



广东安银建港公司AYJG.CN 电：020-87656800

**JTJ**

中华人民共和国行业标准

**JTJ 290—98**

# 重力式码头设计与施工规范

Design and Construction Code for Gravity Quay

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

# 重力式码头设计与施工规范

JTJ290—98

主编单位：交通部第四航务工程局

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《重力式码头设计与施工规范》的通知

交基发 [1998] 218 号

各省、自治区、直辖市交通厅（局、委、办），部属及双重领导企事业单位：  
由我部组织交通部第四航务工程局等单位修订的《重力式码头设计与施工规范》，业经审查，现批准为强制性行业标准，编号为 JTJ290—98，自 1999 年 6 月 1 日起施行。《重力式码头规范》（JTJ215—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四航务工程局负责。

中华人民共和国交通部

一九九八年四月二十日

## 前 言

本规范系对《港口工程重力式码头规范》(JTJ290—87)进行全面修订而成。修订中,进行了用户回访,开展了大量的试验研究工作,总结了我国近10余年来设计、施工实践经验和科学研究成果,借鉴了国外经验。在初稿完成后,又广泛征求国内有关单位意见,反复修改,最后经审查定稿。

本次修订工作侧重在两个方面:一是根据现行国家标准《港口工程结构可靠度设计统一标准》(GB5015)对结构设计方法进行了修改。在基本维持过去设计安全水准的前提下,将以安全系数表达的定值设计法,修改为以分项系数表达的极限状态设计法;二是扩大了规范适应范围,将部分新的成熟的设计施工经验纳入了规范条文。主要增添了重力墩式沉箱码头、开孔沉箱码头、座床式圆筒码头和空心块体码头的设计与施工等内容。

本规范共分14章9个附录,主要内容有:重力式码头的一般构造与计算规定;各种结构型式码头的设计规定;从基槽到上部结构的施工以及墙后回填等内容。

本规范必须与其他有关港口工程行业标准配套使用。

本规范由交通部第四航务工程局负责解释。在使用过程中,如发现问题或有修改补充的建议,请及时函告交通部第四航务工程局,以便今后修订时参考。

本规范如有局部修订,其内容经审批后将在《水运工程标准与造价管理信息》上发布。

## 目 次

<b>1</b>	<b>总则</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>符号</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>一般构造与计算</b> .....	<b>6</b>
3.1	基础构造 .....	6
3.2	墙身和胸墙 .....	8
3.3	抛填棱体和倒滤层、倒滤井构造 .....	11
3.4	一般计算规定 .....	12
3.5	土压力标准值计算 .....	15
3.6	码头稳定性验算 .....	20
3.7	构件计算 .....	26
<b>4</b>	<b>方块码头设计</b> .....	<b>28</b>
4.1	实心方块码头 .....	28
4.2	空心块体码头 .....	29
<b>5</b>	<b>扶壁码头设计</b> .....	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>沉箱码头设计</b> .....	<b>35</b>
6.1	一般规定 .....	35
6.2	岸壁式沉箱码头 .....	36
6.3	墩式沉箱码头 .....	38
6.4	开孔沉箱码头 .....	40
<b>7</b>	<b>座床式圆筒码头设计</b> .....	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>现浇混凝土码头或浆砌石码头设计</b> .....	<b>46</b>
<b>9</b>	<b>基础施工</b> .....	<b>48</b>
9.1	基槽开挖 .....	48
9.2	基床抛石 .....	49



9.3	基床夯实 .....	50
9.4	基床整平 .....	52
<b>10</b>	<b>构件预制、吊运及安装 .....</b>	<b>53</b>
10.1	构件预制 .....	53
10.2	方块、空心块体、扶壁和圆筒的吊运及安装 .....	56
10.3	沉箱下水、浮运及安装 .....	58
<b>11</b>	<b>抛填棱体和倒滤层、倒滤井施工 .....</b>	<b>63</b>
<b>12</b>	<b>胸墙施工 .....</b>	<b>64</b>
<b>13</b>	<b>回填 .....</b>	<b>65</b>
<b>14</b>	<b>竣工整体尺寸 .....</b>	<b>66</b>
附录 A	码头临水面花岗岩镶面技术要求 .....	67
附录 B	土压力计算常用图式和 $K_a$ 、 $K_p$ 、 $\theta$ 数值表 .....	68
附录 C	扶壁码头倒滤井 .....	74
附录 D	沉箱定倾半径计算 .....	76
附录 E	沉箱施工时期外力计算 .....	77
附录 F	贮仓压力计算 .....	79
附录 G	有隔墙圆沉箱的内力计算 .....	81
附录 H	试夯技术要求 .....	87
附录 I	本规范用词用语说明 .....	88
附加说明	本规范主编单位、参加单位和主要起草人名单 .....	89
附 条文说明	.....	90

# 1 总 则

- 1.0.1 为在港口工程重力式码头设计与施工中确保码头的安全性、合理性、适用性和耐久性，制定本规范。
- 1.0.2 本规范适用于重力式码头的设计和施工。
- 1.0.3 重力式码头宜建在较好的地基上。如地基较差仍需采用时，应进行地基处理，并在结构上采取适当措施。
- 1.0.4 重力式码头的结构型式应根据自然条件、材料来源、使用要求和施工条件，通过技术经济比较选定。
- 1.0.5 重力式码头应设置一定数量的永久观测点，定期观测码头在施工后期和使用期的沉降、水平位移及倾斜。永久观测点应列入设计内容。施工期由施工单位观测，竣工验收后移交使用单位定期进行观测。
- 1.0.6 本规范未规定部分应按现行行业标准的有关规范规定执行。

## 2 符 号

- $B$ ——墙底宽度；
- $B_1$ ——墙底面的实际受压宽度；
- $c$ ——土的粘聚力标准值；
- $d_1$ ——抛石基床厚度；
- $E_H$ ——计算面以上，永久作用总主动土压力的水平分力标准值；
- $E_n$ ——第  $n$  层填料的永久作用土压力合力标准值；
- $E_V$ ——计算面以上，永久作用总主动土压力的竖向分力标准值；
- $E_{Hn}$ ——第  $n$  层填料永久作用土压力合力的水平分力标准值；
- $E_{qH}$ ——计算面以上，可变作用总主动土压力的水平分力标准值；
- $E_{qn}$ ——第  $n$  层填料可变作用土压力合力标准值；
- $E_{qV}$ ——计算面以上，可变作用总主动土压力的竖向分力标准值；
- $E_{vn}$ ——第  $n$  层填料永久作用土压力合力的竖向分力标准值。
- $E_{qHn}$ ——第  $n$  层填料可变作用土压力合力的水平分力标准值；
- $E_{qVn}$ ——第  $n$  层填料可变作用土压力合力的竖向分力标准值；
- $e$ ——墙底面合力标准值作用点的偏心距；
- $e'$ ——抛石基床底面合力标准值作用点的偏心距；
- $e_p$ ——被动土压力强度；
- $e_{n1}$ ——填料自重力（永久作用）在墙背上第  $n$  层填料顶层的永久作用土压力强度；
- $e_{n2}$ ——填料自重力（永久作用）在墙背上第  $n$  层填料底层的永久作用土压力强度；
- $e_{qn1}$ ——地面均布荷载（可变作用）在墙背上第  $n$  层填料顶层的可变作用土压力强度；



- $e_{qn2}$ ——地面均布荷载（可变作用）在墙背上第  $n$  层填料底层的可变作用土压力强度；
- $e_{aH}$ ——地面为水平时，在铅垂面或计算墙面上的永久作用土压力强度；
- $e_{aqH}$ ——地面为水平时，在铅垂面或计算墙面上的可变作用土压力强度；
- $f$ ——沿计算面的摩擦系数设计值；
- $G$ ——作用在计算面上的结构自重力标准值；
- $h_i$ ——第  $i$  层填料的厚度标准值；
- $h_n$ ——第  $n$  层填料的厚度标准值；
- $K_a$ ——主动土压力系数；
- $K_p$ ——被动土压力系数；
- $K_q$ ——地面荷载系数；
- $K_{an}$ ——第  $n$  层填料的主动土压力系数；
- $M_{EH}$ ——永久作用总土压力的水平力分标准值对计算面前趾的倾覆力矩；
- $M_{EV}$ ——永久作用总土压力的竖向分力标准值对计算面前趾的稳定力矩；
- $M_{PW}$ ——剩余水压力标准值对计算面前趾的倾覆力矩；
- $M_{EqH}$ ——可变作用总土压力的水平分力标准值对计算面前趾的倾覆力矩；
- $M_{EqV}$ ——可变作用总土压力的竖向分力标准值对计算面前趾的稳定力矩；
- $M_G$ ——结构自重力对计算面前趾的稳定力矩；
- $M_P$ ——波峰作用时，波压力（波峰力）标准值对计算面的倾覆力矩；
- $M_R$ ——竖向合力标准值对墙底面前趾的稳定力矩；
- $M_O$ ——倾覆力标准值对墙底面前趾的倾覆力矩；
- $M_{PB}$ ——波谷作用时，波压力（波谷力）标准值对计算面前趾的倾

覆力距；

$M_{PR}$ ——系缆力标准值对计算面前趾的倾覆力距；

$M_{PU}$ ——波峰作用时，波浪浮托力（波峰浮托力）标准值对计算面的倾覆力距；

$M_{PZ}$ ——船舶撞击力标准值对计算面的倾覆力矩；

$M_{VK}$ ——作用在计算面上的竖向合力标准值（不包括波浪浮托力）对计算面的稳定力矩；

$M_{PBU}$ ——波谷作用时，波浪浮托力（波谷浮托力）标准值对计算面前趾的稳定力矩；

$P$ ——波峰作用时，计算面以上的水平波压力（波峰力）标准值；

$P_B$ ——波谷作用时，计算面以上的波压力（波谷力）标准值；

$P_U$ ——波峰作用时，作用在计算面上的波浪浮托力标准值；

$P_W$ ——作用在计算面以上的剩余水压力标准值；

$P_z$ ——船舶撞击力标准值；

$P_{RV}$ ——系缆力的竖向分力标准值；

$P_{RH}$ ——系缆力的水平分力标准值；

$P_{BU}$ ——波谷作用时，作用在计算底面上的波浪浮托力标准值；

$q$ ——地面上的均布荷载标准值；

$q_p$ ——墙前床面上的均布荷载标准值；

$V_k$ ——作用在计算面上的竖向合力（不包括波浪浮托力）标准值；

$\alpha$ ——墙背与铅垂线的夹角；

$\beta$ ——地面与水平面的夹角；

$\gamma$ ——块石的水下重度标准值；

$\gamma_d$ ——结构系数；

$\gamma_E$ ——土压力分项系数；

$\gamma_G$ ——自重力分项系数；

$\gamma_i$ ——第  $i$  层填料的重度标准值；

$\gamma_n$ ——第  $n$  层填料的重度标准值；

- $\gamma_0$ ——结构重要性系数；
- $\gamma_p$ ——波浪水平力分项系数；
- $\gamma_u$ ——波浪浮托力分项系数；
- $\gamma_{pR}$ ——系缆力分项系数；
- $\gamma_{pw}$ ——剩余水压力分项系数；
- $\gamma_{pz}$ ——船舶撞击力分项系数；
- $\gamma_6$ ——基床顶面最大应力分项系数；
- $\delta_n$ ——第  $n$  层填料与墙背的摩擦角，即外摩擦角标准值；
- $\theta$ ——主动土压力破裂角；
- $\theta'$ ——主动土压力的第二破裂角；
- $\zeta$ ——合力作用点与墙前趾的距离；
- $\sigma_r$ ——基床承载力设计值；
- $\sigma_{\max}$ ——基床顶面最大应力标准值；
- $\sigma_{\max}^{\min}$ ——分别为基床顶面的最大和最小应力标准值；
- $\sigma_{\max}^{\min}$ ——分别为基床底面的最大和最小应力标准值；
- $\varphi$ ——填料内摩擦角标准值；
- $\varphi_n$ ——第  $n$  层填料内摩擦角标准值；
- $\Psi$ ——作用效应组合系数。

## 3 一般构造与计算

### 3.1 基础构造

**3.1.1** 重力式码头的基础应根据地基情况、施工条件和结构型式按下列规定处理。

**3.1.1.1** 对于岩石地基，当采用预制安装的结构时，应以二片石、碎石整平岩面，其厚度不小于 0.3m。当采用现场浇筑混凝土和浆砌石结构时，可直接做在岩面上；当岩面向水域倾斜时，墙身砌体下的岩基面宜做成阶梯形断面。阶梯断面最低一层台阶宽度不宜小于 1m。

**3.1.1.2** 对于非岩石地基，当采用水下施工的预制安装结构时，应设置抛石基床。当采用现场浇筑混凝土和浆砌石结构时，地基承载力不足时应设置基础，基础可采用块石基床、钢筋混凝土基础板或基桩等型式；地基承载力足够时可设置 100mm~200mm 厚的贫混凝土垫层，其埋置深度应在冲刷线以下并不宜小于 0.5m。

**3.1.2** 抛石基床可根据码头水深、地形和地基情况采用暗基床、明基床或混合基床（图 3.1.2）。

**3.1.3** 抛石基床的厚度应遵守下列规定：

(1) 当基床顶面应力大于地基承载力时，由计算确定，并不小于 1m；

(2) 当基床顶面应力不大于地基承载力时，不小于 0.5m。

**3.1.4** 基槽底宽不宜小于码头墙底宽度加 2 倍的基床厚度（图 3.1.4）。基槽近岸开挖时，岸坡坡度应根据稳定计算确定。

**3.1.5** 水下施工的抛石基床宜进行重锤夯实，亦可采用水下爆破

法或采用其它可行的方法密实。

**3.1.6** 基床肩宽应根据码头高度和基床厚度确定,并应符合下列规定:

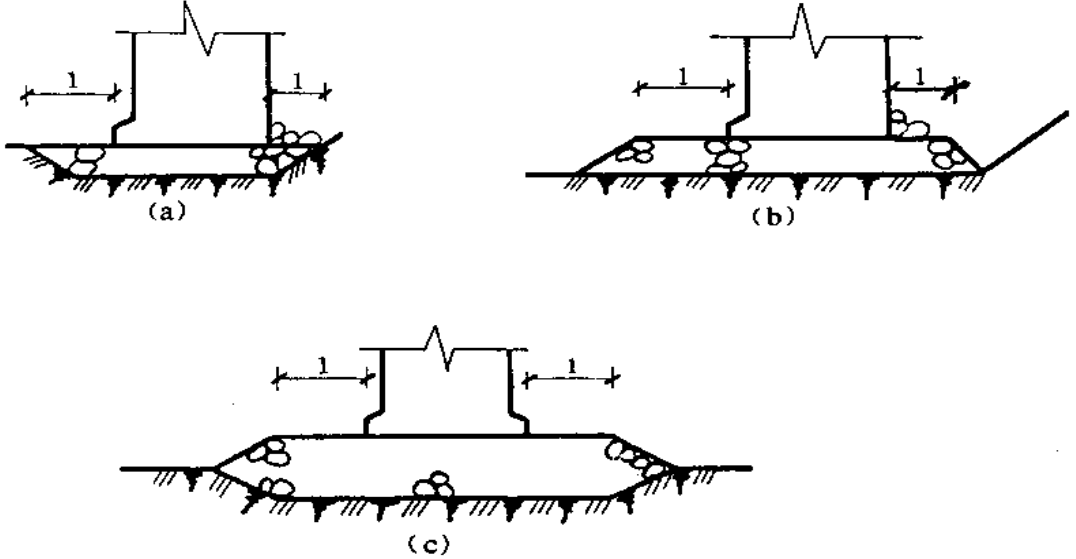


图 3.1.2 抛石基床断面型式图  
(a) 暗基床; (b) 明基床; (c) 混合基床  
1-肩宽

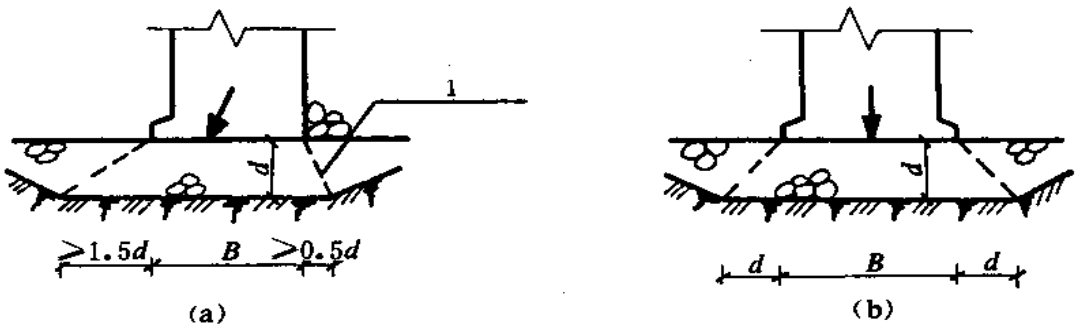


图 3.1.4 抛石基床应力扩散线图  
(a) 墙后有填土; (b) 墙后无填土;  
1-应力扩散线;  $d$ -基床厚;  $B$ -建筑物底宽

- (1) 对夯实基床, 不宜小于 2m;
- (2) 对不夯实基床, 不应小于 1m。

**3.1.7** 当码头前沿底流速较大, 地基土有被冲刷危险时, 应考虑

加大基床外肩宽度、放缓边坡、增大埋置深度或按现行行业标准《防波堤设计与施工规范》(JTJ298—98)有关规定采取护底措施。

**3.1.8** 基床块石宜采用 10kg~100kg 的块石,对不大于 1m 的薄基床宜采用较小的块石。石料质量应符合下列要求:

(1) 饱水抗压强度,对夯实基床不低于 50MPa,对不夯实基床不低于 30MPa;

(2) 未风化、不成片状和无严重裂纹。

注:基床厚度较大,且采用爆夯法密实时,块石单块重量可适当加大。

**3.1.9** 对夯实基床,当地基为松散砂基或采用换砂处理时,宜在基床底层设置约 0.3m 厚的二片石垫层。

**3.1.10** 抛石基床应预留沉降量。对于夯实的基床,只按地基沉降量预留;对于不夯实的基床,还应考虑基床本身的沉降量。

基床顶面预留的向墙里倾斜的坡度,应根据地基土性质、基床厚度、基底应力分布、墙身结构型式、荷载和施工方法等因素确定,采用范围为 0~1.5%。

## 3.2 墙身和胸墙

**3.2.1** 码头结构底部突出部分与船壳舳龙骨之间的最小净距不应小于 0.3m。

**3.2.2** 重力式码头必须沿长度方向设置变形缝。缝宽可采用 20mm~50mm,做成上下垂直通缝。现场浇筑混凝土或浆砌石部位的变形缝用弹性材料填充。变形缝间距根据气温情况、结构型式、地基条件和基床厚度确定,宜采用 10m~30m。在下列位置应设置变形缝:

- (1) 新旧建筑物衔接处;
- (2) 码头水深或结构型式改变处;
- (3) 地基土质差别较大处;
- (4) 基床厚度突变处;
- (5) 沉箱接缝处。

**3.2.3** 码头端部在顺岸方向可做成斜坡或设置翼墙。当翼墙长度



超过 10m 时，应设置变形缝。

**3.2.4** 卸荷板应采用钢筋混凝土结构，可预制或部分预制部分现场浇筑。

**3.2.5** 卸荷板的悬臂长度和厚度应通过计算确定。根据岸墙高度，悬臂长度可取 1.5m~3.0m，厚度可取 0.8m~1.2m。

**3.2.6** 设计重力式码头时，应根据结构计算需要和现行行业标准《港口工程混凝土结构设计规范》(JTJ267-98) 规定的要求选定混凝土强度等级，并合理利用由于考虑耐久性所提高的富裕强度。

对耐久性没有特殊要求的码头，混凝土强度等级不应低于表 3.2.6 规定的数值。

混凝土强度等级

表 3.2.6

混凝土胸墙、方块、空心块体	钢筋混凝土沉箱、扶壁、圆筒、卸荷板
C20	C25

对浆砌石结构，其石料饱和强度不应低于 50MPa，砌筑用水泥砂浆强度等级不应低于 M10，勾缝水泥砂浆强度等级不应低于 M20。

注：对于内河小型码头，砂浆和石料的强度等级可适当降低。

**3.2.7** 重力式码头中钢筋混凝土构件的受力钢筋保护层厚度应符合现行行业标准《港口工程混凝土结构设计规范》中的有关规定。

**3.2.8** 对于受冰冻作用的码头，水位变动区的临水面除按第 3.2.6 条和第 3.2.7 条的规定选用相应的混凝土抗冻等级加大钢筋保护层外，尚可采用钢筋混凝土板镶面、花岗岩镶面或抗蚀性强、抗磨性高和抗冻性好的新材料等增强耐久性的措施。花岗岩镶面技术宜符合附录 A 的规定。

**3.2.9** 扶壁、沉箱和空心块体等构件折角处宜设置加强角（图 3.2.9），其尺寸可采用 150mm~200mm。

**3.2.10** 胸墙应有良好的整体性和足够的强度及刚度。对胸墙内设置管沟等单薄的胸墙断面应通过计算配置结构钢筋。

**3.2.11** 胸墙可采用下列几种型式：

- (1) 现场浇筑混凝土胸墙；
- (2) 浆砌石胸墙；
- (3) 预制混凝土块体胸墙。

注：①采用预制安装混凝土胸墙时，预制块之间应采取良好的整体联系措施；

②胸墙前沿线应比下部预制构件前沿线前移 100mm~200mm；扶壁构件应伸入现浇胸墙约 100mm。

### 3.2.12 现浇胸墙底部高程不应低于施工水位。施工水位应根据

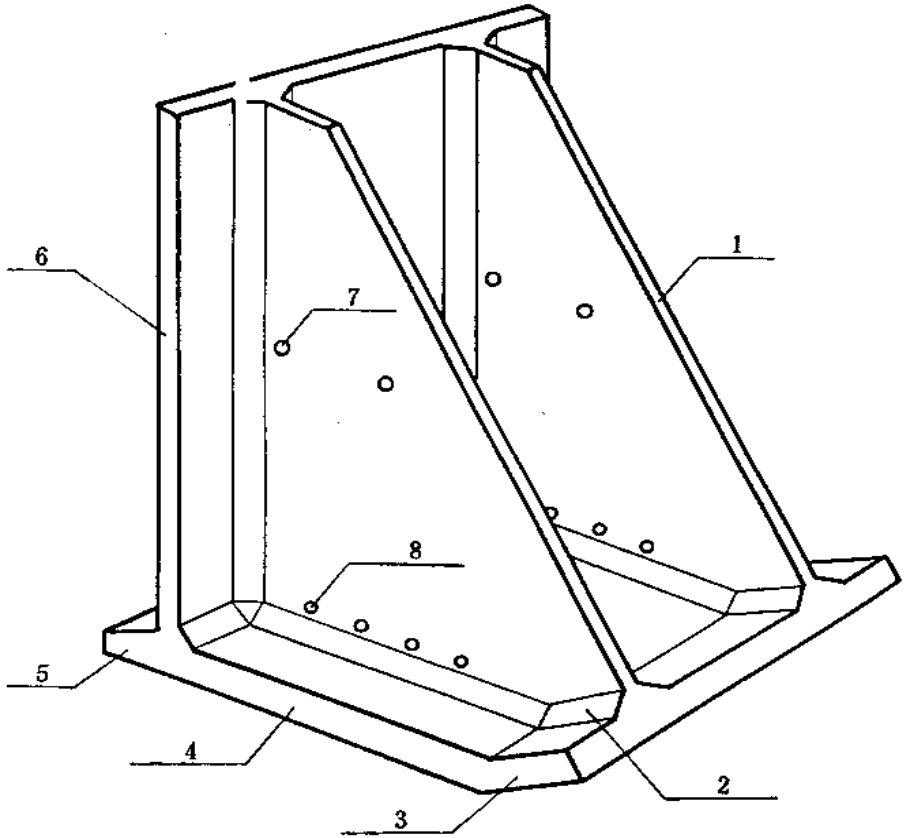


图 3.2.9 预制扶壁结构立体示意图

1-肋板；2-加强角；3-尾板；4-内底板；5-趾板；6-立板；7-吊孔；8-通水孔  
结构型式、水文条件、施工能力和工程量确定。

### 3.2.13 胸墙底宽应按计算确定。顶宽不宜小于 0.8m。

注：对于停靠小型内河船舶的码头，顶宽不宜小于 0.5m。

### 3.2.14 胸墙顶面高程宜预留沉降量，但不包括胸墙浇筑前的沉降量。



### 3.3 抛填棱体和倒滤层、倒滤井构造

3.3.1 重力式码头必须有防止回填材料流失的倒滤措施。可采用以下措施：

(1) 在墙后抛填棱体面上作倒滤层，多用于方块码头；

(2) 在墙身接缝处设置的倒滤井或倒滤空腔可按附录 C 的规定采用，倒滤井、倒滤空腔多用于扶壁码头、空心块体码头和沉箱码头。

3.3.2 减压棱体的设置以及减压棱体的断面尺寸，宜根据结构型式和当地材料情况通过技术经济比较确定。分级式棱体不宜多于两级。

3.3.3 抛填棱体的材料可选用块石或当地产量大、价廉、坚固、质轻、内摩擦角大的其它材料。

3.3.4 棱体顶面高出预制安装墙身不应小于 0.3m。在棱体的顶面、坡面、胸墙变形缝和卸荷板顶面接缝处应设置倒滤层。

3.3.5 抛石棱体顶面和坡面的表层应有 0.3m~0.5m 厚的二片石，其上再设置倒滤层。倒滤层可采用碎石倒滤层或土工织物倒滤层，并应分别满足下列要求。

3.3.5.1 碎石倒滤层又分为分层或不分层倒滤层。分层倒滤层可由碎石层和“瓜米石”或粗砂或砾砂层组成。每层厚度不宜小于 0.15m，总厚度不宜小于 0.4m；不分层的混合石料倒滤层应采用级配较好的天然石料，如石碴、砂卵石等，其厚度不得小于 0.6m 或采用粒径 5mm~80mm 碎石，其厚度不得小于 0.4m。对多级棱体，水下倒滤层厚度宜适当加大。

3.3.5.2 土工织物倒滤层中织物的搭接宽度可取 1m。直接设置在墙身接缝处的土工织物倒滤层宜采用双层结构，要求有较大的垂直渗透系数和伸长率，有较高的抗拉、抗撕裂强度和较好的抗老化性能。当接缝较大时，宜加钢筋混凝土插板。

3.3.6 抛填棱体及碎石倒滤层的坡度应根据所用材料的水下自然坡角确定。抛石棱体坡度中采用 1:1，碎石层坡度可采用 1:

1.5。当施工期间有波浪影响时，坡度应适当放缓。

### 3.4 一般计算规定

3.4.1 重力式码头设计应考虑以下三种设计状况：

(1) 持久状况：在结构使用期应按承载能力极限状态和正常使用极限状态设计；

(2) 短暂状况：施工期或使用初期可能临时承受某种特殊载荷时，可按承载能力极限状态设计，必要时也需按正常使用极限状态设计；

(3) 偶然状况：在使用期，当遭受到地震作用时仅按承载能力极限状态设计。

3.4.2 施加在重力式码头上的作用可分为以下三类：

(1) 永久作用：如建筑物自重力、固定机械设备自重力、墙后填料产生的土压力和剩余水压力等；

(2) 可变作用：如堆货荷载、流动机械荷载、码头面可变作用所产生的土压力、船舶荷载、施工荷载、冰荷载和波浪力等；

(3) 偶然作用：如地震作用等。

3.4.3 重力式码头承载能力极限状态设计应考虑以下三种作用效应组合：

(1) 持久组合：对应于持久状况下的永久作用、主导可变作用和非主导可变作用的效应组合；持久组合采用设计高水位、设计低水位、极端高水位和极端低水位；

(2) 短暂组合：对应于短暂状况下的永久作用与可变作用的效应组合；短暂组合采用设计高水位、设计低水位或短暂状况下（如施工期）某一不利水位；

注：当短暂组合稳定性不满足要求时，应首先考虑从施工上采取措施。

(3) 偶然组合：组合中包括地震作用效应，应按现行行业标准《水运工程抗震设计规范》(JTJ225-98)中的规定执行。

3.4.4 重力式码头，承载能力极限状态的持久组合应进行下列计算或验算：

(1) 对墙底面和墙身各水平缝及齿缝计算面前趾的抗倾稳定性；

(2) 沿墙底面和墙身各水平缝的抗滑稳定性；

(3) 沿基床底面的抗滑稳定性；

(4) 基床和地基承载力；

(5) 墙底面合力作用位置；

(6) 整体稳定性；

(7) 卸荷板、沉箱、扶壁、空心块体和圆筒等构件的承载力。

**3.4.5 重力式码头正常使用极限状态的长期效应（准永久）组合应进行下列计算或验算：**

(1) 卸荷板、沉箱、扶壁、空心块体和圆筒等构件的裂缝宽度；

(2) 地基沉降。

**3.4.6 重力式码头，承载能力极限状态的短暂效应组合，应对施工期进行以下稳定性验算：**

(1) 有波浪作用，墙后尚未回填或部分回填时，已安装的下部结构在波浪作用下的稳定性；

(2) 有波浪作用，胸墙后尚未回填或部分回填时，墙身、胸墙在波浪作用下的稳定性；

(3) 墙后采用吹填时，已建成部分在水压力和土压力作用下的稳定性；

(4) 施工期构件的承载力。

**3.4.7 剩余水压力应根据码头排水条件和填料透水性能确定。墙后设置抛石棱体或回填料粗于中砂时，可不考虑剩余水头。当墙后回填料中砂或比中砂更细的填料时，对受潮汐影响为主的港口，剩余水头的标准值可采用  $1/5 \sim 1/3$  平均潮差；对于由降暴雨引起墙后地下水位升高的情况，亦应酌情考虑剩余水压力；对河港，其标准值可根据墙前、后地下水位情况确定。**

**3.4.8 当重力式码头墙前进行波高大于 1m 时，应考虑波浪作用。**

重力式码头考虑波浪作用时，波浪力的标准值应按现行行业

标准《海港水文规范》(JTJ213—98)中的规定确定。

**3.4.9** 建筑物的构件材料重度、填料重度和内摩擦角的标准值宜通过试验确定。当无实测资料时，可分别按下列规定采用：

(1) 材料重度标准值可按表 3.4.9-1 采用；

材料重度  $\gamma$  标准值 ( $\text{kN/m}^3$ ) 表 3.4.9-1

材料名称	重度 $\gamma(\text{kN/m}^3)$		材料名称	重度 $\gamma(\text{kN/m}^3)$	
	水上	水下		水上	水下
浆砌块石	22~25	12~15	钢筋混凝土	24~25	14~15
混凝土	23~24	13~14			

注：当石料重度大于  $26.5\text{kN/m}^3$  时，浆砌块石的重度应适当提高。

(2) 填料重度和内摩擦角的标准值，对无粘性填料，剩余水位以上采用湿重度，剩余水位以下采用浮重度。填料的重度与内摩擦角的标准值可按表 3.4.9-2 采用；对粘性填料，可根据当地经验选用；在回淤严重的地区，填料内摩擦角的取值，尚应考虑回淤的影响。

填料重度  $\gamma$  和内摩擦角  $\varphi$  的标准值 表 3.4.9-2

填料名称	重度 $\gamma(\text{kN/m}^3)$		内摩擦角 $\varphi(^\circ)$	
	水上 (湿重度)	水下 (浮重度)	水上	水下
细砂	18.0	9.0	30	28
中砂	18.0	9.5	32	32
粗砂	18.0	9.5	35	35
砾砂	18.5	10.0	36	36
碎石	17.0	11.0	38~40	38~40
煤渣	10.0~12.0	4.0~5.0	35~39	35~39
块石	17.0~18.0	10.0~11.0	45	45

注：表中砂类土的数值适用于粒径  $d < 0.1\text{mm}$  细颗粒含量不超过 10% 的情况，当细颗粒含量超出此范围时应通过试验测定  $\gamma$  和  $\varphi$  值。

