

JTJ

中华人民共和国行业标准

JTJ 213—98

海港水文规范

Code of Hydrology for Sea Harbour

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

海港水文规范

JTJ 213—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《海港水文规范》的通知

交基发 [1998] 222 号

由我部组织第一航务工程勘察设计院等单位编订的《海港水文规范》，业经审查，现批准为强制性行业标准，编号为 JTJ213—98，自 1999 年 6 月 1 日起施行。《海港水文规范》(JTJ213—87) 同时废止。

本规范的管理和出版组织工作由部基建司负责，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

本规范系在行业标准《港口工程技术规范（1987）》第三篇海港水文（JTJ213—87）的基础上修订而成。本规范的主要技术内容，包括海港工程水文的潮位、波浪、海流和泥沙的分析与计算，以及作用在海港水工建筑物上波浪力的计算。

本次修订的主要内容有风浪和涌浪要素计算图；单突堤、双突堤和岛式防波堤后的波浪绕射系数图；浅水直立墙上立波作用的公式；以及大直径圆柱表面上环向波浪压力强度的公式等。增补的主要内容有风浪的方向谱；波浪在水流作用下的变形计算；斜坡式建筑物的越浪量；浅水区圆柱墩上的波浪作用力；大直径圆柱墩的群墩系数；小直径圆柱上的破碎波作用力；波浪和水流对桩基和墩柱建筑物的作用；以及淤泥质海岸航道和港池的淤积计算等。

本规范由交通部第一航务工程勘察设计院负责解释，在执行过程中请将有关问题和意见，及时向上述单位反映，供今后修订时参考。

本规范如有局部修订，其内容将在《水运工程标准与造价管理信息》上刊登。

目 次

| | |
|-----------------------|----|
| 1 总则 | 1 |
| 2 符号 | 2 |
| 3 潮位 | 6 |
| 3.1 设计潮位标准 | 6 |
| 3.2 设计潮位的统计和计算方法 | 6 |
| 4 设计波浪的确定 | 10 |
| 4.1 设计波浪标准 | 10 |
| 4.2 各种累积频率波高间的换算 | 11 |
| 4.3 不同重现期设计波浪的推算 | 13 |
| 5 外海波浪要素的计算 | 16 |
| 5.1 风场要素和水域平均深度的确定 | 16 |
| 5.2 风浪和涌浪要素的计算 | 19 |
| 5.3 风浪方向谱的计算 | 19 |
| 6 近岸波浪要素的计算 | 26 |
| 6.1 波浪折射的计算 | 26 |
| 6.2 近岸波高的计算 | 29 |
| 6.3 波浪在水流作用下的变形计算 | 30 |
| 7 港内波浪要素的计算 | 35 |
| 7.1 一般规定 | 35 |
| 7.2 不规则波绕射系数 | 35 |
| 7.3 波浪折射、绕射、反射与港内局部风浪 | 50 |
| 8 波浪对建筑物的作用 | 52 |
| 8.1 波浪对直墙式建筑物的作用 | 52 |
| 8.2 波浪对斜坡式建筑物的作用 | 67 |

| | | |
|-----------|-----------------------------------|------------|
| 8.3 | 波浪对桩基和墩柱建筑物的作用 | 76 |
| 8.4 | 波浪和水流对桩基和墩柱建筑物的作用 | 98 |
| 9 | 海流 | 105 |
| 9.1 | 近岸海流的特性 | 105 |
| 9.2 | 海流观测的基本要求 | 105 |
| 9.3 | 海流观测资料的整理分析 | 106 |
| 9.4 | 海流特征值的计算 | 107 |
| 10 | 泥沙 | 112 |
| 10.1 | 海岸带泥沙运动的一般规律 | 112 |
| 10.2 | 海岸带泥沙运动的调查及分析 | 113 |
| 10.3 | 港址选择、建筑物布置与泥沙淤积的关系以及减淤整治措施 | 115 |
| 附录 A | 设计水位的近似计算方法 | 118 |
| 附录 B | 极值 I 型分布律的 λ_{pn} 表 | 119 |
| 附录 C | 极端水位的近似计算方法 | 122 |
| 附录 D | 皮尔逊 III 型频率曲线的 K_p 值表 | 125 |
| 附录 E | 短期测波资料的经验频率分析方法 | 130 |
| 附录 F | 按水深分段计算风浪要素的方法 | 131 |
| 附录 G | 浅水波高、波速和波长与相对水深关系表 | 132 |
| 附录 H | 规则波绕射系数 | 146 |
| 附录 J | 圆柱底面上波浪浮托力和波流浮托力的计算方法 | 154 |
| 附录 K | 方形或矩形柱体上波浪力的计算方法 | 156 |
| 附录 L | 近岸海区内风海流的估算方法 | 158 |
| 附录 M | 沙质海岸沿岸输沙率的计算方法 | 159 |
| 附录 N | 淤泥质海岸航道和港池的淤积计算 | 168 |
| 附录 P | 沙质海岸突堤式建筑物上游岸线演变预报计算 | 173 |
| 附录 Q | 本规范用词用语说明 | 177 |
| 附加说明 | 本规范主编单位、参加单位和主要起草人名单 | 178 |
| 附 | 条文说明 | 179 |

1 总 则

1.0.1 为统一海港工程的水文分析与计算,以及潮位和波浪的设计标准,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于海港工程中有关潮位、波浪、海流和泥沙的水文分析与计算,以及作用在海港水工建筑物上的波浪力计算。

1.0.3 本规范中对于潮位和波浪均规定有设计标准及相应的计算方法;对于海流和泥沙给出其特性或一般规律,观测或调查的基本要求以及有关的计算方法。泥沙一章中对港址选择和建筑物布置提出的要求,应结合总体设计中其它因素全面考虑执行。

1.0.4 对于海港工程的水文分析与计算,应以当地的水文观测资料为主要依据。有关潮位和波浪的观测工作应根据海港工程的特点和要求,按现行国家标准《海滨观测规范》(GB/T 14914)中的有关规定执行。

2 符 号

- A_N ——年平均海平面
 A_{N_x} ——原有港口的年平均海平面
 A_{N_y} ——拟建港口的年平均海平面
 A_s ——静水中的波能传递率
 a ——圆柱半径
 a_b ——临近床面的水质点运动振幅
 B ——宽度
 C_0 ——深水波速
 C_b ——破碎波波速
 C_D ——速度力系数
 C_M ——惯性力系数
 C_v ——离差系数
 C_s ——床面层上的含沙量（相对体积比）
 D_{50} ——泥沙的中值粒径
 d 、 d_1 、 d_2 ——水深
 d_b ——波浪破碎水深
 F_{ez} ——等效风区长度
 f_p ——波谱谱峰频率
 $G(f, \theta)$ ——波谱方向分布函数
 H ——波高
 H_b ——波浪破碎时的波高
 H_D ——涌浪的有效波高
 H_d ——绕射波高

- H_F ——累积频率为 $F\%$ 的波高
 H_i ——口门处的入射波高
 $H_{1/p}$ —— $1/p$ 大波的平均波高
 H_r ——建筑物前的反射波高
 H_0 ——深水波高
 H'_0 ——计算深水波高
 $H_{1/3}$ ——有效波的波高
 h ——干砌块石或干砌条石护面的厚度
 i ——水底坡度
 K_D ——护面块体的稳定系数
 K_d ——防波堤后某点的绕射系数
 K_s ——波浪变浅的浅水系数
 K_r ——波浪折射系数或反射系数
 K_r ——重度系数
 K_Δ ——糙渗系数
 k ——波数
 L ——波长
 L_0 ——深水中的波长
 L_s ——有效波的波长
 \vec{L}_d ——观测日期的潮流水质点平均最大运移距离矢量
 L_{\max} ——潮流水质点可能最大运移距离
 \vec{L}_{Mm} ——中潮日期的潮流水质点平均最大运移距离矢量
 \vec{L}_{Mn} ——小潮日期的潮流水质点平均最大运移距离矢量
 \vec{L}_{Ms} ——大潮日期的潮流水质点平均最大运移距离矢量
 M ——力矩
 M_{\max} ——对水底面的最大力矩
 m_0 ——波谱的零阶矩
 P_u ——单位长度墙底面上的波浪总浮托力

- p_b ——墙底处的波浪压力强度
 p_d ——水底处的波浪压力强度
 p_s ——静水面处的波浪压强
 Q ——单位时间单位堤宽的越浪量
 Q_N ——净输沙率
 Q_S ——总输沙率
 q ——沿岸输沙率
 q_b ——单宽底沙输沙率
 q_s ——单宽悬移质输沙率
 q_T ——单宽总输沙率
 $R(M)$ ——爬高函数
 R_{Mm} ——中潮日期的平均潮差
 R_{Mn} ——小潮日期的平均潮差
 R_{Ms} ——大潮日期的平均潮差
 R ——波浪的上爬高度
 $R_{1\%}$ ——累积频率为 1% 的爬高
 r_* ——床面糙度
 $S_{uu}(\omega)$ ——速度谱
 $S_\eta(f)$ ——谱密度
 $S_\eta(\omega)$ ——波面谱
 T ——波浪周期
 \bar{T} ——波浪平均周期
 T_s ——有效波波周期
 T_p ——谱峰周期
 t ——时间
 t_D ——传播时间
 U ——风速
 U_c ——水流速度
 V_c ——潮流的平均流速

\vec{V}_d ——观测日期的潮流平均最大流速矢量

\vec{V}_s ——大潮期间的潮流平均最大流速矢量

α ——折射图起始处等深线的平均走向与波峰线间的夹角

α_b ——波浪破碎角

$\Delta\alpha$ ——波向线转角

β ——系数

3 潮 位

3.1 设计潮位标准

3.1.1 海港工程的设计潮位应包括：设计高水位、设计低水位；极端高水位、极端低水位。

在海港工程的总体设计和水工建筑物结构设计中，可用相同的设计高水位、设计低水位和极端高水位。极端低水位主要用于水工建筑物结构设计。

3.1.2 对于海岸港和潮汐作用明显的河口港，设计高水位应采用高潮累积频率 10% 的潮位，简称高潮 10%；设计低水位应采用低潮累积频率 90% 的潮位，简称低潮 90%。

3.1.3 对于海岸港和潮汐作用明显的河口港，如已有历时累积频率统计资料，其设计高水位和设计低水位也可分别采用历时累积频率 1% 和 98% 的潮位。

3.1.4 对于汛期潮汐作用不明显的河口港，设计高水位和设计低水位应分别采用多年的历时 1% 和 98% 的潮位。

3.1.5 海港工程的极端高水位应采用重现期为 50 年的年极值高水位；极端低水位应采用重现期为 50 年的年极值低水位。

3.2 设计潮位的统计和计算方法

3.2.1 确定设计高水位和设计低水位，进行高潮和低潮累积频率以及乘潮潮位累积频率统计，应有完整的一年或多年的实测潮位资料。

3.2.2 潮位累积频率按下列方法统计。

3.2.2.1 高潮或低潮累积频率应按以下步骤统计：

(1) 从潮位资料中摘取各次的高潮或低潮位值，统计其在不同潮位级内的出现次数，潮位级的划分采用 10cm 为一级；

(2) 由高至低逐级进行累积出现次数的统计；

(3) 各潮位级的累积频率为年或多年的高潮或低潮总潮次除各潮位级相应的累积出现次数；

(4) 在方格纸上以纵坐标表示潮位，以横坐标表示累积频率，将各累积频率值点于相应潮位级下限处，连绘成高潮或低潮累积频率曲线，然后在曲线上摘取高潮 10% 或低潮 90% 的潮位值。

3.2.2.2 乘潮潮位累积频率应按以下步骤统计：

(1) 当考虑船舶进出港时，首先确定乘潮所需持续时间 t ；

(2) 在潮位过程线上，量取各次潮历时等于 t 的潮位值，统计其在不同潮位级的出现次数；

(3) 其余步骤与第 3.2.2.1 款相同；

(4) 在乘潮潮位累积频率曲线上选取所需的累积频率潮位值。

3.2.3 在新建港口的初步设计阶段，若潮位实测资料不足一整年时，可采用“短期同步差比法”，与附近有一年以上验潮资料的港口或验潮站进行同步相关分析，计算相当于高潮 10% 或低潮 90% 的数值。并应继续观测，对上述数值进行校正。

3.2.4 进行差比计算时，两港口或验潮站之间应符合下列条件：

(1) 潮汐性质相似；

(2) 地理位置邻近；

(3) 受河流迳流包括汛期迳流的影响相似。

3.2.5 潮汐性质的相似性可按下列方法判断：

(1) 潮位过程线比较法，将两个港口半个月以上短期的同步每小时潮位分别点绘在两张透明的格纸上，重叠此两过程线，使两过程线的平均海平面重叠在一起，且使两过程线的高潮和低潮时间尽量一致，比较两过程线的潮形、潮差和日不等等情况；

(2) 高潮或低潮相关比较：在方格纸上，以纵、横两坐标分别代表两个港口的高潮位和低潮位，将一个月以上短期同步的逐次高潮位或低潮位点在其上，连绘成相关线，比较两港口高潮位

或低潮位的相关情况。

3.2.6 采用短期同步差比法时,可按下列公式计算高水位或低水位。

$$h_{sy} = A_{Ny} \frac{R_y}{R_x} (h_{sx} - A_{Nx}) \quad (3.2.6-1)$$

$$A_{Ny} = A_y + \Delta A_y \quad (3.2.6-2)$$

式中 h_{sx} 、 h_{sy} ——分别为原有港口和拟建港口的设计高水位或低水位 (m);

R_x 、 R_y ——分别为原有港口和拟建港口的一个月以上短期同步的平均潮差 (m);

A_{Nx} 、 A_{Ny} ——分别为原有港口和拟建港口的年平均海平面 (m);

A_y ——拟建港口短期验潮资料的月平均海平面 (m);

ΔA_y ——拟建港口所在地区海平面的月份订正值或近似地用原有港口海平面的月份订正值 (m)。

3.2.7 在新建港口初步设计阶段,若潮位实测资料不足一整年,又不具备进行差比计算条件时,设计高水位和低水位可按附录 A 计算相当于高潮 10% 或低潮 90% 的数值,并应继续观测,对上述数值进行校正。

3.2.8 确定极端高水位和低水位,进行高潮和低潮的年频率分析,应有不少于连续 20 年的年最高潮位和年最低潮位实测资料,并应调查历史上出现的特殊水位。

3.2.9 当有 n 个年最高潮位值或年最低潮位值 h_i ,不同重现期的高潮位和低潮位可采用极值 I 型分布律按以下公式计算:

$$h_P = \bar{h} \pm \lambda_{pn} S \quad (3.2.9-1)$$

$$\bar{h} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i \quad (3.2.9-2)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i^2 - \bar{h}^2} \quad (3.2.9-3)$$

式中 h_P ——与年频率 P 对应的高潮位或低潮位值 (m),式中,高潮用正号,低潮用负号;

λ_{pn} ——与年频率 P 及资料年数 n 有关的系数，按附录 B 采用；

\bar{h} —— n 年 h_i 的平均值 (m)；

S —— n 年 h_i 的均方差 (m)。

h_i ——第 i 年的年最高潮位值或年最低潮位值 (m)。

3.2.10 按公式 (3.2.9-1) 求出对应于不同 P 的 h_p ，在机率格纸上绘出高潮位或低潮位的理论频率曲线；同时绘上经验频率点。对高潮位按递减、对低潮按递增的次序排列的 h_i 中，第 m 项的经验频率和重现期可按下列公式计算：

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (3.2.10-1)$$

$$T_R = \frac{100}{P} \quad (3.2.10-2)$$

式中 P ——经验频率 (%)；

T_R ——重现期 (年)。

3.2.11 若在原有 n 年的验潮资料以外，根据调查得出在历史上 N 年中出现过的特高潮位值或特低潮位值，应按以下公式计算不同重现期的高潮位值或低潮位值。

$$h_p = \bar{h} \pm \lambda_{pN} S \quad (3.2.11-1)$$

$$\bar{h} = \frac{1}{N} (h_N + \frac{N-1}{n} \sum_{i=1}^n h_i) \quad (3.2.11-2)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \left(h_N^2 + \frac{N-1}{n} \sum_{i=1}^n h_i^2 \right) - \bar{h}^2} \quad (3.2.11-3)$$

式中 λ_{pN} ——系数，按附录 B 采用；

h_N —— N 年中出现过的特高潮位值或特低潮位值 (m)。

3.2.12 特大值的经验频率可按下列公式计算：

$$P = \frac{1}{N+1} \times 100\% \quad (3.2.12)$$

3.2.13 对于潮位实测资料年限不足的港口，极端高水位和极端低水位可按附录 C 确定。

4 设计波浪的确定

4.1 设计波浪标准

4.1.1 设计波浪的标准包括设计波浪的重现期和设计波浪的波列累积频率。

4.1.2 在进行直墙式、墩柱式、桩基式和一般的斜坡式建筑物的强度和稳定性计算时，设计波浪的重现期应采用 50 年。斜坡式护岸等非重要建筑物，破坏后不致造成重大损失者，其设计波浪的重现期可采用 25 年。

对于特殊重要的建筑物，如海上灯塔等，当实测波高大于重现期为 50 年的同一波列累积频率的波高时，可适当提高标准，必要时可按实测波高计算。

4.1.3 在进行直墙式、墩柱式、桩基式和斜坡式建筑物的强度和稳定性计算时，设计波高的波列累积频率标准应按表 4.1.3 采用。

设计波高的累积频率标准

表 4.1.3

| 建筑物型式 | 部位 | 设计内容 | 波高累积频率 F (%) |
|---------|---------------|--------|----------------|
| 直墙式、墩柱式 | 上部结构、墙身、墩柱、桩基 | 强度和稳定性 | 1 |
| | 基床、护底块石 | 稳定性 | 5 |
| 斜坡式 | 胸墙、堤顶方块 | 强度和稳定性 | 1 |
| | 护面块石、护面块体 | 稳定性 | 13 (注) |
| | 护底块石 | 稳定性 | 13 |

注：当平均波高与水深的比值 $H/d < 0.3$ 时， F 宜采用 5%。

当推算的波高大于浅水极限波高时，应按极限波高采用。极

限波高的确定见第 6 章。

波浪周期可采用平均周期，波长可按下式计算：

$$L = \frac{g\bar{T}^2}{2\pi} \operatorname{th} \frac{2\pi d}{L} \quad (4.1.3-1)$$

式中 L ——波长 (m)；

\bar{T} ——平均周期 (s)；

g ——重力加速度 (m/s^2)；

d ——水深 (m)。

当 $d \geq L/2$ 时， $\operatorname{th} 2\pi d/L \approx 1.0$ ，为深水波，其波长用 L_0 表示。波长 L 可按附录 G 确定。

有效波周期可按下式计算：

$$T_s = 1.15\bar{T} \quad (4.1.3-2)$$

式中 T_s ——有效波周期 (s)。

4.1.4 校验港域平稳的设计波浪，其重现期应根据使用要求确定，但不宜大于 2 年；波高的累积频率可采用 4%；周期和波长的规定同第 4.1.3 条。

4.2 各种累积频率波高间的换算

4.2.1 对于不规则的海浪，可用其统计特征值表示。常用的波高统计特征值有平均波高 \bar{H} 、均方根波高 H_r 、累积频率为 F (%) 的波高 H_F 以及 $1/p$ 大波的平均波高 $H_{1/p}$ 。

各种累积频率波高间的换算关系可按图 4.2.1-1 和图 4.2.1-2 确定。

当已知 $H_{4\%}$ 、或 $H_{13\%}$ 和 d 时，由 $H_{4\%}/d$ 或 $H_{13\%}/d$ 直接在图上查得 $H_F/H_{4\%}$ 或 $H_F/H_{13\%}$ ；若已知 \bar{H}/d 也可在图上查得相应的 $H_F/H_{4\%}$ 或 $H_F/H_{13\%}$ 。对于深水波，设计标准中规定的波高可按下列公式计算：

$$H_{1\%} = 2.42\bar{H} \quad (4.2.1-1)$$

$$H_{5\%} = 1.95\bar{H} \quad (4.2.1-2)$$

$$H_{13\%} = 1.61\bar{H} \quad (4.2.1-3)$$

4.2.2 对于深水波，常见的 $1/p$ 大波的平均波高和均方根波高可按下列公式计算：

$$H_{1/100} = 2.66\bar{H} \quad (4.2.2-1)$$

$$H_{1/10} = 2.03\bar{H} \quad (4.2.2-2)$$

$$H_{1/3} = 1.60\bar{H} \quad (4.2.2-3)$$

$$H_r = 1.13\bar{H} \quad (4.2.2-4)$$

在不同 H/d 情况下， $H_{1/100} \approx H_{0.4\%}$ ， $H_{1/10} \approx H_{4\%}$ ， $H_{1/3} \approx H_{13\%}$ 。

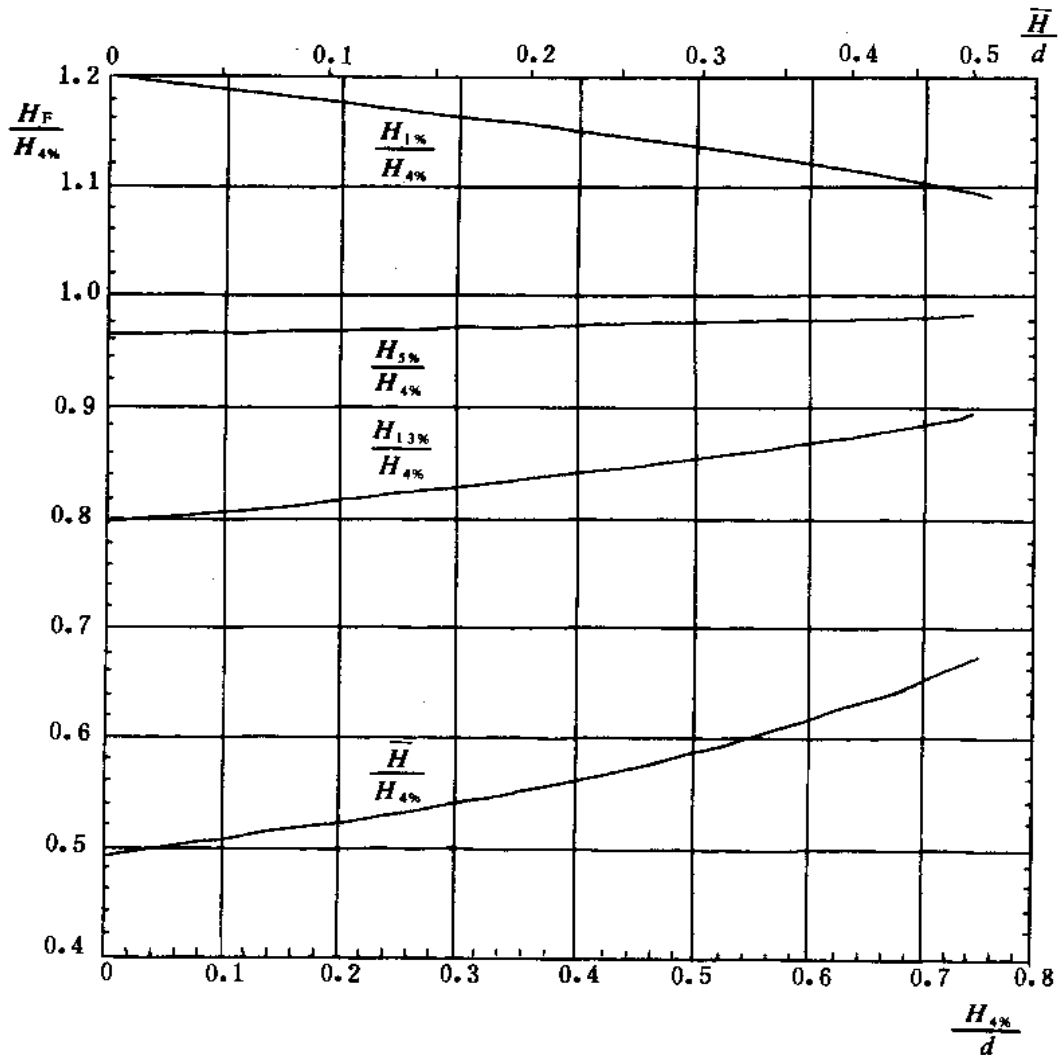


图 4.2.1-1 $H_F/H_{4\%}$ 与 $H_{4\%}/d$ 关系图

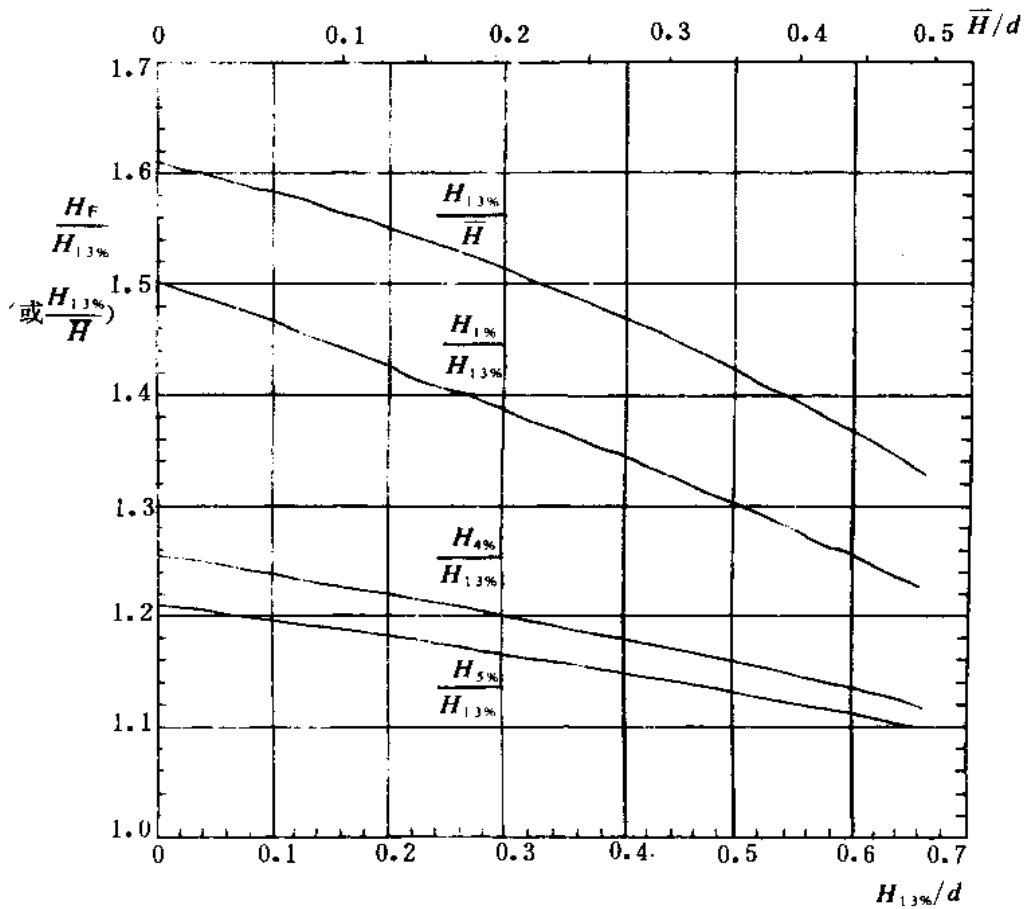


图 4.2.1-2 $H_F/H_{13\%}$ (或 $H_{13\%}/H$) 与 $H_{13\%}/d$ 关系图

4.3 不同重现期设计波浪的推算

4.3.1 当海港工程所在位置或其附近有较长期的波浪实测资料时,可采用分方向的某一累积频率波高的年最大值系列进行频率分析,确定不同重现期的设计波高。

必要时,可用历史天气图对当地历史上大的台风等情况和个别年份缺测大浪的情况进行波浪要素的计算,以延长、插补实测波浪系列,其计算方法按第5章的有关规定执行。

4.3.2 与某一重现期的设计波高相对应的波浪周期的推算方法可按下列规定采用。

4.3.2.1 当地大的波浪主要为风浪时,可由当地风浪的波高与周期的相关关系外推与该设计波高相对应的周期,或按表 4.3.2-

1 确定相应的周期。

风浪的波高与周期的近似关系 表 4.3.2-1

| | | | | | | | | | |
|--------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| $H_{1/3}(m)$ | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| $T_s(s)$ | 6.1 | 7.5 | 8.7 | 9.8 | 10.6 | 11.4 | 12.1 | 12.7 | 13.2 |

4.3.2.2 当地大的波浪主要为涌浪或混合浪时,可采用与波浪年最大值相对应的周期系列进行频率分析,确定与设计波高为同一重现期的周期值。

4.3.3 当采用海港工程附近观测台站的波浪资料时,应考虑地形和水深的影响分方向地检验资料的适用程度。在地形不十分复杂时,可对观测点某一重现期的波浪,进行浅水折射分析,确定海港工程所在位置同一重现期的波浪要素。

4.3.4 在进行波高或周期的频率分析时,连续的资料年数不宜少于 20 年。

当需确定某一主波向不同重现期的设计波浪时,年最大波高及其对应周期的数据,可在该方向左右各 22.5°的范围内选取。若需每隔 45°的方位角都进行统计时,则对每一波向均只归并相邻一个 22.5°内的数据。

4.3.5 波高和周期的频率曲线,可采用皮尔逊 III 型曲线。 n 个波高或周期的平均值和离差系数按下列公式计算:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (4.3.5-1)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{\bar{X}} - 1\right)^2} \quad (4.3.5-2)$$

式中 X_i ——波高或周期变量;
 \bar{X} ——变量 X_i 的平均值;
 C_v ——变量 X_i 的离差系数。

皮尔逊 III 型曲线可按附录 D 的方法绘制。采用适线法确定不同重现期的设计波浪。按递减次序排列的变量 X_i 中,第 m 项经验频率 P 按公式 (3.2.10-1) 计算。重现期与年频率的关系按公式 (3.2.10-2) 确定。

4.3.6 当有条件时,可以与实测资料拟合最佳为原则,选配其它的理论频率曲线,如极值 I 型分布、对数正态分布和威布尔分布等,最终确定不同重现期的设计波浪。

4.3.7 若在原有 n 年的波浪资料以外,根据计算或调查得出在历史上 N 年中出现过特大波高值,其统计参数应按以下公式计算:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \left(X_N + \frac{N-1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \right) \quad (4.3.7-1)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left(\frac{X_N}{\bar{X}} - 1 \right)^2 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{\bar{X}} - 1 \right)^2} \quad (4.3.7-2)$$

式中 X_N —— N 年中的特大波高值 (m)。

经验频率的计算同第 3.2.11 条。

4.3.8 当海港工程所在位置及其附近均无较长期的测波资料,且其对岸距离小于 100km 时,可根据当地的风速资料间接确定不同重现期的设计波浪。

首先计算不同重现期的设计风速,其方法同第 4.3.4~4.3.7 条,然后用某一重现期的风速值和对岸距离,根据第 5 章的方法计算出同一重现期的波浪要素。由此得出的结果,应与短期测波资料推算的结果相互比较分析,最终确定设计波浪。

根据短期测波资料进行经验频率分析的方法,可按附录 E 采用。

4.3.9 当无较长期的测波资料而对岸距离又较长时,可在历史天气图上选择各方向每年最不利的天气过程,用第 5 章的方法计算波浪要素的年最大值,然后按第 4.3.4~4.3.7 条的规定进行频率分析。由此得出的结果,应与短期测波资料推算的结果相互比较分析,最终确定设计波浪。

5 外海波浪要素的计算

5.1 风场要素和水域平均深度的确定

5.1.1 在计算风浪要素时,可将风速和风向比较一致的水域划分为风区。风区内的风速差不宜大于 $2\text{m/s}\sim 4\text{m/s}$, 高风速时取大值, 风向差不宜大于 $\pm 30^\circ$ 。在地面天气图上, 可将等压线的走向或密度有显著改变处取为风区的边界。

风区上、下沿之间的距离为风区长度。如计算点位于风区以内, 则自计算点逆风向量至风区上沿的距离为其风区长度。

当影响计算点的风场范围较大时, 可同时划出一个以上的风区。

5.1.2 对于陆地附近的水域, 宜尽量用船舶及岸上台站的测风资料, 并根据观测方法的特点、天气形势以及各观测资料间的协调性等方面对测风资料进行检验, 以确定某一时刻风区内的风速和风向。当风区内有较可靠的海上测风资料时, 可由此资料或其平均值确定风区内的风速和风向; 当无较可靠的海上测风资料时, 可参照岸站测风资料及天气形势确定风区内的风速和风向。

风速的取值标准应为海面上 10m 高度处的风速。

注: 当用船舶测风资料时, 可不作风速订正; 对于岸站测风资料, 可采用 2min 平均风速, 并应根据各台站的特点, 分别确定订正系数, 将观测风速订正为海面上 10m 高度处的风速值。

5.1.3 对于测风资料较少的外海地区, 可根据天气图上的等压线按下述步骤确定某一时刻海面上的风速:

- (1) 对风区附近的等压线进行检验, 并作必要的修整;
- (2) 确定风区所在的平均纬度 Φ ($^\circ$);

(3) 在风区内有代表性的位置处量取相邻两等压线间的间隔 Δn ，若风区内相邻几条等压线分布的密度很不均匀，则可取几条等压线间的平均值， Δn 以当地纬距 ($^{\circ}$) 表示；

(4) 由表 5.1.3 和天气图确定风区内海水与空气间的温度差 ΔT ($^{\circ}\text{C}$)，当气温大于水温时， ΔT 为负值。

(5) 根据 Δn 、 Φ 和 ΔT 由图 5.1.3 查得海面风速 U (m/s)。

中国各海区表层水温 ($^{\circ}\text{C}$) 表 5.1.3

| 海 区 | 经 纬 度 | | 月 份 | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------|-------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 东 经 | 北 纬 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 渤海 及黄 海北 | 119~125 | 37~41 | 3 | 2 | 4 | 9 | 13 | 19 | 21 | 24 | 22 | 19 | 12 | 10 |
| 黄海 南部 | 119~125 | 31~37 | 8 | 7 | 7 | 12 | 14 | 20 | 24 | 28 | 24 | 20 | 18 | 21 |
| 东 海 | 121~125 | 29~31 | 13 | 13 | 13 | 15 | 18 | 22 | 27 | 29 | 27 | 23 | 20 | 16 |
| | 120~125 | 27~29 | 17 | 16 | 17 | 19 | 22 | 22 | 27 | 29 | 27 | 24 | 22 | 19 |
| | 119~125 | 25~27 | 19 | 18 | 19 | 21 | 24 | 26 | 28 | 29 | 27 | 25 | 24 | 20 |
| 台 湾 海 峡 | 116~121 | 23~25 | 17 | 16 | 18 | 21 | 24 | 26 | 27 | 28 | 27 | 26 | 23 | 19 |
| | 121~125 | 23~25 | 23 | 23 | 23 | 24 | 27 | 28 | 29 | 29 | 28 | 26 | 25 | 23 |
| | 131~121 | 21~23 | 20 | 20 | 21 | 24 | 24 | 28 | 28 | 29 | 28 | 26 | 24 | 21 |
| | 121~125 | 21~23 | 24 | 23 | 24 | 26 | 28 | 28 | 28 | 29 | 28 | 27 | 26 | 24 |
| 南海 | 106~125 | 15~21 | 24 | 24 | 25 | 27 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 28 | 26 | 25 |

5.1.4 对于代表一段时间间隔 6h~12h 内的海面风速 U ，可按下述方法确定。

5.1.4.1 当风速随时间变化不大时，用平均风速为其代表值；

5.1.4.2 当风速持续地上升或下降时，分别用下列两式计算其代表值。

$$U = 0.3U_1 + 0.7U_2 \quad (5.1.4-1)$$

$$U = 0.2U_1 + 0.8U_2 \quad (5.1.4-2)$$

式中 U ——风速代表值 (m/s)；

U_1 、 U_2 ——分别为始末两时刻的海面风速 (m/s)。

注：若在较长的时间间隔内，风速不断变化，可按其变化的过程将总时间间隔划分为 6h~12h 的间隔进行计算。

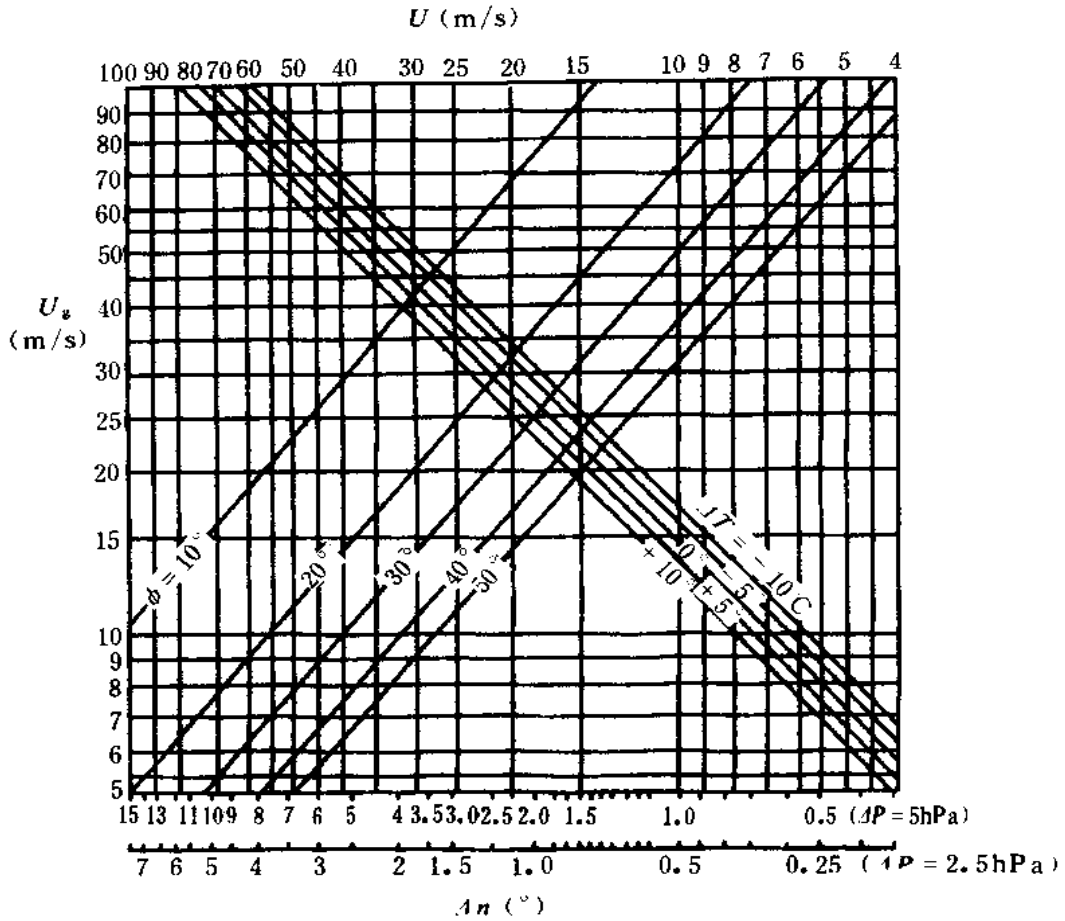


图 5.1.3 海面风速计算图

注：查图方法：在图 5.1.3 中，下侧横坐标为 Δn ，有两组读数分别用于相邻两等压线的压力差 ΔP 为 2.5hPa 和 5hPa 的情况，自下侧横坐标上根据给定的 Δn 向上引垂直线与相应的 Φ 线相交，自此交点引水平线与相应的 ΔT 线相交，再自第二个交点向上引垂直线在上侧横坐标上读取所求的海面风速 U ，图的纵坐标为由 Δn 和 Φ 确定的地转风速 U_g ，计算风浪要素时不直接使用此风速。

5.1.5 对于选定的风区，如于时刻 t_1 以前风速小于 5m/s，而自 t_1 至时刻 t_2 风向大致相同，则在计算 t_2 时刻的风浪时，可取 t_1 与 t_2 的时间间隔 τ 为风时。

若自 t_2 至时刻 t_3 风向变化不大，由于在 t_2 时风区内已存在有

波高为 H_2 的风浪，故应先计算在 t_2 至 t_3 间的风速作用下，产生波高为 H_2 的风浪所需的等效风时 t_e ，具体计算可查图 5.2.1，然后取风时为 t_e 与 τ 之和来计算 t_3 时刻的风浪要素，此处 τ 为 t_2 与 t_3 的时间间隔。

5.1.6 当风区内的水域深度大致均匀，无明显的逐渐变浅或变深的趋势时，可取其平均水深来计算风浪要素；当风区内的水深沿风向变化较大时，宜将水域分成几段来计算风浪要素。对分段的规定和计算方法可按附录 F 的规定执行。水域的分段止于海岸附近的折射起始水深处。

5.2 风浪和涌浪要素的计算

5.2.1 深水的浪要素可按图 5.2.1 确定。

5.2.2 由于水深影响导致浪要素折减的系数 K_F 或 K_t 可按图 5.2.2 确定。若在图 5.2.1 中是由 t 、 U 查得 $H_{1/3}$ ，则在图 5.2.2 中用 d/U^2 及 t/U 查得 K_t ，将 $H_{1/3}$ 乘以 K_t ，即得水深 d 时的波高 $H_{1/3}$ ，以 $H_{1/3}$ 和 U 再在图 5.2.1 中查算有效周期 T_s 。否则可以 F 、 d 和 U 按类似上述步骤算得 $H_{1/3}$ 和 T_s 。

5.2.3 涌浪要素可按图 5.2.3 确定。涌浪的传播距离 D (km) 可取天气图上风区下沿中点 O 至计算点 p 间的距离。

5.2.4 当风浪与涌浪或涌浪与涌浪等两系列波浪相遇时形成混合浪，其波高 H 可近似地按下式计算：

$$H = \sqrt{H_1^2 + H_2^2} \quad (5.2.4)$$

式中 H_1 、 H_2 ——分别为两系列波浪的波高 (m)。

5.2.5 由台风产生的波浪要素可按合适的数值方法计算。

5.3 风浪方向谱的计算

5.3.1 风浪的方向谱可按下式表示：

$$S(f, \theta) = S_q(f)G(f, \theta) \quad (5.3.1)$$

式中 $S(f, \theta)$ ——风浪方向谱 ($m^2 \cdot s/^\circ$)；

f ——频率 (s^{-1});

θ ——波浪传播方向与主波向的夹角 ($^{\circ}$);

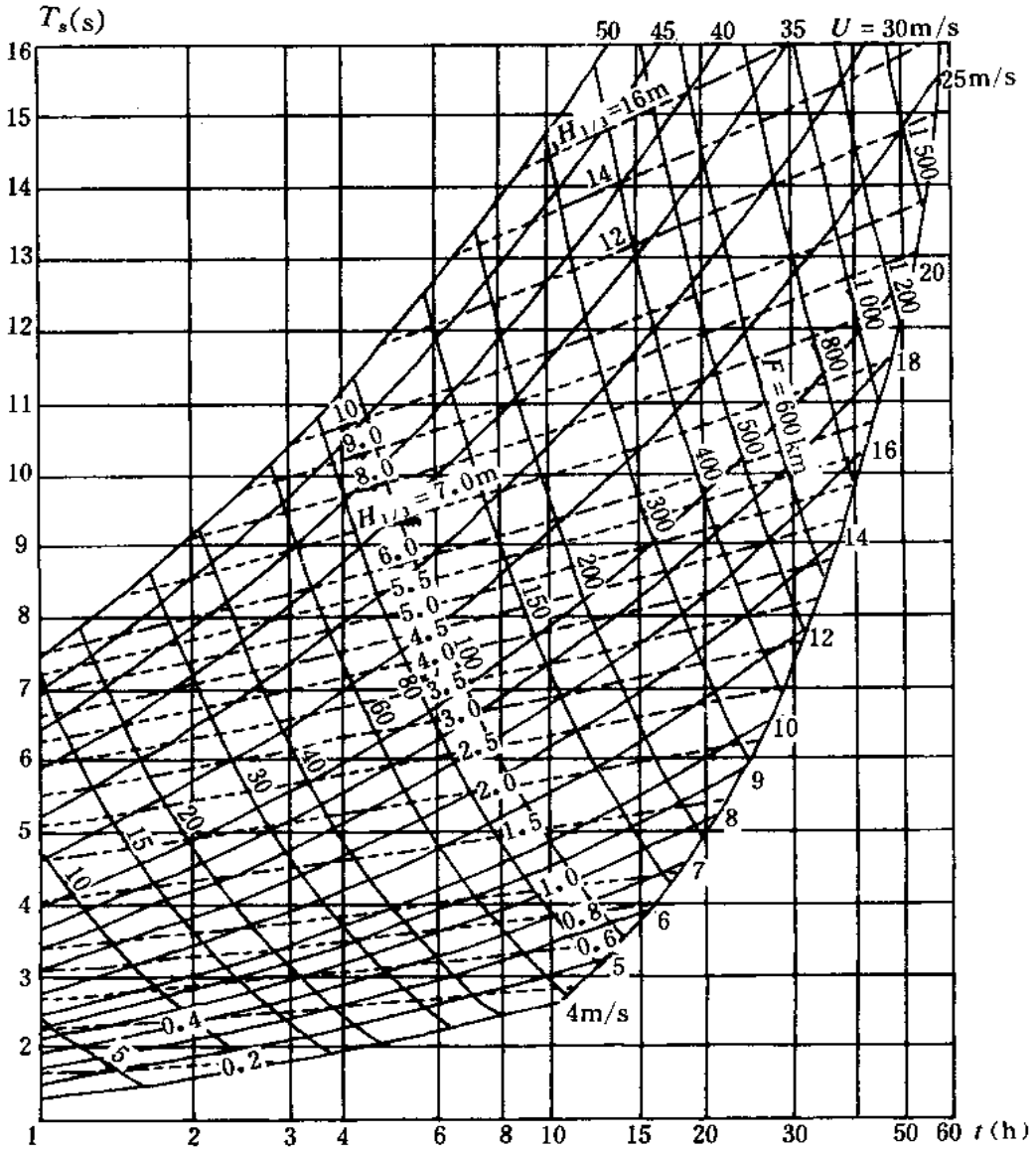


图 5.2.1 深水风浪要素计算图

注：查图方法：于横坐标上自给定的风时 t 向上引垂直线与相应的 U 线相交，读取风区值，此风区为上述 U 和 t 相对应的最小风区 F_{min} ，如给定的风区 $F > F_{min}$ ，则由上述交点处读取有效波波高 H ，并自此点向左引水平线与左侧纵坐标相交，读取有效波周期 T 。如 $F < F_{min}$ ，则由给定的 U 和 F 相对应的交点读取有效波波高 H ，然后自此点向左引水平线与纵坐标相交，读取有效波周期 T 。

$S_{\eta}(f)$ ——风浪频谱 ($\text{m}^2 \cdot \text{s}$);
 $G(f, \theta)$ ——方向分布函数。

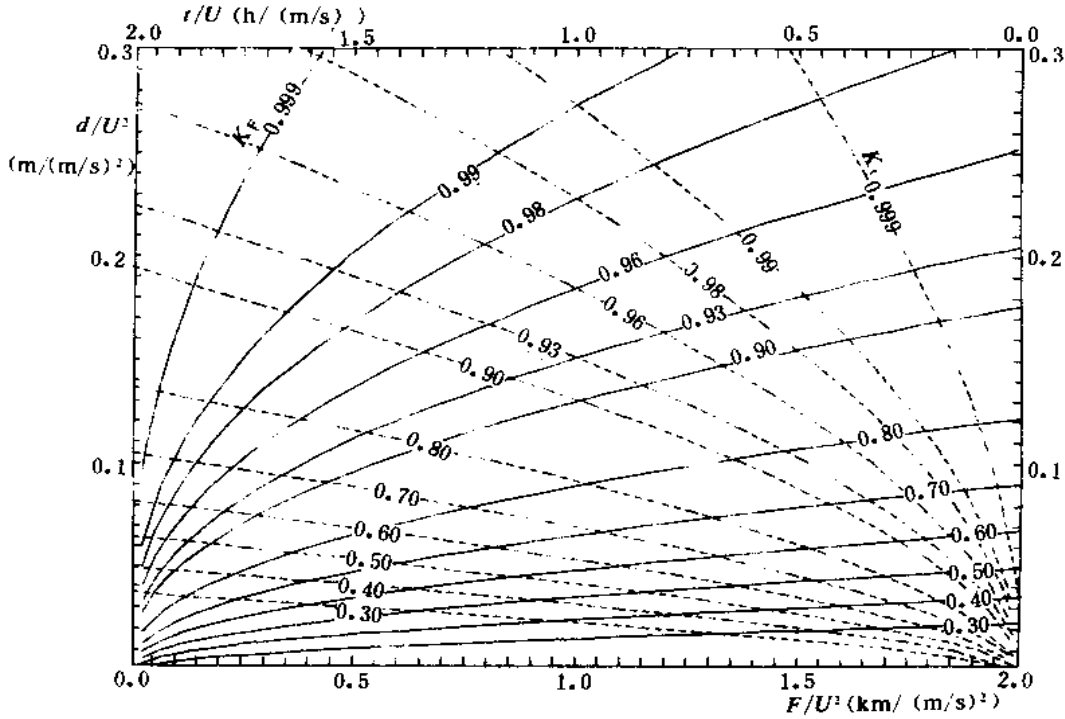


图 5.2.2 K_i 及 K_F 图

5.3.2 风浪频谱按下列规定确定。

5.3.2.1 对于深水水域,当已知有效波高和有效波周期时,风浪频谱可按下列公式计算:

$$S_{\eta}(f) = 0.0687 H_{1/3}^2 T_s P \exp \left\{ -95 \left[\ln \frac{P}{1.522 - 0.245P + 0.00292P^2} \right] \right. \\ \left. \times (1.1T_s f - 1)^{12/5} \right\} \quad \text{当 } 0 \leq f \leq 1.05 \frac{1}{T_s} \quad (5.3.2-1)$$

$$S_{\eta}(f) = 0.0824 \frac{H_{1/3}^2}{T_s^3} (1.522 - 0.245P + 0.00292P^2) \frac{1}{f^4} \\ \text{当 } f > 1.05 \frac{1}{T_s} \quad (5.3.2-2)$$

$$P = 95.3 \frac{H_{1/3}^{1.35}}{T_s^{2.7}}, 1.54 \leq P < 6.77 \quad (5.3.2-3)$$

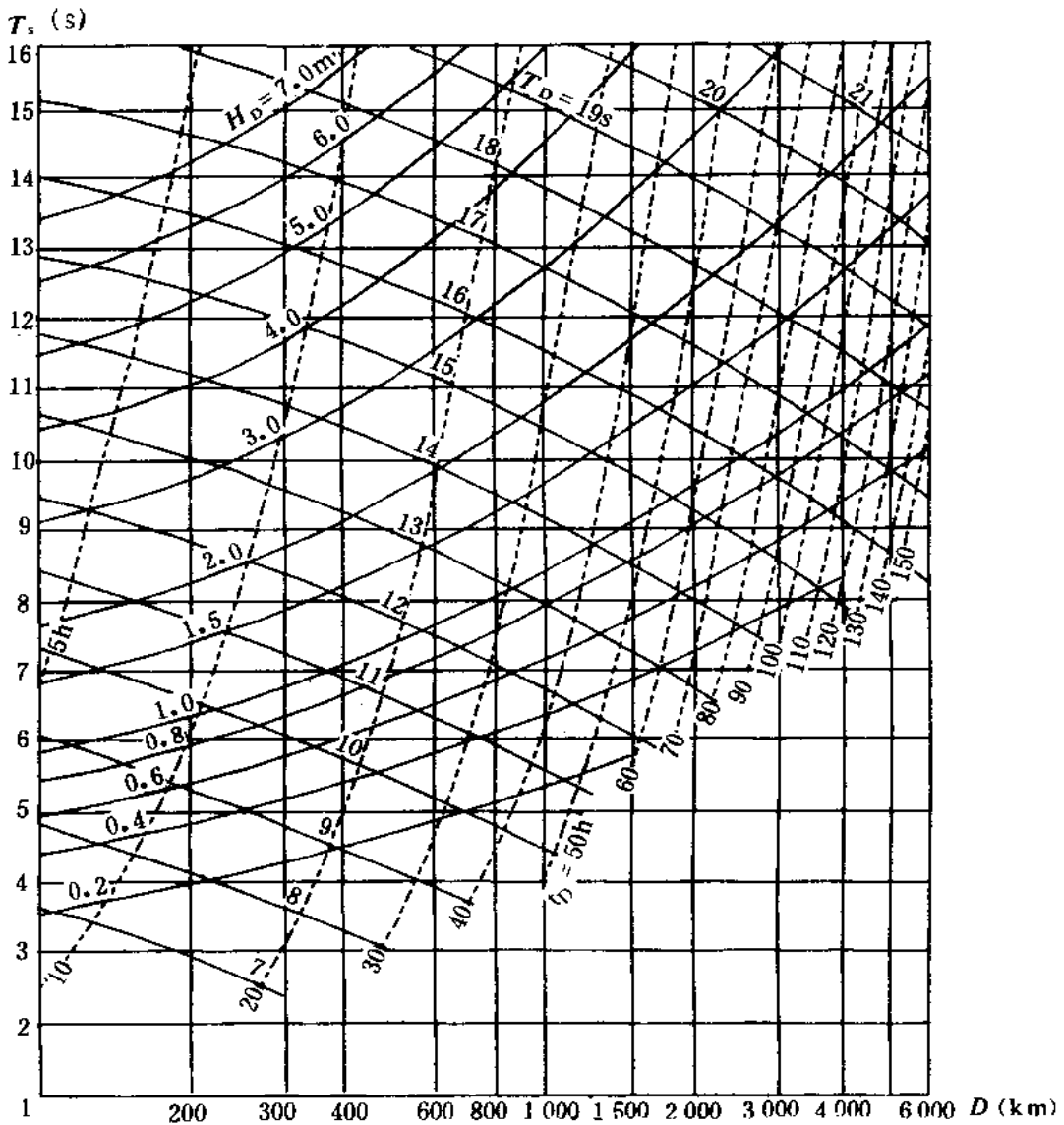


图 5.2.3 涌浪要素计算图

注：查图方法：于左侧纵轴上自给定的风浪有效波周期 T 向右引水平线，与于横轴上自给定的传播距离 D 向上引的垂直线相交，由通过交点的 H_D 线， T_D 线及 t_D 线或其内插值读取涌浪的有效波高 $H_D(m)$ ，有效波周期 $T_D(s)$ 及传播时间 $t_D(h)$ 。

式中 $H_{1/3}$ ——有效波高(m)；

T_s ——有效波周期(s)；

P ——谱尖度因子。

波高水深比应满足式(5.3.2-4)。

$$H^* = 0.626 \frac{H_{1/3}}{d} \leq 0.1 \quad (5.3.2-4)$$

式中 H^* ——波高水深比的一个参数；

d ——水深(m)。

5.3.2.2 当 $0.5 \geq H^* > 0.1$ 时,为有限深度水域,以 $H_{1/3}$ 和 T_s 为参数的风浪频谱可按下列公式计算:

$$S_\eta(f) = 0.0687 H_{1/3}^2 T_s P \exp \left\{ -95 \left[\ln \frac{P(5.813 - 5.137H^*)}{(6.77 - 1.088P + 0.013P^2)(1.307 - 1.426H^*)} \right] (1.1T_s f - 1)^{12/5} \right\}$$

当 $0 \leq f \leq 1.05 \frac{1}{T_s}$ (5.3.2-5)

$$S_\eta(f) = 0.0687 H_{1/3}^2 T_s \frac{(6.77 - 1.088P + 0.013P^2)(1.307 - 1.426H^*)}{5.813 - 5.137H^*} \left(\frac{1.05}{fT_s} \right)^m$$

当 $f > 1.05 \frac{1}{T_s}$ (5.3.2-6)

$$m = 2(2 - H^*) \quad (5.3.2-7)$$

$$P = 95.3 \frac{H_{1/3}^{1.35}}{T_s^{2.7}}, \quad 1.27 \leq P < 6.77 \quad (5.3.2-8)$$

5.3.2.3 对于深水水域,如已知波浪谱的零阶矩、谱峰频率和谱尖度因子,风浪频谱可按下列公式计算:

$$S_\eta(f) = \frac{m_0 P}{f_p} \exp \left\{ -95 \left[\ln \frac{P}{1.522 - 0.245P + 0.00292P^2} \right] \left(\frac{f}{f_p} - 1 \right)^{12/5} \right\}$$

当 $0 \leq f \leq 1.15f_p$ (5.3.2-9)

$$S_\eta(f) = 1.749 m_0 f_p^3 (1.522 - 0.245P + 0.00292P^2) \frac{1}{f^4}$$

当 $f > 1.15f_p$ (5.3.2-10)

$$P = \frac{f_p S_\eta(f_p)}{m_0}, 1.54 \leq P \leq 6.77 \quad (5.3.2-11)$$

式中 m_0 ——波浪谱的零阶矩(m^2);

f_p ——谱峰频率(s^{-1})。

5.3.2.4 对于有限深度水域,以波浪谱的零阶矩和谱峰频率为参数的风浪频谱可按下列公式计算:

$$S_{\eta}(f) = \frac{m_0 P}{f_p} \exp \left\{ -95 \left[\ln \frac{P(5.813 - 5.137H^*)}{(6.77 - 1.088P + 0.013P^2)(1.307 - 1.426H^*)} \right] \left(\frac{f}{f_p} - 1 \right)^{12/5} \right\} \quad (5.3.2-12)$$

当 $0 \leq f \leq 1.15f_p$

$$S_{\eta}(f) = \frac{m_0}{f_p} \frac{(6.77 - 1.088P + 0.013P^2)(1.307 - 1.426H^*)}{5.813 - 5.137H^*} \left(1.15 \frac{f_p}{f} \right)^m \quad \text{当 } f > 1.15f_p \quad (5.3.2-13)$$

$$P = \frac{f_p S_{\eta}(f_p)}{m_0}, \quad 1.27 \leq P \leq 6.77 \quad (5.3.2-14)$$

注:当谱的尖度因子不满足上述条件时,可采用其它合适的风浪频谱形式。

5.3.3 风浪的方向分布函数可按下列规定确定。

5.3.3.1 当有条件考虑波陡影响时,方向分布函数按下列公式计算:

$$G(f, \theta) = G_0(s) \cos^{2s} \frac{\theta}{2} \quad (5.3.3-1)$$

$$G_0(s) = \frac{1}{\pi} 2^{2s-1} \frac{\Gamma^2(s+1)}{\Gamma(2s+1)} \quad (5.3.3-2)$$

$$\left. \begin{aligned} s &= s_{\max} (f/f_p)^{2.5} & f \leq f_p \\ s &= s_{\max} (f/f_p)^{-2.5} & f \geq f_p \end{aligned} \right\} \quad (5.3.3-3)$$

$$s_{\max} = 0.13(H_{1/3}/L_s)^{-1.28} \quad (5.3.3-4)$$

式中 $G_0(s)$ ——方向分布函数中的系数;

s ——方向分布集中度参数;

Γ ——伽玛函数;

f_p ——频谱的谱峰频率(s^{-1});

θ ——波浪传播方向与主波向的夹角,其变化范围为 $\pm \pi/2$;

$H_{1/3}$ ——有效波波高(m);

L_s ——有效波波长(m)。

5.3.3.2 当无条件考虑波陡的影响时,方向分布函数按下列公式计算:

$$G(f, \theta) = \frac{1}{2} \beta \operatorname{sech}^2 \beta \theta \quad (5.3.3-5)$$

$$\beta = 2.61(f/f_p)^{1.3} \quad 0.56 \leq f/f_p \leq 0.95$$

$$\beta = 2.28(f/f_p)^{-1.3} \quad 0.95 < f/f_p \leq 1.6 \quad (5.3.3-6)$$

$$\beta = 1.24 \quad f/f_p < 0.56 \text{ 或 } f/f_p > 1.6$$

式中 β ——系数。

6 近岸波浪要素的计算

6.1 波浪折射的计算

6.1.1 对规则波进行折射计算时,可采用第 6.1.3~6.1.6 条的方法绘制折射图或进行规则波折射的数值计算,确定波高和波向的变化。

当具备不规则波折射计算条件时,可采用数值方法确定波要素的变化。计算中使用的海浪谱由第 5.3 节确定。频率和方向的分割数应保证计算结果的精度和稳定性。

6.1.2 当波浪折射水域有岛屿或海岬时,尚应考虑波浪的绕射作用。当港口口门外有较长而深的外航道时,应考虑外航道对波浪折射和绕射的作用。

6.1.3 对于海岸附近的波浪,应根据设计要求,按不同波向、周期和水位,绘制一系列的波浪折射图来分析其要素的变化。绘制折射图时的波浪周期可采用平均周期。

6.1.4 绘制波浪折射图的起始水深,按下列规定执行。

6.1.4.1 涌浪的折射图的起始水深 d 通常为 $1/2$ 深水波长 L_0 。对于平均周期约为 $6\text{s}\sim 10\text{s}$ 的涌浪,当折射图起始处等深线的平均走向与波峰线间的夹角 $\alpha\leq 30^\circ$ 时, d 可近似取 $L_0/6$;当 $30^\circ<\alpha\leq 45^\circ$ 时, d 可近似取 $L_0/4$ 。

6.1.4.2 对于平均周期约为 $6\text{s}\sim 10\text{s}$ 的风浪,其折射图的起始水深可按表 6.1.4 确定。

6.1.4.3 当海港工程附近有波浪实测资料或根据第 4 章的方法得出的统计资料时,可用这些资料相应的水深作为折射图的起

始水深。

风浪折射图起始水深 d

表 6.1.4

| | | | |
|--------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| $\alpha(^{\circ})$ | ≤ 30 | 31~45 | 45~60 |
| $d(\text{m})$ | $\frac{L_0}{10}$ | $\frac{L_0}{7}$ | $\frac{L_0}{5}$ |

6.1.5 绘制波浪折射图按下列规定执行。

6.1.5.1 当绘制折射图的水域范围较大时,可对离岸较远的水域用小比例尺地形图;对离岸较近的水域用大比例尺地形图。不同比例尺的折射图应互相衔接,使不同比例尺的两张图上同一位置的波向一致。小比例尺的地形图可用海图,工程附近的水域宜采用新测的地形图。绘制折射图前,应将地形图上有局部凹凸的等深线修整为比较平滑的曲线。

6.1.5.2 等深线间隔为相邻两等深线间的水深差值,应随水深的减小而减小,其数值可按表 6.1.5 确定。对于变化较小的水下地形,可取表中的大值;对于复杂的水下地形,可取表中的小值。

不同水深的等深线间隔

表 6.1.5

| | | | | | |
|----------|---------|--------|-------|-------|-----|
| 水深范围(m) | 200~100 | 100~50 | 50~20 | 20~10 | <10 |
| 等深线间隔(m) | 20~10 | 10~5 | 5~2 | 2~1 | 1 |

6.1.5.3 在绘制折射图时将周期作为定值。对每条等深线用深水波长 L_0 计算出相对水深 d/L_0 , 水深 d 可取各计算水位时的实际水深,然后由附录 G 查出对应的波速比 C/C_0 , C_0 为深水波速,再由此波速比计算相邻两等深线的波速比 C_1/C_2 , C_1 、 C_2 分别为前后两等深线相应的波速。

6.1.6 当波向线与等深线间的夹角很小,如图 6.1.6-1 所示,用一般方法绘制折射图有困难时,可用以下步骤绘制波向线。

- (1) 将相邻两等深线 C_1 和 C_2 间的区域划分为几个小区域, 小区域的长度 R 可取为该处等深线间宽度 J 的整数倍;
- (2) 将已知波向线延长至第一小区域的点 P_1 , P_1 约在此小区域长度 R_1 的中间位置;
- (3) 由波速比 C_2/C_1 和第一小区域的比值 R_1/J_1 , 在图 6.1.6-2 上读取在此小区域内的波向线转角 $\Delta\alpha_1$;
- (4) 自 P_1 引出与已知波向线成 $\Delta\alpha_1$ 角的新波向线, 并延长至第二小区域长度 R_2 的中间位置 P_2 ;
- (5) 重复上述的作图步骤, 至得出波向线与等深线间有较大的夹角, 再用一般方法继续作图。

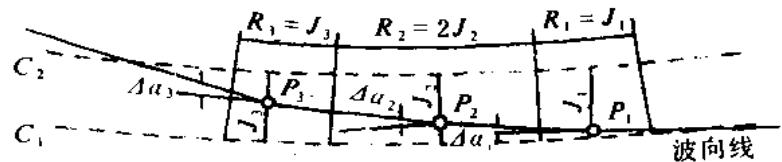


图 6.1.6-1 α 角很大时波浪折射图的绘制

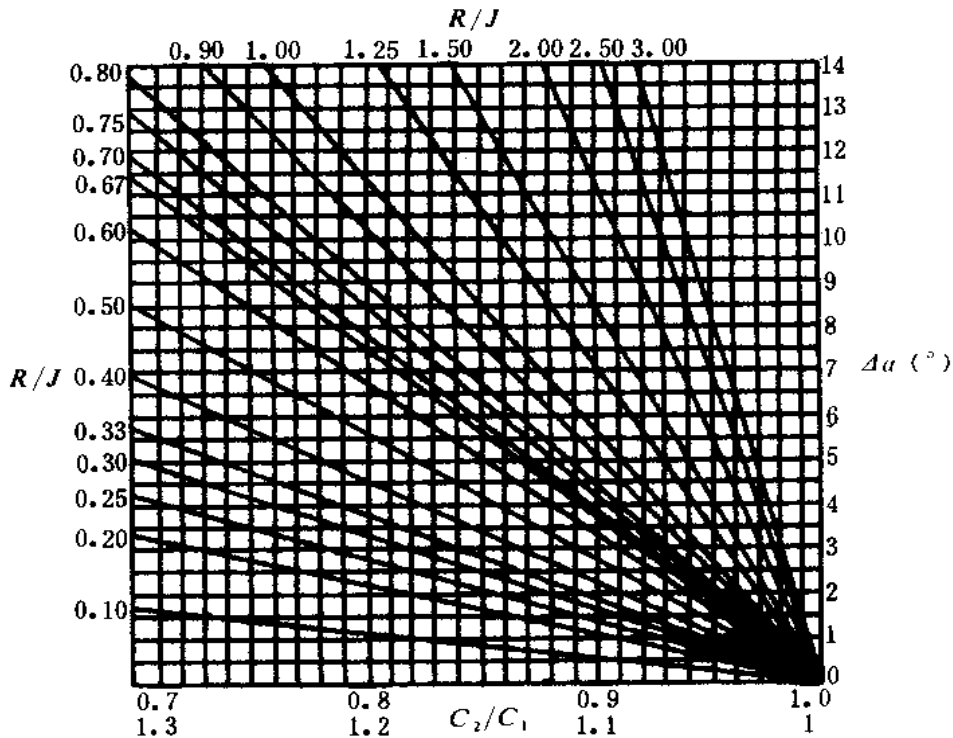


图 6.1.6-2 波向线转角 $\Delta\alpha$ 计算图

6.2 近岸波高的计算

6.2.1 根据波浪折射图确定近岸波高可按下列规定执行：

6.2.1.1 当折射图自 d 为 $L_0/2$ 的深水区作起时，计算点的波高按下列公式计算：

$$H = K_r K_s H_0 \quad (6.2.1-1)$$

$$K_r = \sqrt{\frac{b_0}{b}} \quad (6.2.1-2)$$

$$K_s = \frac{H}{H_0} \quad (6.2.1-3)$$

式中 H ——计算点的波高 (m)；

H_0 ——深水波高 (m)；

K_r ——折射系数；

b_0 ——深水区相邻两波向线的宽度 (m)；

b ——计算点附近相邻两波向线间的宽度，若计算点附近几条波向线分布的密度很不均匀，可取几条波向线间的平均宽度；

K_s ——浅水系数，可在附录 G 中由相对水深 d/L_0 查得；

H_0 ——计算深水波高 (m)。

6.2.1.2 当折射图自浅水区的某一水深 d_1 作起时，计算点的波高按下式计算：

$$H = \sqrt{\frac{b_1}{b}} \cdot \frac{K_{sp}}{K_{s1}} H_1 \quad (6.2.1-4)$$

式中 b_1 ——计算点附近的两条波向线在 d_1 处的宽度 (m)；

H_1 —— d_1 处的波高 (m)；

K_{sp} 、 K_{s1} ——分别为计算点和 d_1 处的浅水系数。

注：①按本条进行计算时，可采用平均波高。

②若波浪在浅水中的传播距离较长时，还应考虑水底摩擦对波高的影响。

6.2.2 破碎波高按下列规定确定。

6.2.2.1 规则波在浅水中发生破碎时，破碎波高 H_b 与破碎水

深 d_b 的比值可按图 6.2.2 确定。在图上求得不同水深 d 处的破碎波高 H_b ，即为该水深的极限波高。

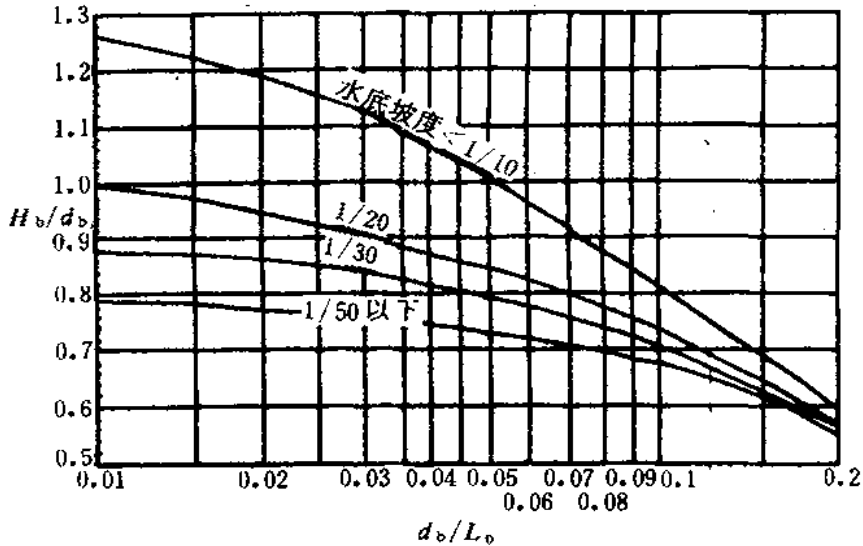


图 6.2.2 破碎波高与破碎水深比值

6.2.2.2 不规则波列中大于或等于有效波的波浪，其破碎波高与破碎水深的比值可按图 6.2.2 所得的破碎波高与破碎水深之比乘以 0.88 的系数，深水波长采用下式计算：

$$L_0 = 1.17\bar{T}^2 \quad (6.2.2)$$

式中 L_0 ——深水波长 (m)；

\bar{T} ——平均周期 (s)。

6.2.2.3 当海底坡度 $i < 1/140$ 时，波浪的破碎波高与破碎水深比值的最大值可按表 6.2.2 确定。

缓坡上破碎波高与破碎水深最大比值 表 6.2.2

| i | $\leq \frac{1}{1000}$ | $\frac{1}{500}$ | $\frac{1}{400}$ | $\frac{1}{300}$ | $\frac{1}{200}$ | $\frac{1}{140}$ |
|-------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $(H_b/d_b)_{max}$ | 0.60 | 0.60 | 0.61 | 0.63 | 0.69 | 0.78 |

