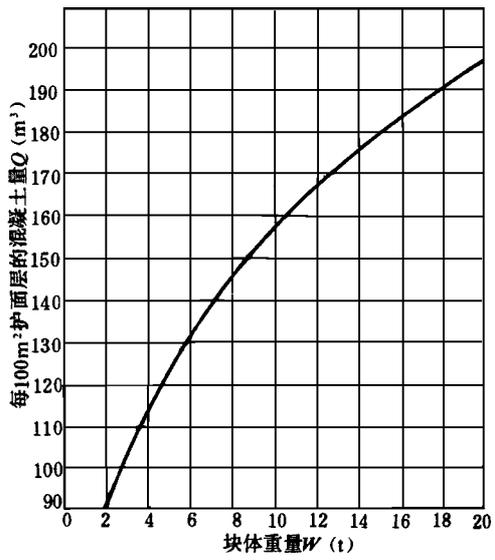


图 B.0.4-4 扭工字块体的混凝土量  $Q$

本的稳定重量、护面层厚度,块体个数和混凝土  
.5-1、B.0.5-2、B.0.5-3 和 B.0.5-4 确定。

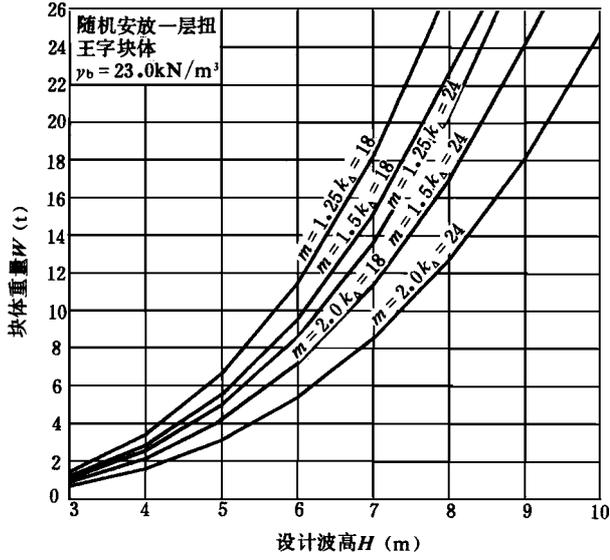


图 B.0.5-1 扭王字块的稳定重量  $W$

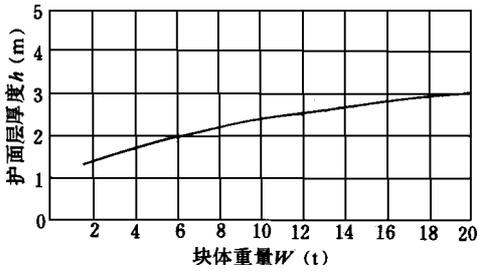


图 B.0.5-2 扭王字块体的护面层厚度  $h$

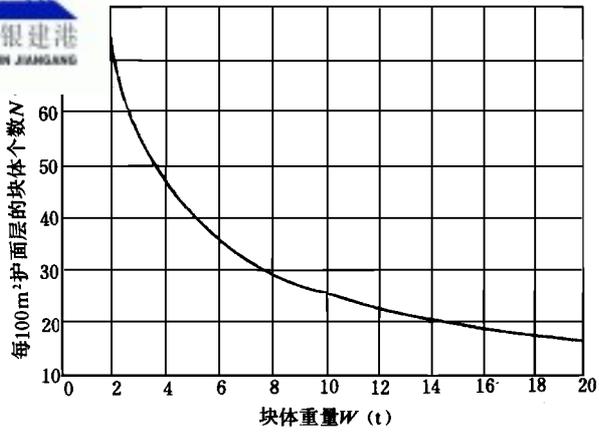


图 B.0.5-3 扭王字块体的个数  $N$

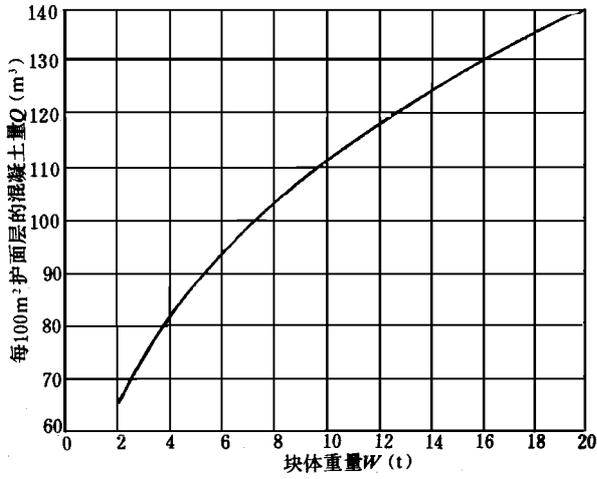


图 B.0.5-4 扭王字块体的混凝土量  $Q$

## 附录 C 坦波情况下斜坡堤护面块体稳定重量的确定

**C.0.1** 对波浪周期较长或波陡  $H/L \leq 1/30$  的坦波,斜坡堤的护面块体的稳定重量可按下列公式确定。

**C.0.1.1** 当护面块体位于从斜坡堤顶部到静水面以下深度  $Z = 0.7H$  的斜坡区域时,按下式计算:

$$W = \frac{0.36 K \gamma_b H^3}{\left[ \frac{\gamma_b}{\gamma} - 1 \right]^3 \sqrt{1 + \text{ctg}^3 \alpha}} \sqrt{\frac{L}{H}} \quad (\text{C.0.1-1})$$