**3.4.10** 沿计算面的摩擦系数设计值，当无实测资料时，可按表 3.4.10 取值。

摩擦系数设计值

表 3.4.10

材 料		摩 擦 系 数
混凝土面与混凝土面		0.55
浆砌石面与浆砌石面		0.65
墙底与 抛石基床顶面	墙身为预制混凝土结构	0.60
	墙身为预制浆砌石方块结构	0.65
抛石基床底面 与 地基土顶面	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：①混凝土或浆砌石的胸墙与有预埋露头块石的卸荷板之间、混凝土胸墙与有伸出露头钢筋的预制件之间摩擦系数可采用 1.0；

②墙身为预制混凝土结构，其与抛石基床间摩擦系数，对重力墩式码头，当作用于基床面平均压强大于 300kPa 时，或回淤影响明显的港区，基床面难以避免落淤时，可适当降低。

### 3.5 土压力标准值计算

3.5.1 码头墙后土压力标准值宜按以下规定计算单宽主动土压力。

3.5.1.1 对无粘性填料，当  $-15^\circ \leq \alpha < \theta$  时，墙背土压力（图 3.5.1）可按下列公式计算。

（1）第二破裂角  $\theta$  可按下列公式计算：

$$\theta = \frac{1}{2}(90^\circ - \varphi) - \frac{1}{2}(\varepsilon - \beta) \quad (3.5.1-1)$$

$$\varepsilon = \sin^{-1} \frac{\sin \beta}{\sin \varphi} \quad (3.5.1-2)$$

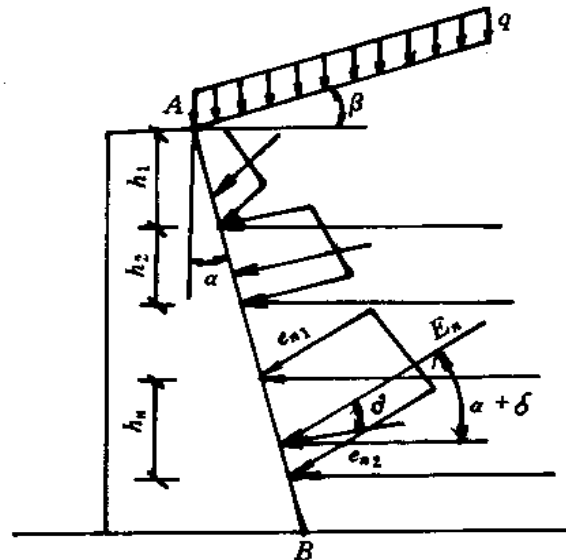


图 3.5.1 土压力图

(2) 第  $n$  层填料顶层的土压力强度可按下式计算：  
永久作用（由墙后回填料自重力产生，下略）：

$$e_{n1} = \left( \sum_{i=0}^{n-1} \gamma_i h_i \right) K_{an} \cos \alpha \quad (3.5.1-3a)$$

可变作用（由码头面均布荷载产生，下略）：

$$e_{qn1} = q K_q K_{an} \cos \alpha \quad (3.5.1-3b)$$

$$K_q = \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} \quad (3.5.1-4)$$

$$K_{an} = \frac{\cos^2(\varphi_n - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cos(\alpha + \delta_n) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi_n + \delta_n) \sin(\varphi_n - \beta)}{\cos(\alpha + \delta_n) \cos(\alpha - \beta)}} \right]^2} \quad (3.5.1-5)$$

(3) 第  $n$  层填料底层的土压力强度可按下式计算：

$$\text{永久作用： } e_{n2} = \left( \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i \right) K_{an} \cos \alpha \quad (3.5.1-6a)$$

$$\text{可变作用： } e_{qn2} = q K_q K_{an} \cos \alpha \quad (3.5.1-6b)$$

(4) 第  $n$  层填料的土压力合力可按下式计算：

$$\text{永久作用： } E_n = \frac{1}{2} (e_{n1} + e_{n2}) \frac{h_n}{\cos \alpha} \quad (3.5.1-7a)$$

$$\text{可变作用： } E_{qn} = q K_q K_{an} h_n \quad (3.5.1-7b)$$

(5) 第  $n$  层填料永久作用土压力合力的水平分力可按下式计算：

$$E_{Hn} = 0.5 \times \left( 2 \sum_{i=1}^{n-1} \gamma_i h_i + \gamma_n h_n \right) h_n K_{an} \cos(\alpha + \delta_n) \quad (3.5.1-8)$$

(6) 第  $n$  层填料可变作用土压力合力的水平分力可按下式计算：

$$E_{qHn} = q K_q K_{an} h_n \cos(\alpha + \delta_n) \quad (3.5.1-9)$$

式中  $\theta$  —— 第二破裂角 ( $^\circ$ )；

$\varphi$  —— 填料内摩擦角标准值 ( $^\circ$ )；

$\beta$  —— 地面与水平面的夹角 ( $^\circ$ )，在水平面以上为正，在水

平面以下为负，且  $|\beta| \leq \varphi_n$ ；

$e_{n1}$ ——墙背上第  $n$  层填料顶层的永久作用土压力强度 (kPa)；

$e_{qn1}$ ——墙背上第  $n$  层填料顶层的可变作用土压力强度 (kPa)；

$K_q$ ——地面荷载系数；

$q$ ——地面上的均布荷载标准值，地面倾斜时为单位斜面积上的重力 (kPa)；

$\gamma_i$ ——第  $i$  层填料的重度标准值 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )， $\gamma_0=0$ ；

$h_i$ ——第  $i$  层填料的厚度标准值 (m)， $h_0=0$ ；

$K_{an}$ ——第  $n$  层填料的主动土压力系数；

$\varphi_n$ ——第  $n$  层填料的内摩擦角标准值 ( $^\circ$ )；

$\delta_n$ ——第  $n$  层填料与墙背的摩擦角，即外摩擦角标准值 ( $^\circ$ )；

$\alpha$ ——墙背与铅垂线的夹角 ( $^\circ$ )。仰斜 (图 3.5.1) 为正，俯斜为负；

$e_{n2}$ ——第  $n$  层填料底层的永久作用土压力强度 (kPa)；

$e_{qn2}$ ——第  $n$  层填料底层的可变作用土压力强度 (kPa)；

$E_n$ ——第  $n$  层填料的永久作用土压力合力标准值 (kN)；

$E_{qn}$ ——第  $n$  层填料的可变作用土压力合力标准值 (kN)；

$h_n$ ——第  $n$  层填料的厚度标准值 (m)；

$\gamma_n$ ——第  $n$  层填料的重度标准值 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )；

$E_{Hn}$ ——第  $n$  层填料永久作用土压力合力的水平分力标准值 (kN)；

$E_{qHn}$ ——第  $n$  层填料可变作用土压力合力的水平分力标准值 (kN)。

**3.5.1.2** 对无粘性土填料，当地面为水平时，对墙背粗糙且倾角  $\alpha \geq \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$  或墙身为 L 型的情况，墙后填料内各计算垂面和  $\alpha \geq 20^\circ$  的阶梯形方块码头，墙踵垂面土压力的主动土压力系数可近似按下式计算：

$$K_{an} = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi_n}{2}\right) \quad (3.5.1-10)$$

土压力计算的常用图式、土压力系数和破裂角的数值可按附录 B 采用。

**3.5.1.3** 对粘性土、土压力计算根据实践经验可选用下列计算方法：

(1) 当地面为水平时，在铅垂墙背或计算垂面上按下列公式计算土压力强度：

$$\text{永久作用部分：} e_{aH} = \gamma h K_a - 2C \sqrt{K_a} \quad (3.5.1-11)$$

$$\text{可变作用部分：} e_{aqH} = q K_a \quad (3.5.1-12)$$

$$K_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (3.5.1-13)$$

当  $e_{aH} \leq 0$  时，取  $e_{aH} = 0$

式中  $e_{aH}$ ——永久作用部分土压力强度 (kPa)；

$K_a$ ——主动土压力系数；

$e_{aqH}$ ——可变作用部分土压力强度 (kPa)；

$C$ ——为土的粘聚力标准值 (kPa)。

(2) 粘性土的土压力，可按楔体极限平衡图解法确定；当有经验时，也可采用等代内摩擦角，按无粘性填料考虑。

注：①当墙后回填范围受土质坚硬的陡坡限制时（即切坡面陡于填料不受限制时的破裂面），应以陡坡面为滑楔破裂面，由力系平衡求算土压力；

②直接浇筑在岩基上的码头，墙后土压力可采用主动土压力的 1.25 倍。

**3.5.2** 墙背外摩擦角  $\delta$  的标准值根据地基条件、墙背形式、粗糙程度和地面坡度可按下列规定取值：

(1) 仰斜的混凝土或砌体墙背采用  $\varphi/2 \sim 2\varphi/3$ ；阶梯形墙背采用  $2\varphi/3$ ；

(2) 垂直的混凝土或砌体墙背采用  $\varphi/3 \sim \varphi/2$ ；卸荷板以下墙背采用  $\varphi/3$ ；

(3) 俯斜的混凝土或砌体墙背采用  $\varphi/3$ 。

**3.5.3** 减压棱体和卸荷板对土压力的影响（图 3.5.3）可按下列





疏止明止。

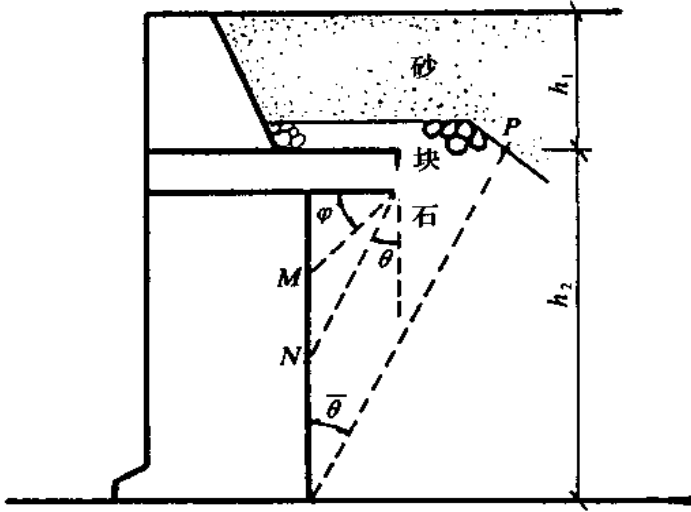


图 3.5.3 有减压棱体和卸荷板时土压力计算图

**3.5.3.1** 对减压棱体，当破裂面通过两种填料时，出坡点  $P$  以上和以下分别按两种填料计算土压力， $P$  点的位置由  $\bar{\theta}$  近似确定， $\bar{\theta}$  值据两种填料的破裂角标准值按层厚加权平均求得。

**3.5.3.2** 对卸荷板， $M$  点以上的土压力不计卸荷板底面以上重力的影响， $N$  点以下的土压力按无卸荷板的情况计算， $M$ 、 $N$  之间按直线过渡。

**3.5.4** 码头墙前土压力标准值可按被动土压力计算。当地面水平时，土压力强度按下列公式计算：

(1) 对无粘性填料：

$$e_p = (q_p + \gamma h)K_p \quad (3.5.4-1)$$

$$K_p = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) \quad (3.5.4-2)$$

(2) 对于粘性土：

$$e_p = (q_p + \gamma h)K_p + 2C\sqrt{K_p} \quad (3.5.4-3)$$

式中  $e_p$ ——墙前被动土压力强度 (kPa)；

$q_p$ ——墙前床面上均布荷载标准值 (kPa)；

$K_p$ ——被动土压力系数。

第  $n$  层填料土压力合力的竖向分力可按下式计算：

(1) 永久作用：

$$E_{nv} = 0.5 \times \left( 2 \sum_{i=1}^{n-1} \gamma_i h_i + \gamma_n h_n \right) h_n K_{an} \sin(\alpha + \delta_n) \quad (3.5.5-1)$$

(2) 可变作用：

$$E_{nqv} = q K_q h_n K_{an} \sin(\alpha + \delta_n) \quad (3.5.5-2)$$

式中  $E_{nv}$ ——第  $n$  层填料永久作用土压力合力的竖向分力标准值 (kN)；

$E_{nqv}$ ——第  $n$  层填料可变作用土压力合力的竖向分力标准值 (kN)。

### 3.6 码头稳定性验算

3.6.1 对岸壁码头，沿墙底面、墙身各水平缝和基床底面的抗滑稳定性可按下列公式验算：

(1) 可不考虑波浪作用，且由可变作用产生的土压力为主导可变作用时：

$$\begin{aligned} & \gamma_0 (\gamma_E E_H + \gamma_{PW} P_W + \gamma_E E_{qH} + \Psi \gamma_{PR} P_{RH}) \\ & \leq \frac{1}{\gamma_d} (\gamma_G G + \gamma_E E_V + \gamma_E E_{qv}) f \end{aligned} \quad (3.6.1-1)$$

(2) 可不考虑波浪作用，沿胸墙底面的抗滑稳定性验算，系缆力为主导可变作用时：

$$\begin{aligned} & \gamma_0 (\gamma_E E_H + \gamma_{PW} P_W + \gamma_{PR} P_{RH} + \Psi \gamma_E E_{qH}) \\ & \leq \frac{1}{\gamma_d} (\gamma_G G + \gamma_E E_V - \gamma_{PR} P_{RV} + \Psi \gamma_E E_{qv}) f \end{aligned} \quad (3.6.1-2)$$

(3) 应考虑波浪作用，波浪力为主导可变作用时：

$$\begin{aligned} & \gamma_0 (\gamma_E E_H + \gamma_{PW} P_W + \gamma_P P_B + \Psi \gamma_E E_{qH}) \\ & \leq \frac{1}{\gamma_d} (\gamma_G G + \gamma_E E_V + \gamma_U P_{BU} + \Psi \gamma_E E_{qv}) f \end{aligned} \quad (3.6.1-3)$$

(4) 应考虑波浪作用，堆载土压力为主导可变作用时：

$$\gamma_0 (\gamma_E E_{II} + \gamma_{PW} P_W + \gamma_E E_{qH} + \Psi \gamma_P P_B)$$



$$\leq \frac{1}{\gamma_d} (\gamma_G G + \gamma_E E_V + \gamma_E E_{qv} + \Psi \gamma_U P_{BU}) f \quad (3.6.1-4)$$

- 式中  $\gamma_0$ ——结构重要性系数；  
 $\gamma_d$ ——结构系数，无波浪作用取 1.0，有波浪作用取 1.1；  
 $\gamma_G$ ——自重力的分项系数，取 1.0；  
 $G$ ——作用在计算面上的结构自重力的标准值 (kN)；  
 $f$ ——沿计算面的摩擦系数设计值，按第 3.4.10 条规定采用；  
 $\gamma_E$ ——土压力的分项系数；  
 $E_H$ 、 $E_V$ ——分别为计算面以上永久作用总主动土压力的水平分力标准值和竖向分力的标准值 (kN)；  
 $\gamma_{PW}$ ——剩余水压力的分项系数；  
 $P_w$ ——作用在计算面以上的剩余水压力的标准值 (kN)；  
 $\gamma_{PR}$ ——系缆力的分项系数；  
 $P_{RH}$ ——系缆力水平分力的标准值 (kN)；  
 $E_{qH}$ 、 $E_{qv}$ ——分别为计算面以上可变作用总主动土压力的水平分力标准值和竖向分力的标准值 (kN)；  
 $\Psi$ ——作用效应组合系数，持久组合取 0.7，短暂组合取 1.0；  
 $P_{RV}$ ——系缆力竖向分力的标准值 (kN)；  
 $\gamma_P$ ——波浪水平力分项系数 (kN)；  
 $P_B$ ——波谷作用时计算面以上水平波压力的标准值 (kN)；  
 $\gamma_U$ ——波浪浮托力分项系数；  
 $P_{BU}$ ——波谷作用时作用在计算底面上的波浪浮托力的标准值 (kN)。

(5) 结构重要性系数可按表 3.6.1-1 采用。

结构重要性系数

表 3.6.1-1

安全等级	一级	二级	三级
$\gamma_0$	1.1	1.0	0.9

注：一般港口的主要建筑物宜采用二级。

稳定验算时，作用分项系数可按表 3.6.1-2 采用；

稳定验算时作用分项系数 表 3.6.1-2

组合情况	永久 作用		可 变 作 用				
	$\gamma_E$	$\gamma_{PW}$	$\gamma_E$	$\gamma_{PR}$	$\gamma_P$	$\gamma_U$	$\gamma_{PZ}$
持久组合	1.35	1.05	1.35(1.25)	1.40(1.30)	1.30(1.20)	1.30(1.20)	1.50(1.40)
短暂组合	1.35	1.05	1.25	1.30	1.20	1.20	—

注：①持久组合采用设计高低水位时取表中大值；

②持久组合采用极端水位时取表中括弧内小值。

3.6.2 对墩式码头，沿墩底面、墩身各水平缝和基床底面的抗滑稳定性可按下列公式验算：

(1) 波浪力作用时：

$$\gamma_0 \gamma_P P \leq (\gamma_G V_K - \gamma_U P_U) f \quad (3.6.2-1)$$

(2) 船舶撞击力作用时：

$$\gamma_0 \gamma_{PZ} P_Z \leq \gamma_G V_K f \quad (3.6.2-2)$$

式中  $\gamma_P$ ——波浪水平压力分项系数，按表 3.6.1-2 取值；

$P$ ——波峰作用时水平波压力的标准值 (kN)；

$V_K$ ——作用在计算面上的竖向合力(不包括波浪浮托力)标准值 (kN)；

$P_U$ ——波峰作用时作用在计算面上的波浪浮托力的标准值 (kN)；

$\gamma_U$ ——波浪浮托力分项系数；

$\gamma_{PZ}$ ——船舶撞击力的分项系数，按表 3.6.1-2 取值；

$P_Z$ ——船舶撞击力的标准值 (kN)。

3.6.3 岸壁式码头，对墙底面和墙身各水平缝及齿缝计算面前趾的抗倾稳定性可按下列公式验算：

(1) 可不考虑波浪作用，且由可变作用产生的土压力为主导可变作用时：

$$\begin{aligned} & \gamma_0 (\gamma_E M_{EH} + \gamma_{PW} M_{PW} + \gamma_E M_{EqH} + \Psi \gamma_{PR} M_{PR}) \\ & \leq \frac{1}{\gamma_d} (\gamma_G M_G + \gamma_E M_{EV} + \gamma_E M_{Eqv}) \end{aligned} \quad (3.6.3-1)$$



(2) 可不考虑波浪作用，对胸墙底面前趾的抗倾稳定性验算，系缆力产生的倾覆力矩为主导可变作用时：

$$\begin{aligned} & \gamma_0(\gamma_E M_{EH} + \gamma_{PW} M_{PW} + \gamma_{PR} M_{PR} + \Psi \gamma_E M_{EqH}) \\ & \leq \frac{1}{\gamma_d}(\gamma_G M_G + \gamma_E M_{EV} + \Psi \gamma_E M_{EqV}) \end{aligned} \quad (3.6.3-2)$$

(3) 应考虑波浪作用，且波浪力是主导可变作用时：

$$\begin{aligned} & \gamma_0(\gamma_E M_{EH} + \gamma_{PW} M_{PW} + \gamma_P M_{PB} + \Psi \gamma_E M_{EqH}) \\ & \leq \frac{1}{\gamma_d}(\gamma_G M_G + \gamma_E M_{EV} + \gamma_U M_{PBU} + \Psi \gamma_E M_{EqV}) \end{aligned} \quad (3.6.3-3)$$

(4) 应考虑波浪作用，堆载压力是主导可变作用时：

$$\begin{aligned} & \gamma_0(\gamma_E M_{EH} + \gamma_{PW} M_{PW} + \gamma_E M_{EqH} + \Psi \gamma_P M_{PB}) \\ & \leq \frac{1}{\gamma_d}(\gamma_G M_G + \gamma_E M_{EV} + \gamma_E M_{EqV} + \Psi \gamma_U M_{PBU}) \end{aligned} \quad (3.6.3-4)$$

式中  $M_G$ ——结构自重力标准值对计算面前趾的稳定力矩 (kN·m)；

$M_{EH}$ 、 $M_{EV}$ ——分别为永久作用总土压力的水平分力标准值与竖向分力标准值对计算面前趾的倾覆力矩和稳定力矩 (kN·m)；

$M_{PW}$ ——剩余水压力标准值对计算面前趾的倾覆力矩 (kN·m)；

$\gamma_d$ ——结构系数，无波浪作用取 1.25，有波浪作用取 1.35；

$M_{EqH}$ 、 $M_{EqV}$ ——分别为可变作用总土压力的水平分力标准值与竖向分力标准值对计算面前趾的倾覆力矩和稳定力矩 (kN·m)；

$M_{PR}$ ——系缆力标准值对计算面前趾的倾覆力矩 (kN·m)；

$M_{PB}$ ——波谷作用时水平波压力标准值对计算面前趾的倾

覆力矩 (kN·m)；

$M_{\text{PBU}}$ ——波谷作用时作用在计算底面上的波浪浮托力标准值对计算面前趾的稳定力矩 (kN·m)。

**3.6.4 墩式码头对墩底面和墩身各水平缝及齿缝计算面前趾的抗倾稳定性可按下列公式验算：**

(1) 波浪力作用时：

$$\gamma_0(\gamma_P M_P + \gamma_U M_{\text{PU}}) \leq \frac{1}{\gamma_d} \gamma_G M_{\text{VK}} \quad (3.6.4-1)$$

(2) 船舶撞击力作用时：

$$\gamma_0 \gamma_{\text{PZ}} M_{\text{PZ}} \leq \frac{1}{\gamma_d} \gamma_G M_{\text{VK}} \quad (3.6.4-2)$$

式中  $M_P$ ——波峰作用时波压力标准值对计算面的倾覆力矩 (kN·m)；

$\gamma_d$ ——结构系数，取 1.25；

$M_{\text{PU}}$ ——波峰作用时，作用在计算底面上的波浪浮托力标准值对计算面的倾覆力矩 (kN·m)；

$M_{\text{VK}}$ ——作用在计算面上的竖向合力（不包括波浪浮托力）标准值对计算面前趾的稳定力矩 (kN·m)；

$M_{\text{PZ}}$ ——船舶撞击力标准值对计算面的倾覆力矩 (kN·m)。

**3.6.5 沿基床底面的抗滑稳定性验算，若考虑  $EE'$  面上的被动土压力时（图 3.6.5），应在式中增加  $E_P$  项， $E_P$  按第 3.5.4 条规定计算，并乘以折减系数 0.3 作为标准值，其分项系数  $\gamma_{\text{EP}}$  取 1.0。当基床厚度较薄或墙前土层软弱时可不考虑  $E_P$ 。**

注：①当基床肩宽较大时，应考虑建筑物在基床内部滑动的可能性；

②对于明基床，当基床前肩宽度较小、厚度较大时，尚应验算墙踵至前肩坡脚的抗滑稳定性。

**3.6.6 基床承载力验算应符合下列规定：**

$$\gamma_0 \gamma_s \sigma_{\text{max}} \leq \sigma_r \quad (3.6.6-1)$$

式中  $\gamma_0$ ——结构重要性系数；

$\gamma_s$ ——基床顶面最大应力分项系数，可取 1.0；

$\sigma_{\text{max}}$ ——基床顶面最大应力标准值 (kPa)；

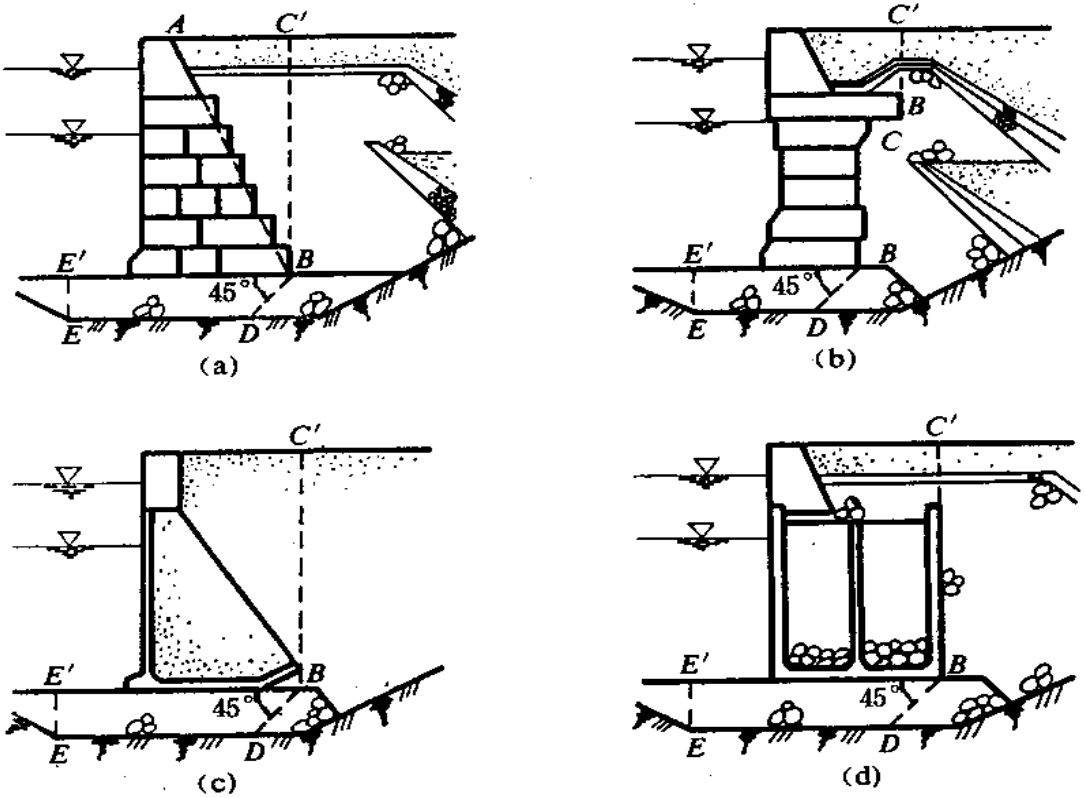


图 3.6.5 沿基床底水平滑动稳定性计算图式

$\sigma_{\gamma}$ ——基床承载力设计值，可取 600kPa；墩式码头或地基承载力较高时，可适当提高，但不应大于 800kPa。

3.6.7 基床顶面应力可按下列规定确定。

3.6.7.1 当  $\xi \geq \frac{B}{3}$  时，按下列公式计算：

$$\sigma_{\min}^{\max} = \frac{V_K}{B} \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right) \quad (3.6.7-1)$$

$$e = \frac{B}{2} - \xi \quad (3.6.7-2)$$

$$\xi = \frac{M_R - M_O}{V_K} \quad (3.6.7-3)$$

式中  $\sigma_{\min}^{\max}$ ——分别为基床顶面的最大和最小应力标准值 (kPa)；

$V_K$ ——作用在基床顶面的竖向合力标准值 (kN/m)；

$B$ ——墙底宽度 (m)；

$e$ ——墙底面合力标准值作用点的偏心距 (m)；

$\xi$ ——合力作用点与墙前趾的距离 (m)；

$M_R$ 、 $M_O$ ——分别为竖向合力标准值和倾覆力标准值对墙底面前趾的稳定力矩和倾覆力矩(kN·m)。

3.6.7.2 当  $\xi < \frac{B}{3}$  时，按下列公式计算：

$$\sigma_{\max} = \frac{2V_K}{3\xi} \quad (3.6.7-4)$$

$$\sigma_{\min} = 0 \quad (3.6.7-5)$$

注：墙底面不是矩形时，基床顶面应力标准值应按偏心受压公式计算。

3.6.8 在码头墙底宽度上，合力标准值作用点与前趾距离的限制值，对非岩石地基不宜小于墙底宽度的 1/4；对岩石地基可不受限制。

3.6.9 抛石基床底面的最大、最小应力标准值和合力标准值作用点的偏心距可按下列公式计算。(图 3.1.4)

$$\sigma'_{\max} = \frac{B_1 \sigma_{\max}}{B_1 + 2d_1} + \gamma d_1 \quad (3.6.9-1)$$

$$\sigma'_{\min} = \frac{B_1 \sigma_{\min}}{B_1 + 2d_1} + \gamma d_1 \quad (3.6.9-2)$$

$$e' = \frac{(B_1 + 2d_1) \times (\sigma'_{\max} - \sigma'_{\min})}{6(\sigma'_{\max} + \sigma'_{\min})} \quad (3.6.9-3)$$

$$\xi \geq \frac{B}{3} \quad B_1 = B$$

$$\xi < \frac{B}{3} \quad B_1 = 3\xi \quad (3.6.9-4)$$

式中  $\sigma'_{\max}$ 、 $\sigma'_{\min}$ ——分别为抛石基床底面的最大和最小应力标准值 (kPa)；

$B_1$ ——墙底面的实际受压宽度 (m)；

$\gamma$ ——块石的水下重度标准值 (kN/m<sup>3</sup>)；

$d_1$ ——抛石基床厚度 (m)；

$e'$ ——抛石基床底面合力标准值作用点的偏心距 (m)。

地基承载力的验算应按现行行业标准《港口工程地基规范》(JTJ250—98) 的规定执行。



... ,波浪作用时的地基承载力验算,用以计算作用于抛石基床底面合力倾斜率  $\text{tg}\delta'$  的水平合力标准值,尚应计入基床厚度竖向计算面上的土压力。

**3.6.10** 码头与地基整体抗滑稳定性可按圆弧滑动法进行验算。当地基浅层有软弱夹层时,尚应验算非圆弧滑动面的抗滑稳定性。其验算应按现行行业标准《港口工程地基规范》的规定执行。

**3.6.11** 重力式码头地基沉降计算,当沿码头长度方向,地基压缩层厚度和土的压缩系数有很大变化时,应分段计算沉降量。

重力式码头计算断面平均沉降的限值:对方块码头和扶壁码头为 150mm~200mm;对沉箱码头为 200mm~250mm。

对重力墩式码头,尚应计算断面不均匀沉降。墩的偏转角度限值,应根据使用要求与计算确定。

### 3.7 构件计算

**3.7.1** 构件承载力计算。作用分项系数应按表 3.7.1 采用。其中,当自重力、固定设备重力、填料重力之合力接近或大于可变作用时,其作用分项系数取 1.3。

构件承载力计算时作用分项系数 表 3.7.1

	作用种类	作用分项系数
永久作用	构件自重力、固定设备重力、填料重力	1.20
	回填料产生的土压力	1.35
	剩余水压力	1.05
	静水压力及其浮托力	1.20
可变作用	可变作用引起的土压力	1.35(1.25)
	波浪力及其浮托力	1.50
	基床反力	1.35

注:①持久组合采用设计高低水位时取表中大值;

②持久组合采用极端水位时取表中括弧内小值;

③短暂组合取表中小值;