6.3 波浪在水流作用下的变形计算

6.3.1 当需要考虑水流对波浪要素的影响时，可按本节所述方法计算。按本节进行计算时，可采用平均波高和平均周期。

6.3.2 当地形平坦,水流与波向平行时,波浪要素按下列规定确定。

6.3.2.1 流水中波长与静水中的波长之比按下列公式计算:

$$\frac{L}{L_s} = \frac{C}{C_s} = \frac{\operatorname{th}kd}{\left(1 - \frac{U_c}{C}\right)^2 \operatorname{th}k_s d} \quad (6.3.2-1)$$

$$k = \frac{2\pi}{L} \quad (6.3.2-2)$$

$$k_s = \frac{2\pi}{L_s} \quad (6.3.2-3)$$

式中 L 、 L_s ——分别为流水中和静水中的波长 (m);

C 、 C_s ——分别为流水中和静水中的波速 (m/s);

U_c ——水流的平均流速 (m/s),顺流为正,逆流为负;

k ——流水中的波数;

k_s ——静水中的波数。

L/L_s 可根据 d/gT_0^2 和 $U_c T_0/d$ 由图 6.3.2 查得。

6.3.2.2 流水中的波高与静水中的波高之比可按下列公式计算:

$$\frac{H}{H_s} = \left(1 - \frac{U_c}{C}\right)^{1/2} \left(\frac{L_s}{L}\right)^{1/2} \left(\frac{A_s}{A}\right)^{1/2} \left(1 + \frac{U_c}{C} \frac{2A_s}{A}\right)^{-1/2} \quad (6.3.2-4)$$

$$A = 1 + \frac{2kd}{\operatorname{sh}2kd} \quad (6.3.2-5)$$

$$A_s = 1 + \frac{2k_s d}{\operatorname{sh}2k_s d} \quad (6.3.2-6)$$

式中 H 、 H_s ——分别为流水中和静水中的波高 (m);

A ——流水中的波能传递率;

A_s ——静水中的波能传递率。

H/H_s 可根据 d/gT_0^2 和 $U_c T_0/d$ 由图 6.3.2 查得。

6.3.2.3 在以水流速 U_c 移动的坐标系中的波浪周期可按下列公式计算:

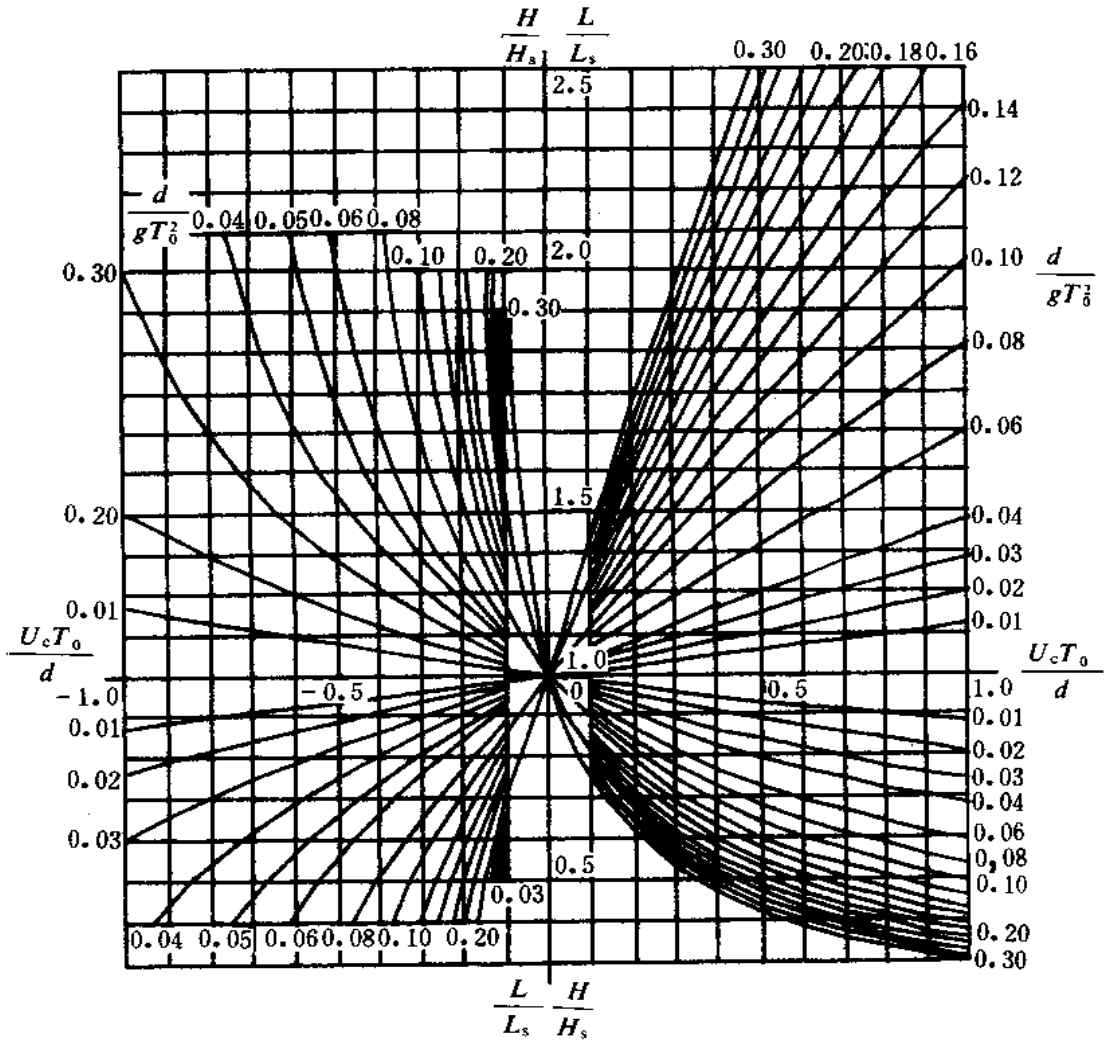


图 6.3.2 确定 L/L_s 和 H/H_s 的曲线

$$T_r = \sqrt{\frac{2\pi L}{gthkd}} \quad (6.3.2-7)$$

式中 T_r ——在以水流速 U_c 移动的坐标系中的波浪周期 (s)。

6.3.2.4 在逆流情况下,当变形后波陡超过极限波陡时,变形后的波高应按变形后的波长及极限波陡确定。

6.3.3 当 $d/gT_0^2 > 0.08$ 或可不考虑地形影响的情况下,在水流与波向斜交时,波浪要素按下列规定确定。

6.3.3.1 流水中与静水中波长之比可按下列式计算:

$$\frac{L}{L_s} = \frac{\sin\alpha}{\sin\alpha_s} = \left(1 - \frac{U_c \sin\alpha_s}{C_s}\right)^{-2} \frac{\text{tg}kd}{\text{tg}k_s d} \quad (6.3.3-1)$$

式中 α_s 、 α ——分别为静水中和流水中的波向与水流法线的夹角，即入射角和折射角。

L/L_s 可根据 α_s 、 d/gT_0^2 和 $U_c T_0/d$ 由图 6.3.3-1、图 6.3.3-2 查得。

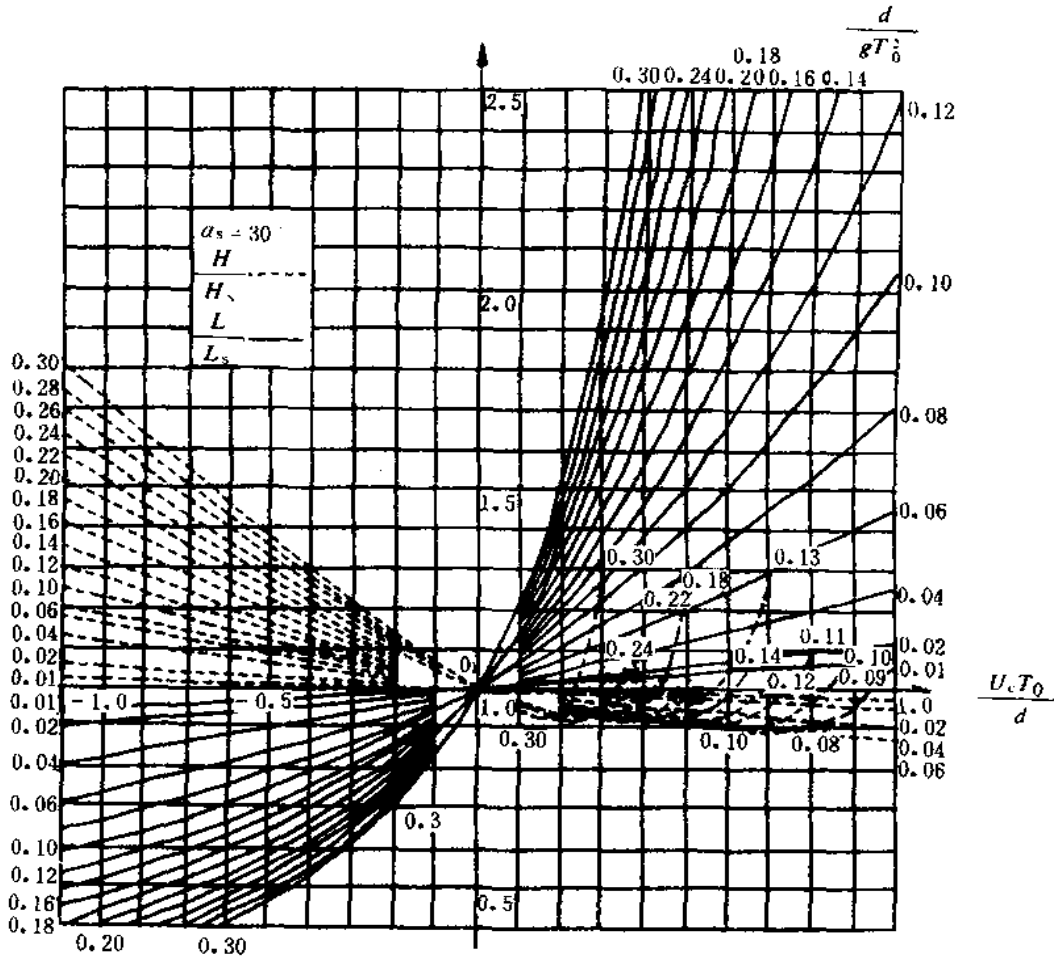


图 6.3.3-1 $\alpha_s = 30^\circ$ 确定 H/H_s 和 L/L_s 的曲线

6.3.3.2 流水中和静水中波高之比可按下式计算：

$$\frac{H}{H_s} = \left(\frac{A_s}{A}\right)^{1/2} \left(\frac{L_s}{L}\right)^{1/2} \left(\frac{\cos \alpha_s}{\cos \alpha}\right)^{1/2} \quad (6.3.3-2)$$

H/H_s 可根据 α_s 、 d/gT_0^2 和 $U_c T_0/d$ 由图 6.3.3-1、图 6.3.3-2 查得。

6.3.3.3 波浪折射角可按下式计算：

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{L}{L_s} \sin \alpha_s\right) \quad (6.3.3-3)$$

式中 α ——折射角 ($^{\circ}$)。

6.3.3.4 周期 T_r 仍可按式 (6.3.2-7) 计算。

6.3.3.5 在 $60^{\circ} < \alpha_s < 90^{\circ}$ 的情况下, 逆流时可按 $\alpha_s = 60^{\circ}$ 计算; 顺流时, 可按 $\alpha_s = 90^{\circ}$ 按第 6.3.2 条进行计算。

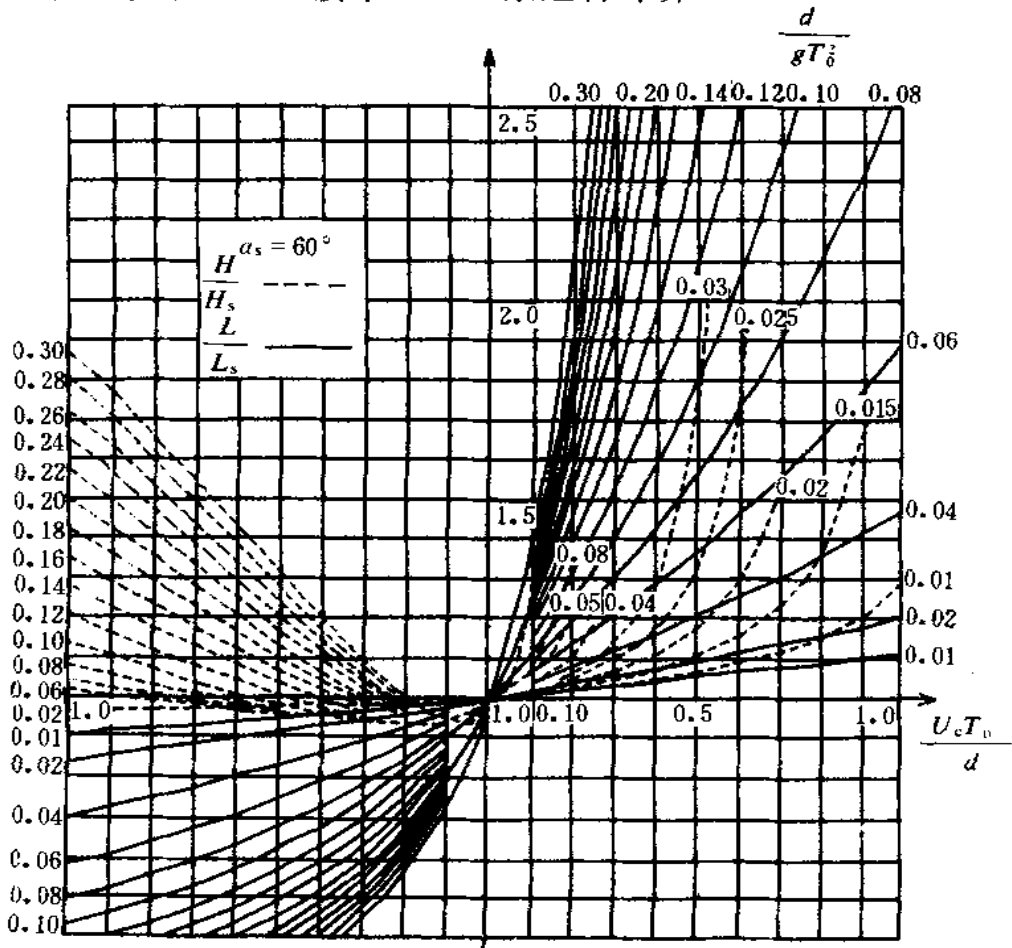


图 6.3.3-2 $\alpha_s = 60^{\circ}$ 时确定 H/H_s 和 L/L_s 的曲线

7 港内波浪要素的计算

7.1 一般规定

7.1.1 港内波浪要素可按本章的公式和图确定,有条件时可通过数学模型计算,对于重要港口应通过物理模型试验验证,且宜进行不规则波试验。

7.1.2 港内波浪要素的计算应以波浪绕射为主。对于下述情况还应分别考虑波浪折射、反射或局部风浪的影响。

7.1.2.1 当港内水深变化较大时,同时考虑绕射与折射。

7.1.2.2 当港域边界为直立墙或陡坡时,同时考虑绕射与反射。

7.1.2.3 当港域风区长度超过 1km 时,同时考虑绕射波与局部风浪的合成。

7.1.3 防波堤后某点的绕射波高可按下式计算。

$$H_d = K_d H_i \quad (7.1.2-1)$$

式中 H_d ——防波堤后某点的绕射波高 (m);

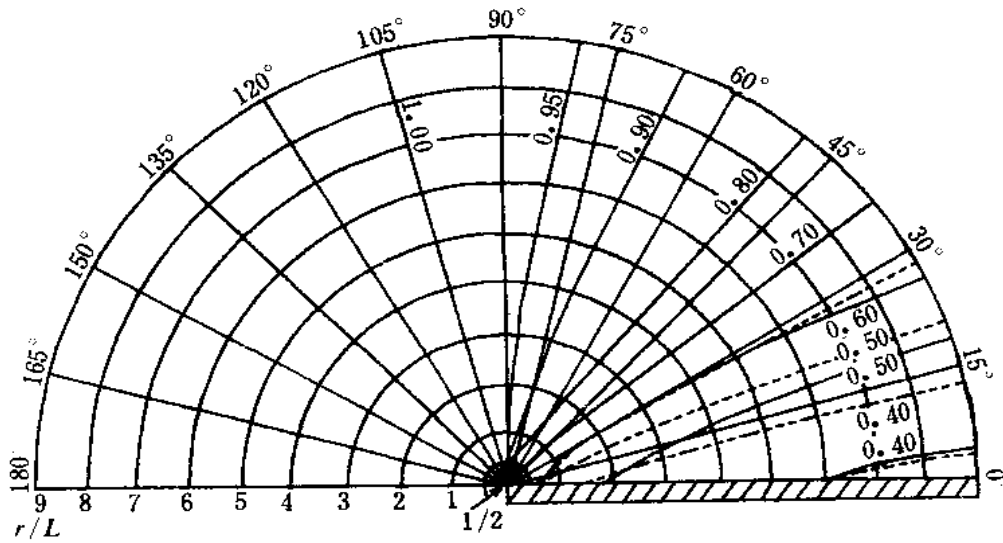
K_d ——防波堤后某点的绕射系数,规则波绕射系数按附录 H 确定;

H_i ——防波堤口门处入射波的波高 (m)。

注:绕射波高的波列累积频率与入射波高的相同。绕射区的波周期与口门处入射波周期相同。

7.2 不规则波绕射系数

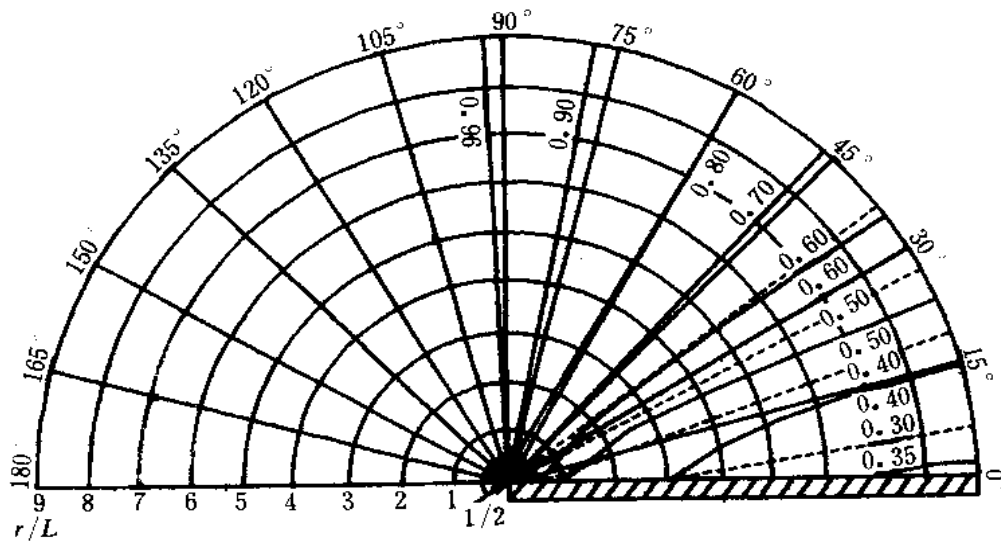
7.2.1 单突堤后不规则波绕射系数可按图 7.2.1-1 至图 7.2.1-8 确定。各图可内插。



$$G(\varphi) = (2/\pi) \cos^2 \varphi \begin{cases} K_r = 1.0 \text{ --- 直墙式单突堤} \\ K_r = 0.5 \text{ ---- 斜坡式单突堤} \end{cases}$$

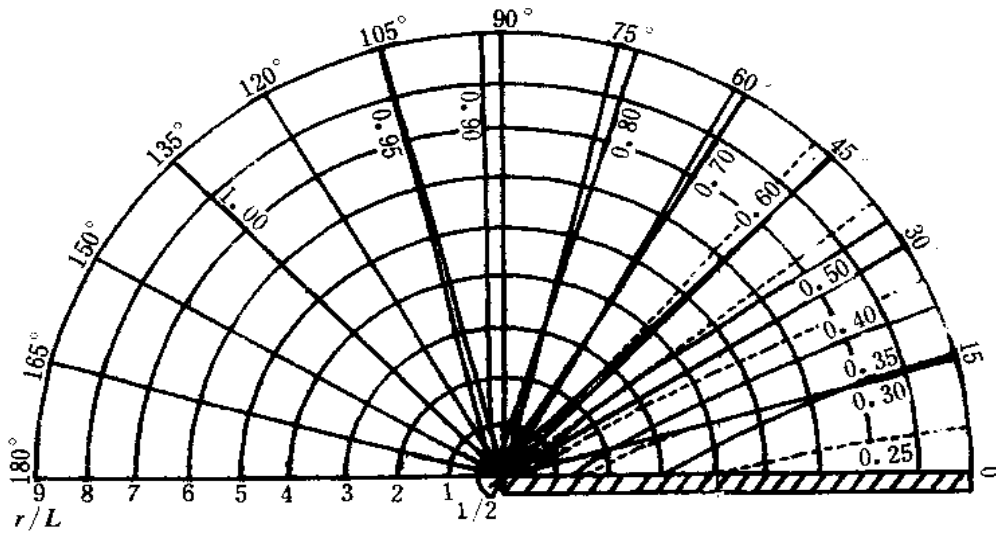
图 7.2.1-1 单突堤后不规则波绕射系数 ($\theta_0 = 30^\circ$)

图中 $r(m)$ 、 $\theta(^{\circ})$ 为计算点的极坐标, $L(m)$ 为波长, θ_0 为主波向与堤轴线所夹的角($^{\circ}$), 即主波入射角, $G(\varphi)$ 为方向分布函数, K_r 为堤的规则波反射系数。



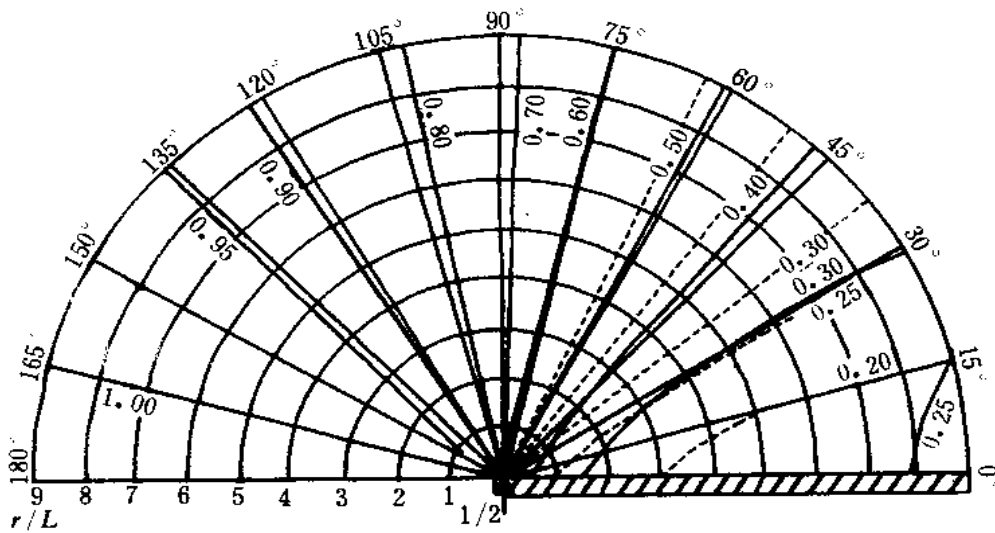
$$G(\varphi) = (2/\pi) \cos^2 \varphi \begin{cases} K_r = 1.0 \text{ --- 直墙式单突堤} \\ K_r = 0.5 \text{ ---- 斜坡式单突堤} \end{cases}$$

图 7.2.1-2 单突堤后不规则波绕射系数 ($\theta_0 = 45^\circ$)



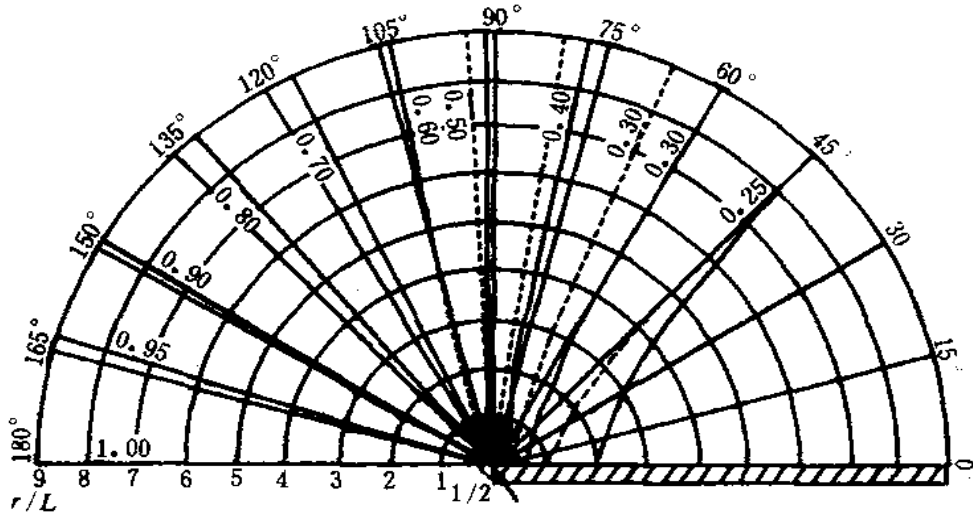
$$G(\varphi) = (2/\pi) \cos^2 \varphi \begin{cases} K_r = 1.0 \text{ --- 直墙式单突堤} \\ K_r = 0.5 \text{ \cdots\cdots 斜坡式单突堤} \end{cases}$$

图 7.2.1-3 单突堤后不规则波绕射系数 ($\theta_0 = 60^\circ$)



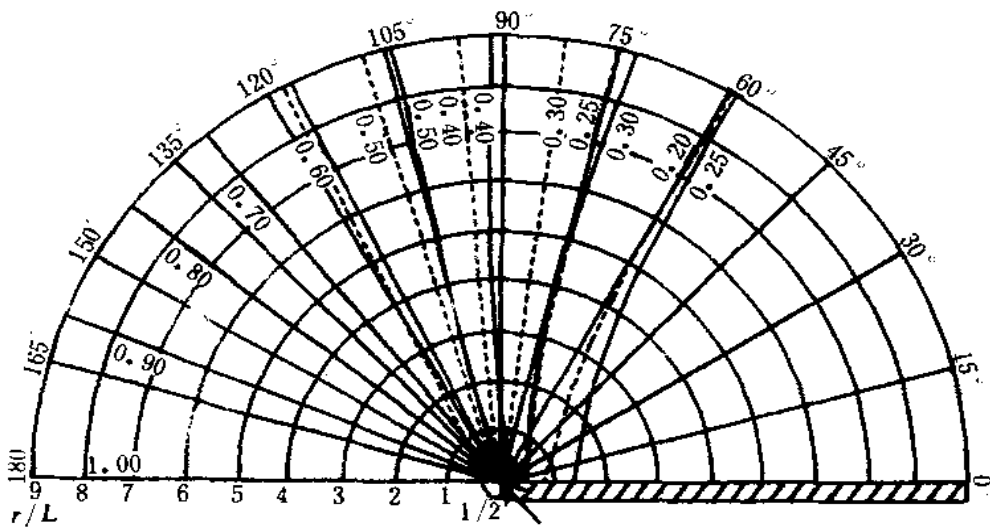
$$G(\varphi) = (2/\pi) \cos^2 \varphi \begin{cases} K_r = 1.0 \text{ --- 直墙式单突堤} \\ K_r = 0.5 \text{ \cdots\cdots 斜坡式单突堤} \end{cases}$$

图 7.2.1-4 单突堤后不规则波绕射系数 ($\theta_0 = 90^\circ$)



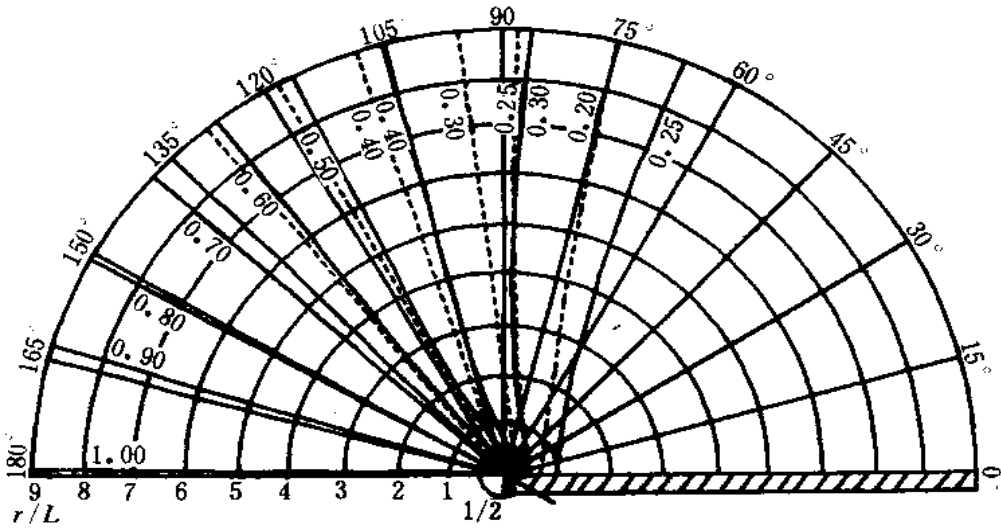
$$G(\varphi) = (2/\pi)\cos^2\varphi \begin{cases} K_r = 1.0 \text{ --- 直墙式单突堤} \\ K_r = 0.5 \text{ ---- 斜坡式单突堤} \end{cases}$$

图 7.2.1-5 单突堤后不规则波绕射系数 ($\theta_0 = 120^\circ$)



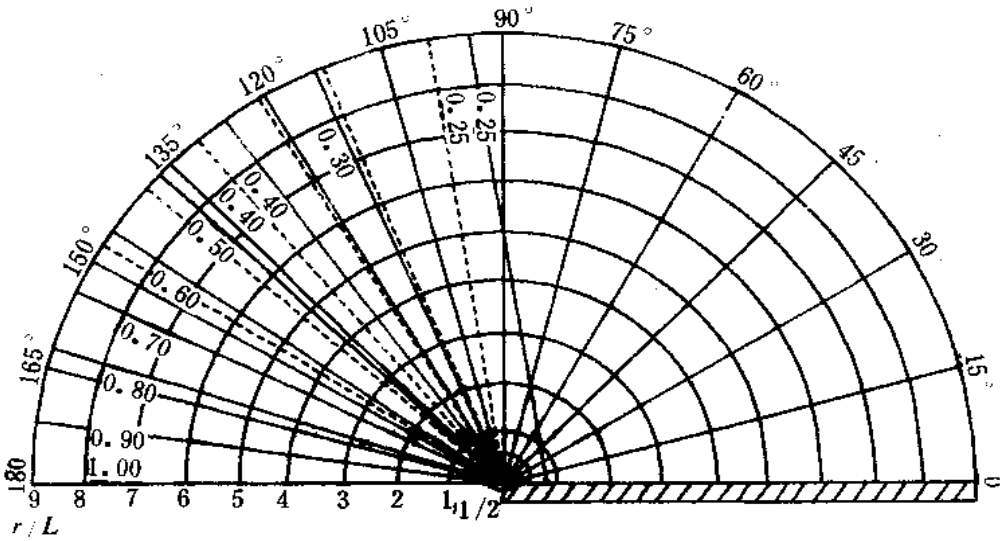
$$G(\varphi) = (2/\pi)\cos^2\varphi \begin{cases} K_r = 1.0 \text{ --- 直墙式单突堤} \\ K_r = 0.5 \text{ ---- 斜坡式单突堤} \end{cases}$$

图 7.2.1-6 单突堤后不规则波绕射系数 ($\theta_0 = 135^\circ$)



$$G(\varphi) = (2/\pi) \cos^2 \varphi \begin{cases} K_r = 1.0 \text{ --- 直墙式单突堤} \\ K_r = 0.5 \text{ \cdots\cdots 斜坡式单突堤} \end{cases}$$

图 7.2.1-7 单突堤后不规则波绕射系数 ($\theta_0 = 150^\circ$)

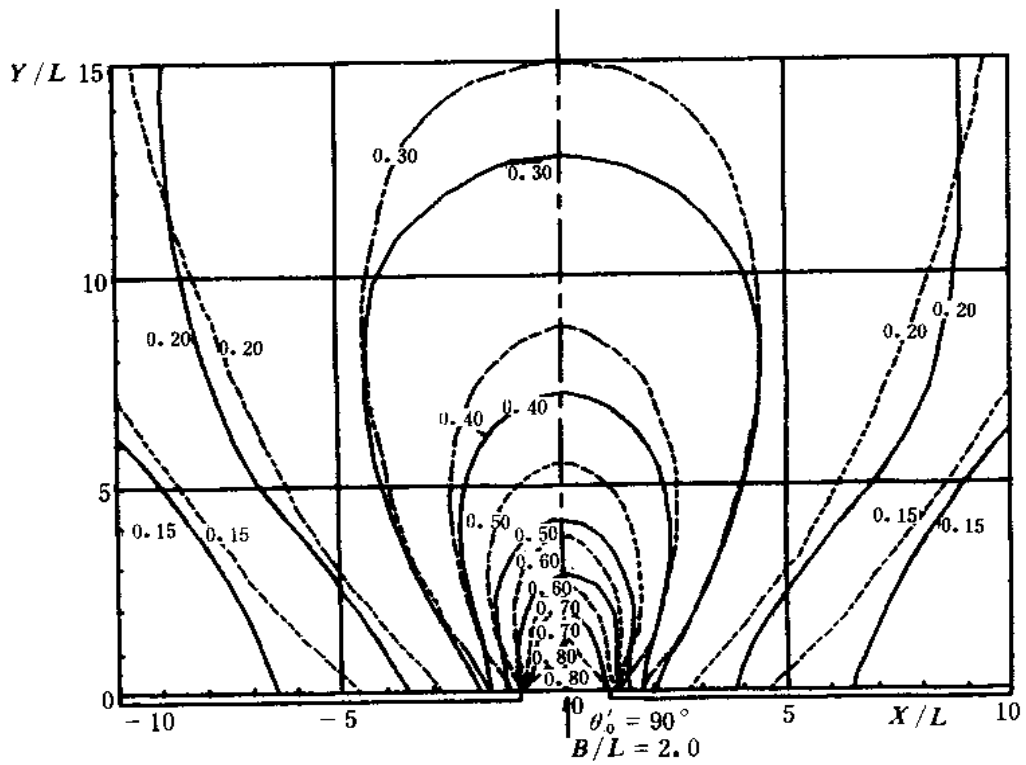


$$G(\varphi) = (2/\pi) \cos^2 \varphi \begin{cases} K_r = 1.0 \text{ --- 直墙式单突堤} \\ K_r = 0.5 \text{ \cdots\cdots 斜坡式单突堤} \end{cases}$$

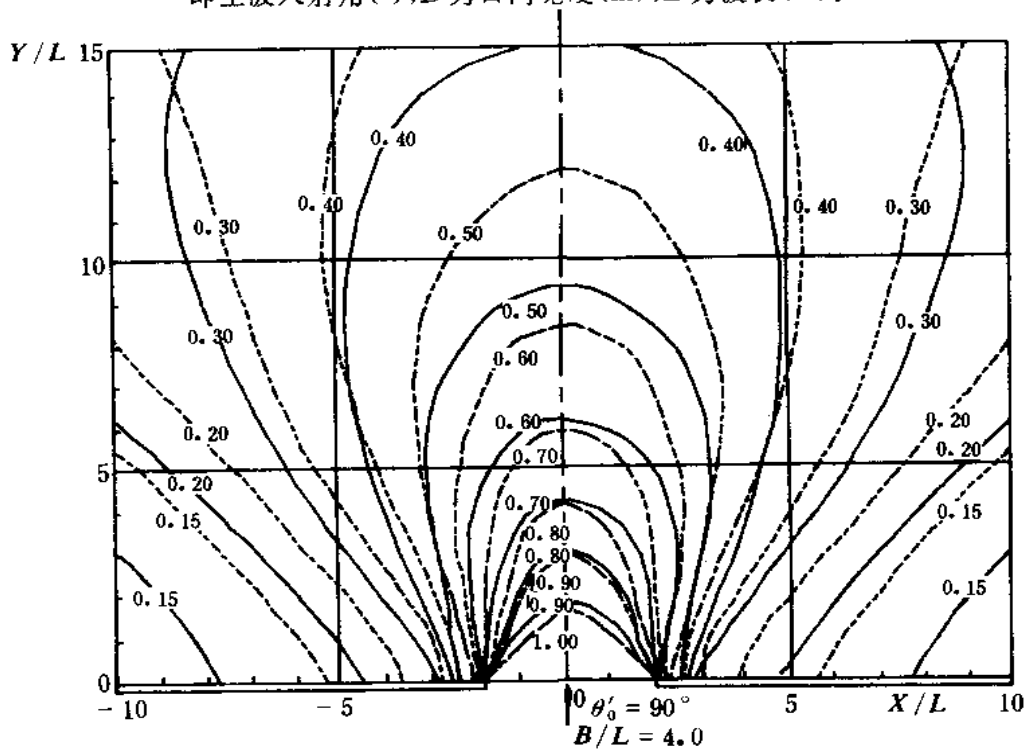
图 7.2.1-8 单突堤后不规则波绕射系数 ($\theta_0 = 180^\circ$)

7.2.2 双突堤后不规则波绕射系数,可按图 7.2.2-1 至图 7.2.2-8 确定。各图可内插。

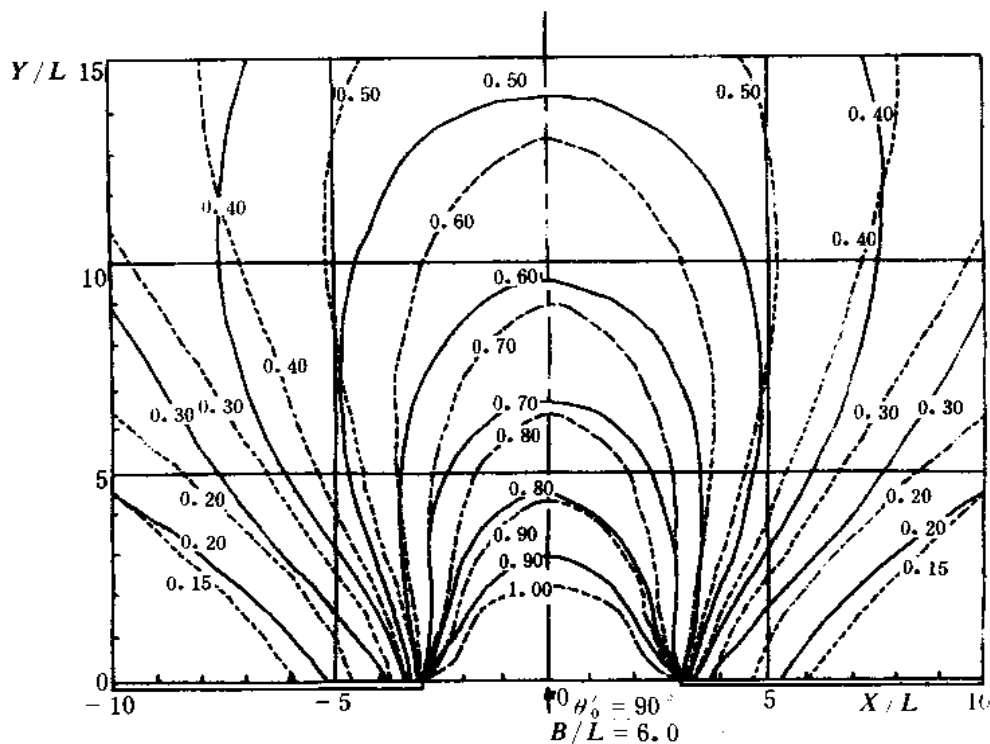
7.2.3 岛式防波堤后的不规则波绕射系数可按图 7.2.3-1 至图 7.2.3-9 确定。各图可内插。



— $G(\varphi) = (2/\pi)\cos^2\varphi$ - - - $G(\varphi) = (8/3\pi)\cos^4\varphi$
 图 7.2.2-1 双突堤后不规则波绕射系数 ($B/L=2.0, \theta_0=90^\circ$)
 图中 $x(m)$ 、 $y(m)$ 为计算点的直角坐标, θ_0 为主波向与口门轴线间的夹角($^\circ$),
 即主波入射角($^\circ$), B 为口门宽度(m), L 为波长(m).

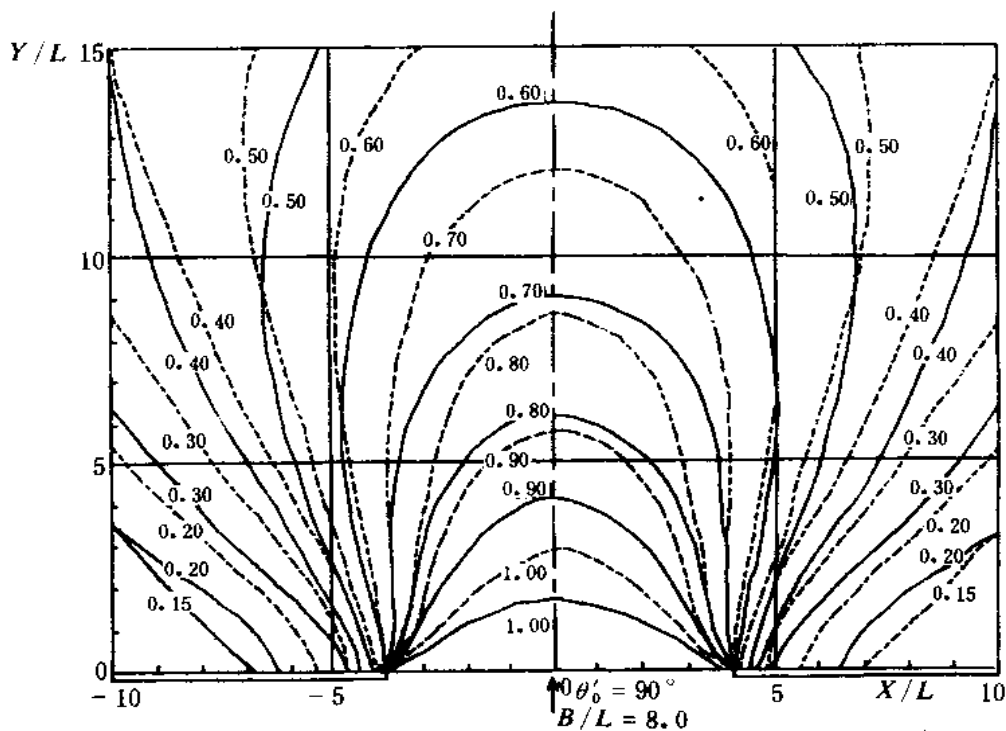


— $G(\varphi) = (2/\pi)\cos^2\varphi$ - - - $G(\varphi) = (8/3\pi)\cos^4\varphi$
 图 7.2.2-2 双突堤后不规则波绕射系数 ($B/L=4.0, \theta_0=90^\circ$)



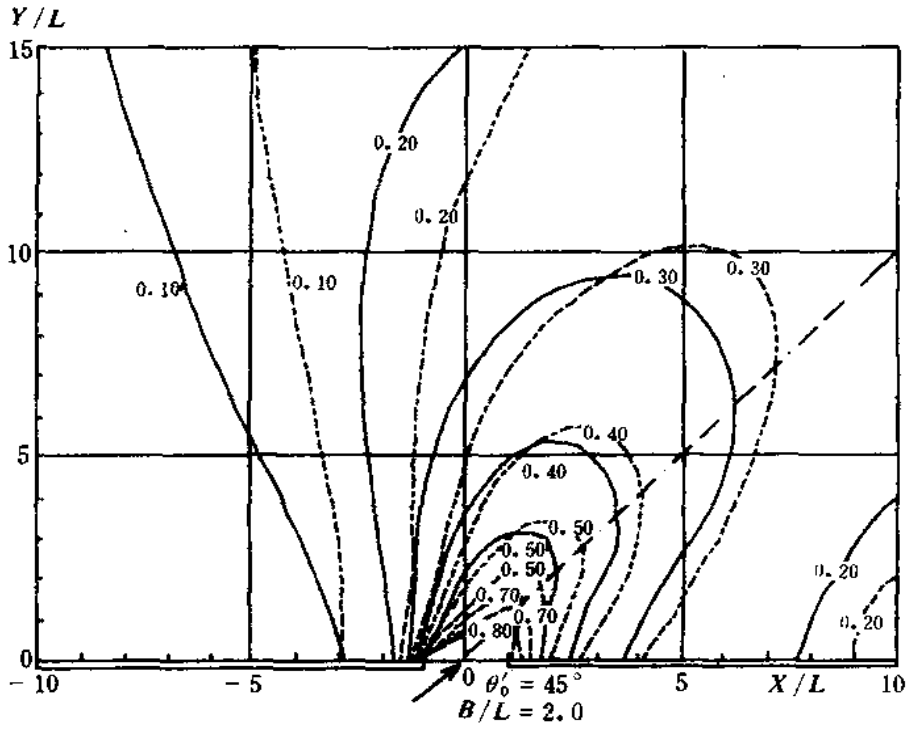
— $G(\varphi) = (2/\pi)\cos^2\varphi$ - - - $G(\varphi) = (8/3\pi)\cos^4\varphi$

图 7.2.2-3 双突堤后不规则波绕射系数 ($B/L=6.0, \theta_0=90^\circ$)

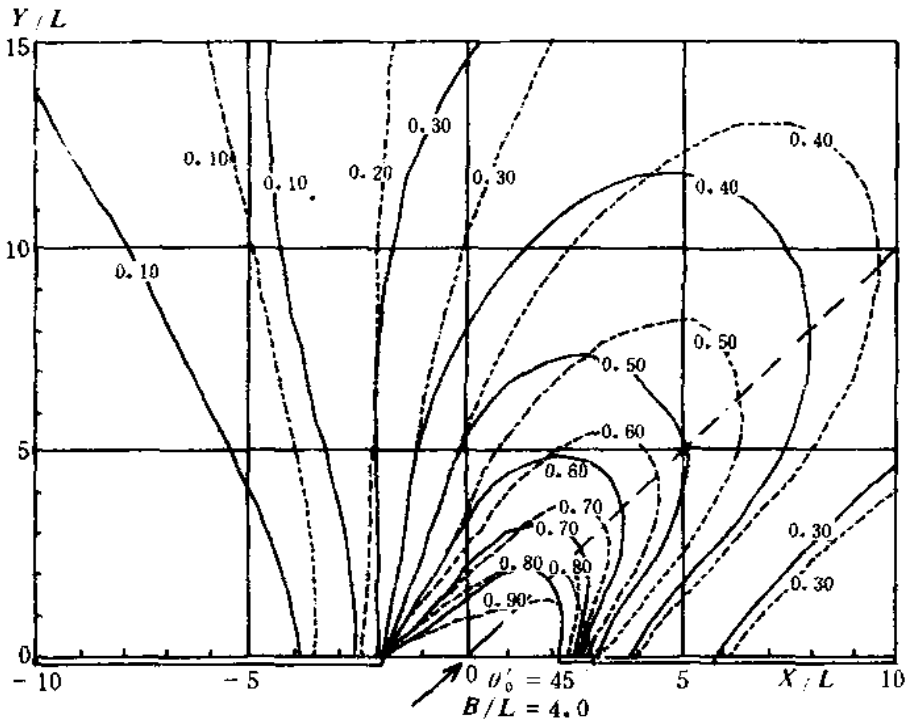


— $G(\varphi) = (2/\pi)\cos^2\varphi$ - - - $G(\varphi) = (8/3\pi)\cos^4\varphi$

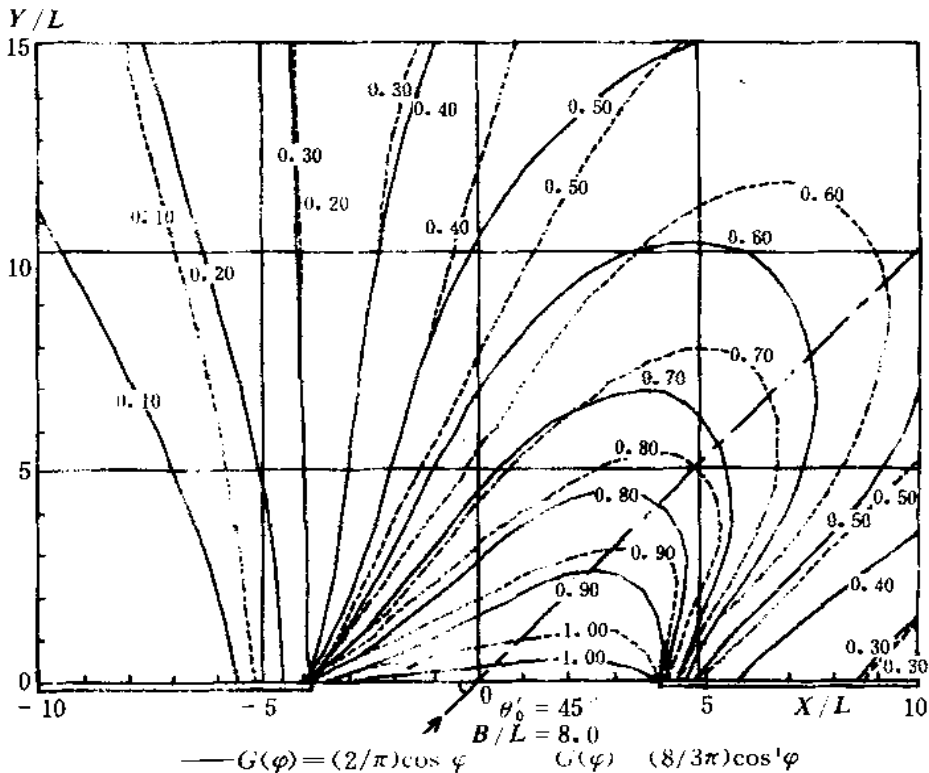
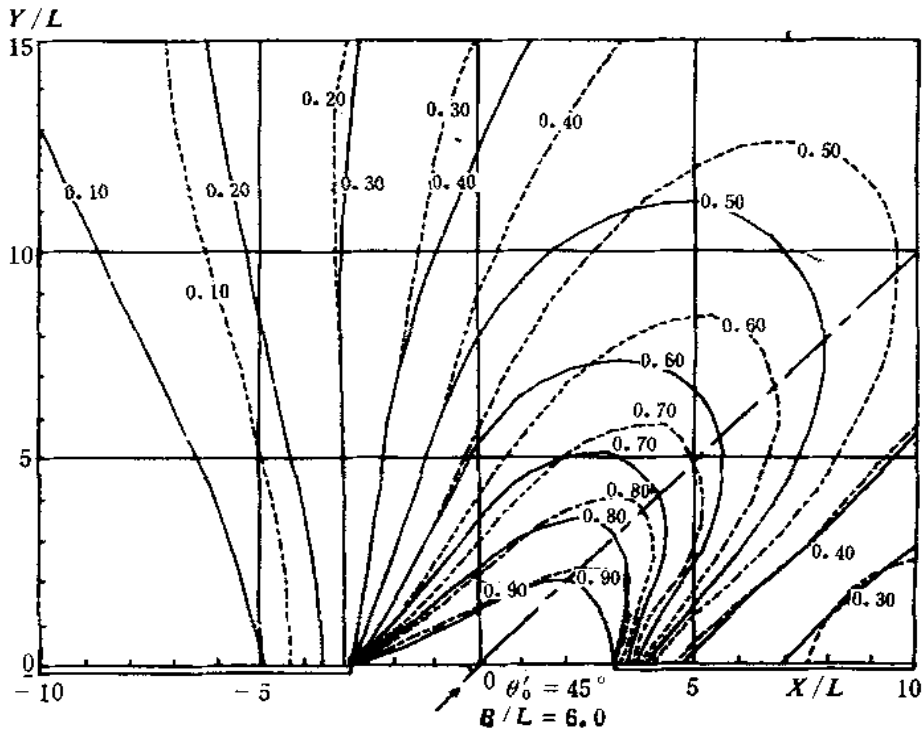
图 7.2.2-4 双突堤后不规则波绕射系数 ($B/L=8.0, \theta_0=90^\circ$)



— $G(\varphi) = (2/\pi)\cos^2\varphi$ - - - $G(\varphi) = (8/3\pi)\cos^4\varphi$
 图 7.2.2-5 双突堤后不规则波绕射系数 ($B/L=2, \theta_0=45^\circ$)



— $G(\varphi) = (2/\pi)\cos^2\varphi$ - - - $G(\varphi) = (8/3\pi)\cos^4\varphi$
 图 7.2.2-6 双突堤后不规则波绕射系数 ($B/L=4, \theta_0=45^\circ$)



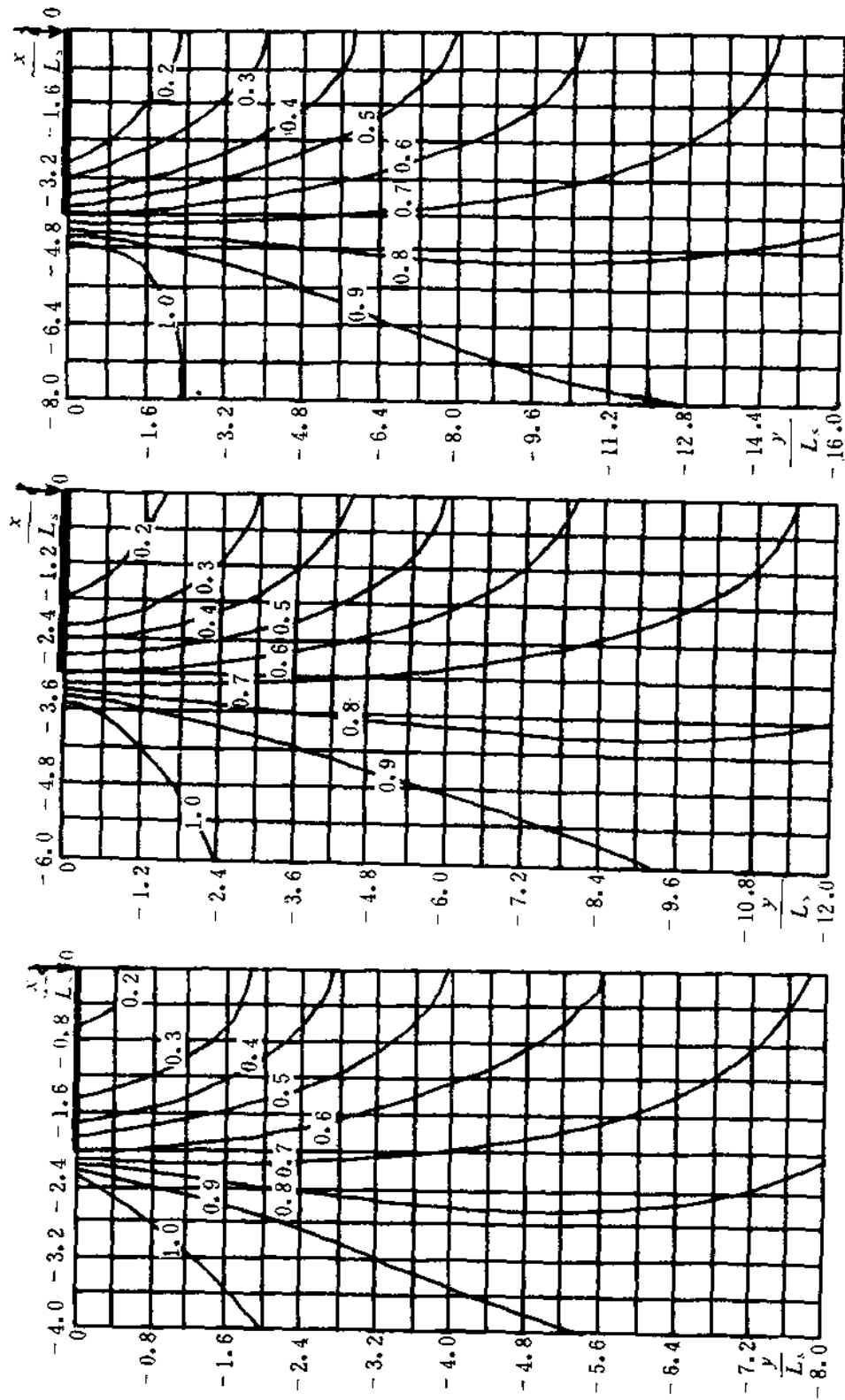


图 7.2.3-1 岛式防波堤后不规则波绕射系数 ($l/L_s=4, \theta_0=90^\circ$)
图中, L_s 为有效波长 (m); l 为堤长 (m)。

图 7.2.3-2 岛式防波堤后不规则波绕射系数 ($l/L_s=6, \theta_0=90^\circ$)

图 7.2.3-3 岛式防波堤后不规则波绕射系数 ($l/L_s=8, \theta_0=90^\circ$)

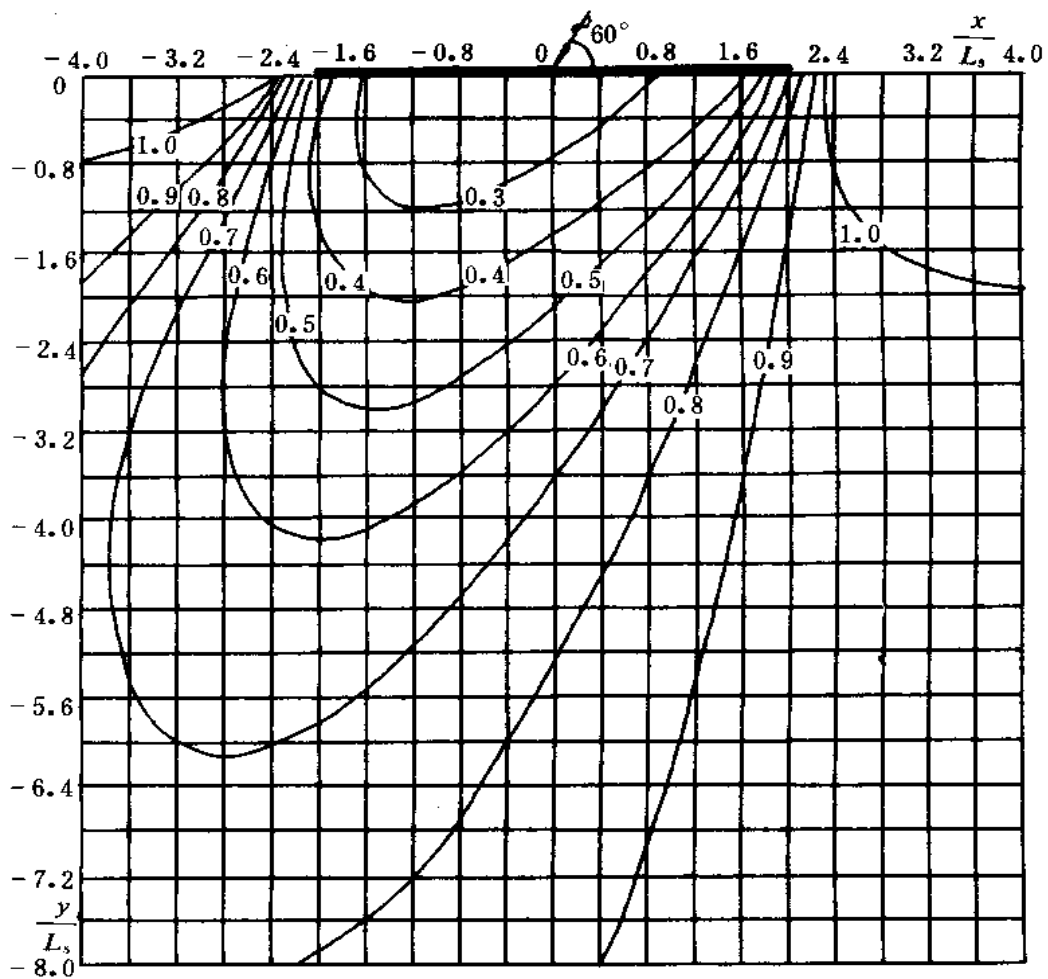


图 7.2.3-4 岛式防波堤后不规则波绕射系数
 $(U/L_s=4, \theta_0=60^\circ)$

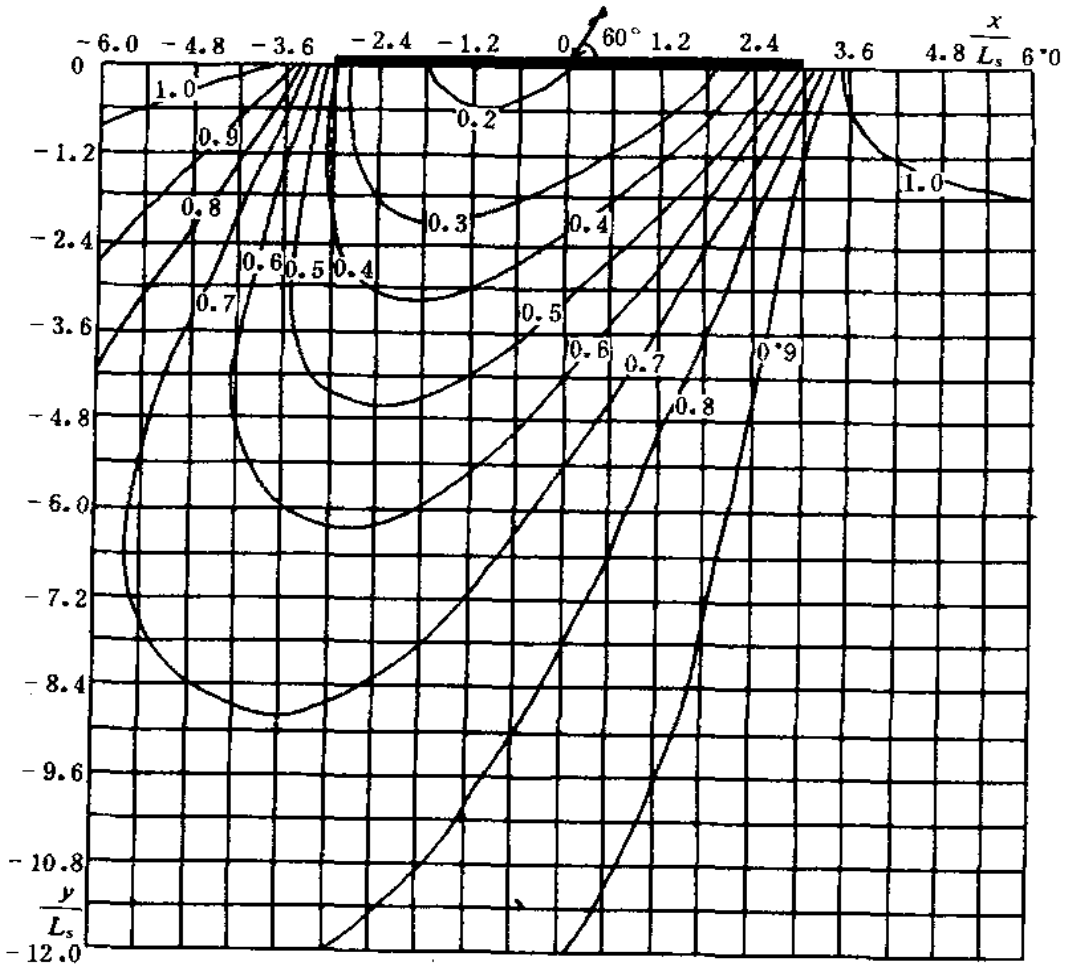


图 7.2.3-5 岛式防波堤后不规则波绕射系数
($l/L_s=6, \theta_0=60^\circ$)