式中  $W$  —— 单个块体重量(t);  
 $K$  —— 系数;  
 $\gamma_b$  —— 块体材料的重度(kN/ m<sup>3</sup>);  
 $H$  —— 设计波高(m);  
 $\gamma$  —— 水的重度(kN/ m<sup>3</sup>);  
 $\alpha$  —— 斜坡与水平面的夹角(°);  
 $L$  —— 计算波长(m)

**C.0.1.2** 当  $Z > 0.7H$  时,按下式计算:

$$W_z = W \exp\left[-\frac{7.5 Z^2}{HL}\right] \quad (\text{C.0.1-2})$$

式中  $W_z$  —— 单个块体重量(t)。

**C.0.1.3** 系数  $K$  按表 C.0.1 采用。

系 数  $K$  表 C.0.1

护 面 型 式	系 数 $K$	
	抛 填	安 放
块 石	0.025	—
混凝土方块	0.021	—
四脚锥体与其他异型块体	0.008	0.006

## 斜坡堤前的海底冲刷计算

**D.0.1** 在部分立波作用下,斜坡堤前沙质海底冲刷形态可分为相对细沙型、过渡型和相对粗沙型三种(图 D.0.1)。

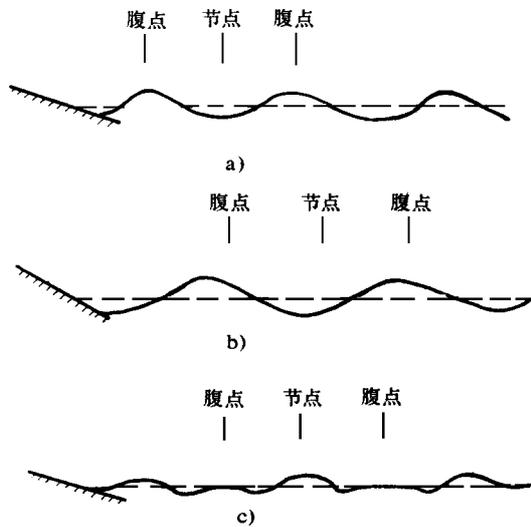


图 D.0.1 斜坡堤前的三种冲刷形态

a)相对细沙型;b)过渡型;