④本表未列入的作用分项系数,应按现行行业标准《港口工程荷载规范》(JTJ215-98)的规定采用。

**3.7.2** 构件裂缝宽度验算。对于持久状况的长期效应组合,可变作用采用准永久值,准永久值系数  $\Psi_2$  取 0.6;作用在底板上的竖向作用取标准值乘以综合准永久值系数 0.85。

## 4 方块码头设计

### 4.1 实心方块码头

4.1.1 实心方块码头断面可采用阶梯式（图 4.1.1 (a)）、衡重式（图 4.1.1 (b)）和卸荷板式（图 4.1.1 (c)）等型式。

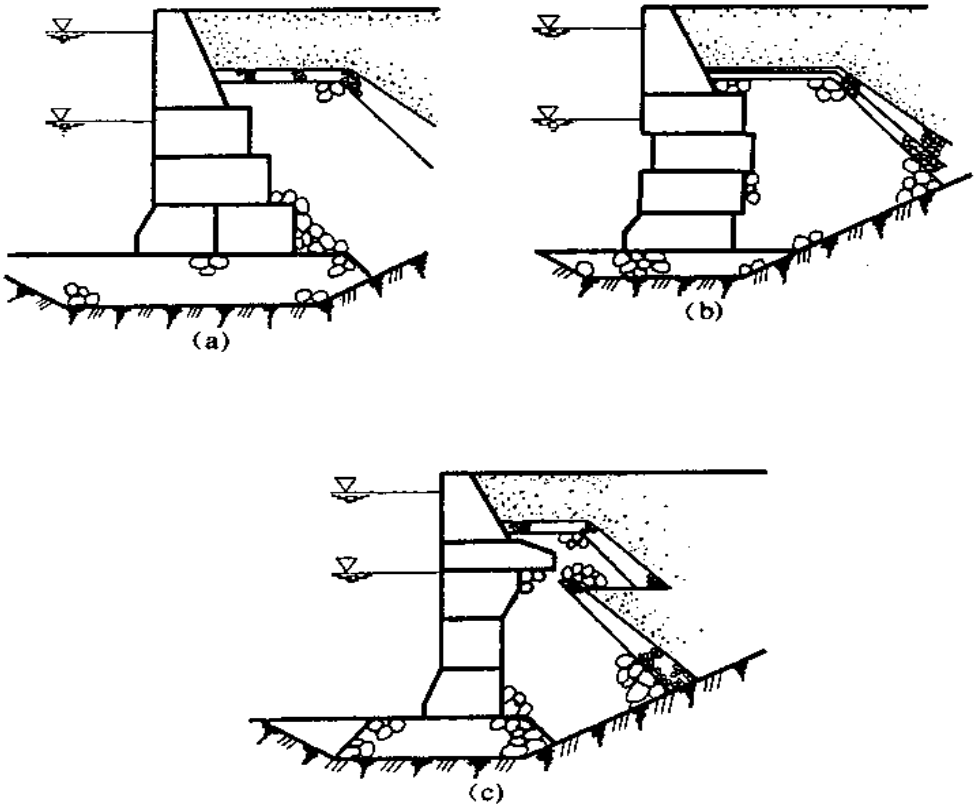


图 4.1.1 实心方块码头断面型式图

(a) 阶梯式；(b) 衡重式；(c) 卸荷板式

4.1.2 实心方块码头宜采用混凝土方块结构，其重量应根据起重能力确定。对小型码头，也可采用浆砌石方块结构。

4.1.3 混凝土实心方块平面尺寸应符合下列规定：

(1) 长边尺寸与高度之比不大于 3；

(2) 短边尺寸与高度之比不小于 1, 对于个别方块不小于 0.5, 同时短边尺寸不小于 0.8m。

注：当码头横断面各层只有一块方块，且方块的短边垂直码头岸线时，其短边尺寸与高度之比也可小于 1。

**4.1.4** 方块间垂直砌缝的设计宽度宜采用 20mm~30mm。上下两层相邻方块间垂直砌缝应互相错开，错缝间距应符合下列规定：

(1) 在横断面内不小于方块高度的 1/2 或 0.8m；

(2) 在纵断面和平面内不小于方块高度的 1/3 或 0.5m。

**4.1.5** 卸荷板设计应进行后倾稳定性验算，其作用分项系数按表 3.6.1-2 采用。

**4.1.6** 卸荷板设计应进行承载力和裂缝宽度验算，其作用分项系数按表 3.7.1 采用。

**4.1.7** 混凝土和浆砌石实心方块吊点宜预埋吊孔盒用丁字杆起吊。吊孔盒位置、数量应根据计算确定。

## 4.2 空心块体码头

**4.2.1** 空心块体码头由单层或多层空心块体砌筑而成，可分为素混凝土空心块体和钢筋混凝土空心块体码头。

**4.2.2** 空心块体码头断面型式可分为有底空心块体（图 4.2.2 (a)）及无底空心块体（图 4.2.2 (b)）两种。有底空心块体腔内

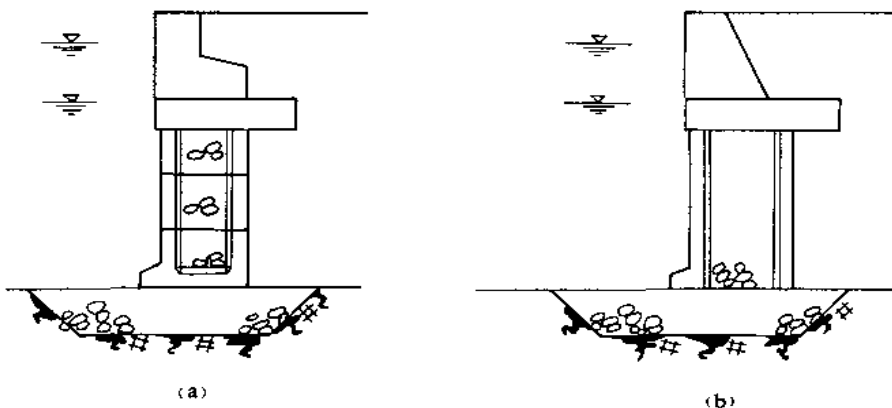


图 4.2.2 空心块体码头断面型式图

(a) 多层有底空心块体码头；(b) 单层无底空心块体码头

可回填块石或砂；无底空心块体腔内可回填块石。多层空心块体及无底空心块体腔内回填砂时，应在水平缝处设置倒滤层。

4.2.3 空心块体横截面型式可采用 II、I、口、T 和 日字型等五种。

4.2.4 空心块体码头宜采用一次出水的单层型式。多层空心块体码头宜采用通缝砌筑。空心块体码头的卸荷板不宜压缝设置。

4.2.5 多层素混凝土空心块体尺寸(图 4.2.5)可按下列公式确定：

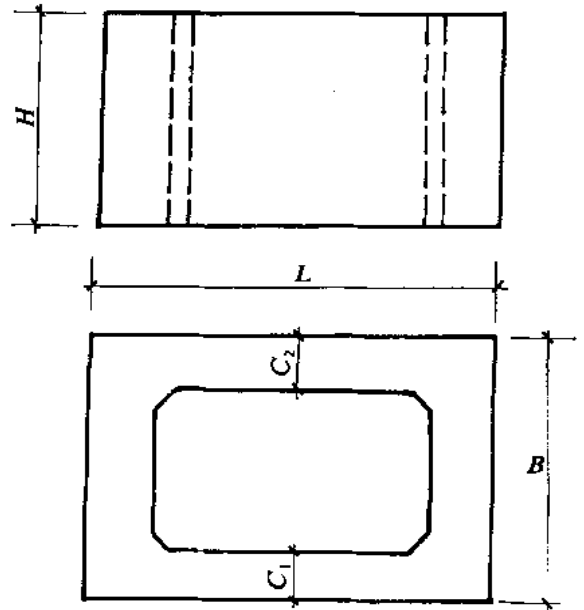


图 4.2.5 多层素混凝土空心块体尺寸图

$$\frac{L}{H} \leq 3\sqrt{\frac{C}{KB}} \quad (4.2.5-1)$$

$$C = C_1 + C_2 \quad (4.2.5-2)$$

式中  $H$ ——块体高度 (m)；

$L$ ——块体垂直码头岸线的外形边长 (m)；

$B$ ——块体外形宽度 (m)；

$C$ ——块体顺码头岸线方向外壁厚度的总和 (m)；

$K$ ——系数，可取 0.9。

4.2.6 素混凝土空心块体立壁厚度不应小于 400mm。

4.2.7 素混凝土空心块体断面的前趾应采用钢筋混凝土结构。

4.2.8 无底素混凝土空心块体宜在顶部及底部配置钢筋混凝土圈梁。

4.2.9 有底素混凝土空心块体底板宜采用钢筋混凝土结构。

4.2.10 单层空心块体起吊吊孔应设置在靠近重心的上方，吊孔直径应根据块体重量确定，孔径可采用 120mm~250mm。吊孔受

力钢筋应按计算确定。吊孔应配置带吊筋的钢套筒，其壁厚不应小于 5mm。对大型不配筋空心块体，宜在吊孔位置高度处加设圈梁。

**4.2.11** 一次出水的单层空心块体码头，其块体间垂直缝设计宽度不应大于块体高度的 4‰，且不应小于 40mm。空心块体背后无抛填棱体时，应在垂直缝处设置倒滤空腔。

**4.2.12** 单层有底的空心块体在贴近底板的外壁或底板上应设置通水孔，可设 4~6 个，孔径 100mm~150mm。

**4.2.13** 单层空心块体长度应根据起重设备起重量确定，并不宜小于高度的 1/3。

注：预制件的重力加起吊吊具重力、预制件底板与预制场地面的粘结力之和应小于起重设备的起重量。粘结力数值如无实测资料时，可采用 5kPa。

**4.2.14** 计算无底空心块体抗滑稳定性时，其墙底与基床之间的摩擦系数设计值可取 0.65。

**4.2.15** 计算无底空心块体抗倾稳定性时，腔内填料起抗倾作用的竖向力标准值应按式 (4.2.15) 计算，然后换算为单宽值：

$$G_R = W_O - A_R \sigma_z \quad (4.2.15)$$

式中  $G_R$ ——腔内起抗倾作用的填料重力标准值 (kN)；

$W_O$ ——腔内填料自重力标准值 (kN)；

$\sigma_z$ ——直接作用在基床上的填料接触应力标准值 (kPa)，按附录 F 计算；

$A_R$ ——填料与基床直接接触面积 ( $m^2$ )。

**4.2.16** 钢筋混凝土空心块体外壁、隔板、底板和墙趾等构件应按沉箱和扶壁的有关规定计算；卸荷板应符合实心方块码头的有关规定。

**4.2.17** 大型多层空心块体码头，应进行单体承载力计算。

**4.2.18** 空心块体采用吊孔吊装时，应按现行行业标准《港口工程混凝土结构设计规范》的规定计算。

## 5 扶壁码头设计

**5.0.1** 钢筋混凝土扶壁码头由立板、肋板和底板等构件组成（图 3.2.9）。底板分趾板、内底板和尾板三部分，也可不设尾板。

**5.0.2** 预制扶壁外形尺寸应符合下列规定：

(1) 高度根据第 3.2.12 条的规定确定，扶壁顶面嵌入胸墙的深度可取 100mm；

(2) 宽度由建筑物的稳定性和地基承载力确定；

(3) 长度由起重设备起重量确定，一般不小于高度的 1/3。

**5.0.3** 扶壁的类型、肋板的数量和肋的间距应通过技术经济比较确定。双肋扶壁的立板宜将两端做成悬臂，使支座弯矩接近跨中弯矩。

**5.0.4** 扶壁各构件尺寸应由计算确定，并应符合下列规定：

(1) 立板厚度不小于 200mm；

(2) 肋板厚度不小于 200mm，顶宽不小于 1m，底宽与底板宽相同；

(3) 趾板长度不大于 1m，其前端厚度不小于 150mm，内底板和尾板厚度不小于 250mm；

(4) 为便于安装，扶壁底板两侧前后端可削减 20mm ~ 40mm（图 5.0.4）。

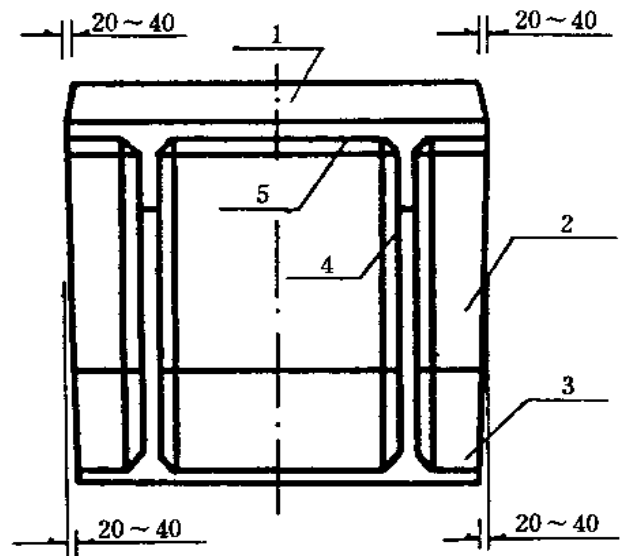


图 5.0.4 扶壁底板两侧削角图  
1-趾板；2-内底板；3-尾板；4-肋板；5-立板

**5.0.5** 预制扶壁可在肋板上设置吊孔,孔径为 120mm~150mm,其位置应在预制件重心的上方。

**5.0.6** 对设有尾板的扶壁,宜在肋板根部设置通水孔 4~6 个,孔径为 100mm~150mm。

**5.0.7** 扶壁间垂直缝设计宽度宜采用扶壁高度的 4‰,但不小于 40mm。扶壁背后无抛石棱体时,应在垂直缝设置倒滤井。倒滤井的型式及其与胸墙连接构造可按附录 C 选用。

**5.0.8** 扶壁构件钢筋的配置应符合下列规定:

(1) 钢筋直径可采用 8mm~12mm;

(2) 立板和肋板的竖向钢筋伸入胸墙,其长度不小于 20 倍钢筋直径;

(3) 每个肋板的受力斜钢筋至少有 2 根伸入胸墙,其长度不小于 30 倍钢筋直径;

(4) 当立板、底板按单向板计算时,在立板与底板连接处设置附加钢筋,其断面积不小于板内受力钢筋断面积的 1/3,长度不小于跨度的 1/4;

(5) 吊孔可按 4.2.10 条的有关规定设计。

**5.0.9** 扶壁应按第 3.4 节的有关规定计算:

(1) 立板、肋板和底板的正截面受弯承载力和裂缝宽度;

(2) 肋板的斜截面承载力;

(3) 肋板与立板和肋板与底板的连接处正截面受拉承载力强度;

(4) 吊孔处的承载力。

**5.0.10** 计算扶壁各构件时应考虑下列作用,其分项系数按表 3.7.1 采用:

(1) 立板及其与肋板连接处考虑地面使用荷载、土压力、剩余水压力和波谷作用的波浪力;

(2) 肋板考虑上述作用和由胸墙传来的外力;

(3) 底板及其与肋板的连接处考虑基床反力、底板自重、底板上填料垂直压力和地面使用荷载;

(4) 吊孔按预制件重力加底板与预制场地的粘结力或吊装时的冲击力计算，两者中取大值计算配筋。

**5.0.11** 扶壁各构件的计算图式应按下列规定采用：

- (1) 趾板按悬臂板；
- (2) 肋板按悬臂梁；
- (3) 单肋扶壁的立板、内底板和尾板按悬臂板；
- (4) 双肋扶壁的立板、内底板和尾板按两端悬臂的简支板；
- (5) 多肋扶壁的立板、内底板和尾板，在距立板与底板交线  $1.5L$  区段内，按三边固定一边简支板，在  $1.5L$  以外区段按连续板， $L$  为肋板间距；
- (6) 肋板与立板、肋板与底板的连接按轴心受拉构件。



## 6 沉箱码头设计

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 钢筋混凝土沉箱的平面形状对岸壁式码头宜采用矩形；对墩式码头宜采用圆形。当有特殊要求时，可用其他型式。

**6.1.2** 沉箱的底宽应由建筑物的稳定性和地基承载力确定。

沉箱的长度或直径应由施工设备能力、施工要求的最小尺寸及码头变形缝间距确定。

注：制造沉箱的施工设备能力包括制造平台的尺度与承载力、下水能力和浇筑能力。

**6.1.3** 沉箱内的纵横隔墙，宜对称布置，间距可采用 3m~5m。内隔墙上部挖洞时，孔洞下边缘至箱底的距离不宜小于隔墙间距的 1.5 倍。

**6.1.4** 沉箱外壁和底板的厚度应由计算确定，但壁厚不宜小于 250mm，对有抗冻要求的大、中型码头，沉箱潮差段的临水面，其厚度不宜小于 300mm，底板厚度不宜小于壁厚，底板的悬臂长度不宜过大。隔墙的厚度可采用隔墙间距的 1/25~1/20，但不宜小于 200mm。

注：小型沉箱的壁厚和底板厚度可适当减小。

**6.1.5** 沉箱构造钢筋的配筋按下列规定确定：

(1) 架立钢筋和分布钢筋直径可采用 10mm~12mm；

(2) 加强角应设置构造斜钢筋，其直径不宜小于 10mm。

**6.1.6** 沉箱间垂直缝的宽度宜采用沉箱高度的 4‰，但不小于 50mm。墙后有抛石棱体时，可采用平接型式（图 6.1.6 (a)）；墙后无抛石棱体时，可采用对头接型式（图 6.1.6 (b)），其空腔宽

度可采用 300mm~500mm，腔内设置倒滤层。

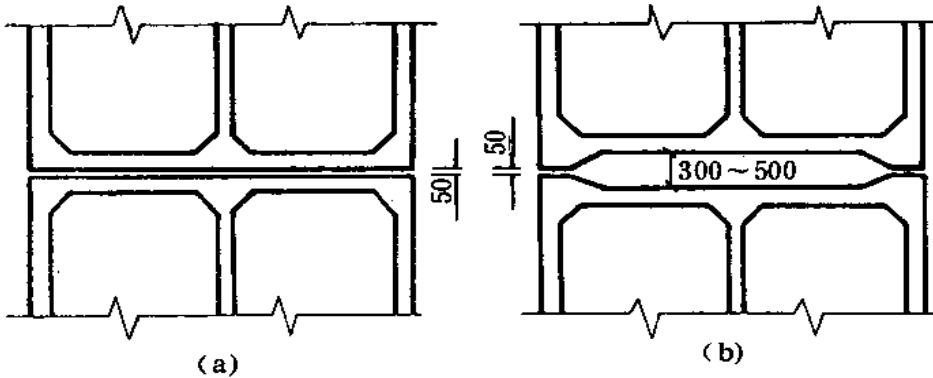


图 6.1.6 沉箱接头型式图

(a) 平接；(b) 对头接；

**6.1.7** 沉箱内的填料宜采用砂或块石。当胸墙直接座落在箱顶部时，箱顶部宜嵌入胸墙内 300mm~500mm。

## 6.2 岸壁式沉箱码头

**6.2.1** 设计沉箱时，应按第 3.4 节和第 3.7 节的有关规定计算：

- (1) 沉箱的吃水、干舷高度和浮游稳定性；
- (2) 外壁、隔墙、底板、底板悬臂的承载力和裂缝宽度。

**6.2.2** 对沉箱的溜放、漂浮、浮运和沉放，应根据当地自然条件和施工要求确定底部的富裕水深。安放时，沉箱与基床顶面间的富裕水深宜取 0.3m~0.5m。

**6.2.3** 沉箱的干舷高度（图 6.2.3）应符合下式的规定。当沉箱干舷高度不满足要求时，可考虑采用密封舱顶等措施。

$$F = H - T \geq \frac{B}{2} \operatorname{tg} \theta + \frac{2h}{3} + S \quad (6.2.3)$$

式中  $F$ ——沉箱的干舷高度 (m)；

$H$ ——沉箱高度 (m)；

$T$ ——沉箱吃水 (m)；

$B$ ——沉箱在水面处的宽度 (m)；

$h$ ——波高 (m)；

$\theta$ ——沉箱的倾角，溜放时采用滑道末端的坡角；浮运时采

用  $6^{\circ} \sim 8^{\circ}$ ;

$S$ ——沉箱干舷的富裕高度，采用  $0.5\text{m} \sim 1.0\text{m}$ 。

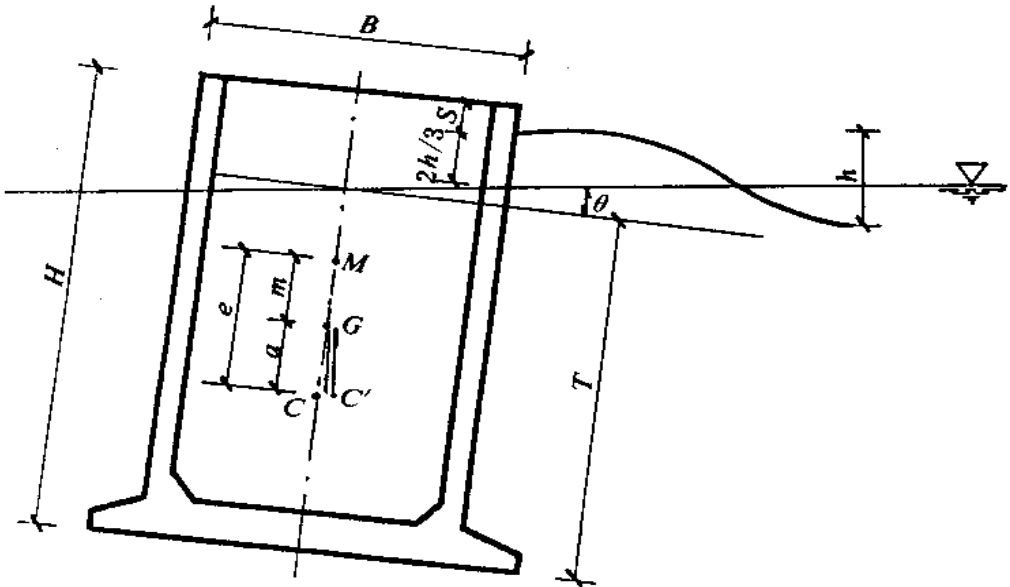


图 6.2.3 沉箱干舷高度计算图式

$M$ -定倾中心； $G$ -重心； $C$ -浮心； $C'$ -倾斜的浮心

**6.2.4** 沉箱靠自身浮游稳定时，必须计算其以定倾高度表示的浮游稳定性。定倾高度应按下式计算：

$$m = \rho - a \quad (6.2.4)$$

式中  $m$ ——定倾高度 (m)；

$\rho$ ——定倾半径 (m)，按附录 D 计算；

$a$ ——沉箱重心到浮心的距离 (m)。

**6.2.5** 沉箱的定倾高度应符合下列规定：

(1) 近程浮运：

$$m \geq 0.2\text{m} \quad (6.2.5-1)$$

(2) 远程浮运：

以块石和砂等固体物压载时：

$$m \geq 0.4\text{m} \quad (6.2.5-2)$$

以液体压载时：

$$m \geq 0.5\text{m} \quad (6.2.5-3)$$

注：①计算定倾高度时，钢筋混凝土和水的重度应根据实测资料确定；如无实测

资料时，钢筋混凝土重度宜采用  $24.5\text{kN/m}^3$ （计算沉箱吃水时，宜采用  $25\text{kN/m}^3$ ）；水重度宜采用  $10\text{kN/m}^3$ （淡水）或  $10.25\text{kN/m}^3$ （海水）；

②海上沉箱浮运，视航程，海况条件可分两类：

远程浮运指整个浮运时间内有夜间航行或运程大于、等于  $30\text{n mile}$ ；近程浮运指同一港区内或运程在  $30\text{n mile}$  以内；

③以水压载时应注意分隔单元舱，使之互不相通。

**6.2.6 计算沉箱外壁时应考虑下列作用，其分项系数按表 3.7.1 采用：**

- (1) 吊运下水时可能承受的外力；
- (2) 沉箱溜放或漂浮时的水压力；
- (3) 沉箱浮运时的水压力和波压力；
- (4) 沉箱沉放时的水压力；
- (5) 对箱格内有抽水要求时的水压力；
- (6) 使用时期的箱内填料侧压力、波浪力和冰荷载。

注：第（2）至第（4）项的外力按附录 E 计算。

**6.2.7 矩形沉箱外壁和隔墙的计算图式应按下列规定采用：**

(1) 底板以上  $1.5L$  区段，按三边固定一边简支板， $L$  为内隔墙间距；

(2)  $1.5L$  以上区段，多于两跨时按两端固定的连续板；等于和少于两跨时按框架或两端固定的单跨板。

(3) 隔墙与外壁的连接按轴心受拉构件。

注：当相邻箱格填料顶面高差大于  $1\text{m}$  时，隔墙尚应按受弯构件计算。

**6.2.8 计算沉箱底板时应考虑下列作用，其分项系数按表 3.7.1 采用。**

(1) 基床反力、底板自重力和箱格内填料垂直压力，箱格内填料垂直压力可按附录 F 计算；

(2) 浮托力。

**6.2.9 沉箱底板应按四边固定板计算，外趾板应按悬臂板计算。**

### 6.3 墩式沉箱码头

**6.3.1 当波浪为主导可变作用时，沉箱墩除应遵守第 6.1 节和第**

6.2 节有关规定外，尚宜符合下列规定：

(1) 孤立墩沉箱的趾长不大于 2m；

(2) 沉箱隔墙间距采用 4m~5m；

(3) 大型海港码头圆沉箱的外壁厚度不小于 400mm；底板厚度不小于 700mm；隔墙厚度不小于 200mm。

**6.3.2** 在沉箱封顶混凝土及胸墙块体上预留孔(图 6.3.2)，此孔宜垂直贯通，在孔内插入型钢或钢轨，并现浇混凝土。上层块体顶面现浇一层钢筋混凝土面层。

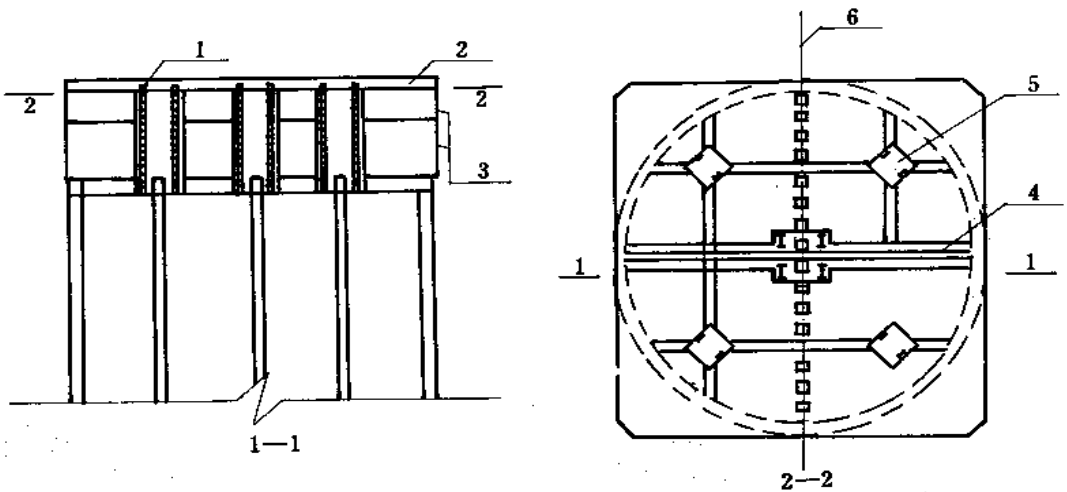


图 6.3.2 胸墙块体间联接图

1-型钢或钢轨；2-现浇面层；3-胸墙块体；4-现浇接缝；5-预留孔；6-码头纵轴线

**6.3.3** 为承受波浪力、冰压力或施工过程中船舶系缆力和撞击力，箱顶内侧可设置钢筋混凝土圈梁或用现浇混凝土封顶。

**6.3.4** 对于由两个或两个以上沉箱组成的孤立墩(图 6.3.4)，宜采取联结成整体的措施。

**6.3.5** 当孤立墩码头有限制变位要求时，应对孤立墩进行动力变位计算。

**6.3.6** 沉箱墩的计算除应遵守第 6.1 节和第 6.2 节中的有关规定外，还宜符合以下规定：

(1) 无隔墙圆形沉箱采用有经验的简化方法计算内力，有条件时可采用有限元法计算；

(2) 有隔墙圆形沉箱采用附录 G 的近似方法计算内力，有条件时可采用有限元法计算；

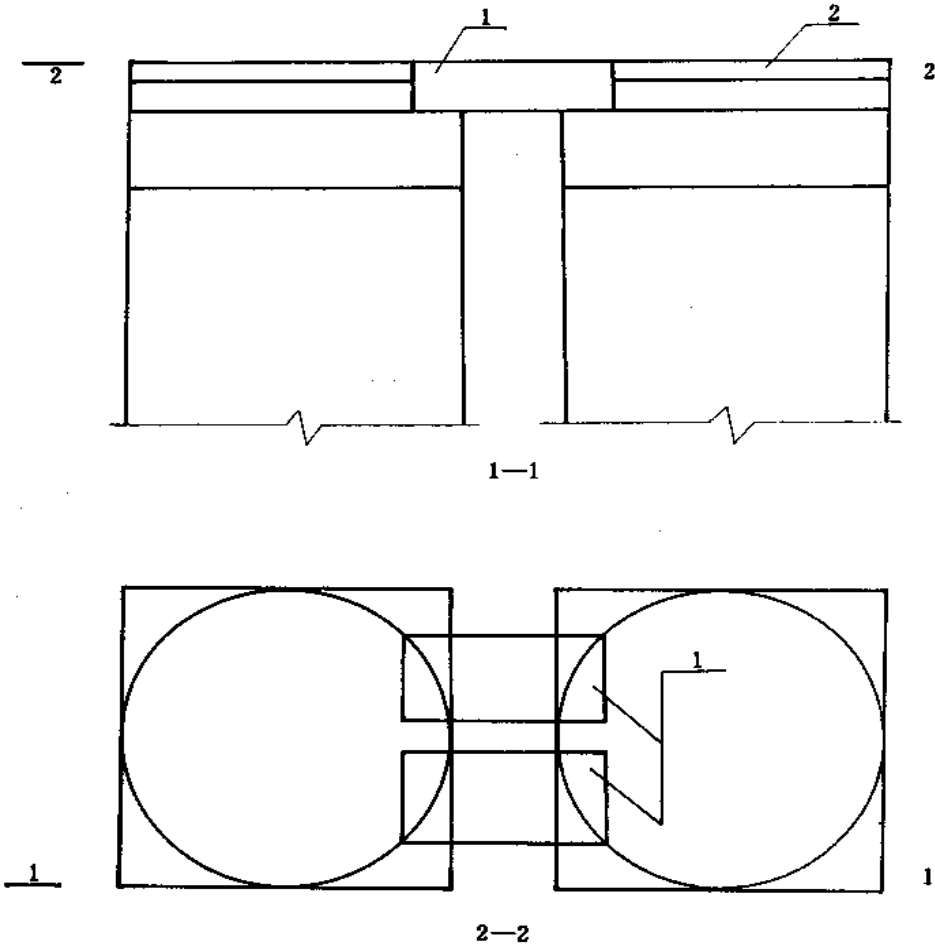


图 6.3.4 墩间联系梁图

1-联系梁；2-现浇面层

(3) 作用分项系数按第 3.7.1 条采用。

## 6.4 开孔沉箱码头

6.4.1 开孔沉箱码头除应遵守第 6.1 节和第 6.2 节有关规定外，尚宜符合下列规定。

6.4.1.1 对于有抗冻性要求的大、中型海港码头，开孔沉箱开孔外壁厚度不小于 500mm，其保护层厚度不小于 100mm。其它部分外壁及隔墙的厚度不小于 300mm。底板厚度不小于 500mm。无抗冻性要求时，壁厚可适当减薄。

**6.4.1.2** 在上部预制构件接缝处的沉箱顶伸出钢筋至后浇混凝土内，钢筋伸出长度不小于钢筋锚固长度。

**6.4.1.3** 开孔位置宜控制在设计高水位以上及设计低水位以下不小于1倍设计波高处。开孔率可取20%~40%。孔的型式可用矩形。消能室的顶部宜设在不受波浪冲击处，室底也宜布置在设计低水位以下大于1倍波高处，其相对宽度 $B_c/L$ 宜采用0.125~0.25。在消能室顶的上部结构或开孔外壁顶部宜设减压孔。