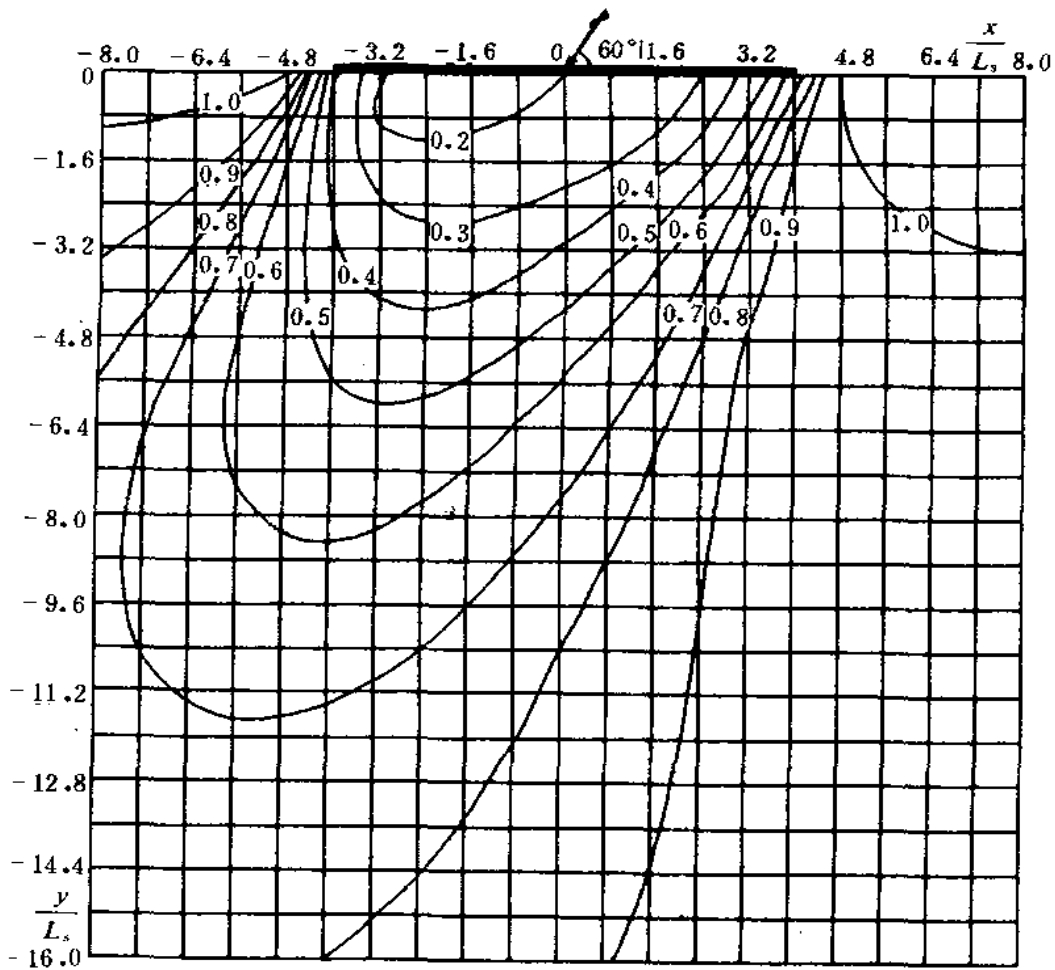


图 7.2.3-6 岛式防波堤后不规则波绕射系数
 $(U/L_s=8, \theta_0=60^\circ)$

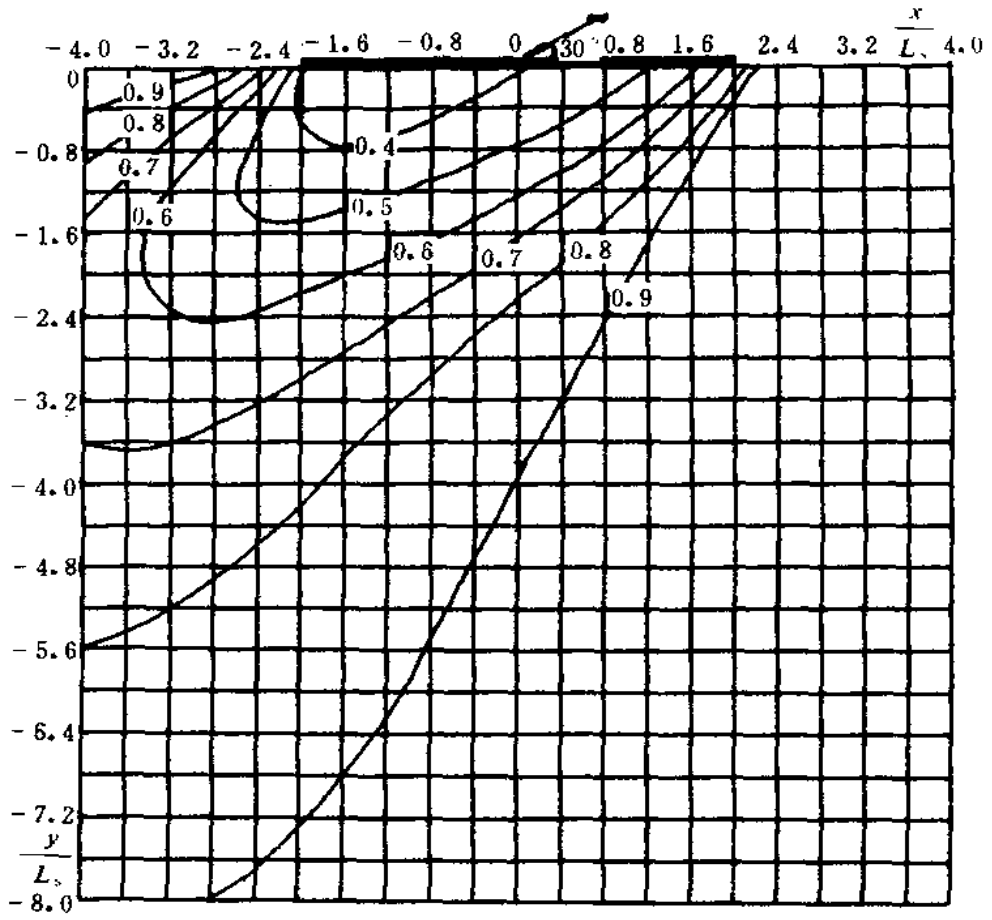


图 7.2.3-7 岛式防波堤后不规则波绕射系数
($l/L_0=4, \theta_0=30^\circ$)

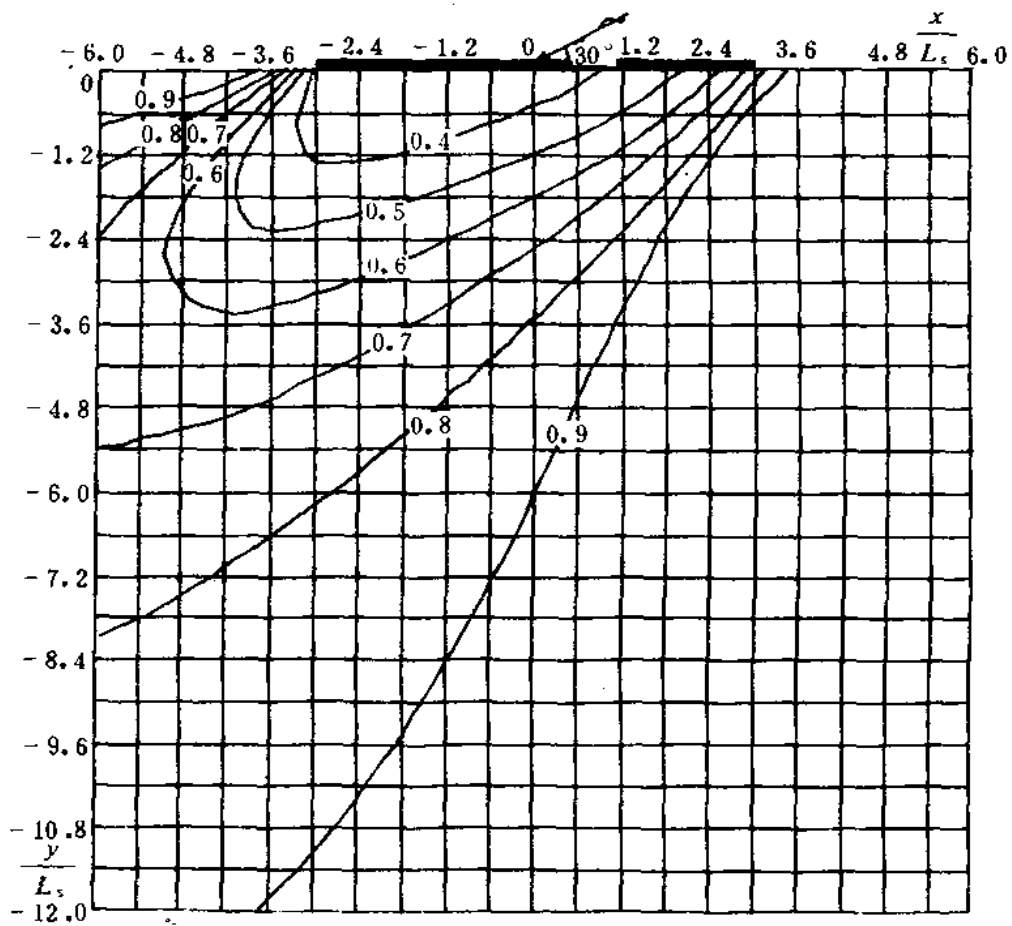


图 7.2.3-8 岛式防波堤后不规则波绕射系数
 $(l/L_s=6, \theta_0=30^\circ)$

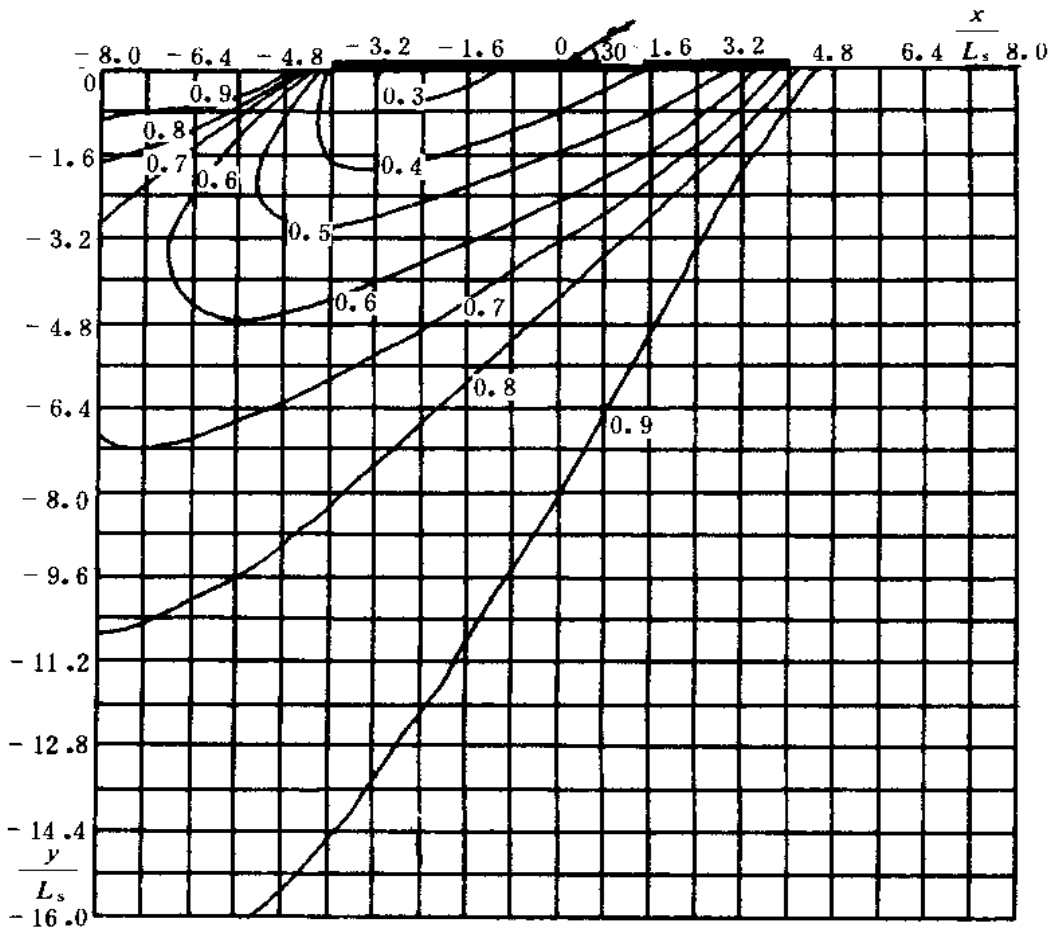


图 7.2.3-9 岛式防波堤后不规则波绕射系数
($l/L_s=8, \theta_0=30^\circ$)

7.3 波浪折射、绕射、反射与港内局部风浪

7.3.1 当同时考虑港内波浪的绕射和折射影响时,可按下述步骤计算港内某计算点的波高与口门处入射波高的比值:

(1) 对港内绕射波峰线,可在掩护区近似地取为同心圆弧,在开敞区取为平行直线如图 7.3.1 所示,但对于 $B'/L \leq 1$ 的双突堤口门,港内波峰线可近似地取为以口门中点为圆心的同心圆弧;

(2) 在距堤头 3~4 倍波长的波峰线 PQ 上,按附录 H 确定各点的规则波绕射系数;

(3) 自 PQ 线开始,按第 6 章方法向港内绘制规则波折射图;

(4) 港内某计算点的波高与口门处入射波高的比值，按下式计算：

$$K' = K_d \sqrt{\frac{b_1}{b_2} \frac{K_{s2}}{K_{s1}}} \quad (7.3.1)$$

式中 K' ——港内某计算点的波高与口门处入射波高的比值；

K_d ——规则波的绕射系数；

b_1 、 b_2 ——分别为相邻两条波向线在 PQ 上和计算点处的间距 (m)；

K_{s1} 、 K_{s2} ——分别为 PQ 线上 b_1 位置处和计算点的浅水系数。

7.3.2 当同时考虑港内波浪的绕射和反射影响时，港内波高可按下式计算：

$$H = \sqrt{H_d^2 + H_r^2} \quad (7.3.2)$$

式中 H_d ——计算点绕射波高 (m)，按第 7.2 节计算；

H_r ——计算点反射波高 (m)，按第 8.3 节计算。

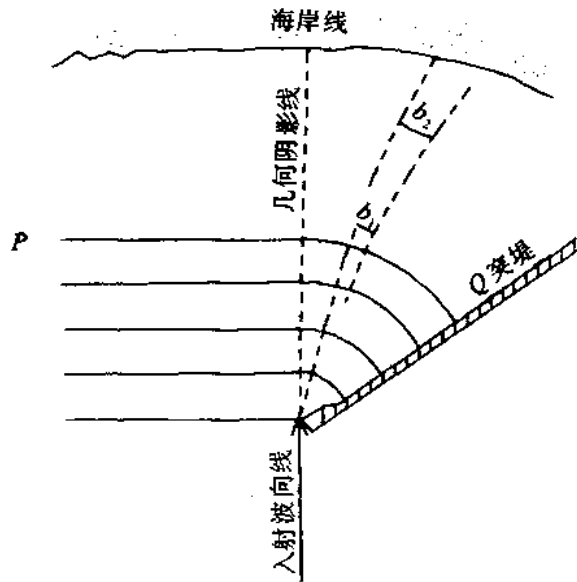


图 7.3.1 港内波浪绕射和折射

7.3.3 当同时考虑港内绕射波和局部风浪的影响时，港内波高可按下式计算：

$$H = \sqrt{H_1^2 + H_2^2} \quad (7.3.3)$$

式中 H_1 ——计算点绕射波高 (m)，按第 7.2 节计算；

H_2 ——计算点局部风浪的波高 (m)，按第 5 章计算。

8 波浪对建筑物的作用

8.1 波浪对直墙式建筑物的作用

8.1.1 作用于如图 8.1.1 所示的直墙式建筑物上的波浪分为立波、远破波和近破波三种波态，波态的区分可按表 8.1.1 确定。

直墙式建筑物前的波态

表 8.1.1

| 基床类型 | 产生条件 | 波态 |
|--|--|-----|
| 暗基床和低基床 $\frac{d_1}{d} > \frac{2}{3}$ | $\bar{T} \sqrt{g/d} < 8, d \geq 2H$ | 立波 |
| | $\bar{T} \sqrt{g/d} \geq 8, d \geq 1.8H$ | |
| 中基床 $\left(\frac{1}{3} < \frac{d_1}{d} \leq \frac{2}{3}\right)$ | $\bar{T} \sqrt{g/d} < 8, d < 2H, i \leq 1/10$ | 远破波 |
| | $\bar{T} \sqrt{g/d} \geq 8, d < 1.8H, i \leq 1/10$ | |
| 高基床 $\left(\frac{d_1}{d} \leq \frac{1}{3}\right)$ | $d_1 \geq 1.8H$ | 立波 |
| | $d_1 < 1.8H$ | 近破波 |
| 高基床 $\left(\frac{d_1}{d} \leq \frac{1}{3}\right)$ | $d_1 \geq 1.5H$ | 立波 |
| | $d_1 < 1.5H$ | 近破波 |

注：表中 H 为建筑物所在处进行波的波高 (m)； d 为建筑物前水深 (m)； d_1 为基床上水深 (m)； i 为建筑物前水底坡度。

直墙式建筑物立波的产生除符合表 8.1.1 的要求外，还应满足波峰线与建筑物大致平行，且建筑物的长度大于一个波长的条件。

- 注：(1) 当进行波波陡较大 ($H/L > 1/14$) 时，墙前可能形成破碎立波；
- (2) 当暗基床和低基床直墙式建筑物前水深 $d < 2H$ ，且底坡 $i > 1/10$ 时，墙前可能出现近破波，应由模型试验确定波态和波浪力；
- (3) 当明基床上有护肩方块，且方块宽度大于波高 H 时，宜用方块上水深 d_2 代替基床上水深 d_1 以确定波态和波浪力。

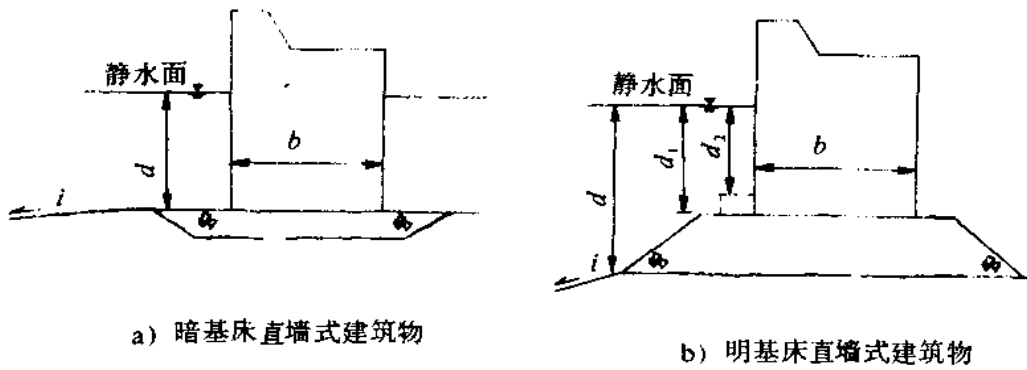


图 8.1.1 直墙式建筑物

8.1.2 当 $d \geq 1.8H$, $d/L = 0.05 \sim 0.139$ 时, 直墙式建筑物上的立波作用力可按下列规定确定。

8.1.2.1 当 $d \geq 1.8H$, $d/L = 0.05 \sim 0.12$ 时, 如图 8.1.2-1 所示波峰作用下的立波作用力按下列公式计算:

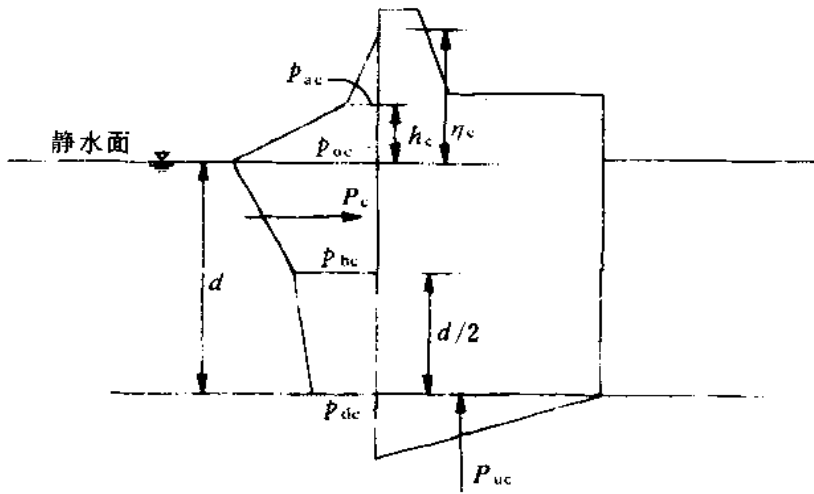


图 8.1.2-1 波峰作用时立波波压力分布图
($d/L = 0.05 \sim 0.12$)

(1) 波面高程按以下公式计算:

$$\frac{\eta_c}{d} = B_\eta (H/d)^m \quad (8.1.2-1)$$

$$B_\eta = 2.3104 - 2.5907T_*^{-0.5941} \quad (8.1.2-2)$$

$$m = T_* / (0.00913T_*^2 + 0.636T_* + 1.2515) \quad (8.1.2-3)$$

$$T_* = \bar{T} \sqrt{g/d} \quad (8.1.2-4)$$

式中 η_c ——波面高程 (m);

B_η ——系数;

m ——系数;

T_* ——无因次周期。

(2) 在静水面以上 h_c 处的墙面波压力强度可按下列公式计算:

$$\frac{h_c}{d} = \frac{2\eta_c/d}{n+2} \quad (8.1.2-5)$$

$$\frac{p_{ac}}{\gamma d} = \frac{p_{oc}}{\gamma d} \frac{2}{(n+1)(n+2)} \quad (8.1.2-6)$$

$$n = \max[0.636618 + 4.23264(H/d)^{1.67}, 1.0] \quad (8.1.2-7)$$

式中 h_c ——波压力强度 P_{ac} 在静水面以上的作用点位置 (m);

n ——静水面以上波浪压力强度分布曲线的指数, 其值取式中两数的大值;

p_{ac} ——与 h_c 对应的墙面波压力强度 (kPa);

γ ——水的重度 (kN/m^3)。

p_{oc} ——静水面上的波压力强度 (kPa);

(3) p_{oc} 及墙面上其它各特征点的波压力强度按下式计算:

$$\frac{p}{\gamma d} = A_p + B_p(H/d)^q \quad (8.1.2-8)$$

系数 A_p 、 B_p 、 q 按表 8.1.2-1 确定。在按表 8.1.2-1 计算时, 如 $p_{bc} > p_{oc}$, 取 $p_{bc} = p_{oc}$ 。

系数 A_p 、 B_p 和 q (波峰作用) 表 8.1.2-1

| 计 算 式 | | A_1, B_1, a | A_2, B_2, b | α, β, c | |
|--------|---------------------------|-------------------------|---------------|--------------------|---------|
| 波 峰 | $\frac{p_{oc}}{\gamma d}$ | $A_p = A_1 + A_2 T_*^q$ | 0.02901 | -0.00011 | 2.14082 |
| | $\frac{p_{bc}}{\gamma d}$ | | 0.14574 | -0.02403 | 0.91976 |
| | $\frac{p_{dc}}{\gamma d}$ | | -0.18 | -0.000153 | 2.54341 |

续上表

| 计 算 式 | | A_1, B_1, a | A_2, B_2, b | a, β, c | |
|--------|---------------------------|-------------------------------------|---------------|---------------|----------|
| 波 峰 | $\frac{p_{oc}}{\gamma d}$ | $B_p = B_1 + B_2 T_p^2$ | 1.31427 | -1.20064 | -0.6736 |
| | $\frac{p_{bc}}{\gamma d}$ | | -3.07372 | 2.91585 | 0.11046 |
| | $\frac{p_{dc}}{\gamma d}$ | | -0.03291 | 0.17453 | 0.65074 |
| 波 峰 | $\frac{p_{oc}}{\gamma d}$ | $q = \frac{T_s}{aT_s^2 + bT_s + c}$ | 0.03765 | 0.46443 | 2.91698 |
| | $\frac{p_{bc}}{\gamma d}$ | | 0.06220 | 1.32641 | -2.97557 |
| | $\frac{p_{dc}}{\gamma d}$ | | 0.28649 | -3.86766 | 38.4195 |

(4) 单位长度墙身上的水平总波浪力按下式计算:

$$\frac{P_c}{\gamma d^2} = \frac{1}{4} \left[2 \frac{p_{ac}}{\gamma d} \frac{\eta_c}{d} + \frac{p_{oc}}{\gamma d} \left(1 + \frac{2h_c}{d} \right) + \frac{2p_{bc}}{\gamma d} + \frac{p_{dc}}{\gamma d} \right] \quad (8.1.2-9)$$

式中 P_c ——单位长度墙身上的水平总波浪力 (kN/m)。

(5) 单位长度墙身上的水平总波浪力矩按下式计算:

$$\frac{M_c}{\gamma d^3} = \frac{1}{2} \frac{p_{ac}}{\gamma d} \frac{\eta_c}{d} \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{\eta_c}{d} + \frac{h_c}{d} \right) \right] + \frac{1}{24} \frac{p_{oc}}{\gamma d} \left[5 + \frac{12h_c}{d} + 4 \left(\frac{h_c}{d} \right)^2 \right] + \frac{1}{4} \frac{p_{bc}}{\gamma d} + \frac{1}{24} \frac{p_{dc}}{\gamma d} \quad (8.1.2-10)$$

式中 M_c ——单位长度墙身上的水平总波浪力矩 (kN·m/m)。

(6) 单位长度墙底面上的波浪浮托力按下式计算:

$$P_{uc} = \frac{p_{dc} b}{2} \quad (8.1.2-11)$$

式中 P_{uc} ——单位长度墙底上的波浪浮托力 (kN/m);

b ——直墙的底宽 (m)。

8.1.2.2 当 $d \geq 1.8H$, $d/L = 0.05 \sim 0.12$ 时, 如图 8.1.2-2 所示波谷作用下的立波作用力按下列公式计算:

(1) 波谷波面高程按下式计算：

$$\frac{\eta_t}{d} = A_p + B_p(H/d)^q \quad (8.1.2-12)$$

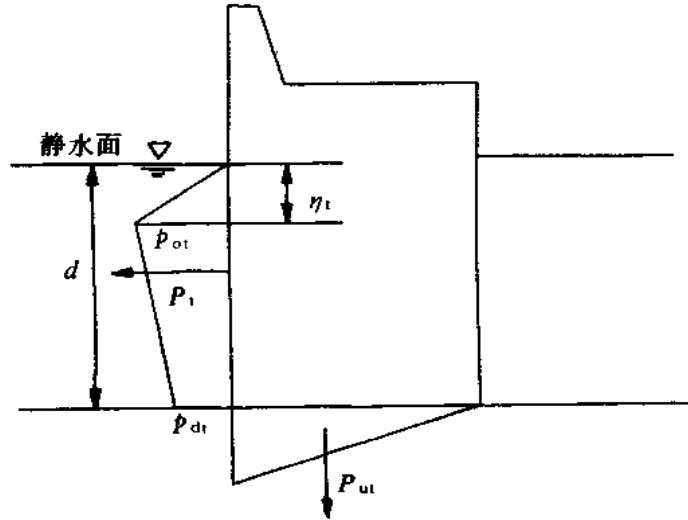


图 8.1.2-2 波谷作用时立波波压力分布图
($d/L=0.05\sim 0.12$)

式中 η_t ——波谷波面高程 (m)。

系数 A_p 、 B_p 、 q 按表 8.1.2-2 中的 $p_{ot}/\gamma d$ 项的值确定。

(2) 墙面上各特征点的波浪压力强度均按下式计算：

$$\frac{p}{\gamma d} = A_p + B_p (H/d)^q \quad (8.1.2-13)$$

式中 p ——墙面上各特征点的波压力强度 (kPa)；

系数 A_p 、 B_p 、 q 按表 8.1.2-2 确定，当 $p_{dt} > p_{ot}$ 时，取 $p_{dt} = p_{ot}$ 。

系数 A_p 、 B_p 和 q (波谷作用) 表 8.1.2-2

| 计 算 式 | | A_1, B_1, a | A_2, B_2, b | α, β, c |
|--------|--|---------------|---------------|--------------------|
| 波 谷 | $\frac{p_{ot}}{\gamma d}$ $A_p = A_1 + A_2 T^a$ | 0.0397 | -0.00018 | 1.95 |
| | $\frac{p_{dt}}{\gamma d}$ $A_p = 0.1 - A_1 T^a \cdot e^{A_2 T^*}$ | 1.687 | 0.16894 | -2.0195 |

续上表

| | | 计 算 式 | A_1, B_1, a | A_2, B_2, b | a, β, c |
|--------|---------------------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|
| 波 谷 | $\frac{p_{ot}}{\gamma d}$ | $B_p = B_1 + B_2 T^2$ | 0.98222 | -3.06115 | -0.2848 |
| | $\frac{p_{at}}{\gamma d}$ | | -2.19707 | 0.92802 | 0.2350 |
| 波 谷 | $\frac{p_{ot}}{\gamma d}$ | $q = aT^b, e^{cT}$ | 2.599 | -0.8679 | 0.07092 |
| | $\frac{p_{at}}{\gamma d}$ | | 20.1565 | -1.9723 | 0.13329 |

(3) 单位长度墙身上的水平总波浪力按下式计算:

$$\frac{P_t}{\gamma d^2} = \frac{1}{2} \left[\frac{p_{ot}}{\gamma d} + \frac{p_{at}}{\gamma d} \left(1 + \frac{\eta_t}{d} \right) \right] \quad (8.1.2-14)$$

式中 P_t ——单位长度墙身上的水平总波浪力 (kN/m)。

(4) 单位长度墙底面上方向向下的波浪力按下式计算:

$$P_{ut} = \frac{p_{at} b}{2} \quad (8.1.2-15)$$

式中 P_{ut} ——单位长度墙底面上方向向下的波浪力 (kN/m)。

8.1.2.3 当 $d \geq 1.8H$ 、 $0.139 > d/L \geq 0.12$ 和 $8 < T_* \leq 9$ 时,波浪力、波力矩、波浪压强和波面高程等各量值按下式计算:

$$X_{T_*} = X_{T_* = 8} - (X_{T_* = 8} - X_{T_* = 9})(T_* - 8) \quad (8.1.2-16)$$

式中 X_{T_*} ——代表波浪力、波力矩、波浪压强和波面高程等各量值;

$X_{T_* = 8}$ ——取 $T_* = 8$ 和实际波况的 H/d , 按第 8.1.3 条计算各量值;

$X_{T_* = 9}$ ——取 $X_{T_* = 9}$ 和实际波况的 H/d , 按第 8.1.2.1 和 8.1.2.2 款计算各量值;

T_* ——实际波况时的 $\bar{T} \sqrt{g/d}$ 。

8.1.3 当 $H/L \geq 1/30$ 和 $d/L = 0.139 \sim 0.2$ 时,直墙式建筑物上的立波作用力可按下列规定确定。

8.1.3.1 如图 8.1.3-1 所示波峰作用下的立波作用力可按下列公式计算：

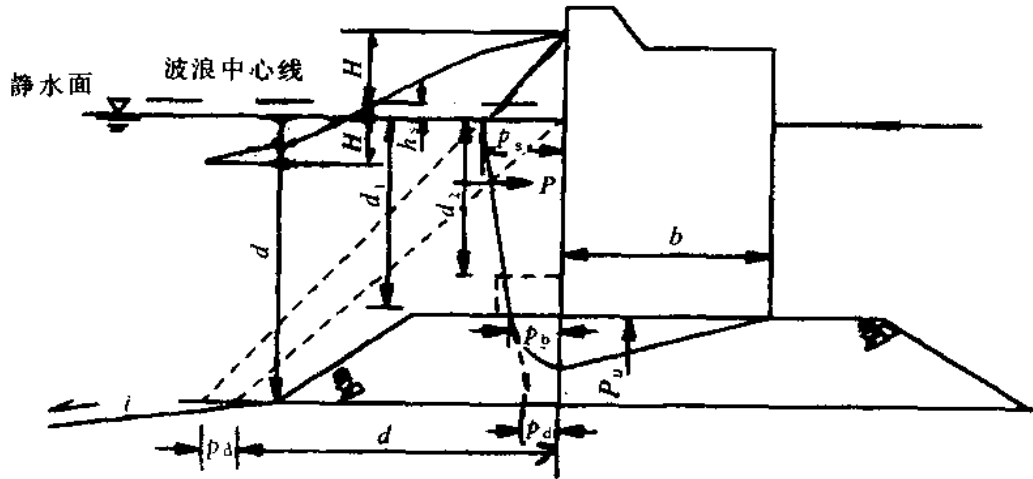


图 8.1.3-1 波峰作用时立波波压力分布图

($d/L=0.139\sim 0.2$)

(1) 波浪中线超出静水面的高度，即超高按式 8.1.3-1 计算，也可按图 8.1.3-2 确定：

$$h_s = \frac{\pi H^2}{L} \operatorname{cth} \frac{2\pi d}{L} \quad (8.1.3-1)$$

式中 h_s ——波浪中线超出静水面的高度 (m)。

(2) 静水面以上高度 h_s+H 处的波浪压力强度为零。

(3) 水底处波浪压力强度按式 8.1.3-2 计算，也可按图 8.1.3-3 确定：

$$p_d = \frac{\gamma H}{\operatorname{ch} \frac{2\pi d}{L}} \quad (8.1.3-2)$$

式中 p_d ——水底处波浪压力强度 (kPa)；

γ ——水的重度 (kN/m^3)。

(4) 静水面处波浪压力强度按式 8.1.3-3 计算，也可按图 8.1.3-4 确定：

$$p_s = (p_d + \gamma d) \left(\frac{H + h_s}{d + H + h_s} \right) \quad (8.1.3-3)$$

式中 p_s ——静水面处波浪压力强度 (kPa)。

(5) 墙底处波浪压力强度按下式计算：

$$p_b = p_s - (p_s - p_d) \frac{d_1}{d} \quad (8.1.3-4)$$

式中 p_b ——墙底处波浪压力强度 (kPa)。

(6) 在静水面以上和以下，波浪压力强度均按直线分布。

(7) 单位长度墙身上的总波浪力按下式计算：

$$P = \frac{(H + h_s + d_1)(p_b + \gamma d_1) - \gamma d_1^2}{2} \quad (8.1.3-5)$$

式中 P ——单位长度墙身上的总波浪力 (kN/m)。

(8) 墙底面上的波浪浮托力按下式计算：

$$P_u = \frac{b p_b}{2} \quad (8.1.3-6)$$

式中 P_u ——墙底面上的波浪浮托力 (kN/m)；

b ——直墙的底宽 (m)。

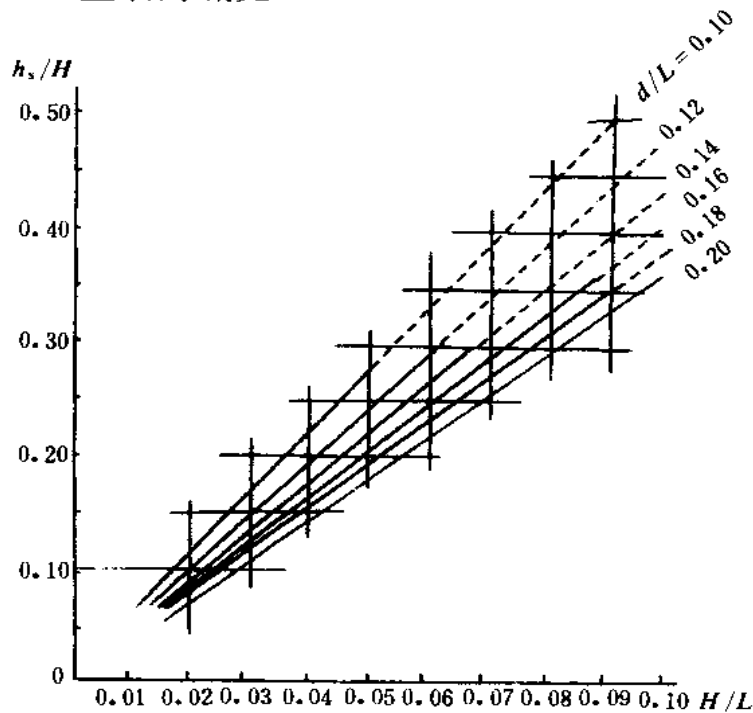


图 8.1.3-2 波浪超高 h_s 值

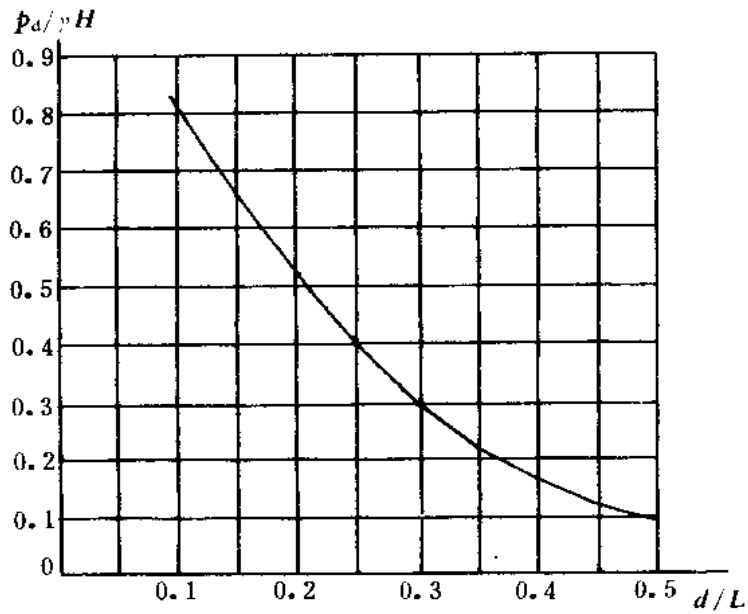


图 8.1.3-3 水底处波浪压力强度 p_d

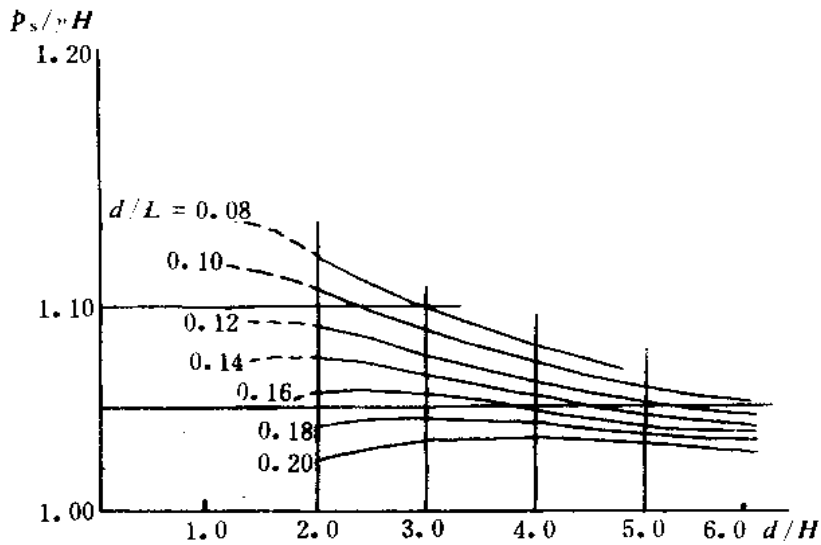


图 8.1.3-4 静水面处波浪压力强度 p_s

8.1.3.2 如图 8.1.3-5 所示, 波谷作用下的立波作用力按下列公式计算:

(1) 水底处波浪压力强度按下式计算:

$$p_d = \frac{\gamma H}{\operatorname{ch} \frac{2\pi d}{L}} \quad (8.1.3-7)$$

式中 p'_d ——水底处波浪压力强度 (kPa)。

(2) 静水面处波浪压力强度为零。

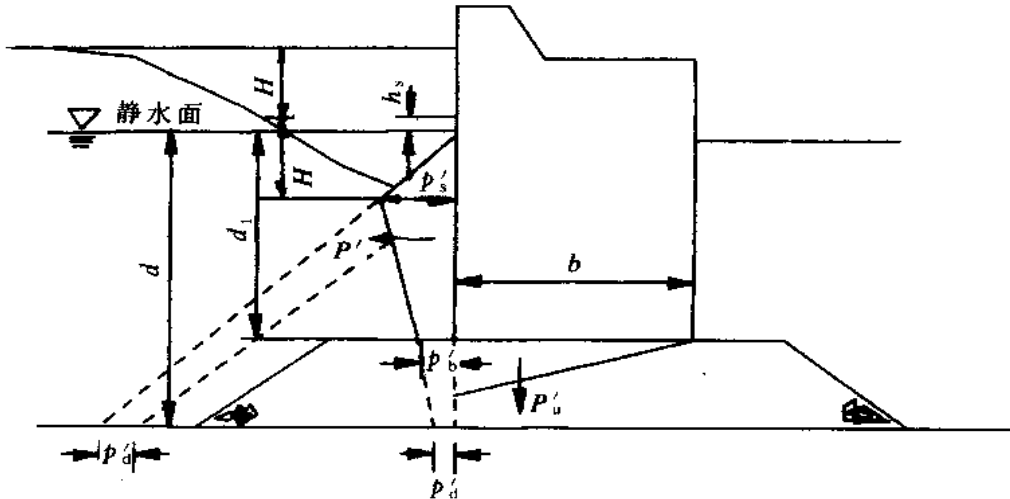


图 8.1.3-5 波谷作用时立波波压力分布图

(3) 静水面以下深度 $H-h_s$ 处波浪压力强度按下式计算:

$$p'_s = \gamma (H - h_s) \quad (8.1.3-8)$$

式中 p'_s ——静水面以下深度 $H-h_s$ 处波浪压力强度 (kPa)。

(4) 墙底处波浪压力强度按下式计算:

$$p'_b = p'_s - (p'_s - p'_d) \frac{d_1 + h_s - H}{d + h_s - H} \quad (8.1.3-9)$$

式中 p'_b ——墙底处波浪压力强度 (kPa)。

(5) 单位长度墙身上的总波浪力按下式计算:

$$P' = \frac{\gamma d_1^2 - (d_1 + h_s - H)(\gamma d_1 - p'_b)}{2} \quad (8.1.3-10)$$

式中 P' ——单位长度墙身上的总波浪力 (kN/m)。

(6) 单位长度墙底面上方向向下的波浪力按下式计算:

$$P'_u = \frac{b p'_b}{2} \quad (8.1.3-11)$$

式中 P'_u ——单位长度墙底面上的波浪力 (kN/m)。

8.1.4 当 $H/L \geq 1/30$ 和 $0.2 < d/L < 0.5$ 时, 直墙式建筑物上的立波作用力可按下列规定确定:

8.1.4.1 如图 8.1.4 所示波峰作用下的立波作用力按下列公

式计算：

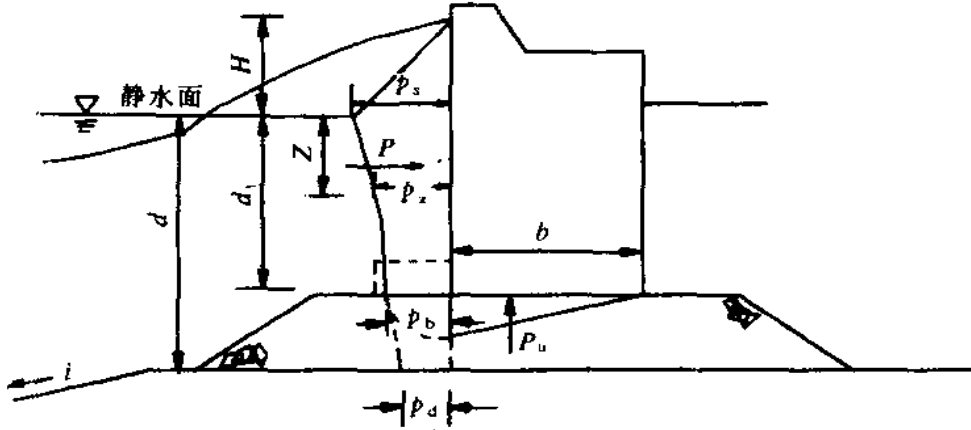


图 8.1.4 波峰作用时立波波压力分布图
($0.2 < d/L < 0.5$)

- (1) 静水面以上高度 H 处的波浪压力强度为零。
- (2) 静水面处的波浪压力强度按下式计算：

$$p_s = \gamma H \quad (8.1.4-1)$$

- (3) 静水面以上的波浪压力强度按直线分布。
- (4) 静水面以下深度 Z 处的波浪压力强度按下式计算：

$$p_z = \gamma H \frac{\operatorname{ch} \frac{2\pi (d-Z)}{L}}{\operatorname{ch} \frac{2\pi d}{L}} \quad (8.1.4-2)$$

式中 p_z ——静水面以下深度 Z 处的波浪压力强度 (kPa)；
 Z ——静水面以下深度 (m)。

- (5) 水底处波浪压力强度按式 8.1.3-2 计算。
- (6) 墙底处波浪压力强度按下式计算：

$$p_b = \gamma H \frac{\operatorname{ch} \frac{2\pi (d-d_1)}{L}}{\operatorname{ch} \frac{2\pi d}{L}} \quad (8.1.4-3)$$

- (7) 单位长度墙身上的总波浪力按下式计算：

$$P = \frac{1}{2}\gamma H^2 + \frac{\gamma H L}{2\pi} \left[\operatorname{th} \frac{2\pi d}{L} - \frac{\operatorname{sh} \frac{2\pi(d-d_1)}{L}}{\operatorname{ch} \frac{2\pi d}{L}} \right] \quad (8.1.4-4)$$

(8) 绘制墙面上波压力分布图时,可用不少于5个点的压力强度值,其中包括压力为0、 p_s 和 p_b 三点,暗基床时, p_b 改用 p_d 。

(9) 墙底面上的波浪浮托力按式(8.1.3-6)计算。

8.1.4.2 波谷作用时立波作用力按第8.1.3条中有关公式计算。

当 $d/L \geq 0.5$ 时,静水面以下深度 $Z=L/2$ 处的波浪压力强度可取为零,波峰作用下式(8.1.4-2)和波谷作用下式(8.1.3-7)中的 d 均改用 $L/2$ 。

8.1.5 如图8.1.5所示波浪越顶时,仍可根据 d/L 的不同情况分别计算立波作用力,但应减去越顶部分的波浪力。

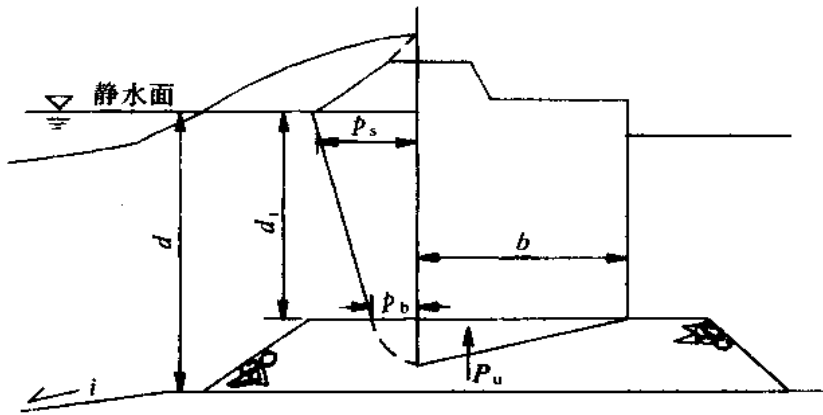


图 8.1.5 波浪越顶时立波波压力分布图

8.1.6 直墙式建筑物上远破波作用力可按下列规定确定:

8.1.6.1 如图8.1.6-1所示波峰作用下的波浪力可按下列公式计算:

- (1) 静水面以上高度 H 处的波浪压力强度为零。
- (2) 静水面处的波浪压力强度按下式计算:

$$p_s = \gamma K_1 K_2 H \quad (8.1.6-1)$$

式中 K_1 ——系数，水底坡度 i 的函数；
 K_2 ——系数，波坦 L/H 的函数。

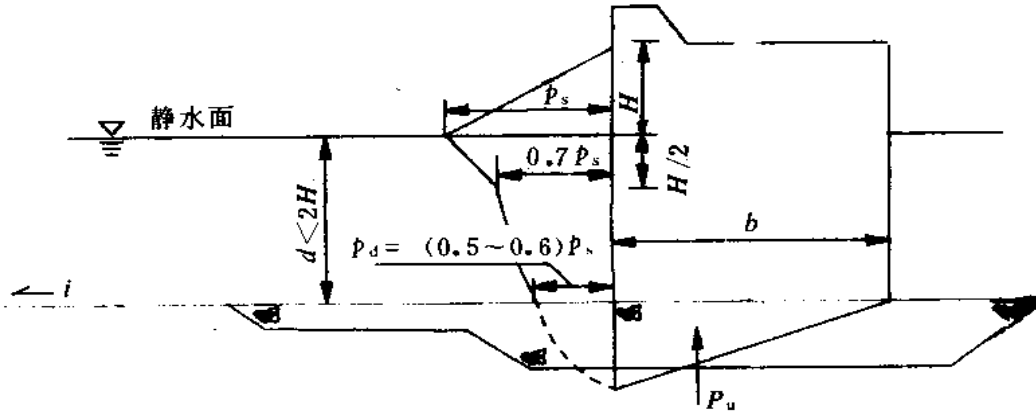


图 8.1.6-1 远破波的波压力分布图

(3) 系数 K_1 和 K_2 分别按表 8.1.6-1 和表 8.1.6-2 采用。

系数 K_1 表 8.1.6-1

| | | | | | | | |
|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|
| 底坡 i | $\frac{1}{10}$ | $\frac{1}{25}$ | $\frac{1}{40}$ | $\frac{1}{50}$ | $\frac{1}{60}$ | $\frac{1}{80}$ | $\leq \frac{1}{100}$ |
| K_1 | 1.89 | 1.54 | 1.40 | 1.37 | 1.33 | 1.29 | 1.25 |

注：底坡 i 可取建筑物前一定距离内的平均值

系数 K_2 表 8.1.6-2

| | | | | | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 波坦 $\frac{L}{H}$ | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| K_2 | 1.01 | 1.06 | 1.12 | 1.17 | 1.21 | 1.26 | 1.30 | 1.34 | 1.37 |
| 波坦 $\frac{L}{H}$ | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | |
| K_2 | 1.41 | 1.44 | 1.46 | 1.49 | 1.50 | 1.52 | 1.54 | 1.55 | |

(4) 静水面以上的波浪压力强度按直线变化。

(5) 静水面以下深度 $Z=H/2$ 处的波浪压力强度。

$$p_z = 0.7p_s \quad (8.1.6-2)$$

(6) 水底处波浪压力强度按下式计算：

当 $d/H \leq 1.7$ 时，

$$p_d = 0.6p_s \quad (8.1.6-3)$$

当 $d/H > 1.7$ 时,

$$p_d = 0.5p_s \quad (8.1.6-4)$$

(7) 墙底面上的波浪浮托力按下式计算:

$$P_u = \mu \frac{bp_d}{2} \quad (8.1.6-5)$$

式中 μ ——波浪浮托力分布图的折减系数, 取 0.7。

8.1.6.2 如图 8.1.6-2 所示波谷作用下的波浪力可按下列公式计算:

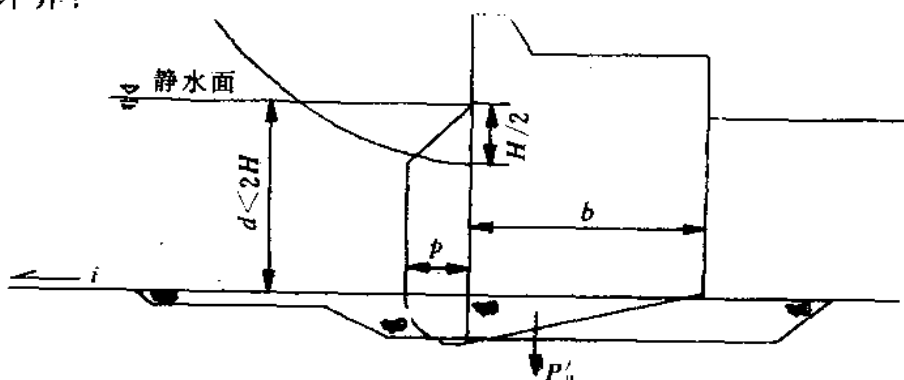


图 8.1.6-2 波谷时的波压力分布图

(1) 静水面处波浪压力强度为零。

(2) 在静水面以下, 从深度 $Z=H/2$ 至水底处的波浪压力强度按下式计算:

$$p = 0.5\gamma H \quad (8.1.6-6)$$

(3) 墙底面上的方向向下波浪力按下式计算:

$$P_u = \frac{bp}{2} \quad (8.1.6-7)$$

8.1.7 当有建筑物以前, 波浪在该处和远处已破碎时, 对于较缓底坡 i 在 $1/140 \sim 1/50$ 范围内, 可取波高为 0.78 倍水深, 按第 8.1.6 条计算波浪力; 对于较陡的底坡 $i > 1/50$, 可能产生较大波浪力; 当底坡在上述范围以外时可用相应的极限波高按第 8.1.6 条作初步估算, 但应通过模型实验验证。

注: 本条不适用于建筑物在水边线附近的情况。

8.1.8 对于低基床的直墙式建筑物, 可先按建筑物前水深 d 绘制远破波波压力分布图, 然后减去基床部分的波浪力。

8.1.9 当 $d_1 \geq 0.6H$ 时，波峰作用下，如图 8.1.9 所示的直墙建筑物上近破波的波浪力可按下列规定确定。

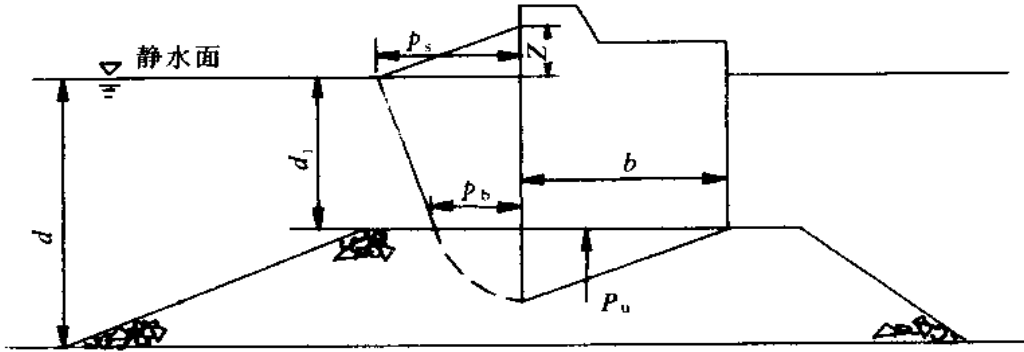


图 8.1.9 近破波的波压力分布图

(1) 静水面以上高度 Z (m) 处的波浪压力强度为零， Z 按下式计算：

$$Z = \left(0.27 + 0.53 \frac{d_1}{H} \right) H \quad (8.1.9-1)$$

(2) 静水面处的波浪压力强度，按下列公式计算：

当 $\frac{1}{3} < \frac{d_1}{d} \leq \frac{2}{3}$ 时：

$$p_s = 1.25\gamma H \left(1.8 \frac{H}{d_1} - 0.16 \right) \left(1 - 0.13 \frac{H}{d_1} \right) \quad (8.1.9-2)$$

当 $\frac{1}{4} \leq \frac{d_1}{d} \leq \frac{1}{3}$ 时：

$$p_s = 1.25\gamma H \left[\left(13.9 - 36.4 \frac{d_1}{d} \right) \left(\frac{H}{d_1} - 0.67 \right) + 1.03 \right] \left(1 - 0.13 \frac{H}{d_1} \right) \quad (8.1.9-3)$$

(3) 墙底处的波浪压力强度按下式计算：

$$p_b = 0.6p_s \quad (8.1.9-4)$$

(4) 单位长度墙身上的总波浪力按下式计算：

当 $\frac{1}{3} < \frac{d_1}{d} \leq \frac{2}{3}$ 时：

$$P = 1.25\gamma H d_1 \left(1.9 \frac{H}{d_1} - 0.17 \right) \quad (8.1.9-5)$$

当 $\frac{1}{4} \leq \frac{d_1}{d} \leq \frac{1}{3}$ 时:

$$P = 1.25\gamma H d_1 \left[\left(14.8 - 38.8 \frac{d_1}{d} \right) \left(\frac{H}{d_1} - 0.67 \right) + 1.1 \right] \quad (8.1.9-6)$$

(5) 墙底面上的波浪浮托力按下式计算:

$$P_a = \mu \frac{b p_b}{2} \quad (8.1.9-7)$$

式中 μ ——波浪浮托力分布图的折减系数, 取 0.7。

8.2 波浪对斜坡式建筑物的作用

8.2.1 本节中关于波浪对斜坡式建筑物作用的计算方法, 除另有规定外, 适用于下列条件:

- (1) 波浪正向作用;
- (2) 斜坡坡度 1 : m , m 为 1~5;
- (3) 建筑物前水深 $d = (1.5 \sim 5.0) H$;
- (4) 建筑物前底坡 $i \leq 1/50$ 。

8.2.2 斜坡式建筑物前经过反射以后的波高和反射波高可按下列公式计算:

$$H' = H + H_R \quad (8.2.2-1)$$

$$H_R = K_\Delta H'_R \quad (8.2.2-2)$$

式中 H' ——斜坡式建筑物前经过反射以后的波高 (m);

H_R ——反射波高 (m);

K_Δ ——与斜坡护面结构型式有关的糙渗系数;

H'_R —— $K_\Delta = 1$ 时的反射波高, 与斜坡的 m 值和波陡 H/L 有关。

糙渗系数 K_Δ 按表 8.2.2 采用。在不发生越浪的情况下, H'_R 按图 8.2.2 确定。

8.2.3 斜坡式建筑物上的波浪爬高可按下列规定确定。

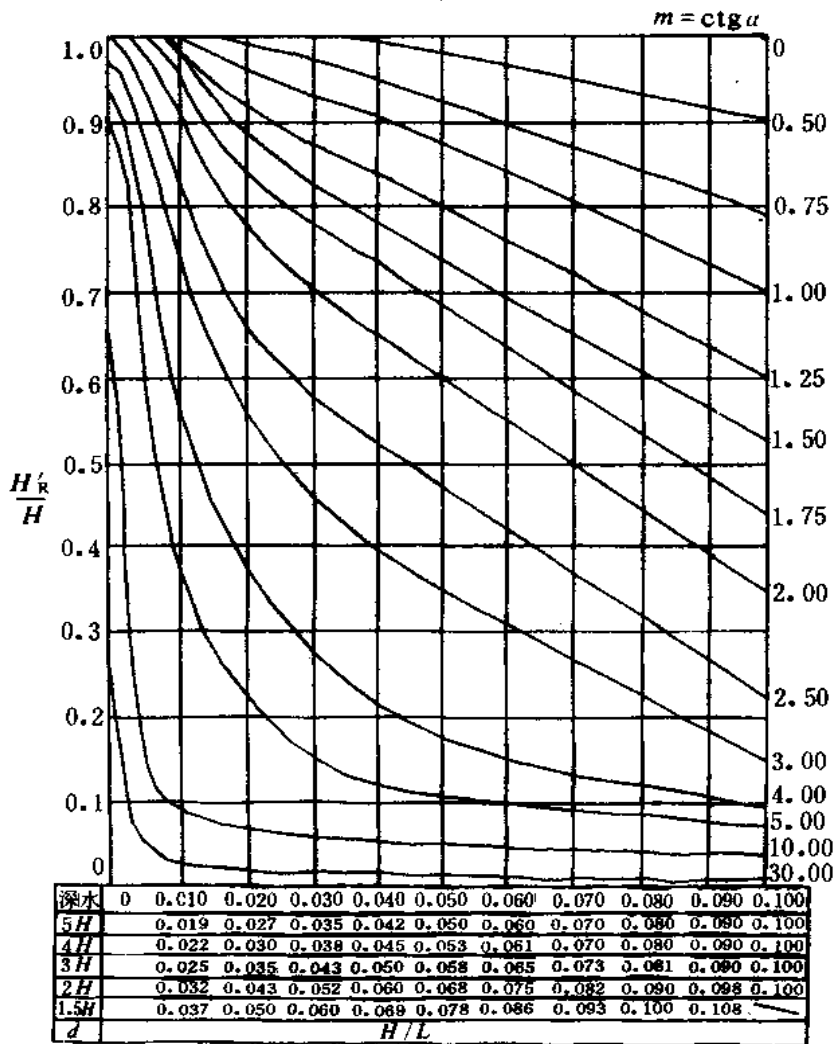


图 8.2.2 确定反射波高的曲线
糙渗系数 K_{Δ}

表 8.2.2

| 护面结构型式 | K_{Δ} |
|------------------|--------------|
| 整片光滑不透水护面(沥青混凝土) | 1.00 |
| 混凝土护面 | 0.90 |
| 砌石 | 0.75~0.80 |
| 块石(安放一层) | 0.60~0.65 |
| 四脚空心方块(安放一层) | 0.55 |
| 块石(抛填二层) | 0.50~0.55 |
| 混凝土方块(抛填二层) | 0.50 |

续上表

| 护面结构型式 | K_{Δ} |
|-------------|--------------|
| 四脚锥体(安放二层) | 0.40 |
| 扭工字块体(安放二层) | 0.38 |
| 扭王字块体 | 0.47 |

8.2.3.1 正向规则波在斜坡式建筑物上的波浪爬高, 如图 8.2.3 所示, 可按下列公式计算:

$$R = K_{\Delta} R_1 H \quad (8.2.3-1)$$

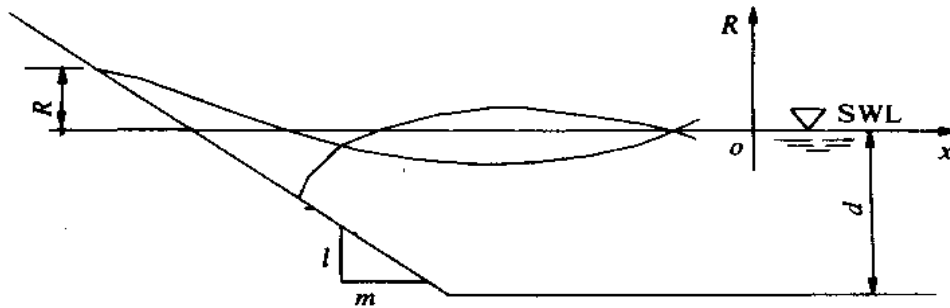


图 8.2.3 斜坡上波浪爬高

$$R_1 = K_1 \text{th} (0.432M) + [(R_1)_m - K_2] R(M) \quad (8.2.3-2)$$

$$M = \frac{1}{m} \left(\frac{L}{H} \right)^{1/2} \left(\text{th} \frac{2\pi d}{L} \right)^{-1/2} \quad (8.2.3-3)$$

$$(R_1)_m = \frac{K_3}{2} \text{th} \frac{2\pi d}{L} \left[1 + \frac{4\pi d/L}{\text{sh} \frac{4\pi d}{L}} \right] \quad (8.2.3-4)$$

$$R(M) = 1.09M^{3.32} \exp(-1.25M) \quad (8.2.3-5)$$

式中 R ——波浪爬高 (m), 从静水位起算, 向上为正;

R_1 —— $K_{\Delta}=1$ 、 $H=1\text{m}$ 时的波浪爬高 (m);

$(R_1)_m$ ——相应于某一 d/L 时的爬高最大值 (m);

M ——与斜坡的 m 值有关的函数;

$R(M)$ ——爬高函数;

K_1 、 K_2 、 K_3 ——系数。

系数 K_1 、 K_2 和 K_3 由表 8.2.3-1 确定。

系数 K_1 、 K_2 、 K_3 表 8.2.3-1

| | | |
|-------|-------|-------|
| K_1 | K_2 | K_3 |
| 1.24 | 1.029 | 4.98 |

8.2.3.2 在风直接作用下，不规则波的爬高按下式计算：

$$R_{1\%} = K_{\Delta} K_U R_1 H_{1\%} \quad (8.2.3-6)$$

式中 $R_{1\%}$ ——累积频率为 1% 的爬高 (m)；

K_U ——与风速有关的系数；

R_1 —— $K_{\Delta}=1$ 、 $H=1\text{m}$ 时的爬高 (m)，计算时波坦取为 $L/H_{1\%}$ 。

与风速 U 有关的系数 K_U 可按表 8.2.3-2 确定。

系数 K_U 表 8.2.3-2

| | | | | | |
|-------|----------|------|------|------|----------|
| U/C | ≤ 1 | 2 | 3 | 4 | ≥ 5 |
| K_U | 1.0 | 1.10 | 1.18 | 1.24 | 1.28 |

注：波速 $C=L/T$ (m/s)。

为确定其它累积频率的爬高 $R_{F\%}$ 可将 $R_{1\%}$ 乘以表 8.2.3-3 中的换算系数 K_F 。

系数 K_F 表 8.2.3-3

| | | | | | | | | | | |
|---------|------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $F(\%)$ | 0.1 | 1 | 2 | 4 | 5 | 10 | 13.7 | 20 | 30 | 50 |
| K_F | 1.17 | 1 | 0.93 | 0.87 | 0.84 | 0.75 | 0.71 | 0.65 | 0.58 | 0.47 |

注：①对于断面形状复杂的斜坡式建筑物，波浪爬高宜通过模型试验确定；

②在静水位上、下半个波高范围内设置钱台，钱台宽度为 0.5~2 倍波高时，爬高 R 可相应地减小 10%~15%；

③表 8.2.3-3 中， $F=4\%$ 和 $F=13.7\%$ 的爬高分别相当于将不规则的爬高值按大小排列时，其中最大 1/10 和 1/3 部分的平均值。

8.2.4 斜坡堤堤顶越浪量可按下列规定确定。

8.2.4.1 本条所列公式的适用范围如下：

(1) $2.2 \leq d/H_{1/3} \leq 4.7$ ；

(2) $0.02 \leq H_{1/3}/L_{po} \leq 0.10$ ， L_{po} 为以谱峰周期 T_p 计算的深水波长 (m)；

(3) $1.5 \leq m \leq 3.0$ ；

- (4) $0.6 \leq b_1/H_{1/3} \leq 1.4$, b_1 为坡肩宽度 (m);
 (5) $1.0 \leq H'_c/H_{1/3} \leq 1.6$, H'_c 为胸墙墙顶在静水面以上的高度 (m);
 (6) 底坡 $i \leq 1/25$ 。

8.2.4.2 斜坡堤无胸墙时, 如图 8.2.4-1 所示, 堤顶的越浪量按下式计算:



图 8.2.4-1

$$Q = AK_A \frac{H_{1/3}^2}{T_p} \left(\frac{H_c}{H_{1/3}} \right)^{-1.7} \left[\frac{1.5}{\sqrt{m}} + \text{th} \left(\frac{d}{H_{1/3}} - 2.8 \right)^2 \right] \ln \sqrt{\frac{gT_p^2 m}{2\pi H_{1/3}}} \quad (8.2.4-1)$$

式中 Q ——单位时间单位堤宽的越浪量 (m^3/ms);

H_c ——堤顶在静水面以上的高度 (m);

A ——经验系数;

K_A ——护面结构影响系数。

经验系数 A 、 B

表 8.2.4-1

| m | 1.5 | 2.0 | 3.0 |
|-----|-------|-------|-------|
| A | 0.035 | 0.060 | 0.056 |
| B | 0.60 | 0.45 | 0.38 |

经验系数 A 和护面结构型式影响系数 K_A 分别按表 8.2.4-1 和表 8.2.4-2 确定。

护面结构影响系数

表 8.2.4-2

| 护面结构 | 混凝土板 | 抛石 | 扭工字块体 | 四脚空心方块 |
|-------|------|------|-------|--------|
| K_A | 1.0 | 0.49 | 0.40 | 0.50 |

8.2.4.3 斜坡堤顶有胸墙时, 如图 8.2.4-2 所示, 堤顶的越浪量按下式计算:

$$Q = 0.07^{H'_c/H_{1/3}} \exp \left(0.5 - \frac{b_1}{2H_{1/3}} \right) BK_A \frac{H_{1/3}^2}{T_p} \left[\frac{0.3}{\sqrt{m}} + \text{th} \left(\frac{d}{H_{1/3}} - 2.8 \right)^2 \right] \ln \sqrt{\frac{gT_p^2 m}{2\pi H_{1/3}}} \quad (8.2.4-2)$$

式中 B ——经验系数。

经验系数 B 按表 8.2.4-1 确定。

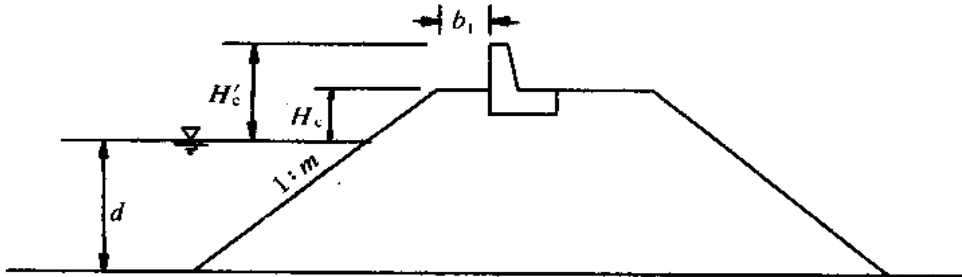


图 8.2.4-2

8.2.5 波高作用下斜坡式建筑物护面块体的稳定标准，以容许失稳率 n 表示，即静水面上下各一个设计波高范围内，容许被波浪打击移动或滚落的块体个数所占的百分比，各种块体的容许失稳率可按表 8.2.5 确定。

各种块体的容许失稳率

表 8.2.5

| 护面块体 | 构造型式 | $n(\%)$ | K_D | 说明 |
|--------|----------|---------|-------|---------------|
| 四脚空心方块 | 安放一层 | 0 | 14 | |
| 块石 | 安放(立放)一层 | 0~1 | 5.5 | |
| 四脚锥体 | 安放二层 | 0~1 | 8.5 | |
| 扭工字块体 | 安放二层 | 0 | 18 | $H \geq 7.5m$ |
| | | 1 | 24 | $H < 7.5m$ |
| 块石 | 抛填二层 | 1~2 | 4.0 | |
| 方块 | 抛填二层 | 1~2 | 5.0 | |
| 扭王字块体 | 安放一层 | 0 | 18~24 | |