c)相对粗沙型

**D.0.1.1** 相对细沙型和相对粗沙型的冲刷剖面特性与立波作用下直立堤前相应的两种冲刷形态基本相同。

**D.0.1.2** 对过渡型的冲刷形态,其冲刷谷和堆积峰的位置均偏离于部分立波的节点和腹点。

**D.0.1.3** 对相对细沙型和过渡型的冲刷剖面,在斜坡堤坡面下

，应采用护底块石层加以保护。  
堤前沙质海底冲刷形态的判别参数可按下列公式计

算：

$$\beta = \frac{U_{\max} - U_{cr}}{\omega} \quad (\text{D.0.2-1})$$

$$U_{\max} = \frac{2\pi H_{13\%}}{\sqrt{\frac{\pi L}{g} \operatorname{sh} \frac{4\pi d}{L}}} \quad (\text{D.0.2-2})$$

$$U_{cr} = 2.4 \Delta^{\frac{2}{3}} D_{50}^{0.433} T^{\frac{1}{3}} \quad (\text{D.0.2-3})$$

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \quad (\text{D.0.2-4})$$

- 式中  $\beta$  —— 冲刷形态的判别参数；  
 $U_{\max}$  —— 立波节点处最大底流速(m/s)；  
 $U_{cr}$  —— 底沙的起动流速(m/s)；  
 $\omega$  —— 沙粒的静水沉降速度(m/s)；  
 $H_{13\%}$  —— 有效波高(m)；  
 $L$  —— 由平均周期  $\bar{T}$  计算得出的波长(m)；  
 $g$  —— 重力加速度(m/s<sup>2</sup>)；  
 $d$  —— 水深(m)；  
 $\Delta$  —— 沙粒的相对密度；  
 $D_{50}$  —— 沙粒的中值粒径(m)；  
 $\bar{T}$  —— 波浪的平均周期(s)；  
 $\rho_s$  —— 沙粒的密度(kg/m<sup>3</sup>)；  
 $\rho$  —— 水的密度(kg/m<sup>3</sup>)。

**D.0.3** 冲刷形态可按下列规定确定。

- (1) 当  $\beta > 28$  时为相对细砂型；
- (2) 当  $\beta < 10$  时为相对粗砂型；
- (3) 当  $10 < \beta < 28$  时为过渡型。

**D.0.4** 斜坡堤前部分立波第一个腹点至斜坡坡面与静水面交点间的距离可按下列公式计算：

$$l = \frac{L}{2} - \frac{L}{T \sin \alpha} \left( \frac{R_u}{g} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{D.0.4})$$

式中  $l$  ——堤前部分立波第一个腹点至斜坡坡面与静水面交点间的距离(m);

$\alpha$  ——斜坡的坡角(°);

$R_u$  ——波浪在斜坡面上的爬高(m)。

**D.0.5** 当为相对细沙型或过渡型冲刷形态时,冲刷谷的最大深度可按下列公式计算:

$$Z_{\text{mf}} = \frac{0.2 H_{\text{max}}}{\left( \text{sh} \frac{2\pi d}{L} \right)^{1.35}} \quad (\text{D.0.5-1})$$

$$H_{\text{max}} = H_{13\%} + H_{\text{R}} \quad (\text{D.0.5-2})$$

式中  $Z_{\text{mf}}$  ——冲刷谷的最大深度(m);

$H_{\text{max}}$  ——波腹点处的波高(m);

$H_{\text{R}}$  ——反射波高(m)。

**D.0.6** 当为相对粗沙型冲刷形态时,冲刷谷的最大深度  $Z_{\text{mc}}$ 可按图 G.0.5 中曲线确定,其纵坐标应采用  $Z_{\text{mc}}/0.5H_{\text{max}}$ 。

## 附录 E 削角直立堤波压力计算

**E.0.1** 作用于削角直立堤上波压力的计算方法(图 E.0.1),先按不削角直立堤计算其波压力分布,然后取作用于削角斜面上各点的波压强标准值等于不削角直立堤在同一高程上的波压强标准值(图 E.0.1 中的  $p_1$  与  $p_2$ )。