开孔沉箱宜采取措施避免舱格中的填料被波浪掏出。

注：①开孔率为开孔部位的开孔面积占该部位全面积的百分比；

② $B_c$ 为消浪室宽度； $L$ 为入射波波长。

**6.4.1.4** 矩形孔的四周宜留 $45^\circ$ 加强角，并在该处布置构造钢筋。

**6.4.1.5** 上部预制件间采用环形钢筋接头。

**6.4.1.6** 开孔沉箱的有孔外壁可采用下列计算图示：

(1) 底板以上 $1.5L$ 以内，按三边固定一边简支板计算；当底板以上 $1.5L$ 以内其上边与孔相交时按三边固定一边自由板计算； $L$ 为隔墙间距；

(2)  $1.5L$ 以上水平向按两端固定的梁计算，垂直向及孔的四周按构造配筋；

(3) 有孔处每根水平梁计算荷载的作用范围如图6.4.1中的斜线部分，其中 $b$ 为水平向梁的计算宽度。 $a$ 为孔宽。

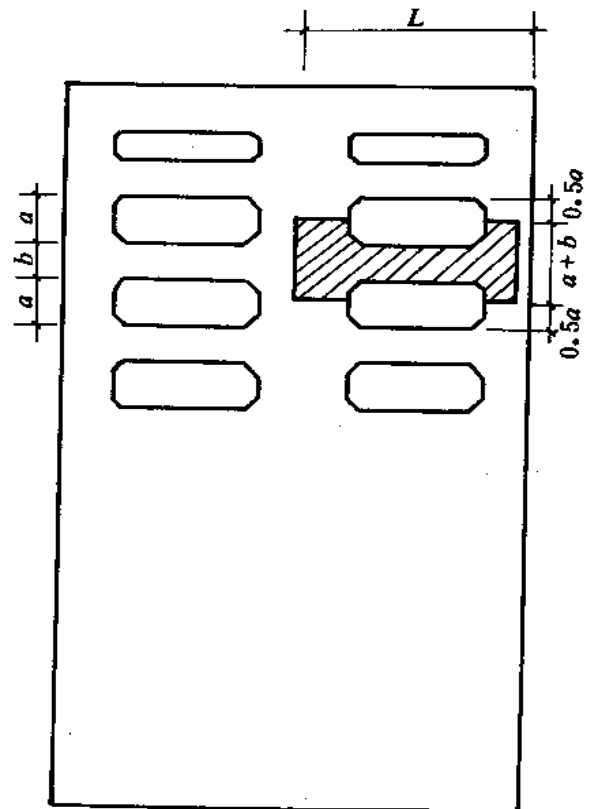


图 6.4.1 水平梁计算荷载作用范围图

**6.4.1.7** 有条件时开孔沉箱的内力可采用有限元法计算。

## 7 座床式圆筒码头设计

**7.0.1** 圆筒的直径应根据码头稳定性及使用要求确定。一般为5m~14m。

**7.0.2** 圆筒的壁厚应由计算确定，一般为250mm~300mm。直径大于14m的圆筒，壁厚应适当加厚。

**7.0.3** 圆筒底部根据码头稳定和减小基床应力的需要设内趾和外趾（图7.0.3）；内趾采用圆环形，外趾可采用折线形。内趾和外趾的长度可采用0.5m~1.0m，并且两者不宜相差过大。

**7.0.4** 圆筒直接承受船舶荷载或圆筒壁顶设置轨道梁支承柱时，应将圆筒上部的壁适当加厚，形成加强圈梁（图7.0.4）。其厚度不宜小于450mm，其高度不宜小于500mm。

**7.0.5** 当圆筒上部有护舷时，应将此范围的表面做成平面，并适当加厚（图7.0.4）。平面部分的宽度和长度由安装护舷要求确定，其厚度不宜小于700mm。

**7.0.6** 圆筒宜整体预制，一次吊装。当起重设备能力不足时，可分节预制、安装。当分节安装时，可在下节圆筒顶部沿内表面对称设置3~4个导向档。导向档可用槽钢，高度可取300mm~500mm。

**7.0.7** 圆筒内宜用天然级配较好的砂、石料填充。采用砂料填充时，底部应设倒滤层，倒滤层宜采用混合石料，其厚度不宜小于0.6m。分节圆筒内用砂料回填时，水平接缝应采取防漏措施。

**7.0.8** 当墙后回填块石时，圆筒之间的竖向安装缝宽可采用50mm~70mm。

**7.0.9** 当墙后回填小粒径填料时，圆筒之间应采取防漏设施，在防漏设施中或在圆筒上应设置有倒滤设施的排水孔。



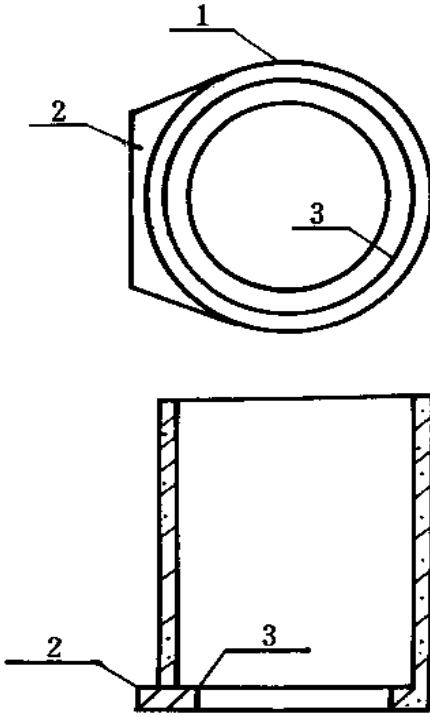


图 7.0.3 内趾和外趾平面、剖面图  
1-筒壁；2-外趾；3-内趾

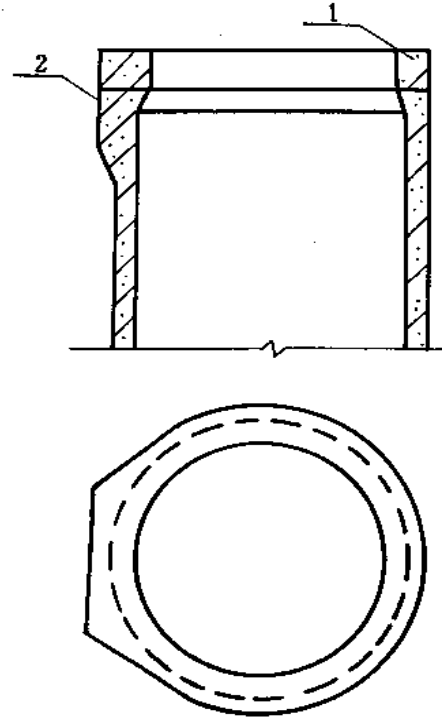


图 7.0.4 加强圈梁及局部突出平面示意图  
1-加强圈梁；2-局部突出平面

**7.0.10** 在圆筒的顶上宜设置预制的胸墙垫板，其宽度不应小于胸墙底宽，厚度应满足作为浇注胸墙混凝土底模，由承载力计算确定，但其顶面不得低于混凝土的施工水位。

**7.0.11** 圆筒中心线到胸墙垫板之间的空档应设置防漏板覆盖，其厚度应根据承载力计算确定，一般为 300mm~600mm。

**7.0.12** 胸墙垫板与圆筒之间宜用锚筋连接，锚固点一般为 3~4 个，锚筋直径不宜小于 25mm。胸墙垫板的顶面可预插一定数量的短筋或块石。

**7.0.13** 吊孔应按第 4.2.10 条的有关规定设计。

**7.0.14** 对于受波浪作用的码头，宜将圆筒之间上部结构的底部作成导浪用的三棱体形空腔（图 7.0.14）。

**7.0.15** 圆筒码头整体稳定计算宜取单个圆筒作为计算单元。

**7.0.16** 圆筒后面的主动土压力，可近似地按墙背为平面计算。土

与墙背之间的摩擦角  $\delta$  可取  $\varphi/3$ 。

**7.0.17** 计算码头沿基床顶面水平滑动稳定性时，综合摩擦系数设计值  $f$  可取 0.65。

**7.0.18** 计算码头抗倾稳定性时，圆筒内填料起抗倾作用的重力标准值应按式 (4.2.15) 计算。

**7.0.19** 对圆筒结构，除将圆筒与其内全部填料视为一整体，验算大面积基床顶面应力和地基应力外，还应验算筒内填料重力为  $G_R$  时前趾的局部应力。

验算大面积应力时，可取墙底的计算宽度等于  $0.8D_R$ ， $D_R$  为圆筒底部的外轮廓宽度。

**7.0.20** 后踵的应力，不宜出现负值。

注：当地基为岩基时，允许出现负值，但不应过大。

**7.0.21** 对受到波浪作用的码头，还应按第 3.4 节有关规定进行稳定性验算。

**7.0.22** 圆筒结构的内力一般取 1m 高的圆环进行计算。计算圆筒结构内力时，应考虑下列作用，其分项系数按表 3.7.1 采用：

(1) 在施工过程中，圆筒内填料已填满，筒后尚未回填，此时只考虑筒内填料侧压力的作用，侧压力标准值可按附录 F 计算；

(2) 使用时期荷载包括筒内填料侧压力，墙后主动土压力及剩余水压力和墙前波谷作用的波压力；

(3) 当圆筒上设置护舷时，尚应考虑船舶撞击力。

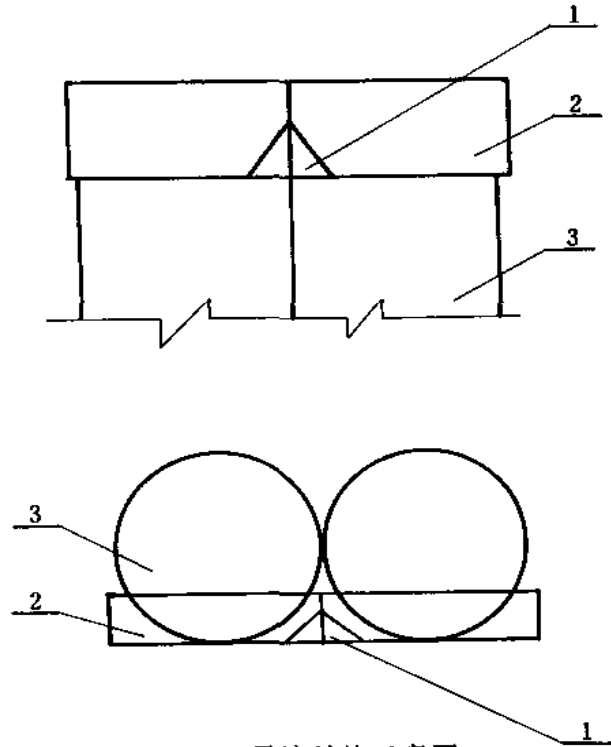


图 7.0.14 导浪结构示意图  
1-导浪结构；2-上部结构；3-圆筒

**7.0.23** 在均布荷载作用下，圆筒内力可按有经验的简化方法计算。在集中力作用下，圆筒的内力可按半圆形无铰拱计算。有条件时可采用有限元法计算。

**7.0.24** 预制胸墙垫板的内力可按两端悬臂的简支板计算，两端悬臂计算长度可采用等于板宽 1/2 处的实际悬臂长度（图 7.0.24）。

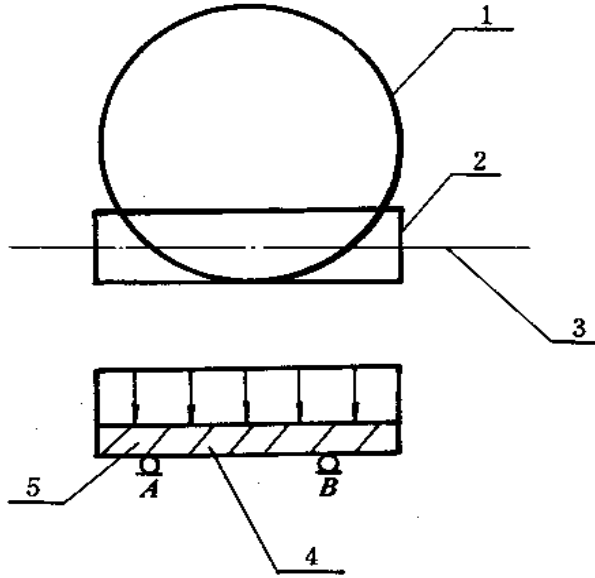


图 7.0.24 胸墙垫板内力计算图式

1-圆筒；2-垫板；3-垫板中心线；4-简支板；5-悬臂板

## 8 现浇混凝土码头或浆砌石 码头设计

8.0.1 现浇混凝土或浆砌石码头的断面可采用梯形（图 8.0.1 (a)）、衡重式（图 8.0.1 (b)）和卸荷板式（图 8.0.1 (c)）。

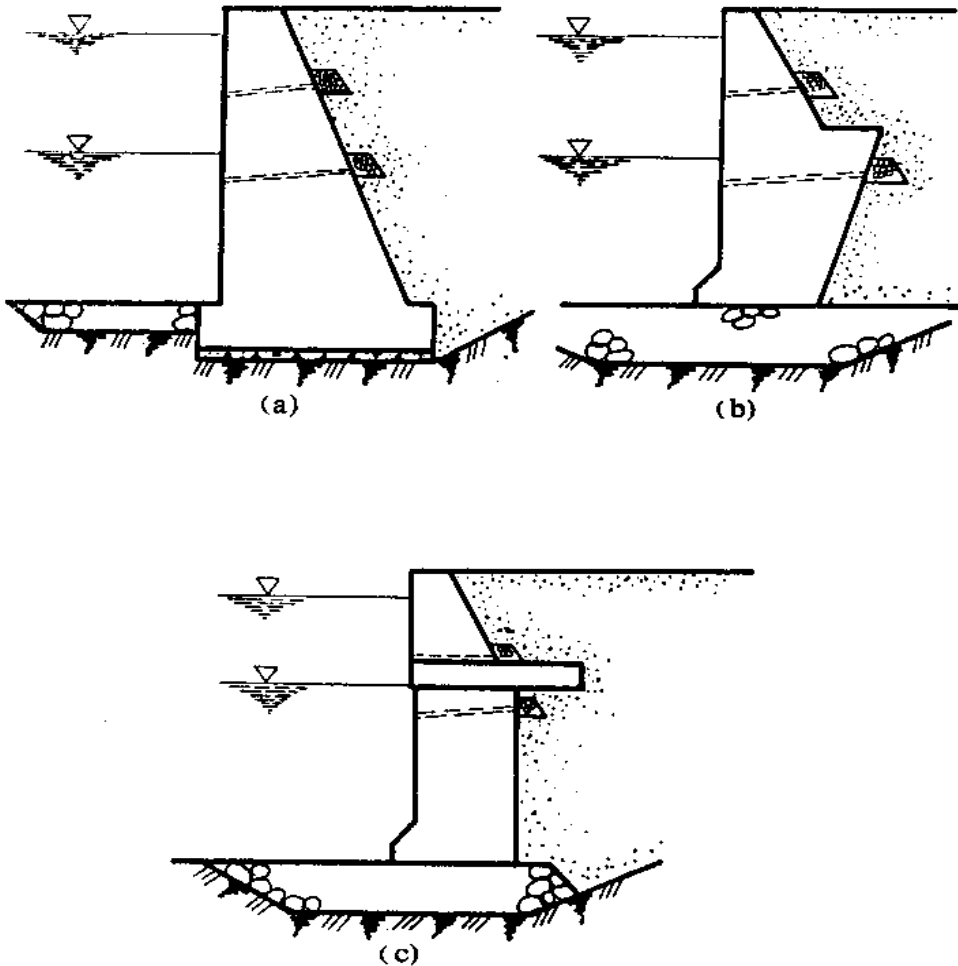


图 8.0.1 码头断面图

(a) 梯形；(b) 衡重式；(c) 卸荷板式

8.0.2 码头的前趾或后踵的悬臂长度与趾高或踵高之比,对砌石

可采用 0.3~0.5；对混凝土可采用 0.7~1.0。

**8.0.3** 在浆砌石码头顶部应设置高度不小于 0.3m 的现浇混凝土压顶。

**8.0.4** 码头墙身应设排水孔。排水孔的大小和布置应根据水位变化情况、填料透水性能和码头断面形状确定。最下一层排水孔应低于最低水位。排水孔应有倒滤设施。

**8.0.5** 码头墙后填料宜选用渗水性好的材料。当采用粘土时，必须有排水措施，并规定填料密实度要求。

**8.0.6** 现浇混凝土或浆砌石码头，应分别按现行行业标准《港口工程混凝土结构设计规范》和国家现行有关砌石工程规范设计。

## 9 基础施工

### 9.1 基槽开挖

9.1.1 基槽开挖的尺寸应不小于设计规定。

9.1.2 基槽开挖深度较大时宜分层开挖,每层开挖高度应根据土质条件和开挖方法确定。

9.1.3 基槽挖至设计深度时,应对土质进行核对,如发现地质情况与设计要求不符,应及时研究解决。

9.1.4 爆破开挖水下岩石基槽,浅点处基床的最小厚度不应小于0.5m。

9.1.5 采用干地施工时,必须做好基坑的防水、排水和基土保护。可采用土围堰和明沟排水,当排水能力不足时宜分段设围堰;对粘性土地基,在槽底设计高程上应保留0.15m~0.30m的土层,在下一工序开始前挖除。

9.1.6 每段基槽开挖后应及时抛石或铺设垫层。

9.1.7 水下基槽开挖时,对非岩石地基,开挖的允许偏差应按表9.1.7-1的规定执行;岩石地基水下爆破开挖的允许偏差应按表9.1.7-2的规定执行。

非岩石地基水下基槽开挖允许偏差 表 9.1.7-1

序号	项 目		允许偏差(m)		
			有掩护水域	无掩护或离岸500m以上水域	
1	平均超深	4m <sup>3</sup> 以下抓斗		0.3	0.5
		4m <sup>3</sup> ~8m <sup>3</sup> 抓斗	I、II类土	0.8	0.8
			III、IV类土	0.5	0.5

续上表

序号	项 目		允 许 偏 差 (m)		
			有掩护水域	无掩护或离岸 500m 以上水域	
2	每边 平均 超宽	4m <sup>3</sup> 以下抓斗		1.0	1.5
		4m <sup>3</sup> ~8m <sup>3</sup> 抓斗	I、II 类土	2.0	2.0
			III、IV 类土	1.5	2.0

注：①无掩护水域当挖泥水深大于等于 20m 或抓斗大于 8m<sup>3</sup> 时，其平均超深、超宽允许偏差值可根据实际情况适当加大；

②河港的小型码头基槽挖泥平均超深、超宽允许偏差值应适当减少；

③链斗式挖泥船平均超深、超宽允许偏差值分别为 0.4m、1.5m。

岩石地基水下基槽爆破开挖允许偏差 表 9.1.7-2

序号	项目	允 许 偏 差 (m)		序号	项目	允 许 偏 差 (m)	
		长条形	孤立墩			长条形	孤立墩
1	平均超深	0.5	1.0	2	平均超宽、超长	1.0	2.0

## 9.2 基床抛石

**9.2.1** 在抛石前应检查基槽尺寸有无变动，如有显著变动应进行处理。

基槽底当其回淤沉积物含水率  $w < 150\%$ 、厚度大于 0.3m 时，应清除。

**9.2.2** 基床抛石应符合下列规定：

(1) 基床抛石顶面不得超过施工规定的高程，且不宜低于 0.5m；

(2) 基床顶宽不得小于设计宽度；

(3) 对回淤严重的港区，要有防淤措施；

(4) 基床顶面及分层抛石基床的上下层接触面不应有回淤沉积物。

**9.2.3** 基床抛石应考虑水流、风浪、水位对抛石位置的影响，宜采用试抛确定抛石船位。

为避免漏抛或抛高应勤测水深。

9.2.4 作夯实处理的基床应预留夯沉量,其数值应按当地经验或试夯资料确定。无实测资料时,可取抛石层厚的10%~20%。

### 9.3 基床夯实

9.3.1 基床夯实范围应按设计规定采用。如设计未规定,可按墙身底面各边加宽1m。若分层夯实时,可根据分层处的应力扩散线各边加宽1m(图9.3.1)。

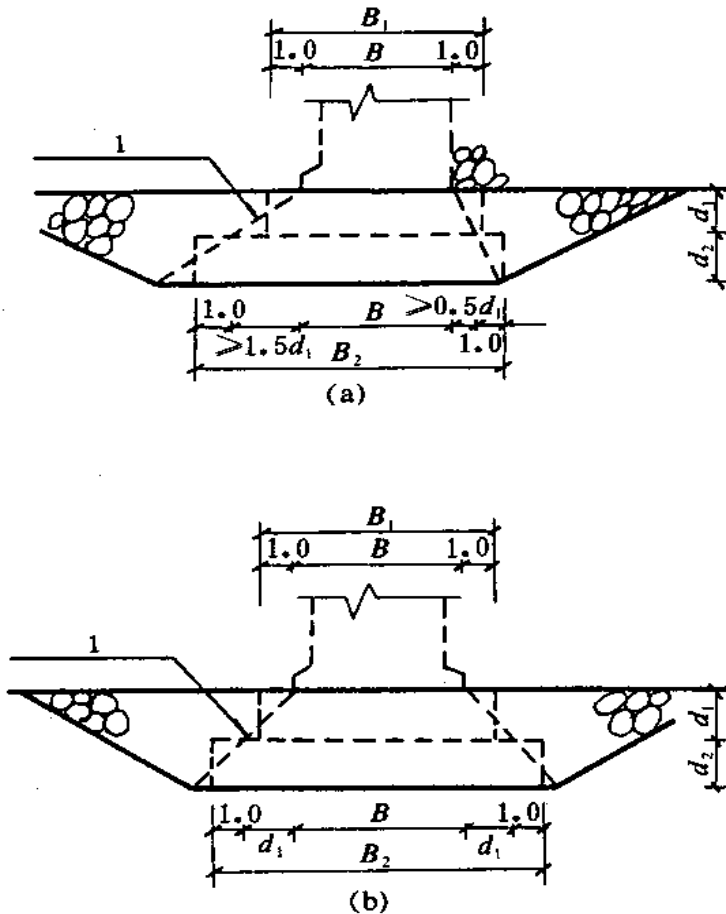


图 9.3.1 基床夯实范围示意图

(a) 墙后有填土; (b) 墙后无填土

1-应力扩散线;  $B_1-d_1$ 层夯实范围;

$B_2-d_2$ 层夯实范围;  $B$ -墙底宽;  $d_1$ 、 $d_2$ -抛石基床夯实分层厚度

9.3.2 夯实前应对抛石面层作适当整平,其局部高差不宜大于



300mm。

**9.3.3** 基床应分层分段夯实，每层厚度宜大致相等，夯实后厚度不宜大于 2m。若夯击能量较大时，分层厚度可适当加大。分段夯实的搭接长度不应小于 2m。

**9.3.4** 夯锤底面压强可采用 40kPa~60kPa，落距可取 2m~3m。不计浮力、阻力等影响时，每夯的冲击能不宜小于 120kJ/m<sup>2</sup>；对无掩护水域的深水码头，冲击能宜采用 150kJ/m<sup>2</sup>~200kJ/m<sup>2</sup>，且夯锤宜具有竖向泄水通道。

**9.3.5** 基床夯实一般采用纵横向相邻接压半夯（图 9.3.5）每点一锤，并分初、复夯各一遍，一遍四夯次，两遍共八夯次，或多遍夯实的方法，以防止基床局部隆起或漏夯。

夯击遍数由试夯确定，试夯技术要求应符合附录 H 的规定，不进行试夯时，不宜少于八夯，并分两遍夯打。

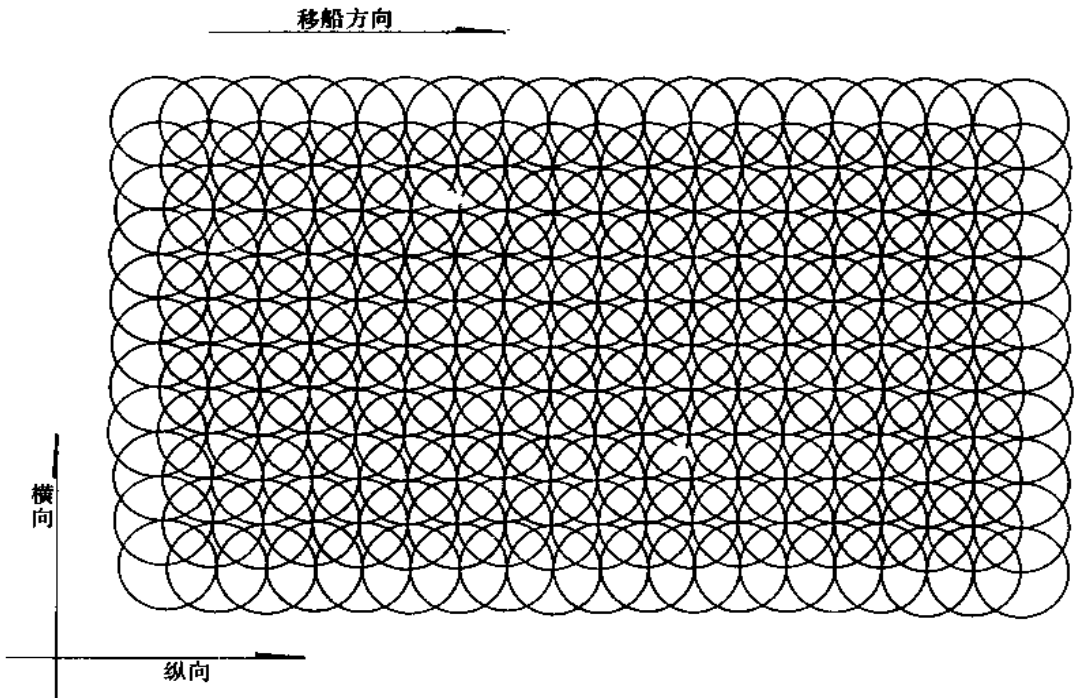


图 9.3.5 夯锤落点平面示意图

**9.3.6** 采用爆夯法密实基床时，基床的分层厚度、药包悬吊高度及重量、布药方式、爆夯遍数、一次爆夯的总药量等参数应经设

订和试验确定。其夯沉量一般控制在抛石层厚的 10%~20%。

应考虑爆夯对周围环境的影响，并控制爆夯点与需保护对象间的安全距离。

**9.3.7** 当夯实后补抛块石的面积大于 1/3 构件底面积或连续面积大于 30m<sup>2</sup>，且厚度普遍大于 0.5m 时，宜作补夯处理。

**9.3.8** 重锤夯实的质量标准：在已夯的基床上码头墙底面积范围内任选不小于 5m 一段复打一夯次，夯锤相接排列，不压半夯，其平均沉降量不宜大于 30mm，无掩护水域的重力墩不宜大于 50mm。

采用爆夯法密实基床，其夯实质量标准，应按现行行业标准《爆炸法处理水下软基技术规程》(JTJ/“T 258”)规定执行。

## 9.4 基床整平

**9.4.1** 抛石基床的整平应符合表 9.4.1 规定。

基床整平允许偏差

表 9.4.1

整平种类	高程允许偏差(mm)	适用部位	整平范围	整平用料
极细平	±30	墙身下的基床	墙身底面每边各加宽 0.5m	10mm~30mm 碎石
细平	±50	(1)基床肩部； (2)压肩方块下的基床	(1)前肩部分； (2)压肩方块底边外加宽 0.5m	二片石

注：①大型构件底面尺寸大于等于 30m<sup>2</sup> 时，其基床可不进行极细平；

②明基床外坡应进行理坡；

③当需进行粗平时，其高程允许偏差为±150mm。

**9.4.2** 进行基床整平时，对于块石间不平整部分，宜用二片石填充，对二片石间不平整部分宜用碎石填充，其碎石层厚度不应大于 50mm。

**9.4.3** 每段基床整平后应及时安装预制件。

## 10 构件预制、吊运及安装

### 10.1 构件预制

**10.1.1** 预制件宜用混凝土地坪作底模。其允许高差：对于方块为 5mm；对于扶壁、沉箱和其他带底板的大型构件为 10mm。

底模表面应采用妥善的脱模措施，不应采用会降低预制件底面摩擦系数的油毡或类似性质的材料作脱模层。

**10.1.2** 当预制现场内缺乏相应起重设备时，可采用水垫搬运预制构件。水垫搬运工艺应经设计，运行场地的基础和面层应有足够的强度和稳定性。面层宜采用混凝土结构，其表面应平整光滑和无裂缝。面层的凹凸（平整度）不应超过 5mm。

**10.1.3** 扶壁、空心块体、圆筒和沉箱的混凝土结构施工宜一次浇筑完成。大型构件也可分层浇筑，其施工缝不宜设在水位变动区、底板与立板的连接处、吊孔处以及吊孔以下 1m 范围内。施工缝及钢筋接头处理，应按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ268) 有关规定执行。

**10.1.4** 对掺块石的混凝土方块，应按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》的规定执行。

**10.1.5** 砌石方块表面应选用比较方整的石料，砌缝宽度宜采用 10mm~30mm，并进行勾缝。

**10.1.6** 混凝土方块和砌石方块可采用预留吊孔起吊。

**10.1.7** 当沉箱需浮在水上接高时，必须及时调整压载以保证沉箱的浮游稳定。

**10.1.8** 大型预制件吊运采用的吊具应经设计，对薄壁构件不宜产生水平挤压力；整体吊运的合力应与其荷载的重心共线；吊架

够的强度、刚度和稳定性。

10.1.9 预制件外形尺寸的允许偏差应符合表 10.1.9-1 和表 10.1.9-2 的规定。

方块、空心块体、扶壁、圆筒允许偏差 表 10.1.9-1

序号	构件名称	项 目		允许偏差(mm)	
1	方 块	长度	$\leq 5m$	$\pm 10$	
		宽度	$> 5m$	$\pm 15$	
		高度		$\pm 10$	
		顶面两对 角线	短边长度 $\leq 3m$	$\pm 20$	
			短边长度 $> 3m$	$\pm 30$	
		表面凹凸(平整度)			10
吊孔或吊环位置			40		
2	空 心 块 体	长 度	$\leq 5m$	$\pm 10$	
		宽 度	$> 5m$	$\pm 15$	
		高 度		$\pm 10$	
		顶面两对角线		$\pm 30$	
		表面凹凸(平整度)			10
		壁厚			$\pm 10$
		侧面竖向倾斜			$2\% H$
吊孔、吊环位置			40		
3	扶 壁	板 厚		$\pm 10$	
		立板临水面和 两侧竖向倾斜	扶壁全高 $\leq 7.5m$	15	
			扶壁全高 $> 7.5m$	$2\% H$	
		立板迎水面和两侧面局部凹凸(平整度)			10
		立板高度			$\pm 10$
		立板长度			$\pm 10$
		底板两侧边线尾端处偏位			-15
		吊孔位置			30
预埋件位置			20		

续上表

序号	构件名称	项 目		允许偏差(mm)	
4	圆筒	直径	$\leq 10m$	$\pm 25$	
			$> 10m$	$\pm 2.5\%D$	
		高度			$\pm 10$
		壁厚			$\pm 10$
		椭圆度	$D \leq 10m$	50	
			$D > 10m$	$5\%D$	
		顶面和外壁面平整度			10
		外壁竖向倾斜			$2.0\%H$
		分段浇筑相邻段错牙			10
		预留孔位置			20
吊孔位置			30		

注：①卸荷板的允许偏差按本表方块标准采用；

②砌石方块凹凸允许偏差：临水面 $\pm 20mm$ ；顶面和侧面 $-20mm$ ；

③一次出水的单层空心块体按沉箱标准采用；

④ $H$ 为空心块体或圆筒高度， $D$ 为圆筒外径；

⑤多层空心块体的水平接触面平整度应从严控制。

沉箱允许偏差

表 10.1.9-2

序号	项 目	允 许 偏 差 (mm)			
		矩 形		圆 形	
1	长度、直径	箱长 $\leq 10m$	$\pm 25$	直径 $\leq 10m$	$\pm 25$
		箱长 $> 10m$	$\pm 2.5\%L$	直径 $> 10m$	$\pm 2.5\%D$
2	宽度	箱宽 $\leq 10m$	$\pm 25$	—	
		箱宽 $> 10m$	$\pm 2.5\%L$	—	
3	高度	$\pm 10$		$\pm 10$	
4	外壁厚度	$\pm 10$		$\pm 10$	
5	顶面两对角线	$\pm 50$		—	
6	椭圆度	—		直径 $\leq 10m$	50
		—		直径 $> 10m$	$5\%D$