注：对扭王字块体，当斜坡式建筑物有相当越浪时， K_D 取较小值。

8.2.6 斜坡护面单个块体的重量可按以下公式计算：

$$W = 0.1 \frac{\gamma_b H^3}{K_D (S_b - 1)^3 \text{ctg} \alpha} \quad (8.2.6-1)$$

$$S_b = \frac{\gamma_b}{\gamma} \quad (8.2.6-2)$$

式中 W ——单个护面块体的重量 (t)；

γ_b ——块体材料重度 (kN/m^3)；

γ ——水的重度 (kN/m^3)；

K_D ——与护面型式和容许失稳率 n 有关的稳定系数。

K_D 按表 8.2.5 采用。

8.2.7 斜坡式建筑物堤头部分单个块体的重量应予加大,可按第 8.2.6 条的计算结果增加 20% ~ 30%。

8.2.8 位于破碎水深 d_b 处的斜坡式建筑物,其单个块体的重量应予加大,可按第 8.2.6 和 8.2.7 条规定的重量增加 10% ~ 25%,必要时应通过模型试验确定。

8.2.9 波浪作用下的斜坡式建筑物,当采用立砌的干砌块石护面,且 $m=1.5\sim 3$ 、 $d/H=1.5\sim 4$ 和 $L/H=10\sim 25$ 时,其厚度可按以下公式计算。

$$h = 1.3K_\gamma H(K_{md} + K_s) \frac{\sqrt{m^2 + 1}}{m} \quad (8.2.9-1)$$

$$K_\gamma = \frac{\gamma}{\gamma_b - \gamma} \quad (8.2.9-2)$$

式中 h ——护面厚度 (m);

K_γ ——重度系数;

K_{md} ——与斜坡的 m 值和 d/H 值有关的系数;

K_s ——波坦系数。

当 $d/L \geq 0.125$ 时,对式 (8.2.9-1) 中的计算波高 H 取 $H_{4\%}$; 当 $d/L < 0.125$ 时,计算波高 H 取 $H_{13\%}$ 。

系数 K_{md} 和 K_s 分别按表 8.2.9-1 和表 8.2.9-2 确定。

系 数 K_{md} 表 8.2.9-1

| d/H | m | | | d/H | m | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1.5 | 2 | 3 | | 1.5 | 2 | 3 |
| 1.5 | 0.311 | 0.238 | 0.130 | 3.0 | 0.235 | 0.156 | 0.070 |
| 2.0 | 0.258 | 0.180 | 0.087 | 3.5 | 0.229 | 0.151 | 0.067 |
| 2.5 | 0.242 | 0.164 | 0.076 | 4.0 | 0.226 | 0.147 | 0.065 |

系 数 K_s 表 8.2.9-2

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

注:设置排水孔的浆砌块石护面层可采用与干砌块石护面相同的厚度。

8.2.10 波浪作用下斜坡式建筑物的干砌条石护面当 $m=0.6\sim 1.5$ 、 $d/H=1.7\sim 3.3$ 和 $L/H=12\sim 25$ 时,其厚度可按下式计算;

$$h=0.744K_{\gamma}H \frac{\sqrt{m^2+1}}{m+A} \left(0.476+0.157 \frac{d}{H} \right) \quad (8.2.10)$$

式中 A ——系数,当斜缝干砌时取 1.2;当平缝干砌时取 0.85。

注:对 $m=2\sim 3$ 的加糙干砌条石护面厚度也可按式 (8.2.9-1) 和式 (8.2.9-2) 计算,但应乘以折减系数 α 。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, α 可取为 0.85。对上述情况加糙干砌条石护面由式 (8.2.3-1) 计算的波浪爬高值,应乘以 0.7 的折减系数。

8.2.11 作用于如图 8.2.11-1 所示的斜坡式建筑物顶部胸墙上的波浪力,当无因次参数 $\xi \leq \xi_b$ 时,可按下列公式计算。

(1) 波峰作用时胸墙上的平均压力强度按下式计算:

$$\bar{p} = 0.24\gamma HK_p \quad (8.2.11-1)$$

式中 \bar{p} ——平均压力强度 (kPa);

K_p ——与无因次参数 ξ 和波坦 L/H 有关的平均压强系数。

K_p 按图 8.2.11-2 确定。

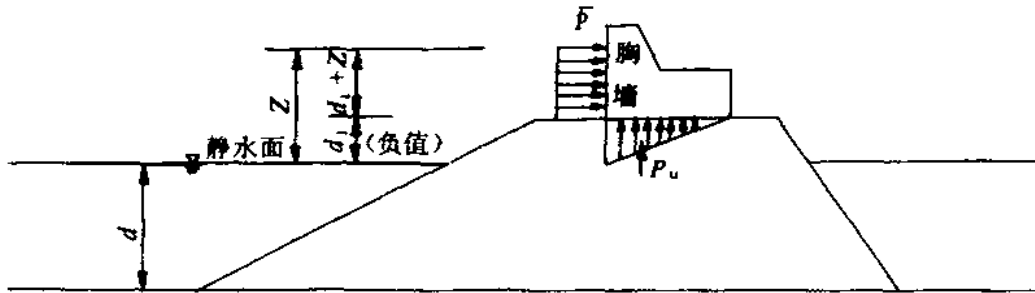


图 8.2.11-1 胸墙波压力图

(2) 无因次参数 ξ 按下式计算:

$$\xi = \left(\frac{d_1}{d} \right) \left(\frac{d}{H} \right)^{2\pi H/L} \quad (8.2.11-2)$$

式中 d_1 ——胸墙前水深 (m),当静水面在墙底面以下时 d_1 为负值。

(3) 无因次参数 ξ_b 按下式计算:

$$\xi_b = 3.29 \left(\frac{H}{L} + 0.043 \right) \quad (8.2.11-3)$$

(4) 当 $\xi = \xi_b$ 时, 平均波浪压力强度 \bar{p} 达到最大值。

(5) 胸墙上的波压力分布高度按下式计算:

$$d_1 + Z = H \text{th} \left(\frac{2\pi d}{L} \right) K_z \quad (8.2.11-4)$$

式中 K_z ——与无因次参数 ξ 和波坦 L/H 有关的波压力作用高度系数。 K_z 按图 8.2.11-2 确定。

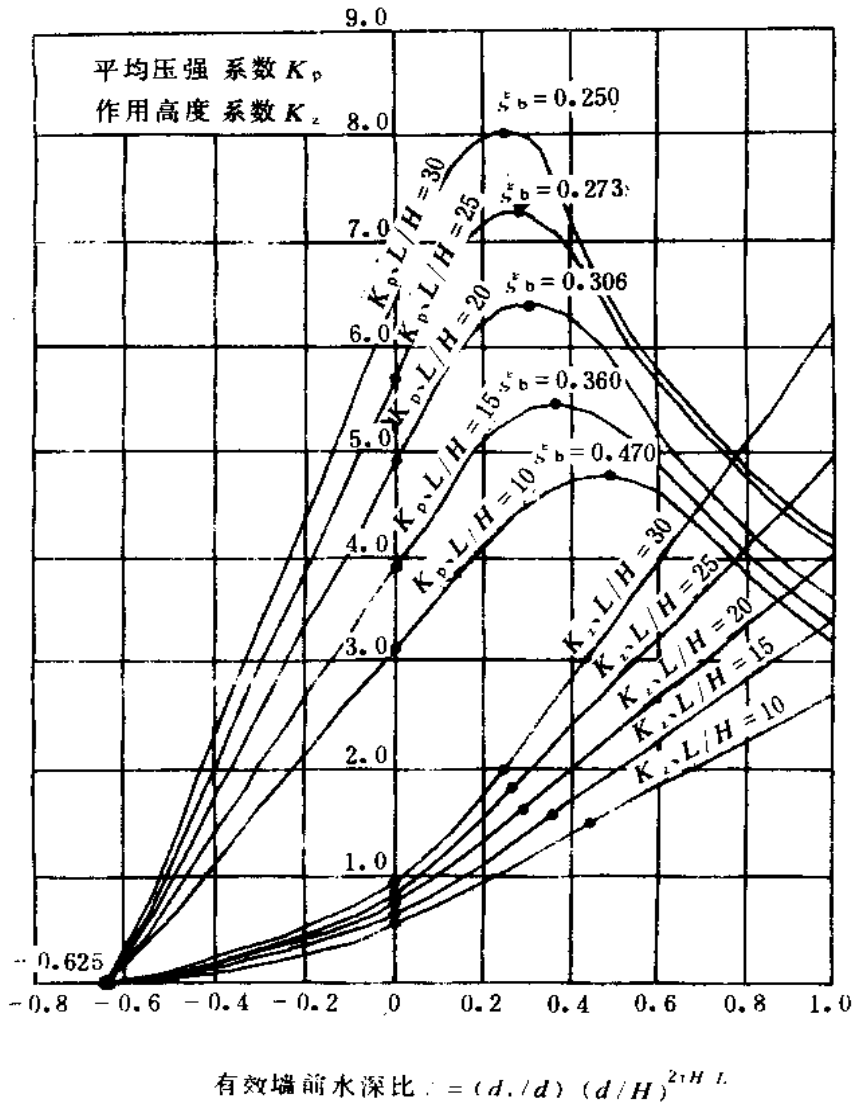


图 8.2.11-2 不同波坦情况下 K_p 、 $K_z \sim \xi$ 曲线

(6) 单位长度胸墙上的总波浪力按下式计算：

$$p = \bar{p}(d_1 + Z) \quad (8.2.11-5)$$

式中 p ——单位长度胸墙上的总波浪力 (kN/m)。

(7) 胸墙底面上的波浪浮托力按下式计算：

$$P_u = \mu \frac{b\bar{p}}{2} \quad (8.2.11-6)$$

式中 P_u ——胸墙底面上的波浪浮托力 (kN/m)；

μ ——波浪浮托力分布图的折减系数，取 0.7。

注：本条不适用于胸墙前有掩护棱体的情况。

8.3 波浪对桩基和墩柱建筑物的作用

8.3.1 对于 D/L 或 $b/L \leq 0.2$ 的小尺度桩柱，当 $H/d \leq 0.2$ 和 $d/L \geq 0.2$ 或 $H/d > 0.2$ 和 $d/L \geq 0.35$ 时，作用于水底面以上高度 Z 处如图 8.3.1 所示柱体全断面上与波向平行的正向力由速

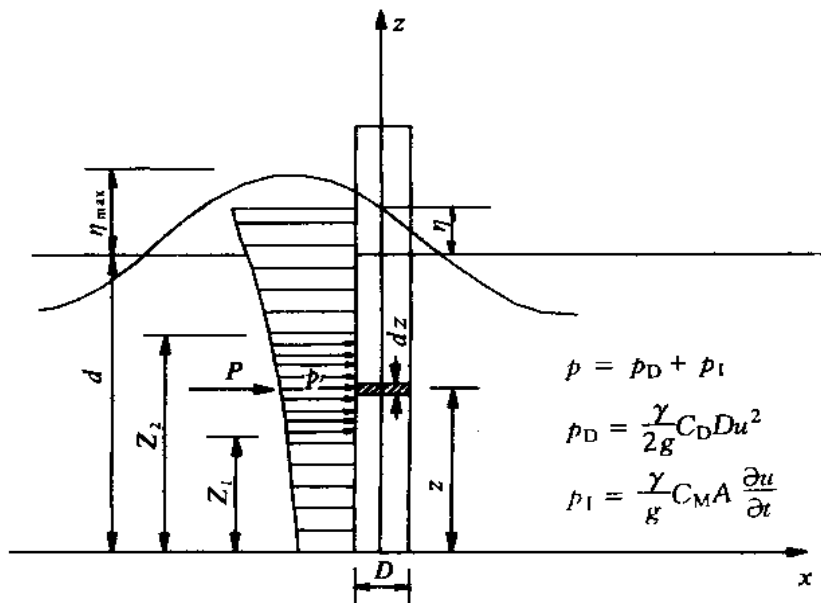


图 8.3.1 波浪对桩柱作用

度分力和惯性分力组成，可按下列公式计算：

$$p_D = \frac{1}{2} \frac{\gamma}{g} C_D D u |u| \quad (8.3.1-1)$$

$$p_I = \frac{\gamma}{g} C_{MA} \frac{\partial u}{\partial t} \quad (8.3.1-2)$$

$$u = \frac{\pi H}{T} \frac{\operatorname{ch} \frac{2\pi z}{L}}{\operatorname{sh} \frac{2\pi d}{L}} \cos \omega t \quad (8.3.1-3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{2\pi^2 H}{T^2} \frac{\operatorname{ch} \frac{2\pi z}{L}}{\operatorname{sh} \frac{2\pi d}{L}} \sin \omega t \quad (8.3.1-4)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (8.3.1-5)$$

式中 p_D ——波浪力的速度分力(kN/m);

p_I ——波浪力的惯性分力(kN/m);

a 、 b ——矩形柱体断面垂直和平行于波向的宽度 (m);

D ——柱体的直径 (m), 当为矩形断面时, D 改用 b (m);

A ——柱体的断面积 (m^2);

C_D ——速度力系数, 对圆形断面取 1.2, 对方形或 $a/b \leq 1.5$ 的矩形断面取 2.0;

C_M ——惯性力系数, 对圆形断面取 2.0, 对方形或 $a/b \leq 1.5$ 的矩形断面取 2.2;

u 、 $\partial u / \partial t$ ——分别为水质点轨道运动的水平速度 (m/s) 和水平加速度 (m/s^2);

ω ——圆频率 (s^{-1});

t ——时间 (s), 当波峰通过柱体中心线时 $t=0$ 。

p_D 和 p_I 的最大值 $p_{D\max}$ 和 $p_{I\max}$ 分别出现在 $\omega t = 0^\circ$ 和 $\omega t = 270^\circ$ 的相位上。

8.3.2 作用于整个柱体高度上的最大速度分力 $p_{D\max}$ 和最大惯性分力 $p_{I\max}$, 可按下列规定确定。

8.3.2.1 当 $H/d \leq 0.2$ 和 $d/L \geq 0.2$ 或 $H/d > 0.2$ 和 $d/L \geq 0.35$ 时, 按下列方法确定:

(1) 沿柱体高度选取不同 z 值, 按公式 8.3.1-1 和 8.3.1-2 分别计算 $\omega t = 0^\circ$ 和 $\omega t = 270^\circ$ 时的 $p_{D\max}$ 和 $p_{I\max}$, 计算点不宜少于 5 个点, 其中包括 $z=0$ 、 d 和 $d+\eta$ 三点。 η 为任意相位时的波面在静

水面以上的高度。当 $\omega t = 0^\circ$ 时, $\eta = \eta_{\max}$, η_{\max} 为波峰在静水面以上的高度, 按图 8.3.2-1 确定; 当 $\omega t = 270^\circ$ 时, $\eta = \eta_{\max} - H/2$ 。若沿柱体高度断面有变化时, 则在交接面上下应分别进行计算。由 $p_{D\max}$ 和 $p_{I\max}$ 分布图形即可算出总的 $p_{D\max}$ 和 $p_{I\max}$ 。

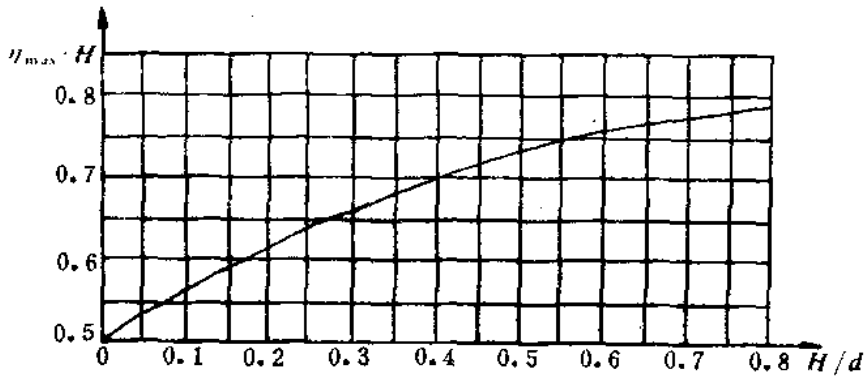


图 8.3.2-1 $\omega t = 0^\circ$ 时的 η_{\max} 值

(2) 当 Z_1 和 Z_2 间柱体断面相同时, 作用于该段上的 $p_{I\max}$ 和 $p_{D\max}$ 分别按下列公式计算:

$$p_{D\max} = C_D \frac{\gamma D H^2}{2} K_1 \quad (8.3.2-1)$$

$$p_{I\max} = C_M \frac{\gamma A H}{2} K_2 \quad (8.3.2-2)$$

$$K_1 = \frac{\frac{4\pi Z_2}{L} - \frac{4\pi Z_1}{L} + \operatorname{sh} \frac{4\pi Z_2}{L} - \operatorname{sh} \frac{4\pi Z_1}{L}}{8 \operatorname{sh} \frac{4\pi d}{L}} \quad (8.3.2-3)$$

$$K_2 = \frac{\operatorname{sh} \frac{2\pi Z_2}{L} - \operatorname{sh} \frac{2\pi Z_1}{L}}{\operatorname{ch} \frac{2\pi d}{L}} \quad (8.3.2-4)$$

K_1 和 K_2 可根据 Z_1/L 、 Z_2/L 和 d/L 分别按图 8.3.2-2 和图 8.3.2-3 确定;

(3) $p_{D\max}$ 和 $p_{I\max}$ 对 Z_1 断面的力矩 $M_{D\max}$ 和 $M_{I\max}$ 分别按下列公式计算:

$$M_{D\max} = C_D \frac{\gamma D H^2 L}{2\pi} K_3 \quad (8.3.2-5)$$

$$M_{\text{imax}} = C_M \frac{\gamma A H L}{4\pi} K_4 \quad (8.3.2-6)$$

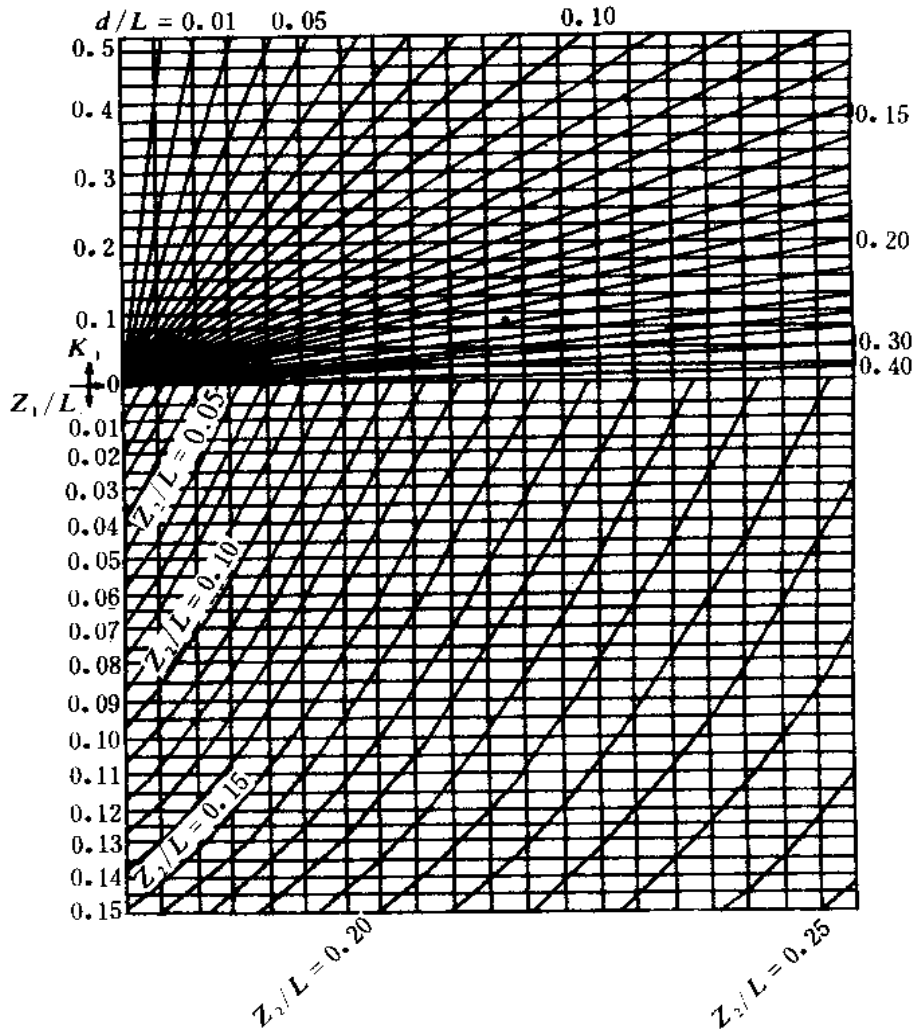


图 8.3.2-2 系数 K_1

$$K_3 = \frac{1}{\text{sh} \frac{4\pi d}{L}} \left[\frac{\pi^2 (Z_2 - Z_1)^2}{4L^2} + \frac{\pi (Z_2 - Z_1)}{8L} \text{sh} \frac{4\pi Z_2}{L} - \frac{1}{32} \left(\text{ch} \frac{4\pi Z_2}{L} - \text{ch} \frac{4\pi Z_1}{L} \right) \right] \quad (8.3.2-7)$$

$$K_4 = \frac{1}{\text{ch} \frac{2\pi d}{L}} \left[\frac{2\pi (Z_2 - Z_1)}{L} \cdot \text{sh} \frac{2\pi Z_2}{L} - \left(\text{ch} \frac{2\pi Z_2}{L} - \text{ch} \frac{2\pi Z_1}{L} \right) \right] \quad (8.3.2-8)$$

K_3 和 K_4 可根据 Z_1/L 、 Z_2/L 和 d/L 分别按图 8.3.2-4、图

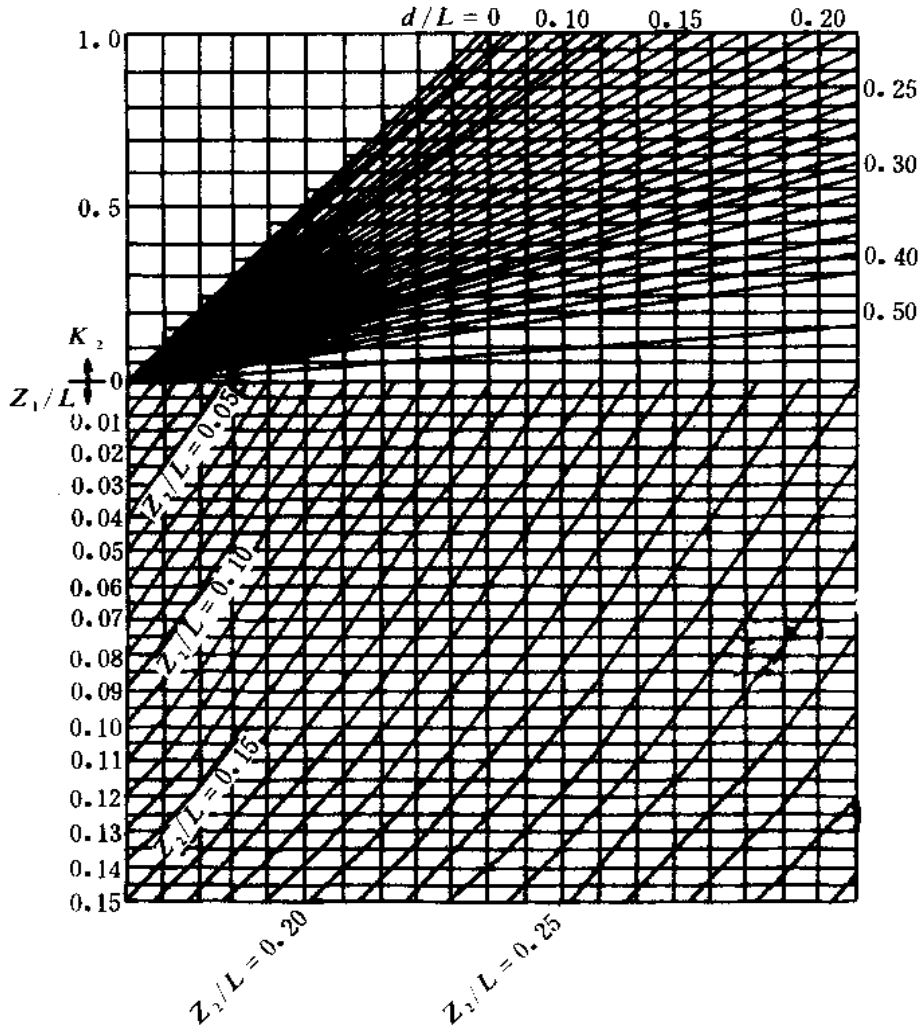


图 8.3.2-3 系数 K_2

8.3.2-5 和图 8.3.2-6、图 8.3.2-7 确定。

(4) 若沿整个柱体高度断面相同，则在计算整个柱体上的 P_{Dmax} 及其对水底面的力矩 M_{Dmax} 时，应取 $Z_1 = 0$ 和 $Z_2 = d + \eta_{max}$ ；而在计算整个柱体上的 $P_{I_{max}}$ 及其对水底面的力矩 $M_{I_{max}}$ 时，应取 $Z_1 = 0$ 和 $Z_2 = d + \eta_{max} - H/2$ 。

8.3.2.2 当 $H/d \leq 0.2$ 和 $d/L < 0.2$ 或 $H/d > 0.2$ 和 $d/L < 0.35$ 时，可仍按第 8.3.2.1 款的规定计算作用于整个柱体上的正向波浪力，但应对 P_{Dmax} 乘以系数 α ；对 M_{Dmax} 乘以系数 β 。 α 和 β 可

分别按图 8.3.2-8 和图 8.3.2-9 确定。

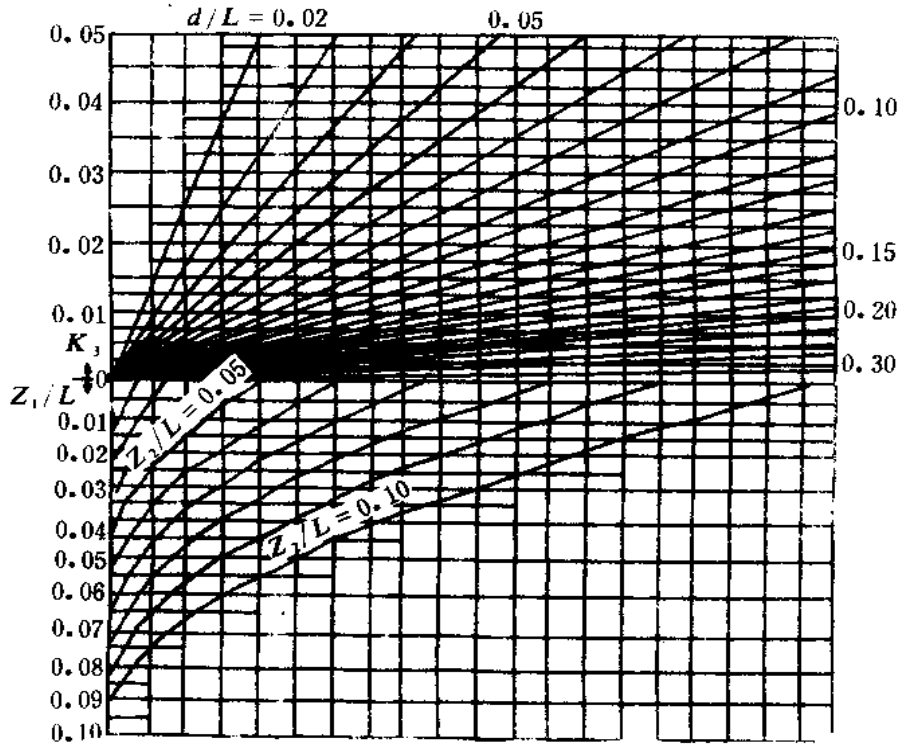


图 8.3.2-4 系数 K_3 (一)

8.3.2.3 当 $0.04 \leq d/L \leq 0.2$ 时, 除按第 8.3.2.2 款的规定外, 应对 $P_{I_{max}}$ 乘以系数 γ_P , 对 $M_{I_{max}}$ 乘以系数 γ_M 。系数 γ_P 和 γ_M 可按图 8.3.2-10 确定。

8.3.3 作用于整个柱体高度上任何相位时的正向水平总波浪力 P , 可按下式计算:

$$P = p_{D_{max}} \cos \omega t |\cos \omega t| - p_{I_{max}} \sin \omega t \quad (8.3.3)$$

8.3.4 作用于整个柱体高度上的最大总波浪力和最大总波浪力矩可按下列公式计算。

(1) 当 $p_{D_{max}} \leq 0.5 p_{I_{max}}$ 时, 正向水平最大总波浪力按下式计算:

$$P_{max} = P_{I_{max}} \quad (8.3.4-1)$$

此时相位为 $\omega t = 270^\circ$

对于水底面的最大总波浪力矩按下式计算:

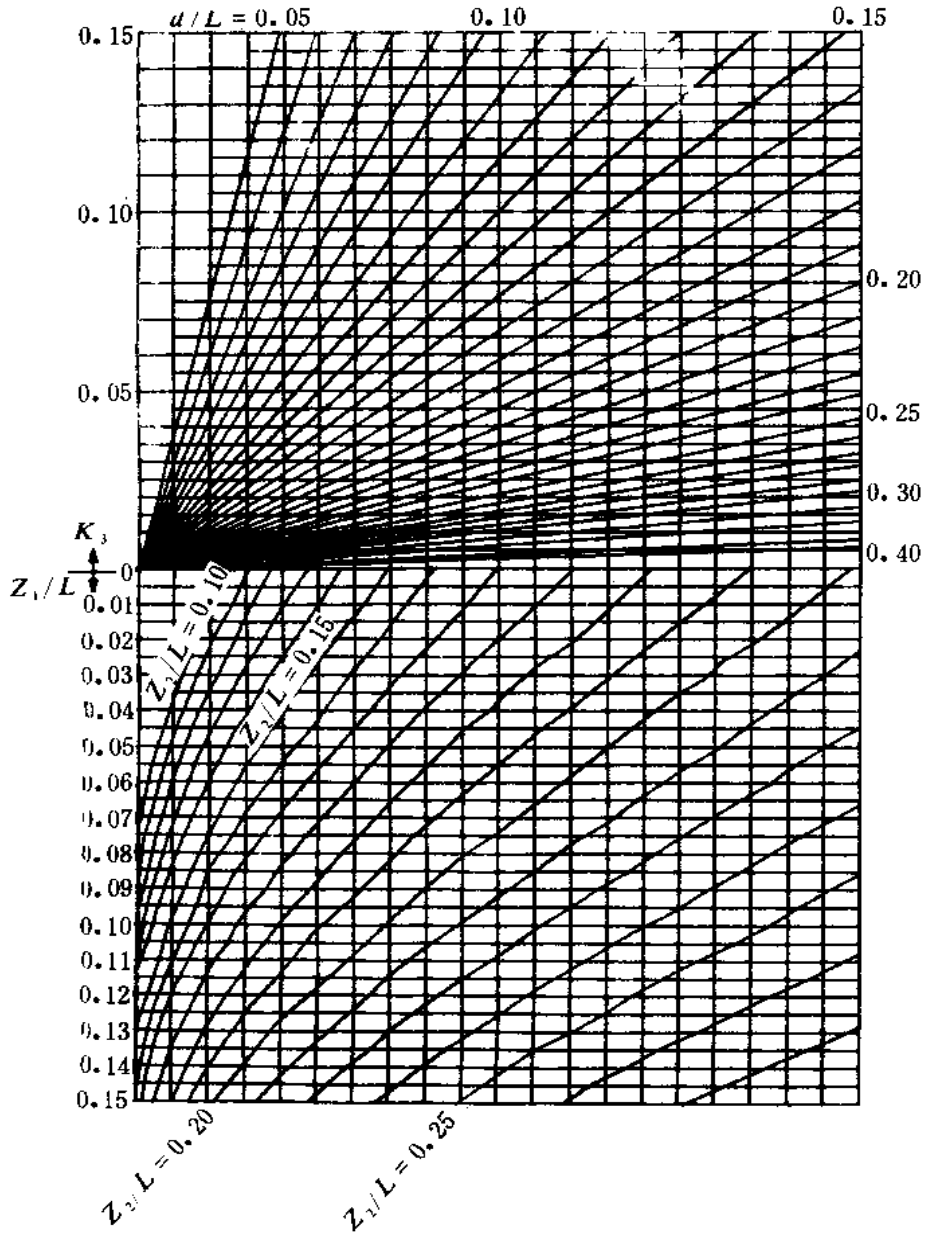


图 8.3.2-5 系数 K_3 (二)

$$M_{\max} = M_{I\max} \quad (8.3.4-2)$$

(2) 当 $P_{D\max} > 0.5P_{I\max}$ 时, 正向水平最大总波浪力按下式计算:

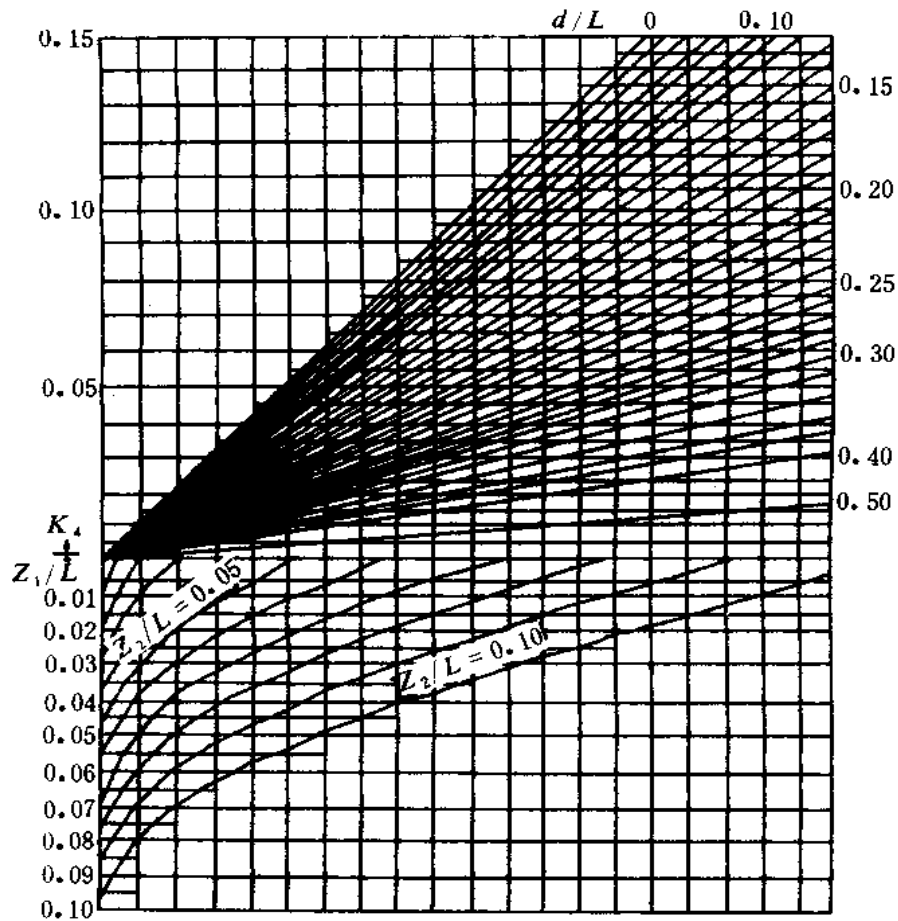


图 8.3.2-6 系数 K_4 (一)

$$P_{\max} = P_{D\max} \left(1 + 0.25 \frac{P_{I\max}^2}{P_{D\max}^2} \right) \quad (8.3.4-3)$$

此时相位为 $\sin \omega t = -0.5 \frac{P_{I\max}}{P_{D\max}}$ (8.3.4-4)

对水底面的最大总波浪力矩 M_{\max} 按下式计算:

$$M_{\max} = M_{D\max} \left(1 + 0.25 \frac{M_{I\max}^2}{M_{D\max}^2} \right) \quad (8.3.4-5)$$

8.3.5 对于由小直径桩柱组成的群桩结构,应根据设计波浪的计

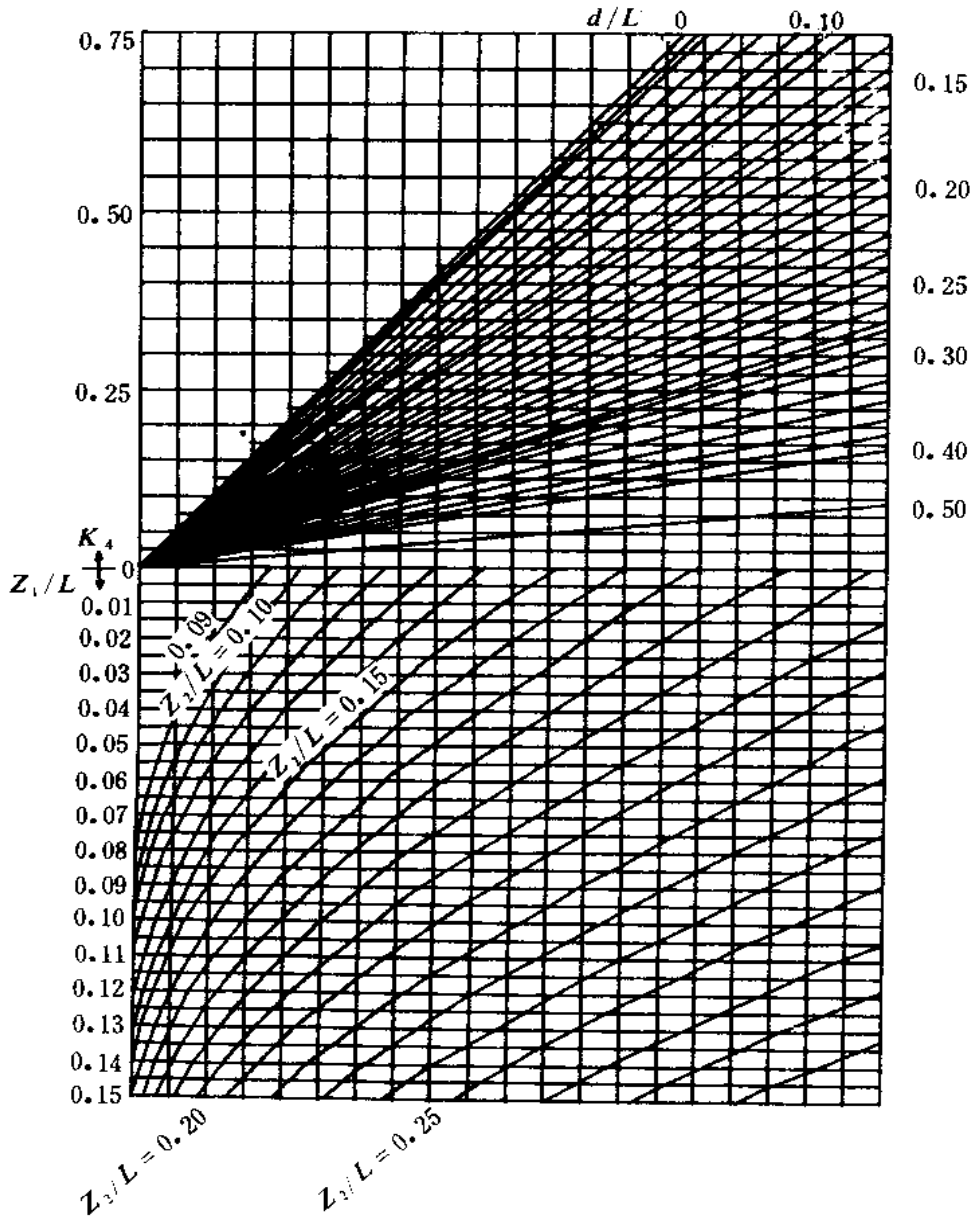


图 8.3.2-7 系数 K_4 (二)

算剖面来确定同一时刻各桩上的正向水平总波浪力 P 。当桩的中心距 l 小于 4 倍桩的直径 D 时，应乘以群桩系数 K ， K 值可按表 8.3.5 采用。

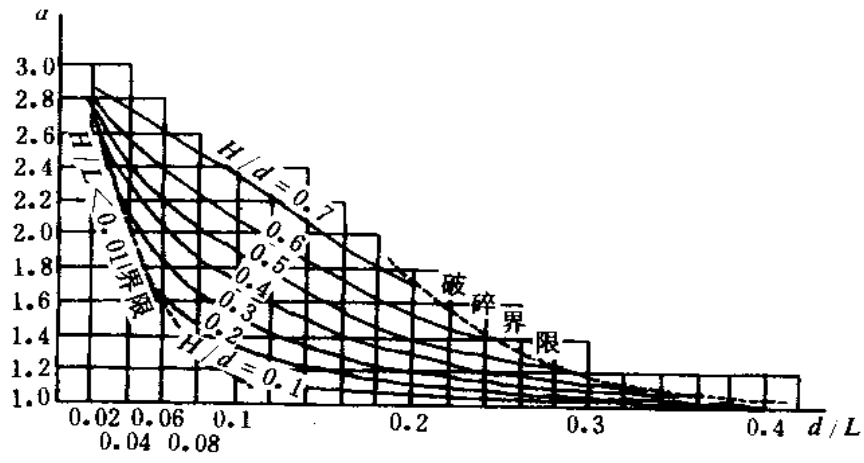


图 8.3.2-8 系数 α

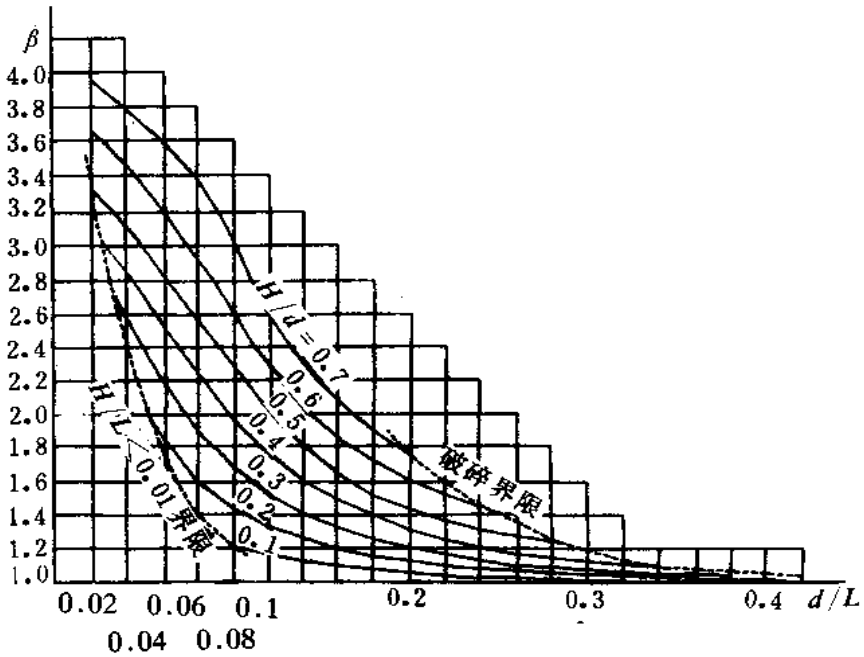


图 8.3.2-9 系数 β

群桩系数 K

表 8.3.5

| l/D 桩列方向 | 2 | 3 | 4 | l/D 桩列方向 | 2 | 3 | 4 |
|---------------|-----|------|-----|---------------|------|-----|-----|
| 垂直于波向 | 1.5 | 1.25 | 1.0 | 平行于波向 | 0.85 | 0.9 | 1.0 |

8.3.6 较大水深处波浪作用于 D/L 或 $b/L > 0.2$ 柱体上的波浪力，可按下列规定确定。

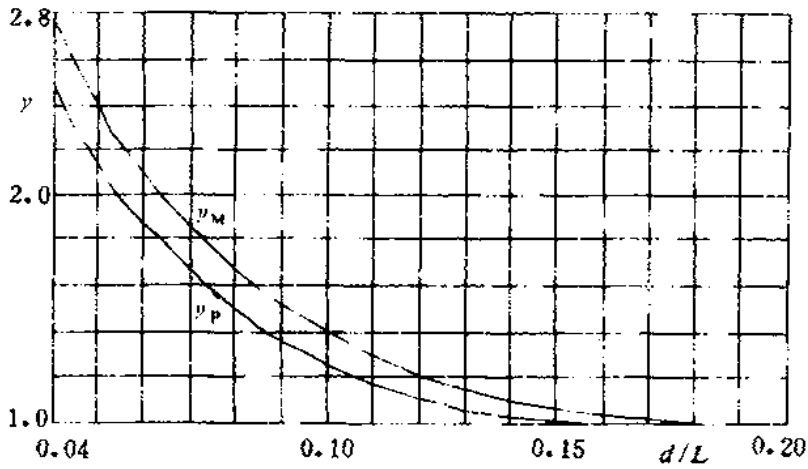


图 8.3.2-10 系数 γ_P 和 γ_M

8.3.6.1 作用于圆形柱体的波浪力按下列公式计算：

(1) 最大水平总波浪力按下式计算：

$$P_{max} = P_{I_{max}} \quad (8.3.6-1)$$

式中 P_{max} ——最大水平总波浪力 (kN)。

$P_{I_{max}}$ 及其对水底面的波浪力矩 $M_{I_{max}}$ 按公式 (8.3.2-2) 和 (8.3.2-6) 计算, 但惯性力系数 C_M 按图 8.3.6-1 确定。

(2) 对如图 8.3.6-2 所示有基床的墩柱建筑物, 在计算整个墩柱上的 $P_{I_{max}}$ 及 $M_{I_{max}}$ 时, 高度 Z_1 和 Z_2 按下列公式计算：

$$Z_1 = d - d_1 \quad (8.3.6-2)$$

$$Z_2 = d - \eta_{max} - H/2 \quad (8.3.6-3)$$

式中 d_1 ——基床上水深 (m)。

(3) 任何相位时圆形柱体表面上环向波浪压力强度 p 可

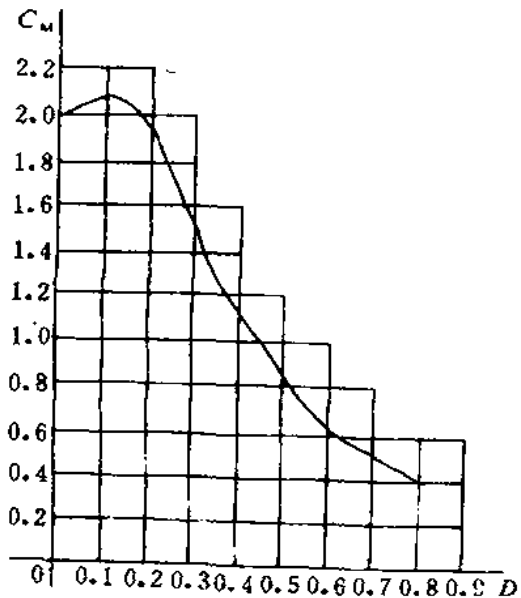


图 8.3.6-1 惯性力系数 C_M

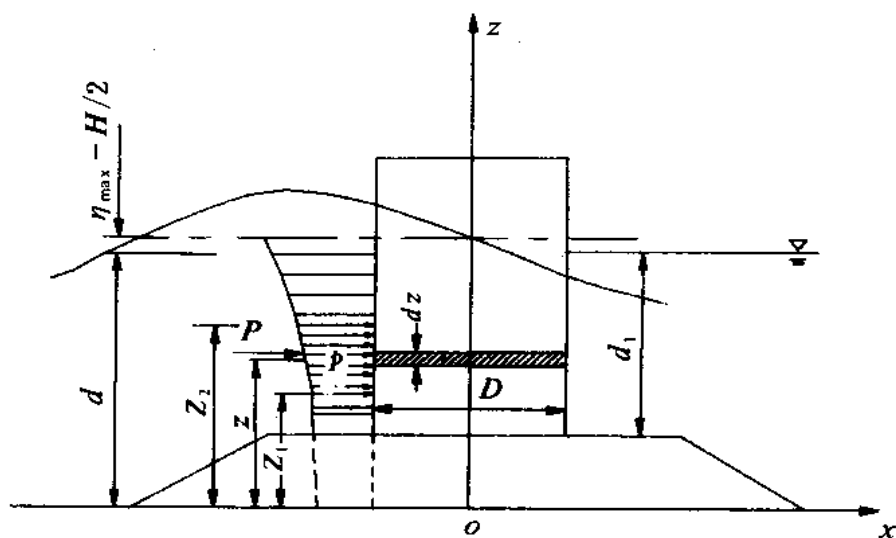


图 8.3.6-2 波浪对墩柱的作用

按下式计算：

$$p = \frac{\gamma H \operatorname{ch} \frac{2\pi z}{L}}{\pi \operatorname{ch} \frac{2\pi d}{L}} (f_2 \sin \omega t \cos \theta + f_1 \cos \omega t \cos \theta + f_2 \sin \omega t - f_0 \cos \omega t) \quad (8.3.6-4)$$

式中 p ——环向波浪压力强度 (kPa)；

f_0 、 f_1 、 f_2 、 f_3 ——与 D/L 有关的系数；

θ ——计算点同柱体圆心的连线与波向线间的夹角 ($^\circ$)。

系数 f_0 、 f_1 、 f_2 、 f_3 按图 8.3.6-3 确定。

(4) 为了估算柱体底面上的波浪浮托力，其周边的浮托压力强度可近似地采用相应点的环向波浪压力强度。柱体底面上总波浪浮托力按附录 J 确定。

8.3.6.2 对于方形或 $a/b \leq 1.5$ 的矩形柱体上的波浪力，可按附录 K 确定。

8.3.7 当 $H/d \geq 0.1$ 和 $D/d \geq 0.4$ 时，圆柱墩上的波浪作用力可按下列方法确定。

8.3.7.1 当相对周期 $T \sqrt{g/d} \geq 8$ 时，波面在墩柱面上的最大

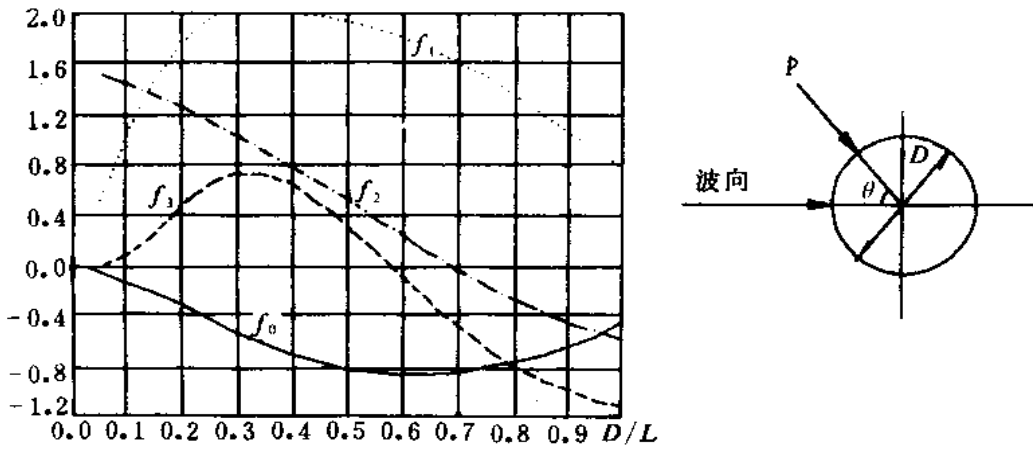


图 8.3.6-3 系数 f_0 、 f_1 、 f_2 和 f_3

壅高 η_{\max} 位于墩柱迎浪面的顶点处， η_{\max}/H 可按下式计算：

$$\frac{\eta_{\max}}{H} = (C_1 - C_2 e^{-\alpha R/d}) \left[1 + C_3 \left(\frac{H}{d} - 0.1 \right)^\beta \right] \quad (8.3.7-1)$$

式中 η_{\max} ——波面在墩柱面上的最大壅高 (m)；
 R ——圆柱墩的半径 (m)；
 C_1 、 C_2 、 C_3 ——系数；
 α 、 β ——系数。

系数 C_1 、 C_2 、 C_3 、 α 和 β 按表 8.3.7-1 确定。

系数 C_1 、 C_2 、 C_3 、 α 和 β 表 8.3.7-1

| $T \sqrt{g/d}$ | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| C_1 | 0.89 | 0.96 | 1.03 | 1.10 | 1.16 | 1.23 | 1.31 |
| C_2 | 0.60 | 0.61 | 0.62 | 0.63 | 0.66 | 0.70 | 0.75 |
| C_3 | 0.96 | 1.20 | 1.38 | 1.44 | 1.40 | 1.37 | 1.29 |
| α | 1.60 | 1.20 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 0.53 | 0.48 |
| β | 1.24 | 1.09 | 0.98 | 0.89 | 0.81 | 0.78 | 0.76 |

8.3.7.2 圆柱墩上的最大水平总波浪力和最大水平总波力矩出现在同一时刻，按下列公式计算：

$$P_{\max} = \alpha_P P_{I\max} \quad (8.3.7-2)$$

$$M_{\max} = \alpha_M M_{I\max} \quad (8.3.7-3)$$

式中 α_P 、 α_M ——系数。

系数 α_P 、 α_M 分别由表 8.3.7-2 和表 8.3.7-3 确定。

P_{lmax} 和 M_{lmax} 按第 8.3.6.1 款计算。

8.3.7.3 当相对周期 $T \sqrt{g/d} < 8$ 时，仍可按式 (8.3.7-2) 和式 (8.3.7-3) 计算作用于圆柱墩上的最大水平总波浪力和最大水平总波力矩，式中系数 α_P 和 α_M 按如下规定确定：

(1) 当 $L/d \leq 6.67$ 时， α_P 和 α_M 均等于 1.0；

(2) 当 $T \sqrt{g/d} < 8$ 时， α_P 和 α_M 可按下列公式确定：

$$\alpha_P = 1 + \frac{(L/d)_t - 6.67}{(L/D)_8 - 6.67} [(\alpha_P)_8 - 1] \quad (8.3.7-4)$$

$$\alpha_M = 1 + \frac{(L/d)_t - 6.67}{(L/D)_8 - 6.67} [(\alpha_M)_8 - 1] \quad (8.3.7-5)$$

式中 $(L/d)_8$ ——由 $T \sqrt{g/d} = 8$ 算得的 L/d 值；

$(L/d)_t$ ——计算得到的实际的 L/d 值。

(3) $(\alpha_P)_8$ 、 $(\alpha_M)_8$ 由 $T \sqrt{g/d} = 8$ 和实际的 H/d 值分别按表 8.3.7-2 和表 8.3.7-3 确定。

系 数 α_P

表 8.3.7-2

| H/d | R/d | $T \sqrt{g/d}$ | | | | | | |
|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| 0.1 | 0.2 | 1.128 | 1.099 | 1.125 | 1.189 | 1.259 | 1.364 | 1.478 |
| | 1.0 | 1.114 | 1.109 | 1.095 | 1.115 | 1.174 | 1.252 | 1.352 |
| 0.2 | 0.2 | 1.155 | 1.203 | 1.326 | 1.498 | 1.702 | 1.918 | 2.130 |
| | 1.0 | 1.174 | 1.176 | 1.210 | 1.310 | 1.458 | 1.628 | 1.820 |
| 0.3 | 0.2 | 1.207 | 1.355 | 1.601 | 1.886 | 2.189 | 2.502 | 2.822 |
| | 1.0 | 1.246 | 1.267 | 1.363 | 1.540 | 1.763 | 1.992 | 2.231 |
| 0.4 | 0.2 | 1.288 | 1.561 | 1.927 | 2.319 | 2.723 | 3.122 | 3.520 |
| | 1.0 | 1.332 | 1.381 | 1.546 | 1.791 | 2.059 | 2.354 | 2.643 |

续上表

| H/d | R/d | $T \sqrt{g/d}$ | | | | | | |
|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| 0.5 | 0.2 | 1.447 | 1.817 | 2.293 | 2.792 | 3.282 | 3.783 | 4.242 |
| | 0.6 | 1.370 | 1.669 | 2.019 | 2.418 | 2.822 | 3.245 | 3.634 |
| | 1.0 | 1.470 | 1.520 | 1.745 | 2.044 | 2.362 | 2.707 | 3.025 |
| 0.6 | 0.2 | 1.607 | 2.113 | 2.706 | 3.318 | 3.898 | 4.466 | 5.065 |
| | 0.6 | 1.484 | 1.900 | 2.334 | 2.816 | 3.291 | 3.764 | 4.263 |
| | 1.0 | 1.596 | 1.687 | 1.961 | 2.314 | 2.683 | 3.061 | 3.460 |
| 0.7 | 0.2 | 1.823 | 2.488 | 3.175 | 3.889 | 4.572 | 5.308 | 6.021 |
| | 0.6 | 1.635 | 2.219 | 2.689 | 3.245 | 3.800 | 4.408 | 4.987 |
| | 1.0 | 1.753 | 1.916 | 2.203 | 2.600 | 3.027 | 3.497 | 3.897 |

系数 α_M

表 8.3.7-3

| H/d | R/d | $T \sqrt{g/d}$ | | | | | | |
|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| 0.1 | 0.2 | 1.075 | 1.075 | 1.120 | 1.196 | 1.277 | 1.392 | 1.515 |
| | 1.0 | 1.075 | 1.095 | 1.096 | 1.127 | 1.194 | 1.283 | 1.392 |
| 0.2 | 0.2 | 1.124 | 1.216 | 1.372 | 1.575 | 1.811 | 2.059 | 2.312 |
| | 1.0 | 1.161 | 1.198 | 1.258 | 1.381 | 1.556 | 1.750 | 1.976 |
| 0.3 | 0.2 | 1.212 | 1.426 | 1.736 | 2.085 | 2.459 | 2.834 | 3.212 |
| | 1.0 | 1.266 | 1.340 | 1.481 | 1.705 | 1.982 | 2.263 | 2.555 |
| 0.4 | 0.2 | 1.341 | 1.721 | 2.197 | 2.703 | 3.208 | 3.739 | 4.244 |
| | 1.0 | 1.394 | 1.518 | 1.757 | 2.083 | 2.431 | 2.812 | 3.181 |

续上表

| H/d | R/d | $T \sqrt{g/d}$ | | | | | | |
|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| 0.5 | 0.2 | 1.568 | 2.096 | 2.747 | 3.402 | 4.084 | 4.754 | 5.336 |
| | 0.6 | 1.484 | 1.920 | 2.410 | 2.946 | 3.500 | 4.070 | 4.574 |
| | 1.0 | 1.589 | 1.743 | 2.073 | 2.490 | 2.915 | 3.385 | 3.812 |
| 0.6 | 0.2 | 1.820 | 2.562 | 3.385 | 4.263 | 5.072 | 5.794 | 6.627 |
| | 0.6 | 1.671 | 2.288 | 2.908 | 3.597 | 4.265 | 4.940 | 5.586 |
| | 1.0 | 1.786 | 2.014 | 2.430 | 2.931 | 3.457 | 3.972 | 4.544 |
| 0.7 | 0.2 | 2.157 | 3.148 | 4.180 | 5.205 | 6.135 | 7.186 | 8.363 |
| | 0.6 | 1.923 | 2.654 | 3.480 | 4.316 | 5.138 | 5.977 | 6.856 |
| | 1.0 | 2.037 | 2.370 | 2.864 | 3.432 | 4.048 | 4.744 | 5.293 |

8.3.8 对于在较大水深处由 $D/L > 0.2$ 的大直径圆墩组成的群墩结构, 当墩的中心距 $l \leq 4D$ 时, 其与波向平行的水平总波浪力 P_G 可按下列式计算:

$$P_G = K_x P \quad (8.3.8)$$

式中 P ——作用于单个墩上的水平总波浪力 (kN);

P_G ——作用于墩群中某个墩上水平总波浪力 (kN);

K_x ——群墩系数。

P 按第 8.3.6 条规定计算。

群墩系数分别由图 8.3.8-1~图 8.3.8-10 确定。图中的参数为 kD , k 为由 L_P 定义的波数, L_P 为与谱峰频率 T_P 对应的波长。 T_P 可取平均周期的 1.2 倍。

8.3.9 对位于浅水破波区、 $D/L \leq 0.2$ 的直立圆柱建筑物, 可按下列规定计算最大破波作用力。

8.3.9.1 当水底坡度 $i \leq 1/15$ 时, 作用在直立圆柱建筑上的最大破波力可按下列式计算:

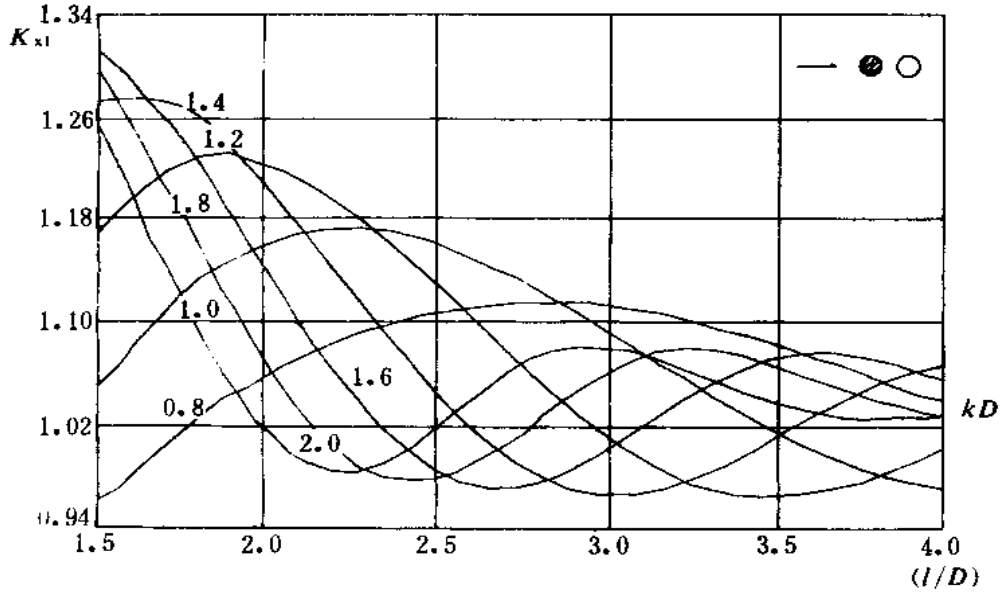


图 8.3.8-1 双墩串列时前墩的群墩系数图

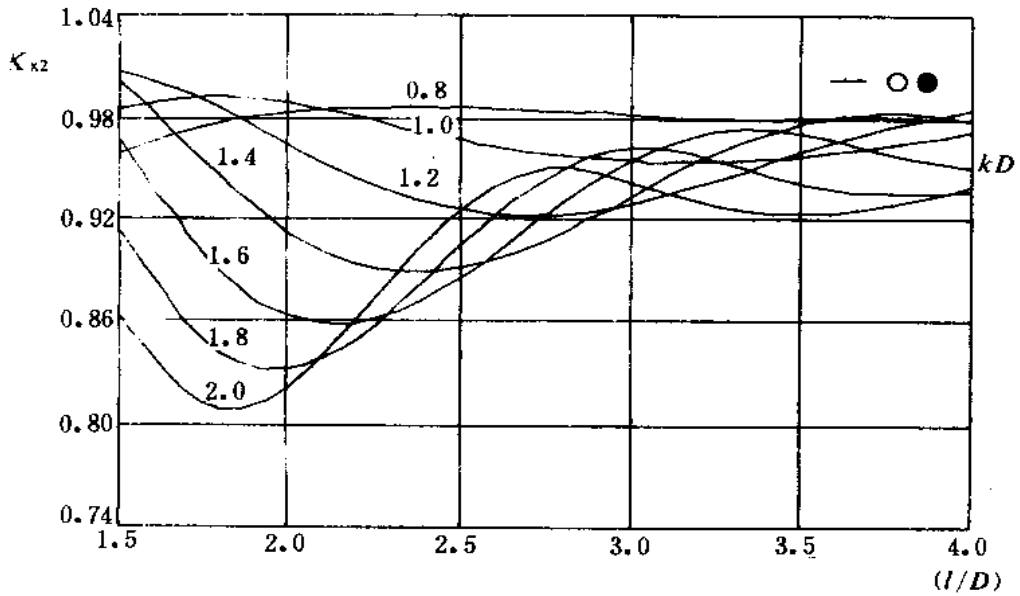


图 8.3.8-2 双墩串列时后墩的群墩系数图

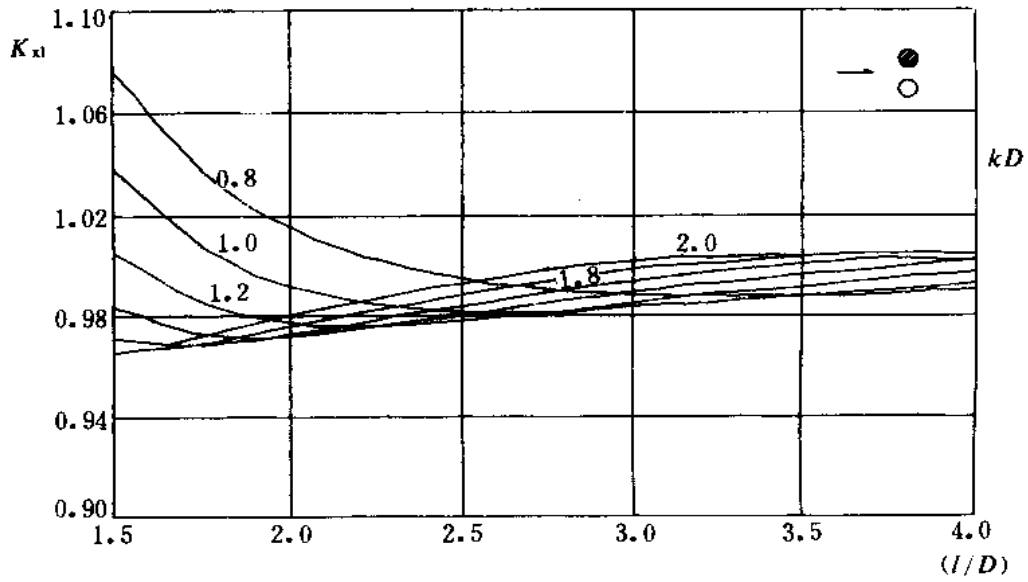


图 8.3.8-3 双墩并列时的群墩系数图

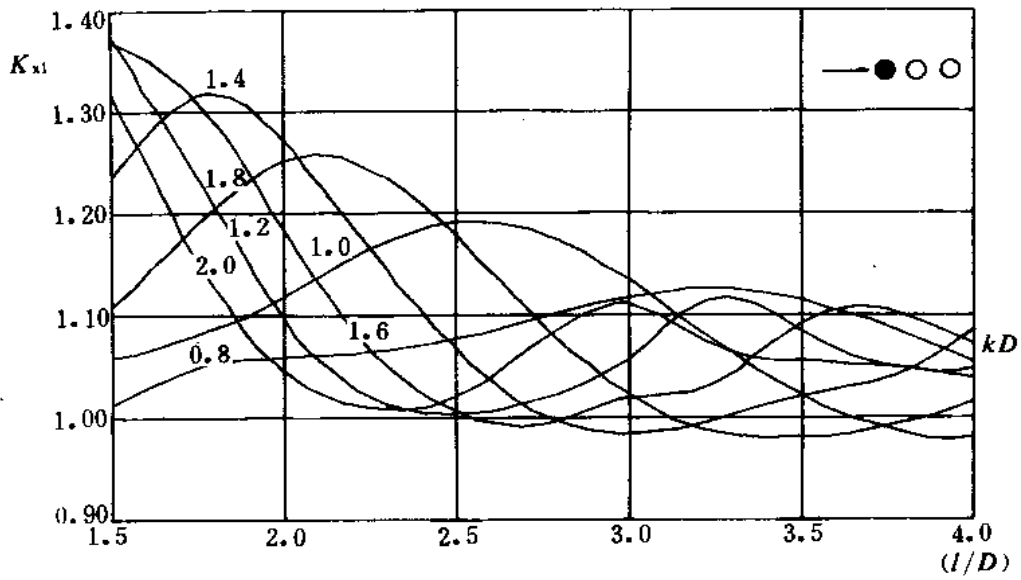


图 8.3.8-4 三墩串列时前墩的群墩系数图

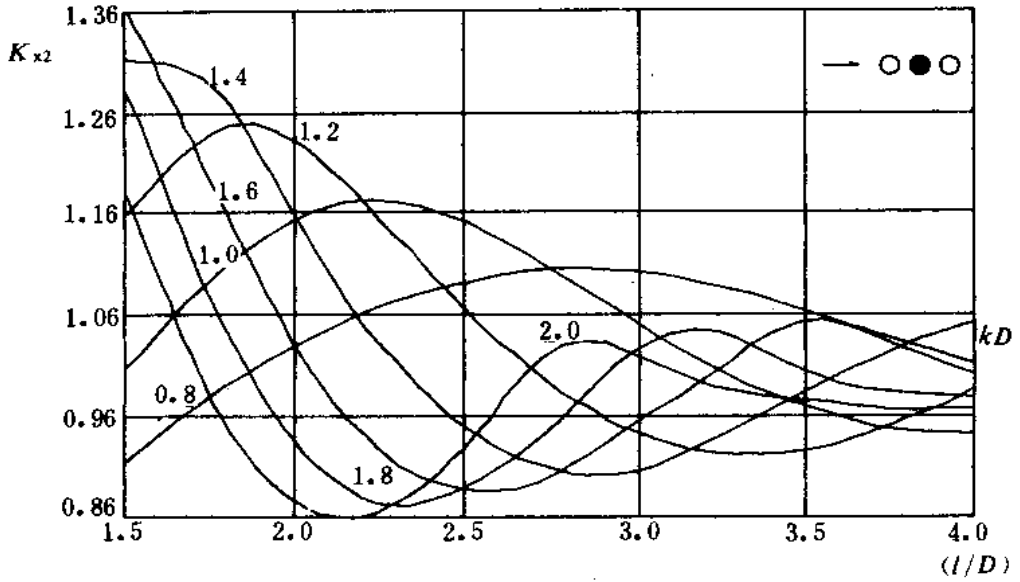


图 8.3.8-5 三墩串列时中墩的群墩系数图

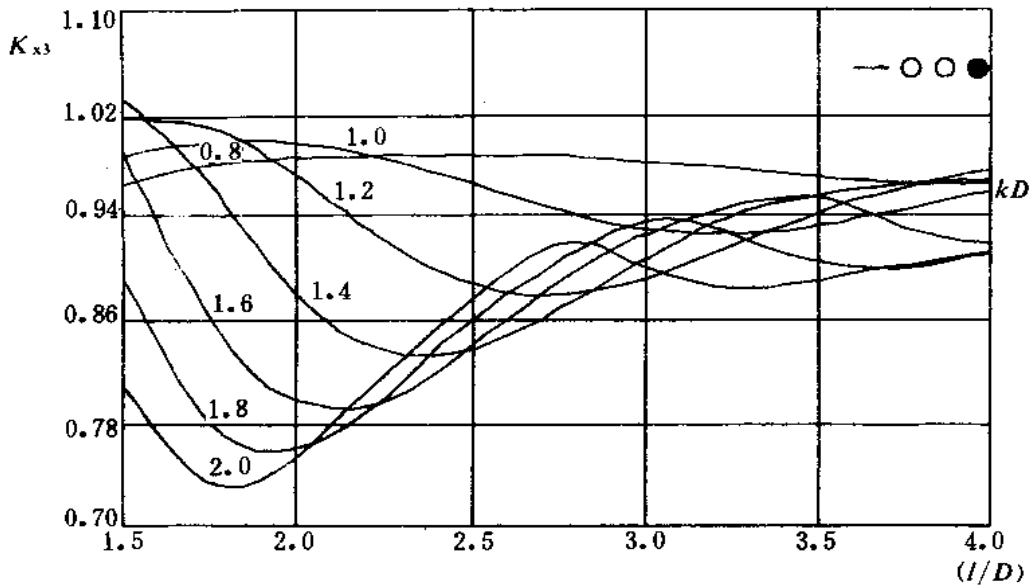


图 8.3.8-6 三墩串列时后墩的群墩系数图

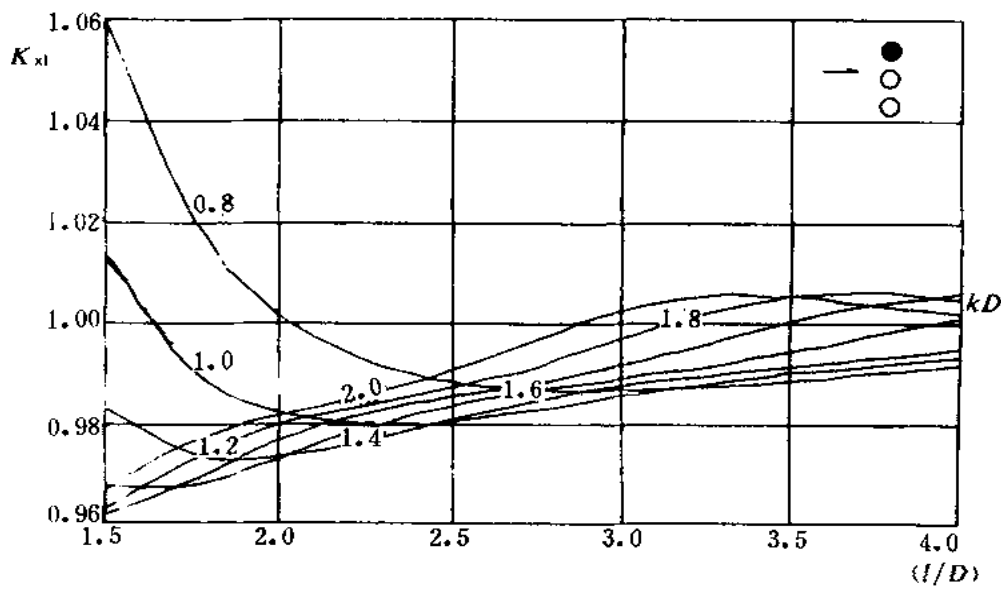


图 8.3.8-7 三墩并列时边墩的群墩系数图

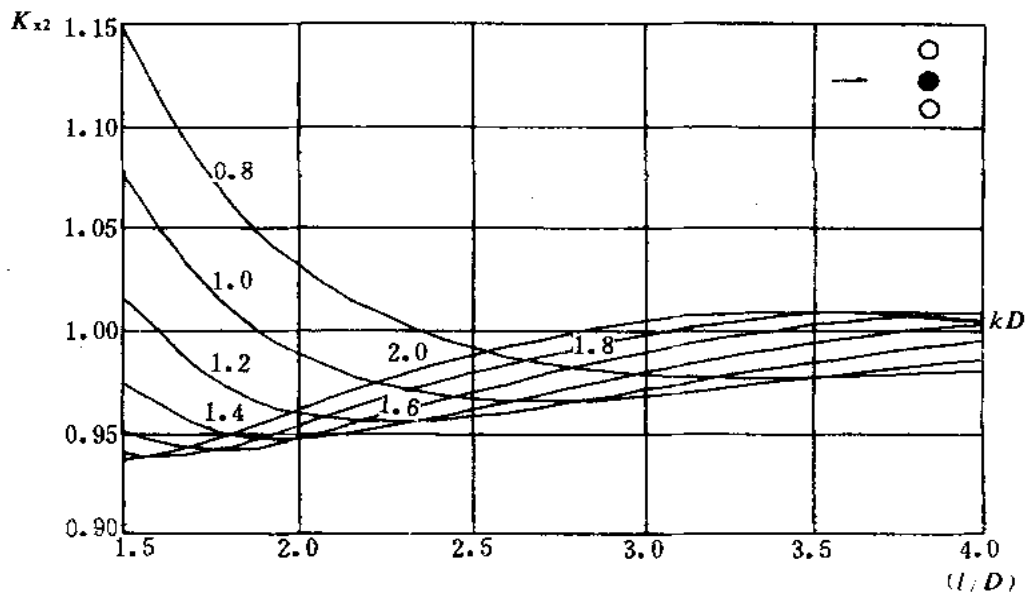


图 8.3.8-8 三墩并列时中墩的群墩系数图

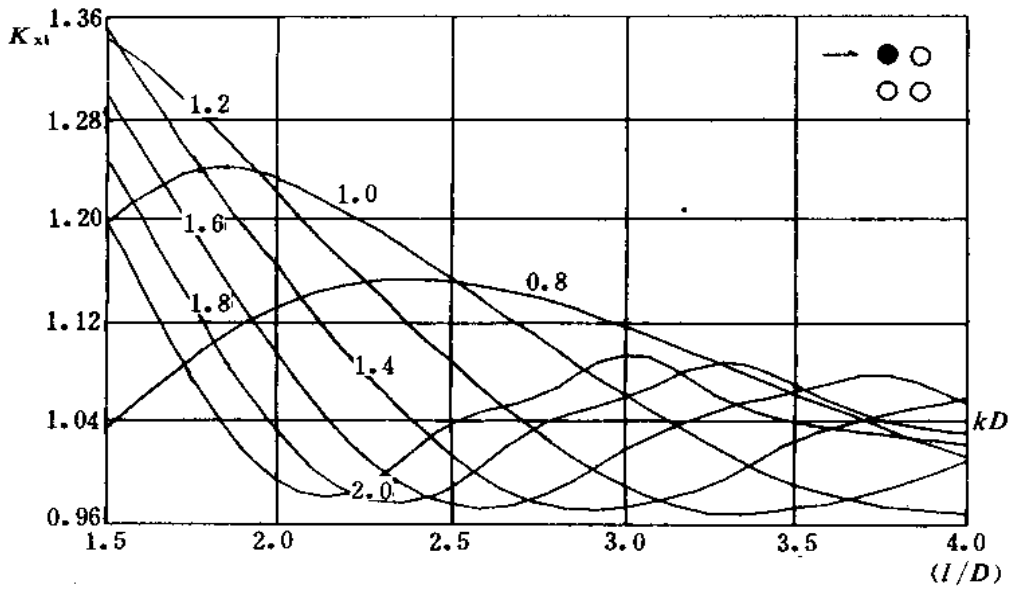


图 8.3.8-9 四墩时前墩的群墩系数图

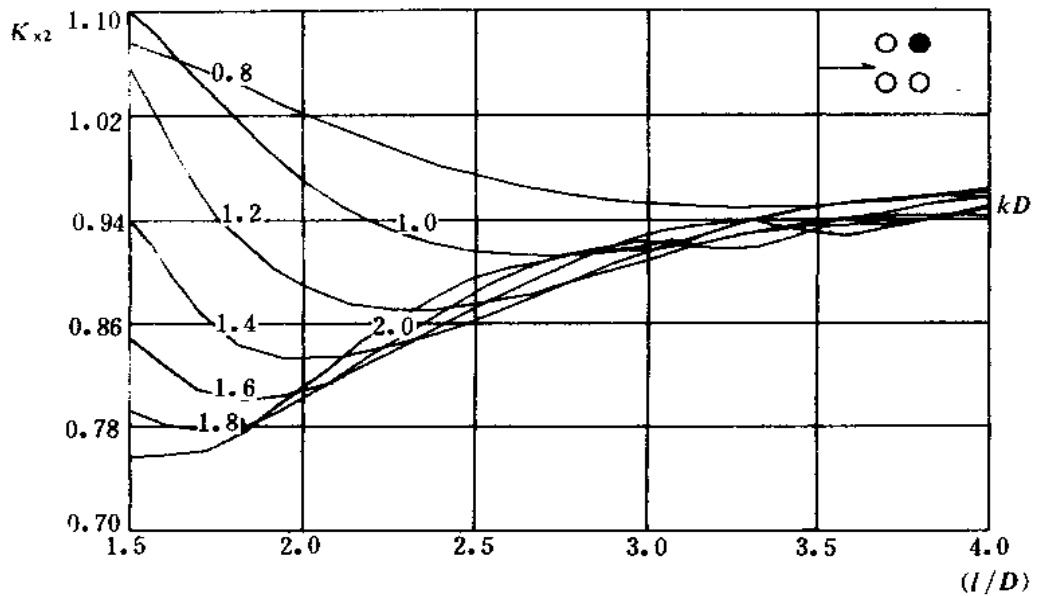


图 8.3.8-10 四墩时后墩的群墩系数图

$$\frac{P}{\gamma D H_0} = A \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^{B_1} \left(\frac{D}{H_0} \right)^{B_2} \quad (8.3.9-1)$$

式中 P ——作用在直立圆柱上的破波总力 (kN);

H_0 ——计算深水波高 (m);

L_0 ——深水波长 (m);

A 、 B_1 、 B_2 ——试验系数。

试验系数 A 和 B_1 根据 i 按图 8.3.9 确定。 B_2 等于 0.35。

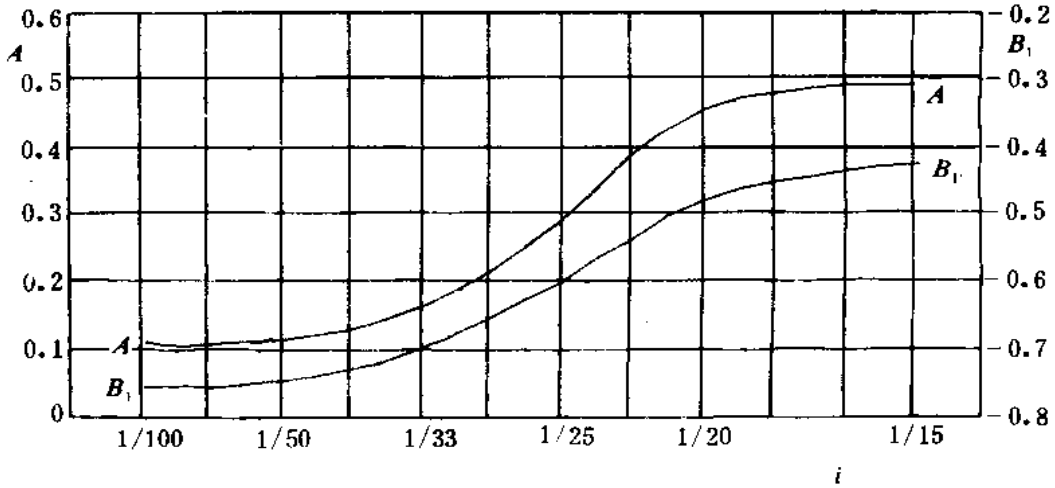


图 8.3.9 系数 A 和 B_1 (i 为底坡)

8.3.9.2 直立圆柱上最大破波力的作用点在水底面上的高度 l (m)，可按下列公式确定：

(1) 当 $i \geq 1/20$ 时：

$$\frac{l}{d} = 1.4 - 0.2 \left[\lg \left(\frac{H'_0}{L_0} \right) + 2 \right] \quad (8.3.9-2)$$

(2) 当 $i \leq 1/33$ 时：

$$\frac{l}{d} = 1.2 - 0.2 \left[\lg \left(\frac{H'_0}{L_0} \right) + 2 \right] \quad (8.3.9-3)$$

(3) 当 $1/33 < i < 1/20$ 时，按式 (8.3.9-2) 和式 (8.3.9-3) 计算的结果进行线性内插。

8.3.10 当桩基建筑物所在地区有附着生物存在时，由于糙率和柱体直径增加的影响，相应柱段上的波浪力应乘以增大系数 n ， n 可按表 8.3.10 采用。

系 数 n

表 8.3.10

| 附着生物程度 | 相对糙率 ϵ/D | n |
|--------|-------------------|------|
| 一 般 | < 0.02 | 1.15 |
| 中 等 | $0.02 \sim 0.04$ | 1.25 |
| 严 重 | > 0.04 | 1.40 |

注：表中 ϵ 为附着生物的平均厚度 (m)； D 为桩柱直径 (m)。

8.4 波浪和水流对桩基和墩柱建筑物的作用

8.4.1 计算波浪和水流作用力时,应按第 6.3 节采用在水流影响下的波浪要素。波浪和水流对 $D/L \leq 0.2$ 的垂直小直径圆柱的作用力按下列规定确定。

8.4.1.1 作用于水底面上高度 z 处桩柱断面上的正向波流力可按以下公式计算:

$$p(z,t) = K_D |u(z,t) + u_c| [u(z,t) + u_c] + K_M \frac{\partial u(z,t)}{\partial t} \quad (8.4.1-1)$$

$$K_D = \frac{\gamma}{2g} DC_D \quad (8.4.1-2)$$

$$K_M = \frac{\pi\gamma}{4g} D^2 C_M \quad (8.4.1-3)$$

$$u(z,t) = \frac{\omega_r H}{2} \frac{\text{ch}kz}{\text{sh}kd} \cos\omega t \quad (8.4.1-4)$$

$$\frac{\partial u(z,t)}{\partial t} = -\frac{\omega_r^2 H \text{ch}kz}{2 \text{sh}kd} \sin\omega t \quad (8.4.1-5)$$

$$\omega_r = \omega - ku_c \quad (8.4.1-6)$$

式中 $p(z,t)$ ——作用于桩柱断面上的正向波流力 (kN/m)

$u(z,t)$ ——水质点轨道运动的水平速度 (m/s);

$\frac{\partial u(z,t)}{\partial t}$ ——水质点轨道运动的水平加速度 (m/s²);

u_c ——水流流速 (m/s);

C_D 、 C_M ——分别为速度力和惯性力系数。

系数 C_D 、 C_M 值由图 8.4.1 确定

8.4.1.2 波数 k 应符合下式:

$$\left(\frac{2\pi}{T} - ku_c \right)^2 = gk \text{th}kd \quad (8.4.1-7)$$

8.4.1.3 图 8.4.1 中的 KC 数可按下列公式计算:

$$KC = \frac{u_m T}{D} [\sin\varphi + (\pi - \varphi)\cos\varphi] \quad \text{当 } |u_c| < u_m \quad (8.4.1-8)$$

$$KC = \frac{\pi |u_c| T}{D} \quad \text{当 } |u_c| \geq u_m \quad (8.4.1-9)$$

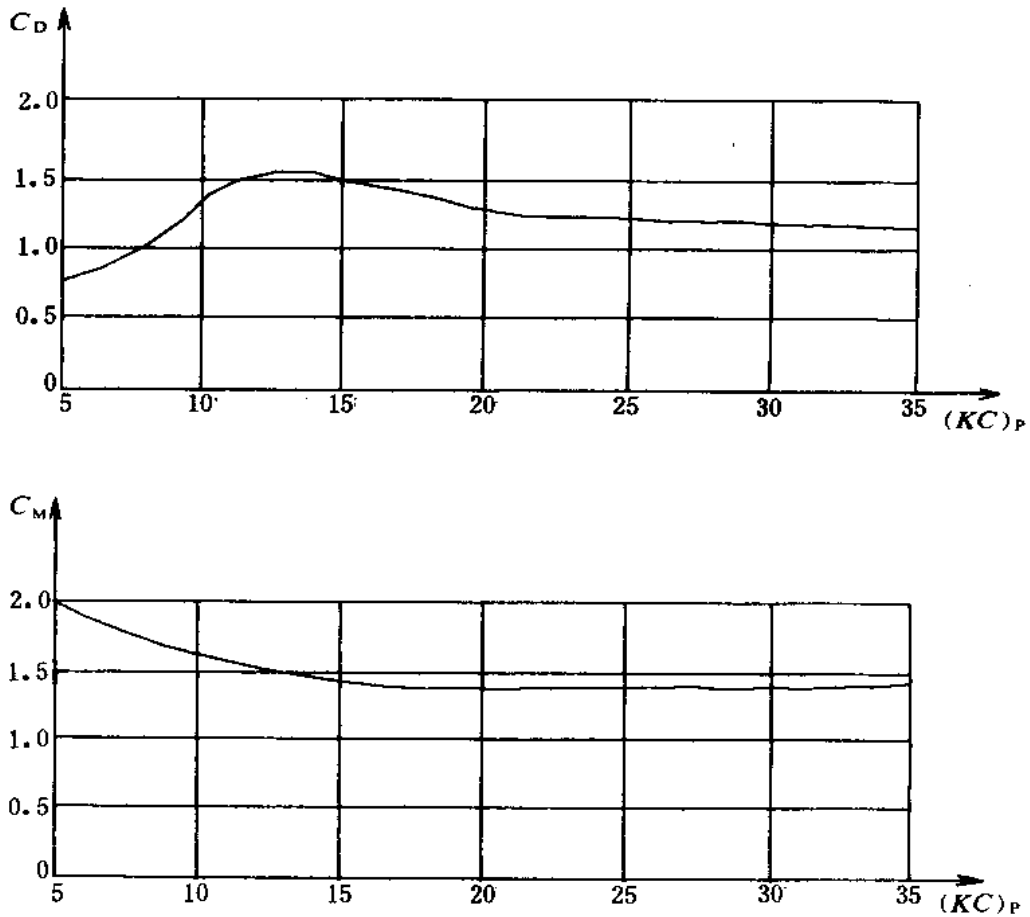


图 8.4.1 波流共存时, C_D 、 C_M 与 $(KC)_P$ 的关系图

$$\varphi = \arccos(|u_c|/u_m) \quad (8.4.1-10)$$

$$u_m = \frac{\pi H}{T} \operatorname{cth} kd \quad (8.4.1-11)$$

式中 T ——波浪周期, 不规则波时取谱峰频周期 T_p , T_p 取 $1.05T_s$, 此时 KC 数以 $(KC)_P$ 表示;

u_m ——水面处水质点轨道运动的最大水平速度 (m/s);

H ——波高, 不规则波时取有效波高。

8.4.1.4 求作用于整个桩柱上的总波流力, 应沿柱体自水底 $z=0$ 到水面 $z=d+\eta$, η 为该计算相位时波面在静水面以上的高

度, 计算不少于 5 个点的波流力, 包括 $z=0$ 、 d 和 $d+\eta$ 三点, 然后用分段求和法求得总力。

8.4.1.5 波面在静水面以上的高度 η 值可按下式计算:

$$\eta = \eta_{\max} \cos \omega t \quad (8.4.1-12)$$

式中的 η_{\max} 可按图 8.3.2-1 确定。

8.4.2 作用于 $\theta < 75^\circ$ 的斜桩上的波浪力或波流力按下列规定确定。

8.4.2.1 坐标系 xoy 平面位于海底, 斜桩位于 yoz 平面内, 如图 8.4.2-1 所示。作用在单位长度斜桩上垂直于 yoz 平面的力 p_x 和在 yoz 平面内垂直于桩柱的力 p_N 可按下列公式计算:

$$p_x(z, x, t) = K_D V_x |V| + K_M \dot{V}_x \quad (8.4.2-1)$$

$$p_N(z, y, t) = K_D V_N |V| + K_M \dot{V}_N \quad (8.4.2-2)$$

$$K_D = \frac{1}{2} C'_D \frac{\gamma D}{g} \quad (8.4.2-3)$$

$$K_M = \frac{1}{4} C'_M \frac{\gamma \pi D^2}{g}$$

8.4.2.2 $p_N(z, y, t)$ 可分解为:

$$p_y(z, x, t) = K_D V_y |V| + K_M \dot{V}_y \quad (8.4.2-4)$$

$$p_z(z, x, t) = K_D V_z |V| + K_M \dot{V}_z \quad (8.4.2-5)$$

8.4.2.3 沿各轴方向的波流速度可按下列公式计算

$$V_x = u_c \sin \beta + u_{w\lambda} \sin(\alpha + \beta) \quad (8.4.2-6)$$

$$V_y = u_c \cos \beta + u_{w\lambda} \cos(\alpha + \beta) \quad (8.4.2-7)$$

$$V_z = u_{wz} \quad (8.4.2-8)$$

式中 u_c ——水流速度 (m/s);

β ——水流与 y 轴的夹角 ($^\circ$);

α ——水流与波向的夹角 ($^\circ$);

$u_{w\lambda}$ ——沿波浪传播方向的质点水平运动速度 (m/s);

u_{wz} ——波浪水质点运动的垂直分速 (m/s)。

8.4.2.4 yoz 平面内垂直于桩的速度 V_N 和 yoz 平面内的合速度 V'_N 可按下列公式计算:

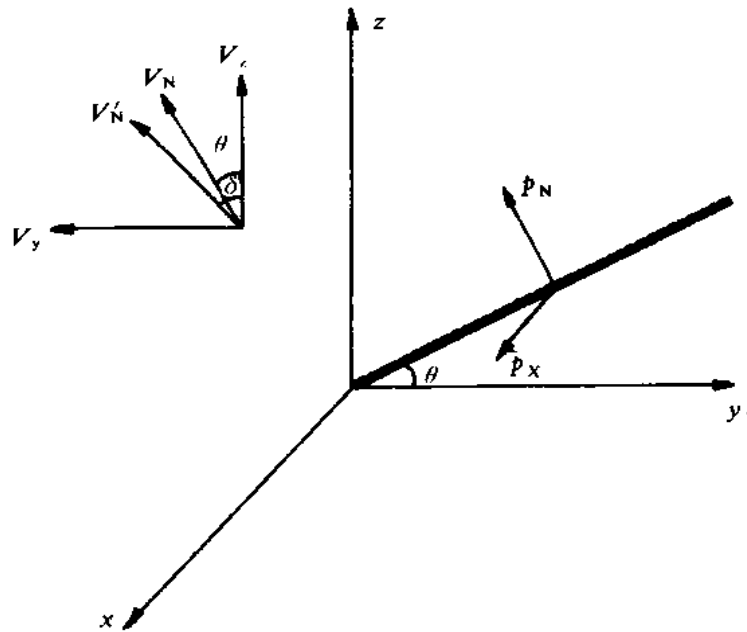


图 8.4.2-1 作用于斜桩上的波流力示意图

$$V_N = V'_N \cos(\delta - \theta) \quad (8.4.2-9)$$

$$V'_N = \sqrt{V_x + V_y} \quad (8.4.2-10)$$

$$|V| = \sqrt{V_x + V_N} \quad (8.4.2-11)$$

式中 δ —— yoz 平面内合速度 V_N 与 z 轴的夹角 ($^\circ$)。

8.4.2.5 沿 X 轴和 Y 轴方向的加速度可按下列公式计算:

$$\dot{V}_x = \dot{u}_{w\lambda} \sin(\alpha + \beta) \quad (8.4.2-12)$$

$$\dot{V}_y = \dot{V}_N \sin\theta \quad (8.4.2-13)$$

$$\dot{V}_y = \dot{V}_z \operatorname{tg}\delta \quad (8.4.2-14)$$

8.4.2.6 波浪水质点速度和流速的关系见图 8.4.2-2。沿波浪传播方向的质点水平运动速度 $u_{w\lambda}$ 和加速度 $\dot{u}_{w\lambda}$ 及其垂直运动速度 u_{wz} 可按下列公式计算:

$$u_{w\lambda}(z, \lambda, t) = \frac{\omega_r H}{2} \frac{\operatorname{ch}kz}{\operatorname{sh}kd} \cos(k\lambda - \omega_r t) \quad (8.4.2-15)$$

$$\dot{u}_{w\lambda}(z, \lambda, t) = \frac{\omega_r^2 H}{2} \cdot \frac{\text{ch}kz}{\text{sh}kd} \sin(k\lambda - \omega_a t) \quad (8.4.2-16)$$

$$u_{wz}(z, \lambda, t) = \frac{\omega_r H}{2} \cdot \frac{\text{sh}kz}{\text{sh}kd} \sin(k\lambda - \omega_a t) \quad (8.4.2-17)$$

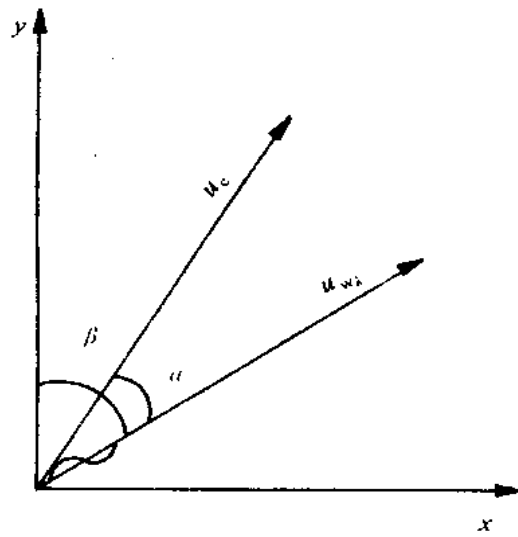


图 8.4.2-2 波浪水质点速度和流速的关系图

式中 λ —沿波浪传播方向距
离 (m);

ω_r —波浪相对于水流的圆
频率 (1/s);

ω_a —波浪的绝对圆频率 (1/s)。

8.4.2.7 波浪圆频率 ω_r 和 ω_a 可按下列公式计算:

$$\omega_r = \omega_a - k u_c \cos \alpha \quad (8.4.2-18)$$

$$\omega_a^2 = k g \text{th} k d \quad (8.4.2-19)$$

8.4.2.8 斜桩的速度力系数 C'_D 和惯性力系数 C'_M , 可按下列公式计算:

$$C'_D = \frac{C_D}{1 - \cos^3 \mu} \quad (8.4.2-20)$$

$$C'_M = \frac{C_M}{\sin \mu} \quad (8.4.2-21)$$

$$\text{tg} \mu = \frac{\text{tg} \theta}{\cos(\alpha + \beta)} \quad (8.4.2-22)$$

式中 C_D ——直桩的速度力系数;

C_M ——直桩的惯性力系数;

μ ——夹角 ($^\circ$), 如图 8.4.2-3 所示。

当桩顺波向倾斜时 $\mu < \pi/2$; 逆波向倾斜时 $\mu > \pi/2$ 。当 $\alpha + \beta =$

90°时取 $\mu=90^\circ$ ，即桩在波峰线平面内倾斜时， $C'_D=C_D$ 和 $C'_M=C_M$ 。

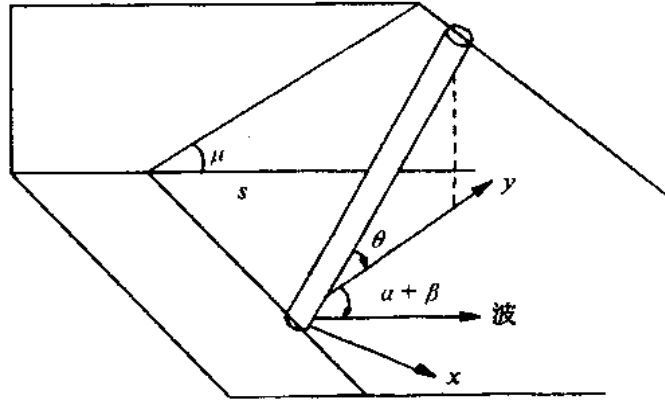


图 8.4.2-3 μ 角的定义

8.4.3 作用于整个斜桩上的总波流力可用自海底到波面高度 $z=d+\eta$ 按下列公式沿桩长分段计算求和而得，分段数不应少于 5 段。

$$P(t) = \sum_{i=1}^N p(z_i, x_i, t) \Delta l_i, N \geq 5 \quad (8.4.3-1)$$

$$p(z_i, x_i, t) = [p_x^2(z_i, x_i, t) + p_N^2(z_i, x_i, t)]^{1/2} \quad (8.4.3-2)$$

$$\eta = \eta_{\max} \cos(k\lambda - \omega_s t) \quad (8.4.3-3)$$

式中 Δl_i ——分段计算波浪力时的 i 段段长 (m)。

η_{\max} 可由图 8.3.2-1 确定，在进行分段计算时应按式 (8.4.2-15)~式 (8.4.2-17) 计及波浪相位差对质点速度及加速度的影响。

8.4.4 对于相对水深 $d/L > 0.15$ 条件下 $D/L > 0.2$ 的大直径圆柱，波流力和波流力矩可按下列公式确定

$$P = C_M \gamma R \frac{H \text{th} kd}{2 k} \quad (8.4.4-1)$$

$$M = C_M \gamma R \frac{H}{2} \left[\frac{kd \text{sh} kd - \text{ch} kd + 1}{k^2 \text{ch} kd} \right] \quad (8.4.2-2)$$

式中 C_M ——系数。

系数 C_M 可按图 8.4.4 图确定。

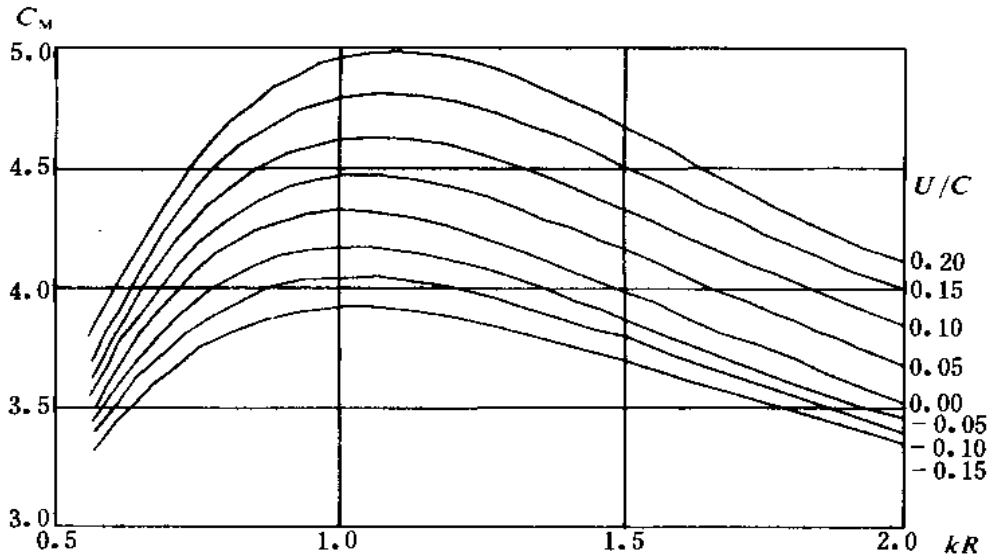


图 8.4.4 波流共同作用力的系数 C_M 图.

注：图中横坐标为 kR ，波数 $k=2\pi/L$ ， L 为波长，圆柱半径 $R=D/2$ 。纵坐标即为系数 C_M 。图中曲线参数为 U/C ， U 为水流的平均流速 (m/s)，波流同向为正，逆向为负， C 为水流中的波速。

9 海 流

9.1 近岸海流的特性

9.1.1 通常所称的海流,是一种综合性流,即各种类型海流的合成流动。

在海港工程中,有关港址选择、水工建筑物和航道的布置、抛泥地选择、作用于水工建筑物上的水流力和船舶系靠力以及泥沙的淤积和冲刷等问题,均应考虑当地的海流状况。

9.1.2 近岸海流一般以潮流和风海流为主。在某些情况下,其它类型的海流也相当显著,如由于波浪破碎产生的沿岸流和离岸流等。

河口区的水流一般以潮流和迳流为主。在某些情况下,其它类型的水流,如盐水楔异重流等也相当显著。

9.1.3 感潮河段内的水流具有下列特性:

(1) 在潮流界和潮区界之间,仅有水位升降的现象,而不存在指向上游的涨潮流;

(2) 在潮流界以下,涨落潮流呈往复形式,因有迳流加入,落潮流量大于涨潮流量;

(3) 涨潮历时小于落潮历时,涨潮历时愈向上游愈短。

9.1.4 海流特征值应根据现场实测资料经分析后确定。在实测资料不足的情况下,风海流分量可按附录 K 估算。对于建造建筑物以后的海流状况,根据工程需要可用数值模拟或物理模型试验等方法预测。

9.2 海流观测的基本要求

9.2.1 海流观测工作应与风速、风向、潮位、波浪和含沙量等观

测工作密切配合，必要时应进行同步观测。

9.2.2 海流观测区域的大小，应根据工程的要求、当地水文气象状况和地形条件等确定。并应着重在拟建工程及其附近进行海流观测。

9.2.3 海流观测工作应根据工程的要求选用以下方法：

- (1) 单站或单船定点连续观测；
- (2) 多站或多船同步连续观测，包括多船同步断面观测。
- (3) 大面流路观测。

9.2.4 在近岸海区，为了较好地分离出潮流，应在风浪较小的状况下进行海流观测。当采用准调和分析方法时，海流连续观测次数不宜少于三次，并应分别在大、中、小潮日期进行。在一般的潮流分析中，可采用一次或二次海流观测资料，一次观测应在大潮日期进行，二次观测应分别在大、小潮日期进行。一次海流观测的延续时间不应少于 25h。

当分析如风海流或波流等其它类型的海流时，应在不同季节和不同气象状况下进行观测。

当分析河口区的径流时，应在洪水期和枯水期分别进行观测。

9.3 海流观测资料的整理分析

9.3.1 在潮流比较显著的近岸海区，对于海流观测资料的分析，应按下列规定执行。

9.3.1.1 直接利用实测资料时，进行以下相应的分析：

- (1) 用实测海流值绘制各种海流图，从中选定有关的特征值；
- (2) 用断面测点实测海流值计算断面流量；
- (3) 用大面流路资料绘制测区流路图。

9.3.1.2 对半日潮流海区采用潮汐—潮流比较法。

9.3.1.3 一次或多次周日观测采用准调和分析方法。

9.3.2 对于河口区水流观测资料的分析，可采用以下方法：

- (1) 直接利用实测资料进行分析；
- (2) 在潮波变形不显著的河段内，也可采用准调和分析方法

进行整理分析。

9.4 海流特征值的计算

9.4.1 潮流按其性质可分为规则的半日潮流和不规则的半日潮流、规则的全日潮流和不规则的全日潮流，可按以下标准判别：

$$\frac{W_{O_1} + W_{K_1}}{W_{M_2}} \leq 0.5 \text{ 规则半日潮流}$$

$$0.5 < \frac{W_{O_1} + W_{K_1}}{W_{M_2}} \leq 2.0 \text{ 不规则半日潮流}$$

$$2.0 < \frac{W_{O_1} + W_{K_1}}{W_{M_2}} \leq 4.0 \text{ 不规则全日潮流}$$

$$4.0 < \frac{W_{O_1} + W_{K_1}}{W_{M_2}} \text{ 规则全日潮流}$$

式中 W_{O_1} 、 W_{K_1} 、 W_{M_2} ——主太阴日分潮流、太阴太阳赤纬日分潮流和主太阴半日分潮流的椭圆长半轴长度 (cm/s)。

9.4.2 大、中、小潮期间的潮流平均最大流速，可按下述方法确定，或近似地采用各该日期的实测最大值。

9.4.2.1 按潮汐——潮流比较法分析的结果，确定观测日期的潮流平均最大流速矢量，大、中、小潮期间的潮流平均最大流速矢量可用下列公式计算：

$$\vec{V}_{Ms} = \frac{R_{Ms}}{R_d} \vec{V}_d \quad (9.4.2-1)$$

$$\vec{V}_{Mm} = \frac{R_{Mm}}{R_d} \vec{V}_d \quad (9.4.2-2)$$

$$\vec{V}_{Mn} = \frac{R_{Mn}}{R_d} \vec{V}_d \quad (9.4.2-3)$$

式中 \vec{V}_{Ms} 、 \vec{V}_{Mm} 、 \vec{V}_{Mn} ——分别为大、中、小潮日期的潮流平均最大流速矢量 (流速：cm/s，流向：°)；

R_{Ms} 、 R_{Mm} 、 R_{Mn} ——分别为大、中、小潮日期的平均潮差

(m);

R_d ——观测日期的潮差 (m);

\vec{V}_d ——观测日期的潮流平均最大流速矢量(流速: cm/s, 流向:°)。

9.4.2.2 按准调和分析方法分析的结果, 确定潮流椭圆要素, 大、中、小潮期间的潮流平均最大流速矢量可按下列公式计算:

(1) 半日潮流海区:

$$\vec{V}_{Ms} = \vec{W}_{M2} + \vec{W}_{S2} \quad (9.4.2-4)$$

$$\vec{V}_{Mm} = \vec{W}_{M2} \quad (9.4.2-5)$$

$$\vec{V}_{Mn} = \vec{W}_{M2} - \vec{W}_{S2} \quad (9.4.2-6)$$

(2) 全日潮流海区:

$$\vec{V}_{Ms} = \vec{W}_{K1} + \vec{W}_{O1} \quad (9.4.2-7)$$

$$\vec{V}_{Mm} = \vec{W}_{K1} \quad (9.4.2-8)$$

$$\vec{V}_{Mn} = \vec{W}_{O1} \quad (9.4.2-9)$$

$$\vec{V}_{Mn} = \vec{W}_{K1} - \vec{W}_{O1} \quad (9.4.2-10)$$

\vec{V}_{Mm} 采用公式 (9.4.2-8) 和 (9.4.2-9) 中的大值。

式中 W_{M2} 、 W_{S2} 、 W_{K1} 、 W_{O1} ——主太阴半日分潮流、主太阳半日分潮流、太阴太阳赤纬日分潮流和主太阴日分潮流的椭圆长半轴矢量。

9.4.3 在潮流和风海流为主的近岸海区, 海流可能最大流速等于潮流可能最大流速与风海流可能最大流速的矢量和。潮流的可能最大流速可按下列公式计算。

9.4.3.1 对规则半日潮流海区按下式计算:

$$\vec{V}_{max} = 1.295\vec{W}_{M2} + 1.245\vec{W}_{S2} + \vec{W}_{K1} + \vec{W}_{O1} + \vec{W}_{M4} + \vec{W}_{MS4} \quad (9.4.3-1)$$

式中 \vec{V}_{\max} ——潮流的可能最大流速（流速：cm/s，流向：°）

\vec{W}_{M4} 、 \vec{W}_{MS4} ——分别为太阴四分之一日分潮流和太阴—太阳四分之一日分潮流的椭圆长半轴矢量。

9.4.3.2 对规则全日潮流海区按下式计算：

$$\vec{V}_{\max} = \vec{W}_{M2} + \vec{W}_{S2} + 1.600\vec{W}_{K1} + 1.450\vec{W}_{O1} \quad (9.4.3-2)$$

9.4.3.3 对不规则半日潮流海区和规则全日潮流海区，采用式(9.4.3-1)和式(9.4.3-2)中的大值。

9.4.4 大、中、小潮期间潮流水质点的平均最大运移距离，可按下列方法确定。

9.4.4.1 当直接用大、中、小潮期间的实测海流资料时，可按观测先后次序绘制潮流水质点运移距离 $\vec{\Delta L}_i$ 的合成矢量图并从合成矢量图中近似地求得观测地点在大、中、小潮期间的潮流水质点平均最大运移距离矢量， $\vec{\Delta L}_i$ 按下式计算：

$$\vec{\Delta L}_i = \vec{V}_i \Delta t \times 10^{-2} \quad (9.4.4-1)$$

式中 $\vec{\Delta L}_i$ ——流速为 \vec{V}_i 的水质点在 Δt 时间内的运移距离矢量（距离：m，方向：°）；

\vec{V}_i ——某一观测时间 t 的实测流速矢量（流速：cm/s，流向：°）；

Δt ——前后两次观测时间间隔的平均值（s）。

9.4.4.2 由潮汐—潮流比较法分析的结果，按潮时先后次序绘制潮流水质点运移距离的合成矢量图，从图中求得观测地点在观测日期内的潮流水质点平均最大运移距离矢量 \vec{L}_d ，大、中、小潮期间内的潮流水质点平均最大运移距离矢量按下列公式计算：

$$\vec{L}_{Ms} = \frac{R_{Ms}}{R_d} \vec{L}_d \quad (9.4.4-2)$$

$$\vec{L}_{Mm} = \frac{R_{Mm}}{R_d} \vec{L}_d \quad (9.4.4-3)$$

$$\vec{L}_{Mn} = \frac{R_{Mn}}{R_d} \vec{L}_d \quad (9.4.4-4)$$

式中 \vec{L}_{Ms} 、 \vec{L}_{Mm} 、 \vec{L}_{Mn} ——分别为大、中、小潮日期的潮流水质点平均最大运移距离矢量（距离：m，方向：°）；

\vec{L}_d ——观测日期的潮流水质点平均最大运移距离矢量（距离：m，方向：°）；

9.4.4.3 按准调和分析方法分析的结果，确定潮流椭圆要素，大、中、小潮期间的潮流水质点平均最大运移距离矢量按下列公式计算：

(1) 半日潮流海区：

$$\vec{L}_{Ms} = 142.3\vec{W}_{M2} + 137.5\vec{W}_{S2} \quad (9.4.4-5)$$

$$\vec{L}_{Mm} = 142.3\vec{W}_{M2} \quad (9.4.4-6)$$

$$\vec{L}_{Mn} = 142.3\vec{W}_{M2} - 137.5\vec{W}_{S2} \quad (9.4.4-7)$$

(2) 全日潮流海区：

$$\vec{L}_{Ms} = 274.3\vec{W}_{K1} + 295.9\vec{W}_{O1} \quad (9.4.4-8)$$

$$\vec{L}_{Mm} = 274.3\vec{W}_{K1} \quad (9.4.4-9)$$

$$\vec{L}_{Mn} = 295.9\vec{W}_{O1} \quad (9.4.4-10)$$

$$\vec{L}_{Mn} = 274.3\vec{W}_{K1} - 295.9\vec{W}_{O1} \quad (9.4.4-11)$$

\vec{L}_{Mm} 采用式(9.4.4-9)和式(9.4.4-10)中的大值。

9.4.5 潮流水质点的可能最大运移距离可按下列公式计算：

(1) 规则半日潮流海区：

$$\begin{aligned} \vec{L}_{\max} = & 184.3\vec{W}_{M2} + 171.2\vec{W}_{S2} + 274.3\vec{W}_{K1} + 295.9\vec{W}_{O1} + \\ & 71.2\vec{W}_{M4} + 69.9\vec{W}_{MS4} \end{aligned} \quad (9.4.5-1)$$

式中 \vec{L}_{\max} ——潮流水质点的可能最大运移距离（距离：m，方向：°）。

(2) 规则全日潮流海区：

$$\vec{L}_{\max} = 142.3\vec{W}_{M_2} + 137.5\vec{W}_{S_2} + 438.9\vec{W}_{K_1} + 429.1\vec{W}_{O_1} \quad (9.4.5-2)$$

(3) 对不规则半日潮流海区和规则全日潮流海区，采用式 (9.4.5-1) 和式 (9.4.5-2) 中的大值。

10 泥 沙

10.1 海岸带泥沙运动的一般规律

10.1.1 沙质海岸带和淤泥质海岸带的基本特征如下：

(1) 沙质海岸一般指泥沙颗粒的中值粒径大于 0.1mm，颗粒间无粘结力；在高潮线附近，泥沙颗粒较粗，海岸剖面较陡；从高潮线到低潮线，泥沙颗粒逐渐变细，坡面变缓；在波浪破碎带附近常出现一条或几条平行于海岸的水下沙堤；

(2) 淤泥质海岸一般指泥沙颗粒的中值粒径小于 0.03mm，其中的淤泥颗粒之间有粘结力，在海水中呈絮凝状态；滩面宽广，坡度平坦，一般为 1/2500~1/500。

10.1.2 海岸带的泥沙来源可有河流来沙、邻近岸滩来沙、当地崖岸侵蚀来沙和海底来沙。一般以邻近岸滩搬运来的泥沙为主；在河口附近，泥沙可能主要来自河流；当海岸发生较快的侵蚀时，也能供应较多的泥沙。

10.1.3 泥沙运移形态如下：

(1) 沙质海岸的泥沙运移形态有推移和悬移两种；

(2) 淤泥质海岸的泥沙运移形态以悬移为主，对较细颗粒的海岸底部可能有浮泥运动，对较粗颗粒的海岸底部有推移质运动。

(3) 海岸带泥沙运动方式可分为与海岸线垂直的横向运动和与海岸线平行的纵向运动。

10.1.4 海岸港的淤积是泥沙在波浪和海流等动力因素综合作用下的结果，波浪和海流的作用如下：

(1) 波浪的作用：在沙质海岸，波浪是造成泥沙运动的主要动力。大部分泥沙运动发生在波浪破碎区以内，当波浪的传播方

向与海岸线斜交时，波浪破碎后所产生的沿岸流将带动泥沙顺岸移动。沿岸泥沙流若遇到突堤等水工建筑物则将从其根部开始淤积，逐渐改变该处海岸线的走向。如沿岸输沙量不大，新海岸线可不致延伸到堤头，即达到新的动力平衡；如沿岸输沙量很大，则新海岸线不断向海方增长终将达到堤头，在口门附近形成浅滩。对于岛式防波堤，因堤后波浪掩护区内沿岸输沙动力减弱，泥沙将在堤后港域内从岸边向海方淤积，严重时可形成连岛坝。

在淤泥质海岸，波浪主要起掀沙作用，掀起的泥沙除随潮输移外，风后波浪削弱又常形成浮泥。此种浮泥除自身可能流动外，又易为潮流掀扬，转化为悬移质，增加了随潮进入港区和航道的泥沙数量。

(2) 海流的作用：在淤泥质海岸，潮流是输沙的主要动力，涨潮流强于落潮流的地区，涨潮流方向指向输沙方向，在波浪较弱的海岸区，潮流可能是掀沙的主要因素，潮流挟带泥沙进入港区和航道后，由于动力因素减弱，降低了挟沙能力，导致落淤。

在沙质海岸的狭长海湾及海峡等地形条件下，海流流速较大，可对泥沙运动起主导作用，海流不仅起输沙作用，还起掀沙作用。

10.1.5 河口外海岸港的淤积，除受波浪和海流对浅滩泥沙作用的影响外，河流的部分下泄泥沙还可能直接进港。

10.1.6 在河口区，径流和潮流等的共同作用，常形成拦门沙碍航，盐淡水交汇造成淤泥颗粒的絮凝现象，促进了泥沙的淤积，淤积的部位常在盐水楔顶端的滞流点附近。

10.2 海岸带泥沙运动的调查及分析

10.2.1 对海岸带泥沙运动进行调查包括观测的目的，是了解泥沙来源和运移途径，阐明海岸带冲淤变化及其原因，判断泥沙运动对港口淤积的影响，为港址选择、建筑物布置和整治措施提供依据。对于调查项目应根据工程的性质和规模，以及不同设计阶段的要求确定。

10.2.1.1 对资料搜集和调查的要求如下：

搜集区域的气象主要是风；海洋水文包括潮汐、波浪和海流；河口水文包括水位、流速、流量和输沙量；地质包括岩性、构造和底质以及地形和地貌包括地形图、海图和航摄照片等资料。

10.2.1.2 对水深地形测量的要求如下：

对于水深地形图的测量范围，一般向海测至较大波浪对岸坡作用显著的水深处，向陆测至陡岸或风成沙丘带。在港区及地形变化较快的地段，宜布设垂直于岸线的固定断面，定期进行重复测量，所测固定断面资料，应结合沉积物和动力因素进行分析。

10.2.1.3 对水文断面全潮测验的要求如下：

在平直海岸，宜布设垂直于海岸线的三条水文断面。当海岸线弯曲或有河口时，断面数应视具体情况适当增加。根据水文断面全潮测验的含沙量，计算全潮净输沙量和判断输沙方向。

10.2.1.4 对海底沉积物的表层取样和柱状取样的要求如下：

在调查区域内宜普遍进行底质表层取样，并应进行颗粒分析，绘制沉积物分布图和粒级含量分布图。根据粒径和颗粒形态的沿程变化，了解泥沙分布状况和泥沙运移方向。必要时可作重矿物分析和粘土矿物分析，根据矿物组合特征的对比，了解泥沙来源和运移途径。对拦门沙、水下沙滩等有代表性的地貌部位可进行柱状取样，并分析样品的层理结构和沉积相，判断物质来源、沉积条件和形成过程。对粘性柱状土样宜进行²¹⁰Pb测试，判断表层土的沉积速率。

10.2.1.5 对海岸动力地貌调查的要求如下：

对泥沙运动有关的地貌类型，如海滩、河口沙嘴、水下沙堤、沿岸沙堤和海蚀崖等，实测其形态、组成物质和结构，按其平面分布绘入地形图中，其比例尺可采用1:25000~1:50000，配合沉积物和动力因素编制海岸动力地貌图。在图上标明：岩性分布；海岸段的侵蚀、堆积和平衡状况；各种地貌形态的分布及组合情况；近岸带潮流及余流的方向等。综合分析各有关资料后，在图上标出沙源和泥沙运移途径等。

10.2.1.6 其他测验方法如下：

泥沙的测验方法还有悬沙捕集、底沙捕集、示踪沙测验以及定期测量现有水工建筑物附近的泥沙淤积数量等。

10.2.2 判断泥沙来源和估计沿岸输沙量的方法如下：

(1)分析新老地形图和海图的海岸线及沿岸地形演变情况，判别海岸带冲淤变化趋势；

(2)分析现有水工建筑物的拦沙和进港航道的淤积情况，判断沿岸输沙方向和输沙量大小；

(3)分析河口和泻湖通道的岸滩形态，如沙嘴和拦门沙等的特征及其口外深槽的演变情况，判断沿岸的输沙方向；

(4)分析海岸侵蚀和堆积的形态特征以及沿岸组成物质的粒径变化和重矿物分布情况等，判断泥沙来源和运移方向；

(5)根据海洋水文测验和示踪沙测验的成果，估计沿岸输沙量和输沙方向；

(6)根据波浪观测资料，估算沙质海岸的输沙量和输沙方向，可采用附录 M 中的公式或其它合适的公式确定。

10.3 港址选择、建筑物布置与泥沙淤积的关系 以及减淤整治措施

10.3.1 从防淤的角度来说，海岸港址宜选在海岸基本稳定、泥沙来源少、沿岸泥沙流弱和深水线靠近岸边的地段，港址不应选在两股泥沙流相汇的地段。根据不同的动力地貌特征，港址选择的具体要求如下：

10.3.1.1 对于泥沙流较强的一般海湾，港址不宜选在湾顶，而宜选在靠近湾口岬角的地段；对于泥沙流较强的狭长海湾，港址宜选在海湾断面束窄段和靠近深泓的地段。

10.3.1.2 在有岛屿掩护的海岸地段，若岛屿与海岸之间有强海流通过，且泥沙颗粒细小，宜选为港址。

10.3.1.3 在多沙河流河口外的海岸地段，港址应选在泥沙下泄出河口后沿岸主要泥沙流的上游。

10.3.2 河口港址宜选在过水断面较窄的顺直河段或稳定的弯

曲河段凹岸，不宜在拦门沙附近的地段建港。在分汊河道上建港，应了解各汊河的稳定情况，选在处于长期稳定或发展阶段的汊道河段内，并采取必要的整治措施以固定流量分配和稳定河床。浅滩呈周期性强烈移动的河段不宜建港。

10.3.3 根据防淤要求，防波堤的布置原则如下：

10.3.3.1 双突堤适用于淤泥质海岸港口和两个方向均有较强泥沙流的沙质海岸港口。对沙质海岸港口的双突堤，宜布置成环抱形，堤轴线渐向内拐，两堤的堤头段不宜在一条直线上，主要泥沙流来向一侧的堤头段宜稍向外挑。对于淤泥质海岸港口，当两道突堤圈围足够的水域以后，可缩窄两堤的宽度，以大致平行的布置形式将堤延伸至较深的水中。在淤泥质海岸或沙质海岸，堤的长度应伸至常见较大波浪的破碎带以外。

10.3.3.2 单突堤适用于一个方向有较强泥沙流的沙质海岸港口，堤的根部可大致与岸线垂直，伸出一定距离后再向内拐，堤的长度也应伸至常遇的较大波浪破碎带以外。

10.3.3.3 在淤泥质海岸上建造岛式防波堤时，堤与岸之间应有较强的海流通过。在沙质海岸上建造岛式防波堤时，当地应无较强的沿岸泥沙流，且堤与岸之间应要有足够的距离。

10.3.4 对进港航道的布置应减少弯道，尽量顺直，并宜利用天然深槽。航道轴线应与涨落潮潮流长轴方向和波浪主要作用方向呈最小角度，若涨落潮潮流长轴方向与波浪主要方向不一致，航道轴线应与当地泥沙运移的主要方向一致。

10.3.5 对码头岸线的布置应利用自然水深，避免完全在浅滩上开挖港池。当防波堤口门处进潮含沙浓度较高时，在满足使用要求和考虑远景发展的前提下，港内水域面积应适当缩小，以减少淤积量。对突堤码头的布置，应减少或减弱港池内的环流，以减轻港池的淤积。

10.3.6 抛泥地的水深应使海底泥沙不致为波浪掀动。抛泥地的位置宜选在港外泥沙运移主要方向的港口下方。

10.3.7 河口拦门沙的治理可采用疏浚和整治相结合的方法。当

要求增加水深较小时，可采用疏浚维护；当要求增加水深较大时，可建造导堤等整治建筑物，起导流和拦沙作用，并结合采用疏浚维护。

10.3.8 根据工程的重要和复杂程度，对建筑物布置和整治方案，应进行数值模拟或物理模型试验以验证和优化方案。对特别重要和复杂的工程，可布置水文观测站网，进行长期观测，以指导施工和维护管理。

10.3.9 对淤泥质海岸上航道和港池淤积量的确定，可根据工程的重要性采用公式计算、数模或物模方法。当采用公式估算时，可采用附录 N 中的公式或其它合适的公式。

10.3.10 对沙质海岸上修建突堤式建筑物引起上游岸线演变，可根据工程的重要性，采用公式估算、数模或物模方法确定。当采用公式估算时，可采用附录 P 中的公式或其它合适公式。

附录 A 设计水位的近似计算方法

A.0.1 在潮位实测资料不足,又不具备进行差比计算条件的港口,可按本附录的方法近似计算设计高水位与设计低水位。

A.0.2 当有短期验潮资料时,设计高水位和设计低水位可按下列公式计算:

$$h_s = A_N \pm (0.6R + K) \quad (\text{A.0.2-1})$$

$$A_N = A + \Delta A \quad (\text{A.0.2-2})$$

式中 h_s ——设计高水位和设计低水位 (m), 式中的正负号, 对设计高水位用正, 设计低水位用负;

R ——一个月以上短期验潮资料中的平均潮差, 对北方港口不应用冬季潮差;

K ——常数, 可采用 0.4m;

A_N ——年平均海平面 (m);

A ——短期验潮资料的月平均海平面 (m);

ΔA ——港口所在地区或附近港口海平面的月份订正值 (m)。

A.0.3 当有本港的平均大潮升等资料时,设计高水位和设计低水位可按下列式进行计算:

$$h_s = A_N \pm [0.90(R - A_0) + K] \quad (\text{A.0.3})$$

式中 R ——对于半日潮港和不规则半日潮港用平均大潮升, 日潮港和不规则日潮港用回归潮平均高高潮 (m);

A_0 ——与大潮升或回归潮平均高高潮同一潮高起算面起算的平均海平面 (m);

A_N ——按当地验潮零点起算的年平均海平面 (m);

K ——常数, 对设计高水位可采用 0.45m, 对设计低水位可采用 0.4m。

附录 B 极值 I 型分布律的 λ_{pn} 表

($P=0.1\sim 4$)

表 B

| 年数 n | 频 率 $P(\%)$ | | | | | |
|-----------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 1 | 2 | 4 |
| 8 | 7.103 | 6.336 | 5.321 | 4.551 | 3.779 | 3.001 |
| 9 | 6.909 | 6.162 | 5.174 | 4.425 | 3.673 | 2.916 |
| 10 | 6.752 | 6.021 | 5.055 | 4.322 | 3.587 | 2.847 |
| 11 | 6.622 | 5.905 | 4.957 | 4.238 | 3.516 | 2.789 |
| 12 | 6.513 | 5.807 | 4.874 | 4.166 | 3.456 | 2.741 |
| 13 | 6.418 | 5.723 | 4.802 | 4.105 | 3.404 | 2.699 |
| 14 | 6.337 | 5.650 | 4.741 | 4.052 | 3.360 | 2.663 |
| 15 | 6.266 | 5.586 | 4.687 | 4.005 | 3.321 | 2.632 |
| 16 | 6.196 | 5.523 | 4.634 | 3.959 | 3.283 | 2.601 |
| 17 | 6.137 | 5.471 | 4.589 | 3.921 | 3.250 | 2.575 |
| 18 | 6.087 | 5.426 | 4.551 | 3.888 | 3.223 | 2.552 |
| 19 | 6.043 | 5.387 | 4.518 | 3.860 | 3.199 | 2.533 |
| 20 | 6.006 | 5.354 | 4.490 | 3.836 | 3.179 | 2.517 |
| 22 | 5.933 | 5.288 | 4.435 | 3.788 | 3.138 | 2.484 |
| 24 | 5.870 | 5.232 | 4.387 | 3.747 | 3.104 | 2.457 |
| 26 | 5.816 | 5.183 | 4.346 | 3.711 | 3.074 | 2.433 |
| 28 | 5.769 | 5.141 | 4.310 | 3.681 | 3.048 | 2.412 |
| 30 | 5.727 | 5.104 | 4.279 | 3.653 | 3.026 | 2.393 |
| 35 | 5.642 | 5.027 | 4.214 | 3.598 | 2.979 | 2.356 |
| 40 | 5.576 | 4.968 | 4.164 | 3.554 | 2.942 | 2.326 |
| 45 | 5.522 | 4.920 | 4.123 | 3.519 | 2.913 | 2.303 |
| 50 | 5.479 | 4.881 | 4.090 | 3.491 | 2.889 | 2.283 |
| 60 | 5.410 | 4.820 | 4.038 | 3.446 | 2.852 | 2.253 |
| 70 | 5.359 | 4.774 | 4.000 | 3.413 | 2.824 | 2.230 |
| 80 | 5.319 | 4.738 | 3.970 | 3.387 | 2.802 | 2.213 |
| 90 | 5.287 | 4.709 | 3.945 | 3.366 | 2.784 | 2.199 |
| 100 | 5.261 | 4.686 | 3.925 | 3.349 | 2.770 | 2.187 |
| 200 | 5.130 | 4.568 | 3.826 | 3.263 | 2.698 | 2.129 |
| 500 | 5.032 | 4.481 | 3.752 | 3.200 | 2.645 | 2.086 |
| 1000 | 4.992 | 4.445 | 3.722 | 3.174 | 2.623 | 2.069 |
| ∞ | 4.936 | 4.395 | 3.679 | 3.137 | 2.592 | 2.044 |

($P=5\sim 90$)

| 年数 n | 频 率 $P(\%)$ | | | | | |
|-----------|-------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 90 |
| 8 | 2.749 | 1.953 | 0.842 | -0.130 | -0.897 | -1.458 |
| 9 | 2.670 | 1.895 | 0.184 | -0.133 | -0.879 | -1.426 |
| 10 | 2.606 | 1.848 | 0.790 | -0.136 | -0.865 | -1.400 |
| 11 | 2.553 | 1.809 | 0.771 | -0.138 | -0.854 | -1.378 |
| 12 | 2.509 | 1.777 | 0.755 | -0.139 | -0.844 | -1.360 |
| 13 | 2.470 | 1.748 | 0.741 | -0.141 | -0.836 | -1.345 |
| 14 | 2.437 | 1.724 | 0.729 | -0.142 | -0.829 | -1.331 |
| 15 | 2.408 | 1.703 | 0.718 | -0.143 | -0.823 | -1.320 |
| 16 | 2.379 | 1.682 | 0.708 | -0.145 | -0.817 | -1.308 |
| 17 | 2.355 | 1.664 | 0.699 | -0.146 | -0.811 | -1.299 |
| 18 | 2.335 | 1.649 | 0.692 | -0.146 | -0.807 | -1.291 |
| 19 | 2.317 | 1.636 | 0.685 | -0.147 | -0.803 | -1.283 |
| 20 | 2.302 | 1.625 | 0.680 | -0.148 | -0.800 | -1.277 |
| 22 | 2.272 | 1.603 | 0.669 | -0.149 | -0.794 | -1.265 |
| 24 | 2.246 | 1.584 | 0.659 | -0.150 | -0.788 | -1.255 |
| 26 | 2.224 | 1.568 | 0.651 | -0.151 | -0.783 | -1.246 |
| 28 | 2.205 | 1.553 | 0.644 | -0.152 | -0.779 | -1.239 |
| 30 | 2.188 | 1.541 | 0.638 | -0.153 | -0.776 | -1.232 |
| 35 | 2.153 | 1.515 | 0.625 | -0.154 | -0.768 | -1.218 |
| 40 | 2.126 | 1.495 | 0.615 | -0.155 | -0.762 | -1.208 |
| 45 | 2.104 | 1.479 | 0.607 | -0.156 | -0.758 | -1.198 |
| 50 | 2.086 | 1.466 | 0.601 | -0.157 | -0.754 | -1.191 |
| 60 | 2.059 | 1.446 | 0.591 | -0.158 | -0.748 | -1.180 |
| 70 | 2.038 | 1.430 | 0.583 | -0.159 | -0.744 | -1.172 |
| 80 | 2.022 | 1.419 | 0.577 | -0.159 | -0.740 | -1.165 |
| 90 | 2.008 | 1.409 | 0.572 | -0.160 | -0.737 | -1.160 |
| 100 | 1.998 | 1.401 | 0.568 | -0.160 | -0.735 | -1.155 |
| 200 | 1.944 | 1.362 | 0.549 | -0.162 | -0.723 | -1.134 |
| 500 | 1.905 | 1.333 | 0.535 | -0.164 | -0.714 | -1.117 |
| 1000 | 1.889 | 1.321 | 0.529 | -0.164 | -0.710 | -1.110 |
| ∞ | 1.886 | 1.305 | 0.520 | -0.164 | -0.705 | -1.110 |

($P=95\sim99.9$)

| 年数 n | 頻 率 $P(\%)$ | | | | 年数 n |
|-----------|-------------|--------|--------|--------|-----------|
| | 95 | 97 | 99 | 99.9 | |
| 8 | -1.749 | -1.923 | -2.224 | -2.673 | 8 |
| 9 | -1.709 | -1.879 | -2.172 | -2.609 | 9 |
| 10 | -1.677 | -1.843 | -2.129 | -2.556 | 10 |
| 11 | -1.650 | -1.813 | -2.095 | -2.514 | 11 |
| 12 | -1.628 | -1.788 | -2.065 | -2.478 | 12 |
| 13 | -1.609 | -1.769 | -2.040 | -2.447 | 13 |
| 14 | -1.592 | -1.748 | -2.018 | -2.420 | 14 |
| 15 | -1.578 | -1.732 | -1.999 | -2.396 | 15 |
| 16 | -1.564 | -1.716 | -1.980 | -2.373 | 16 |
| 17 | -1.552 | -1.703 | -1.965 | -2.354 | 17 |
| 18 | -1.541 | -1.691 | -1.951 | -2.338 | 18 |
| 19 | -1.532 | -1.681 | -1.939 | -2.323 | 19 |
| 20 | -1.525 | -1.673 | -1.930 | -2.311 | 20 |
| 22 | -1.510 | -1.657 | -1.910 | -2.287 | 22 |
| 24 | -1.497 | -1.642 | -1.893 | -2.266 | 24 |
| 26 | -1.486 | -1.630 | -1.879 | -2.249 | 26 |
| 28 | -1.477 | -1.619 | -1.866 | -2.233 | 28 |
| 30 | -1.468 | -1.610 | -1.855 | -2.219 | 30 |
| 35 | -1.451 | -1.591 | -1.832 | -2.191 | 35 |
| 40 | -1.438 | -1.576 | -1.814 | -2.170 | 40 |
| 45 | -1.427 | -1.564 | -1.800 | -2.152 | 45 |
| 50 | -1.418 | -1.553 | -1.788 | -2.138 | 50 |
| 60 | -1.404 | -1.538 | -1.770 | -2.115 | 60 |
| 70 | -1.394 | -1.526 | -1.756 | -2.098 | 70 |
| 80 | -1.386 | -1.517 | -1.746 | -2.085 | 80 |
| 90 | -1.379 | -1.510 | -1.737 | -2.075 | 90 |
| 100 | -1.374 | -1.504 | -1.720 | -2.066 | 100 |
| 200 | -1.347 | -1.474 | -1.694 | -2.023 | 200 |
| 500 | -1.326 | -1.451 | -1.668 | -1.990 | 500 |
| 1000 | -1.318 | -1.442 | -1.657 | -1.976 | 1000 |
| ∞ | -1.306 | -1.428 | -1.641 | -1.957 | ∞ |

附录 C 极端水位的近似计算方法

C.0.1 对于有不少于连续 5 年的最高潮位和最低潮位的港口, 极端高水位和极端低水位可用“极值同步差比法”与附近有不少于连续 20 年资料的港口或验潮站进行同步相关分析, 计算相当于重现期为 50 年的年极值高潮位和年极值低潮位。

C.0.2 进行差比计算的两港口之间, 除应符合第 3.2.4 条中三个条件以外, 还应符合受增减水影响相似的条件。

C.0.3 采用极值同步差比法时, 应按下式计算:

$$h_{JY} = A_{NY} + \frac{R_Y}{R_X} (h_{JX} - A_{NX}) \quad (\text{C.0.3})$$

式中 h_{JX} 、 h_{JY} ——分别为原有港口和拟建港口的极端高水位或极端低水位 (m);

R_X 、 R_Y ——分别为原有港口和拟建港口的同期各年年最高潮位或年最低潮位的平均值与平均海平面的差值 (m)。

C.0.4 对于不具备用极值同步差比法进行计算的港口, 可按下式近似计算极端高水位和极端低水位。

$$h_J = h_S \pm K \quad (\text{C.0.4})$$

式中 h_J 、 h_S ——代表意义同前, 但两者需同时采用高水位或低水位;

K ——常数, 采用与表 C.0.4 中潮汐性质、潮差大小、河流影响以及增减水影响都较相似的附近港口相应的数值, 高水位时用正值, 低水位时用负值。

常数 K 值 (m)