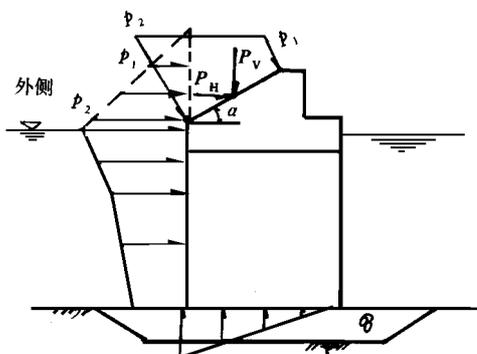


图 E.0.1 削角直立堤波压力图

- $\alpha$  —— 削角斜面与水平面的夹角,可取  $25^\circ \sim 30^\circ$ ;
- $p_1$  —— 斜面顶波压强标准值(kPa);
- $p_2$  —— 斜面底拐点处波压强标准值(kPa);
- $P_H$  —— 作用于削角斜面上的水平波浪力标准值(kN/m);
- $P_V$  —— 作用于削角斜面上的竖向波浪力标准值(kN/m)。

注:削角直立堤在进行抗滑、抗倾稳定性及基床顶面应力计算时,在堤身自重标准值  $G$  中应计入  $P_V$ ;在水平波浪力标准值  $P$  中应计入  $P_H$ 。

**E.0.2** 当有充分论证时,作用于削角直立堤上的波压力可适当减少。

## 明基床基肩和坡面块体 稳定重量计算图

**F.0.1** 当明基床基肩和坡面块体采用抛填块石和单层四脚空心方块时,其稳定重量可由图 F.0.1 确定。

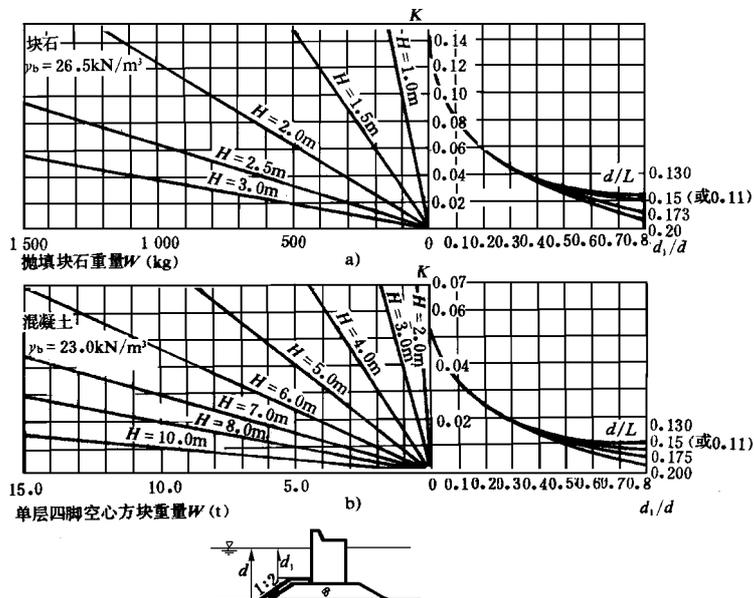


图 F.0.1 明基床基肩和坡面块体稳定重量计算图

注:①采用波高累积频率为 5% 的波高  $H_{5\%}$ ;

②若为安放块石,块体重量可近似采用抛填块石重量  $W$  的 0.6 倍。当坡度为 1:1 时,块体重量可近似采用图中数值的 1.33 倍。

**F.0.2** 当明基床基肩和坡面块体采用栅栏板时,应满足下列要求。

**F.0.2.1** 栅栏板的平面形状宜采用长方形,其长边与短边的

公式计算：

$$\frac{a_0}{b_0} = 1.25 \quad (\text{F.0.2-1})$$

$$b_0 \geq 0.5H \quad (\text{F.0.2-2})$$

式中  $a_0$ ——栅栏板的长边,沿基床斜坡方向(m);  
 $b_0$ ——栅栏板的短边,沿堤轴线方向(m)。

**F.0.2.2** 当明基床的边坡不陡于 1:2,栅栏板的稳定厚度可按  
 下式计算：

$$\frac{h}{H} = 10^{-3} \frac{\gamma}{\gamma_b - \gamma} \left[ 140 - (39 + 8.6 \frac{d}{H}) \frac{d_1}{d} \right] \quad (\text{F.0.2.3})$$