续上表

序号	项目	允许偏差 (mm)	
		矩 形	圆 形
7	顶面平整度	支承面	10
		非支承面	15
8	外壁竖向倾斜	2‰H	
9	外壁面平整度	10	10
10	内隔墙厚度	±10	±10
11	内隔墙顶高程	-10	-10
12	预埋件位置	20	20

注：①H为沉箱高度；L为沉箱外边长；

②D为沉箱外径。

## 10.2 方块、空心块体、扶壁和圆筒的吊运及安装

**10.2.1** 预制件的存放场地应符合靠近制作点或安装现场，地势平坦，有足够存放面积和承载力；受风浪、冲刷和淤积的影响不大等条件，并满足吊运的水深要求。

**10.2.2** 安装前，必须对基床和预制件进行检查，不符合技术要求时，应予修整和清理。

**10.2.3** 构件吊运时承载力应符合设计要求。

**10.2.4** 安装底层方块、空心块体、扶壁、圆筒时应控制预制件底面与基床面斜度相一致。

**10.2.5** 多层方块的安装，应在基床面设置准线，以控制方块的位置。安装宜分层、分段，采用阶梯形安装。

**10.2.6** 对多层方块的底层或安装后不露出水面的构件应复核其位置及高程。

**10.2.7** 安装方块、扶壁时应分段控制其位置和长度。单层一次出水的空心块体及扶壁宜在顶部露出水面的条件下进行安装。

**10.2.8** 方块、空心块体、扶壁及圆筒预制件安装允许偏差应符合表 10.2.8-1、表 10.2.8-2 和表 10.2.8-3 的规定。

注：安装时不得在预制件底部局部加垫调整偏差。

方块、空心块体安装允许偏差 表 10.2.8-1

序号	项 目		允许偏差(mm)	
			岸 壁 式	墩 式
1	砌缝平均宽度		20	—
2	砌缝最大宽度	第一层	50	70
		第二层以上	70	
3	临水面与施工准线		±50	±70
4	相邻方块临水面错牙		30	30
5	相邻方块顶面高差		30	30
6	轴线位置		—	±100

注：①卸荷板安装允许偏差，除临水面与施工准线的允许偏差为 30mm 外，其它按本表规定执行；

②墩式结构安装时要控制竖向倾斜，其允许偏差为  $4‰H$ ， $H$  为构件高度；

③无掩护的墩式码头其砌缝宽度可适当放宽；

④砌缝平均宽度是指码头长度方向所有砌缝宽度的平均值；

⑤砌缝平均宽度的偏差，是指与设计尺寸的偏差。

单层一次出水空心块体、扶壁  
安装允许偏差

表 10.2.8-2

序号	项 目		允许偏差(mm)
1	接缝平均宽度	构件高度 $\leq 10m$	20
		构件高度 $> 10m$	30
2	接缝最大宽度	构件高度 $\leq 10m$	100
		构件高度 $> 10m$	150
3	临水面与施工准线		±50
4	相邻块临水面错牙		30

注：①接缝平均宽度是指码头长度方向所有接缝宽度的平均值；

②接缝平均宽度的偏差，是指与设计尺寸的偏差。

圆筒安装允许偏差

表 10.2.8-3

序号	项 目		允许偏差(mm)
1	圆筒中心到前沿施工准线距离		±50
2	相邻圆筒齿槽错牙		30
3	相邻圆筒顶部高差		30
4	接缝平均宽度		30
5	接缝最大宽度	筒高≤10m	80
		筒高>10m	100
6	上下层错牙		30
7	竖向倾斜		4‰H

注：H 为圆筒高度。

### 10.3 沉箱下水、浮运及安装

#### 10.3.1 沉箱下水应符合下列规定：

- (1) 混凝土强度应满足设计要求；
- (2) 根据施工情况复核沉箱的浮游稳定性，当不满足要求时，应采取适当措施。

#### 10.3.2 当采用滑道方式下水时(图 10.3.2)，滑道末端水深应满足下式要求：

$$H \geq T + h_1 + h_2 \quad (10.3.2)$$

式中 H——滑道末端水深 (m)；

T——沉箱的吃水 (m)；

$h_1$ ——平台和台车占用的水深 (m)；

$h_2$ ——富裕水深，可采用 0.50m~0.75m。

当滑道水深不满足沉箱吃水要求时，沉箱暂不压载，采用起重船或浮筒吊扶，待拖至深水处再压载以满足浮游稳定。

沉箱溜放的下滑速度：用台车下滑控制在 0.25m/s ~ 0.35m/s；用滑板下滑，速度应符合设计要求。

#### 10.3.3 沉箱在坞内预制并起浮时，为克服沉箱与坞底间的粘结



力，可使一侧先浮。

**10.3.4 沉箱存放场地，应符合下列要求：**

(1) 漂浮存放时，水域应具有良好掩护和系泊条件，波高不

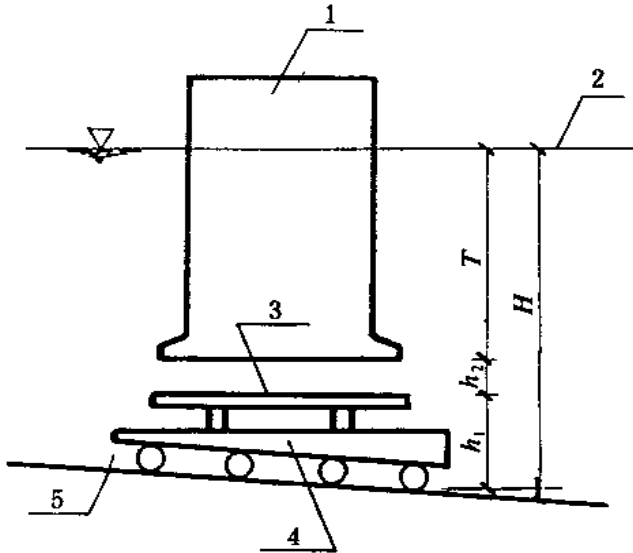


图 10.3.2 沉箱沿滑道下水示意图

1-沉箱；2-溜放水位；3-平台；4-台车；5-滑道

宜大于 0.5m，成批存放时，沉箱间应有避碰措施；

(2) 座底存放时，存放场地应邻近制作地点或安放现场，地势应平坦，有足够贮存面积和承载力，必要时作适当处理，如铺砂，受风浪、冲刷和淤积等影响不大，并应满足水深要求。

**10.3.5 沉箱海上运输，可用浮运拖带法或半潜驳干运法。**采用半潜驳干运法，当无资料和类似条件下运输的实例时，对下潜装载、航运、下潜卸载的各个作业阶段应验算：半潜驳的吃水、稳性、总体强度、甲板强度和局部承载力；在风、浪、流作用下的船舶运动响应以及沉箱自身的强度、稳性等。

**10.3.6 沉箱海上运输，一般采用浮运拖带法。**拖带前应进行吃水、压载、浮游稳定的验算：

(1) 验算沉箱吃水时，应准确计入沉箱内实际的残余水和混凝土残屑的重量、施工操作平台和封舱盖的重量；

(2) 验算吃水、干舷高度和稳定性时，应分别对空载和不同施工工艺下不同稳定要求等情况进行计算，以提供拖航中有关人员在实际操作中掌握使用；

(3) 沉箱压载时宜用砂、石和混凝土块等固体物，如用水压载，应精确计算自由液面对稳定性的影响。

**10.3.7 形状特殊的沉箱**，如不对称型沉箱和需密封舱顶后躺拖的沉箱等，应进行物理模型试验，以获得吃水、压载、稳定和拖力数据。

**10.3.8 拖带力**可按下式计算：

$$F = A\gamma_w \frac{V^2}{2g} K \quad (10.3.8-1)$$

$$A = \alpha(T + \delta) \quad (10.3.8-2)$$

式中  $F$ ——拖带力标准值 (kN)；

$A$ ——沉箱受水流阻力的面积 ( $m^2$ )；

$\gamma_w$ ——水的重度 ( $kN/m^3$ )；

$\alpha$ ——沉箱宽度 (m)；

$T$ ——沉箱吃水 (m)；

$\delta$ ——箱前涌水高度(m)，通常取 0.6 倍航程中可能出现的波高  $H$ ；

$V$ ——沉箱对水流的相对速度 (m/s)；

$K$ ——挡水形状系数，对矩形  $K$  取 1.0；对流线型  $K$  取 0.75。

**10.3.9 拖带船舶和辅助船舶**应符合下列要求：

(1) 远程拖带时，宜选用功率足够、船体长、吃水较深且具有拖缆机的拖船；近程拖带宜选用船体短、回转自由度大、功率足够的港作拖船。

根据拖力值，选取具有大于或等于相应系柱拖力的拖船。

注：远程拖带时，在特殊情况下，拖船的有效功率可根据能在顶风风速 20m/s，同时顶流流速度 1m/s 下保持航向的条件确定。

(2) 根据主拖船性能和海区情况，应配备不同类型的辅助船舶。其用途是：为主拖船引航、开道；放置潜水设备；紧急情况



卜助拖；航行中遇雾时施放雾号。

**10.3.10** 航道、航线选择，应符合下列要求：

(1) 拖带航道应有足够水深，出、进港航道的富裕水深不宜小于 0.5m，港外拖航时的水深，应考虑可能出现的波高值；

(2) 在港区内，航道宽度应大于拖船长度的 2 倍；

(3) 拖航沿线，应无暗礁、浅点、渔网点和水产养殖区等航行障碍。

**10.3.11** 沉箱拖运前，应对气象、海况进行调查，及时掌握短期预报资料，确定启航日期。

拖带时预期的气象、海况条件应符合下列要求：

近程：风速小于等于 6 级，波高  $H_{\frac{1}{10}}$  小于等于 1.0m；

远程：风速小于等于 6 级，波高  $H_{\frac{1}{10}}$  小于等于 1.5m。

**10.3.12** 远程拖带的沉箱，宜采取密封舱措施；如因干舷甚高，并熟悉所经海域的气象、水文情况，经论证后，可用简易封舱。近程拖带，一般可用简易封舱；但当干舷高度不能满足第 6.2.3 条要求时，应密封舱。

封舱应与箱顶操作平台相结合进行设计。操作平台结构可根据沉箱拖带、安放工艺确定。当海上安放大型沉箱需备卷扬机和发电机时，操作平台的设计，应作相应考虑。

**10.3.13** 远程拖带的沉箱，必要时箱顶应设号型和号灯，其高度不应小于 2.5m。雾航时，沉箱应设雾号。设备配置均应符合现行国际标准《海上避碰规则》的有关规定。

**10.3.14** 沉箱安放前，应对基床和箱体进行验收，不符合技术要求时，应进行修整。

**10.3.15** 如工程所在地波浪、水流条件复杂时，沉箱安放后，应立即将箱内灌水，待经历 1~2 个低潮后，复测位置，确认符合质量标准后，及时填充箱内填料。

**10.3.16** 沉箱舱内抽水或回填时，同一沉箱的各舱宜同步进行，其舱面高差限值，应按本规范第 6.2.6 条规定，通过验算确定。

**10.3.17** 沉箱安装允许偏差应符合表 10.3.17 的规定。



沉箱安装允许偏差

表 10.3.17

序号	项 目		允许偏差(mm)	
			岸壁式	墩式
1	轴线		—	100
2	临水面与施工准线		±50	—
3	临水面错牙		50	80
4	接缝 宽度	平均缝宽	30	—
		最大缝宽	100	—
5	竖向倾斜		—	4‰ $H$

注：① $H$  为沉箱高度；

②当沉箱  $H > 15\text{m}$ ，其接缝宽度允许偏差，经设计单位同意，可适当增加；

③开敞海域墩式码头的沉箱轴线允许偏差可放宽到 150mm。

## 11 抛填棱体和倒滤层、倒滤井施工

**11.0.1** 棱体抛填前应检查基床和岸坡有无回淤或塌坡，必要时应进行清理。

**11.0.2** 抛石棱体和倒滤层宜分段、分层施工，每层应错开足够的距离。

**11.0.3** 棱体抛填应与墙身安装相配合，以防止墙身变位过大。

**11.0.4** 抛石棱体表层的二片石应进行整理。

**11.0.5** 在有风浪影响的地区，胸墙未完成前不应抛筑棱体顶面的倒滤层，倒滤层完工后应尽快填土覆盖。

**11.0.6** 抛填棱体顶面宽度、倒滤层最小厚度和表面坡度，应符合设计要求。

各级棱体倒滤层厚度允许偏差值：水上 + 50mm；水下 + 100mm。

**11.0.7** 空心块体、沉箱、圆筒和扶壁安装缝宽度大于倒滤材料粒径时，接缝或倒滤井应采取防漏措施，宜在临水面采用加大倒滤材料粒径或加混凝土插板，在临砂面采用透水材料临时间隔。

**11.0.8** 采用土工织物倒滤材料时，其土工织物材料应符合设计要求，必要时应对材质进行抽检。

**11.0.9** 在棱体面铺设土工织物倒滤层时应满足下列要求：

(1) 土工织物底面的石料应进行理坡，不应有石尖外露，必要时可用二片石修整；

(2) 土工织物的搭接长度应满足设计要求并不小于 1.0m；

(3) 铺设土工织物后应尽快覆盖。

**11.0.10** 竖向接缝采用土工织物倒滤材料时，应有固定的防止填料砸破土工织物的技术措施。

## 12 胸墙施工

**12.0.1** 胸墙模板应经设计。设计时除计算一般荷载外，尚应考虑波浪力和浮托力。

**12.0.2** 扶壁码头的胸墙宜在底板上回填压载后施工。

**12.0.3** 直接在填料上浇筑胸墙混凝土时，应在填料密实后浇筑。

**12.0.4** 胸墙混凝土浇筑应在下部安装构件沉降稳定后进行。

**12.0.5** 体积较大的胸墙，混凝土宜采用分层、分段浇筑，施工缝应按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》的有关规定执行。

**12.0.6** 浇注胸墙混凝土时，应保持混凝土在水位以上进行振捣；底层混凝土初凝前不宜受水淹没，否则应采取防止淘刷措施。

**12.0.7** 胸墙的允许偏差应符合表 12.0.7 的规定。

胸墙尺寸允许偏差

表 12.0.7

序号	项 目	允许偏差(mm)
1	前沿线位置	20
2	临水面平整度	20
3	顶面高程	+20 0
4	顶面平整度	10
5	相邻段临水面错牙	10
6	临水面、变形缝处侧面的竖向倾斜	5‰H
7	预留孔洞位置	20

注：①H——胸墙高度；

②前沿线偏差是对施工准线而言。

## 13 回 填

**13.0.1** 墙后填料的物理力学指标和回填速率应符合设计要求。

**13.0.2** 对与填料共同维持稳定的空心块体、扶壁、圆筒和沉箱码头，应先在墙身内部填充填料。

**13.0.3** 墙后采用吹填时，按下列规定执行：

(1) 码头内外水位差不应超过设计限值；

(2) 排水口宜远离码头前沿，其口径尺寸和高程应根据排水要求和沉淀效果确定；

(3) 吹泥管口宜靠近墙背，以便粗颗粒填料沉淀在近墙处；

(4) 吹泥管口距倒滤层坡脚的距离不宜小于 5m，必要时经试吹确定；

(5) 在墙前水域取土吹填时，应控制取土地点与码头的最小距离和取土深度；

(6) 围堰顶高程宜高出填土顶面 0.3m~0.5m，其断面尺寸应经设计确定；

(7) 吹填过程中，应对码头的填土高度、内外水位、位移和沉降进行观测。如码头发生较大变形等危险迹象时，应立即停止吹填，并采取有效措施。

**13.0.4** 当干地施工采用粘土回填时，按下列规定执行：

(1) 填料应分层压实，每层填土虚铺厚度，对人工夯实不宜大于 0.2m，对机械夯实或碾压不宜大于 0.4m；

(2) 填土表面应留排水坡。

**13.0.5** 采用开山石回填时，在码头墙后应回填质量较好的开山石料，细颗粒含量应符合设计要求。

**13.0.6** 墙后采用陆上回填时，其回填方向应由墙后往岸方向填筑，防止淤泥挤向码头墙后。

## 14 竣工整体尺寸

14.0.1 工程竣工整体尺寸的允许偏差应符合表 14.0.1 规定。

竣工整体尺寸的允许偏差 表 14.0.1

序号	项 目	允 许 偏 差 值 (mm)
1	码头总长度	+3.5‰ $L$ 且不大于 3000 -0.5‰ $L$
2	前沿顶面高程	±20
3	前沿线位置	±50
4	前沿水底高程	0 -500

注： $L$  为码头设计长度。



## 附录 A 码头临水面花岗岩镶面技术要求

**A.0.1** 镶面石应选用石质均匀、无裂纹、未风化和抗冻性良好的花岗岩料石。

**A.0.2** 镶面石不宜过小，可采用宽度 250mm~500mm，高度 250mm~300mm，顺石厚度 250mm~350mm 或丁石厚度 450mm~600mm。石料形状如图 A.0.2 所示。

**A.0.3** 加工要求：正面平整，边棱齐直不得掉角；前端边长允许偏差 $\pm 2\text{mm}$ 。

**A.0.4** 砌筑时应符合下列规定：

(1) 镶面石的砌缝宽度为 10mm~13mm，砌体表面凹凸不大于 5mm；

(2) 砌缝处剔深不小于 15mm，并作勾缝；

(3) 立砌时砌筑到顶，并作潮湿养护，待砂浆强度达到 2.5MPa 以上时浇筑混凝土。

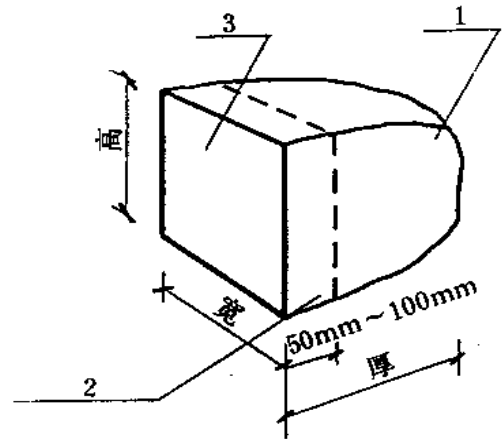


图 A.0.2 镶面石料形状图  
1-后端；2-侧面凿修；3-前端

## 附录 B 土压力计算常用图式和 $K_a$ 、 $K_p$ 、 $\theta$ 数值表

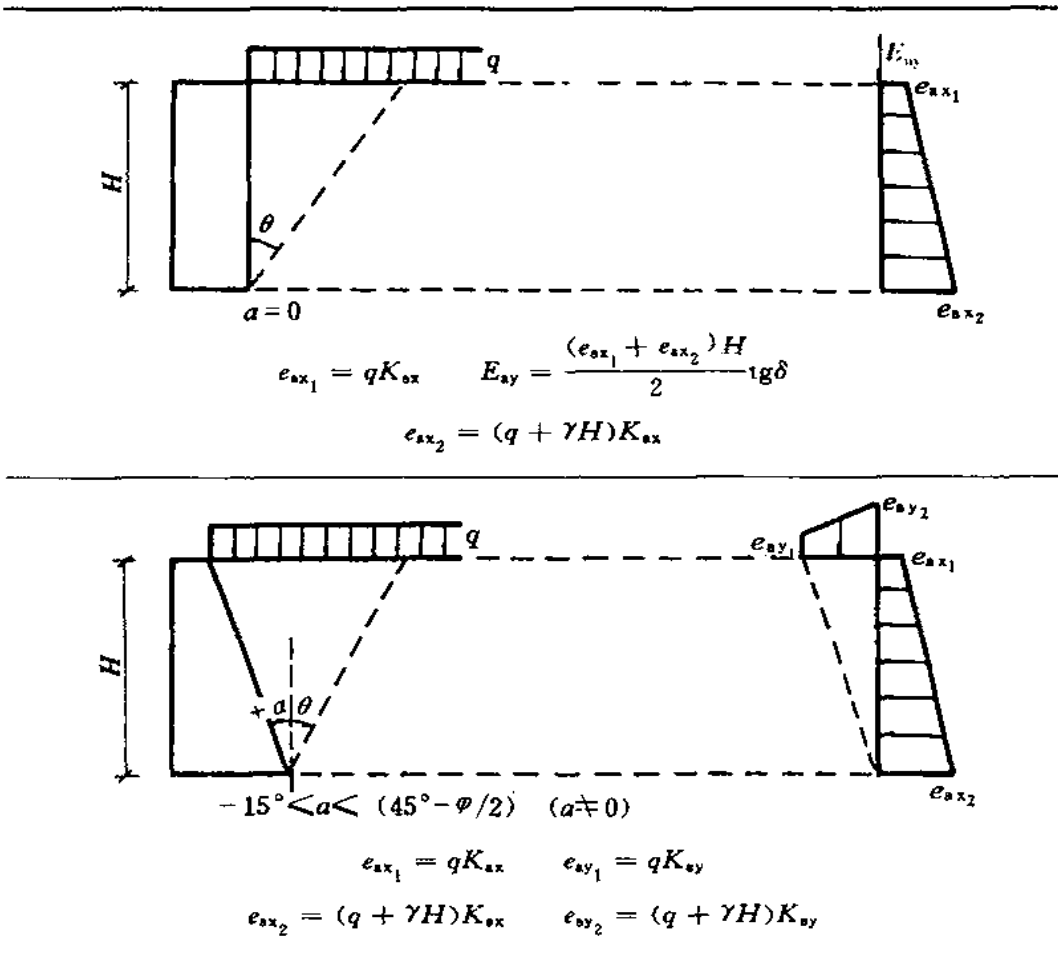
**B.0.1** 土压力计算常用图式可按表 B.0.1 采用。

**B.0.2** 地面有局部荷载的土压力计算图式可按表 B.0.2 采用。

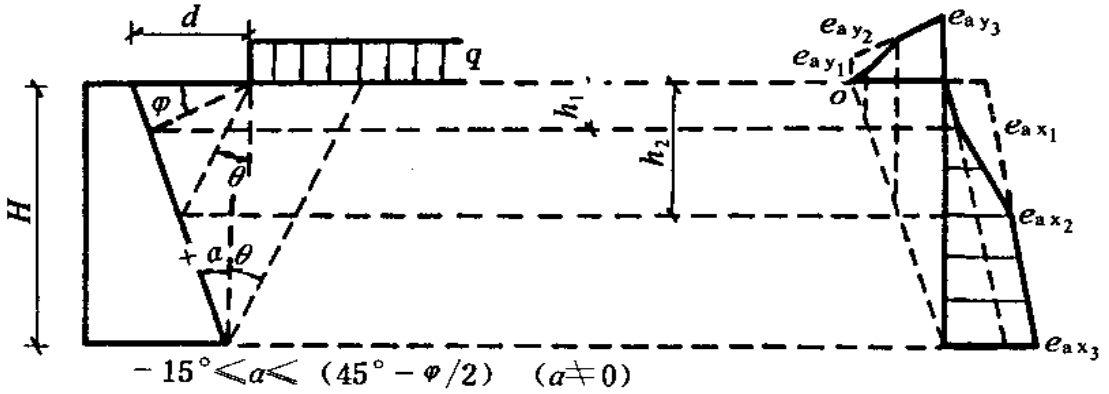
**B.0.3**  $K_a$ 、 $K_p$ 、 $\theta$  值可分别按表 B.0.3-1、表 B.0.3-2 和表 B.0.3-3 采用。

土压力计算常用图式

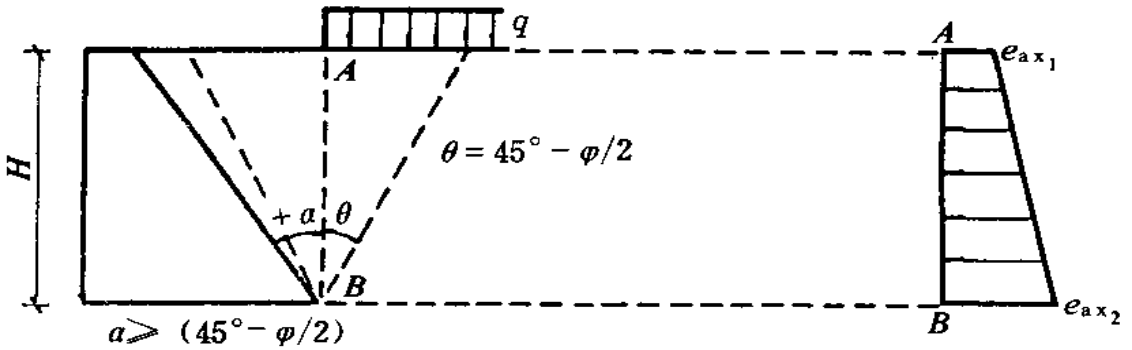
表 B.0.1



续上表

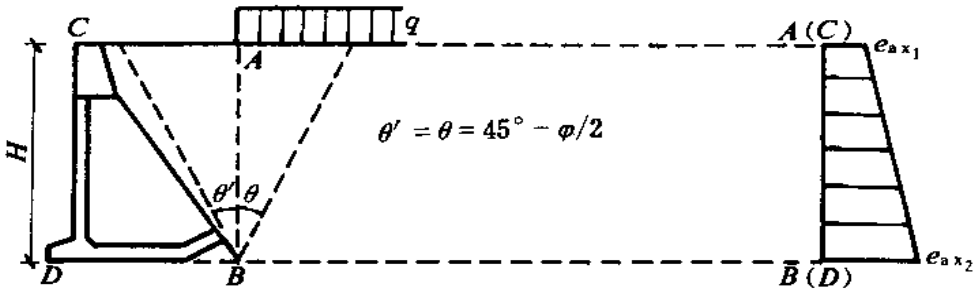


$$\begin{aligned}
 e_{ax_1} &= \gamma h_1 K_{ax} & e_{ay_1} &= \gamma h_1 K_{ay} \\
 e_{ax_2} &= (q + \gamma h_2) K_{ax} & e_{ay_2} &= (q + \gamma h_2) K_{ay} \\
 e_{ax_3} &= (q + \gamma H) K_{ax} & e_{ay_3} &= (q + \gamma H) K_{ay}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 e_{ax_1} &= q K_{ax} & E_{ay} &= 0 \\
 e_{ax_2} &= (q + \gamma H) K_{ax} \\
 K_{ax} &= K_a = \text{tg}^2(45^\circ - \varphi/2)
 \end{aligned}$$

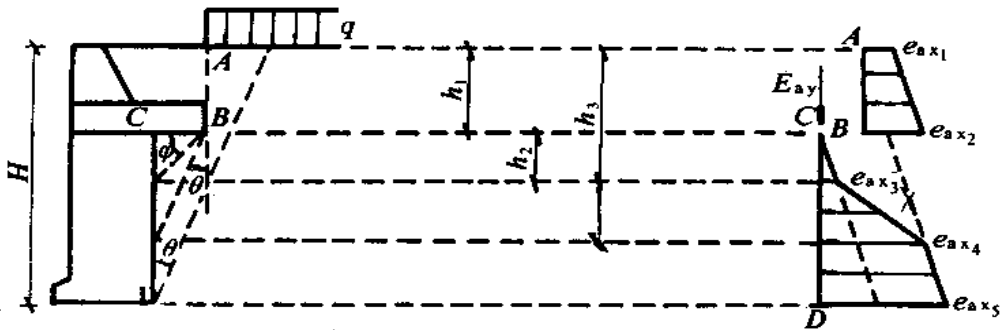
续上表



$$e_{ax_1} = qK_{ax} \quad E_{ay} = 0$$

$$e_{ax_2} = (q + \gamma H)K_{ax}$$

$$K_{ax} = K_a = \text{tg}^2(45^\circ - \varphi/2)$$



$$\overline{AB}: e_{ax_1} = qK_{ax①} \quad E_{ay①} = 0$$

$$e_{ax_2} = (q + \gamma h_1)K_{ax①}$$

$$K_{ax①} = \text{tg}^2(45^\circ - \varphi/2)$$

$$\overline{CD}: e_{ax_3} = \gamma h_2 K_{ax②}$$

$$E_{ay②} = E_{ax②} \text{tg} \delta$$

$$e_{ax_4} = (q + \gamma h_3)K_{ax②}$$

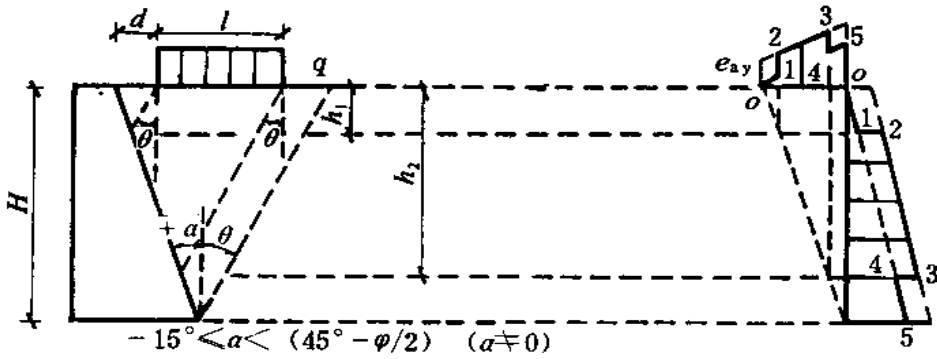
$$e_{ax_5} = (q + \gamma H)K_{ax②}$$

注：①一般情况下地面均布荷载对  $K_a$ 、 $\theta$  的影响可忽略不计，各图式中的  $K_{ax}$ 、 $K_{ay}$  和  $\theta$  值，由表 B. 0. 3-1 和表 B. 0. 3-3 查得；

②图式 5 扶壁尾板上不计其减压作用。

地面有局部荷载的土压力计算图式

表 B. 0. 2



$$e_{ax_1} = \gamma h_1 K_{ax} \quad e_{ay_1} = \gamma h_1 K_{ay}$$

$$e_{ax_2} = (q + \gamma h_1) K_{ax} \quad e_{ay_2} = (q + \gamma h_1) K_{ay}$$

$$e_{ax_3} = (q + \gamma h_2) K_{ax} \quad e_{ay_3} = (q + \gamma h_2) K_{ay}$$

$$e_{ax_4} = \gamma h_2 K_{ax} \quad e_{ay_4} = \gamma h_2 K_{ay}$$

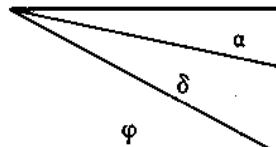
$$e_{ax_5} = \gamma H K_{ax} \quad e_{ay_5} = \gamma H K_{ay}$$

注：以上图式是近似的，可参照使用图式中的  $K_a$ 、 $K_{ax}$ 、 $K_{ay}$  和  $\theta$  值，采用无地面荷载时的数值由表 B. 0. 3-1 和表 B. 0. 3-3 查得。

2

主动土压力系数  $K_a$  ( $\beta=0$ )

表 B. 0. 3-1

	-15°	-10°	-5°	0°		+5°		+10°		+15°		+20°		
	$\frac{1}{3}\varphi$	$\frac{1}{3}\varphi$	$\frac{1}{3}\varphi$	0	$\frac{1}{3}\varphi$	$\frac{1}{2}\varphi$	$\frac{1}{2}\varphi$	$\frac{2}{3}\varphi$	$\frac{1}{2}\varphi$	$\frac{2}{3}\varphi$	$\frac{1}{2}\varphi$	$\frac{2}{3}\varphi$	$\frac{1}{2}\varphi$	$\frac{2}{3}\varphi$
28°	0.242	0.271	0.302	0.361	0.334	0.326	0.363	0.359	0.403	0.401	0.449	0.448	0.501	0.503
30°	0.216	0.245	0.276	0.333	0.308	0.301	0.338	0.335	0.378	0.37	0.424	0.425	0.476	0.479
32°	0.193	0.221	0.252	0.307	0.284	0.278	0.314	0.313	0.355	0.355	0.401	0.402	0.453	0.457
34°	0.171	0.200	0.229	0.283	0.262	0.256	0.292	0.292	0.333	0.334	0.378	0.381	0.431	0.437
36°	0.152	0.179	0.209	0.260	0.240	0.236	0.272	0.272	0.312	0.314	0.357	0.362	0.409	0.417
38°	0.134	0.161	0.189	0.238	0.221	0.217	0.252	0.253	0.292	0.295	0.337	0.343	0.389	0.398
40°	0.118	0.144	0.171	0.217	0.202	0.199	0.234	0.236	0.273	0.277	0.318	0.325	0.370	0.381
42°	0.103	0.128	0.155	0.198	0.185	0.183	0.217	0.220	0.255	0.261	0.300	0.308	0.351	0.364
45°	0.083	0.106	0.132	0.172	0.160	0.160	0.193	0.197	0.230	0.237	0.274	0.284	0.325	0.340