表 C.0.4

| 站 位 | 水 位 | | 站 位 | 水 位 | |
|-------|------------|------------|---------|------------|------------|
| | 极 端 高水位 | 极 端 低水位 | | 极 端 高水位 | 极 端 低水位 |
| 海洋岛 | 0.8 | 1.4 | 西 泽 | 1.2 | 1.1 |
| 大 连 | 1.0 | 1.6 | 海 门(浙江) | 1.4 | 0.8 |
| 鲅鱼圈 * | 1.0 | 1.3 | 大 陈 * | 0.9 | 1.0 |
| 营 口 | 1.1 | 1.5 | 坎 门 | 1.6 | 0.9 |
| 葫芦岛 | 1.0 | 1.5 | 龙 湾(福建) | 1.4 | 0.9 |
| 秦皇岛 | 1.0 | 1.6 | 沙 埕 * | 1.1 | 1.3 |
| 塘 沽 | 1.6 | 1.8 | 三 沙 * | 1.1 | 1.3 |
| 龙 口 | 1.6 | 1.5 | 梅 花 * | 1.0 | 1.1 |
| 烟 台 | 1.1 | 1.2 | 马 尾 | 1.4 | 1.0 |
| 乳山口 | 0.9 | 1.3 | 平 潭 * | 1.3 | 1.0 |
| 威 海 | 1.1 | 1.1 | 崇 武 | 1.3 | 1.0 |
| 青 岛 | 1.2 | 1.3 | 厦 门 | 1.5 | 1.0 |
| 石臼所 | 1.2 | 1.2 | 东 山 | 1.0 | 0.9 |
| 连云港 | 1.5 | 1.2 | 汕 头 | 2.3 | 0.7 |
| 燕 尾 | 1.1 | 1.2 | 汕 尾 | 1.3 | 0.7 |
| 吴 淞 | 1.6 | 1.0 | 赤 湾 | 1.1 | 1.0 |
| 高 桥 * | 1.4 | 1.0 | 泗盛圈 * | 1.1 | 0.7 |
| 中 浚 | 1.3 | 1.0 | 黄 埔 | 1.0 | 0.7 |
| 大戴山 | 1.0 | 1.1 | 横 门 * | 1.3 | 0.6 |
| 绿华山 | 1.0 | 0.9 | 灯笼山 | 1.2 | 0.6 |
| 金山嘴 * | 1.2 | 1.4 | 大万山 * | 0.9 | 0.7 |
| 滩 浒 * | 1.5 | 1.4 | 黄 冲 * | 1.3 | 1.0 |
| 镇 海 | 1.5 | 0.9 | 黄 金 * | 1.2 | 0.8 |
| 长 涂 * | 1.1 | 1.0 | 三 灶 * | 1.1 | 0.8 |
| 沈家门 * | 0.8 | 1.0 | 闸 坡 * | 1.2 | 0.8 |

续上表

| 站 位 | 水 位 | | 站 位 | 水 位 | |
|-------|------------|------------|-------|------------|------------|
| | 极 端 高水位 | 极 端 低水位 | | 极 端 高水位 | 极 端 低水位 |
| 湛 江 | 2.4 | 0.9 | 八 所 | 0.9 | 0.8 |
| 碓 洲 * | 1.3 | 0.9 | 湘 洲 * | 1.0 | 1.1 |
| 秀 英 | 1.8 | 0.7 | 石头埠 * | 1.1 | 1.4 |
| 清 洪 * | 1.2 | 0.6 | 北 海 | 1.1 | 0.9 |
| 榆 林 * | 0.9 | 0.6 | 白龙尾 * | 1.3 | 1.1 |

注：“*”表示该站采用条件分布联合概率法的计算结果。

附录 D 皮尔逊 III 型频率曲线的 K_P 值表

(1) $C_s = 2C_v$

表 D

| $P(\%) \backslash C_v$ | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.45 | 0.50 | 0.55 | 0.60 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0.01 | 1.20 | 1.42 | 1.66 | 1.92 | 2.21 | 2.51 | 2.85 | 3.20 | 3.58 | 3.98 | 4.41 | 4.85 |
| 0.1 | 1.16 | 1.34 | 1.53 | 1.73 | 1.95 | 2.19 | 2.44 | 2.70 | 2.98 | 3.27 | 3.57 | 3.89 |
| 0.2 | 1.15 | 1.31 | 1.49 | 1.67 | 1.87 | 2.08 | 2.31 | 2.54 | 2.80 | 3.04 | 3.32 | 3.59 |
| 0.5 | 1.13 | 1.28 | 1.43 | 1.59 | 1.77 | 1.94 | 2.13 | 2.32 | 2.53 | 2.74 | 2.97 | 3.20 |
| 1 | 1.12 | 1.25 | 1.38 | 1.52 | 1.67 | 1.83 | 1.99 | 2.16 | 2.34 | 2.51 | 2.70 | 2.89 |
| 2 | 1.11 | 1.22 | 1.33 | 1.45 | 1.58 | 1.71 | 1.84 | 1.98 | 2.13 | 2.27 | 2.42 | 2.58 |
| 5 | 1.08 | 1.17 | 1.26 | 1.35 | 1.44 | 1.54 | 1.64 | 1.74 | 1.84 | 1.94 | 2.04 | 2.15 |
| 10 | 1.06 | 1.13 | 1.20 | 1.26 | 1.33 | 1.40 | 1.47 | 1.54 | 1.60 | 1.67 | 1.74 | 1.80 |
| 20 | 1.04 | 1.08 | 1.12 | 1.16 | 1.20 | 1.24 | 1.28 | 1.31 | 1.35 | 1.38 | 1.41 | 1.44 |
| 50 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.96 | 0.95 | 0.93 | 0.92 | 0.90 | 0.88 |
| 75 | 0.97 | 0.93 | 0.90 | 0.86 | 0.82 | 0.79 | 0.75 | 0.71 | 0.67 | 0.64 | 0.59 | 0.56 |
| 90 | 0.94 | 0.87 | 0.81 | 0.75 | 0.70 | 0.64 | 0.59 | 0.53 | 0.48 | 0.44 | 0.39 | 0.35 |
| 95 | 0.92 | 0.84 | 0.77 | 0.70 | 0.63 | 0.56 | 0.51 | 0.45 | 0.39 | 0.34 | 0.30 | 0.26 |
| 99 | 0.89 | 0.78 | 0.68 | 0.59 | 0.51 | 0.44 | 0.37 | 0.31 | 0.25 | 0.21 | 0.17 | 0.13 |
| $P(\%) \backslash C_v$ | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.00 | | | | |
| 0.01 | 5.32 | 5.80 | 6.32 | 6.85 | 7.41 | 7.99 | 8.59 | 9.21 | | | | |
| 0.1 | 4.22 | 4.57 | 4.92 | 5.30 | 5.68 | 6.08 | 6.49 | 6.91 | | | | |
| 0.2 | 3.89 | 4.19 | 4.52 | 4.82 | 5.17 | 5.50 | 5.86 | 6.22 | | | | |
| 0.5 | 3.44 | 3.68 | 3.93 | 4.19 | 4.46 | 4.73 | 5.02 | 5.30 | | | | |

续上表

| $P(\%) \backslash C_v$ | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.00 | | | | |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|
| 1 | 3.09 | 3.29 | 3.50 | 3.71 | 3.93 | 4.15 | 4.38 | 4.61 | | | | |
| 2 | 2.74 | 2.88 | 3.06 | 3.22 | 3.39 | 3.56 | 3.74 | 3.91 | | | | |
| 5 | 2.25 | 2.36 | 2.46 | 2.57 | 2.68 | 2.78 | 2.89 | 3.00 | | | | |
| 10 | 1.87 | 1.94 | 2.00 | 2.06 | 2.12 | 2.19 | 2.25 | 2.30 | | | | |
| 20 | 1.47 | 1.49 | 1.52 | 1.54 | 1.56 | 1.58 | 1.60 | 1.61 | | | | |
| 50 | 0.86 | 0.84 | 0.82 | 0.80 | 0.77 | 0.75 | 0.72 | 0.69 | | | | |
| 75 | 0.52 | 0.49 | 0.45 | 0.42 | 0.39 | 0.35 | 0.31 | 0.29 | | | | |
| 90 | 0.31 | 0.27 | 0.24 | 0.21 | 0.18 | 0.15 | 0.13 | 0.11 | | | | |
| 95 | 0.22 | 0.18 | 0.15 | 0.13 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.05 | | | | |
| 99 | 0.10 | 0.08 | 0.06 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | | | | |

(2) $C_s = 3C_v$

| $P(\%) \backslash C_v$ | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.45 | 0.50 | 0.55 | 0.60 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0.01 | 1.20 | 1.44 | 1.71 | 2.01 | 2.35 | 2.72 | 3.12 | 3.57 | 4.04 | 4.54 | 5.09 | 5.66 |
| 0.1 | 1.17 | 1.35 | 1.56 | 1.79 | 2.05 | 2.32 | 2.61 | 2.92 | 3.26 | 3.62 | 3.99 | 4.38 |
| 0.2 | 1.15 | 1.32 | 1.51 | 1.72 | 1.95 | 2.19 | 2.46 | 2.73 | 3.03 | 3.34 | 3.66 | 4.01 |
| 0.5 | 1.14 | 1.29 | 1.45 | 1.63 | 1.82 | 2.02 | 2.24 | 2.46 | 2.70 | 2.96 | 3.21 | 3.49 |
| 1 | 1.12 | 1.25 | 1.40 | 1.55 | 1.72 | 1.89 | 2.07 | 2.26 | 2.46 | 2.67 | 2.88 | 3.10 |
| 2 | 1.11 | 1.22 | 1.34 | 1.47 | 1.61 | 1.75 | 1.90 | 2.05 | 2.21 | 2.37 | 2.54 | 2.71 |
| 5 | 1.08 | 1.17 | 1.26 | 1.36 | 1.46 | 1.56 | 1.66 | 1.76 | 1.87 | 1.98 | 2.08 | 2.19 |
| 10 | 1.07 | 1.13 | 1.20 | 1.27 | 1.33 | 1.40 | 1.47 | 1.54 | 1.60 | 1.67 | 1.73 | 1.79 |
| 20 | 1.04 | 1.08 | 1.12 | 1.16 | 1.20 | 1.23 | 1.26 | 1.29 | 1.32 | 1.35 | 1.37 | 1.39 |
| 50 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.96 | 0.94 | 0.92 | 0.90 | 0.88 | 0.86 | 0.83 |
| 75 | 0.97 | 0.93 | 0.89 | 0.86 | 0.82 | 0.73 | 0.74 | 0.71 | 0.67 | 0.63 | 0.60 | 0.57 |
| 90 | 0.94 | 0.88 | 0.82 | 0.76 | 0.71 | 0.66 | 0.61 | 0.57 | 0.53 | 0.49 | 0.46 | 0.43 |
| 95 | 0.92 | 0.84 | 0.77 | 0.71 | 0.65 | 0.59 | 0.55 | 0.50 | 0.47 | 0.43 | 0.41 | 0.39 |
| 99 | 0.89 | 0.79 | 0.70 | 0.62 | 0.56 | 0.51 | 0.46 | 0.42 | 0.39 | 0.37 | 0.36 | 0.35 |

续上表

| $P(\%) \backslash C_v$ | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.00 | | | | |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|--|--|--|--|
| 0.01 | 6.26 | 6.90 | 7.57 | 8.27 | 9.00 | 9.75 | 10.54 | 11.35 | | | | |
| 0.1 | 4.81 | 5.22 | 5.68 | 6.14 | 6.62 | 7.11 | 7.62 | 8.15 | | | | |
| 0.2 | 4.36 | 4.72 | 5.12 | 5.51 | 5.92 | 6.34 | 6.76 | 7.21 | | | | |
| 0.5 | 3.77 | 4.06 | 4.36 | 4.67 | 4.98 | 5.31 | 5.62 | 5.96 | | | | |
| 1 | 3.33 | 3.56 | 3.80 | 4.04 | 4.29 | 4.54 | 4.79 | 5.05 | | | | |
| 2 | 2.88 | 3.06 | 3.24 | 3.42 | 3.60 | 3.78 | 3.96 | 4.15 | | | | |
| 5 | 2.29 | 2.40 | 2.50 | 2.61 | 2.71 | 2.81 | 2.91 | 3.00 | | | | |
| 10 | 1.85 | 1.91 | 1.96 | 2.01 | 2.06 | 2.10 | 2.14 | 2.18 | | | | |
| 20 | 1.40 | 1.41 | 1.42 | 1.43 | 1.43 | 1.43 | 1.43 | 1.42 | | | | |
| 50 | 0.80 | 0.78 | 0.76 | 0.72 | 0.69 | 0.66 | 0.63 | 0.60 | | | | |
| 75 | 0.53 | 0.51 | 0.48 | 0.46 | 0.44 | 0.42 | 0.40 | 0.39 | | | | |
| 90 | 0.41 | 0.39 | 0.38 | 0.37 | 0.36 | 0.35 | 0.34 | 0.34 | | | | |
| 95 | 0.37 | 0.36 | 0.35 | 0.35 | 0.34 | 0.34 | 0.34 | 0.34 | | | | |
| 99 | 0.34 | 0.34 | 0.34 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | 0.33 | | | | |

(3) $C_s = 4C_v$

| $P(\%) \backslash C_v$ | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.45 | 0.50 | 0.55 | 0.60 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0.01 | 1.21 | 1.46 | 1.76 | 2.10 | 2.49 | 2.92 | 3.40 | 3.92 | 4.50 | 5.10 | 5.76 | 6.45 |
| 0.1 | 1.17 | 1.37 | 1.59 | 1.85 | 2.13 | 2.44 | 2.78 | 3.15 | 3.54 | 3.95 | 4.39 | 4.86 |
| 0.2 | 1.16 | 1.34 | 1.54 | 1.77 | 2.02 | 2.30 | 2.60 | 2.91 | 3.25 | 3.61 | 3.99 | 4.38 |
| 0.5 | 1.14 | 1.30 | 1.47 | 1.66 | 1.87 | 2.10 | 2.34 | 2.60 | 2.87 | 3.15 | 3.44 | 3.75 |
| 1 | 1.12 | 1.26 | 1.41 | 1.58 | 1.76 | 1.94 | 2.15 | 2.36 | 2.58 | 2.80 | 3.04 | 3.28 |
| 2 | 1.11 | 1.23 | 1.35 | 1.49 | 1.64 | 1.79 | 1.95 | 2.11 | 2.28 | 2.46 | 2.64 | 2.81 |
| 5 | 1.08 | 1.18 | 1.27 | 1.37 | 1.47 | 1.57 | 1.68 | 1.79 | 1.89 | 2.00 | 2.10 | 2.21 |
| 10 | 1.06 | 1.13 | 1.20 | 1.27 | 1.34 | 1.40 | 1.47 | 1.53 | 1.59 | 1.65 | 1.70 | 1.76 |
| 20 | 1.04 | 1.08 | 1.12 | 1.16 | 1.19 | 1.22 | 1.25 | 1.27 | 1.29 | 1.31 | 1.31 | 1.32 |
| 50 | 1.00 | 0.99 | 0.98 | 0.97 | 0.96 | 0.94 | 0.92 | 0.90 | 0.87 | 0.85 | 0.82 | 0.79 |

续上表

| $P(\%) \backslash C_v$ | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.45 | 0.50 | 0.55 | 0.60 |
|------------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| 75 | 0.97 | 0.93 | 0.89 | 0.86 | 0.82 | 0.78 | 0.74 | 0.71 | 0.68 | 0.64 | 0.62 | 0.59 |
| 90 | 0.94 | 0.88 | 0.82 | 0.77 | 0.72 | 0.67 | 0.64 | 0.60 | 0.58 | 0.55 | 0.53 | 0.52 |
| 95 | 0.92 | 0.85 | 0.78 | 0.72 | 0.67 | 0.63 | 0.59 | 0.56 | 0.54 | 0.53 | 0.52 | 0.51 |
| 99 | 0.89 | 0.80 | 0.72 | 0.65 | 0.60 | 0.57 | 0.54 | 0.52 | 0.51 | 0.51 | 0.50 | 0.50 |
| $P(\%) \backslash C_v$ | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.00 | | | | |
| 0.01 | 7.13 | 7.95 | 8.77 | 9.61 | 10.50 | 11.42 | 12.37 | 13.36 | | | | |
| 0.1 | 5.34 | 5.83 | 6.36 | 6.91 | 7.47 | 8.06 | 8.64 | 9.25 | | | | |
| 0.2 | 4.78 | 5.22 | 5.65 | 6.11 | 6.58 | 7.04 | 7.55 | 8.05 | | | | |
| 0.5 | 4.07 | 4.39 | 4.72 | 5.07 | 5.42 | 5.78 | 6.13 | 6.50 | | | | |
| 1 | 3.54 | 3.78 | 4.04 | 4.30 | 4.56 | 4.83 | 5.10 | 5.37 | | | | |
| 2 | 2.99 | 3.18 | 3.37 | 3.55 | 3.74 | 3.91 | 4.10 | 4.27 | | | | |
| 5 | 2.32 | 2.41 | 2.50 | 2.59 | 2.68 | 2.77 | 2.85 | 2.92 | | | | |
| 10 | 1.81 | 1.85 | 1.89 | 1.92 | 1.95 | 1.97 | 1.99 | 2.00 | | | | |
| 20 | 1.32 | 1.32 | 1.31 | 1.31 | 1.29 | 1.27 | 1.25 | 1.23 | | | | |
| 50 | 0.76 | 0.73 | 0.70 | 0.68 | 0.65 | 0.63 | 0.61 | 0.59 | | | | |
| 75 | 0.57 | 0.55 | 0.54 | 0.53 | 0.52 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | | | | |
| 90 | 0.51 | 0.51 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | | | | |
| 95 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | | | | |
| 99 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | | | | |

(4) $C_s = 6C_v$

| $P(\%) \backslash C_v$ | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.45 | 0.50 | 0.55 | 0.60 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0.01 | 1.22 | 1.51 | 1.86 | 2.28 | 2.77 | 3.33 | 3.95 | 4.63 | 5.38 | 6.17 | 7.03 | 7.95 |
| 0.1 | 1.18 | 1.40 | 1.66 | 1.96 | 2.31 | 2.69 | 3.11 | 3.57 | 4.06 | 4.58 | 5.13 | 5.70 |
| 0.2 | 1.16 | 1.36 | 1.60 | 1.87 | 2.17 | 2.50 | 2.86 | 3.26 | 3.67 | 4.10 | 4.56 | 5.03 |
| 0.5 | 1.14 | 1.31 | 1.51 | 1.73 | 1.98 | 2.25 | 2.53 | 2.83 | 3.16 | 3.49 | 3.84 | 4.19 |
| 1 | 1.13 | 1.28 | 1.44 | 1.63 | 1.83 | 2.05 | 2.28 | 2.52 | 2.77 | 3.03 | 3.29 | 3.55 |

续上表

| $P(\%) \backslash C_v$ | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.45 | 0.50 | 0.55 | 0.60 |
|------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| 2 | 1.11 | 1.24 | 1.38 | 1.53 | 1.69 | 1.85 | 2.03 | 2.21 | 2.39 | 2.58 | 2.76 | 2.94 |
| 5 | 1.09 | 1.18 | 1.28 | 1.38 | 1.48 | 1.60 | 1.70 | 1.81 | 1.91 | 2.00 | 2.09 | 2.18 |
| 10 | 1.07 | 1.13 | 1.20 | 1.27 | 1.33 | 1.40 | 1.45 | 1.51 | 1.55 | 1.59 | 1.62 | 1.65 |
| 20 | 1.04 | 1.08 | 1.12 | 1.15 | 1.17 | 1.19 | 1.21 | 1.22 | 1.22 | 1.21 | 1.20 | 1.18 |
| 50 | 1.00 | 0.99 | 0.98 | 0.96 | 0.94 | 0.92 | 0.89 | 0.86 | 0.83 | 0.80 | 0.78 | 0.75 |
| 75 | 0.97 | 0.93 | 0.89 | 0.85 | 0.82 | 0.78 | 0.75 | 0.73 | 0.71 | 0.69 | 0.68 | 0.68 |
| 90 | 0.94 | 0.88 | 0.83 | 0.78 | 0.75 | 0.72 | 0.70 | 0.68 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 |
| 95 | 0.92 | 0.85 | 0.80 | 0.75 | 0.72 | 0.69 | 0.68 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 |
| 99 | 0.89 | 0.81 | 0.75 | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 |
| $P(\%) \backslash C_v$ | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.00 | | | | |
| 0.01 | 8.90 | 9.92 | 10.98 | 12.08 | 13.24 | 14.43 | 15.68 | 16.94 | | | | |
| 0.1 | 6.29 | 6.91 | 7.57 | 8.23 | 8.91 | 9.61 | 10.33 | 11.07 | | | | |
| 0.2 | 5.54 | 6.04 | 6.57 | 7.11 | 7.66 | 8.22 | 8.80 | 9.38 | | | | |
| 0.5 | 4.55 | 4.91 | 5.30 | 5.67 | 6.06 | 6.45 | 6.83 | 7.22 | | | | |
| 1 | 3.82 | 4.09 | 4.36 | 4.63 | 4.89 | 5.16 | 5.42 | 5.68 | | | | |
| 2 | 3.12 | 3.30 | 3.47 | 3.64 | 3.80 | 3.96 | 4.10 | 4.25 | | | | |
| 5 | 2.26 | 2.33 | 2.39 | 2.44 | 2.49 | 2.53 | 2.56 | 2.59 | | | | |
| 10 | 1.66 | 1.67 | 1.68 | 1.67 | 1.66 | 1.65 | 1.62 | 1.59 | | | | |
| 20 | 1.16 | 1.13 | 1.10 | 1.07 | 1.08 | 1.00 | 0.96 | 0.93 | | | | |
| 50 | 0.73 | 0.71 | 0.70 | 0.69 | 0.68 | 0.68 | 0.67 | 0.67 | | | | |
| 75 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | | | | |
| 90 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | | | | |
| 95 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | | | | |
| 99 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | 0.67 | | | | |

附录 E 短期测波资料的经验 频率分析方法

E. 0. 1 当有完整一年或几年的测波资料时，可用全部观测次数不分方向的某一累积频率的波高进行频率分析。将波高以均匀坐标表示，大于和等于某波高的经验频率 P 以对数坐标表示时，频率曲线可近似直线外延。若观测 a 年中最大值的频率为 P_a ，则重现期为 b 年的频率 P_b 可按下式计算。

$$P_b = \frac{a}{b} P_a \quad (\text{E. 0. 1})$$

附录 F 按水深分段计算风浪要素的方法

F. 0. 1 当风区内的水深沿风向变化较大时, 宜将水域分成几段计算风浪要素。对水深逐渐变浅或变深和风速 $U \geq 15\text{m/s}$ 的情况, 每一段水域两端的深度差 Δd (m) 可按表 F. 0. 1 确定。

分段的深度差 Δd 表 F. 0. 1

| | | | | |
|----------------------|-----|-------|-------|-----|
| 水 深 | >30 | 30~20 | 20~10 | <10 |
| $\Delta d(\text{m})$ | 10 | 5 | 3 | 2 |

F. 0. 2 按水深分段计算风浪要素的方法, 适用于由风区长度 F 决定风浪要素的情况。

设分段后的平均水深为 d_1 、 d_2 ……; 分段长为 l_1 、 l_2 ……等。首先用整个风区的平均风速 U 、第一段的水深 d_1 和风区长度 $F_1=l_1$, 按图 5. 2. 1 和 5. 2. 2 计算第一段下沿的波高 H_1 ; 其次计算同一风速 U 作用于水深 d_2 时, 为产生波高 H_1 所需等效风区长度 F_{e2} ; 然后取风区长度为 $F_2=F_{e2}+l_2$ 计算第二段下沿的风浪要素; 以下类推。

F. 0. 3 在应用上述方法计算风浪要素时, 尚应符合条件 $H < (H_2)_{\max}$ 。 $(H_2)_{\max}$ 为风速 U 在水深 d_2 中可能产生的最大波高。

附录 G 浅水波高、波速和波长 与相对水深关系表

表 G

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H_0 |
|-----------|----------|-------------------|----------|
| 0 | 0 | 0 | ∞ |
| 0.0001000 | 0.003990 | 0.02506 | 4.467 |
| 0.0002000 | 0.005643 | 0.03544 | 3.757 |
| 0.0003000 | 0.006912 | 0.04340 | 3.395 |
| 0.0004000 | 0.007982 | 0.05011 | 3.160 |
| 0.0005000 | 0.008925 | 0.05602 | 2.989 |
| 0.0006000 | 0.009778 | 0.06136 | 2.856 |
| 0.0007000 | 0.01056 | 0.06627 | 2.749 |
| 0.0008000 | 0.01129 | 0.07084 | 2.659 |
| 0.0009000 | 0.01198 | 0.07513 | 2.582 |
| 0.001000 | 0.01263 | 0.07918 | 2.515 |
| 0.001100 | 0.01325 | 0.08304 | 2.456 |
| 0.001200 | 0.01384 | 0.08672 | 2.404 |
| 0.001300 | 0.01440 | 0.09026 | 2.357 |
| 0.001400 | 0.01495 | 0.09365 | 2.314 |
| 0.001500 | 0.01548 | 0.09693 | 2.275 |
| 0.001600 | 0.01598 | 0.1001 | 2.239 |
| 0.001700 | 0.01648 | 0.1032 | 2.205 |
| 0.001800 | 0.01696 | 0.1062 | 2.174 |
| 0.001900 | 0.01743 | 0.1091 | 2.145 |
| 0.002000 | 0.01788 | 0.1119 | 2.119 |
| 0.002100 | 0.01832 | 0.1140 | 2.094 |
| 0.002200 | 0.01876 | 0.1173 | 2.070 |
| 0.002300 | 0.01918 | 0.1199 | 2.047 |
| 0.002400 | 0.01959 | 0.1225 | 2.025 |
| 0.002500 | 0.02000 | 0.1250 | 2.005 |
| 0.002600 | 0.02040 | 0.1275 | 1.986 |
| 0.002700 | 0.02079 | 0.1299 | 1.967 |
| 0.002800 | 0.02117 | 0.1323 | 1.950 |
| 0.002900 | 0.02155 | 0.1346 | 1.933 |
| 0.003000 | 0.02192 | 0.1369 | 1.917 |
| 0.003100 | 0.02228 | 0.1391 | 1.902 |

续上表

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H_0 |
|----------|---------|-------------------|---------|
| 0.003200 | 0.02264 | 0.1413 | 1.887 |
| 0.003300 | 0.02300 | 0.1435 | 1.873 |
| 0.003400 | 0.02335 | 0.1456 | 1.860 |
| 0.003500 | 0.02369 | 0.1477 | 1.847 |
| 0.003600 | 0.02403 | 0.1498 | 1.834 |
| 0.003700 | 0.02436 | 0.1519 | 1.822 |
| 0.003800 | 0.02469 | 0.1539 | 1.810 |
| 0.003900 | 0.02502 | 0.1559 | 1.799 |
| 0.004000 | 0.02534 | 0.1579 | 1.788 |
| 0.004100 | 0.02566 | 0.1598 | 1.777 |
| 0.004200 | 0.02597 | 0.1617 | 1.767 |
| 0.004300 | 0.02628 | 0.1636 | 1.756 |
| 0.004400 | 0.02659 | 0.1655 | 1.746 |
| 0.004500 | 0.02689 | 0.1674 | 1.737 |
| 0.004600 | 0.02719 | 0.1692 | 1.727 |
| 0.004700 | 0.02749 | 0.1710 | 1.718 |
| 0.004800 | 0.02778 | 0.1728 | 1.709 |
| 0.004900 | 0.02807 | 0.1746 | 1.701 |
| 0.005000 | 0.02836 | 0.1764 | 1.692 |
| 0.005100 | 0.02864 | 0.1781 | 1.684 |
| 0.005200 | 0.02893 | 0.1798 | 1.676 |
| 0.005300 | 0.02921 | 0.1815 | 1.669 |
| 0.005400 | 0.02948 | 0.1832 | 1.662 |
| 0.005500 | 0.02976 | 0.1848 | 1.654 |
| 0.005600 | 0.03003 | 0.1865 | 1.647 |
| 0.005700 | 0.03030 | 0.1881 | 1.640 |
| 0.005800 | 0.03057 | 0.1897 | 1.633 |
| 0.005900 | 0.03083 | 0.1913 | 1.626 |
| 0.006000 | 0.03110 | 0.1929 | 1.620 |
| 0.006100 | 0.03136 | 0.1945 | 1.614 |
| 0.006200 | 0.03162 | 0.1961 | 1.607 |
| 0.006300 | 0.03188 | 0.1976 | 1.601 |
| 0.006400 | 0.03213 | 0.1992 | 1.595 |
| 0.006500 | 0.03238 | 0.2007 | 1.589 |
| 0.006600 | 0.03264 | 0.2022 | 1.583 |
| 0.006700 | 0.03289 | 0.2037 | 1.578 |
| 0.006800 | 0.03313 | 0.2052 | 1.572 |
| 0.006900 | 0.03338 | 0.2067 | 1.567 |
| 0.007000 | 0.03362 | 0.2082 | 1.561 |
| 0.007100 | 0.03387 | 0.2096 | 1.556 |
| 0.007200 | 0.03411 | 0.2111 | 1.551 |
| 0.007300 | 0.03435 | 0.2125 | 1.546 |
| 0.007400 | 0.03459 | 0.2139 | 1.541 |
| 0.007500 | 0.03482 | 0.2154 | 1.536 |

续上表

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H_0 |
|----------|---------|-------------------|---------|
| 0.007600 | 0.03506 | 0.2188 | 1.531 |
| 0.007700 | 0.03529 | 0.2182 | 1.526 |
| 0.007800 | 0.03552 | 0.2196 | 1.521 |
| 0.007900 | 0.03576 | 0.2209 | 1.517 |
| 0.008000 | 0.03598 | 0.2223 | 1.512 |
| 0.008100 | 0.03621 | 0.2237 | 1.508 |
| 0.008200 | 0.03644 | 0.2250 | 1.503 |
| 0.008300 | 0.03666 | 0.2264 | 1.499 |
| 0.008400 | 0.03689 | 0.2277 | 1.495 |
| 0.008500 | 0.03711 | 0.2290 | 1.491 |
| 0.008600 | 0.03733 | 0.2303 | 1.487 |
| 0.008700 | 0.03755 | 0.2317 | 1.482 |
| 0.008800 | 0.03777 | 0.2330 | 1.478 |
| 0.008900 | 0.03799 | 0.2343 | 1.474 |
| 0.009000 | 0.03821 | 0.2356 | 1.471 |
| 0.009100 | 0.03842 | 0.2368 | 1.467 |
| 0.009200 | 0.03864 | 0.2381 | 1.463 |
| 0.009300 | 0.03885 | 0.2394 | 1.459 |
| 0.009400 | 0.03906 | 0.2407 | 1.456 |
| 0.009500 | 0.03928 | 0.2419 | 1.452 |
| 0.009600 | 0.03949 | 0.2431 | 1.448 |
| 0.009700 | 0.03970 | 0.2443 | 1.445 |
| 0.009800 | 0.03990 | 0.2456 | 1.442 |
| 0.009900 | 0.04011 | 0.2468 | 1.438 |
| 0.01000 | 0.04032 | 0.2480 | 1.435 |
| 0.01100 | 0.04233 | 0.2598 | 1.403 |
| 0.01200 | 0.04426 | 0.2711 | 1.375 |
| 0.01300 | 0.04612 | 0.2820 | 1.350 |
| 0.01400 | 0.04791 | 0.2924 | 1.327 |
| 0.01500 | 0.04964 | 0.3022 | 1.307 |
| 0.01600 | 0.05132 | 0.3117 | 1.228 |
| 0.01700 | 0.05296 | 0.3209 | 1.271 |
| 0.01800 | 0.05455 | 0.3298 | 1.255 |
| 0.01900 | 0.05611 | 0.3386 | 1.240 |
| 0.02000 | 0.05763 | 0.3470 | 1.226 |
| 0.02100 | 0.05912 | 0.3552 | 1.213 |
| 0.02200 | 0.06057 | 0.3632 | 1.201 |
| 0.02300 | 0.06200 | 0.3710 | 1.189 |
| 0.02400 | 0.06340 | 0.3786 | 1.178 |
| 0.02500 | 0.06478 | 0.3860 | 1.168 |
| 0.02600 | 0.06613 | 0.3932 | 1.159 |
| 0.02700 | 0.06747 | 0.4002 | 1.150 |
| 0.02800 | 0.06878 | 0.4071 | 1.141 |
| 0.02900 | 0.07007 | 0.4138 | 1.133 |

续上表

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H_0 |
|---------|---------|-------------------|---------|
| 0.03000 | 0.07135 | 0.4205 | 1.125 |
| 0.03100 | 0.07260 | 0.4269 | 1.118 |
| 0.03200 | 0.07385 | 0.4333 | 1.111 |
| 0.03300 | 0.07507 | 0.4395 | 1.104 |
| 0.03400 | 0.07630 | 0.4457 | 1.098 |
| 0.03500 | 0.07748 | 0.4517 | 1.092 |
| 0.03600 | 0.07867 | 0.4577 | 1.086 |
| 0.03700 | 0.07984 | 0.4635 | 1.080 |
| 0.03800 | 0.08100 | 0.4691 | 1.075 |
| 0.03900 | 0.08215 | 0.4747 | 1.069 |
| 0.04000 | 0.08329 | 0.4802 | 1.064 |
| 0.04100 | 0.08442 | 0.4857 | 1.059 |
| 0.04200 | 0.08553 | 0.4911 | 1.055 |
| 0.04300 | 0.08664 | 0.4964 | 1.050 |
| 0.04400 | 0.08774 | 0.5015 | 1.046 |
| 0.04500 | 0.08883 | 0.5066 | 1.042 |
| 0.04600 | 0.08991 | 0.5116 | 1.038 |
| 0.04700 | 0.09098 | 0.5166 | 1.034 |
| 0.04800 | 0.09205 | 0.5215 | 1.030 |
| 0.04900 | 0.09311 | 0.5263 | 1.026 |
| 0.05000 | 0.09416 | 0.5310 | 1.023 |
| 0.05100 | 0.09520 | 0.5357 | 1.019 |
| 0.05200 | 0.09623 | 0.5403 | 1.016 |
| 0.05300 | 0.09726 | 0.5449 | 1.013 |
| 0.05400 | 0.09829 | 0.5494 | 1.010 |
| 0.05500 | 0.09930 | 0.5538 | 1.007 |
| 0.05600 | 0.1003 | 0.5582 | 1.004 |
| 0.05700 | 0.1013 | 0.5626 | 1.001 |
| 0.05800 | 0.1023 | 0.5668 | 0.9985 |
| 0.05900 | 0.1033 | 0.5711 | 0.9958 |
| 0.06000 | 0.1043 | 0.5753 | 0.9932 |
| 0.06100 | 0.1053 | 0.5794 | 0.9907 |
| 0.06200 | 0.1063 | 0.5834 | 0.9883 |
| 0.06300 | 0.1073 | 0.5874 | 0.9860 |
| 0.06400 | 0.1082 | 0.5914 | 0.9837 |
| 0.06500 | 0.1092 | 0.5954 | 0.9815 |
| 0.06600 | 0.1101 | 0.5993 | 0.9793 |
| 0.06700 | 0.1111 | 0.6031 | 0.9772 |
| 0.06800 | 0.1120 | 0.6069 | 0.9752 |
| 0.06900 | 0.1130 | 0.6106 | 0.9732 |
| 0.07000 | 0.1139 | 0.6144 | 0.9713 |
| 0.07100 | 0.1149 | 0.6181 | 0.9694 |
| 0.07200 | 0.1158 | 0.6217 | 0.9676 |
| 0.07300 | 0.1168 | 0.6252 | 0.9658 |
| 0.07400 | 0.1177 | 0.6289 | 0.9641 |

续上表

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H_0 |
|---------|--------|-------------------|---------|
| 0.07500 | 0.1186 | 0.6324 | 0.9624 |
| 0.07600 | 0.1195 | 0.6359 | 0.9607 |
| 0.07700 | 0.1205 | 0.6392 | 0.9591 |
| 0.07800 | 0.1214 | 0.6427 | 0.9576 |
| 0.07900 | 0.1223 | 0.6460 | 0.9562 |
| 0.08000 | 0.1232 | 0.6493 | 0.9548 |
| 0.08100 | 0.1241 | 0.6526 | 0.9534 |
| 0.08200 | 0.1251 | 0.6558 | 0.9520 |
| 0.08300 | 0.1259 | 0.6590 | 0.9506 |
| 0.08400 | 0.1268 | 0.6622 | 0.9493 |
| 0.08500 | 0.1277 | 0.6655 | 0.9481 |
| 0.08600 | 0.1286 | 0.6685 | 0.9469 |
| 0.08700 | 0.1295 | 0.6716 | 0.9457 |
| 0.08800 | 0.1304 | 0.6747 | 0.9445 |
| 0.08900 | 0.1313 | 0.6778 | 0.9433 |
| 0.09000 | 0.1322 | 0.6808 | 0.9422 |
| 0.09100 | 0.1331 | 0.6838 | 0.9411 |
| 0.09200 | 0.1340 | 0.6868 | 0.9401 |
| 0.09300 | 0.1349 | 0.6897 | 0.9391 |
| 0.09400 | 0.1357 | 0.6925 | 0.9381 |
| 0.09500 | 0.1366 | 0.6953 | 0.9371 |
| 0.09600 | 0.1375 | 0.6982 | 0.9362 |
| 0.09700 | 0.1384 | 0.7011 | 0.9353 |
| 0.09800 | 0.1392 | 0.7039 | 0.9344 |
| 0.09900 | 0.1401 | 0.7066 | 0.9335 |
| 0.1000 | 0.1410 | 0.7093 | 0.9327 |
| 0.1010 | 0.1419 | 0.7120 | 0.9319 |
| 0.1020 | 0.1427 | 0.7147 | 0.9311 |
| 0.1030 | 0.1436 | 0.7173 | 0.9304 |
| 0.1040 | 0.1445 | 0.7200 | 0.9297 |
| 0.1050 | 0.1453 | 0.7226 | 0.9290 |
| 0.1060 | 0.1462 | 0.7252 | 0.9282 |
| 0.1070 | 0.1470 | 0.7277 | 0.9276 |
| 0.1080 | 0.1479 | 0.7303 | 0.9269 |
| 0.1090 | 0.1488 | 0.7327 | 0.9263 |
| 0.1100 | 0.1496 | 0.7352 | 0.9257 |
| 0.1110 | 0.1505 | 0.7377 | 0.9251 |
| 0.1120 | 0.1513 | 0.7402 | 0.9245 |
| 0.1130 | 0.1522 | 0.7426 | 0.9239 |
| 0.1140 | 0.1530 | 0.7450 | 0.9234 |
| 0.1150 | 0.1539 | 0.7474 | 0.9228 |
| 0.1160 | 0.1547 | 0.7497 | 0.9223 |
| 0.1170 | 0.1556 | 0.7520 | 0.9218 |
| 0.1180 | 0.1564 | 0.7543 | 0.9214 |

续上表

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H_0 |
|---------|--------|-------------------|---------|
| 0.1190 | 0.1573 | 0.7566 | 0.9209 |
| 0.1200 | 0.1581 | 0.7589 | 0.9204 |
| 0.1210 | 0.1590 | 0.7612 | 0.9200 |
| 0.1220 | 0.1598 | 0.7634 | 0.9196 |
| 0.1230 | 0.1607 | 0.7656 | 0.9192 |
| 0.1240 | 0.1615 | 0.7678 | 0.9189 |
| 0.1250 | 0.1624 | 0.7700 | 0.9186 |
| 0.1260 | 0.1632 | 0.7721 | 0.9182 |
| 0.1270 | 0.1640 | 0.7742 | 0.9178 |
| 0.1280 | 0.1649 | 0.7763 | 0.9175 |
| 0.1290 | 0.1657 | 0.7783 | 0.9172 |
| 0.1300 | 0.1665 | 0.7804 | 0.9169 |
| 0.1310 | 0.1674 | 0.7824 | 0.9166 |
| 0.1320 | 0.1682 | 0.7844 | 0.9164 |
| 0.1330 | 0.1691 | 0.7865 | 0.9161 |
| 0.1340 | 0.1699 | 0.7885 | 0.9158 |
| 0.1350 | 0.1708 | 0.7905 | 0.9156 |
| 0.1360 | 0.1716 | 0.7925 | 0.9154 |
| 0.1370 | 0.1724 | 0.7945 | 0.9152 |
| 0.1380 | 0.1733 | 0.7964 | 0.9150 |
| 0.1390 | 0.1741 | 0.7983 | 0.9148 |
| 0.1400 | 0.1749 | 0.8002 | 0.9146 |
| 0.1410 | 0.1758 | 0.8021 | 0.9144 |
| 0.1420 | 0.1766 | 0.8039 | 0.9142 |
| 0.1430 | 0.1774 | 0.8057 | 0.9141 |
| 0.1440 | 0.1783 | 0.8076 | 0.9140 |
| 0.1450 | 0.1791 | 0.8094 | 0.9193 |
| 0.1460 | 0.1800 | 0.8112 | 0.9137 |
| 0.1470 | 0.1808 | 0.8131 | 0.9136 |
| 0.1480 | 0.1816 | 0.8149 | 0.9135 |
| 0.1490 | 0.1825 | 0.8166 | 0.9134 |
| 0.1500 | 0.1833 | 0.8183 | 0.9133 |
| 0.1510 | 0.1841 | 0.8200 | 0.9133 |
| 0.1520 | 0.1850 | 0.8217 | 0.9132 |
| 0.1530 | 0.1858 | 0.8234 | 0.9132 |
| 0.1540 | 0.1866 | 0.8250 | 0.9132 |
| 0.1550 | 0.1875 | 0.8267 | 0.9131 |
| 0.1560 | 0.1883 | 0.8284 | 0.9130 |
| 0.1570 | 0.1891 | 0.8301 | 0.9130 |
| 0.1580 | 0.1900 | 0.8317 | 0.9130 |
| 0.1590 | 0.1908 | 0.8333 | 0.9130 |
| 0.1600 | 0.1917 | 0.8349 | 0.9130 |
| 0.1610 | 0.1925 | 0.8365 | 0.9130 |
| 0.1620 | 0.1933 | 0.8381 | 0.9130 |

续上表

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H_0 |
|---------|--------|-------------------|---------|
| 0.1630 | 0.1941 | 0.8396 | 0.9130 |
| 0.1640 | 0.1950 | 0.8411 | 0.9130 |
| 0.1650 | 0.1958 | 0.8427 | 0.9131 |
| 0.1660 | 0.1966 | 0.8442 | 0.9132 |
| 0.1670 | 0.1975 | 0.8457 | 0.9132 |
| 0.1680 | 0.1983 | 0.8472 | 0.9133 |
| 0.1690 | 0.1992 | 0.8486 | 0.9133 |
| 0.1700 | 0.2000 | 0.8501 | 0.9134 |
| 0.1710 | 0.2008 | 0.8515 | 0.9135 |
| 0.1720 | 0.2017 | 0.8529 | 0.9136 |
| 0.1730 | 0.2025 | 0.8544 | 0.9137 |
| 0.1740 | 0.2033 | 0.8558 | 0.9138 |
| 0.1750 | 0.2042 | 0.8572 | 0.9139 |
| 0.1760 | 0.2050 | 0.8586 | 0.9140 |
| 0.1770 | 0.2058 | 0.8600 | 0.9141 |
| 0.1780 | 0.2066 | 0.8614 | 0.9142 |
| 0.1790 | 0.2075 | 0.8627 | 0.9144 |
| 0.1800 | 0.2083 | 0.8640 | 0.9145 |
| 0.1810 | 0.2092 | 0.8653 | 0.9146 |
| 0.1820 | 0.2100 | 0.8666 | 0.9148 |
| 0.1830 | 0.2108 | 0.8680 | 0.9149 |
| 0.1840 | 0.2117 | 0.8693 | 0.9150 |
| 0.1850 | 0.2125 | 0.8706 | 0.9152 |
| 0.1860 | 0.2134 | 0.8718 | 0.9154 |
| 0.1870 | 0.2142 | 0.8731 | 0.9155 |
| 0.1880 | 0.2150 | 0.8743 | 0.9157 |
| 0.1890 | 0.2159 | 0.8755 | 0.9159 |
| 0.1900 | 0.2167 | 0.8767 | 0.9161 |
| 0.1910 | 0.2176 | 0.8779 | 0.9163 |
| 0.1920 | 0.2184 | 0.8791 | 0.9165 |
| 0.1930 | 0.2192 | 0.8803 | 0.9167 |
| 0.1940 | 0.2201 | 0.8815 | 0.9169 |
| 0.1950 | 0.2209 | 0.8827 | 0.9170 |
| 0.1960 | 0.2218 | 0.8839 | 0.9172 |
| 0.1970 | 0.2226 | 0.8850 | 0.9174 |
| 0.1980 | 0.2234 | 0.8862 | 0.9176 |
| 0.1990 | 0.2243 | 0.8873 | 0.9179 |
| 0.2000 | 0.2251 | 0.8884 | 0.9181 |
| 0.2010 | 0.2260 | 0.8895 | 0.9183 |
| 0.2020 | 0.2268 | 0.8906 | 0.9186 |
| 0.2030 | 0.2277 | 0.8917 | 0.9188 |
| 0.2040 | 0.2285 | 0.8928 | 0.9190 |
| 0.2050 | 0.2293 | 0.8939 | 0.9139 |
| 0.2060 | 0.2302 | 0.8950 | 0.9195 |

续上表

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H_0 |
|---------|---------|-------------------|---------|
| 0. 2070 | 0. 2310 | 0. 8960 | 0. 9197 |
| 0. 2080 | 0. 2319 | 0. 8971 | 0. 9200 |
| 0. 2090 | 0. 2328 | 0. 8981 | 0. 9202 |
| 0. 2100 | 0. 2336 | 0. 8991 | 0. 9205 |
| 0. 2110 | 0. 2344 | 0. 9001 | 0. 9207 |
| 0. 2120 | 0. 2353 | 0. 9011 | 0. 9210 |
| 0. 2130 | 0. 2361 | 0. 9021 | 0. 9213 |
| 0. 2140 | 0. 2370 | 0. 9031 | 0. 9215 |
| 0. 2150 | 0. 2378 | 0. 9041 | 0. 9218 |
| 0. 2160 | 0. 2387 | 0. 9051 | 0. 9221 |
| 0. 2170 | 0. 2395 | 0. 9061 | 0. 9223 |
| 0. 2180 | 0. 2404 | 0. 9070 | 0. 9226 |
| 0. 2190 | 0. 2412 | 0. 9079 | 0. 9228 |
| 0. 2200 | 0. 2421 | 0. 9088 | 0. 9231 |
| 0. 2210 | 0. 2429 | 0. 9097 | 0. 9234 |
| 0. 2220 | 0. 2438 | 0. 9107 | 0. 9236 |
| 0. 2230 | 0. 2446 | 0. 9116 | 0. 9239 |
| 0. 2240 | 0. 2455 | 0. 9125 | 0. 9242 |
| 0. 2250 | 0. 2463 | 0. 9134 | 0. 9245 |
| 0. 2260 | 0. 2472 | 0. 9143 | 0. 9248 |
| 0. 2270 | 0. 2481 | 0. 9152 | 0. 9251 |
| 0. 2280 | 0. 2489 | 0. 9161 | 0. 9254 |
| 0. 2290 | 0. 2498 | 0. 9170 | 0. 9258 |
| 0. 2300 | 0. 2506 | 0. 9178 | 0. 9261 |
| 0. 2310 | 0. 2515 | 0. 9186 | 0. 9264 |
| 0. 2320 | 0. 2523 | 0. 9194 | 0. 9267 |
| 0. 2330 | 0. 2532 | 0. 9203 | 0. 9270 |
| 0. 2340 | 0. 2540 | 0. 9211 | 0. 9273 |
| 0. 2350 | 0. 2549 | 0. 9219 | 0. 9276 |
| 0. 2360 | 0. 2558 | 0. 9227 | 0. 9279 |
| 0. 2370 | 0. 2566 | 0. 9235 | 0. 9282 |
| 0. 2380 | 0. 2575 | 0. 9243 | 0. 9285 |
| 0. 2390 | 0. 2584 | 0. 9251 | 0. 9288 |
| 0. 2400 | 0. 2592 | 0. 9259 | 0. 9291 |
| 0. 2410 | 0. 2601 | 0. 9267 | 0. 9294 |
| 0. 2420 | 0. 2610 | 0. 9275 | 0. 9298 |
| 0. 2430 | 0. 2618 | 0. 9282 | 0. 9301 |
| 0. 2440 | 0. 2627 | 0. 9289 | 0. 9304 |
| 0. 2450 | 0. 2635 | 0. 9296 | 0. 9307 |
| 0. 2460 | 0. 2644 | 0. 9304 | 0. 9310 |
| 0. 2470 | 0. 2653 | 0. 9311 | 0. 9314 |
| 0. 2480 | 0. 2661 | 0. 9318 | 0. 9317 |
| 0. 2490 | 0. 2670 | 0. 9325 | 0. 9320 |
| 0. 2500 | 0. 2679 | 0. 9332 | 0. 9323 |

续上表

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H_0 |
|---------|--------|-------------------|---------|
| 0.2510 | 0.2687 | 0.9339 | 0.9327 |
| 0.2520 | 0.2696 | 0.9346 | 0.9330 |
| 0.2530 | 0.2705 | 0.9353 | 0.9333 |
| 0.2540 | 0.2714 | 0.9360 | 0.9336 |
| 0.2550 | 0.2722 | 0.9367 | 0.9340 |
| 0.2560 | 0.2731 | 0.9374 | 0.9343 |
| 0.2570 | 0.2740 | 0.9381 | 0.9346 |
| 0.2580 | 0.2749 | 0.9388 | 0.9349 |
| 0.2590 | 0.2757 | 0.9394 | 0.9353 |
| 0.2600 | 0.2766 | 0.9400 | 0.9356 |
| 0.2610 | 0.2775 | 0.9406 | 0.9360 |
| 0.2620 | 0.2784 | 0.9412 | 0.9363 |
| 0.2630 | 0.2792 | 0.9418 | 0.9367 |
| 0.2640 | 0.2801 | 0.9425 | 0.9370 |
| 0.2650 | 0.2810 | 0.9431 | 0.9373 |
| 0.2660 | 0.2819 | 0.9437 | 0.9377 |
| 0.2670 | 0.2827 | 0.9443 | 0.9380 |
| 0.2680 | 0.2836 | 0.9449 | 0.9383 |
| 0.2690 | 0.2845 | 0.9455 | 0.9386 |
| 0.2700 | 0.2854 | 0.9461 | 0.9390 |
| 0.2710 | 0.2863 | 0.9467 | 0.9393 |
| 0.2720 | 0.2872 | 0.9473 | 0.9396 |
| 0.2730 | 0.2880 | 0.9478 | 0.9400 |
| 0.2740 | 0.2889 | 0.9484 | 0.9403 |
| 0.2750 | 0.2898 | 0.9490 | 0.9406 |
| 0.2760 | 0.2907 | 0.9495 | 0.9410 |
| 0.2770 | 0.2916 | 0.9500 | 0.9413 |
| 0.2780 | 0.2924 | 0.9505 | 0.9416 |
| 0.2790 | 0.2933 | 0.9511 | 0.9420 |
| 0.2800 | 0.2942 | 0.9516 | 0.9423 |
| 0.2810 | 0.2951 | 0.9521 | 0.9426 |
| 0.2820 | 0.2960 | 0.9526 | 0.9430 |
| 0.2830 | 0.2969 | 0.9532 | 0.9433 |
| 0.2840 | 0.2978 | 0.9537 | 0.9436 |
| 0.2850 | 0.2987 | 0.9542 | 0.9440 |
| 0.2860 | 0.2996 | 0.9547 | 0.9443 |
| 0.2870 | 0.3005 | 0.9552 | 0.9446 |
| 0.2880 | 0.3014 | 0.9557 | 0.9449 |
| 0.2890 | 0.3022 | 0.9562 | 0.9452 |
| 0.2900 | 0.3031 | 0.9567 | 0.9456 |
| 0.2910 | 0.3040 | 0.9572 | 0.9459 |
| 0.2920 | 0.3049 | 0.9577 | 0.9463 |
| 0.2930 | 0.3058 | 0.9581 | 0.9466 |
| 0.2940 | 0.3067 | 0.9585 | 0.9469 |

续上表

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H_0 |
|---------|--------|-------------------|---------|
| 0.2950 | 0.3076 | 0.9590 | 0.9473 |
| 0.2960 | 0.3085 | 0.9594 | 0.9476 |
| 0.2970 | 0.3094 | 0.9599 | 0.9480 |
| 0.2980 | 0.3103 | 0.9603 | 0.9483 |
| 0.2990 | 0.3112 | 0.9607 | 0.9486 |
| 0.3000 | 0.3121 | 0.9611 | 0.9490 |
| 0.3010 | 0.3130 | 0.9616 | 0.9493 |
| 0.3020 | 0.3139 | 0.9620 | 0.9496 |
| 0.3030 | 0.3148 | 0.9624 | 0.9499 |
| 0.3040 | 0.3157 | 0.9629 | 0.9502 |
| 0.3050 | 0.3166 | 0.9633 | 0.9505 |
| 0.3060 | 0.3175 | 0.9637 | 0.9509 |
| 0.3070 | 0.3184 | 0.9641 | 0.9512 |
| 0.3080 | 0.3193 | 0.9645 | 0.9515 |
| 0.3090 | 0.3202 | 0.9649 | 0.9518 |
| 0.3100 | 0.3211 | 0.9653 | 0.9522 |
| 0.3110 | 0.3220 | 0.9656 | 0.9525 |
| 0.3120 | 0.3230 | 0.9660 | 0.9528 |
| 0.3130 | 0.3239 | 0.9664 | 0.9531 |
| 0.3140 | 0.3248 | 0.9668 | 0.9535 |
| 0.3150 | 0.3257 | 0.9672 | 0.9538 |
| 0.3160 | 0.3266 | 0.9676 | 0.9541 |
| 0.3170 | 0.3275 | 0.9679 | 0.9544 |
| 0.3180 | 0.3284 | 0.9682 | 0.9547 |
| 0.3190 | 0.3294 | 0.9686 | 0.9550 |
| 0.3200 | 0.3302 | 0.9690 | 0.9553 |
| 0.3210 | 0.3311 | 0.9693 | 0.9556 |
| 0.3220 | 0.3321 | 0.9696 | 0.9559 |
| 0.3230 | 0.3330 | 0.9700 | 0.9562 |
| 0.3240 | 0.3339 | 0.9703 | 0.9565 |
| 0.3250 | 0.3349 | 0.9707 | 0.9568 |
| 0.3260 | 0.3357 | 0.9710 | 0.9571 |
| 0.3270 | 0.3367 | 0.9713 | 0.9574 |
| 0.3280 | 0.3376 | 0.9717 | 0.9577 |
| 0.3290 | 0.3385 | 0.9720 | 0.9580 |
| 0.3300 | 0.3394 | 0.9723 | 0.9583 |
| 0.3310 | 0.3403 | 0.9726 | 0.9586 |
| 0.3320 | 0.3413 | 0.9729 | 0.9589 |
| 0.3330 | 0.3422 | 0.9732 | 0.9592 |
| 0.3340 | 0.3431 | 0.9735 | 0.9595 |
| 0.3350 | 0.3440 | 0.9738 | 0.9598 |
| 0.3360 | 0.3449 | 0.9741 | 0.9601 |
| 0.3370 | 0.3459 | 0.9744 | 0.9604 |
| 0.3380 | 0.3468 | 0.9747 | 0.9607 |
| 0.3390 | 0.3477 | 0.9750 | 0.9610 |

续上表

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H_0 |
|---------|--------|-------------------|---------|
| 0.3400 | 0.3486 | 0.9753 | 0.9613 |
| 0.3410 | 0.3495 | 0.9756 | 0.9615 |
| 0.3420 | 0.3504 | 0.9758 | 0.9618 |
| 0.3430 | 0.3514 | 0.9761 | 0.9621 |
| 0.3440 | 0.3523 | 0.9764 | 0.9623 |
| 0.3450 | 0.3532 | 0.9767 | 0.9626 |
| 0.3460 | 0.3542 | 0.9769 | 0.9629 |
| 0.3470 | 0.3551 | 0.9772 | 0.9632 |
| 0.3480 | 0.3560 | 0.9775 | 0.9635 |
| 0.3490 | 0.3570 | 0.9777 | 0.9638 |
| 0.3500 | 0.3579 | 0.9780 | 0.9640 |
| 0.3510 | 0.3588 | 0.9782 | 0.9643 |
| 0.3520 | 0.3598 | 0.9785 | 0.9646 |
| 0.3530 | 0.3607 | 0.9787 | 0.9648 |
| 0.3540 | 0.3616 | 0.9790 | 0.9651 |
| 0.3550 | 0.3625 | 0.9792 | 0.9654 |
| 0.3560 | 0.3635 | 0.9795 | 0.9657 |
| 0.3570 | 0.3644 | 0.9797 | 0.9659 |
| 0.3580 | 0.3653 | 0.9799 | 0.9662 |
| 0.3590 | 0.3663 | 0.9801 | 0.9665 |
| 0.3600 | 0.3672 | 0.9804 | 0.9667 |
| 0.3610 | 0.3682 | 0.9806 | 0.9670 |
| 0.3620 | 0.3691 | 0.9808 | 0.9673 |
| 0.3630 | 0.3700 | 0.9811 | 0.9675 |
| 0.3640 | 0.3709 | 0.9813 | 0.9677 |
| 0.3650 | 0.3719 | 0.9815 | 0.9680 |
| 0.3660 | 0.3728 | 0.9817 | 0.9683 |
| 0.3670 | 0.3737 | 0.9819 | 0.9686 |
| 0.3680 | 0.3747 | 0.9821 | 0.9688 |
| 0.3690 | 0.3756 | 0.9823 | 0.9690 |
| 0.3700 | 0.3766 | 0.9825 | 0.9693 |
| 0.3710 | 0.3775 | 0.9827 | 0.9696 |
| 0.3720 | 0.3785 | 0.9830 | 0.9698 |
| 0.3730 | 0.3794 | 0.9832 | 0.9700 |
| 0.3740 | 0.3804 | 0.9834 | 0.9702 |
| 0.3750 | 0.3813 | 0.9835 | 0.9705 |
| 0.3760 | 0.3822 | 0.9837 | 0.9707 |
| 0.3770 | 0.3832 | 0.9839 | 0.9709 |
| 0.3780 | 0.3841 | 0.9841 | 0.9712 |
| 0.3790 | 0.3850 | 0.9843 | 0.9714 |
| 0.3800 | 0.3860 | 0.9845 | 0.9717 |
| 0.3810 | 0.3869 | 0.9847 | 0.9719 |
| 0.3820 | 0.3879 | 0.9848 | 0.9721 |
| 0.3830 | 0.3888 | 0.9850 | 0.9724 |
| 0.3840 | 0.3898 | 0.9852 | 0.9726 |

续上表

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H_0 |
|---------|--------|-------------------|---------|
| 0.3850 | 0.3907 | 0.9854 | 0.9728 |
| 0.3860 | 0.3917 | 0.9855 | 0.9730 |
| 0.3870 | 0.3926 | 0.9857 | 0.9732 |
| 0.3880 | 0.3936 | 0.9859 | 0.9735 |
| 0.3890 | 0.3945 | 0.9860 | 0.9737 |
| 0.3900 | 0.3955 | 0.9862 | 0.9739 |
| 0.3910 | 0.3964 | 0.9864 | 0.9741 |
| 0.3920 | 0.3974 | 0.9865 | 0.9743 |
| 0.3930 | 0.3983 | 0.9867 | 0.9745 |
| 0.3940 | 0.3993 | 0.9869 | 0.9748 |
| 0.3950 | 0.4002 | 0.9870 | 0.9750 |
| 0.3960 | 0.4012 | 0.9872 | 0.9752 |
| 0.3970 | 0.4021 | 0.9873 | 0.9754 |
| 0.3980 | 0.4031 | 0.9874 | 0.9756 |
| 0.3990 | 0.4040 | 0.9876 | 0.9758 |
| 0.4000 | 0.4050 | 0.9877 | 0.9761 |
| 0.4010 | 0.4059 | 0.9879 | 0.9763 |
| 0.4020 | 0.4069 | 0.9880 | 0.9765 |
| 0.4030 | 0.4078 | 0.9882 | 0.9766 |
| 0.4040 | 0.4088 | 0.9883 | 0.9768 |
| 0.4050 | 0.4098 | 0.9885 | 0.9770 |
| 0.4060 | 0.4107 | 0.9886 | 0.9772 |
| 0.4070 | 0.4116 | 0.9887 | 0.9774 |
| 0.4080 | 0.4126 | 0.9889 | 0.9776 |
| 0.4090 | 0.4136 | 0.9890 | 0.9778 |
| 0.4100 | 0.4145 | 0.9891 | 0.9780 |
| 0.4110 | 0.4155 | 0.9892 | 0.9782 |
| 0.4120 | 0.4164 | 0.9894 | 0.9784 |
| 0.4130 | 0.4174 | 0.9895 | 0.9786 |
| 0.4140 | 0.4183 | 0.9896 | 0.9788 |
| 0.4150 | 0.4193 | 0.9898 | 0.9790 |
| 0.4160 | 0.4203 | 0.9899 | 0.9792 |
| 0.4170 | 0.4212 | 0.9900 | 0.9794 |
| 0.4180 | 0.4222 | 0.9901 | 0.9795 |
| 0.4190 | 0.4231 | 0.9902 | 0.9797 |
| 0.4200 | 0.4241 | 0.9904 | 0.9798 |
| 0.4210 | 0.4251 | 0.9905 | 0.9800 |
| 0.4220 | 0.4260 | 0.9906 | 0.9802 |
| 0.4230 | 0.4270 | 0.9907 | 0.9804 |
| 0.4240 | 0.4280 | 0.9908 | 0.9806 |
| 0.4250 | 0.4289 | 0.9909 | 0.9808 |
| 0.4260 | 0.4298 | 0.9910 | 0.9810 |
| 0.4270 | 0.4308 | 0.9911 | 0.9811 |
| 0.4280 | 0.4318 | 0.9912 | 0.9812 |

续上表

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H_0 |
|---------|--------|-------------------|---------|
| 0.4290 | 0.4328 | 0.9913 | 0.9814 |
| 0.4300 | 0.4337 | 0.9914 | 0.9816 |
| 0.4310 | 0.4347 | 0.9915 | 0.9818 |
| 0.4320 | 0.4356 | 0.9916 | 0.9819 |
| 0.4330 | 0.4366 | 0.9917 | 0.9821 |
| 0.4340 | 0.4376 | 0.9918 | 0.9823 |
| 0.4350 | 0.4385 | 0.9919 | 0.9824 |
| 0.4360 | 0.4395 | 0.9920 | 0.9826 |
| 0.4370 | 0.4405 | 0.9921 | 0.9828 |
| 0.4380 | 0.4414 | 0.9922 | 0.9829 |
| 0.4390 | 0.4424 | 0.9923 | 0.9830 |
| 0.4400 | 0.4434 | 0.9924 | 0.9832 |
| 0.4410 | 0.4443 | 0.9925 | 0.9833 |
| 0.4420 | 0.4453 | 0.9926 | 0.9835 |
| 0.4430 | 0.4463 | 0.9927 | 0.9836 |
| 0.4440 | 0.4472 | 0.9928 | 0.9838 |
| 0.4450 | 0.4482 | 0.9929 | 0.9839 |
| 0.4460 | 0.4492 | 0.9930 | 0.9841 |
| 0.4470 | 0.4501 | 0.9930 | 0.9843 |
| 0.4480 | 0.4511 | 0.9931 | 0.9844 |
| 0.4490 | 0.4521 | 0.9932 | 0.9846 |
| 0.4500 | 0.4531 | 0.9933 | 0.9847 |
| 0.4510 | 0.4540 | 0.9934 | 0.9848 |
| 0.4520 | 0.4550 | 0.9935 | 0.9849 |
| 0.4530 | 0.4560 | 0.9935 | 0.9851 |
| 0.4540 | 0.4569 | 0.9936 | 0.9852 |
| 0.4550 | 0.4579 | 0.9937 | 0.9853 |
| 0.4560 | 0.4589 | 0.9938 | 0.9855 |
| 0.4570 | 0.4599 | 0.9938 | 0.9857 |
| 0.4580 | 0.4608 | 0.9939 | 0.9858 |
| 0.4590 | 0.4618 | 0.9940 | 0.9859 |
| 0.4600 | 0.4628 | 0.9941 | 0.9860 |
| 0.4610 | 0.4637 | 0.9941 | 0.9862 |
| 0.4620 | 0.4647 | 0.9942 | 0.9863 |
| 0.4630 | 0.4657 | 0.9943 | 0.9864 |
| 0.4640 | 0.4666 | 0.9944 | 0.9865 |
| 0.4650 | 0.4676 | 0.9944 | 0.9867 |
| 0.4660 | 0.4686 | 0.9945 | 0.9868 |
| 0.4670 | 0.4695 | 0.9946 | 0.9869 |
| 0.4680 | 0.4705 | 0.9946 | 0.9871 |
| 0.4690 | 0.4715 | 0.9947 | 0.9872 |
| 0.4700 | 0.4725 | 0.9947 | 0.9873 |
| 0.4710 | 0.4735 | 0.9948 | 0.9874 |
| 0.4720 | 0.4744 | 0.9949 | 0.9875 |

续上表

| d/L_0 | d/L | C/C_0 及 L/L_0 | H/H_0 |
|---------|--------|-------------------|---------|
| 0.4730 | 0.4754 | 0.9949 | 0.9876 |
| 0.4740 | 0.4764 | 0.9950 | 0.9877 |
| 0.4750 | 0.4774 | 0.9951 | 0.9878 |
| 0.4760 | 0.4783 | 0.9951 | 0.9880 |
| 0.4770 | 0.4793 | 0.9952 | 0.9881 |
| 0.4780 | 0.4803 | 0.9952 | 0.9882 |
| 0.4790 | 0.4813 | 0.9953 | 0.9883 |
| 0.4800 | 0.4822 | 0.9953 | 0.9885 |
| 0.4810 | 0.4832 | 0.9954 | 0.9886 |
| 0.4820 | 0.4842 | 0.9955 | 0.9887 |
| 0.4830 | 0.4852 | 0.9955 | 0.9888 |
| 0.4840 | 0.4862 | 0.9956 | 0.9889 |
| 0.4850 | 0.4871 | 0.9956 | 0.9890 |
| 0.4860 | 0.4881 | 0.9957 | 0.9891 |
| 0.4870 | 0.4891 | 0.9957 | 0.9892 |
| 0.4880 | 0.4901 | 0.9958 | 0.9893 |
| 0.4890 | 0.4911 | 0.9958 | 0.9895 |
| 0.4900 | 0.4920 | 0.9959 | 0.9896 |
| 0.4910 | 0.4930 | 0.9959 | 0.9897 |
| 0.4920 | 0.4940 | 0.9960 | 0.9898 |
| 0.4930 | 0.4950 | 0.9960 | 0.9899 |
| 0.4940 | 0.4960 | 0.9961 | 0.9899 |
| 0.4950 | 0.4969 | 0.9961 | 0.9900 |
| 0.4960 | 0.4979 | 0.9962 | 0.9901 |
| 0.4970 | 0.4989 | 0.9962 | 0.9902 |
| 0.4980 | 0.4999 | 0.9963 | 0.9903 |
| 0.4990 | 0.5009 | 0.9963 | 0.9904 |
| * | * | * | * |
| 0.5000 | 0.5018 | 0.9964 | 0.9905 |
| 0.5100 | 0.5117 | 0.9968 | 0.9914 |
| 0.5200 | 0.5215 | 0.9972 | 0.9922 |
| 0.5300 | 0.5314 | 0.9975 | 0.9930 |
| 0.5400 | 0.5412 | 0.9978 | 0.9936 |
| 0.5500 | 0.5511 | 0.9980 | 0.9942 |
| 0.5600 | 0.5610 | 0.9983 | 0.9947 |
| 0.5700 | 0.5709 | 0.9985 | 0.9953 |
| 0.5800 | 0.5808 | 0.9987 | 0.9957 |
| 0.5900 | 0.5907 | 0.9988 | 0.9962 |
| 0.6000 | 0.6006 | 0.9990 | 0.9965 |
| 0.7000 | 0.7002 | 0.9997 | 0.9988 |
| 0.8000 | 0.8001 | 0.9999 | 0.9996 |
| 0.9000 | 0.9000 | 1.000 | 0.9999 |
| 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