式中  $h$ ——栅栏板的稳定厚度(m)。

**F.0.2.3** 作用于基床护面栅栏板上的波浪力,其正向波压强度  
 标准值可按表 F.0.2 确定。

栅栏板正向波压强度标准值  $p_M$ (kPa) 表 F.0.2

$\frac{p_M}{\gamma H}$ / $T\sqrt{g/H}$	10	12	14	16
受力部位				
坡肩上	0.35	0.42	0.57	0.66
坡面上	0.21	0.25	0.36	0.46

## 附录 G 直立堤前的海底冲刷计算

**G.0.1** 立波作用下直立堤前沙质海底有两种基本的冲刷形态，对于相对细沙型的冲刷形态，沙底在立波的节点处发生冲刷，在腹点附近发生堆积(图 G.0.1a)。对于相对粗沙型的冲刷形态，沙底在节点与腹点的中部发生冲刷，在节点处发生堆积(图 G.0.1b)

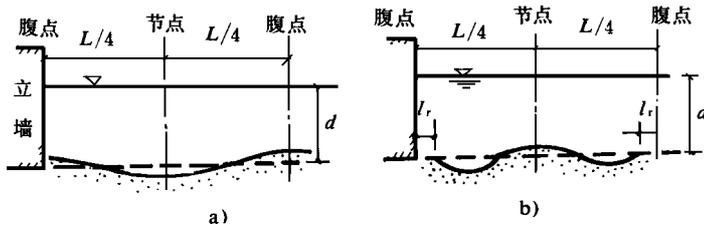


图 G.0.1 直立堤前海底冲刷形态

a) 相对细颗粒泥沙； b) 相对粗颗粒泥沙

**G.0.2** 沙质海底冲刷形态可按下列公式判别：

$$\beta = \frac{U_{\max} - U_{cr}}{\omega} \quad (\text{G.0.2-1})$$

$$U_{\max} = \frac{2\pi H_{13\%}}{\sqrt{\frac{\pi L}{g} \operatorname{sh} \frac{4\pi d}{L}}} \quad (\text{G.0.2-2})$$

$$U_{cr} = 2.4 \Delta^{\frac{2}{3}} D_{50}^{0.433} T^{\frac{1}{3}} \quad (\text{G.0.2-3})$$

$$\Delta = \frac{\gamma_b - \gamma}{\rho} \quad (\text{G.0.2-4})$$

冲刷形态的判别参数,当  $\beta \geq 16.5$  时为相对细沙型的冲刷形态,当  $\beta < 16.5$  时为相对粗沙型的冲刷形态;

- $U_{\max}$  ——立波节点处最大底流速(m/s);
- $U_{cr}$  ——底沙的起动流速(m/s);
- $\omega$  ——沙粒的静水沉降速度(m/s);
- $H_{13\%}$  ——有效波高(m);
- $L$  ——计算波长(m);
- $g$  ——重力加速度(m/s<sup>2</sup>);
- $d$  ——堤前水深(m);
- $\Delta$  ——沙粒的相对密度;
- $D_{50}$  ——沙粒的中值粒径(m);
- $\bar{T}$  ——波浪的平均周期(s);
- $\gamma_b$  ——沙粒的重度(kN/m<sup>3</sup>);
- $\gamma$  ——水的重度(kN/m<sup>3</sup>)。