注：水平土压力系数  $K_{ax}=K_a \cos(\delta+\alpha)$ ；竖向土压力系数  $K_{ay}=K_a \sin(\delta+\alpha) / \text{tga}(\alpha \neq 0)$ 。

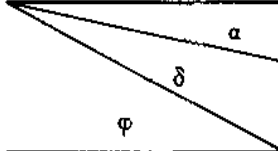
被动土压力系数  $K_p$  ( $\beta=0$ )

表 B. 0. 3-2

$\varphi$	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
$K_p$	1.000	1.191	1.420	1.698	2.040	2.464	3.000	3.690	4.601	5.827

单一填料内产生主动土压力时的破裂角  $\theta$  ( $\beta=0$ )

表 B.0.3-3

	-15°	-10°	-5°	0°		+5°		+10°		+15°		+20°		
	$\frac{1}{3}\varphi$	$\frac{1}{3}\varphi$	$\frac{1}{3}\varphi$	0	$\frac{1}{3}\varphi$	$\frac{1}{2}\varphi$	$\frac{1}{2}\varphi$	$\frac{2}{3}\varphi$	$\frac{1}{2}\varphi$	$\frac{2}{3}\varphi$	$\frac{1}{2}\varphi$	$\frac{2}{3}\varphi$	$\frac{1}{2}\varphi$	$\frac{2}{3}\varphi$
28°	39.9°	37.7°	35.5°	31.0°	33.3°	34.3°	32.3°	33.4°	30.5°	31.7°	28.6°	30.1°	26.9°	28.6°
30°	38.8°	36.6°	34.4°	30.0°	32.2°	33.2°	31.2°	32.2°	29.3°	30.5°	27.5°	28.9°	25.8°	27.5°
32°	37.7°	35.5°	33.3°	29.0°	31.1°	32.0°	30.0°	31.0°	28.1°	29.3°	26.4°	27.7°	24.7°	26.3°
34°	36.6°	34.4°	32.1°	28.0°	30.0°	30.8°	28.9°	29.8°	27.0°	28.1°	25.2°	26.6	23.5°	25.2°
36°	35.5°	33.3°	31.1°	27.0°	28.9°	29.7°	27.7°	28.7°	25.8°	27.0°	24.0°	25.4°	22.3°	24.0°
38°	34.4°	32.2°	30.0°	26.0°	27.8°	28.5°	26.6°	27.5°	24.7°	25.8°	22.9°	24.3°	21.2°	22.8°
40°	33.4°	31.1°	28.9°	25.0°	26.7°	27.4°	25.4°	26.3°	23.5°	24.6°	21.7°	23.1°	20.0°	21.8°
42°	32.3°	30.0°	27.8°	24.0°	25.6°	26.3°	24.3°	25.1°	22.4°	23.4°	20.5°	21.9°	18.8°	20.6°
45°	30.7°	28.4°	26.1°	22.5°	23.9°	24.6°	22.6°	23.4°	20.7°	21.7°	18.8°	20.1°	17.1°	18.8°

73

注：本表数值由公式  $\text{tg}\theta = -\text{tg}(\alpha + \delta + \varphi) \pm \sqrt{[\text{ctg}\varphi + \text{tg}(\alpha + \delta + \varphi)][\text{tg}(\alpha + \delta + \varphi) - \text{tg}\alpha]}$  算得。

## 附录 C 扶壁码头倒滤井

**C.0.1** 倒滤井可按下列型式选用：

(1) 立板的悬臂长度不大时，在肋板外侧设置隔砂板（图 C.0.1 (a)）；

(2) 立板的悬臂长度较大时，在立板后设置隔砂板（图 C.0.1 (b)）；

(3) 当扶壁接缝宽度大于倒滤材料粒径时，应采取防漏措施。可在临水面采用改变倒滤材料粒径或加混凝土插板。

**C.0.2** 倒滤井与胸墙接头的构造可按图 C.0.2 采用。

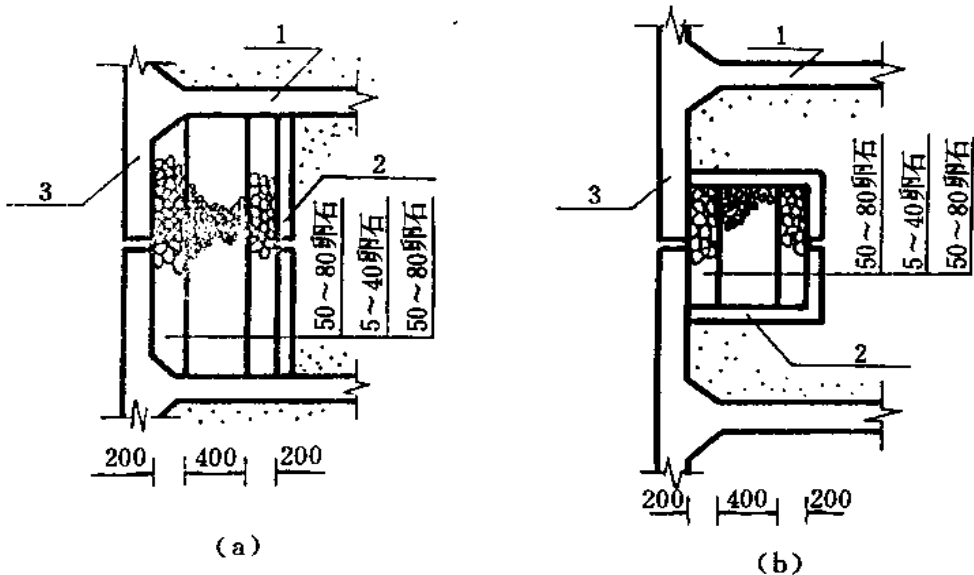


图 C.0.1 倒滤井构造图

1-肋板；2-隔砂板；3-立板



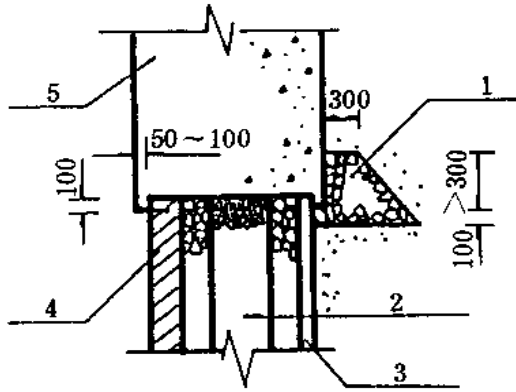


图 C.0.2 倒滤井与胸墙接头构造图

1-倒滤层；2-倒滤井；3-隔砂板；4-立板；5-胸墙

## 附录 D 沉箱定倾半径计算

D.0.1 沉箱定倾半径（图 D.0.1）可按下列公式计算：

$$\rho = \frac{I - \Sigma i}{V} \quad (\text{D.0.1-1})$$

$$I = \frac{LB^3}{12} \quad (\text{D.0.1-2})$$

$$i = \frac{l_2 l_1^3}{12} \quad (\text{D.0.1-3})$$

- 式中  $\rho$ ——沉箱定倾半径 (m)；  
 $I$ ——矩形断面沉箱在水面处的断面对纵向中心轴的惯性矩 ( $\text{m}^4$ )；  
 $L$ ——沉箱长度 (m)；  
 $B$ ——沉箱在水面处的宽度 (m)；  
 $\Sigma i$ ——各箱格内压载水的水面对该水面纵向中心轴的惯性矩之和 ( $\text{m}^4$ )；  
 $l_1$ ——纵向墙之间的净距 (m)；  
 $l_2$ ——横向墙之间的净距 (m)；  
 $V$ ——沉箱的排水量 ( $\text{m}^3$ )。

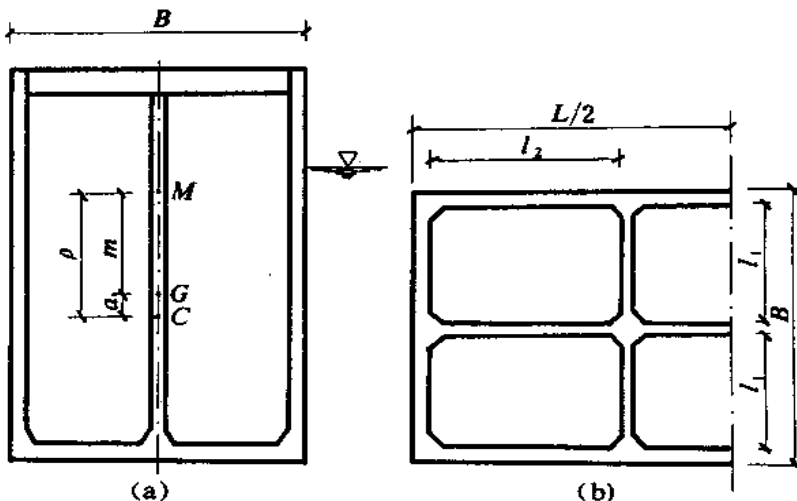


图 D.0.1 沉箱定倾半径计算图式  
 $M$ -定倾中心； $G$ -重心； $C$ -浮心

## 附录 E 沉箱施工时期外力计算

**E.0.1** 沉箱溜放或漂浮时的水压力按下列规定确定。

**E.0.1.1** 沉箱用绞车控制在滑道上下水或在坞内漂浮时，只考虑静水压力（图 E.0.1 (a)）。

**E.0.1.2** 密封舱顶的矩形沉箱在木滑道上自动溜放时，一般假定水面与箱顶齐平。除考虑静水压力外，尚应考虑动水压力（图 E.0.1 (b)），动水压力可按下式计算：

$$P_0 = 0.84V^2$$

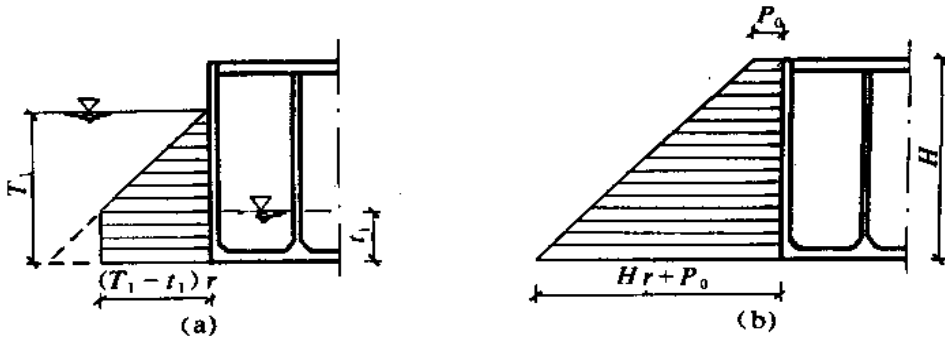


图 E.0.1 箱壁受力情况图

$\gamma$ -水的重度

式中  $P_0$ ——动水压力 (kPa)；

$V$ ——沉箱最大下滑速度，其值应根据实际情况确定，且不宜大于 5m/s。

注：当沉箱前端顶部没水时，静水压力应按“尾浮”时实际水头计算。

**E.0.2** 沉箱浮运时的水压力和波压力按下列规定确定。

**E.0.2.1** 波高小于 1.0m 时，应只考虑静水压力，如图 E.0.1 (a) 所示。

**E.0.2.2** 波高等于或大于 1.0m 时，除静水压力外，尚应考虑波压力，如图 E.0.2 所示。

**E.0.3** 沉箱沉放时的水压力，如图 E.0.3 所示。

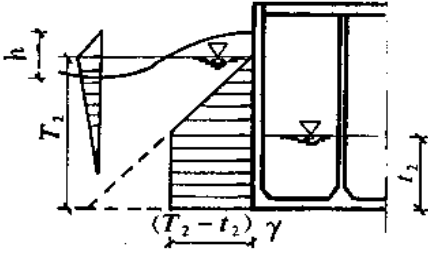


图 E.0.2 箱壁受力情况图

$\gamma$ -水的重度

$h$ -波高

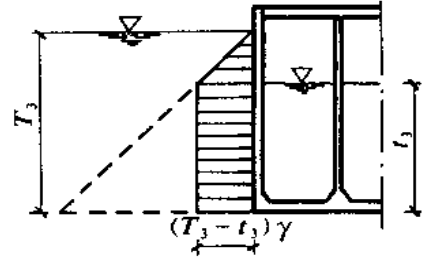


图 E.0.3 箱壁受力情况图

$\gamma$ -水的重度

## 附录 F 贮仓压力计算

**F.0.1** 对于  $\frac{H}{L} \geq 1.5$  的深仓，沿仓壁深度各点的垂直压力和侧压力（图 F.0.1）标准值可按下列公式计算。

$$\sigma_z = \frac{\gamma}{A} [1 - e^{-Az}] \quad (\text{F.0.1-1})$$

$$\sigma_x = \sigma_z K \quad (\text{F.0.1-2})$$

$$A = \frac{KU \operatorname{tg} \delta}{S} \quad (\text{F.0.1-3})$$

可取  $K = 1 - \sin \varphi$  (F.0.1-4)

式中  $L$ ——矩形仓的横截面内缘的最大边长 (m)；

$\sigma_z$ ——垂直压力标准值 (kPa)；

$\sigma_x$ ——侧压力标准值 (kPa)；

$A$ ——系数 (1/m)；

$K$ ——仓内填料的侧压力系数；

$\varphi$ ——填料内摩擦角 (°)；

$U$ ——仓的横截面内周长 (m)；

$\delta$ ——填料与仓壁之间的外摩擦角标准值(°)，可取  $\delta = \frac{2}{3} \varphi$ ；

$S$ ——空腔横截面面积 (m<sup>2</sup>)；

$H$ ——仓内填料高度 (m)；

$Z$ ——计算点距填料顶面的深度(m)，当计算仓底板上的垂直压力时，取  $H$ ；

$\gamma$ ——仓内填料重度标准值 (kN/m<sup>3</sup>)。

**F.0.2** 当为圆筒仓时（图 F.0.2），可按以下简化公式计算：

$$A = \frac{4K \operatorname{tg} \delta}{D} \quad (\text{F.0.2})$$

式中  $D$ ——圆筒内直径 (m)。

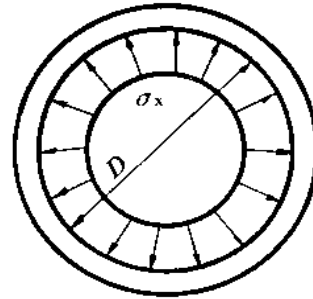
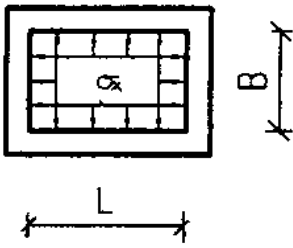
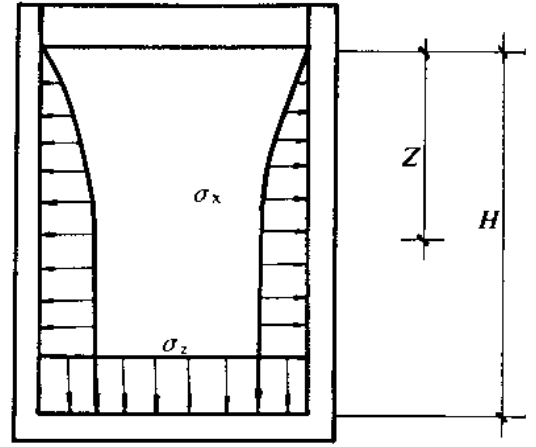
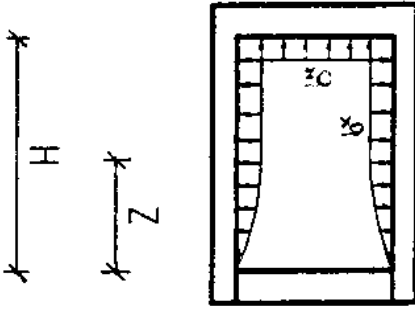


图 F.0.1 矩形仓贮仓压力计算图式

图 F.0.2 圆形仓贮仓压力计算图式

## 附录 G 有隔墙圆沉箱的内力计算

**G.0.1** 底板可按四边固定板计算；趾可按悬臂梁计算。

**G.0.2** 外壁可按下列规定计算：

(1) 底板以上  $1.5l$  区段，按三边固定一边简支的曲板计算（图 G.0.2）， $l$  为内隔墙间距；

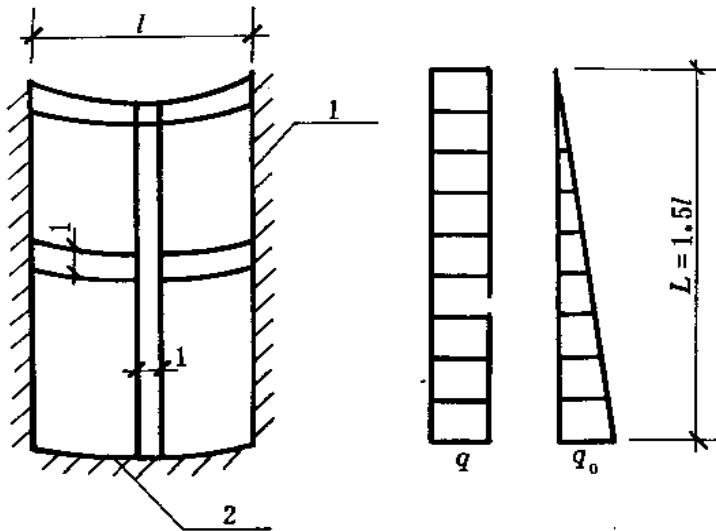


图 G.0.2 曲板简图

1-隔墙；2-底板

在曲板的水平向和垂直向各切出  $1\text{m}$ ，水平向按两端固定的无铰拱计算；垂直向以拱为弹性支承，按一端固定另一端简支的弹性支承梁计算；

(2)  $1.5l$  以上区段，也可在水平方向和垂直方向各切出  $1\text{m}$ ，水平向按两端固定的无铰拱计算；垂直向按构造配筋。

**G.0.3** 弹性支承系数  $K$  可按下列规定计算。

**G.0.3.1** 拱顶中心轴线至弹性中心的距离（图 G.0.3）可按下式计算：

$$y_c = R_o \left( 1 - \frac{\sin \alpha_o}{\alpha_o} \right) \quad (\text{G. 0. 3-1})$$

式中  $y_c$ ——拱顶中心轴线至弹性中心的距离 (m);  
 $R_o$ ——沉箱壁中心轴线圆半径 (m);  
 $\alpha_o$ ——隔墙间圆心角之半。

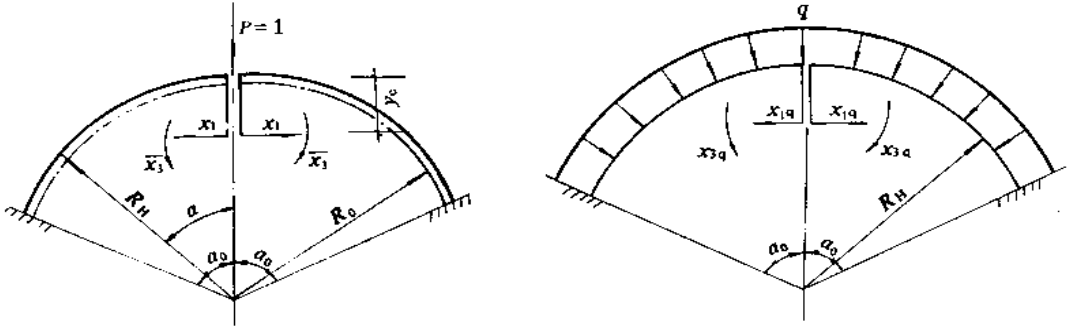


图 G. 0. 3 拱计算简图

**G. 0. 3. 2** 单位集中力作用下的环向内力可按下列公式计算：

$$M_1 = K_1 - 0.5R_o \sin \alpha - R_o \bar{X}_1 \cos \alpha \quad (\text{G. 0. 3-2})$$

$$N_1 = 0.5 \sin \alpha + \bar{X}_1 \cos \alpha \quad (\text{G. 0. 3-3})$$

$$K_1 = (R_o - y_c) \bar{X}_1 + \bar{X}_3 \quad (\text{G. 0. 3-4})$$

$$\bar{X}_1 = - \frac{\bar{\Delta}_{1p}}{\bar{\delta}_{11}} \quad (\text{G. 0. 3-5})$$

$$\bar{\Delta}_{1p} = - \frac{R_o^2}{2EJ} \left( R_o - R_o \cos \alpha - \frac{R_o \sin^2 \alpha_o}{2} + y_c \cos \alpha_o - y_c \right) + \frac{R_o \sin^2 \alpha_o}{4EF} \quad (\text{G. 0. 3-6})$$

$$\bar{\delta}_{11} = \frac{R_o}{EJ} \left[ (R_o - y_c)^2 \alpha_o - 2R_o (R_o - y_c) \sin \alpha_o + R_o^2 \left( \frac{1}{2} \alpha_o + \frac{1}{4} \sin 2\alpha \right) \right] + \frac{R_o}{EF} \left( \frac{1}{2} \alpha_o + \frac{1}{4} \sin 2\alpha_o \right) \quad (\text{G. 0. 3-7})$$

$$\bar{X}_3 = - \frac{\bar{\Delta}_{3p}}{\bar{\delta}_{33}} \quad (\text{G. 0. 3-8})$$



$$\bar{\Delta}_{3p} = -\frac{R_o^2}{2EJ}(1 - \cos\alpha_o) \quad (\text{G. 0. 3-9})$$

$$\bar{\delta}_{33} = \frac{R_o\alpha_o}{EJ} \quad (\text{G. 0. 3-10})$$

式中  $M_1$ ——单位集中力作用下的弯矩 (kN·m)；  
 $N_1$ ——单位集中力作用下的轴向力 (kN)；  
 $E$ ——沉箱混凝土的弹性模量；  
 $J$ ——沉箱壁单位宽度的惯性矩；  
 $F$ ——沉箱壁单位宽度的截面积；  
 $\alpha$ ——拱顶半径至计算截面半径之间的角度。

**G. 0. 3. 3** 均布荷载作用下的环向内力可按下列公式计算：

$$M_q = K_2 + K_3\cos\alpha \quad (\text{G. 0. 3-11})$$

$$N_q = X_{1q}\cos\alpha + q'R_o \quad (\text{G. 0. 3-12})$$

$$K_2 = X_{1z}(R_o - y_c) \quad (\text{G. 0. 3-13})$$

$$K_3 = -X_{1q}R_o \quad (\text{G. 0. 3-14})$$

$$X_{1q} = \frac{-2qR_H R_o \sin\alpha_o}{\frac{FR_o^3}{J}K_4 + R_o K_5} \quad (\text{G. 0. 3-15})$$

$$K_4 = \alpha_o + \frac{\sin 2\alpha_o}{2} - \frac{2\sin^2\alpha_o}{\alpha_o} \quad (\text{G. 0. 3-16})$$

$$K_5 = \alpha_o + \frac{\sin 2\alpha_o}{2} \quad (\text{G. 0. 3-17})$$

$$q' = \frac{R_H}{R_o}q \quad (\text{G. 0. 3-18})$$

式中  $M_q$ ——均布荷载作用下的弯矩 (kN·m)；  
 $N_q$ ——均布荷载作用下的轴向力 (kN)；  
 $R_H$ ——沉箱壁外沿半径；  
 $q'$ ——将  $q$  换算至沉箱壁中心轴上之荷载强度。

**G. 0. 3. 4** 均布荷载作用下的环向变位按下列公式计算：

$$\Delta_{1q} = \frac{2R_o}{EJ} \sum_{i=1}^6 W_i + \frac{2R_o}{EF} \sum_{i=1}^{10} W_i \quad (\text{G. 0. 3-19})$$

$$W_1 = 0.5K_2R_o(\cos\alpha_o - 1) \quad (\text{G. 0. 3-20})$$

$$W_2 = -K_2R_o\bar{X}_1\sin\alpha_o \quad (\text{G. 0. 3-21})$$

$$W_3 = K_1K_2\alpha_o \quad (\text{G. 0. 3-22})$$

$$W_4 = -0.25K_3R_o\sin^2\alpha_o \quad (\text{G. 0. 3-23})$$

$$W_5 = -K_3R_o\bar{X}_1(0.5\alpha_o + 0.25\sin 2\alpha_o) \quad (\text{G. 0. 3-24})$$

$$W_6 = K_1K_3\sin\alpha_o \quad (\text{G. 0. 3-25})$$

$$W_7 = 0.25X_{1q}\sin^2\alpha_o \quad (\text{G. 0. 3-26})$$

$$W_8 = -0.5q'R_o(\cos\alpha_o - 1) \quad (\text{G. 0. 3-27})$$

$$W_9 = X_{1q}\bar{X}_1(0.5\alpha_o + 0.25\sin 2\alpha_o) \quad (\text{G. 0. 3-28})$$

$$W_{10} = q'R_oX_1\sin\alpha_o \quad (\text{G. 0. 3-29})$$

**G. 0. 3. 5** 弹性支承系数可按下式计算：

$$K = \frac{1}{\Delta_{1q}} \quad (\text{G. 0. 3-30})$$

式中  $K$ ——弹性支承系数；

$\Delta_{1q}$ ——单位均布荷载作用下变位。

**G. 0. 4** 弹性支承梁（图 G. 0. 4-1）的竖向弯矩可按下列规定计算。

**G. 0. 4. 1** 弯矩可按下式计算：

$$M_z = -EJ \frac{d^2V_{(z)}}{dZ^2} \quad (\text{G. 0. 4-1})$$

式中  $M_z$ ——弹性支承梁的弯矩（kN·m）；

$V_{(z)}$ ——梁在  $Z$  处之挠度（m）。

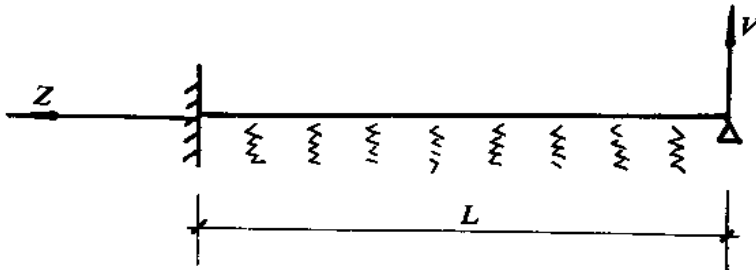


图 G. 0. 4-1 梁简图

**G. 0. 4. 2** 当均布荷载作用时， $d^2V_{(z)}/dZ^2$  可按下列公式计算：

$$\frac{d^2V_{(z)}}{dZ^2} = 2\alpha^2[-D_0V_2(\alpha z) - D_1V_3(\alpha z) + D_2V_0(\alpha z) + D_3V_1(\alpha z)] \quad (\text{G. 0. 4-2})$$

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{k}{4EJ}} \quad (\text{G. 0. 4-3})$$

$$V_0(\alpha z) = \text{ch}(\alpha z)\cos(\alpha z) \quad (\text{G. 0. 4-4})$$

$$V_1(\alpha z) = \frac{1}{\sqrt{2}}[\text{ch}(\alpha z)\sin(\alpha z) + \text{sh}(\alpha z)\cos(\alpha z)] \quad (\text{G. 0. 4-5})$$

$$V_2(\alpha z) = \text{sh}(\alpha z)\sin(\alpha z) \quad (\text{G. 0. 4-6})$$

$$V_3(\alpha z) = \frac{1}{\sqrt{2}}[\text{ch}(\alpha z)\sin(\alpha z) - \text{sh}(\alpha z)\cos(\alpha z)] \quad (\text{G. 0. 4-7})$$

$D_0$ 、 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  为系数，可利用梁两端的边界条件求得：

$$D_0 = -\frac{q}{K} \quad (\text{G. 0. 4-8})$$

$$D_2 = 0 \quad (\text{G. 0. 4-9})$$

$D_1$ 、 $D_3$  用下列两式联立求解：

$$\frac{q}{k} + D_0\text{ch}(\alpha L)\cos(\alpha L) + \frac{D_1}{\sqrt{2}}[\text{ch}(\alpha L)\sin(\alpha L) + \text{sh}(\alpha L)\cos(\alpha L)] + D_3\text{sh}(\alpha L)\sin(\alpha L) + \frac{D_3}{\sqrt{2}}[\text{ch}(\alpha L)\sin(\alpha L) - \text{sh}(\alpha L)\cos(\alpha L)] = 0 \quad (\text{G. 0. 4-10})$$

$$\sqrt{2}\alpha\left[-\frac{D_0}{\sqrt{2}}[\text{ch}(\alpha L)\sin(\alpha L) - \text{sh}(\alpha L)\cos(\alpha L)] + D_1\text{ch}(\alpha L)\cos(\alpha L) + D_3\text{sh}(\alpha L)\sin(\alpha L)\right] = 0 \quad (\text{G. 0. 4-11})$$

**G. 0. 4. 3** 当三角形分布荷载 (图 G. 0. 4-2) 作用时， $d^2V_{(z)}/dZ^2$  可按下列公式计算：

$$\frac{d^2V_{(z)}}{dZ^2} = \frac{2q_0}{k}\alpha^2[-A_1V_3(\alpha Z) - A_2V_1(\alpha Z)] \quad (\text{G. 0. 4-12})$$

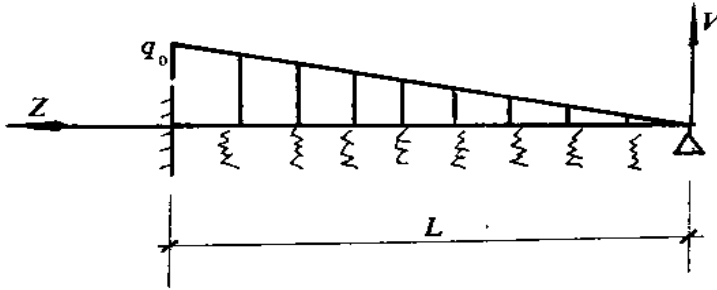


图 G. 0. 4-2 三角形荷载时简图

$$A_1 = \frac{2\alpha L V_2(\alpha L) - \sqrt{2} V_3(\alpha L)}{2\alpha L [V_0(\alpha L) V_3(\alpha L) - V_1(\alpha L) V_2(\alpha L)]} \quad (\text{G. 0. 4-13})$$

$$A_2 = \frac{2\alpha L V_0(\alpha L) - \sqrt{2} V_1(\alpha L)}{2\alpha L [V_0(\alpha L) V_3(\alpha L) - V_1(\alpha L) V_2(\alpha L)]} \quad (\text{G. 0. 4-14})$$

**G. 0. 4. 4** 沉箱从底板开始  $1.5l$  高区段内压力为梯形，竖向弯矩值为分别用均布荷载和三角形分布荷载求得的数值迭加。

**G. 0. 5** 按本方法计算各项内力时，应分别考虑相应的作用分项系数。作用分项系数按表 3. 7. 1 采用。

## 附录 H 试夯技术要求

**H.0.1** 试夯地点应在抛石基床现场，选择有代表性的区段，当地质情况有较大差异时，应在不同地段分别试夯。

**H.0.2** 试夯宽度，按基床夯实范围要求的宽度，段长不宜小于10m。

**H.0.3** 试夯的观测要求：在试夯范围内选取三个断面，每个断面上1m 1个点进行夯沉观测，求出平均值。观测时应对夯前和第4夯各测一次，以后每两夯测一次，至相邻测次的累计沉降值趋于接近为止。

在沉降观测的同时，应配合潜水检查基床表面块石的紧密程度及破损情况。

**H.0.4** 根据观测的结果整理分析，求出相邻夯次的平均沉降差在30mm以内时的次数即为正式施工的夯击次数。

**H.0.5** 试夯所用的船机，夯锤设备和操作方法，应与正式施工条件相同。

## 附录 I 本规范用词用语说明

**I.0.1** 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

(1) 表示很严格，非这样做不可的：

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) 对表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