附录 H 规则波绕射系数

H. 0. 1 单突堤后规则波的绕射系数，分斜坡堤和直立堤两种情况，可分别按以下规定确定。

H. 0. 1. 1 对斜坡堤情况按下列公式计算：

(1) 对 $\theta \leq \theta_0$ 的掩护区，按下式计算：

$$K_d = \frac{1}{2} \left\{ \exp \left[-\frac{3}{4} \sqrt{\frac{r}{L}} (\theta_0 - \theta) \right] + \exp \left[-3 \sqrt{\frac{r}{L}} (\theta_0 + \theta) \right] \right\} \quad (\text{H. 0. 1-1})$$

(2) 对 $\theta \geq \theta_0$ 的开敞区，按下式计算：

$$K_d = 1 - \frac{1}{2} \left\{ \exp \left[-3 \sqrt{\frac{r}{L}} (\theta - \theta_0) \right] - \exp \left[-3 \sqrt{\frac{r}{L}} (\theta_0 + \theta) \right] \right\} \quad (\text{H. 0. 1-2})$$

式中 K_d ——规则波的绕射系数；

θ_0 ——入射波向线与单突堤轴线间的夹角（弧度）；

r ——堤后计算点与堤头间的距离（m）；

θ ——堤后计算点与堤头的连线同堤轴线之间的内角（弧度）。

H. 0. 1. 2 对直立堤情况按下列公式计算：

(1) 对 $\theta \leq \theta_0$ 的掩护区按以下公式计算：

$$K_d = \frac{1}{2} \left\{ \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{r}{L} \right)^{m/2} (\theta_0 - \theta) \right] + \exp \left[-1.9 \left(\frac{r}{L} \right)^{1/6} (1 + \theta_0 - \theta) \theta_0^{1/4} \right] \right\} \quad (\text{H. 0. 1-3})$$

$$m = 1 - \frac{7}{50} (\theta_0 - \theta) \quad (\text{H. 0. 1-4})$$

(2) 对 $\theta \geq \theta_0$ 的开敞区按以下公式计算：

$$K_d = 1 - \frac{n}{2} \left\{ 1 - \exp \left[-1.9 \left(\frac{r}{L} \right)^{1/6} \theta_0^{1/4} \right] \right\} \quad (\text{H. 0. 1-5})$$

$$n = \exp \left[-1.5 \left(\frac{r}{L} \right)^{1/2} (\theta - \theta_0)^2 \right] \quad (\text{H. 0. 1-6})$$

H. 0. 2 双突堤后的规则波绕射系数可按图 H. 0. 2 确定，其适用

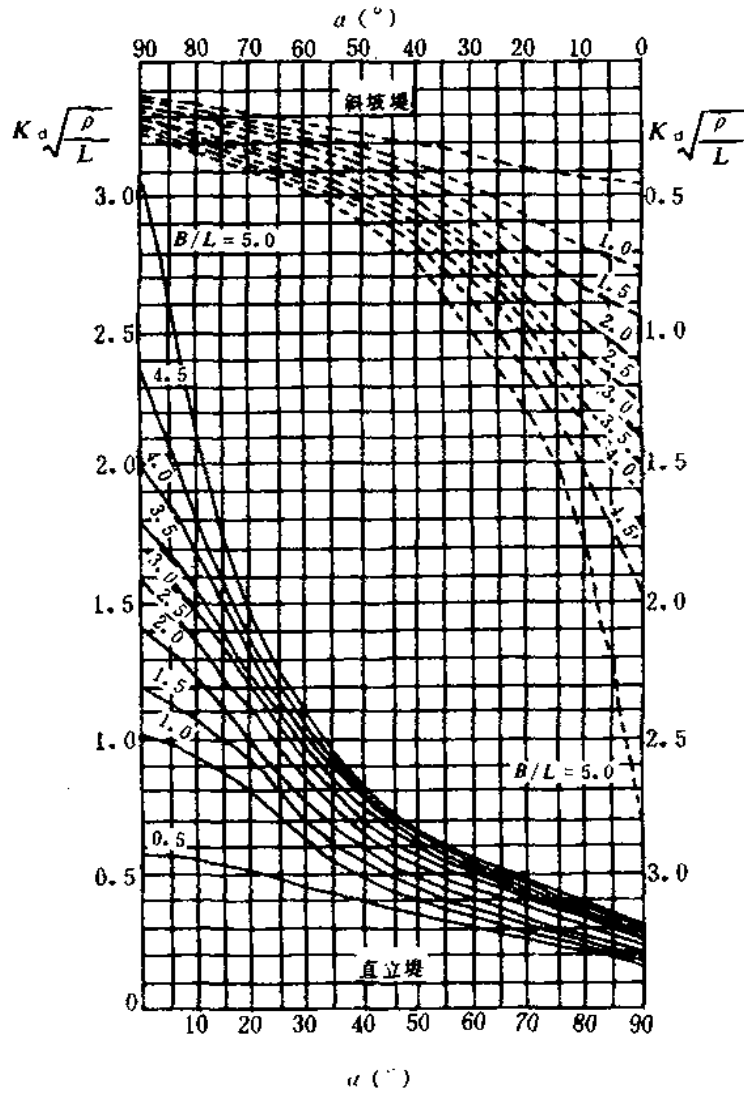


图 H. 0. 2 双突堤后规则波绕射系数 K_d

注：图中 θ_0 为入射波向线与双突堤中任一堤轴线间的夹角 ($^\circ$)； B 为口门宽度 (m)，当 $\theta \neq 90^\circ$ 时，采用与波向线垂直方向的口门投影宽度 B' (m)； ρ 为堤后某计算点与口门的中点间的距离 (m)； α 为堤后某计算点与口门中点的连线同通过口门中点的波向线间的夹角 ($^\circ$)。

条件为 $K_d \leq 1$ 、 $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ 和 $B'/L \leq 5$ 。当计算的 $K_d > 1$ 时，可取 $K_d = 1$ ； $B'/L > 5$ 时，可对左右两堤分别按单突堤计算。

H.0.3 岛式防波堤后规则波绕射系数可按图 H.0.3-1 至 H.0.3-6 确定，图中 l 为岛堤长度 (m)。

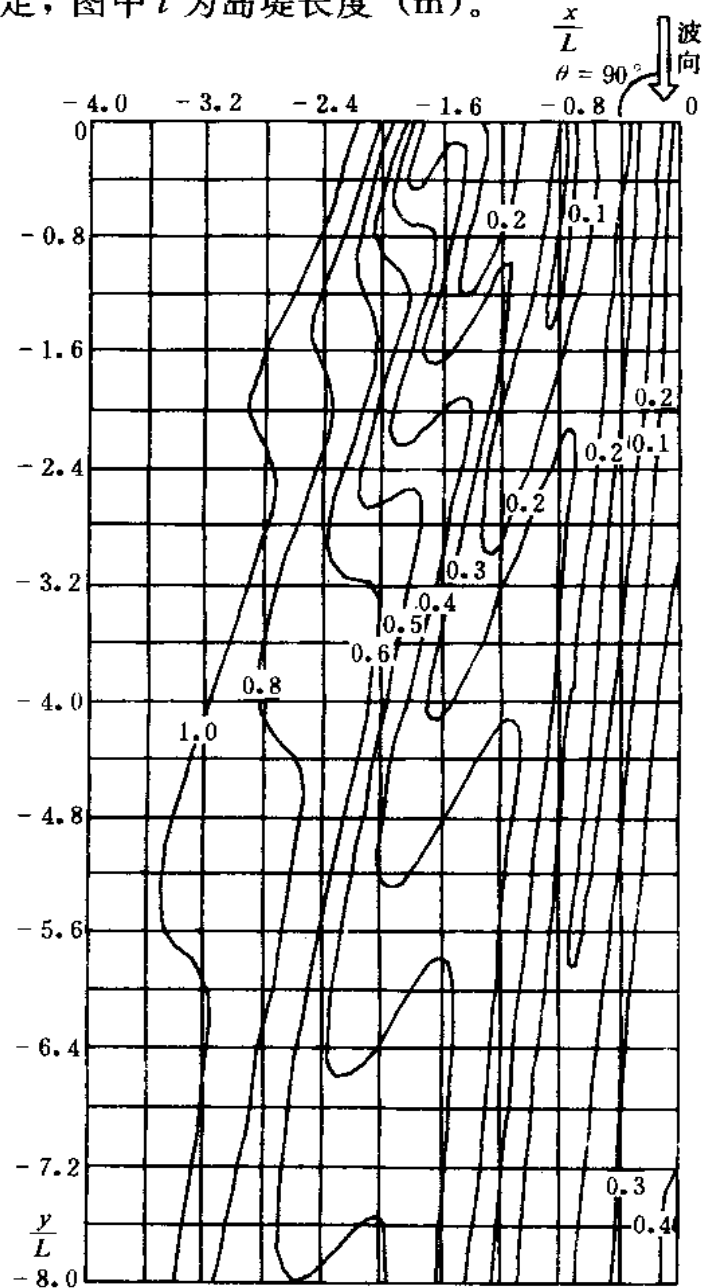


图 H.0.3-1 岛式防波堤后规则波绕射系数 K_d
($l/L=4$, $\theta_0=90^\circ$)

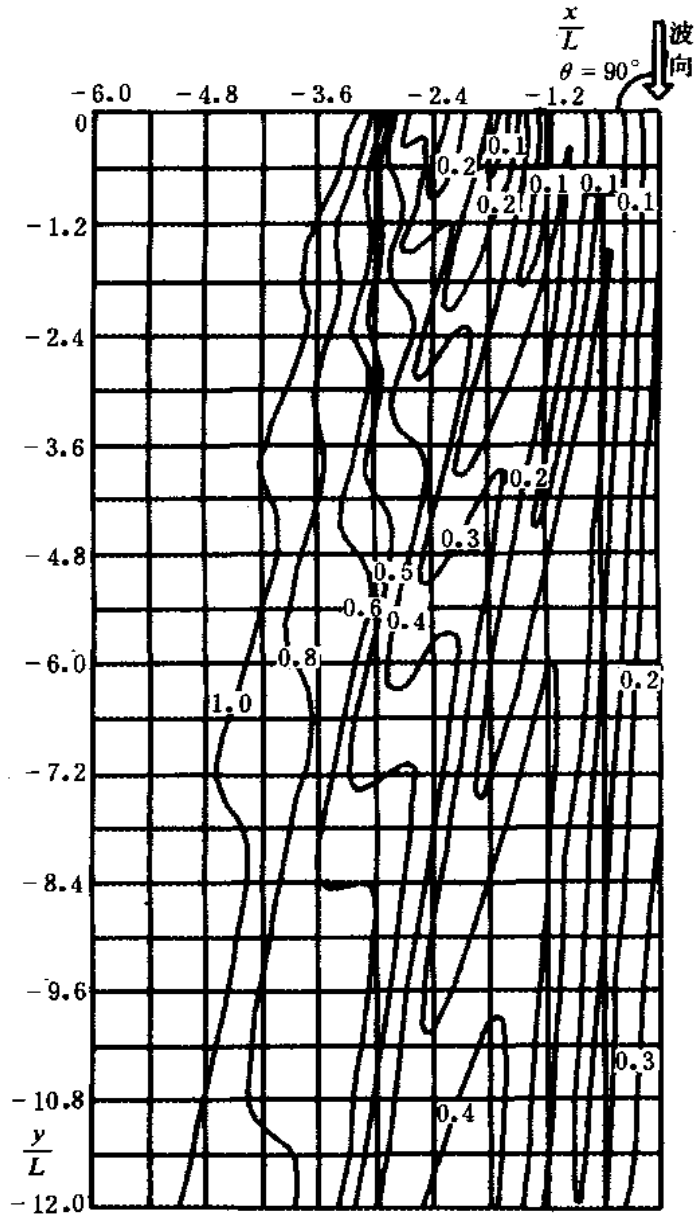


图 H. 0. 3-2 岛式防波堤后规则波绕射系数 K_d
 ($l/L=6, \theta_0=90^\circ$)

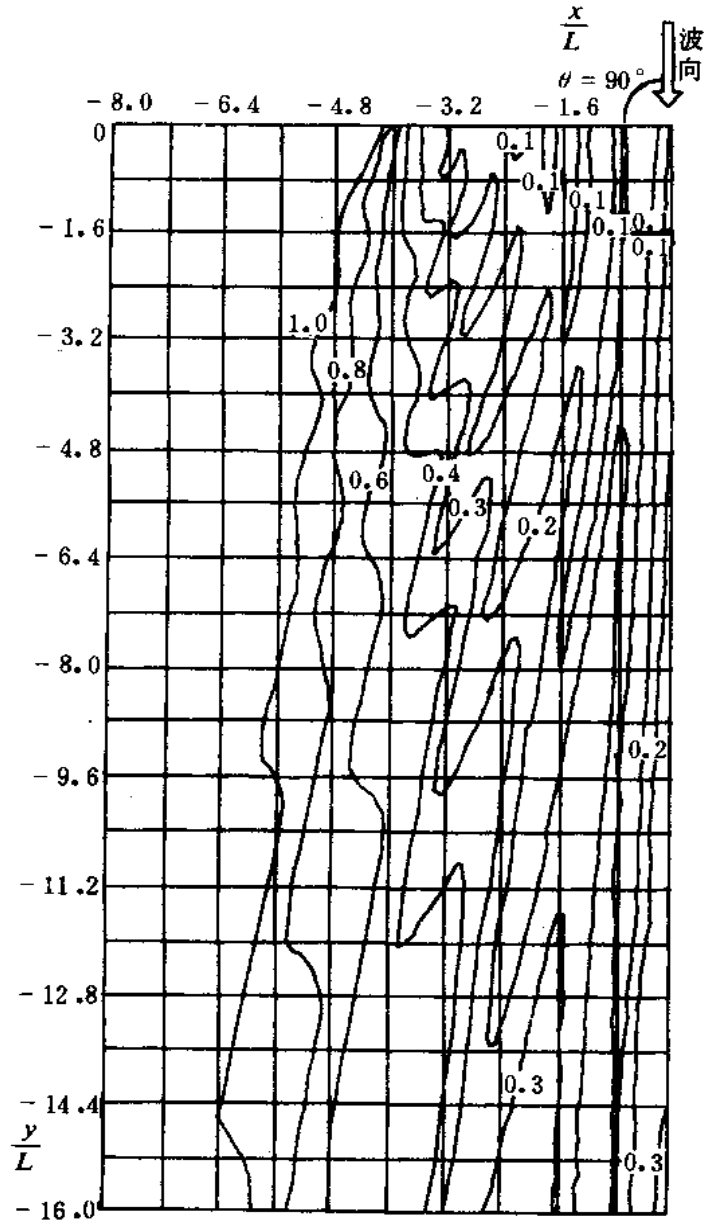


图 H. 0. 3-3 岛式防波堤后规则波绕射系数
($l/L=8, \theta_0=90^\circ$)

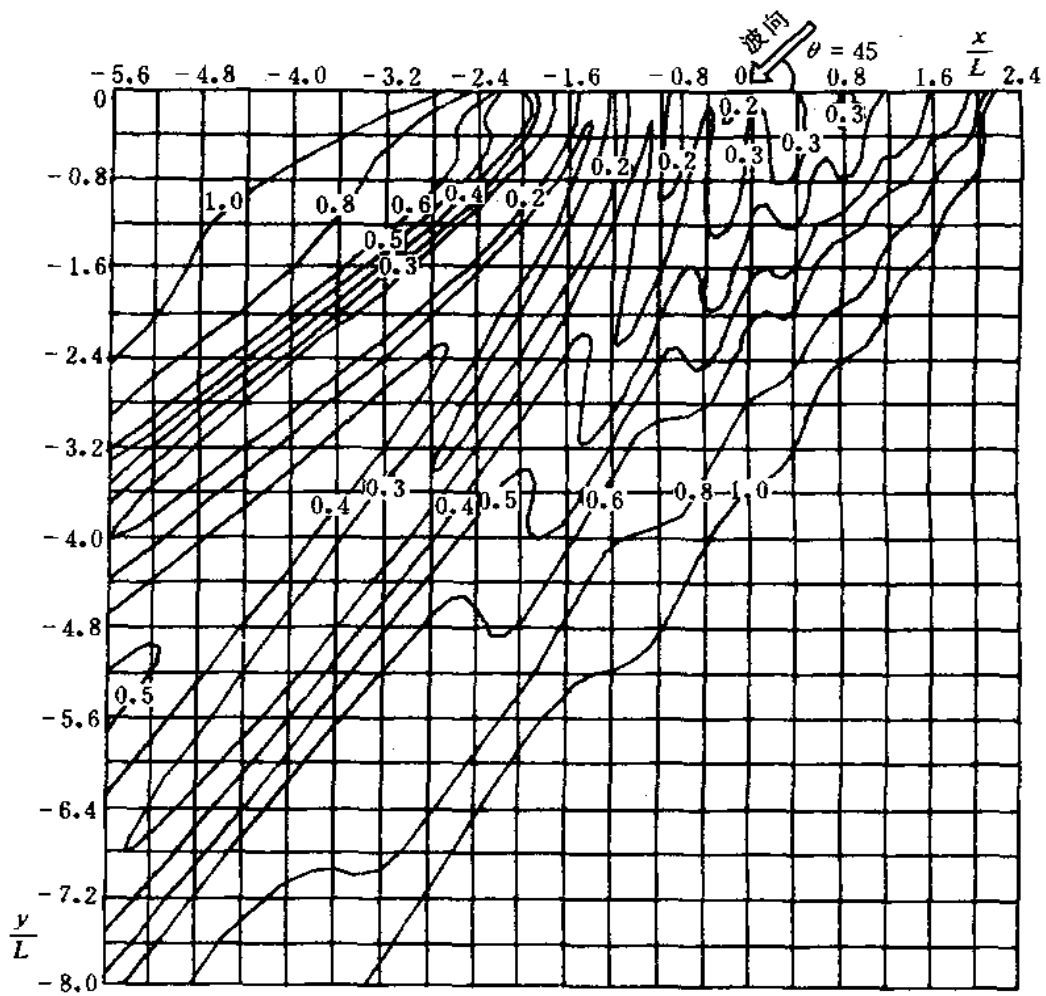


图 H. 0. 3-4 岛式防波堤后规则波绕射系数
 $(l/L=4, \theta_0=45^\circ)$

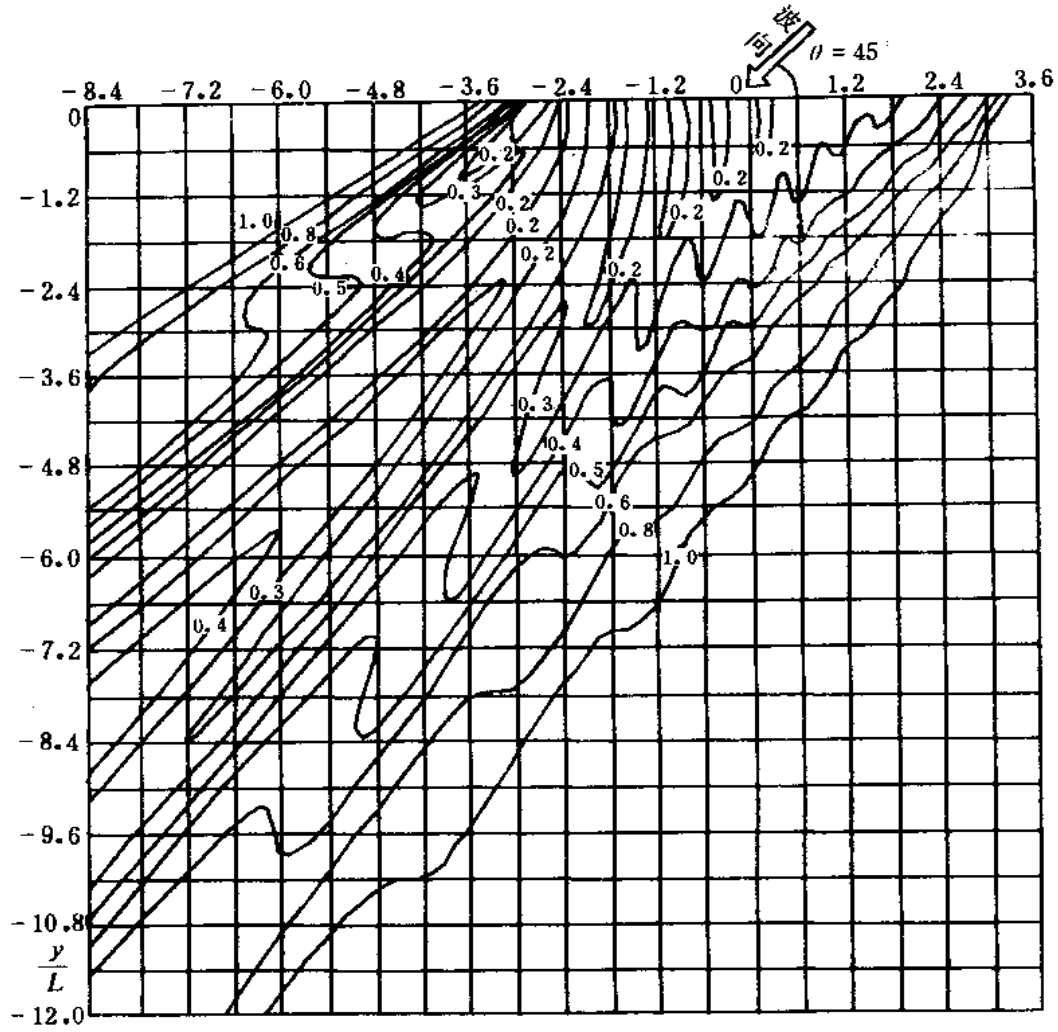


图 H. 0. 3-5 岛式防波堤后规则波绕射系数
($U/L=6, \theta_0=45^\circ$)

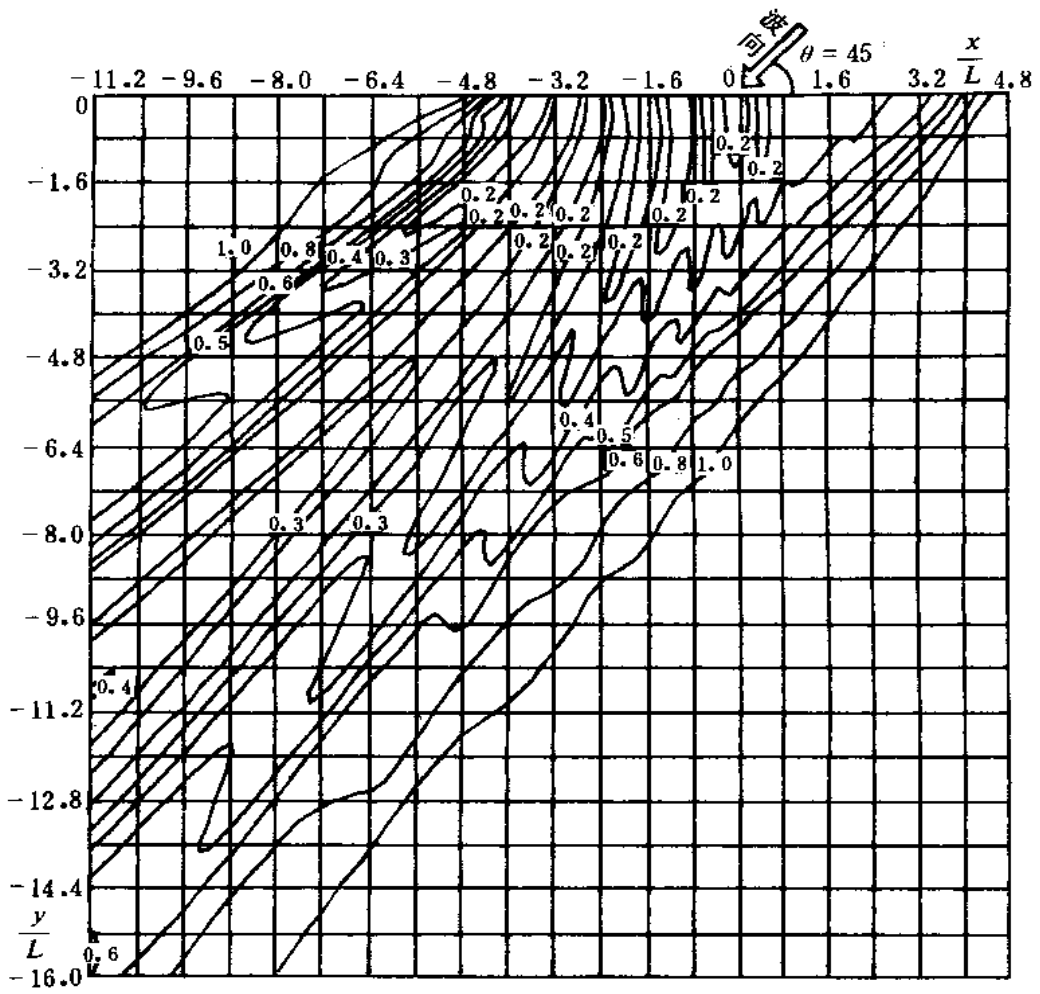


图 H. 0. 3-6 岛式防波堤后规则波绕射系数
($l/L=8, \theta_0=45^\circ$)

附录 J 圆柱底面上波浪浮托力和 波流浮托力的计算方法

J. 0. 1 对以惯性力为主的小尺度圆柱和 $D/L \leq 0. 3$ 的大尺度圆柱，其底面上波浪浮托力和波流浮托力可按本附录的方法计算。

J. 0. 2 任何相位时圆柱底面波浪浮托力及其对圆柱中轴线的浮托力矩，可按下列公式计算：

$$P_u = \frac{\gamma H D^2}{4} \frac{\text{ch}(2\pi z/L)}{\text{ch}(2\pi d/L)} (f_2 \sin \omega t - f_0 \cos \omega t) \quad (\text{J. 0. 2-1})$$

$$M_u = \frac{\gamma H D^3}{32} \frac{\text{ch}(2\pi z/L)}{\text{ch}(2\pi d/L)} (f_3 \sin \omega t + f_1 \cos \omega t) \quad (\text{J. 0. 2-2})$$

式中 P_u ——波浪浮托力 (kN)；

M_u ——波浪浮托力矩 (kN·m)；

f_0 、 f_1 、 f_2 、 f_3 ——系数，按第 8. 3. 6 条确定。

J. 0. 3 为确定与圆柱上最大水平总波浪力相应的圆柱底面上的总波浪浮托力，应首先确定出现最大水平波浪力时的相位，该相

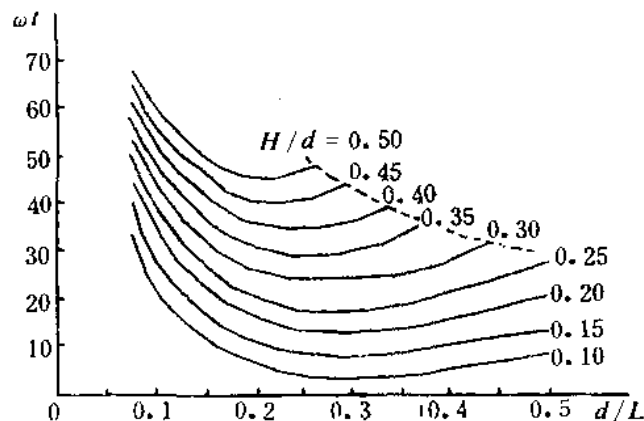


图 J. 0. 3 最大总水平波浪力时的相位

位可按图 J. 0. 3 确定，将相位角代入式 (J. 0. 2-1) 和 (J. 0. 2-2)，即可求得相应的波浪浮托力和浮托力矩。

J. 0. 4 波浪和水流共同作用时圆柱底面波流浮托力，可按第 6. 3 节的方法确定水流影响下的波浪要素，再按上述方法计算波浪浮托力和浮托力矩。

附录 K 方形或矩形柱体上波浪力的计算方法

K. 0. 1 当 $b/L > 0.2$ 时, 作用于方形或 $a/b \leq 1.5$ 的矩形断面柱体上的波浪力按本附录的方法计算。

K. 0. 2 对 $b/L = 0.2 \sim 0.9$ 、 $1/3 \leq d_1/d \leq 2/3$ 和 $d_1 > 1.7H$ 的情况, 波浪力可按下列规定确定。

K. 0. 2. 1 波浪正向作用时可按下列公式计算:

(1) 最大水平总波浪力 P_{\max} (kN) 按下式计算:

$$P_{\max} = 0.355\gamma bHL \left(\frac{\pi}{8} \operatorname{th} \frac{2\pi d}{L} \right) \quad (\text{K. 0. 2-1})$$

(2) 静水面以上高度 H 处的波浪力为零。静水面处的波浪力 p_s (kN/m) 按下式计算:

$$p_s = 0.357\gamma HL \left(\frac{b}{L} \right)^{2/3} \quad (\text{K. 0. 2-2})$$

(3) 基床面水深为 d_1 处的波浪力 p_{d_1} (kN/m) 按下式计算:

$$p_{d_1} = \gamma HL \left[0.68 \frac{b}{d_1} \left(\frac{\pi}{8} \operatorname{th} \frac{2\pi d}{L} \right) - 0.388 \left(\frac{b}{L} \right)^{2/3} \left(1 + \frac{H}{d_1} \right) \right] \quad (\text{K. 0. 2-3})$$

(4) 柱底面上的波浪总浮托力按下式计算:

$$P_u = \mu \frac{a p_{d_1}}{2} \quad (\text{K. 0. 2-4})$$

式中 P_u ——波浪总浮托力 (kN);

μ ——波浪浮托力分布图的折减系数。

(5) μ 按表 K. 0. 1 确定。

折减系数 μ

表 K. 0. 1

| | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| b/L | 0. 90 | 0. 60 | 0. 45 | 0. 30 | 0. 24 | 0. 20 |
| μ | 0. 645 | 0. 530 | 0. 310 | 0. 200 | 0. 109 | -0. 030 |

K. 0. 2. 2 当波向线与柱体断面轴线成 45° 夹角时, 最大水平总波浪力按下式计算:

$$P_{\max} = 0. 205\gamma HL^2 \left(\frac{\pi}{8} \operatorname{th} \frac{2\pi d}{L} \right) \left(\frac{l}{L} \right)^{0. 867} \quad (\text{K. 0. 2-5})$$

式中 l ——柱体断面对角线的长度 (m)。

K. 0. 3 对 $b/L=0. 2\sim 0. 9$ 、 $d_1/d>2/3$ 和 $d_1>1. 7H$ 的情况, 可用折算直径 D 按第 8. 3. 6 条进行计算。折算直径按下式计算:

$$D = \sqrt{\frac{4ab}{\pi}} \quad (\text{K. 0. 3})$$

附录 L 近岸海区内风海流的 估算方法

L. 0. 1 在海流实测资料不足的情况下，风海流的流速可按下式估算：

$$V_u = KU \quad (\text{L. 0. 1})$$

式中 V_u ——风海流的流速 (m/s)；

U ——风速 (m/s)；

K ——系数，取 $0.024 \leq K \leq 0.030$ 。

L. 0. 2 近岸的风海流流向可近似地认为与海底等深线方向一致。

附录 M 沙质海岸沿岸输沙率的计算方法

M.1 一般规定

M.1.1 沿岸输沙率是单位时间内的沿岸输沙量，沿岸输沙量是沿着海岸线通过破碎线以内海岸断面的泥沙量。

M.1.2 沿岸输沙方向为波浪破碎时的波向在海岸线上的投影方向，由于波向的变化，某一海岸断面沿岸输沙方向有时为正向；有时为逆向。

M.1.3 在一定时间内，正向与逆向输沙量之和为总输沙量，两者之差为净输沙量。

M.1.4 由于季节性的变化，一般要求估算年输沙量。

M.1.5 沙质海岸沿岸输沙率的计算可采用波能法和沿岸流法。

M.2 波能法

M.2.1 当海岸线比较平直时，可采用波能法确定沙质海岸沿岸输沙率，并按下列公式计算：

$$q = 0.64 \times 10^{-2} K' \delta_0 H_b^2 C_b n_b \sin 2\alpha_b \quad (\text{M. 2. 1-1})$$

$$K' = \left(3500 \frac{D}{D^4 + 2} \right)^{(11 - 100\delta_0)/10} \quad (\text{M. 2. 1-2})$$

$$\delta_0 = \frac{H_0}{L_0} \quad (\text{M. 2. 1-3})$$

$$H_b = K_r K_s H_0 \quad (\text{M. 2. 1-4})$$

$$C_b = \frac{L_b}{T} \quad (\text{M. 2. 1-5})$$

$$n_b = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{\frac{4\pi d_b}{L_b}}{\operatorname{sh} \frac{4\pi d_b}{L_b}} \right] \quad (\text{M. 2. 1-6})$$

式中 q ——沿岸输沙率 (m^3/s);

δ_0 ——深水波陡;

H_b ——破碎波高 (m);

C_b ——破碎波速 (m/s);

α_b ——波浪破碎时波峰线与等深线间的夹角 ($^\circ$), α_b 恒小于 90° ;

D ——沙粒中径 (mm)。

注: 在以上公式中所有波高均用均方根波高, 均方根波高可取平均波高的 1.13 倍, 周期可采用平均周期。

M. 2. 2 破碎水深 d_b 可按第 6. 2. 2 条确定。破碎波长 L_b 根据破碎时的相对水深 d_b/L_0 按附录 G 确定。

M. 3 沿岸流法

M. 3. 1 当海岸线比较平直, 且具备所要求的计算条件时, 可采用沿岸流法确定沿岸输沙率, 并按下列公式计算。

M. 3. 2 沿岸流平均流速 V 的横向分布可按下列公式计算:

$$V = \begin{cases} B_1 X^{p_1} + A_0 X, & \text{当 } X \leq 1 \text{ 时} \\ B_2 X^{p_2}, & \text{当 } X > 1 \text{ 时} \end{cases} \quad (\text{M. 3. 2-1})$$

$$V = \frac{v}{v_0} \quad (\text{M. 3. 2-2})$$

$$X = \frac{x}{x_b} \quad (\text{M. 3. 2-3})$$

$$v_0 = \frac{5\pi r_b}{16f_b} (gd_b)^{1/2} (\operatorname{tg} \beta \sin \alpha_b) \quad (\text{M. 3. 2-4})$$

$$f = \begin{cases} \exp \left[-5.977 + 5.213 \left(\frac{a_b}{r_*} \right) - 0.194 \right], & \text{当 } 1.47 < \frac{a_b}{r_*} < 3000 \\ 0.32, & \text{当 } \frac{a_b}{r_*} < 1.47 \end{cases} \quad (\text{M. 3. 2-5})$$

$$a_b = \frac{H}{2} \left(\sin \frac{2\pi d}{L} \right)^{-1} \quad (\text{M. 3. 2-6})$$

$$B_1 = \frac{p_2 - 1}{p_1 - p_2} A_0 \quad (\text{M. 3. 2-7})$$

$$B_2 = \frac{p_1 - 1}{p_1 - p_2} A_0 \quad (\text{M. 3. 2-8})$$

$$p_{1,2} = -\frac{3}{4} \pm \left(\frac{9}{16} + \frac{1}{P} \right)^{1/2} \quad (\text{M. 3. 2-9})$$

$$A_0 = \left(1 - \frac{5}{2} P \right)^{-1} \quad (\text{M. 3. 2-10})$$

- 式中 v ——沿岸流平均流速 (m/s);
 x ——垂直于海岸线的横向坐标 (m);
 x_b ——破波带宽度 (m);
 r_b —— H_b/d_b ;
 H_b ——破碎波高 (m), 可取 $H_{1/10}$, 或由现场沿岸流资料的调试结果来确定其特征值;
 d_b ——破碎水深;
 f ——床面摩擦系数;
 f_b ——波浪破碎点的 f 值;
 a_b ——临近床面的水质点运动振幅;
 r_s ——床面糙度, 可取 r_s 为 $120D$ (m);
 D ——床面泥沙中径 (m);
 L ——波长 (m), 由周期为 $1.15T$ 算得;
 β ——海床坡角 ($^\circ$);
 α_b ——波浪破碎角 ($^\circ$);
 P ——横向掺混系数, 可近似取为 0.1。

M. 3. 3 床面摩擦系数 f 可按图 M. 3. 3 确定。

M. 3. 4 沿岸流最大相对流速可按下列公式计算:

$$V_m = \left(1 - \frac{1}{p_1} \right) A_0 X_m \quad (\text{M. 3. 4-1})$$

$$X_m = \left[\frac{p_1 - p_2}{p_1(1 - p_2)} \right]^{1/(p_1 - 1)} \quad (\text{M. 3. 4-2})$$

式中 X_m ——最大沿岸流速的相对位置。

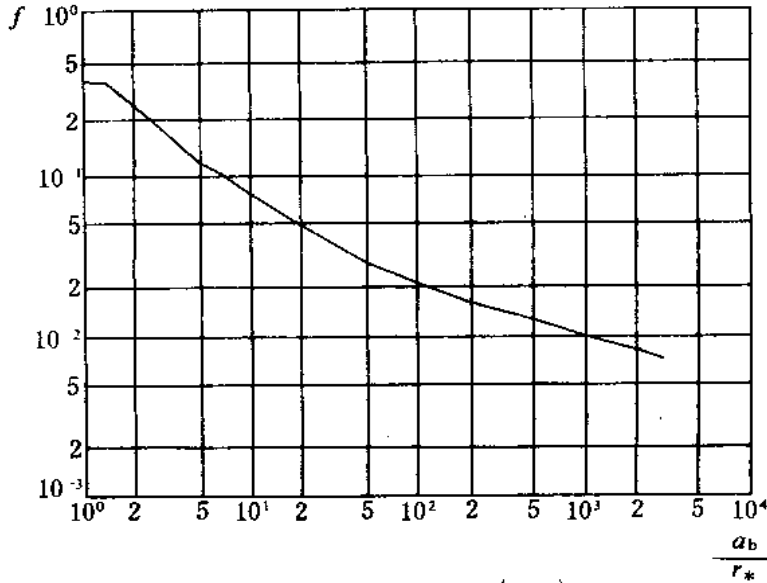


图 M. 3. 3 $f = f\left(\frac{a_b}{r_*}\right)$

M. 3. 5 沿岸输沙率可按下列规定确定。

M. 3. 5. 1 波浪和沿岸流共同作用下的沿岸输沙率 q 可按下列式计算：

$$q = \Sigma q_{Ti} = \Sigma q_{Si} + \Sigma q_{Bi} = \Sigma_{i=1}^n \left\{ \alpha_i u_{*i} C_{bi} \delta_i \times \left[4.62 \left(2 + \frac{1}{\alpha_i K_i} I_{1i} + \frac{4.62}{\alpha_i K_i} I_{2i} \right) \right] + \frac{S_{*i}}{6} \alpha_i u_{*i} C_{bi} \delta_i \right\} \quad (\text{M. 3. 5-1})$$

式中 q ——沿岸输沙率 (m^3/s)。

M. 3. 5. 2 单宽输沙率可按下列式计算：

$$q_T = \int_0^d C u dz \quad (\text{M. 3. 5-2})$$

式中 q_T ——单宽输沙率 ($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$)。

M. 3. 5. 3 单宽悬移质输沙率可按下列式计算：

$$q_s = \int_0^d C u dz = \alpha u_* C_s \delta \left[4.62 \left(2 + \frac{1}{\alpha K} \right) I_1 + \frac{4.62}{\alpha K} I_2 \right] \quad (\text{M. 3.5-3})$$

式中 q_s ——单宽悬移质输沙率 ($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$)。

M. 3.5.4 单宽底沙输沙率可按下列公式计算：

$$q_b = \int_0^{\delta} C u dz = \frac{S_*}{6} \alpha u_* C_b \delta \quad (\text{M. 3.5-4})$$

$$\delta = d \times 10^{-(1/2.3) [v_k/2u_* + 1]} \quad (\text{M. 3.5-5})$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \frac{v}{u_*} \quad (\text{M. 3.5-6})$$

$$u_* = \frac{v}{2} \left(\frac{1}{2} f \right)^{1/2} \quad (\text{M. 3.5-7})$$

$$C_s = C_b f \left(\frac{\omega}{u_{*T}} \right) \quad (\text{M. 3.5-8})$$

$$C_b \begin{cases} = \frac{-0.0064 + \sqrt{4.1 \times 10^{-5} + 0.392 \tau_{bT}}}{0.196} \\ \leq C_M = 0.755 + 0.222 \lg D & \text{当 } D \geq 0.02 \text{mm} \\ \leq C_k = 15.4D + 0.07 & \text{当 } D < 0.02 \text{mm} \end{cases} \quad (\text{M. 3.5-9})$$

$$\tau_{bT} = \rho u_{*T}^2 \times 10^4 \quad (\text{M. 3.5-10})$$

$$u_{*T} = \left[1 + \frac{f}{2} \left(\frac{u_b}{u_*} \right)^2 \right]^{1/2} u_* \quad (\text{M. 3.5-11})$$

$$u_b = \pi H \left(T \text{sh} \frac{2\pi d}{L} \right)^{-1} \quad (\text{M. 3.5-12})$$

$$S_* = 0.033D^{-0.603} \quad (\text{M. 3.5-13})$$

式中 i ——横断面上的计算段数；
 n ——任意正整数；
 C ——垂线上高度 z 处的含沙量（相对体积比）；
 u ——垂线上高度 z 处的流速 (m/s)；
 δ ——床面层厚度 (mm)；
 u_* ——水流的摩阻流速 (m/s)；

- C_s ——床面层上的含沙量（相对体积比）；
- $C_b、C_M、C_k$ ——含沙量参数；
- τ_{bT} ——波浪和水流作用在床面上的综合切应力(N/cm²)；
- ρ ——水的密度 (N·s²/cm⁴)；
- u_{*T} ——综合摩阻流速 (m/s)；
- u_b ——床面上的波浪水质点运动最大速度(m/s)
- ω ——泥沙沉降速度 (m/s)；
- K ——卡门常数，近似取为 K_w ；
- S_* ——无量纲经验系数；
- D ——泥沙中径 (mm)。

M. 3. 5. 5 函数 $f\left(\frac{\omega}{u_{*T}}\right)$ 按图 M. 3. 5-1 确定。

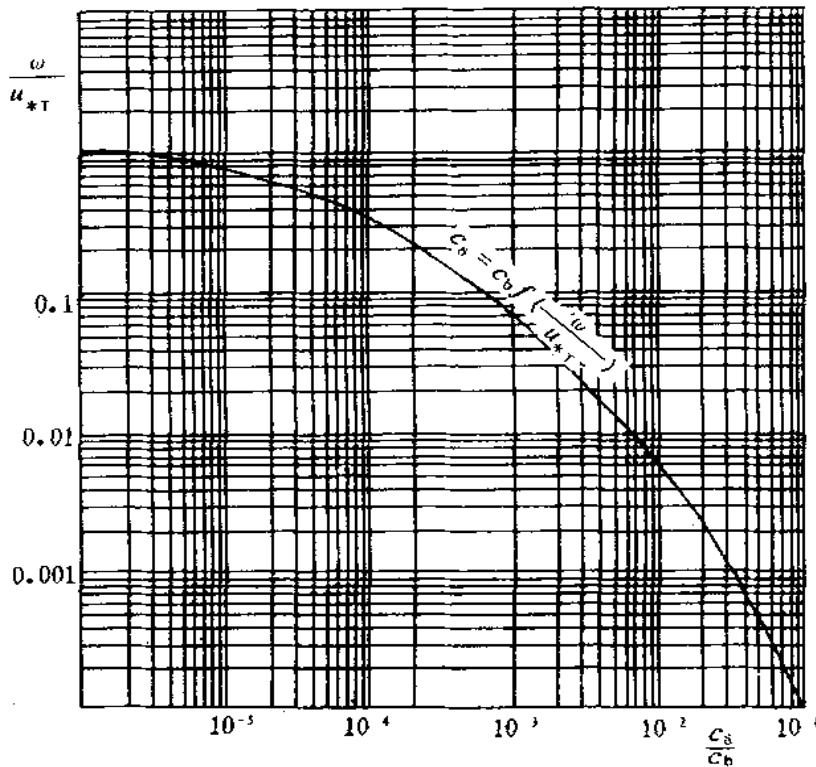


图 M. 3. 5-1 函数 $f\left(\frac{\omega}{u_{*T}}\right) = \frac{C_s}{C_b}$ 计算图

M. 3. 5. 6 式 (M. 3. 5-3) 中的 I_1 和 I_2 为两项积分式，可分别按图 M. 3. 5-2 和图 M. 3. 5-3 确定。

M. 3. 5. 7 取卡门常数, $K \approx K_w$, 当 $v/u_* \leq 17$ 时, 按图 M. 3. 5-4 确定; 当 $v/u_* > 17$ 时, 按图 M. 3. 5-5 确定。

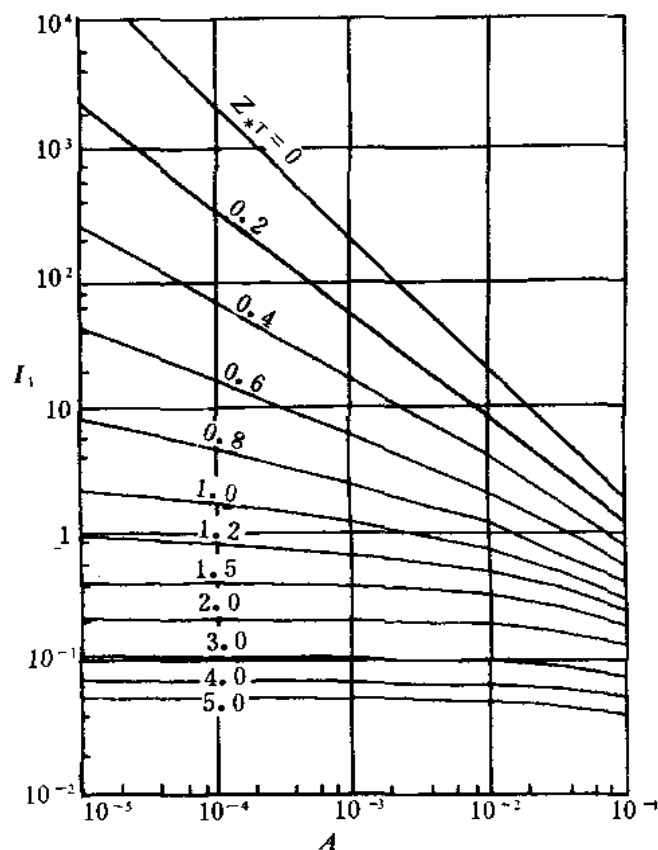


图 M. 3. 5-2 积分式 I_1 与 A 的关系图

M. 3. 5. 8 在进行沿岸输沙量计算时, 波向可按 16 个方位划分。将周期和波高作适当分级, 统计一年或某一时间内各个方位的不同周期和波高的波浪出现次数, 离岸浪不计入。每级波浪的出现次数除以总观测次数, 即为该级波浪在此期间的出现频率 p 。将统计期折算成以秒为单位的时间 t , 则每级波浪在统计期内的作用时间为 pt (s)。

按上述的分级情况, 对各波向和周期的波浪分别绘制波浪折射图。然后对代表一定波向和周期的每一张折射图均计算出不同波高的 d_b 、 H_b 、 K_r 、 K_s 、 α_b 等参数。

M. 3. 6 计算总输沙量和净输沙量可按下列方法确定。

M. 3. 6. 1 按式 (M. 2. 1-1) 或式 (M. 3. 5-1) 计算每级波浪的

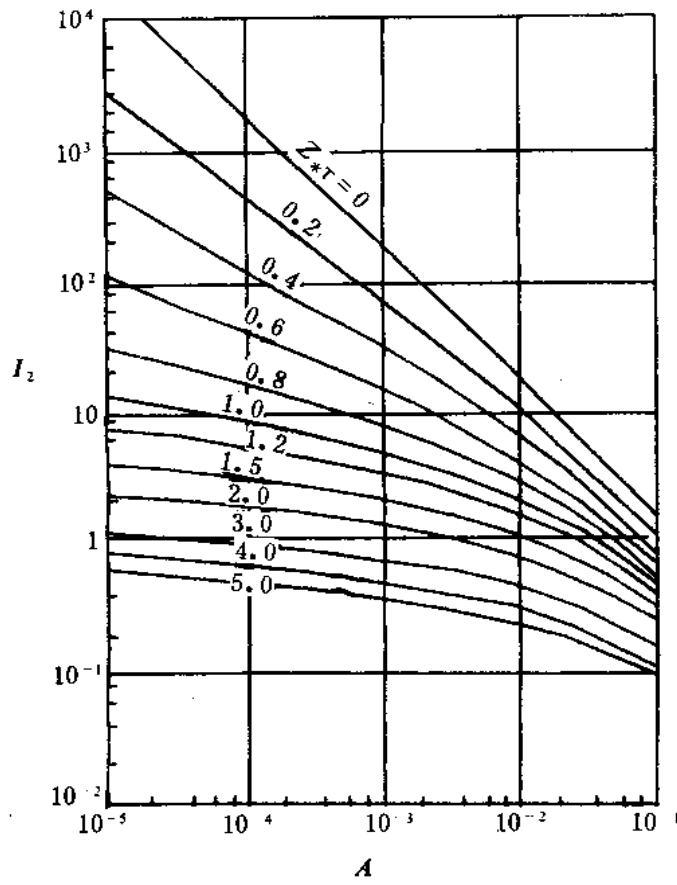


图 M. 3.5-3 积分式 I_2 与 A 的关系图

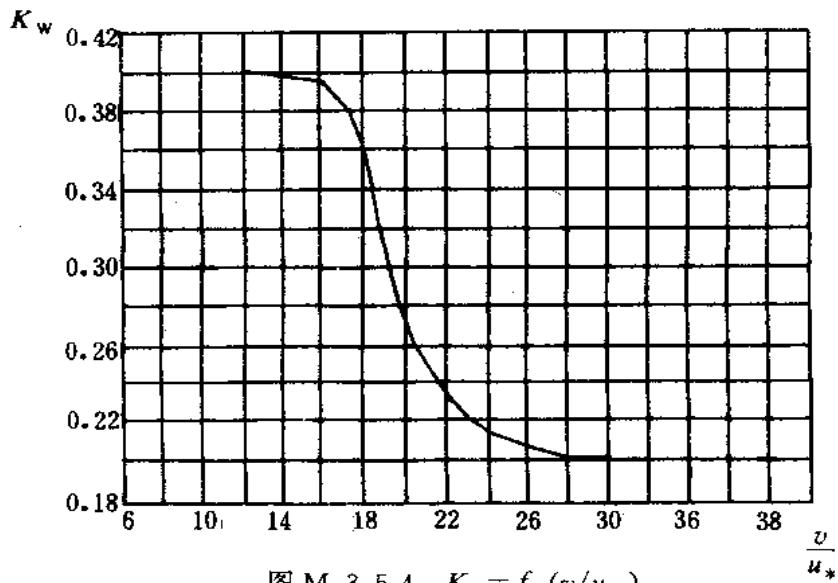


图 M. 3.5-4 $K_w = f(v/u_*)$

沿岸输沙率 q , q_{pt} 代表每级波浪在统计期内的输沙量。根据海岸的走向和波向, 应区别 q_{pt} 是正向或逆向。

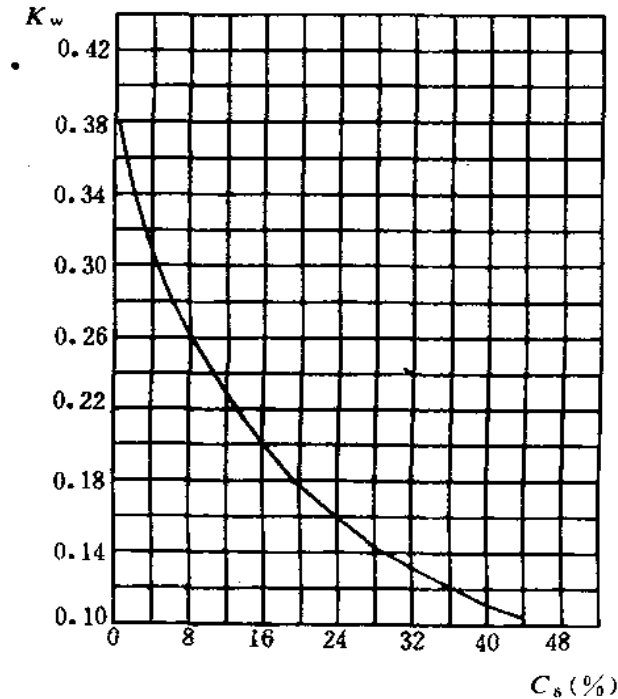


图 M. 3. 5-5 $K_w=f(C_s)$ 图

M. 3. 6. 2 总输沙量可按下式计算:

$$Q_s = \Sigma(+)q_{pt} + \Sigma(-)q_{pt} \quad (\text{M. 3. 6-1})$$

式中 Q_s ——总输沙量 (m^3)。

注: 式中正、负号分别表示 q_{pt} 为正向和逆向。

M. 3. 6. 3 净输沙量可按下式计算:

$$Q_N = \Sigma(+)q_{pt} - \Sigma(-)q_{pt} \quad (\text{M. 3. 6-2})$$

式中 Q_N ——净输沙量 (m^3)。

附录 N 淤泥质海岸航道和港池的淤积计算

N. 0. 1 对于泥沙中值粒径小于 0. 05mm 的淤泥质海岸，可按本附录的方法进行航道和港池的淤积计算。本附录的计算公式中未考虑船舶航行对泥沙淤积的影响。

N. 0. 2 在基本处于冲淤平衡状态下的淤泥质浅滩水域中开挖的进港航道，其年淤积强度可按下式计算：

$$P_1 = \frac{\omega S_1 t}{\gamma_0} \left\{ K_1 \left[1 - \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^3 \right] \sin \theta + K_2 \left[1 - \frac{1}{2} \frac{d_1}{d_2} \left(1 + \frac{d_1}{d_2} \right) \right] \cos \theta \right\} \quad (\text{N. 0. 2})$$

式中 P_1 ——航道底面的淤积强度 (m)；

ω ——细颗粒泥沙的絮凝沉降速度 (m/s)；

S_1 ——相应于平均水深 d_1 的浅滩水域的平均含沙量 (kg/m³)；

t ——淤积历时 (s)；

γ_0 ——淤积物的干密度 (kg/m³)；

K_1 、 K_2 ——分别为横流和顺流淤积系数，在缺少现场资料的情况下，可取 K_1 为 0. 35、 K_2 为 0. 13；

d_1 、 d_2 ——分别代表浅滩平均水深和航道开挖后的水深 (m)；

θ ——航道走向与水流流向之间的夹角 (°)。

N. 0. 3 在基本处于冲淤平衡状态下的淤泥质浅滩水域中开挖的港池，其年淤积强度可按下式计算：

$$P_2 = \frac{K_0 \omega S_1 t}{\gamma_0} \left[1 - \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^3 \right] \exp \left[\frac{1}{2} \left(\frac{A}{A_0} \right)^{1/3} \right] \quad (\text{N. 0. 3})$$

式中 P_2 ——港池底面的淤积强度 (m)；

K_0 ——经验系数，在缺少现场资料的情况下，可取 0.14~0.17；

S'_1 ——相应于口门处平均水深 d_1 范围内水域的平均含沙量 (kg/m^3)；

d_1 、 d_2 ——分别代表港口口门外一定范围水域的平均水深和港池开挖后的水深 (m)；

A ——港内水下浅滩的水域面积 (m^2)；

A_0 ——港内总水域面积，包括港池和港内的水下浅滩 (m^2)。

N. 0. 4 式 (N. 0. 3) 除适用于一般有掩护港口的港内水域，包括港池、码头前沿停泊水域、回旋水域和港内航道等的淤积计算外，还适用于挖入式港池、开敞式码头的停泊和回旋水域等的淤积计算。

N. 0. 5 对式 (N. 0. 2) 和式 (N. 0. 3) 中的有关参数，按下列原则和方法确定。

N. 0. 5. 1 平均含沙量 S_1 或 S'_1 可按以下方法确定：

(1) 河口附近的浅滩水域，其含沙量除与风浪、潮流有关之外，还直接受河口排沙量大小的影响，含沙量宜通过现场观测确定，观测期间的自然条件应包括风天和无风天，汛期和非汛期；

(2) 浅滩水域附近没有河口排沙，其含沙量主要取决于浅滩泥沙在风浪和潮流综合作用下的掀沙能力，在缺少现成观测资料的情况下，平均含沙量可按下列公式计算：

$$S_1 = 0.0273\gamma_s \frac{(|V_1| + |V_2|)^2}{gd_1}$$

$$\text{当 } 0.02 \leq \frac{(|V_1| + |V_2|)}{\sqrt{gd_1}} \leq 0.25 \text{ 时} \quad (\text{N. 0. 5-1})$$

$$\vec{V}_1 = \vec{V}_T + \vec{V}_U \quad (\text{N. 0. 5-2})$$

$$\vec{V}_U = 0.02\vec{U} \quad (\text{N. 0. 5-3})$$

$$V_2 = 0.2 \frac{H}{d_1} C \quad (\text{N. 0. 5-4})$$

式中 S_1 ——平均含沙量 (kg/m^3);
 γ_s ——泥沙颗粒的密度 (kg/m^3);
 \vec{V}_2 ——波浪水质点的平均水平速度 (m/s);
 \vec{V}_T ——潮流的时段平均流速 (m/s);
 \vec{V}_U ——风吹流的时段平均流速 (m/s);
 \vec{U} ——时段平均风速 (m/s);
 H ——波高 (m);
 C ——波速 (m/s)。

N. 0. 5. 2 在海水情况下, 细颗粒泥沙絮凝团的当量粒径约在 $0.015\text{mm} \sim 0.03\text{mm}$ 的范围内, 其相应的沉降速度在 $0.01\text{cm}/\text{s} \sim 0.06\text{cm}/\text{s}$ 之间。在采用式 (N. 0. 2) 和式 (N. 0. 3) 时, 可取 ω 为 $0.04\text{cm}/\text{s} \sim 0.05\text{cm}/\text{s}$, 或用现场观测值。当分散体的粒径大于 0.03mm 时, 可按有关的泥沙沉降速度公式计算 ω 。

N. 0. 5. 3 淤积物的干密度可按下列式计算:

$$\gamma_0 = 1750 D_{50}^{0.183} \quad (\text{N. 0. 5-5})$$

式中 γ_0 ——干密度 (kg/m^3), 对淤泥质海岸可取 $600\text{kg}/\text{m}^3 \sim 900\text{kg}/\text{m}^3$;

D_{50} ——淤积物颗粒的中值粒径 (mm)。

N. 0. 5. 4 水深 d_1 、 d_2 、 d'_1 和 d'_2 均可按平均潮位计算。

N. 0. 5. 5 为确定航道走向与水流流向之间的夹角 θ , 在近岸浅水地区可分别对潮流的流速、流向和风吹流的流速、流向进行概化处理, 然后求得合成的流速和流向。

N. 0. 5. 6 对潮流和风吹流的合成流速和流向可按下列方法确定:

(1) 潮流概化: 若某定点的潮流流速矢量为椭圆形分布时, 可将潮流流速概化成四个正交方向且历时相等的代表流速, 若潮流

近于往复流，可概化成同等历时的两个方向的代表流速；

(2) 风吹流概化：将风的资料按风向和风速分成适当的级别，并统计包括无风天的每一级别在一年内的历时 t_u ，然后由式 (N. 0. 5-3) 计算与各个风向和风速对应的风吹流流速；

(3) 合成流速：每一个风吹流流速都将与概化的四个或二个方向的潮流流速合成四个或二个 \bar{V}_1 ，每个 \bar{V}_1 的历时为 $t_u/4$ 或 $t_u/2$ 。

N. 0. 5. 7 若航道很长，浅滩水深 d_1 在沿航道方向变化较大，应将航道分段并确定各计算段浅滩的平均水深 d_1 、平均含沙量 S_1 以及该段航道走向与合成流速方向的夹角 θ ，分段计算航道的淤积。若年淤积强度超过 1m，宜将一年时间划分成若干时段，后一计算时段的航道水深 d_2 ，应是前一时段的航道水深减去前一段的淤积强度。

N. 0. 5. 8 d'_1 和 S'_1 可按下列方法确定：

(1) d'_1 代表港口口门外一定范围内浅滩水域平均水深，在此范围内的浑水水体，于涨潮和落潮过程中可流经港内造成淤积，为确定此影响范围，可以口门为圆心，以 R 为半径作圆， $R=Vt$ ， V 为涨潮的平均流速 (m/s)， t 为涨潮的历时，然后在此范围内计算平均水深 d'_1 。

(2) 在上述范围内由观测资料或式 (N. 0. 5-1) 确定 S'_1 。

N. 0. 5. 9 A_0 和 A 可按下列方法确定：

(1) 对由防波堤等圈围而成的港口， A_0 为口门以内包括港池、码头前沿停泊水域以及水下的浅滩等的总水域面积；

(2) 对于无防波堤掩护的港口，可以港池的中点为圆心，以 R 为半径作圆来确定 A_0 ， R 按第 N. 0. 5. 8 款确定。

(3) 在计算港池淤积时， A 为港内水深小于港池水深的水域面积；在计算码头前沿停泊水域的淤积时， A 为港内水深小于该停泊水域水深的水域面积。

N. 0. 5. 10 对港内水域较大、港池和泊位数较多的港口，港池

的淤积应分区进行。可按入港潮流流路经过的先后次序，将港内水域划分为 I、II、III… 区，分别确定各区的 A_0 和 A 后，用式 (N. 0. 3) 计算淤积强度。第 I 区的含沙量，采用入港水体的含沙量，可根据第 N. 0. 5. 8 款中的方法确定；第 II 区的含沙量，采用入港水体的含沙量减去考虑在第 I 区发生淤积的影响后的数值；其余类推。

附录 P 沙质海岸突堤式建筑物 上游岸线演变预报计算

P. 0. 1 对泥沙中值粒径介于 0. 05mm~2mm, 多数在 0. 1mm~0. 5mm 的沙质海岸, 在斜向入射波作用下所产生的沿岸输沙被突堤式建筑物拦截时, 建筑物上游岸线淤积可按本附录的方法计算。

P. 0. 2 对基本处于冲淤平衡状态的平直沙质岸线, 当突堤式建筑物完全拦截上游输沙时, 如图 P. 0. 2 所示, 岸线的淤积可按下列公式计算。

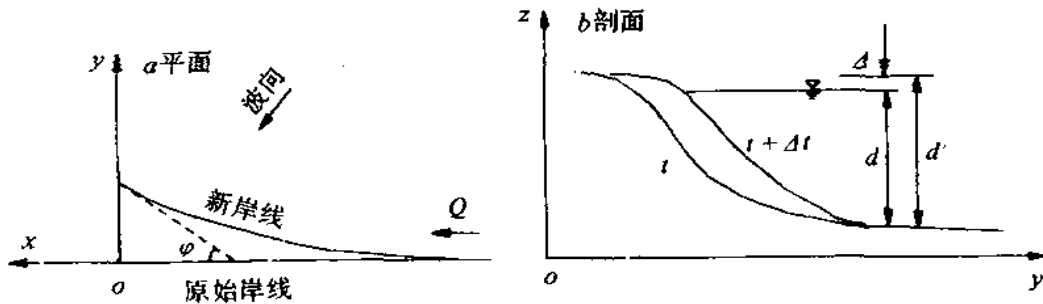


图 P. 0. 2 突堤上游海岸演变坐标系统

$$y(x, t) = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\sqrt{\pi}} \sqrt{4At} F(u) \quad (\text{P. 0. 2-1})$$

$$u = \frac{x}{\sqrt{4At}} \quad (\text{P. 0. 2-2})$$

$$A = \frac{Q_{\infty}}{d' \operatorname{tg} \alpha_d} \quad (\text{P. 0. 2-3})$$

$$F(u) = e^{-u^2} - u \sqrt{\pi} \theta_u \quad (\text{P. 0. 2-4})$$

$$\theta_u = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^u e^{-u^2} du \quad (\text{P. 0. 2-5})$$

式中 $y(x, t)$ —— 建筑物上游任意时刻岸线离岸位置 (m);
 x —— 建筑物上游任意时刻岸线沿岸位置 (m), 正向与沿岸输沙的方向相同;
 t —— 淤积历时 (s);
 Q_{∞} —— 淤积区上游沿岸输沙率 (m^3/s), 一般为年平均值。在平直的平衡海岸条件下, 其值即为初始沿岸输沙率 Q_0 ;
 d —— 岸滩剖面变形高度 (m);
 φ —— 淤积角; 特指 $x=0$ 处淤积岸线的切线与 x 轴的夹角 ($^{\circ}$);
 $F(u)$ —— 函数;
 θ_u —— 余误差函数。

P. 0.3 对式 (P. 0.2-4) 的 $F(u)$ 可按表 P. 0.3 确定。

$F(u)$ 值 表 P. 0.3

| | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|--------|
| u | 0 | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.30 |
| $F(u)$ | 1 | 0.9139 | 0.8327 | 0.7565 | 0.6853 | 0.6187 | 0.5572 |
| u | 0.35 | 0.40 | 0.50 | 0.60 | 0.70 | 0.80 | 0.90 |
| $F(u)$ | 0.4997 | 0.4469 | 0.3538 | 0.2763 | 0.2129 | 0.1616 | 0.1210 |
| u | 1.00 | 1.10 | 1.20 | $\sqrt{2}$ | 1.60 | 2.00 | 2.50 |
| $F(u)$ | 0.0889 | 0.0620 | 0.0460 | 0.0213 | 0.0104 | 0.0020 | 0.0002 |

P. 0.4 突堤式建筑物完全有效拦沙时间可按下式计算:

$$t_1 = \frac{\pi}{4A} \left(\frac{l}{\operatorname{tg}\varphi} \right)^2 \quad (\text{P. 0.4})$$

式中 t_1 —— 突堤式建筑物完全有效拦沙时间 (s);

l —— 突堤式建筑物完全有效拦沙长度 (m)。

P. 0.5 突堤式建筑物完全有效拦沙长度可由建筑物的实际长度 l_0 与岸滩坡度确定, 如图 P. 0.5 所示。

P. 0.6 在完全有效拦沙时间内任一时刻 t , 淤积岸线与建筑物交点位置 y_0 , 可按下式计算:

$$y_0 = \frac{\operatorname{tg}\varphi}{\sqrt{\pi}} \sqrt{4At} \quad (\text{P. 0. 6})$$

P. 0. 7 本附录计算中的有关参数可按下列原则和方法确定。

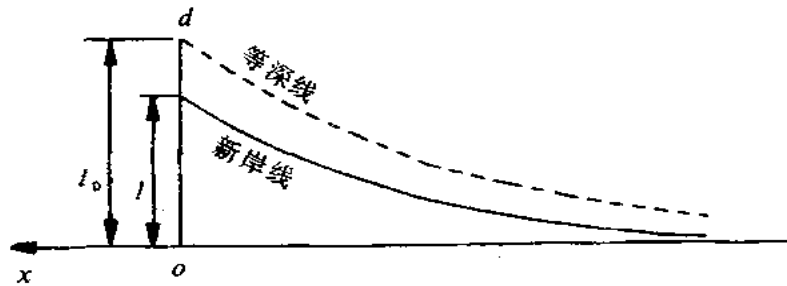


图 P. 0. 5 l_0 与 l 的关系示意

P. 0. 7. 1 对初始沿岸输沙率 Q_0 按下列原则确定：

(1) 当计算海岸附近有实测沿岸输沙资料时，可直接采用上游方向输沙率的年平均值；

(2) 在缺少实测沿岸输沙资料，但有波浪和海滩泥沙实测资料时，可按有关的沿岸输沙率公式计算。

P. 0. 7. 2 对岸滩剖面变形高度 d' 按下列方法确定：

(1) 对淤积型海岸，岸滩剖面高度 d' 的上界为岸滩滩肩标高，下界为岸滩变形临界水深，按下式计算。

$$d' = d + \Delta \quad (\text{P. 0. 7-1})$$

式中 Δ ——平均海平面以上至高潮时波浪上爬高度间的垂直距离，可直接根据实测海岸滩肩标高与平均海平面标高之差确定；

d ——平均海平面以下至岸滩变形临界水深间的垂直距离。

(2) 在有实测海滩水深地形图的条件下， d 可根据等深线疏密发生明显变化的临界等深线水深来确定；在无实测水深地形资料情况下，根据波浪作用下泥沙全面起动时的临界水深确定，可按下列公式计算：

$$d = \frac{L}{4\pi} \operatorname{arcsch} \left[\frac{\pi g H^2}{M^2 L \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} g D + \frac{0.486}{D} \right)} \right] \quad (\text{P. 0. 7-2})$$

$$M = \begin{cases} 0.1 \left(\frac{L}{D} \right)^{1/3} \\ 5.85 \quad \text{当 } \frac{L}{D} \geq 2 \times 10^5 \text{ 时} \end{cases} \quad (\text{P. 0. 7-3})$$