**G.0.3** 相对细沙型的冲刷剖面可按下列公式计算:

$$x_f = \frac{L}{4\pi}\theta + R\sin\theta \quad (\text{G.0.3-1})$$

$$Z_f = -R\cos\theta \quad (\text{G.0.3-2})$$

$$R = 1 - \frac{(1 - \frac{8\pi Z_{mf}}{L})^{\frac{1}{2}}}{\frac{4\pi}{L}} \quad (\text{G.0.3-3})$$

$$Z_0 = -R - Z_{mf} \quad (\text{G.0.3-4})$$

$$Z_{mf} = \frac{0.4H}{\left[\text{sh}\frac{2\pi d}{L}\right]^{1.35}} \quad (\text{G.0.3-5})$$

- 式中  $x_f$  ——冲刷剖面曲线的水平坐标值(m),自  $x$  节点量起;
- $Z_f$  ——冲刷剖面曲线的垂直坐标值(m),自海底面以上  $Z_0$  处量起,向上为正;
- $Z_{mf}$  ——冲刷谷的最大深度(m);

- 计算角( $^{\circ}$ ),取  $0 \sim 2\pi$ 。

型的冲刷剖面可按下列公式计算:

$$1 - 2.8x_c^2 - 14.7x_c^4 + 33x_c^6 - 16.5x_c^8 \quad (G.0.4-1)$$

$$l_r = \frac{L}{2\pi} \cos^{-1} \left( \frac{U_{cr}}{U_{max}} \right) \quad (G.0.4-2)$$

式中  $Z_c$  —— 冲刷剖面曲线的垂直坐标值(m);由海底面量起,向上为正;

$Z_{mc}$  —— 冲刷谷的最大深度(m),可由图 G.0.5 查得;