**I.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”。



## 附加说明

### 本规范主编单位、参加单位 和主要起草人名单

主编单位：交通部第四航务工程局

参加单位：交通部第一航务工程局

交通部第一航务工程勘察设计院

交通部第四航务工程勘察设计院

天津大学

主要起草人：麦远俭 蔡劭刚 程端华

(以下按姓氏笔划为序)

王浩芬 王伟 陈万佳 陈金明

陈纯 宋爱平 李润茹 李文蔚

庞亚平 郁祝茹 越晓岚 徐建人

黄心如 覃立淑



JTJ 290—98

## 条文说明





## 修 订 说 明

本规范此次修订任务,是根据交通部 1990 年度技术标准工作会议确定的,嗣后,根据交通部(91)工技字 227 号文《关于对重力式码头规范修订工作安排的批复》,组建了编写组。主编单位:交通部第四航务工程局;参编单位:交通部第一航务工程局、第一、四航务工程勘察设计院和天津大学。本规范由交通部第四航务工程局管理。

在修订过程中,就近 10 余年来本规范的执行情况 and 存在问题,广泛进行用户回访、调研,开展了多项专题试验研究,总结了我国近 10 余年工程实践经验,借鉴了国外有关规范先进经验形成了修改初稿,经广泛征求设计、施工、科研、教学等用户单位的意见之后,几经修改,完成了报部审批稿。

为便于使用,正确理解和掌握本规范条文,在修订条文的同时,编写了条文说明。

本规范各章、附录及其条文说明的编写人员如下:

第 1 章	麦远俭				
第 2 章	覃立淑				
第 3 章	程端华	王浩芬	覃立淑	麦远俭	蔡劭刚
	<span style="border: 1px solid black;">宋爱平</span>	陈万佳	陈金明	李文蔚	黄心如
第 4 章	程端华	覃立淑	徐建人	庞亚平	陈 纯
第 5 章	覃立淑	麦远俭	程端华	徐建人	黄心如
第 6 章	蔡劭刚	<span style="border: 1px solid black;">宋爱平</span>	赵晓岚	郁祝茹	王 伟
	李润茹				
第 7 章	陈万佳	麦远俭			
第 8 章	陈万佳	徐建人			

第 9 章 蔡劭刚 徐建人 麦远俭 陈 纯 郁祝茹  
覃立淑 王 伟

第 10 章 蔡劭刚 徐建人 郁祝茹 陈 纯 覃立淑  
王 伟

第 11 章 徐建人 陈 纯

第 12 章 徐建人 陈 纯

第 13 章 徐建人 麦远俭 陈 纯

第 14 章 徐建人

附录 A 蔡劭刚

附录 B 麦远俭

附录 C 徐建人

附录 D 陈万佳

附录 E 陈万佳

附录 F 麦远俭 程端华

附录 G 宋爱平 赵晓岚

附录 H 陈金明 徐建人

规范总校工作领导小组：

组 长：仇伯强

副组长：姜明宝

成 员：杜廷瑞 贺 铮 孙毓华 麦远俭

本规范总校组：

组 长：贺 铮

副组长：孙毓华 麦远俭

成 员：姜明宝 杜廷瑞 覃立淑 徐建人 王浩芬 盛  
周伟

本规范于 1996 年 11 月通过部审，1998 年 4 月 20 日发布，  
1999 年 6 月 1 日起实施。

## 目 次

<b>1 总 则</b> .....	97
<b>3 一般构造与计算</b> .....	98
3.1 基础构造.....	98
3.2 墙身和胸墙.....	99
3.3 抛填棱体和倒滤层、倒滤井构造.....	101
3.4 一般计算规定.....	101
3.5 土压力标准值计算.....	105
3.6 码头稳定性验算.....	106
<b>4 方块码头设计</b> .....	110
4.1 实心方块码头.....	110
4.2 空心块体码头.....	110
<b>5 扶壁码头设计</b> .....	112
<b>6 沉箱码头设计</b> .....	113
6.1 一般规定.....	113
6.2 岸壁式沉箱码头.....	113
6.3 墩式沉箱码头.....	114
6.4 开孔沉箱码头.....	114
<b>7 座床式圆筒码头设计</b> .....	116
<b>8 现浇混凝土码头和浆砌石码头设计</b> .....	119
<b>9 基础施工</b> .....	120
<b>10 构件预制、吊运及安装</b> .....	124
10.1 构件预制.....	124
10.2 方块、空心块体、扶壁和圆筒的吊运及安装.....	125
10.3 沉箱下水、浮运及安装.....	126



<b>11 抛填棱体和倒滤层、倒滤井施工</b> .....	128
<b>12 胸墙施工</b> .....	129
<b>13 回 填</b> .....	130
附录 A、B、C、D、E .....	131
附录 F 贮仓压力计算 .....	132
附录 G 有隔墙圆沉箱的内力计算.....	134
附录 H 试夯技术要求 .....	135

# 1 总 则

## 1.0.2~1.0.4

本规范是在 1987 年版的基础上，吸取近 20 年设计、研究和施工成熟实践经验，并根据《港口工程可靠度设计统一标准(GB50158-92)》(以下简称《统称》)规定的设计原则而制定的。

近 20 年来，重力式码头逐渐向深水、开敞海域发展，码头结构也日趋大型化、多样化。本次修订增添了开敞水域重力墩式码头和开孔沉箱码头、空心块体码头和座床式圆筒码头的规范条文。

对于圆筒结构，本次只对设置基床的圆筒结构(座床式)作了规定。不作基床而直接沉入地基的圆筒结构，因国内实践经验尚少，暂不列入规范。

由于重力式码头耐久性好，承受超载能力强，维修方便而深受用户欢迎；加之软土地基处理技术的进步，已有在地基较差的场地，建造重力式码头的成功实例。因此，对地基的限制适当放宽。

**1.0.5** 将永久观测点列入设计内容，明确施工期后期及使用期内定期观测，是科学管理所需。这既有利于施工期后期监测码头变形，保证施工质量；也便于建立码头使用期技术状况动态档案，使营运管理者在需要时，根据码头变形信息，分析码头安全状况。特别是遇到大面积、重堆货荷载时，通过监测资料对比分析，可使码头堆存作业处于受控状态。

## 3 一般构造与计算

### 3.1 基础构造

**3.1.1** 岩石地基是指具有明显岩石特征，强度高，在自然条件作用下比较稳定，可作为建筑物基础的岩基。现场浇筑混凝土包括干地和水下浇筑。对于预制安装结构，由于岩石开凿凹凸不平，故规定以二片石、碎石整平。目的在于避免预制件底板与凸出的岩石处于点接触不良状况。

对非岩石地基：由于水下安装预制构件的需要，抛石基床起着扩散应力和整平基础两方面的作用。即使非岩石地基承载能力已能满足设计要求，但为了整平基础，也需设置块石基床。规定基础埋深不宜小于 0.5m，主要是考虑到码头投产后回淤挖泥时，会有超深。

**3.1.3** 10kg~100kg 基床块石最大尺寸约 0.5m。对于有应力扩散要求的基床，当计算厚度小于 1m 时，亦取 1m，以保证能抛两层块石，满足应力扩散要求；对于无应力扩散要求的基础，为整平基槽，至少需抛一层块石，故其厚度不宜小于 0.5m。

**3.1.4** 基槽底宽是根据基床顶面应力扩散到地基面的范围而确定的。

墙侧无填土时，不考虑基床顶面合力的倾斜影响，故规定墙左右两趾处的应力按对称扩散，其扩散范围均取基床厚度  $d$ 。

墙后有填土的重力式墙，基床顶面合力一般是向前倾斜的，应力扩散将不对称。根据实践经验与弹性地基应力分布计算，确定基床扩散到地基的应力分布总宽度  $L \geq B + 2d$ ；其前趾扩散范围近似取  $1.5d$ ，后踵扩散范围近似取  $0.5d$ 。

**3.1.5** 水下抛石基床的密实方法，国内外工程界采用的有：重锤夯实法、自行沉实法、预压法和爆破密实法（简称爆夯法）。我国应用“重锤夯实法”技术成熟，故作为本规范首选方法。

采用爆破密实法（爆夯）处理水下抛石基床，已在国内码头、滑道、护岸等10几项工程中运用，效果良好，因此纳入规范。

根据实践，有些地方中小型码头，在地基好，基床薄，结构整体性好，码头使用荷载小时，基床未经夯实，亦不影响使用。因此，对中小型码头是否夯实，可根据实际情况酌定。

**3.1.9** 对松散砂基或换砂处理地基采用二片石垫层的目的是为了减少夯沉量。

**3.1.10** 对于夯实基床，因施工完毕，基床压缩量也已基本完成，故只预留地基沉降量。

对于不夯实基床，在码头使用过程中基床还会发生压缩沉降，其沉降量目前尚无成熟计算方法，需根据经验确定。基床顶面预留倒坡，是为了保证码头在使用时期不发生前倾，预留量需根据实际情况和经验决定。

## 3.2 墙身和胸墙

**3.2.1** 本规定是针对设置前趾（且高出基床面）的码头而言的。目的是防止船底碰撞码头前趾。

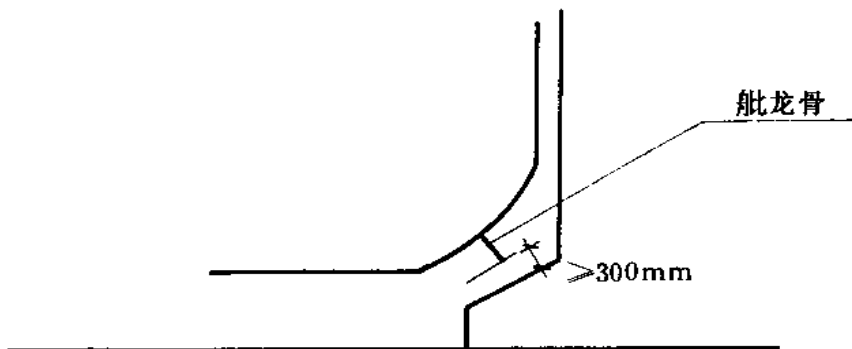


图 3.2.1

**3.2.2** 重力式码头将温度缝与沉降缝合二为一，称为变形缝。

变形缝常用沥青砂板、沥青木板等弹性材料填充。但变形缝

填充料不能作为防漏砂措施，故在第 3.3.4 条中规定变形缝处仍应设置倒滤层。

**3.2.3** 码头端部在顺岸方向做成斜坡是为了便于码头以后接长。

码头端部设翼墙，适用于码头不再接长的情况。但要防止翼墙不均匀沉降和变形。设计应根据翼墙处的地质情况，进行分级基槽、基床的断面设计，采取措施减少不均匀沉降。

**3.2.4~3.2.5** 卸荷板是一个重要构件，根据现行行业标准《港口工程混凝土结构设计规范》规定，应经计算配置钢筋。考虑目前码头向大型化发展的趋势，根据过去的经验，卸荷板悬臂长度和厚度的参考尺度比原规范均有所增加。对于大型码头，通过计算、比较，还可以将悬臂适当加长、加厚。

**3.2.6** 重力式码头的混凝土强度若按耐久性要求配制，则水泥用量较多，实际混凝土强度常超出设计所需，因此，提出要合理利用由于考虑耐久性而提高的富裕强度，尽量降低造价。

根据实践经验，对于耐久性没有特殊要求的码头也规定了混凝土强度等级下限值。

同样，对于浆砌块石结构，也规定了所采用的石料强度等级、砌筑用、勾缝用水泥砂浆强度等级的下限值。

**3.2.9** 扶壁、沉箱和空心块体的转角处均属刚性连接，需传递弯矩，是应力集中处，易产生裂缝，为了防止裂缝产生，要求设置加强角补强。

**3.2.10** 胸墙起着将水下预制安装构件连成整体的作用。在已经建成的码头中由于胸墙断面单薄、未配筋或预制胸墙块体没有采取足够的联结措施，在遭受船舶撞击力、波浪力作用以及地基沉降作用时，有造成胸墙断裂、破损以致倾倒的事例。因此，规定对于单薄胸墙要计算配筋。

**3.2.13** 胸墙底宽一般根据抗倾、抗滑稳定性计算确定，但对于某些结构则主要取决于下部结构的构造要求，例如：扶壁码头胸墙底宽不应小于肋板顶宽。对胸墙顶宽不小于 0.8m 的规定，主要是考虑抵抗船舶撞击力。采用浆砌石胸墙的中小型码头，顶部至



少砌两块块石，故规定顶宽不小于 0.5m。

### 3.3 抛填棱体和倒滤层、倒滤井构造

**3.3.2** 为了减少墙后的土压力，在墙后一定范围内抛填内摩擦角较大的材料，这部分抛填材料构成的棱体为减压棱体。为了节省棱体材料，棱体可分级，但分级过多，将造成施工困难。

**3.3.4** 棱体顶面高出墙身不应小于 0.3m 的规定，是为了避免抛石棱体沉降后，回填土从墙身缝隙中流失。

**3.3.5** 碎石倒滤层做法有：分层和不分层两种，两种做法效果都好，倒滤层大部分是水下抛筑，不分层施工比较方便；分层倒滤层，水下抛筑时的分层厚度比较难控制。分层与不分层可根据施工条件、材料来源等具体情况决定。

土工织物是一种新型的工程建筑材料，具有良好的透水性和阻止颗粒通过的性能，并且具有施工方便，造价低等优点，因此在重力式码头中，用土工织物代替碎石作倒滤层日益增多。土工织物自 1985 年开始使用到现在也已有 10 多年了，使用情况良好，没有出现什么问题，因此把这种新倒滤材料纳入规范。有关土工织物的技术指标，《水运工程土工布应用设计与施工规程》(JTJ239) 已有规定。

**3.3.6** 坡度 1:1 和 1:1.5 的规定是根据实测数据确定的，不受波浪作用的抛石休止角约  $45^\circ$ ，碎石水下休止角约为  $35^\circ$ 。

### 3.4 一般计算规定

**3.4.1** 根据《统标》的规定，重力式码头的设计计算方法由以单一安全系数表达的定值设计法改为以分项系数表达的概率极限状态设计法。本条中的三种设计状况与《统标》中的规定一致。

**3.4.2** 本条中三类作用与《统标》中的规定一致。

**3.4.3** 承载能力极限状态设计所考虑的三种作用效应组合与《统标》中的规定一致，并相应地规定了所采用的水位。

**3.4.4~3.4.6** 按《统标》规定，分别列出重力式码头应按承载

能力极限状态的持久组合和短暂组合以及正常使用极限状态的长期组合的计算和验算项目。

码头稳定性验算与构件的计算和验算要求与本规范 1987 年版相同。

**3.4.7** 根据南方某大型扶壁码头（墙后回填中砂）的原型观测结果，瞬时最大剩余水头为 0.51m，一般为 0.3m~0.4m。该值基本在 1/5~1/3 平均潮差范围之内，与本规范 1987 年版相符，故作此规定。

**3.4.9** 本条表 3.4.9-1 和 3.4.9-2 分别给出构件材料重度  $\gamma$ 、填料重度  $\gamma$  和内摩擦角  $\varphi$  的标准值，其值与原规范所列数值相同，但其含义不同。按《统标》规定，材料性能的标准值是结构设计中材料性能的代表值，标准值是永久作用的唯一代表值，按承载能力极限状态设计时，可变作用也采用标准值。作用标准值是指设计基准期（或短暂持续期）内，作用的最大（或最小）值概率分布的某一分位值。为进行重力式码头稳定性可靠度分析，基本变量作用、材料和岩土性能等应作为随机变量考虑。在《统标》编制阶段，曾提供了码头墙后回填砂、抛石重度与内摩擦角的统计参数和分布概型，详见《港口工程结构可靠度》的第 XIII 篇“码头回填砂、块石的重度和内摩擦角统计分析”中所提出的中砂、粗砂统计参数见表 3.4.9。

抛石（10kg~100kg）休止角统计参数均值为 44.4°、标准差为 2.6°，根据港工专家经验，对其统计参数作了调整，将调整后的参数作为块石内摩擦角统计参数。即抛石  $\varphi$  的均值取 47.4°标准差取 2.6°。概型均服从正态分布。

中砂、粗砂重度及内摩擦角统计参数 表 3.4.9

填料名称	重度 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )						内摩擦角 $\varphi$ (°)		
	水上(湿重度)			水下(湿重度)			(水上、水下)		
	均值	标准差	变异系数	均值	标准差	变异系数	均值	标准差	变异系数
中砂	19.2	0.62	0.032	9.6	0.3	0.031	33.4	1.8	0.053
粗砂	19.2	0.62	0.032	9.6	0.3	0.031	38.8	2.9	0.075

### 3.4.10 沿计算断面的摩擦系数设计值的选取依据如下：

1. 本次规范修订中，就混凝土块体与抛石基床之间的摩擦系数  $f$  值进行了大比尺试验。这以前，近 10 余年来，航务工程界有关的科研、施工单位，结合工程中出现的墙身滑移事故等实例以及为制定《统标》，进行了不少室内、外试验。

主要成果有：

- (1) “重力式码头抗滑稳定设计研究”（天津大学 1996）；
- (2) “混凝土与碎石间摩擦系数统计分析”（港口工程结构可靠性第 XII 篇 1992）。

主要结论如下：

(1) 混凝土块体与抛石基床之间的摩擦系数  $f$ ，其均值为 0.6，标准差可取 0.024，概型为正态分布。其中，床面为细平的  $f$  值略高于床面为极细平的。（图 3.4.10-1）。

(2)  $f$  值与床面压强大小有关。呈现随压力水平上升而减小的趋势，而在压力水平较低的一定范围内变化稍有减少，到一定水平后， $f$  值减少率明显；超过某一水平后， $f$  值又逐渐接近某一渐近值，这种变化趋势与反向“S”形相似。（图 3.4.10-2）。

由图 3.4.10-1 及图 3.4.10-2 可知，当平均压强大于 350kPa 时， $f$  值小于 0.6。它提示我们：

曲线 编号	基床 床面		摩擦系数与压强 水平的关系	试验单位	完成年月
	石材	石质			
1	片石	花岗岩	随压力升而下降	四航局, 广航局	1973.4
2	碎石	花岗岩	随压力升而下降	四航局, 广航局	1973.4
3	二片石	石灰岩	随压力升而下降	天津大学	1993.11
4	碎石	石灰岩	随压力升而下降	天津大学	1993.11
5	二片石	花岗岩	随压力升而下降	天津大学	1995.8
6	二片石	石灰岩	随压力升而下降	一航局, 五公司	1995.12
7	碎石	石灰岩	随压力升而下降	一航局, 五公司	1995.12
8	碎石	石灰岩	基本不变	四航局科研所	1990.1

注：①图中粗线为床面细平，细线为床面极细平；

②此表说明曲线为图 3.4.10-1 中曲线。

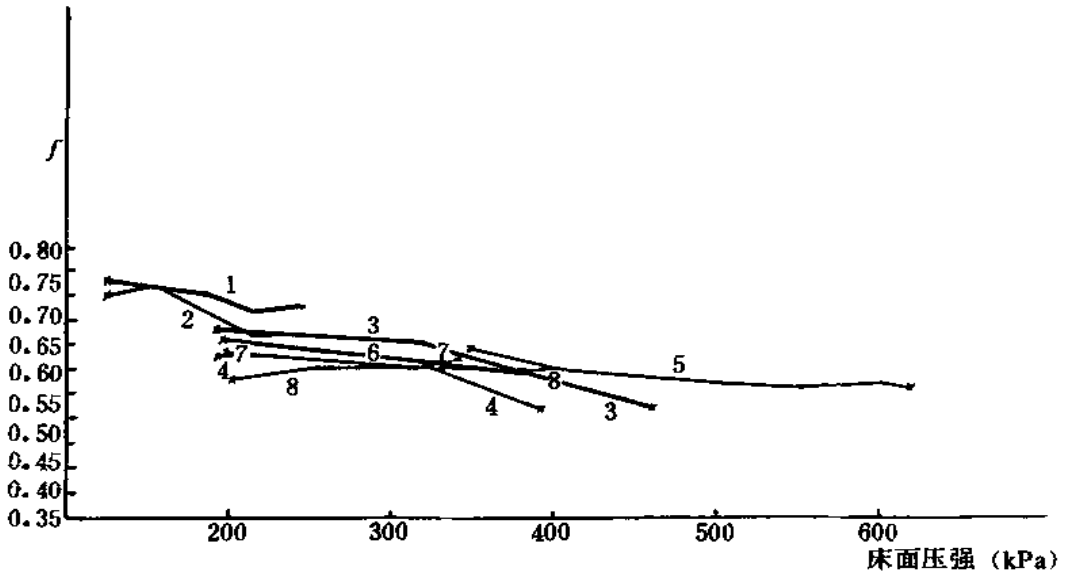


图 3.4.10-1

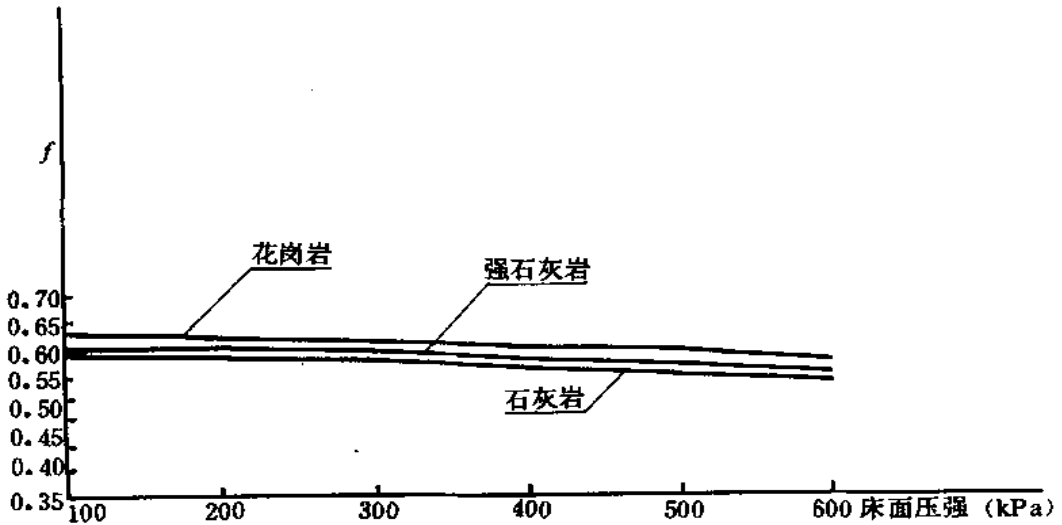


图 3.4.10-2

(1) 在开敞式重力式码头设计中，当床面平均压强较大时， $f$  取值宜适当降低。为了慎重，本条注②中界定为“基床面压强大于 300kPa 时宜适当降低”。事实上，基床面平均压强大于 300kPa 的码头并不多见。

(2) 有掩护水域的重力式码头其床面平均压强一般在 200kPa 以内， $f$  值用 0.6 是安全的，特别是中、小型码头，其床面压强较

低，安全储备相应较大。

2. 本规范此次修订中，混凝土块体与抛石基床顶面间的摩擦系数标准值取 0.6 是源于本规范 1987 年版，它是在采用综合安全系数的条件下运用的，经校准，它相当于  $[f] - \eta\sigma = 0.6$ ，是具有一定的保证率的。

3. 通过沿胸墙底面或各层方块底面抗滑稳定性可靠度分析，认为混凝土与混凝土之间的摩擦系数  $f$  均值取 0.55、标准差取 0.022 是合适的，求出该摩擦系数  $f$  的设计验算点值大于等于 0.5，与日本《港湾设施技术标准·解说（修订版）》（日本港湾技术协会编）推荐的 0.5 基本相同。

4. 通过沿基床底面抗滑稳定性的可靠度分析，确定抛石基床与地基土为粗、细砂间的摩擦系数统计参数，均值为 0.55、标准差为 0.022；抛石基床与地基土为粘土、粉质粘土之间的摩擦系数  $f$  的均值为 0.375、标准差为 0.015。

上述 2、3 的概型均服从正态分布

5. 近 10 余年来，在一些有较严重回淤影响的港区，相继建成了一批重力式码头，在墙身构件安装前，抛石基床顶面难以“清淤务尽”，为此，设计中对  $f$  值有所降低。本条注②对落淤的考虑就是基于上述经验而确定的。

6. 在本次规范修订中进行抗滑稳定性校准计算时，摩擦系数  $f$  不考虑分项系数，因此在条文表 3.4.10 中给出的是设计值。

### 3.5 土压力标准值计算

**3.5.1~3.5.5** 码头墙后土压力标准值的计算方法与本规范 1987 年版基本相同，但其含义不同。在本规范此次修订中，曾对土压力计算模式不定性进行了研究。通过大量模型试验和非线性弹塑性有限元分析，综合物模和数模研究，天津大学提出了《刚性挡土墙主动土压力统计分析》研究报告。该报告提出：采用库仑理论计算重力式码头墙后主动土压力与精确解基本吻合，其计算模式不定性的均值为 1.0，变异系数为 0.02，概型符合正态

分布。

计算时尚应注意以下两点：

(1) 土压力应分为永久作用  $E_{ah}$  和可变作用  $E_{aqh}$ ，前者是由墙后填料所产生的土压力，后者是由地面上的荷载所产生的土压力。

(2) 在计算土压力标准值时，所采用参数均采用标准值。

### 3.6 码头稳定性验算

**3.6.1~3.6.2** 该条文给出重力式码头抗滑稳定性极限状态的设计表达式，要求设计保证作用效应组合的设计值  $S_d$  小于或等于结构抗力设计值  $R_d$ 。作用效应设计值为其标准值乘以作用效应分项系数，结构抗力设计值为其标准值除以结构抗力分项系数。

当有两个或两个以上可变作用参与作用效应组合时，则产生最大效应者为主导可变作用，其它为非主导可变作用，如式(3.6.1-1)中可变作用土压力效应大于可变作用系缆力效应，则前者为主导可变作用，由于两个或两个以上可变作用标准值同时出现的机率非常小，故非主导可变作用应乘以小于 1.0 的作用效应组合系数，根据《港口工程荷载规范》对于持久组合港工结构非主导可变作用效应组合系数取  $\Psi=0.7$ ；短暂组合取  $\Psi=1.0$ 。

有关重力式码头抗滑稳定可靠度分析的内容详见《港口工程结构可靠度》的第 X XI 篇“重力式码头抗倾、抗滑稳定的可靠度分析”。根据当时提供和掌握的各随机变量的统计参数，对 10 座已建成的各类结构型式重力式码头的核算结果表明，按原设计断面沿墙底抗滑稳定可靠度指标均大于 4.0，其相应的安全系数  $K_s$  也均大于 1.3。为推求目标可靠度  $\beta_s$ ，对现有结构设计规范进行了校准，即按  $K_s=1.3$  时所需具备的结构断面对上述码头断面予以调整，求出  $\beta_s$  为 2.8~4.5，墙后抛石的码头  $\beta_s$  均小于 3.5，墙后回填中砂的码头  $\beta_s$  均大于 4.0。在本规范此次修订阶段，调整了  $\varphi$  角的统计参数，其均值取 47.4°。根据对 17 座已建成的码头校准计算结果表明，沿墙底面、胸墙底面、各层方块底面和基床底面的抗滑稳定  $\beta_s$  均大于 3.5。

根据下列公式可得出各分项系数的理论值：

$$\gamma_R = R_k/R^*, \gamma_G = S_G^*/S^{GK}, \gamma_Q = S_Q^*/S_{QK}$$

式中  $\gamma_R$ ——结构抗力分项系数；  
 $\gamma_G$ ——永久作用分项系数；  
 $\gamma_Q$ ——可变作用分项系数；

$R_k, S_{GK}, S_{QK}$ ——分别为结构抗力标准值、永久作用效应标准值和可变作用效应标准值；

$R^*, S_G^*, S_Q^*$ ——分别为可靠度分析时得出的结构抗力设计验算点值、永久作用效应设计验算点值和可变作用效应设计验算点值。

根据上式并采用最小二乘法求出的最优分项系数存在以下问题，永久作用土压力分项系数回填料不同而异，抛石为 1.35，回填中砂为 1.25；还因滑动计算面不同而异，如沿墙底面为上述值，而沿胸墙底面则与填料无关，均为 1.1；沿墙底面抗滑计算时，可变作用土压力分项系数与填料也无关，均为 1.25，但与沿胸墙底面的比较又有差异。

按《统标》规定，分项系数确定的原则是：同一作用对各种构件均取相同的作用分项系数，各个作用有各自的分项系数。参考国外资料、依据编写组的工作成果、经港工专家研究确定，持久组合时永久作用土压力分项系数和可变作用土压力分项系数均取 1.35，持久组合采用极端高低水位时，永久作用土压力分项系数均取 1.35，可变作用土压力分项系数取 1.25。短暂组合时永久作用土压力分项系数均取 1.35，可变作用土压力分项系数取 1.25。

波浪力是作用在重力墩式码头上的主导可变作用，波压力标准值按现行行业标准《海港水文规范》中的规定计算，波压力和波浪浮托力是相关的，其分项系数应相同。

对北方某煤码头和南方某液化气码头的可靠度分析结果表明，波压力和波浪浮托力是相关的，根据直立式防波堤的设计经验，确定波压力分项系数为 1.2~1.3。考虑《统标》确定作用效

应力的原则，持久组合采用设计高水位的波压力和波浪浮托力的作用分项系数均取 1.3，持久组合采用极端高低水位时均取 1.2。短暂组合时均取 1.2。波谷作用时波浪力的分项系数取值与波峰作用时相同。

采用条文表 3.6.1-2 所列作用分项系数，验算实际工程均符合  $S_d \leq R_d$  的要求。

**3.6.3~3.6.4** 本条给出重力式码头抗倾稳定极限状态设计表达式。

根据研究结果，按原设计断面对墙底前趾得出的抗倾可靠指标  $\beta_0$ 。绝大多数都远大于 4.0。安全系数  $K_0$  也很大，只有断面宽高比偏小的青岛某码头（III 级建筑物） $\beta_0=3.2$ ， $K_0=1.48$ ，也略小于现行规范的值 1.5。按  $K_0=1.6$  校准计算，求得  $\beta_0$  均大于 3.5，符合《统标》目标可靠指标的要求。

在本规范此次修订过程中，通过试验、计算分析对一些随机变量的统计参数作了调整，除上述抛石  $\varphi$  的均值作了调整估计外，抗倾力矩计算模式的不定性也有所修正，其均值由 0.897 改为 0.887，标准差由 0.071 改为 0.049。其墙底和胸墙底前趾的抗倾稳定  $\beta_0$  均大于 4.0。

由于考虑了抗倾计算模式的不定性，在极限状态设计表达式中应采用结构系数  $\gamma_d$  ( $\gamma_d=1.25$ )， $\gamma_d$  也可起调整系数作用。

采用条文表 3.6.1-2 所列作用分项系数，验算实际工程均符合  $S_d \leq R_d/\gamma_d$  的要求。

**3.6.5** 本条考虑  $EE'$  面上的被动土压力作为抗力的一部分，其考虑原则与本规范 1987 年版相同，但按 3.5.4 条计算求得的被动土压力是标准值，并应乘以折减系数 0.3。这是根据墙身不允许出现能产生 100% 被动土压力的过大位移和实际工程经验而规定的。