式中 H ——波高 (cm)，采用 $H_{1/10}$ 的年平均值；

L ——波长 (cm)，由平均周期 T 确定；

D ——泥沙中径 (cm)；

ρ_s 、 ρ ——分别为泥沙及水的密度 ($\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{cm}^4$)。

P. 0. 7. 3 淤积角 φ 可取岸滩泥沙起动水深 d 处的波浪入射角 α_d ，即 $\varphi = \alpha_d$ 。当有近岸实测波浪资料时，可根据上游来波实测资料先求出该海岸地区代表波波向角 $\bar{\alpha}$ ，再通过折射计算确定 α_d 。 $\bar{\alpha}$ 可按下式计算：

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{2} \arcsin \left[\frac{\sum H_i^2 P_i \sin 2\alpha_i}{\sum H_i^2 P_i} \right] \quad (\text{P. 0. 7-4})$$

式中 $\bar{\alpha}$ ——测波站处相对原始岸线的代表波波向角 ($^\circ$)；

H_i ——测波站处某级波浪的波高 (m)；

α_i ——测波站处对应某一级波浪的波向角 ($^\circ$)；

P_i ——测波站处对应某一级波浪及波向的出现频率 (%)。

附录 Q 本规范用词用语说明

Q.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”。

Q.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

交通部第三航务工程局

南京水利科学研究院

大连理工大学

青岛海洋大学

河海大学

主要起草人：谢世楞 孙毓华

(以下按姓氏笔画为序)

王嘉穗 刘桂海 俞聿修 姚国权

张大错 常 征 潘少华

JTJ 213—98

条文说明

修 订 说 明

根据交通部的通知，对《海港水文规范》进行修订。主编单位为交通部第一航务工程勘察设计院，参加单位有中交水运规划设计院、交通部第三航务工程局、南京水利科学研究院、大连理工大学、青岛海洋大学和河海大学。

本规范在修订过程中，进行了深入的调查回访，开展了相应的科学试验研究，总结了我国港口工程的实际情况，借鉴了国外有关标准规范的经验，并在广泛征求全国有关设计、科研、施工单位和高等院校意见的基础上，经编写组反复讨论修改，于1995年2月完成送审稿，1996年9月通过部审。

本规范修订分工如下：

- 第1章 谢世楞 孙毓华
- 第2章 王嘉穗
- 第3章 刘桂海 孙毓华
- 第4章 谢世楞
- 第5章 张大错
- 第6章 常 征
- 第7章 姚国权
- 第8章 俞聿修 孙毓华 潘少华
- 第9章 王嘉穗
- 第10章 谢世楞

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 谢世楞

本规范总校组：

组 长：贺 铮

副组长：孙毓华 谢世楞

成 员：姜明宝 杜廷瑞 俞聿修 刘德辅 盛周伟

本规范于1996年9月11日通过部审，1998年4月20日发布，1999年6月1日起实施。

目 次

| | | |
|----------|-------------------|-----|
| 3 | 潮位 | |
| 3.1 | 设计潮位标准 | 185 |
| 3.2 | 设计潮位的统计和计算方法 | 185 |
| 4 | 设计波浪的确定 | 188 |
| 4.1 | 设计波浪标准 | 188 |
| 4.2 | 各种累积频率波高间的换算 | 190 |
| 4.3 | 不同重现期设计波浪的推算 | 190 |
| 5 | 外海波浪要素的计算 | 193 |
| 5.1 | 风场要素和水域平均深度的确定 | 193 |
| 5.2 | 风浪和涌浪要素的计算 | 194 |
| 5.3 | 风浪方向谱的计算 | 196 |
| 6 | 近岸波浪要素的计算 | 197 |
| 6.1 | 波浪折射的计算 | 197 |
| 6.2 | 近岸波高的计算 | 197 |
| 6.3 | 波浪在水流作用下的变形计算 | 198 |
| 7 | 港内波浪要素的计算 | 200 |
| 7.1 | 一般要求 | 200 |
| 7.2 | 不规则波绕射系数 | 200 |
| 7.3 | 波浪折射、绕射、反射与港内局部风浪 | 201 |
| 8 | 波浪对建筑物的作用 | 202 |
| 8.1 | 波浪对直墙式建筑物的作用 | 202 |
| 8.2 | 波浪对斜坡式建筑物的作用 | 205 |
| 8.3 | 波浪对桩基和墩柱建筑物的作用 | 207 |
| 8.4 | 波浪和水流对桩基和墩柱建筑物的作用 | 210 |

| | |
|--|-----|
| 9 海流 | 213 |
| 9.1 近岸海流的特性 | 213 |
| 9.2 海流观测的基本要求 | 213 |
| 9.3 海流观测资料的整理分析 | 214 |
| 9.4 海流特征值的计算 | 215 |
| 10 泥沙 | 216 |
| 10.1 海岸带泥沙运动的一般规律 | 216 |
| 10.2 海岸带泥沙运动的调查及分析 | 216 |
| 10.3 港址选择、建筑物布置与泥沙淤积的关系以及减淤整治措施 | 218 |

3 潮 位

3.1 设计潮位标准

3.1.1 设计水位是指港口或建筑物在正常使用条件下的高、低水位。如对码头来说，在设计高、低水位的范围内，应保证设计船型的船舶可安全靠泊并作业。极端水位即相当 1987 年版《海港水文》规范中的校核水位。对码头来说，在出现极端高、低水位时，可不再靠船和作业，但要求在不使用时的各种荷载作用下，码头各部分有必要的安全度。

本章中除设计高、低水位和极端高、低水位四个专用名词采用与其他有关规范相同的名称以外，一般对“水位”均统一称为“潮位”。

3.1.2 根据对沿海 20 多个港口和验潮站的部分潮位资料进行统计对比，对于海岸港和潮汐作用显著的河口港，高潮累积频率 10%（以下简称为高潮 10%）和低潮累积频率 90%（以下简称为低潮 90%）与历时累积频率 1% 和历时累积频率 98% 的潮位值很接近，其差值一般在 10cm 之内，因此以高潮 10% 和低潮 90% 作为设计高、低水位与 1964 年《港口总体设计规范》是一致的。

3.1.4 对于汛期潮汐作用不明显的河口港，汛期洪峰水位可能连续几天高于一般高潮位，若按高、低潮进行潮位统计显然不合理，故仍采用多年历时 1% 和历时 98% 的水位值作为设计高、低水位。

3.1.5 本规范中的极端高、低水位，即为 1987 年版规范中的校核高、低水位。

3.2 设计潮位的统计和计算方法

3.2.1 根据对沿海 20 多个港口部分潮位资料的统计和比较，在

海岸港和潮汐作用明显的河口港，不同年份之间高潮 10%、低潮 90% 的数值变化很小，其差值一般都在 10cm 之内，个别河口港如温州港等，可能因受河流不同年份枯水情况的影响，变化较大。在汛期潮汐作用不明显的河口港采用历时累积频率曲线来确定设计水位时，由于河流洪峰期间的水位在年与年之间的差别较大，故统计年数不能和海岸港一样只用一年资料，而应采用较多年份的潮位资料。

3.2.2 高（低）潮累积频率统计方法：半日潮港和不规则半日潮港采用每天的两个高（低）潮进行统计，日潮港和不规则日潮港可选每天中的高高潮（低低潮）进行统计，也可将全部高（低）潮都进行统计。对于后一种潮型的港口，经用两方法统计比较，其差值不超过 10cm。

3.2.3 采用短期同步差比法是由邻近港口的的设计水位推算拟建港口的的设计水位，推算误差大小取决于两港口之间的潮汐性质、潮差大小和受河流径流影响的相似程度。一般情况为：潮汐性质差别较大的相关不好；潮差相差太大时相关不好；不受径流影响的海岸港与河口港相关不好；同一河系一般相关较好；同是半日潮的海岸港间相关较好。只要满足条文中进行差比计算的条件，就可用短期资料进行差比求得设计高、低水位。

3.2.7 设计高、低水位的近似方法较多，附录 A 只选用了计算结果较好、资料又较易取得的两种：一种是平均潮差法，只需要一个月的实测潮位资料，即可进行计算。另一种是利用平均大潮升或回归潮平均高高潮的资料进行计算的方法。因在各港口的海图中都刊有当地或附近海区的大潮升资料，特别是国家海洋局海洋科技情报研究所出刊的《差比数和潮信表》和《潮汐表》，刊有我国沿海近五百个站的大潮升资料，站位较密，可供使用。用上述两种方法计算结果表明，除少数港口外，大多数港口误差均在 20cm 的范围内。

3.2.8 为了确定高、低潮位频率分析时最少的资料年数，对我国沿海港口有 50 年以上验潮资料的大连、秦皇岛、吴淞、上海、马

尾、厦门等几个港口分别用 15 年、20 年、30 年的资料进行分组计算，并与按全部资料计算结果进行对比，用 30 年资料计算结果与全部年数的结果很接近，重现期为 50 年的极端高水位相差一般为几厘米至十几厘米；用 20 年资料计算，相差一般在 20cm 范围内；用 15 年资料计算，相差可达 30cm 以上。由于我国有 30 年以上潮位资料的港口较少，故规定在频率分析时资料年数一般不少于 20 年。

3.2.9 极端高、低水位的频率分析，采用极值 I 型分布，而不采用国内在水文、气象（如流量、波浪、风压等）. 计算中常用的皮尔逊 III 型曲线，其原因是：

(1) 皮尔逊 III 型曲线计算中，参数可用均值 X 、离差系数 C_v 、偏差系数 C_s 表示， X 、 C_v 、 C_s 的大小又取决于验潮零点的选取，随着潮位起算点不同，频率计算结果也将产生一定的差异。

(2) 年最低潮位值经常出现负值，如用皮尔逊 III 型曲线，必须调整计算零点，既麻烦又易造成计算结果的任意性。

(3) 根据计算比较，年极值潮位系列的 C_v 值较小。有时可低至 0.02，即使取 $C_s = 6C_v$ ，在频率 P 值较小处也还是比经验频率点要低。

3.2.11 关于在有调查的特高（低）潮位时，对均值及参数 S 的改正公式是根据一般水文统计分析原理的关于特大值处理方法得出的，即认为在几年资料中的均值和均方差比较稳定，因而假定在无资料的 $N - (n + 1)$ 年内可采用相同的均值和均方差。

3.2.13 随着沿海各港口的验潮资料的积累，有必要对原规范附录 C 中的 K 值加以补充和修改，如受 1992 年 16 号热带风暴的影响，黄海北部及渤海沿岸的一些港口出现历史最高潮位（如烟台、威海、塘沽等）。为此，对部分港口重新作计算并将 K 值作适当的调整。附录 C 中带 * 的 K 值是根据条件分布联合概率法得出的。

4 设计波浪的确定

4.1 设计波浪标准

4.1.1 设计波浪的波列累积频率是指其在实际海面上不规则波列中的出现概率，它代表波浪要素的短期（以几十分钟计）统计分布规律。在该统计期内，可认为海面处于定常状态，或者说波浪要素的平均状态不随时间而变化。而设计波浪的重现期是指某一特定波列累积频率的波浪平均多少年出现一次，它代表波浪要素的长期（以几十年计）统计分布规律。

4.1.2 本条标准与国外有关规范的规定和工程实践中的采用值大致相当。

(1) 1984年出版的英国《海工建筑物》技术规范第一分册，在设计波浪要素一节中，规定在波浪力的作用下具有准静力反应特性的建筑物，其设计波浪的重现期为50年一遇。

(2) 日本在其港口设施技术标准中对设计波浪的重现期未予明确规定，但是在日本运输省港湾技术研究所1986年出版的《防波堤构造集览》中，建于1965年至1985年间，标明设计波浪重现期的防波堤断面共46个，除一座浮式防波堤采用30年一遇以及另一座防波堤采用40年一遇外，其余44座斜坡式、直立式和混合式防波堤均采用50年一遇。

(3) 前苏联1986年颁布的《波浪、冰凌和船舶对水工建筑物的荷载与作用》规范中规定，在确定风浪要素时的计算风暴重现期，对于I、II级建筑物为50年，对于III级以下建筑物为25年。

根据我国南、北方八个港口的波浪统计结果，50年一遇与25年一遇波高的比值为1.1，而100年一遇与50年一遇波高的比值

也为 1.1 左右。

4.1.3 设计波浪的波列累积频率标准主要反映波浪对不同类型建筑物的不同作用性质。

对于直墙式建筑物，设计波高的累积频率采用 1%，与前苏联规范的规定一致。

近年来用不规则波对斜坡堤进行模型试验的结果表明，规则波的等值波高与波谱型式（宽谱或窄谱）、相对水深（ \bar{H}/d ， \bar{H} 为平均波高， d 为水深）、护面块体的类型以及块体的失稳标准和失稳率等都有关系，也受不规则波与规则波试验对比方式和资料分析方法的影响。条文中对斜坡式建筑物的设计波高，一般采用 $H_{13\%}$ ，而当 $\bar{H}/d < 0.3$ 时宜用 $H_{5\%}$ 的规定，已适当地考虑了上述因素。

直墙式和墩柱式建筑物基床的护面块石或人工块体的设计波高采用 $H_{5\%}$ ，主要是考虑它的损坏将影响整个建筑物的安全。日本对直墙式建筑物基床块石的不规则波试验结果初步表明，等值波高约为 $1.37H_{13\%}$ ，也说明了应取较小的累积频率值。

对于设计波浪周期的取值，应该与设计波长的确定方法联系起来考虑，与不同累积频率波高相对应的周期是不同的。但是这种关系还未完全确定。在规范条文中，规定均采用平均周期 T ，一方面是一种简化；另一方面是因为在由周期换算波长时采用了稍偏大的计算公式。对于波长 L 的计算，一般有两种公式。一种即为条文中给出的规则波公式；另一种是由波谱理论得出的不规则波的平均波长 \bar{L} 的公式。利用条文中的规则波公式计算波长，将比不规则波的平均波长为长。而且用该波长与 $H_{1\%}$ 配合算得波压力的累积频率也约为 1%。

根据第 4.1.2 和 4.1.3 条中对设计波浪的有关规定，对大连和八所港等几个建造年份较早的直立式防波堤，以及石岛黄海船厂和大连渔港等在大风浪中发生损坏的防波堤进行了核算，这些建筑物的稳定和损坏情况，与实际情况均较相符。

4.1.4 校验港域平稳的设计波浪标准，主要是根据以往工程的实践经验而确定的。

4.2 各种累积频率波高间的换算

4.2.1 根据对大量自记海浪资料的统计分析,前苏联格鲁霍夫斯基得出了以累积频率波高 H_F 或是以 $1/P$ 大波的平均波高 $H_{1/P}$ 表示的浅水波高统计分布关系。该关系至深水时,即成为通常所用的瑞利分布关系。

为了校验上述波高分布关系能否适应于我国海区,青岛海洋大学等单位收集了 1968~1973 年分别在威海、黄河营、塘沽以及南海地区的利用回声测波仪测得的海浪连续资料,选择其中有代表性的记录,进行计算比较。这些地区的水深范围是 6m~20m,参数 H/d 的范围是 0.032~0.22。比较表明,格鲁霍夫斯基分布关系与实测结果很接近,于是就根据格鲁霍夫斯基浅水波高分布关系绘成条文中的计算图。

4.2.2 深水中 $H_{1/P}/\bar{H}$ 比值,是根据经过验证的瑞利分布关系得出的。

4.3 不同重现期设计波浪的推算

4.3.1 在频率分析的取样时,应注意各年需使用同一波列累积频率的波浪要素。

目前大多数波浪实测资料为每日四次定时观测,没有晚上的数据。另外在台风等恶劣天气状况下,也可能造成缺测。若根据调查或从天气图分析,最大波浪发生在晚上或者在白天有缺测的情况,则一般可用天气图进行计算,以补充已有的观测数据。

4.3.2 本条中给出的风浪的波高与周期的近似关系是根据第 5 章中的风浪要素计算图得出的,取值略偏于安全。

4.3.4 为了确定用于频率分析的波浪实测资料的最低年数,曾对青岛小麦岛站的连续 18 年的观测资料进行了分组计算对比。第一组用全部 18 年的资料,第二、三组分别用首 10 年和尾 10 年的资料。计算表明用 10 年和 18 年资料所得的波高值,其差值可达到 40% 左右。由此可见,10 年的资料是不能够表征实际波浪的多年

分布情况的。条文中规定不宜少于 20 年的资料，已考虑了目前沿海台站的实际情况。

在选择年最大波高时，可把主波向左右各一个方位 22.5° 的资料包括在内。这是因为目前波向的观测并不是很准确的。另一方面，通常认为在与主波向成 22.5° 方向上传播的波高值可为主波向上波高值的 0.9 以上。

4.3.5 对于波浪的频率分析，曾用多种频率曲线对沿海 13 个港口或台站不同方向的数据进行了计算。结果表明皮尔逊 III 型曲线在大多数情况下，均能与经验点配合良好。

推荐采用皮尔逊 III 型曲线，还出于以下几点考虑：

(1) 国内在最大风速和河流洪水频率分析中，通常采用此种曲线。

(2) 国内一些工程单位对波浪的频率分析，也习惯采用此种曲线。

(3) 皮尔逊 III 型曲线与经验频率点一般都配合良好。只有当 $C_s > 2$ 时，频率曲线出现尾部趋平的现象，但因工程设计上主要需要曲线首部的数值，故对结果并无影响。

4.3.6 在原规范中推荐皮尔逊 III 型曲线用于波高和周期的频率分析，多年来在工程实践中并未发现大问题，但是这种线型在计算时可以适当调整参数，因而存在着一定的任意性，特别在出现少数特大值时更为明显。近年来研究设计单位都在探讨采用更为合理的频率线型，根据交通部第一航务工程勘察设计院对我国沿海观测水深在 6m~32m、资料年数在 20 年以上共 11 个台站测波资料的分析，绝大多数的波高和周期均较好地服从极值 I 型和对数正态分布，拒绝威布尔分布的组次较多，但因国外很多文献推荐威布尔分布，为此根据通用和计算简便的原则，推荐在有条件时，可再用此三种线型与实测资料进行比较。

上述三种线型在一般水文和统计书中均有介绍，因此规范中不再详述。

4.3.7 在特大值的处理方法中，认为在 n 年资料中的均值和均方

差比较稳定，因而可假定在无资料的 $N-(n+1)$ 年内可采用与 n 年相同的均值和均方差。

4.3.8 直接以计算风速的重现期作为设计波浪的重现期的假定，只适用于可不考虑延时（即波浪只决定于风速和对岸距离）的短风区。根据国内经验，此风区的上限暂定为 100km 左右。

其次，以此法得出的某一重现期的波浪是否与按分年计算所得的最大波浪进行频率分析后得出的结论相一致？曾用秀英港 N 向（对岸距离 25km）和大连湾 NNE 向（对岸距离 5.1km）的两处资料进行了比较，表明两种方法的结果基本上是一致的。

对于短期资料按次数进行频率分析的方法主要有两种：第一种认为当频率 P 用正态机率坐标，波高 H 或周期 T 用对数坐标时，频率曲线可按直线外延。日本《港口设施技术标准》中虽也推荐此法，但指出在浅水中实际频率曲线常是弯曲的。根据我们验证结果也明显地呈弯曲形状，并非直线。第二种方法，即附录 E 的方法，一般所得结果较好，而且过去国内工程曾经用过，目前国外也用得较多，因此作为建议的方法。但是因为各年的波浪分布情况不会完全一样的，用短期资料推算的结果可靠程度较差。

4.3.9 利用天气图进行波浪要素的计算，特别是在台风等复杂的天气情况下，其精确性一般不如实测值。故要求再与短期测波资料推算的结果作比较后，再最后确定设计波浪。

5 外海波浪要素的计算

5.1 风场要素和水域平均深度的确定

5.1.1 本条规定的划分风区的标准和方法,主要是根据几年来我国海浪预报工作的实践,并参考国外有关手册的规定而确定的。

5.1.2 本条规定的风速取值标准是与第 5.2 节中风浪要素计算图表的制定相一致的。

陆地对风的影响很大,由天气图上的等压线来确定近海水域上的风速,往往不是很可靠的,故在本条中强调由观测资料确定风速的重要性。

5.1.3 利用天气图上的等压线确定风速是目前国内外海浪预报中通常采用的方法。表 5.1.3 主要是根据 1963~1967 年船舶报的资料统计而得的。

5.1.4 由于风浪要素与风速的关系一般不是线性的,故不应以一时段两端的风速的平均值来计算风浪要素。本条中采用《海浪计算手册》中的经验公式,它们是根据时段长度为 3h~9h 的观测资料并配合风浪计算图解得到的。为便于和天气图配合使用,故将此两经验公式的使用时段范围定为 6h~12h。

5.1.6 将水域按深度分段时,如果段数取得过多,计算手续繁琐;如过少,则误差较大。在水深逐渐变浅的情况下,第一段水域两端的深度差 Δd 可按表 5.1.6 确定。

分段的深度差 Δd

表 5.1.6

| | | | | |
|----------------|-----|-------|-------|-----|
| 水 深 | >30 | 20~30 | 10~20 | <10 |
| Δd (m) | 10 | 5 | 3 | 2 |

按水深分段计算风浪要素的方法，适用于风区长度 F 决定风浪要素的情况。

设分段后的平均水深为 d_1, d_2, \dots ；分段长度为 l_1, l_2, \dots 等。首先用风速 U （整个风区的平均风速）、第一段的水深 d_1 和风区长度 $F_1 = l_1$ ，计算第一段下沿的波高 H_1 ；其次计算同一风速 U 作用于水深 d_2 时，为产生波高 H_1 所需等效风区长度 F_{e2} ，然后取风区长度 $F_2 = F_{e2} + l_2$ 来计算第二段下沿的风浪要素；余类推。

在应用上述方法计算风浪要素时，一般还要求符合条件 $H < (H_2)_{\max}$ 。 $(H_2)_{\max}$ 为风速 U 在水深 d_2 中可能产生的最大波高。

5.2 风浪和涌浪要素的计算

5.2.1 原规范以 5m 的水深间隔绘制了 8 张计算图解，一般需根据两张图解内插来得到风浪要素值，使用不便；而且以水深 40m 作为深水，也不精确。

为了克服上述两个缺点，修订规范时采用新的计算公式，适用于任意深度。

对风浪要素计算图修订的进一步说明如下：

(1) 原规范中风浪计算方法是以国家科委海洋组海浪预报方法研究组 1966 年完成的方法（即通常所称的“会战方法”）为基础制定的，使用结果基本符合实际。60 年代中期以后，国际上相继提出一些比较普遍采用和具有代表性的方法，故有必要通过与这些方法的对比，进一步肯定我国规范所用方法的可靠性并提高其精度。

(2) 原规范中关于小风区的图解，其风浪要素值与水深无关，因此在浅水中的波高和周期均偏大。

(3) 原规范深水图解中的充分成长线只跨过风速 4m/s ~ 11m/s 等值线，使用中受限制，修订的图解中此风速范围扩大 4m/s ~ 25m/s。

还应提出，原规范中使用累积频率 4% 波高和平均周期，为了和国际上多数国家的标准相一致，修订后的计算图解采用有效波

波高和有效波周期。

为了得到较准确、可靠的风浪要素计算公式,比较了以下 5 种深水计算方法:

- ①Bretschneider 方法;
- ②Wilson 方法;
- ③JONSWAP 方法;
- ④前苏联的“新方法”;
- ⑤我国原规范中的方法。

Bretschneider 方法已编入美国陆军海岸工程研究中心出版的《海滨防护手册》,它和 Wilson 方法在西方国家得到普遍采用;JONSWAP 方法于 70 年代初提出,在海浪研究和预报中颇受重视;前苏联的“新方法”于 60 年代末提出,得自广泛的观测资料,已编入有关规范。我国原规范方法已采用 10 余年。上列各方法是有代表性的,故通过对它们的比较,能为寻求可靠的风浪计算方法提供依据。

通过比较提出了新的深水风浪成长公式,并制定了条文中的计算图。

5.2.2 本条规定浅水风浪要素的计算方法,修订的说明如下:

(1) 原规范规定的浅水风浪计算方法,与深水情况相同,是根据国家科委海洋组海浪预报方法研究组 1966 年完成的方法制订的,有必要与国外有代表性方法再作比较,以便进一步肯定我国规范所用方法的可靠性并提高其精度。

(2) 原规范中对于小风区,计算出的风浪周期普遍偏大,且小风区的风浪计算图与深水风浪计算图衔接有困难。

对于浅水风浪,已提出的较系统的计算方法比深水情况时为少,比较了西方国家常用的 Bretschneider 方法和前苏联的“新方法”后,提出新的浅水风浪成长公式,并制定了有关计算图。

5.2.3 对涌浪计算方法的研究,进展是不显著的,目前尚没有一种新的较好的方法。鉴此情况,仍继续使用原规范的方法,但将波高和周期均换算为有效波高和有效波周期。

5.3 风浪方向谱的计算

5.3.2 在工程应用中,国际上常使用的风浪频谱为 Pierson-Moscowitz 谱(简称 P-M 谱)、Bretschneider 谱或与其类似的谱以及 JONSWAP 谱等。

条文中给出的风浪频谱是根据青岛海洋大学的有关研究得出的。

为了检验该风浪频谱,在我国渤、黄、东及南海历次测量中搜集并分析了 1770 余个谱曲线,并选取一部分风浪特性明显的供验证用。检验结果表明,就目前海浪计算的精度和要求而言,它与实测结果的符合程度是满意的。

新的风浪频谱与 JONSWAP 谱比较接近,但验证表明其精度高于后者。新的风浪频谱对深水和有限水深情况都可适用。

可供检验用的有限水深的风浪资料远较深水的为少,但根据搜集到的资料进行的检验,表明计算结果与观测均较符合。

5.3.3 对于风浪的方向分布函数,常用的有光易型、Donelan 型、Hasselmann 型、改进的光易型和文圣常型方向分布函数等。大连理工大学收集我国 6 处实测方向谱的资料,并从方向分布函数的均方根差,方向累积分布的均方根差和方向分布峰值之差三个方面将上述各方向分布函数公式与实测结果进行了比较,以误差均值最小者为最优。比较结果表明:Donelan 型模式与实测结果符合得最好,改进光易型模式次之,文圣常型模式也符合较好。但 Donelan 分布未考虑波浪成长状况的影响,国外也很少采用。光易型分布在国内外已得到广泛应用,通过改进,用波陡表示波浪成长状况,便于工程应用,也符合我国实测的波浪情况,故推荐采用。但当难于考虑波陡影响时,可采用 Donelan 分布。

6 近岸波浪要素的计算

6.1 波浪折射的计算

6.1.1 本节原规范为“波浪折射图的绘制”，现改为“波浪折射的计算”，其内容既包括绘制波浪折射图，又增加了考虑采用规则波和不规则波数值计算的内容。在具备相应条件时，最好进行数值计算。但由于绘制波浪折射图具有简单易行的优点，因此在地形不太复杂的近岸地区仍可继续使用。

6.1.2 当折射水域有岛屿或海岬时，可近似使用岛式防波堤后的绕射图、单突堤后的绕射图以及折射图进行计算。地形复杂时可使用数值计算方法进行折射、绕射的联合计算。

6.1.4 对于涌浪，一般都规定自 $d=L_0/2$ 处开始作折射图，但我国近海不少情况存在广阔的浅水域，使用上述规定不能适应实际情况。若允许折射图上的波向线有一定的误差（ 2° 左右），则可将折射图的起始水深大大减小。实际上波向本身是不准确的，加上作图时的不准确性，因此 2° 的误差是可以接受的。

条文中表 6.1.4 中的起始水深，在使用时尚需满足折射水域远小于风区的要求，以便在折射区内不考虑风的影响。

6.1.5 条文中表 6.1.5 是根据我国多年来绘制折射图的经验确定的。

6.1.6 当波向线与等深线夹角（即入射角）很小时，用一般的绘制波向线的方法均有困难，因此条文中采用了国外常用的分段绘制波向线的方法。

6.2 近岸波高的计算

6.2.1 使用波浪折射图确定近岸波高时，一般可采用平均波高。

这样做一方面便于根据需要换算成其他累积频率的波高；另一方面当 K_s 和 K_r 均接近 1.0 时，由于波高分布关系的变化，浅水中的 $H_{1\%}$ 、 $H_{13\%}$ 等波高仍能够比深水中相应的数值逐渐减小，与实际情况比较符合。

波浪在浅水中传播距离较长，或水底坡度很缓（约 $1/2000 \sim 1/1000$ ），需考虑海底摩擦的影响时，可参考有关文献的方法计算减损系数 K_r ，此时波高为：

$$H = H_0 K_t K_s K_r \quad (6.2.1)$$

式中 H_0 ——深水波高 (m)；

K_s 、 K_r ——分别为浅水系数和折射系数。

6.2.2 条文中的图 6.2.2 综合了美国和日本对规则波模型试验的结果。当 $i=1/50$ 时， $(H_b/d_b)_{\max}=0.78$ ，与孤立波的理论结果较接近。

根据大连理工大学对不规则波破碎指标的研究，在不规则波条件下仅为大波破碎，发生破碎的大波的波高 H_b 及其相应的深水波长 L_0 与水深 d 间的关系仍符合规则波时的规律，但不规则波条件下的破碎波高约为规则波破碎波高的 0.88 倍。该结果是在 $1/50$ 的底坡的条件下求得的。不规则波时 L_0 取为 $1.17T^2$ ，也是根据不规则波试验结果得出的。

对于海底坡度很缓的水域 ($i < 1/140$)，本次修订主要根据国外的 Nelson 公式，并对系数稍作调整。

使用本条时对于坡度 $1/140 < i < 1/50$ 的海域，比值 H_b/d_b 的最大值可取为 0.78。

6.3 波浪在水流作用下的变形计算

6.3.2 本节所有的计算公式都是建立在波浪作用通量守恒的基础上，水流的能流在波浪相互作用前后视为不变。采用的是线性波浪理论，并限于稳定的波浪、稳定的均匀流及不计沿程能量损耗的情况。

本条是根据大连理工大学的有关研究成果编制而成。逆流情

况下，变形后的波陡不应超过极限波陡，即：

$$\left(\frac{H}{L}\right)_{\max} = 0.142 \operatorname{th}\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (6.3.2)$$

6.3.3 在 $d/L_0 > 0.5$ 的深水区，或可不考虑地形折射影响的情况下，当水流与波向斜交时的波浪要素计算公式也是根据大连理工大学的有关研究成果编写的。

7 港内波浪要素的计算

7.1 一般规定

7.1.1 根据国内外建港经验与港工技术发展趋势,对于一般港口的港内波浪,按本章规定的公式和图或通过数模计算确定。对于重要港口除按上述方法作初步估算外,还应通过物理模型试验验证。因为规范仅对比较简单的港口布置情况作出了计算方法的规定,而目前数模计算多数仅考虑线性规则波。物理模型则可产生非线性不规则波,更接近原体实际情况。

7.1.3 波浪绕射是由于防波堤后波能横向传递引起的。规则波绕射计算方法有理论法和经验法两大类。南京水利科学研究院“港内波浪要素”研究小组曾先后采用国内外大量模型试验资料,经过统计分析,提出了我国自己的计算单突堤后规则波绕射系数的经验公式(式 H.0.1-1~式 H.0.1-6),以及双突堤后规则波绕射系数的经验曲线(图 H.0.2)。验证表明南科院经验公式具有一定的精度,比较简单、实用,因此在修订时作了推荐。岛式防波堤后规则波绕射系数的计算方法是由河海大学得出的数值计算结果,数学模式是基于伯克霍夫(Berkhoff)线性简谐波数学模型。计算中近似地略去了堤外一侧边界反射波势对堤后绕射波高的影响,模型试验验证表明,采用这样的简化模型,实验结果与计算结果的绕射系数等值线走向及变化趋势是一致的。

7.2 不规则波绕射系数

7.2.1 不规则波绕射计算方法主要根据天然海浪不同方向、不同频率的组成波线性迭加原理而得出的。南京水利科学研究院“港

内波浪要素”研究小组主要根据不规则波绕射模型试验，并结合数值计算和原体观测资料的验证，提出了单突堤、双突堤后的不规则波绕射系数的计算方法。河海大学根据岛堤后规则波绕射系数数值计算结果，再用能量线性迭加原理得出了岛堤后不规则波绕射系数。

7.3 波浪折射、绕射、反射与港内局部风浪

7.3.1 条文中给出了同时考虑波浪折射和绕射的近似计算方法。近似方法的基本原理是假定离堤头 3~4 个波长范围内以波浪绕射为主，在此范围以外波浪折射影响将比较明显。这一假定与模型试验的情况基本相符。关于波峰线的绘制，采用了国内外常用的基本符合实际的近似方法。有条件时可采用折射、绕射联合作用的数学模型进行港内波高的计算。

7.3.2~7.3.3 基本上采用两个波系波能线性迭加原理，是一种近似的计算方法。

8 波浪对建筑物的作用

8.1 波浪对直墙式建筑物的作用

8.1.1 关于直墙式建筑物前波态的分类,国内外都区分为不破波和破碎型波两大类,不破波以立波为代表,对于破碎型波,国外又按其破碎位置、形态及其作用力的不同而分为两种,但其命名略有不同,界线不够明确。为了能较好地表征其物理现象,并避免与天然岸坡上的破碎波相混淆,故把直墙前破碎型波分为远堤破碎波(远破波)和近堤破碎波(近破波)两种。

直墙式建筑物前产生立波、远破波和近破波三种波态的界限,是根据国内外研究成果,注意到(1)区别天然岸坡上和直墙式建筑物前波浪破碎情况的不同;(2)区别明基床和暗基床直墙式建筑物前波浪的破碎情况;(3)区别高、中、低基床时的波浪破碎情况后确定的。确定波态界限的根据为:

(1) 对于暗基床和低基床直墙式建筑物前立波和远破波的分界条件,本次修订在原来的基础上又通过模型实验和理论计算给出了更确切的分界条件。

(2) 根据国内研究结果,以基床上水深 d_1 和建筑物前水深 d 之比 $d_1/d=1/3$ 和 $2/3$,作为高、中、低基床之分界,与日本的实验成果亦接近。

(3) 多数研究结果表明,高基床 ($d_1/d < 1/3$) 墙前波浪破碎水深为 $d_1 \leq 1.25H$,为安全计采用 $d_1 = 1.5H$ 。

(4) 中基床时的破碎水深应介于高、低基床之间,采用为 $d_1 = 1.8H$ 。

对于一些工程实例进行的验证表明,规定的波浪界限与实际

情况大致是相符的，且一般是偏于安全的。

关于护肩方块对墙前波浪形态的影响，收集到的资料很少，烟台港东防波堤计算波高为 4.0m，基肩宽 7.32m，一般断面前为立波。有 76m 长一段墙脚置一排特型护脚方块，宽 3.0m，方块顶的 $d_2/H=1.23$ ，墙前波浪破碎。因此初步建议当护肩方块宽度大于 H 时，宜按方块顶部水深 d_2 划分波态界限。

8.1.2~8.1.3 对于立波的性质和作用力，国内外已有较深入的研究，提出了多种计算方法。现场观测、实验研究、分析对比以及工程实例验算表明，当相对水深 $d/L=0.1\sim 0.2$ 、波陡 $H/L\geq 1/30$ 时，按森弗罗简化法计算立波波峰作用力，一般与实际情况比较接近并稍偏于安全。本次规范修订补充了由大连理工大学发展的椭余立波的计算方法，应用范围： $d\geq 1.8H$ ， $d/L=0.05\sim 0.139$ 。该方法是在二阶椭余立波理论的基础上，结合较系统的模型实验和国外资料而制定的。考虑到与原规范的衔接，在 $d/L=0.1\sim 0.139$ 的范围内，新方法 with 试验值和原规范的计算值作了对比，新方法的计算值与试验值符合很好，而原规范值比试验值大 30% 左右。考虑到原规范值比合田公式的计算值及一些工程试验值普遍偏大以及使新方法的计算偏于安全，将新方法的使用范围定为 $d\geq 1.8H$ ， $d/L=0.05\sim 0.12$ ，原规范浅水立波的使用范围由 $d/L=0.1\sim 0.2$ 改为 $d/L=0.139\sim 0.2$ ，而在 $d/L=0.12\sim 0.139$ 之间采用内插的方法。

对墙面为波谷时的立波作用力，分别采用森弗罗简化法、森弗罗图解精确法、米许-贝塞尔和库兹涅佐夫法进行计算比较，表明在波陡 $H/L=1/15\sim 1/30$ 、相对水深 $d/L=0.1\sim 0.5$ 范围内，不同方法的计算结果相差不大，而森弗罗简化法计算值稍大或居中。对于 $d/L=0.05\sim 0.139$ 之间的浅水立波的波谷作用力采用椭余立波新方法的计算值要比原规范值大 3% 左右，故在 $d/L=0.05\sim 0.12$ 范围内采用新方法，在 $d/L=0.139\sim 0.2$ 之间采用原规范，中间采用内插的方法。

8.1.4 在相对水深 $0.2 < d/L < 0.5$ 范围内，墙前为波峰时，采用

欧拉坐标有限振幅一次近似解，与其它较精确的计算方法和实验值相比，其计算总波浪力在陡波时可偏高 20%~40%，而对坦波可偏高 10%~20%，并可包络所有的实验点而不致有过大的安全度。现有的原型观测资料也证明了这一点，加以计算简便，因此采用此法。森弗罗简化法在相对水深较大时显著偏大，当 $d/L \approx 0.5$ 时，用它计算的总波浪力通常为实验值的 1.3~3.0 倍。

8.1.5 我国很多港口的防波堤在高潮大浪时往往允许波浪越顶。对于波浪越顶情况下直墙上波浪力的计算，国内外进行过一些研究工作，但彼此成果有较大出入，难以供实际工作应用，故本条采用了较简单的处理方法，这与日本等国外有关规范的规定是一致的，一般说来是偏于安全的。

8.1.6 本条采用大连理工大学的远破波实验公式，因为通过与国内外各种有代表性的计算方法进行了比较，表明此法考虑的因素比较全面，能较正确地反映波陡和底坡对波力的影响，与实验结果比较符合，且经工程实例验证和 1987 年版规范颁布施行以来实际使用的检验，表明此法是适用的。此法与立波压力的衔接也较好。

浮托力的分布比较复杂，目前国内外尚无可供实用的成果，故仍沿用浮托力折减系数 $\mu = 0.7$ 。

墙前为波谷时的远破波作用力计算图式，系参照日本港口设施技术标准和国内一些实验成果给出的。

关于波浪越顶对远破波波浪力的影响，尚无可供实用的研究成果，故在条文中未予规定。若按第 8.1.4 条对立波的处理方法，先按不越浪时计算波压力，然后减去越顶部分的压力。一般偏于安全。

8.1.7 为了验证各种计算远破波压力公式在破后波情况下的适用性，曾进行了模型试验。试验条件为底坡 $i = 1/50$ ，埋基床直墙， $H_0/L_0 = 1/10 \sim 1/50$ ， $d/H_0 = 1.4 \sim 0.52$ ，试验结果表明如取 $H = 0.78d$ ，大连理工大学方法与实验值较接近，一些工程实例的验证也得到相似的结果。故为工程计算方便起见，规定当 $i = 1/140 \sim 1/50$ 时，可取远破波的计算波高 $H = 0.78d$ 。同时一些试验研究

表明当 $i > 1/50$ 时,直墙可能遭到很大冲击力的作用。故规范建议当 $d \leq d_b$ 、 $i > 1/50$ 时,应由模型试验验证确定波浪力。在底坡很缓时,可采用表 6.2.2 确定极限波高,但也应由试验验证确定波浪力。

8.1.9 本条采用的是大连理工大学的实验公式,编制本规范初稿时(1973年),曾用当时国内外的主要计算公式与试验数据和原型实测波力进行过比较,表明大连理工大学实验公式比较符合测试结果。对国内外5个工程实例进行验证的结果也说明此式比较符合实际情况,且当水深接近波浪破碎界限时,此法的计算结果与立波压力计算结果(森弗罗简化法)衔接较好。

拟订此方法所依据的试验条件为:明基床直墙为抛石基床,前坡 1:3,基肩宽度为 $(1.0 \sim 2.0)H$ 或近似于 d_1 ,比值 $d_1/H = 0.67 \sim 1.5$,比值 $d_1/d = 0.25 \sim 0.67$,波陡 $H/L = 1/30 \sim 1/10$,由此确定本法的适用范围。国外的研究结果一致认为:当基床边坡约为 1:4~1:6 时将产生最大的波压力。我国工程常用的边坡为 1:2~1:3,与依据的试验条件相符。

8.2 波浪对斜坡式建筑物的作用

8.2.1 本条对斜坡堤波浪作用的条文应用范围作了一般性规定。根据调查,我国港口工程中斜坡式建筑物的堤坡坡度 1:m 一般采用 1:1.5~1:3,当采用人工块体护面时为 1.25~1.5,海堤工程中常用 1:2~1:5。条文中规定斜坡坡度自 1:1~1:5 是与上述范围适应的,坡度上限取为 1:1 是考虑采用方块作护面时,可能采用的最陡情况,这与防波堤规范一致。堤前水深取为 $d = (1.5 \sim 5.0)H$,当水深 $d < 1.5H$ 时,波浪逐渐接近破碎,而现有计算方法所依据的试验条件大都是波浪未破碎情况,对于水深 $d > 5.0H$,水深的影响开始减小。堤前滩地坡度原规定 $i < 1/25$,考虑到 $i = 1/25$ 时底坡的影响已较显著;我国沿海岸滩底坡一般较平缓;同时国内的一些室内试验大都在缓坡条件下得出的,故这次修订将底坡限制改为 $i \leq 1/50$ 。

关于斜向波作用，原规范条文中对波峰线与堤轴线夹角 $\alpha < 45^\circ$ 时，规定可近似作为正向波作用。近年来一些试验表明，对护面块体稳定，斜向波的影响与块体类型有关，对某些块体（例如扭工字块体），即使 $\alpha < 45^\circ$ ，也显示出斜向波的影响，故修订中将 $\alpha < 45^\circ$ 可近似作正向作用的提法取消了。

8.2.2 确定堤前反射波高 H'_R 的曲线是根据南京水利科学研究院的研究成果编制的。该成果根据试验资料对Miche的理论公式进行了修正。原图以深水波陡给出，为使用方便补充给出不同当地水深时的波陡值。

反射波高 H'_R 还与护面的糙渗性有关，规定中的 K_Δ 值是根据河海大学的专门试验并参考前苏联规范CH92—60提出的。

8.2.3 对于规则波，原规范的波浪爬高曲线图是参考前苏联规范CH288—64和美国海滨防护手册拟定的，并根据国内外的试验结果给出水深校正系数 K_d ，由于资料限制，水深适用范围有一定局限性。这次修订主要依据河海大学的有关研究试验，经综合分析得出的。

对于不规则波，主要利用河海大学莆田原体观测站的资料得出风速系数，该系数与南京水利科学研究院室内风浪爬高试验的结果相当符合。

关于不规则波爬高的统计分布，原规范采用正态分布，本次修订根据实测资料分析，采用韦伯尔分布。室内不规则波爬高试验也表明爬高符合韦伯尔分布。从简化出发条文中采用了分布参数 $b=2.5$ 的计算结果。

8.2.4 斜坡堤顶越浪量的计算方法是南京水利科学研究院通过模型实验提出的。实验采用的波谱主要为JONSWAP谱。该方法的计算结果与大连理工大学计算方法的结果较接近。

8.2.5~8.2.6 关于确定护面块体重量的公式，采用了国内外广泛应用的赫德逊(Hudson)公式。护面块体的失稳率按静水位上、下各一个设计波高范围内失稳块体数量占该范围块体总数的百分率表示。护面块体的容许失稳率是根据块体的工作特性，损坏后

修复难易程度和损坏后的后果确定的。建议的容许失稳率 n 和稳定系数值参考了国内外有关资料和工程实践经验。本次修订补充了扭王字块（钩连块体）的 K_D 值，是根据天津港湾工程研究所的研究提出的，当斜坡堤有越浪或为潜堤时，堤顶上的块体可能承受更大的波浪力冲击，所以 K_D 值可适当减小至 18。

8.2.9 波浪作用下干砌块石护面的破坏特点是由于沿坡面法线方向的内外压力差使块石跳脱失稳。确定干砌块石护面的稳定性，一般按护面层厚度 h 控制。

对于干砌块石护面的计算，原规范是根据河海大学的试验研究结果提出的，在考虑单个块石在浮托力作用下平衡时，未计及块石间的摩擦力。根据近年来使用实践，当 m 较小时，计算值偏大。本次修订，根据新的试验资料作了修正。

8.2.10 这次修订新增了干砌条石护面厚度的计算公式，是根据大连理工大学的研究成果编制的。

8.2.11 对斜坡堤顶上胸墙波浪力的计算方法，根据与近年来工程试验结果的比较，并考虑到防波堤规范中需按可靠度分析等要求，仍采用原规范（87年版）的方法，原规范是根据河海大学的研究成果制定的。

8.3 波浪对桩基和墩柱建筑物的作用

8.3.1 当 $H/d \leq 0.2$ 和 $d/L \geq 0.2$ ，或 $H/d > 0.2$ 和 $d/L \geq 0.35$ 时，条文中直接利用小振幅波理论进行速度分力和惯性分力的计算。在此区域内，用小振幅波理论和高阶的有限振幅波理论计算的水质点速度沿水深的分布与一些水槽实测资料相比都是十分相近的，在计算最大速度分力时，小振幅波偏小最大不超过 10%。

至于波浪运动中水质点加速度沿水深分布，当 $d/L > 0.2$ 时，用各种理论计算结果，与水槽实测资料相比，均较接近，一般误差在 10% 左右。

关于系数 C_M 和 C_D 的取值，目前国内外对圆柱体一般采用 $C_M = 1.7 \sim 2.0$ ，条文中采用理论值 $C_M = 2.0$ 。利用我国于 1966 年

进行的 823 工程原型观测的 15 组以惯性力为主的资料验证, 结果较好。另外利用国外实验室实测的 22 组以惯性力为主的资料验证, 结果也较好。

目前国内外对圆柱体一般采用 $C_D=0.7\sim 1.2$, 条文中采用 $C_D=1.2$, 利用一些试验资料进行了验证, 计算值与实测值之比, 一般在 $1.0\sim 1.1$ 之间。

对于非圆形断面的 C_D 和 C_M 值, 国内外实测资料均很少, 一般均引用风作用或稳定流作用时的研究成果。这次主要参考了前苏联规范以及美、日的一些资料。

8.3.2 关于静水面以上波峰高度 η_{\max} 的数值, 选用了二阶波理论 ($d/L > 0.1$ 时) 和椭圆余弦波理论 ($d/L \leq 0.1$ 时) 进行了计算, 并和一些实例资料作了比较, 最后采用了两种理论计算的平均值, 和前苏联规范 CH92—60 上的数值比较, 约大 3%。

本条第一款, 当应用小振幅波理论计算 $P_{D\max}$ 、 $P_{I\max}$ 、 $M_{D\max}$ 和 $M_{I\max}$ 时, 系数 K_1 、 K_2 、 K_3 和 K_4 的图表采用大连理工大学的成果。

对第二款, 即当 $H/d \leq 0.2$ 和 $d/L < 0.2$, 或 $H/d > 0.2$ 和 $d/L < 0.35$ 时, 用小振幅波理论计算的水质点速度沿水深的分布与实测资料有很大的差异, 在速度数值上偏小较多。为使速度分布符合于实际, 可以采用高阶波理论进行计算, 但这样计算公式比较复杂, 故通过大量计算比较工作, 在条文中提出了对小振幅波理论计算所得的 $P_{D\max}$ 与 $M_{D\max}$ 进行修正的系数 α 及 β 的一套图表, 以便于工程应用。

对于 $0.04 \leq d/L \leq 0.2$ 的情况, 小振幅波理论的加速度计算值与实测值出现较大偏差。经计算分析表明, 应考虑波浪力中惯性力项的非线性影响。为研究惯性力非线性影响, 天津大学进行了系列试验, 经计算比较, 在条文中提出了对小振幅波理论计算所得的 $P_{I\max}$ 与 $M_{I\max}$ 进行修正的系数 γ_P 与 γ_M 图, 以便工程应用。

8.3.5 作用于群桩上的波浪力, 可以单桩上的波浪力为基础进行计算, 两者的主要差别在于: 一是波峰通过各桩的时间可能不同, 作用于各桩上的波浪力峰值可能有相位差; 二是要考虑到邻桩对

波力的影响，即群桩效应。

(1) 为了确定同一时刻桩基建筑物中各桩上的水平波浪力 P ，应该绘出波浪剖面图。对于采用何种波浪理论来绘制波浪剖面图，在条文中未作具体规定，一般可近似地以 $\eta_{\max} - H/2$ 作为波浪中心线，然后以小振幅波的波形剖面图—正弦曲线作为计算波浪剖面。当用其他高阶波理论，如 Stokes 波理论、椭圆余弦波理论绘制波浪剖面时，应对 η_{\max} 作相应的调整。另一种近似方法是不具体绘制波浪剖面，而直接用 $P_{D\max}$ 和 $P_{I\max}$ 计算任何相位 ($2\pi x/L$, x 自波峰位置起算) 时各桩的波浪力：

$$P = P_{D\max} \cos 2\pi \frac{X}{L} \left| \cos 2\pi \frac{X}{L} \right| + P_{I\max} 2\pi \frac{X}{L} \quad (8.3.5)$$

为了得到作用在群桩上的最大总波浪力，应该调整 X 零点与各桩的位置，用试算法求出最大值。

(2) 对于群桩效应，可将作用于单桩上的波力乘上群桩系数 K 。条文中表 8.3.5 的群桩系数基本同原规范，个别数值根据近年的试验资料作了修正。

8.3.6 对于圆形墩柱上波浪力的计算公式，采用绕射理论一次近似解的结果，目前美国的有关手册和日本的设计基准均采用这个结果。为了近似计算有基床时墩柱底面的浮托力，还给出圆柱表面环向压力强度的计算公式，并制定了有关的计算图表。附录 J 中给出了圆柱底面波浪浮托力的计算方法，该方法经天津大学系统的试验验证认为计算结果是偏于安全的。

关于方形或矩形墩柱上波浪力的计算，采用了大连理工大学的研究成果，在附录 K 中列出了两种计算方法，第一种是符合试验条件的情况下，直接采用相应的试验公式；第二种方法是将方形或矩形断面换算为相同面积的圆形断面，然后近似地仍按圆形墩柱计算波浪力。根据试验：当正向波作用时，计算值与实测值之比平均为 1.25；当斜向波作用时，计算值与实测值之比平均为 1.14。

8.3.7 对于 $H/d \geq 0.1$ 的浅水区，水底对波形的影响已不可忽

略，需考虑波浪的非线性影响。本条的圆柱墩上波浪作用的计算方法系由一阶椭圆余弦波对圆柱墩绕射的理论解经简化后得出的，为大连理工大学研究成果。具体计算方法采用了对线性波结果（第 8.3.6 条）乘以系数 α_P 、 α_M 的形式，以便于工程应用。

8.3.8 本条采用作用于单墩上的波浪力乘上群墩系数 K_x 的方法计算群墩上的波浪力。群墩系数是根据天津大学的有关研究，考虑了多向不规则波的作用，由数值计算确定的。

计算中方向谱采用 JONSWAP 谱 ($\gamma=3.3$) 与平方余弦型方向分布函数的乘积。波浪力的传递函数采用绕射的理论解。

在规则波作用下，群墩上波浪力的计算结果与试验结果是比较符合的。由于目前尚难找到不规则波作用下的群墩波力试验资料，因此只能与天津港湾工程研究所完成的单向不规则波对单墩作用的试验成果进行比较，计算和试验的结果比较符合。

8.3.9 破碎波对直立圆柱作用力的计算方法采用天津大学的包括相对桩径在内的经验公式。为了得出式中的系数，在 5 种底坡 (1/15、1/20、1/33、1/50 和 1/100) 情况下进行了破波力试验。试验在 50m×1m×1.3m 规则波试验水槽内进行，试验圆柱直径多数为 3.5cm~14cm。试验入射深水波陡在 0.005~0.1 之间，采用测力悬臂测定破波总力。

国外现有桩柱破波力的试验资料不多，现场测定资料更少。天津大学进行 5 种底坡上的试验资料与国外试验资料对比，除 1/20 底坡时稍大外，其余均接近于国外试验的结果。

8.3.10 关于桩柱上附着生物对波浪力的影响，其增大系数同原规范。

8.4 波浪和水流对桩基和墩柱建筑物的作用

8.4.1 本节计算中所用波浪要素值是波浪与水流合成后的波浪要素值，一般工程上给出的是无流时的波浪要素以及流速、流向，因此在计算桩柱受力前，必须按第 6.3 节的规定计算波、流合成后的波浪要素。

假定莫里逊 (Morison) 方程依然适用于波流共存场中垂直桩柱正向波流力的计算, 且认为: ①桩柱表面是光滑的; ②波流共存情况下水动力系数 C_D 、 C_M 沿水深是常数; ③在波流场中, 水质点的波动速度与加速度采用线性波浪理论进行计算; ④在波流共存场中, 水质点的运动速度与加速度为波 (与水流相互作用变形后的波)、流各自产生的速度与加速度的矢量和。根据这些假定, 则当波流相顺或相逆时, 可以得出作用在单位高度圆形直桩上的正向波流力。

8.4.2 当斜桩受不同来向的波浪和水流作用时, 斜桩周围的水流流态和所受的力是相当复杂的, 此时将斜桩置于坐标轴的一个平面 (如 YOZ 平面) 内进行斜桩受力的分析计算是比较方便的。

对于直桩区分正向力 (由 Morison 方程计算) 与横向力是比较容易的, 而对于斜桩的受力分析, 不仅应考虑波流水质点水平分速度与加速度的作用, 还要考虑垂直分速度及加速度的作用, 如果再计及水流方向与波浪传播方向的不同, 则斜桩某微段上的受力将十分复杂, 如果再考虑到波浪的非线性影响, 则已很难区分出正向力与横向力, 所以本条文中规定在计算斜桩上的波浪水流力时采用扩展的 Morison 方程而不计入横向力项。鉴于水动力系数 C_D 及 C_M 是由实验成果分析而得, 它已经反映了斜桩受力实际的复杂情况。大连理工大学的分析表明这样处理可以获得较好的计算结果, 另外在计算中考虑垂直于桩柱的力而不计顺桩柱的力。

水质点速度和加速度的计算采用线性波理论, 一方面是为了便于工程应用, 另一方面是因为本规范中有关直桩波浪力和波流力的条文已规定采用线性波理论, 因而为了协调一致, 在斜桩计算中也采用线性波理论。应该指出的是当有水流存在时, 计算质点速度及加速度时, 在条文的公式中应取波浪在水流中的相对频率, 因为波浪理论公式只在相对静止的坐标系中才成立。

8.4.4 对于直径 D 与波长 L 的比值 $D/L > 0.2$ 的大直径圆柱上的波流共同作用力问题, 其实质是一个绕流问题, 由于波、流和建筑物三者的干扰十分复杂, 特别是在圆柱附近, 因而目前的研

究成果甚少。本条将波流对圆柱的作用问题视为一个势流问题。考虑了流的局部非均匀性和自由表面边界条件和波流共同作用的辐射条件，由于数值计算模型中采用弱流假定和线性化处理，故本条的计算方法和结果，适用于 $D/L > 0.2$ 、 $d/L > 0.15$ 和 $U/C < 0.2$ 的条件（ d 为水深； U 为水流的平均流速； C 为波速）。

为验证计算方法的正确性，首先用本文方法计算了 $U/C=0$ 的情况，与纯波绕射时的 MacCamy 和 Fuchs 的解析解进行了对比，两者结果符合非常好，这说明了计算方法是正确的。对于不同相对流速下的波流作用，由于实验资料不多，仅用天津大学的少数波流同向时的实验资料进行了对比，实验和计算结果符合良好。

9 海 流

9.1 近岸海流的特性

9.1.1~9.1.2 通常所称的海流是指由潮流、风海流、波流、梯度流等的合成流动。潮流是由天体（日、月）的引潮力所产生的水流；风海流是由风的切应力作用于海面产生的水流。由于近岸海区的潮流和风海流、河口区域的潮流和径流，不但量值较大，与港口建设有密切的关系，而且研究方法较为成熟，有普遍公认的、可供实际应用的一些结论，所以本章主要只包括这几部分的内容。

9.1.3 在河口区，潮流可以溯河而上，流向江河的上游，潮流所能达到的河流上游的最远处称为“潮流界”。潮流界以下河段内的水流，由于潮流作用，经常发生顺、逆流方向的周期性变化。在潮流界以上河段内的水流，流向虽然总是顺流而下的，由于还受到潮流的顶托作用，水位还有周期性升降变化，这种水位变化越向上游越不显著，到完全不受潮波影响处称为潮区界。

9.1.4 本条强调海流的现场观测工作，这是因为近岸海区由于水深、地形的影响，在不同位置上海流的流速、流向均发生变化。本章有关潮流的一些计算方法及公式，都必须根据实测资料进行分析计算。当用水工模型试验、数值计算等方法预测港区的海流状况时，也必须建立在实测资料的基础上。

对于附录 K 的风海流估算方法，其系数 K 主要是根据近岸测流资料较多的山东浮山湾的资料，并参考国外有关的数据得出的。

9.2 海流观测的基本要求

9.2.3 目前近岸海区的海流观测工作可以概括为下述三种类型：

(1) 单站定点连续观测：用一条船在给定的位置上进行海流连续观测，取得该处的实测海流资料，以了解海流的分布及变化状况。

(2) 多站同步连续观测：用几条船在几个给定的位置上同时进行海流连续观测（如断面观测通常就采用这种观测方法），取得这几处的实测海流资料，以了解海流的分布及变化状况。

(3) 大面流路观测：在海岸附近，用船只投放浮标，待浮标进入预定水域后，于陆上用经纬仪或其他方法测量不同时间的浮标位置，然后绘制浮标在不同时间的位置图。这样可大体了解水质点的运移途径，以及分流点和合流点的位置。

9.2.4 在潮流比较显著的近岸海区，海流连续观测的延续时间，与潮流本身的性质有关，同时也与分析的目的和方法有关。目前应用的潮流分析方法有1天、2天、3天至5天、7天、15天等几种。由于海流观测工作中的实际困难，通常以采用前三种方法为多数。在规则半日潮流海区，也有采用13h连续观测的，但考虑到日不等现象的存在，因此，连续观测的延续时间仍建议为不少于25h。至于分析其它海流的观测日期及次数，则应尽量选在有代表性的时间进行。

9.3 海流观测资料的整理分析

9.3.1 本条建议采用的短期海流观测资料的整理分析方法，在国内已得到了广泛的应用。

(1) 关于直接利用断面实测资料的分析计算方法，可参考水利电力部《水文测验暂行规范》中潮水河测验的有关规定。

(2) 关于“准调和分析方法”可参考中国科学院海洋研究所和国家海洋局海洋科技情报研究所合编的《潮流的分析和预报》以及国家海洋局的《海洋调查规范（水文部分）》。

9.3.2 本条中对于潮波变形比较显著的河段的观测资料的分析方法未作具体规定，在实际工作中可采用“合轴相关法”。

9.4 海流特征值的计算

9.4.1 在第 9.4.2~9.4.5 条的有关计算公式的应用中,需要首先知道当地的潮流性质,潮流性质的判别式是国内外普遍采用的,与实际情况比较符合。

9.4.2 直接把实测流速作为潮流流速,只适用于非潮流(余流)较小的海区。

用潮汐—潮流比较法分析得出的结果,只是粗略地分离出余流分量及半日潮流的合成分量。条文中的公式 9.4.2-4、9.4.2-5 和 9.4.2-6 对规则半日潮流海区是较准确的,而在不规则半日潮流海区是近似的。条文中的公式 9.4.2-7、9.4.2-8 和 9.4.2-9 对规则全日潮流海区是较准确的,而在不规则全日潮流海区也是近似的。

9.4.3 由于缺乏长期连续测流资料,目前海流还不能像波浪或潮汐那样,求得有统计意义的特征值。因此只能分别寻求各类海流的特征值,而后应用矢量迭加的方法,寻求综合性流动的特征值。

近年来对有关工程中测流资料的准调和分析结果表明,在我国近岸浅海区,浅水分潮具有重要意义,浅水分潮流所占比例在各海域大多数情况下不可忽略。为此,在潮流可能最大流速公式中增加了浅海分流项。

9.4.4 本条的计算方法及计算公式,是在假定观测点的流速、流向代表海区平均流速、流向的基础上建立的。但在近岸海区,由于水深、地形的影响,一点的海流值并不能代表该水域的流场状况,因此,用本方法计算水质点的运移距离,只能是一种估算。

9.4.5 对于潮流的可能最大运移距离,在修订中根据更精确计算,对公式中的系数作了小的变动。

10 泥 沙

10.1 海岸带泥沙运动的一般规律

10.1.1 关于沙质海岸和淤泥质海岸的划分,目前尚无一致的标准。本条以中值粒径 $0.03\text{mm}\sim 0.1\text{mm}$ 作为粉沙质海岸。大于和小于此中值粒径的海岸分别为沙质和淤泥质海岸。

10.1.3 条文中指出,淤泥质海岸的泥沙运移形态以悬移为主,底部可能有浮泥运动或推移质运动。如我国的塘沽新港(中值粒径为 0.005mm)、连云港(港区淤积物质的主要粒径为 $0.001\text{mm}\sim 0.005\text{mm}$)、浙江海门等处均发现有浮泥运动;而在钱塘江口(主要粒径为 $0.02\text{mm}\sim 0.04\text{mm}$)则发现有推移质运动。

根据塘沽新港的研究,浮泥运动的主要特征如下:

(1) 浮泥的颗粒极细,中值粒径小于 0.005mm 。密度很小,其界限为 $1.03\text{kg}/\text{m}^3\sim 1.20\text{kg}/\text{m}^3$ 。

(2) 浮泥多出现在航道和泊地等深水区。当底层流速小时,有清晰的浮泥界面;当底流速较大时,则在悬浮质与浮泥间形成高含沙的过渡区。

(3) 在航槽中的浮泥,由于水流的切力而造成的浮泥流动仅限于表面很薄的一层,在底流速较低时,输沙数量一般不大,当底流速增强造成泥沙掀扬,即浮泥转化为悬移质时,其输沙数量可显著增大。

10.2 海岸带泥沙运动的调查及分析

10.2.1 关于海岸带调查时水深地形图的测深范围,在条文中仅原则地提到“测至较大波浪对岸坡作用显著的水深处”。对于一般

海岸情况，实际工作时常测至约 $-8\text{m}\sim-10\text{m}$ 水深处，当坡度较缓或海岸对风浪掩护程度较好时，则可浅一些。

10.2.2 关于附录 M 中沙质海岸沿岸输沙率计算方法的说明：

沙质海岸沿岸输沙率的计算方法大致可分为风速法、波能法和沿岸流流速法三类。第一类方法目前已淘汰，国内外海岸工程中应用最广的是波能法，其次为沿岸流法。

M.1 的波能法公式是天津大学在法国夏都国立水工试验所公式的基础上修正而得。

系数 K 的数值主要依据山东白沙口潮汐发电站、河北秦皇岛新开河口及秦皇岛油港三处人工建筑物的拦沙数量分析，并利用了美国海岸工程研究中心 36 套室内试验资料而得出的。系数 $K = 0.64 \times 10^{-2}$ 约为大多数实测资料的外包数值。

M.2 的沿岸流法，也是天津大学的研究成果。此公式考虑了破波区的岸滩地形，并可给出单宽输沙率的横向分布等。但是沿岸流法要求的计算条件和参数较多，因此条文中指出在具备这些要求时采用。

沿岸流平均流速的横向分布公式 (M.0.2-1) 系朗格-希金斯 (Longuet-Higgins) 根据辐射应力理论，在不考虑波浪增水效应情况下得出的公式。其中横向掺混系数系根据援建毛里塔尼亚友谊港以及保加利亚金沙滩的资料推算而得。

M.2 的沿岸输沙率公式曾与国际上常用的沿岸流输沙的拜克尔 (Bijker) 公式和波能输沙的美国海岸工程研究中心 (CERC) 公式进行过典型情况下的比较。第 M.2 条中的公式与拜克尔公式的计算结果较接近，而 CERC 公式的结果稍偏大。

此外，还曾用 M.2 中公式的计算值与友谊港和金沙滩的海岸建筑物建成后的实测淤积量作过比较，结果比较接近。如保加利亚黑海的金沙滩，岸线较顺直，岸滩坡度约为 $1/18$ ，泥沙的中值粒径 D_{50} 平均为 0.21mm ，用第 M.2 条中公式算得 1978 年至 1983 年 5 年的沿岸输沙总量为 81362m^3 ，而根据海岸建筑物旁的实测堆积量为 78500m^3 。

10.3 港址选择、建筑物布置与泥沙淤积的关系 以及减淤整治措施

10.3.1 本节中的条文，系从防止泥沙淤积的角度出发，根据我国一些沿海港口及参考部分国外港口的实例所编写的。

(1) 在一般海湾中，根据波浪和潮流的特性，泥沙有自湾口向湾顶运移的趋势，所以湾顶不宜建港，而靠近湾口岬角的岸段，深水线往往靠近岸边，建港后泥沙淤积也较轻。

在狭长的海湾中，港址宜选在海湾断面缩窄段，因为该处涨落潮流流速较大，泥沙不易淤积。如湛江港位于狭长的广州湾内，其作业区都在海湾断面的缩窄段，因此泥沙淤积较少。

(2) 连云港位于海州湾湾口南岸，北有东西连岛掩护，由于泥沙来源少，泥沙颗粒细，岛屿与海岸间的海流较强，因此建港几十年来，海峡自然水深变化不大，并无形成陆连岛的趋势。

(3) 在多沙河流河口外的海岸地段，港址应选在泥沙下泄出河口后沿岸主要泥沙流的上游一侧。如我国广东沿海，有很多沙咀向西南发展，这主要是冬季盛行的东北风及由东北向西南的沿岸流对泥沙搬运的结果。珠江口外的泥沙也主要向西移动，因而珠江口以西大多是浅水港，而珠江口以东大多是深水港。

10.3.3 关于防波堤布置原则的说明：

(1) 国内外在淤泥质海岸和两个方向均有较强泥沙流的沙质海岸上建造的港口，一般均采用双突堤的形式。

淤泥质海岸由于海底坡度平缓，若一方面使堤头到达较深的水中，另一方面又将双突堤布置成环抱形，则圈围的港域可能太大，因此条文中建议当圈围足够的水域以后，可缩窄双突堤间的宽度，以大致平行的布置形式将堤延伸至较深水中，也就是类似于塘沽新港的形式。

防波堤的长度应尽量伸至常见较大波浪的破碎带以外，否则由波浪破碎时掀起的泥沙将通过口门大量地进入港内，如山东蓬莱港由于两道突堤的堤头所在水深较浅，在该地区北和东北向的

强风作用下，波浪破碎带在堤头外，因此浑水直接经口门入港，造成港内淤积较严重。

(2) 在岛式防波堤内侧的波浪掩护区，由于沿岸输沙动力减弱，将造成泥沙的淤积。如海南岛海口（秀英）港，于四十年代初期在离岸 500m 以外处建造长 664m 的岛式防波堤一道，至五十年代初期，堤内港域已严重淤浅。

在沙质海岸上建造的岛式防波堤，应结合自然条件，考虑足够的离岸距离。美国根据现场资料得出，当岛堤距岸超过 3~6 倍堤的长度时，堤后岸边将不致出现显著的淤积现象。

10.3.4 海南岛三亚港原有航道的轴线方向与涨落潮流以及波浪能量合成方向的夹角均较大，淤积较严重。1966 年改挖的新航道，其轴线方向与涨落潮潮流方向基本一致，与波浪能量合成方向的夹角也较小，开挖后的使用情况良好。

10.3.9 附录 N 的淤泥质海岸航道和港池淤积计算的公式是由南京水利科学研究院首先结合连云港工程中而提出的。近年来，该公式已在我国不少港口的建设项目中得到推广和验证。

航道淤积计算公式从两个方面考虑了悬移质泥沙在航道内引起的淤积，即浑水横越航道造成的淤积和顺沿航道流动造成的淤积，公式中系数 K_1 和 K_2 系根据连云港的现场资料确定的。

港池淤积计算公式为经验性公式，它参考了航道淤泥计算公式中的有关参数，并引入了港内浅水区对港池和停泊水域淤积的“转嫁”作用。该公式在我国一些港口的使用经验表明，其计算结果与实测淤积强度的符合程度是令人满意的。

10.3.10 沙质海岸突堤式建筑物上游岸线演变预报的计算公式是由南京水利科学研究院结合毛里塔尼亚友谊港工程提出的，并经过试验及现场实际测量资料的验证。