$x_c$  —— 冲刷剖面曲线的水平坐标值(m),自节点量起,由 0 至 1.0,  $x_c=1.0$  时相当于水平距离为  $L/4 - l_r$ 。

**G.0.5** 相对粗砂型冲刷谷的最大深度  $Z_{mc}$ 可按图 G.0.5 确定。

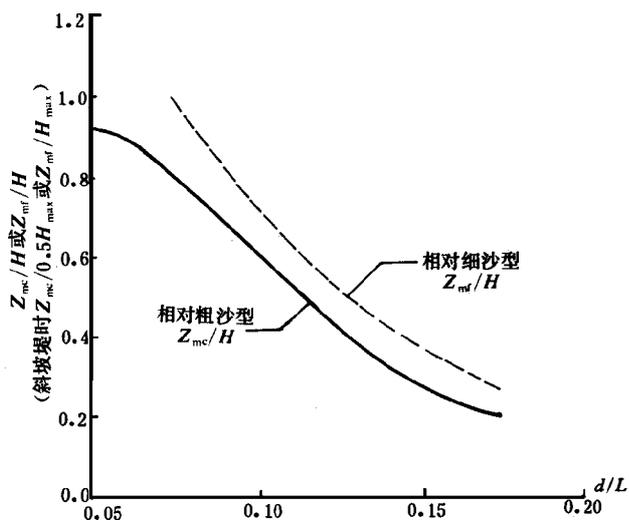


图 G.0.5 冲刷谷最大深度计算图

**G.0.6** 直立堤前护底块石层的宽度,可根据堤前冲刷面由整体稳定性验算确定(图 G.0.6),但不应小于 5m。

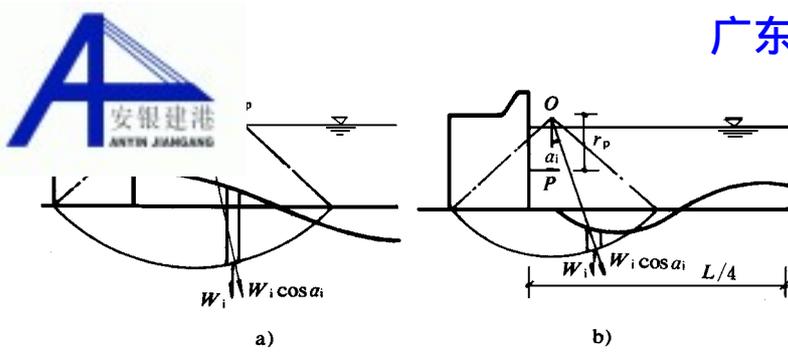


图 G.0.6 受冲刷影响的直立堤稳定分析图  
a) 相对细砂型; b) 相对粗砂型

## 开孔消浪沉箱波压力的计算

**H.0.1** 对开孔消浪沉箱防波堤,应计算开孔外壁上正向水平波浪力和反向水平波浪力、消浪室后壁上的水平波浪力、消浪室顶板和底板上的垂直波浪力以及消浪沉箱底面上的波浪浮托力等。

**H.0.2** 对无顶板的开孔消浪沉箱直立堤(图 H.0.1),作用在外壁上的水平波浪力标准值和作用在底部的波浪浮托力标准值 可近似按下列方法确定。

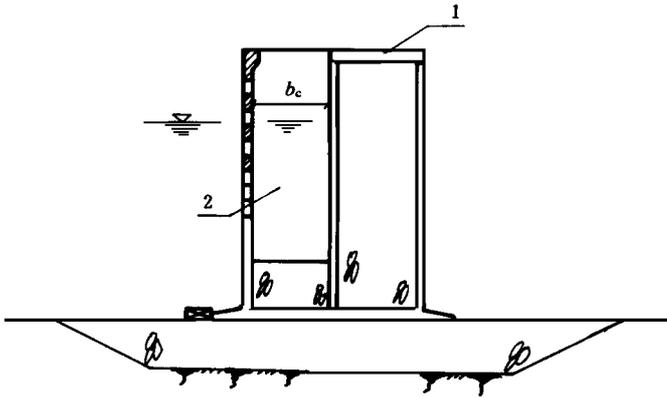


图 H.0.1 消浪室无顶板开孔消浪沉箱直立堤

1—顶板;2—消浪室

当外壁开孔率  $\mu=19\% \sim 25\%$ ,消浪室相对宽度  $b_c/L \leq 0.17$  和  $d/H \geq 2.0$  时,静水面处波压强度标准值按下列计算:

$$p_s = \gamma H \left[ 0.858 - 4.508 \left( \frac{b_c}{L} \right) + 12.64 \left( \frac{b_c}{L} \right)^2 \right] \quad (\text{H.0.1-1})$$

静水面处波压强度标准值(kPa)；  
消浪室的宽度(m)。

$$p_d = \gamma H \left[ 0.52 - 1.19 \left( \frac{d}{L} \right) - 0.17 \left( \frac{d}{L} \right)^2 \right] \quad (\text{H.0.1-2})$$

式中  $p_d$ ——水底处波压强度标准值(kN/ m<sup>2</sup>)。

静水面以上高度  $1.275H$  处的波压强度标准值为零。在静水面以上和以下,波浪压力强度标准值均按直线变化。

沉箱底面上的波浪浮托力标准值按下式计算:

$$P_u = \frac{B p_d}{2} \quad (\text{H.0.1-3})$$

式中  $p_u$ ——沉箱底面上的波浪浮托力标准值(kN/m)；

$B$ —沉箱的底宽(m)。

## 附录 J 本规范用词用语说明

**J.0.1** 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度的不同用词说明如下;

(1) 表示很严格,非这样作不可的:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

(2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

(3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做:

正面词采用“宜”或“可”;

反面词采用“不宜”。

**J.0.2** 条文中指定应按其它有关标准、规范执行时,写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 本规范主编单位、参加单位和 主要起草人员名单

主 编 单 位：交通部第一航务工程勘察设计院

参 加 单 位：中交水运规划设计院

交通部第一航务工程局二公司

交通部第三航务工程勘察设计院

交通部第四航务工程局科学研究所

主要起草人：王美茹 孙毓华 盘荣亨

(以下按姓氏笔画为序)

卢永昌 刘 颖 吕江华 夏智清

黄正平 谢世楞 谢善文 黎志均