**3.6.6** 有关基床承载力的规定说明如下：

1. 抛石基床的承载力设计值  $\sigma_r$  与下卧土层的类别（岩基，非岩基）、基床厚度、作用应力的正压、偏压有关。本规范 1987 年





根据原苏联资料，笼统地定为： $\sigma_r = 600\text{kPa}$ 。这个限值，对于有掩护水域的重力式码头，因其作用于床面的最大应力 $\sigma_{\max}$ 一般均小于 $600\text{kPa}$ ，所以能满足规范要求。

但是，近10余年中，码头在向开敞、深水、大吨级方向发展，已建的一些开敞式重力墩式码头， $\sigma_{\max}$ 已超过了 $600\text{kPa}$ ，例如：

山东某港10万吨级煤码头，最大床面压强接近 $750\text{kPa}$ ；

大连某原油码头设计中注明：正常情况下 $\sigma_{\max} \leq 800\text{kPa}$ ，地震时 $\sigma_{\max} \leq 1200\text{kPa}$ 。

这些码头建成以来，情况正常。

2. 本规范此次修订过程中，曾由天津大学进行了专题研究，并提出了《孤立墩抛石基床承载力试验报告》(1993.3月)。

该报告建议：基床承载力值，按地基土分别取 $\sigma_r$ 值。

(1) 岩基或砂基：中心压 $\sigma_r = 1150\text{kPa}$ ；

偏心压 $\sigma_r = 1050\text{kPa}$

(2) 其它地基：中心压 $\sigma_r = 920\text{kPa}$

偏心压 $\sigma_r = 840\text{kPa}$

3. 根据某些国外经验，对低硬度破碎岩床的地基容许承载力，推荐采用 $10\text{t/ft}$ （折合为 $1076\text{kPa}$ ）。破碎岩床，类似于岩基上分层夯实的抛石基床，基床材质，其饱水后的抗压强度按本规范第3.1.8条订为大于等于 $50\text{MPa}$ ，比一般的低硬度破碎岩床强度高，因此，本规范给出的抛石基床承载力设计值为 $600\text{kPa}$ 是偏于安全的。

4. 为了确定基床承载力设计值，1993年10月交通部基建司在天津召开了专家会议。出于慎重订为：一般用 $\sigma_r = 600\text{kPa}$ ，此规定可满足重力式码头中绝大部分工程的设计需要。至于位于开敞水域的大型重力墩式码头，作用于基床的应力较高，但这类码头通常都建在岩基或坚硬土层上， $\sigma_r$ 值可酌情提高。从工程实例分析，对开敞的墩式码头提高到 $800\text{kPa}$ 是够用的，所以订为“可适当提高但不应大于 $800\text{kPa}$ ”。

## 4 方块码头设计

### 4.1 实心方块码头

**4.1.1** 带卸荷板的重力式码头结构断面，在我国广为采用。这种结构在国际上对卸荷板的卸荷作用一直存在争议，但根据我国近40年来大量建港实践和多次室内模型试验表明，卸荷效应是存在的。设计中采用带卸荷板的码头（特别是对大型码头）可减少墙身断面，取得好的经济效益，同时实践也证明码头是安全可靠的。因此规范对这种结构型式给予肯定。

**4.1.3** 实心方块外轮廓尺寸的规定，是根据经验制定的。满足这一规定，可视为刚性块体而无需进行承载力验算。

**4.1.4** 由于实心方块码头大型化及施工安装的需要，适当放宽垂直砌缝的设计宽度以保证分段变形缝垂直贯通。

**4.1.5** 带卸荷板的码头，特别是卸荷板后悬较长的深水码头，由于后倾稳定不足或后踵应力过大，已发现有后倾变化难以恢复的实例。因此，要求进行后倾验算（包括施工期墙后未回填的情况）。

### 4.2 空心块体码头

**4.2.1~4.2.4** 空心块体码头是我国50年代末60年代初发展起来的一种码头结构型式。已有30多年百余座码头的建设经验（多为中小型码头），由于其构造与计算同实心方块码头有所不同，故从方块码头中分离出来单独作为一种结构型式给予规定。

空心块体码头，由于施工起重船舶已日趋现代化、大型化，多采用一次出水的单层空心块体断面，本规范亦推荐该种型式。这种单层空心块体，多为素混凝土结构（带底板、前趾及后踵时，仅

底板、前趾与后踵配筋)，壁板较厚，(厚度大于 400mm)；壁板也配置钢筋的有底空心块体码头与采用吊装的沉箱码头并无明显区别。沉箱采用吊装其名已不副实，可视为配筋的空心块体。

根据工程实践，卸荷板压两块方块易造成卸荷板纵向裂缝，故规定了卸荷板不宜压缝设置。

**4.2.5** 条文公式(4.2.5-1)是根据空心情况和作用于块体上荷载特点，用与实心方块尺寸对比相似的方法，经分析推导出来的。该公式可作为初步拟定各尺寸的依据。

**4.2.10** 对于一次出水的单层大型素混凝土空心块体，工程实践中有在吊孔高度处一定范围结合吊孔局部承载力计算设置圈梁的作法；带吊筋的钢套管也在多处万吨级混凝土空心块体吊装中获得成功应用。其中华东某万吨级件杂货码头，单件重达 470t 的素混凝土空心块体，采用圈梁与带吊筋钢套管的吊孔相结合，经吊装实践及原型观测验证，效果颇好。

**4.2.11** 垂直缝安装宽度随着吊装件高度增加而有所增大。过窄的设计缝宽难以实施，故规定一个下限。但又不宜放得过宽，故规定一个相对的上限。该宽度是反映在设计图纸上的设计宽度，是为设计构件长度和控制码头总长而定的。实际安装的各缝宽可能大于或小于设计缝宽值，但其安装平均宽度应由设计缝宽控制，并满足施工安装偏差要求（以下扶壁等类同）。

**4.2.13** 根据施工实践，一次出水的单层块体当长度小于高度的 1/3 时，将不利于安装或临时存放时的侧向抗倾倒稳定。粘结力 5kPa 的数值是根据过去的试验结果确定的。



## 5 扶壁码头设计

**5.0.1** 对于需开挖基槽抛填基床安装扶壁构件的码头,设置尾板(即翘尾扶壁),可减少开挖和回填工程量。

**5.0.10** 根据对大型扶壁起吊重力及对吊孔作用力的原型试验分析,场地粘结力与吊装时的冲击力不必同时与自重力叠加,而只取其大者叠加。

## 6 沉箱码头设计

### 6.1 一般规定

6.1.1 对于栈桥式码头，其重力墩若用预制混凝土方块作墩，一般预制块件数多，整体性欠佳，且水上施工时间长，故应选用沉箱作墩。圆形沉箱和方形沉箱比较，前者承受水平力无方向性，受力状态好，节省材料。据实践统计，圆形墩比相应的方形墩可节约造价 20% 左右。所以，本规范推荐选用圆形沉箱。

### 6.2 岸壁式沉箱码头

6.2.4~6.2.5 关于定倾高度  $m$  值的计算说明如下：

(1) 对  $m$  值的规定，目的是为了下水、临时存放及拖运安全，但不宜规定过死。因为理论上只要  $m > 0$  即可。采用密封舱顶时， $m$  可以小一些。但不密封舱顶时也不宜过大，因为  $m$  值过大，虽然稳性好，但势必加大沉箱吃水，由此，拖轮的功率要加大，航道水深要求增大，是不经济的。

(2) 1987 年版的本规范，远程浮运中的  $m$  下限值规定偏小 ( $m \geq 0.3m$ )，根据近 10 年实践资料的统计分析， $m$  值实际采用范围多数为  $0.5m \sim 0.6m$ 。

我国北方海区近 10 年来远程拖运沉箱定倾高度  $m$  值统计见表 6.2.5。

远程拖运沉箱定倾高度  $m$  统计值 表 6.2.5

$m$ 值范围	0.50~ 0.55	0.56~ 0.60	0.61~ 0.65	0.66~ 0.70	0.71~ 0.75	0.76~ 0.80
$N$ (个数)	12	25	9	0	3	1

(3) 对近程浮运中的  $m$  值，鉴于几十年来  $m$  值采用大于等于  $0.2m$  没出问题，现在船机设备性能比过去好，经验也多了，故维持  $m \geq 0.2m$  的规定。

### 6.3 墩式沉箱码头

**6.3.1** 由于开敞式孤立墩墩底反力较大，沉箱趾设计稍长一些合适。参考部分已建沉箱码头的经验，条文规定趾长一般不大于  $2m$ ；隔墙间距一般采用  $4m \sim 5m$ 。

圆沉箱外壁、底板及隔墙的构造厚度，也是参考已建工程的经验而规定的。

**6.3.2** 本条是为了保证墙的整体性和稳定性所采取的技术措施。

**6.3.4** 在两墩胸墙间设置联系梁，是为了增加孤立墩的刚度和稳定性。

### 6.4 开孔沉箱码头

**6.4.1** 开孔沉箱与普通沉箱相比，主要不同点是在外壁上开孔，所以普通沉箱的构造要求大部分可用于开孔沉箱。

**6.4.1.1** 基于开孔使沉箱整体刚度减弱，故应增加构件的厚度，考虑到抗冻、抗腐蚀以及波浪对开孔的冲刷作用，故需增加开孔处的保护层厚度。根据一些已施工的开孔沉箱的经验规定了各有关厚度。

**6.4.1.2** 本条是为了使上部预制件在沉箱顶现浇接缝处联接牢固，以抵抗可能产生的向上冲击力。

**6.4.1.3** 开孔的位置应在波能集中处，对直立墙壁即在设计水位附近。开孔率根据国内外的试验结果：可用  $20\% \sim 40\%$ ，一般用  $30\%$  左右。开孔的型式按我国试验的结果认为矩形好。消能室的宽度等于  $0.125 \sim 0.25$  倍入射波长时波浪反射小。室顶设减压孔，是为了减小可能产生的气体压力和波峰上托力。

**6.4.1.5** 本条是为了保证预制件接缝联结牢固。

**6.4.1.6** 对开孔外壁当  $L$  较大或沉箱高度较小时， $1.5L$  以内



部分的上边沿很可能与孔口相交，此时， $1.5L$  以内区域上边只能是在最下孔口的下边，对于这种情况，该部分按三边固定一边自由的板计算。 $1.5L$  以上部分，为了增加安全性，在进行水平向梁的承载力核算时，取梁的计算宽度为图 6.4.1 中的  $b$  值。

## 7 座床式圆筒码头设计

**7.0.1** 圆筒结构的一个重要特点是每延米码头混凝土主体结构（水下部分）的材料用量与圆筒直径基本无关，所以为了建筑物的稳定性和工艺需要，可以做得大一些。圆筒直径过大，也会带来一定的问题：一是增大抛石基床的宽度，特别是当基床较厚时，基础部分的造价将增大很多；二是增大构件的重量，目前我国常用的起重船，超重量为200t~500t，圆筒直径过大，必然要分节，它不仅给安装带来不便，并且要采取防止筒内细颗粒填料沿接缝流失的措施，增加了工序。条文提出圆筒直径上限为14m，这是一般情况，对于轨距10.5m的门机，后轨道梁就可以放置在圆筒上，解决了一般重力式码头无法解决的门机前后轨差异沉降问题。目前我国采用的最大直径为16m，世界上曾采用过21.5m直径。

**7.0.2** 圆筒结构另一个优点是曲壳结构，受力条件好，可以做得很薄，根据计算经验，圆筒壁弯矩很小，基本上属于构造配筋。条文提出的250mm~300mm是考虑刚度、耐久性和混凝土浇筑的需要。原苏联曾在工程中采用壁厚仅120mm的圆筒（采用枪喷混凝土）。当然，随着圆筒直径的增大，壁厚应适当加厚。

**7.0.3** 圆筒为无底结构，前沿底部应力比较集中，为减少前沿应力，一般设前外趾，为了节点弯矩的平衡，可相应地设内趾。

**7.0.7** 圆筒内可以采用当地便宜的材料回填，对回填料主要要求天然级配比较好，以达到增加重量，减小沉降的目的。

分节圆筒码头，腔内采用细颗粒填料时（包括砂和开山石等），水平缝必须采取防漏措施，一般有两种方法：一是在圆筒内水平缝处设混合倒滤层，但施工比较麻烦；二是在下节圆筒壁的顶面用强力胶贴一条6.7cm橡胶管，它施工简单，使用可靠。



**7.0.8** 圆筒的情况比较近于沉箱，与扶壁差别较大，扶壁的高度与长度之比较大，而圆筒的高度与直径之比近于1，所以不采用扶壁有关条文（5.0.7）的规定，而采用类似于沉箱有关条文（6.1.6）的规定。这里的安装缝宽是指图纸中的平均设计缝宽。

**7.0.9** 国内外常见的圆筒之间的防漏措施有如图 7.0.9 所示的几种类型。

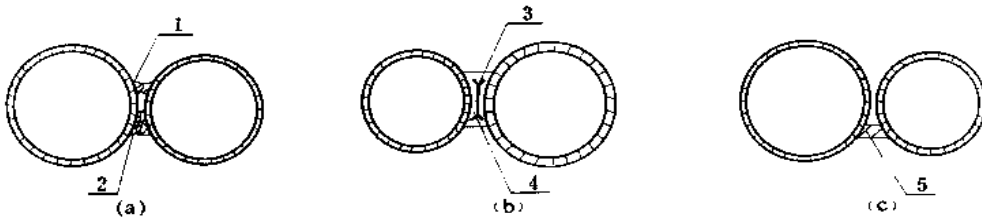


图 7.0.9

1-齿槽；2-水下混凝土；3-X形钢筋；4-模袋混凝土；5-堵缝梁

**7.0.12** 防漏板的厚度根据承载力计算确定，与圆筒直径和当地的水位差大小有关。

**7.0.14** 这条规定是为了减少波浪对上部结构的浮托力作用。三棱体形空腔经过试验室试验效果较好，海南某圆筒码头工程曾采用这一措施，并经过几年台风考验，表明这种措施是成功的。

**7.0.16** 圆筒的背面为曲面，曲面的主动土压力在理论上比库仑土压力小，但其计算很复杂，目前还没有在工程中实用的方法。因此，作为整体稳定计算（抗滑和抗倾），近似地按墙面为平面并适当考虑墙背摩擦作用的库仑土压力计算是偏于安全的。试验室试验结果表明，这样简化的计算从工程角度来说是可以的，误差不是很大。

**7.0.17** 摩擦系数 0.65 是根据多种圆筒高径比工程试验结果分析而规定的。

**7.0.19** 对于无底的结构，地基所承受的是结构壁底的应力和筒内填料直接作用在抛石基床上的应力综合的结果。这种情况，目前还无法计算，可简化成两种情况：一种是大面积应力（假定筒内填料与圆筒共同工作）；另一种是底脚的局部应力。应分别验算



这两种情况的地基应力。底脚局部应力产生的地基应力虽大，但经基床传布后的应力已减小很多。

**7.0.22** 圆筒结构的内力取 1m 高的圆环计算是近似的，而且偏于保守。因为它内力很小，一般属于构造配筋，这样计算从工程角度说是可行的。



## 8 现浇混凝土码头和浆砌石 码头设计

**8.0.2** 根据近十年来现浇混凝土码头或浆砌石码头的实践经验，悬臂长与趾高或踵高之比对砌石调整为 0.3~0.5，对混凝土调整为 0.7~1.0。

## 9 基础施工

9.1.7 基槽开挖的允许超深、超宽，根据土质、斗容量、施工水域有无掩护以及离岸距离等因素作了调整。当挖泥水深大于等于20m、抓斗容量大于等于 $8\text{m}^3$ 时，挖泥超深、超宽的允许值难以按表中限值控制，所以做了可适当放宽的补充规定。

河港小型码头因水深较小，挖泥抓斗容量也较小，因此挖泥偏差较易控制，超深、超宽的允许值可以适当减小，以利降低工程造价。

9.2.1 重力式码头的基槽基础好坏直接关系到码头的安全，因此在抛石前应对基槽进行检查，查明有无回淤和塌坡情况，以保证基础工程的质量。

在码头施工中基槽难免产生回淤，本着不影响码头安全的原则，在条文中增加了基槽底重度大于 $12.6\text{kN}/\text{m}^3$ 的回淤沉积物不应大于0.3m，否则要清淤的规定，增加此内容既考虑了实施的可行性，又作了最大允许量的限定，可确保工程质量。

按《港口工程地质勘察规范》(JTJ240)和《港口工程地基规范》(JTJ250)的规定，淤泥性土分为淤泥质土、淤泥、流泥、浮泥四个亚类，见表9.2.1。并规定，当取得天然含水率状态下的扰动土样时，按含水率 $w$ (%)定名。

淤泥性土的分类

表 9.2.1

名称 \ 指标	孔隙比 $e$	含水率 $w$ (%)
淤泥质土	$1.0 < e < 1.5$	$36 < w < 55$
淤泥	$1.5 \leq e < 2.4$	$55 \leq w < 85$

续上表

名称 \ 指标	孔隙比 $e$	含水率 $w(\%)$
流泥		$85 \leq w < 150$
浮泥		$w \geq 150$

淤泥性土的这四个亚类土，各有其不同特性：淤泥具有结构强度，有附着力；流泥稍有结构强度，有附着力；浮泥则无结构强度，也无附着力。因此，浮泥 ( $w \geq 150\%$ ) 对抛石基床不会形成夹层，可忽略其存在；而  $w < 150\%$  的淤泥性土则应加以限制，本条厚度限值 0.3m 是根据实践经验而确定的。过去大量工程实例表明，厚度在此限度内的回淤沉积物不致于形成夹层，对工程的安全不会构成危害，可以不清。

本条所述“回淤沉积物”主要指由于海洋动力因素而沉积于基槽底的流泥、淤泥，也包括人为因素而沉落于基槽的“泥块”、工业排放物等。

**9.2.2** 重力式码头宜建在较好的地基上，但目前也有在较软弱的地基上建造重力式码头的实例。在软弱地基上建重力式码头时，在基槽开挖和基床抛石施工中常会遇到较严重的回淤，为了防止回淤，采取了防淤措施。如某港突堤码头的防淤措施是用钢板、型钢做一个大箱子挡住淤泥。

**9.3.3** 近 20 年来在施工中夯击能量有的已突破了  $120\text{kJ}/\text{m}^2$ ，高达  $200\text{kJ}/\text{m}^2$ 。为发挥大锤的功能，提高工效，可酌情加大分层厚度，但厚度、能量与夯沉量的关系仍需用试夯确定。还要注意不得将基床石夯碎。

**9.3.4** 本条补充了对无掩护水域深水码头夯击能的规定，同时改以“压强”表述对锤重的要求。

**9.3.6** 爆夯法密实基床已运用于码头、滑道、防波堤等工程，这些使用爆夯法密实基床的工程实践经验表明，与重锤夯实法比，它具有施工简单、工期短、节省投资等优点，在条件许可的情况下，采用爆夯法密实基床质量是有保证的。

爆夯夯沉量 10%~20% 的规定是根据实践经验确定的。已有工程实例表明采用爆夯的码头段比采用重锤夯实的码头段其使用期的沉降量要小。

**9.3.7** 条文对大面积补抛块石作了具体的规定,其目的是为了尽量减少两相邻构件的差异沉降量。本条所述构件,单指大型的沉箱、有底空心块体及扶壁等。

**9.3.8** 无掩护水域重力墩的重锤夯实质量标准,因施工条件较差,风浪大,测量误差大,不易控制。因此放宽到 50mm。爆夯法密实基床的有效质量检查方法尚待进一步研究。

#### 9.4.1 抛石基床的整平规定

几十年来,我国航务工程界港工建筑物实际采用过的基床整平分级及其高程允许偏差见表 9.4.1。

实际采用基床整平分级及其高程允许偏差 表 9.4.1

序号	项 目	允许偏差值(mm)	整 平 用 料
1	极极细平	±10	5mm~10mm 碎石
2	极细平	±30	10mm~30mm 碎石
3	细平	±50	二片石
4	粗细平	±80	二片石
5	粗平	±150	10kg 以上块石

根据多年工程实践,码头基床整平采用极细平、细平已可满足安装需要。故规范只对细平与极细平作出规定。

大型构件底面积大于 30m<sup>2</sup> 时,其基床可以不进行极细平,是基于下述理由:

1. 取消极细平,没有了 10mm~30mm 碎石层,可避免沉箱、扶壁等大型构件在安放过程中,因水流扰动损坏基床平整度;同时也可增大前沿抗底流冲刷能力。

2. 取消碎石整平层,能使混凝土构件底面与抛石基床顶面间的摩擦系数值提高约 3%~7%。

3. 对开敞海域可缩短在海上恶劣环境条件下的作业天数。

事实上,自 70 年代中期以来,已有不少采用大型构件的深水



泊位，取消了极细平，工程情况正常。

**9.4.3** 目前码头水深越来越深，基床上回淤往往相当严重，花在清淤上的费用相当大，据部分工程统计，清淤费用约占工程造价的3%~6%，因此从施工挖泥到构件安装之间的每个施工环节，都应一环紧扣一环，以免基床回淤损坏，造成返工浪费。因此要求基床整平后应及时安装构件。



## 10 构件预制、吊运及安装

### 10.1 构件预制

**10.1.1** 沉箱、方块、扶壁等构件预制时，采用油毡脱模，已导致了80年代中期全国相继产生了若干起重大事故。如码头砌体层间滑移、错位或沿抛石基床滑移。

底面带油毡的混凝土块体与抛石基床之间的摩擦系数的大比尺模拟试验结果表明：当底面100%带有油毡，压强在300kPa左右时，摩擦系数平均值为0.351，与规范值0.6比下降了41%；其他工程的油毡、竹筴等脱模层的摩擦系数试验，均表明会降低摩擦系数，故禁用此类材料。

**10.1.2** 对于临时性预制场和现场缺乏大型起重运输设备的预制场，采用水垫搬运的实践表明能获得较好的经济效益。采用水垫搬运，目前已取得一定的经验。1988年以来据不完全统计，已成功搬运各种大小块体超过400件，最重件达500t。因此将该种搬运方式纳入规范。

水垫运行场地表面平整度要求是根据工程实测资料确定的。

**10.1.8** 目前预制构件越做越大，对吊具的要求越来越高，因此吊具必须经过设计，满足安全和使用方便的要求。对薄壁构件不宜产生水平挤压力，以免损坏构件。对薄壁的、片状的构件应特别重视合力和重心的共线问题，以防构件吊装时倾覆。

**10.1.9** 预制构件的允许偏差，条文中的表10.1.9-1是根据调查所收集到的资料进行统计分析而修订的。

表中的表面凹凸（平整度）包括了顶面和侧面。

圆筒的检查项目和允许偏差是根据海南和广西两个工程的资



料确定的。

## 10.2 方块、空心块体、扶壁和圆筒的吊运及安装

**10.2.2** 本条文规定的目的是为了防止基床面存在回淤沉积物和预制件底面附着混凝土碎块、木块等杂物，从而降低混凝土块体与基床面的摩擦系数。

**10.2.5** 条文规定的主要目的是提醒施工人员要注意安装方法，安装时宜分层、分段、采用阶梯形安装，不要一次到顶，否则不利于基础稳定。

**10.2.6** 强调对多层方块码头的底层方块和安装后不露出水面的构件应复核位置和标高。根据以往实践有些工程由于忽视了这项工作，而造成返工浪费，延误了工期。

**10.2.8** 表 10.2.8-1 与 1987 年版本规范安装质量标准基本相同，不同处如下：

(1) 增加了墩式码头的轴线偏差，在调查中发现有些工程曾发生只注意了码头的前沿线，而忽视了轴线位置致使墩位偏移，造成返工。

(2) 卸荷板的安装标准有所提高，其临水面与准线偏差，修改为 30mm，因为卸荷板的安装容易控制，施工中一般都可以达到。

(3) 墩式结构安装要控制竖向倾斜，允许偏差为  $4‰H$ ，目的为保证墩柱结构的稳定，根据调查资料  $4‰H$  的偏差是可以做到的。

(4) 无掩护的墩式码头砌缝可适当放宽，主要是考虑无掩护的墩式码头，施工条件差，风浪大，按一般标准砌缝不易达到，因此允许适当放宽。

条文中的表 10.2.8-2 扶壁和单层出水的空心块体，安装时根据构件不同高度作出不同的允许偏差。因为构件高度对安装质量影响较大，条文中将构件划分为小于等于 10m 和大于 10m 两种来控制，这种规定相对比较合理。表中的偏差值根据调查资料分析

基本上是可以做到的。

表中注①把平均缝宽的定义规定下来了，便于使用。

表 10.2.8-3 内的各项允许偏差是根据已有的工程统计分析得出来的。

### 10.3 沉箱下水、浮运及安装

**10.3.5 沉箱海上运输**，我国习惯用“浮运拖带法”。但近 10 余年来，随着港口建设事业的发展，出现了开口驳装运法和半潜驳干运法。在下列情况下，采用半潜驳干运法具有明显的技术与经济优势：

- (1) 成批、长距离；
- (2) 大型、限于施工条件或自身浮游稳性不足的沉箱；
- (3) 航程中，海洋环境状态复杂，不宜采用浮运拖带法的沉箱。

基于上述实践，本规范此次修订中，纳入了这一方法。

**10.3.8 对沉箱拖运“拖带力计算公式”的说明如下：**

(1) 从理论上讲，沉箱拖运时的阻力  $R = \text{水流阻力 } R_1 + \text{波浪阻力 } R_2 + \text{风阻力 } R_3$ 。

(2) 在实际计算上，因为沉箱的干舷不高，风阻力  $R_3$  通常可忽略不计。波浪阻力目前尚难以计算确定。本规范采用加大沉箱受水流阻力的面积的办法来近似地考虑  $R_2$ ，即将原规范受水流阻力面积  $A = a \times T$ ，修改为  $A = a (T + \delta)$ 。

(3) 调整后的公式，算出的拖力理论值与按美英日等国家的规范公式计算值比较是偏安全的。详见《沉箱海上拖运中的几个问题》一文（刊于水运工程杂志 1994.7 期）。

**10.3.9 特殊情况下，远程拖带时拖船有效功率取值问题：**

(1) 德国劳氏船级社(GL)：《海上拖航指南》(1986)指出：应适当考虑被拖物、航线、航行及该年所预测的天气与海况来确定拖力。一个通常的参考值是：所取拖船功率能在顶风  $V = 20 \text{ m/s}$ ，顶流  $V = 1 \text{ m/s}$  下，保持被拖物航向。



(2) 我国《海船法定检测技术规则》：“通常拖船应具有相当于 20m/s 风速和顶流 1m/s 情况下，控制和操纵被拖物安全的储备能力”。

条文注是参照上述文件而确定的。

**10.3.10~10.3.13** 我国自 60 年代始，已进行沉箱海上长距离拖运作业，80 年代以来，由于港口建设的发展，在港口建设中进行了大量的沉箱海上拖运，积累了丰富的经验。这些条文是依据实践经验确定的。



## 11 抛填棱体和倒滤层、倒滤井施工

**11.0.3** 安装方块时要考虑与棱体抛填之间的关系，过去曾发生过由于只考虑安装，而没有考虑抛填棱体对墙身的影响，致使前趾后踵应力差过大，有的甚至达到  $432.6\text{kN/m}^2$ （安装四层方块和卸荷板，墙后无抛填，前趾应力为 0，后踵应力为  $432.6\text{kN/m}^2$ ）致使码头后倾达 730mm，倾角为  $3.53^\circ$ ，底层方块前趾沉降 207mm，后踵为 425mm 虽然以后采取了措施，但已出现的后倾向前恢复其微。为保证码头质量，减少墙身的变形，从而作了棱体抛填应与墙身安装相配合的规定。

**11.0.8~11.0.10** 土工织物铺设施工的有关规定是参考《水运工程土工布应用设计与施工规程》（JTJ/T 239）而制定的。



## 12 胸墙施工

**12.0.7** 胸墙尺寸的允许偏差，根据有关的调查资料对本规范1987年版的规定在有些部位作了适当的修改。如前沿线位置偏差提高到20mm，并增加了变形缝处侧面的竖向倾斜限制，在调查中发现有不少胸墙的侧面倾斜过大，有的已失去了作为变形缝的意义，不能垂直贯通。预留孔洞位置的正确与否直接关系到构件的安装质量，为保证胸墙质量，因此增加了上述两项内容。

## 13 回 填

**13.0.5** 目前码头后回填采用开山石越来越普遍，开山石细颗粒含量，影响到码头的安全。因此对细颗粒含量要作一定的控制，特别是靠近码头墙后回填部分的质量要保证符合设计要求。



## 附录 A、B、C、D、E

采用 1987 年版本规范附录，仅当涉及计算时，将各计算值明确为标准值。

## 附录 F 贮仓压力计算

将原只适用于矩形仓的计算公式改成可适应圆形仓的通式。并根据部分试验资料对侧压力系数  $K$  和填料与仓壁之间摩擦角  $\delta$  取值作了推荐。

### 1. 圆筒码头

贮仓压力公式（杨森公式）适用于深仓，即仓深大于 1.5 倍的仓格的平面尺寸。放在抛石基床上的圆筒，圆筒高度与直径之比接近 1，显然不符合深仓条件。但从杨森公式的推导机理来说，似乎与仓深和平面尺寸之比无关，因还没有其它合适的公式，所以我们还是用它。杨森公式的两个关键问题是侧压力系数  $K$  是采用主动土压力系数还是采用静止土压力系数，填料与筒壁之间摩擦角  $\delta$  取多大。对此问题曾对圆筒结构的内部填料参加抗倾工作做了大量的试验，填料采用砂和碎石，圆筒高度与直径之比接近 1，得出筒内填料参加抗倾工作的数量与填料总量的百分比在 36%~45% 范围内。以此数据用杨森公式反算，得出  $K$  用静止土压力系数，即  $K=1-\sin\varphi$ ， $\delta=2\varphi/3\sim 3\varphi/4$  的结论，附录取  $K=1-\sin\varphi$ ， $\delta=2\varphi/3$  作为设计推荐值。对于圆筒码头，附录 F 可近似适用于筒高与直径之比接近于 1 和筒内填料为砂或碎石的情况，如设计的工程情况与它相差很大，应慎重考虑，最好做模型试验解决。

### 2. 空心块体码头

根据无底空心块体抗倾模型试验（ $H/L=1.5\sim 2.0$ ，仓内填料为 30mm~60mm 及 50mm~100mm 碎石，实测休止角均值  $\alpha=36^\circ$ ），在静止状态时，参与抗倾工作的填料垂直力（作用在内壁上的垂直力）约占填料自重力的 40%~50%。给定  $K=1-\sin\varphi$ ， $\delta=$





$2\varphi/3$ ，按贮仓公式计算的参与抗倾工作的填料力约占填料自重力的 45%~60% 几乎一致。当空心块体处于倾倒临界状态时，参与抗倾工作的填料力可增至 65%~80%，因此，对于满足深仓条件的无底空心方块，推荐采用  $K=1-\sin\varphi$ ,  $\delta=2\varphi/3$  按贮仓公式计算填料抗倾力矩标准值。对于与试验条件相差较大的主要建筑物，宜通过试验验证。

3. 沉箱码头壁板与底板土压力作用状况与空心块体静止状态时相似，因此按贮仓压力计算时，仍可取  $K=1-\sin\varphi$ ,  $\delta=2\varphi/3$ 。

## 附录 G 有隔墙圆沉箱的内力计算

有隔墙圆形沉箱的内力计算，一般选用本附录的近似估算法，当有条件时采用有限元法分析计算是比较理想的。

与有隔墙的方形沉箱比较，有隔墙的圆形沉箱实质上是与前者相似的，唯一不同点是外壁前者为平板而后者为曲板，因此在计算圆形沉箱的内力时也采用了与方形沉箱同样的基本计算原则。

因为这种沉箱外壁为圆弧形，为简化计算，其水平向视为以隔墙为固定支承的无铰拱， $1.5L$ （ $L$ -内隔墙间距）以内区段垂直向视作以拱为弹性支承的弹性支承梁。



## 附录 H 试夯技术要求

本技术要求只适用于重锤夯实。